**Universität für Bodenkultur Wien**
Department für Wald- und Boden-wissenschaften

# Entwicklung von Buchenbeständen (*Fagus sylvatica [L.]*) bei zielstärkenorientierter Nutzung im Wienerwald und Günser Gebirge

**Masterarbeit**

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieurin der Forstwirtschaft

Eingereicht von

**Annika Charlotte Ungerbieler, BSc**

Universität für Bodenkultur Wien – Department für Wald- und Bodenwissenschaften

Institut für Waldbau (WALDBAU)

Betreuer:

**Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Eduard Hochbichler**

Wien, April 2021

Universität für Bodenkultur Wien

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit eidesstattlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

| | |
|---|---|
| Datum | Unterschrift |

## Zusammenfassung

Die Ziele in der Bewirtschaftung von Buchenbeständen haben sich in den letzten Jahrhunderten immer wieder verändert. Heute ist die Wirtschaftlichkeit zusammen mit Naturnähe und Nachhaltigkeit von zentraler Bedeutung sowie das Produktziel, qualitativ hochwertiges Sägerundholz zu erhalten. Durch die kriegs- und nachkriegszeitlichen Übernutzungen gibt es aber eine große Anzahl von Beständen, die mangelhaft gepflegt worden sind. Ziel dieser Arbeit ist es, Versuchsflächen, angelegt und waldbaulich analysiert in den Jahren 2001 bis 2003, einer Wiederholungsinventur zu unterziehen und mit der Erstinventur zu vergleichen. Untersuchungen zur Bestandes-, Qualitäts- und Wertleistung stehen im Vordergrund. Auf den 92–133 Jahre alten Versuchsflächen wurden zielstärkenorientierte Eingriffe vorgenommen und im ersten Schritt rund 80-100 Plus-Bäume pro Hektar gefördert. Geplant war, pro Z-Baum ein bis zwei Bedränger pro Eingriff zu entnehmen, dabei jedoch die Grundflächenabsenkung pro Eingriff auf 25-30 % zu begrenzen, um die Bestandesstabilität zu bewahren. Die Ergebnisse zeigen, dass die Radialzuwächse auf den Flächen und damit der Zuwachs am Einzelbaum positiv beeinflusst werden konnten. Die mittleren periodischen Zuwächse pro Jahr lagen im Beobachtungszeitraum im Rahmen von 4,2 bis 20,5 Vfmd pro ha. Die hektarbezogenen Zuwächse sanken insgesamt leicht. PROGNAUS zeigt dabei, dass es in der Lage ist, für diese Versuchsflächen den Vorrat und die Grundflächenentwicklung eines jeden Bestandes abzubilden. Im Vergleich mit anderen Arbeiten lassen sich nun grundlegende Entscheidungskriterien definieren, unter denen eine Qualitäts- und damit Wertleistungssteigerung sinnvoll angewendet werden kann. Um das Risiko einer Entwertung durch Rotkernbildung zu minimieren, sollte die Gesamtumtriebszeit des Bestandes ein Alter von 140 Jahren nicht überschreiten. Es muss eine ausreichende Anzahl an qualitativ guten Bäumen der A- und B-Qualität in Bezug auf allgemeine Beschaffenheit, Astigkeit, Astnarben und Krümmung vorhanden sein. Je früher mit einer kräftigen Durchforstung begonnen werden kann, desto eher kann dieses im gegebenen Zeitrahmen erfolgen.



**Schlagwörter:** Rotbuche, *Fagus sylvatica [L.]*, Durchforstungsversuch, Zielstärkennutzung, Durchmesserentwicklung

## Abstract

The management goals of beech stands have changed over the centuries repeatedly. Today profitability as well as sustainability and closeness to nature is an integral part with the production target producing high quality round wood. Due to war- and afterwar time there are numerous stands which were over cut and poorly tended. The aim of this study is to reassess and compare experimental plots established and silvicultural assessed between 2001 and 2003. This paper focusses on stand performance, wood quality and the stand value. The stands of the experimental plots are 92-133 years old and the target diameter harvesting was method of choice. On the plots 80-100 crop trees per hectare were selected. It was planned to remove 2-3 oppressors per cutting without reducing the basal area more than 25-30 % each time to retain stand stability. The results show that radial growth on the investigated plots increased and therefore the individual tree growth increased as well. The mean periodical growth per year in the observation period ranged from 4,2 – 20,5 Vfmd per hectare. The PROGNAUS model has shown successful that it can model the stock and the basal area for each plot. In accordance with other papers underlying criteria can be defined on which the decision can be based when a change in the management strategy is appropriate to increase wood quality and therefore value of production. To minimise the risk of devaluation through the forming of red heart the production time should not exceed 140 years. There must be enough crop trees, in superior A- and B-quality available regarding overall quality, branchiness, branch scars and sweep. The thinning should be carried out as early as possible, to keep within the timeframe stated.

**Keywords:** common beech, *Fagus sylvatica [L.]*, thinning trial, target diameter harvesting, diameter development

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis ..... 7
1. Einleitung ..... 8
1.1. Ausgangssituation ..... 8
1.2. Fragestellung und Zielsetzung ..... 10
2. Material und Methoden ..... 11
2.1. Untersuchungsgebiete ..... 11
2.1.1. Wienerwald ..... 11
2.1.2. Lockenhaus ..... 12
2.2. Auswahl der Versuchsflächen ..... 13
2.3. Aufnahmeverfahren ..... 15
2.4. Auswertung ..... 17
3. Ergebnisse ..... 23
3.1. Versuchsfläche Windischhütte 1 ..... 23
3.1.1. Allgemein ..... 23
3.1.2. Waldaufbau ..... 24
3.1.3. Zuwachswerte ..... 29
3.1.4. Vergleich der prognostizierten mit der tatsächlichen Vorratsentwicklung ..... 31
3.1.5. Arten- und Strukturdiversität ..... 32
3.2. Versuchsfläche Windischhütte 2 ..... 33
3.2.1. Allgemein ..... 33
3.2.2. Waldaufbau ..... 34
3.2.3. Zuwachswerte ..... 37
3.2.4. Vergleich der prognostizierten mit der tatsächlichen Vorratsentwicklung ..... 38
3.2.5. Arten- und Strukturdiversität ..... 40
3.3. Versuchsfläche Hainbach 1 ..... 41
3.3.1. Allgemein ..... 41

3.3.2. Waldaufbau ....42
3.3.3. Zuwachswerte ....47
3.3.4. Vergleich der prognostizierten mit der tatsächlichen Vorratsentwicklung ....48
3.3.5. Arten- und Strukturdiversität ....50
3.4. Versuchsfläche Hainbach 8....51
3.4.1. Allgemein....51
3.4.2. Waldaufbau ....52
3.4.3. Zuwachswerte ....57
3.4.4. Vergleich der prognostizierten mit der tatsächlichen Vorratsentwicklung ....58
3.4.5. Arten- und Strukturdiversität ....60
3.5. Versuchsfläche Lockenhaus 1 ....61
3.5.1. Allgemein....61
3.5.2. Waldaufbau ....62
3.5.3. Zuwachswerte ....66
3.5.4. Vergleich der prognostizierten mit der tatsächlichen Vorratsentwicklung ....67
3.5.5. Arten- und Strukturdiversität ....69
3.6. Versuchsfläche Lockenhaus 2 ....70
3.6.1. Allgemein....70
3.6.2. Waldbaufbau ....71
3.6.3. Zuwachswerte ....75
3.6.4. Vergleich der prognostizierten mit der tatsächlichen Vorratsentwicklung ....75
3.6.5. Arten- und Strukturdiversität ....77
3.7. Gesamtübersicht....78
4. Diskussion....80
5. Waldbauliche Schlussfolgerungen....87
6. Literaturverzeichnis ....91
Abbildungsverzeichnis ....94
Tabellenverzeichnis ....99

# Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---|---|
| A | Güteklasse der Holzsortierung |
| Abt. | Abteilung |
| B | Güteklasse der Holzsortierung |
| ber. | berechnet |
| BHD | Brusthöhendurchmesser |
| C | Güteklasse der Holzsortierung |
| Cx | Güteklasse der Holzsortierung |
| DF | Durchforstung |
| dg | Grundflächenmittelstamm |
| Entn. | Entnahme |
| HB1 | Hainbach 1 |
| HB8 | Hainbach 8 |
| $h_L$ | Lorey´sche Mittelhöhe |
| ir | Radialzuwachs |
| LH1 | Lockenhaus 1 |
| LH2 | Lockenhaus 2 |
| OH | Oberhöhe |
| ÖBf AG | Österreichische Bundesforste AG |
| PKA | Kronenansatz |
| PROGNAUS | Waldwachstumssimulator Prognosis for Austria |
| Vfmd | Vorratsfestmeter Derbholz |
| Vfms | Vorratsfestmeter Schaftholz |
| Vfm | Vorratsfestmeter |
| Vfl. | Versuchsfläche |
| WH1 | Windischhütte 1 |
| WH2 | Windischhütte 2 |

# 1. Einleitung

## 1.1. Ausgangssituation

In den letzten Jahrhunderten haben sich die Ansichten und Ziele der deutschen und österreichischen Forstwirtschaft deutlich verändert: So spielen heute neben dem Ziel der Wirtschaftlichkeit, Ziele wie Naturnähe und Nachhaltigkeit eine zentrale Rolle. In diesem Zusammenhang haben sich auch die Produktionsziele bei der Rotbuche deutlich verändert. Früher hauptsächlich als Brennholzlieferant genutzt, verlagert sich das Interesse heute hin zu qualitativ hochwertigem Sägerundholz (NAGEL und SPELLMANN, 2008).

Die Rotbuche ist in Österreich die wichtigste Laubbaumart mit einem Anteil von 10,2% (BFW, 2019). Das Ziel ist es, qualitativ hochwertiges Buchenholz zu produzieren. Jedoch zeigen die Erhebungen der österreichischen Waldinventur aus der Erhebungsperiode 2000/2002, dass nur 5% der erntereifen Buchen eine gute Schaftqualität aufweisen (NEUMANN und RÖSSLER, 2006).

Das wirtschaftliche Ziel für Buchenbestände sollte daher sein, astfreie Stämme, mit ausreichender Dimension, in einem Zeitraum zu erreichen, ohne dass das Risiko der Rotkernbildung zu groß wird. Um dieses zu erreichen, gibt es diverse Waldbauempfehlungen, die gemeinhin empfehlen, früh stark zu durchforsten, eine Anzahl von Z-Bäumen auszuwählen und diese über das Bestandesleben zu fördern, bis sie einen gewünschten Zieldurchmesser erreichen (NEUMANN und RÖSSLER, 2006; NAGEL und SPELLMANN, 2008; KLÄDTKE, 2002). Nur mit einem durchgehend verfolgten Bewirtschaftungskonzept ist es möglich, die gewünschte Qualität zu erreichen. Geschichtlich bedingt gibt es in Österreich allerdings eine hohe Anzahl von Beständen, die durch die kriegs- und nachkriegszeitliche Übernutzung ein ähnliches Alter besitzen. Diese Umstände führten außerdem anschließend auch zu einer sehr mangelhaften Pflege (GUTTECK, 2003).

Es gab in der Vergangenheit schon eine Vielzahl von Arbeiten, die verschiedene Behandlungskonzepte betrachtet und miteinander verglichen haben, um Erkenntnisse über die Wachstumsreaktion der Buche zu gewinnen und daraus waldbauliche Maßnahmen abzuleiten. Eine der waldbaulichen Maßnahmen ist die Auslesedurchforstung, die früher oft entweder als Nieder- oder Hochdurchforstung durchgeführt wurde. Im Zuge dieser Durchforstung werden die Bäume auf die gewünschten Qualitätskriterien hin bewertet und dann freigestellt. Dabei erfolgt keine dauerhafte Markierung, sondern es werden immer die relativ Schlechtesten entnommen. In Bereichen ohne Auslesebäume wird auflockernd

eingegriffen. Zu diesem Vorgehen gab es eine Weiterentwicklung dieser Durchforstungsmethode hin zur Zielstärkennutzung. Hier ist das Ziel, innerhalb einer möglichst kurzen Produktionszeit einen gewissen Brusthöhendurchmesser der Bäume zu erreichen. Es werden einmalig Zukunftsbäume festgelegt, die dadurch eine konsequente Förderung erhalten und wodurch für eine Einsparung im Personalaufwand in der Auszeige gesorgt wird (RÖHRIG et al., 2006).

ALTHERR hat dann für Buchenbestände 1965 ein Durchforstungsmodell entwickelt, welches von der Art am ehesten dem einer Zielstärkennutzung entspricht. Dieses bezeichnet er als Buchen-Lichtwuchsdurchforstung, wobei hier darauf zu achten ist, dass es noch andere Konzepte gibt, die unglücklicherweise unter demselben Namen bekannt sind. In der Z-Baum-orientierten Lichtwuchsdurchforstung nach ALTHERR (1971) wird für die Buche das Ziel verfolgt, dass in etwa 120 bis 130 Jahren ein Zieldurchmesser von 60-65 cm produziert werden soll. Dabei werden die Zukunftsbäume (Z-Bäume) fix markiert. Zur Auswahl gelangen sollten etwa 100 bis 120 Z-Bäume je Hektar, wenn die astfreie Schaftlänge von 10 m erreicht wurde. Die Auswahlkriterien hierbei sollten Vitalität, Qualität, Gesundheit und die Verteilung (mind. 10 m für entsprechende Kronenbreite) sein. Nach dem zweiten Freistellungshieb ist eine Korrektur nicht mehr möglich. Im sogenannten Lichtungsstadium sollen jeweils 2-3 Bedränger pro Z-Baum entnommen und die Grundfläche auf 20 m²/ha (ohne Unterstand) abgesenkt werden. Dieses sollte jedoch nicht über eine Maßnahme, sondern über 2-3 Eingriffe geschehen. Im Nachlichtungsstadium sollte die Bestandesgrundfläche die nächsten 20 Jahre bei 20 m²/ha gehalten werden. Danach sollten die Eingriffe schwächer werden und es sollte zu einem Anstieg der Bestandesgrundfläche von 30-34 m²/ha kommen. Ab dem Alter von 100 Jahren sollte es zur Hiebsruhe kommen, da nur noch Z-Bäume oder unterständige Bäume vorhanden sein sollten und somit weitere Eingriffe nicht notwendig sind. Der Bestand sollte geschlossen bleiben, um das Aufkommen von Verjüngung zu verhindern. Mit einem Alter von 120 Jahren sollte der Bestand den Zieldurchmesser von 60-65 cm BHD erreicht haben (RÖHRIG et al., 2006 nach ALTHERR, 1971)

Diese Vorgehensweise ist heute grundsätzlich als die gängigste Durchforstungsmethode für Buchenbestände etabliert. Sie erfordert jedoch junge Bestände, in denen, wie gewünscht, recht früh mit den Maßnahmen begonnen werden kann. Doch es gibt auch viele Bestände, in denen ein solches Vorgehen nicht möglich ist, weil sie schon deutlich älter sind und nicht oder nur geringfügig gepflegt wurden. Bei solchen älteren Beständen stellt sich die Frage, ob und durch welche gezielten Behandlungen möglicherweise eine höhere Qualität und damit höhere Wertleistung erzielt werden kann. Die hohe Reaktionsfähigkeit der Buche, die auch noch im höheren Alter zu bestehen scheint, lässt auf die Möglichkeit hoffen, diesen Vorteil gegenüber anderen Baumarten noch nutzen zu können. So zeigten Untersuchungen das Potenzial dieser

Reaktionsfähigkeit an Einzelbäumen, die, obwohl sie lange Zeit nur geringe Zuwächse zeigten, plötzlich, vermutlich durch Reduzierung der Konkurrenz, auch im höheren Alter noch langanhaltend hohe Zuwächse liefern können (KLÄDTKE, 2002).

Hinzu kommt, dass neuere Forschungsergebnisse zeigen, dass eine kürzere Umtriebszeit auch in einem anderen problematischen Bereich der Buche von Vorteil ist. Das Risiko für die Bildung des Buchenrotkerns als holzentwertendes Merkmal wird durch verschiedene Faktoren stark beeinflusst. Aber es zeigte sich auch, dass das Risiko exponentiell ansteigt, wenn die Produktionszeiträume über ein Alter von 120 Jahren hinausgehen und Brusthöhendurchmesser von über 60-70 cm überschritten werden. Eine vorteilhafte, kürzere Umtriebszeit lässt sich generell nur erreichen, wenn die Z-Baumzahl einer Fläche nicht mehr als 100 Bäume pro Hektar beträgt, da sonst die Zuwächse der Einzelbäume nicht ausreichen (KLÄDTKE, 2001).

## 1.2. Fragestellung und Zielsetzung

In der Diplomarbeit von Simona Gutteck im Jahr 2003 wurde die Thematik aufgegriffen, welche Kriterien ausschlaggebend für die Beeinträchtigung der Qualität in den untersuchten Beständen waren, und ob es alternative Bewirtschaftungskonzepte gibt, um auch in älteren bzw. mittelalten Beständen die Qualitäts- und damit die Wertleistung zu erhöhen. Dafür wurden 6 Versuchsflächen angelegt und auf den Flächen 80-100 Z-Bäume pro Hektar ausgewählt. Geplant war, pro Z-Baum ein bis zwei Bedränger pro Eingriff zu entnehmen, dabei jedoch die Grundflächenabsenkung insgesamt auf 25-30% zu begrenzen, um die Bestandesstabilität zu bewahren (GUTTECK, 2003).

In dieser Arbeit soll nun fast zwanzig Jahre nach der Anlage dieser Versuchsflächen eine weitere Analyse und Bewertung der Bestandesentwicklung mit folgenden vorrangigen Fragestellungen vorgenommen werden:

- Wie entwickelten sich relevante waldbaulich-ertragskundliche Kennzahlen?
- Wie verhält sich die Bestandesentwicklung im Vergleich zur Simulation mit PROGNAUS aus dem Jahr 2002?
- Wie stark haben sich Strukturdiversitätsmerkmale verändert?
- Wie entwickelt sich die Qualität der Verjüngung auf diesen Flächen?
- Kann durch alternative Bewirtschaftungskonzepte eine Qualitätssteigerung in alten Buchenbeständen bewirkt werden?

# 2. Material und Methoden

## 2.1. Untersuchungsgebiete

### 2.1.1. Wienerwald

Der Wienerwald ist das größte zusammenhängende Laubwaldgebiet Österreichs. Westlich der Stadt Wien gelegen, gehört er noch zu dem nordöstlichsten Ausläufer der Alpen. Die Fläche beträgt etwa 135.000 ha, wobei davon nur rund 52 % Wald sind. Die Landschaft ist von Hügeln geprägt und erstreckt sich von 200 m bis auf maximal 890 m Seehöhe. Geologisch ist der Wienerwald zweigeteilt mit der Flyschzone (Flyschwienerwald) im Norden und Westen und der Kalk- und Dolomitgesteinszone (Kalkwienerwald) im Süden (SAUBERER et al., 2007).

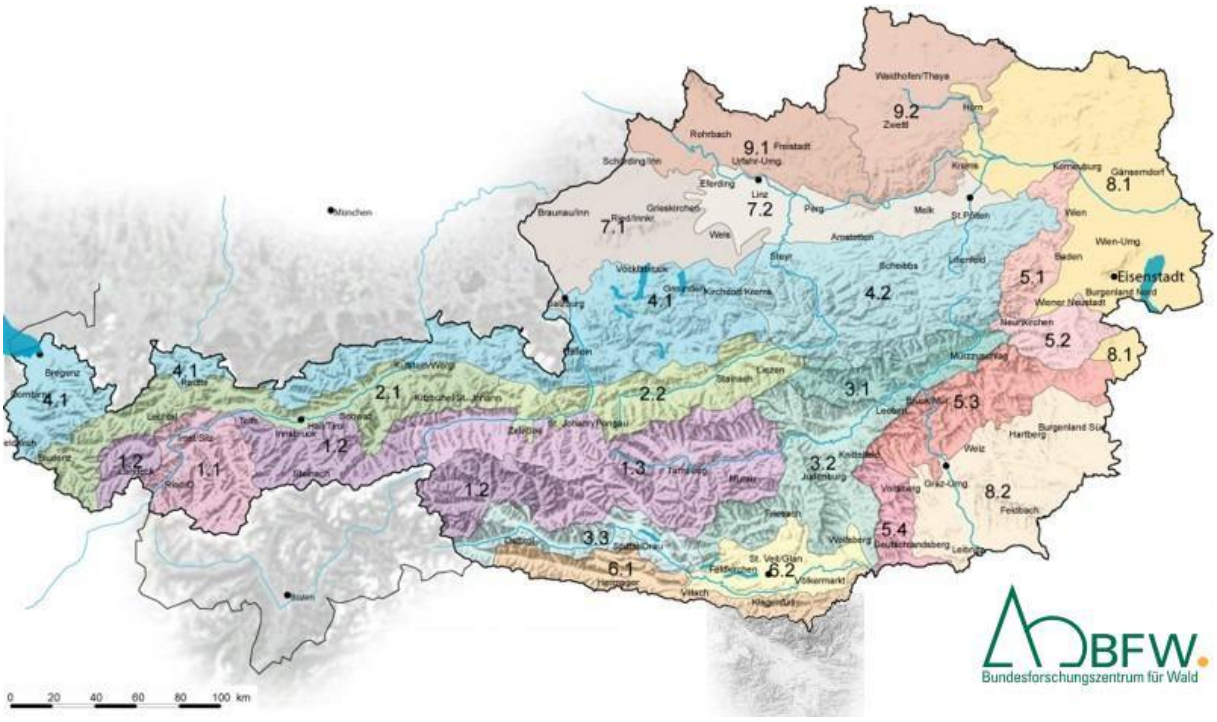


*Abbildung 1 Forstliche Wuchsgebiete Österreichs (BFW, 2021)*

Die Versuchsflächen im Wienerwald gehören den Österreichischen Bundesforsten (ÖBF AG). Sie liegen im Flyschwienerwald, der hauptsächlich aus Mergel, Sand- und Tongestein besteht; diese sind leicht verwitternd. Dieses sorgt für leichte Erosion durch Bäche, die oft stark einschneiden und Hangrutschungen begünstigen (SCHUSTER et al., 2013). Es handelt sich hier meist um sehr tiefgründige Böden, die jedoch durch den hohen Lehmanteil sehr wasserundurchlässig sind. Ein großer Teil der Böden an Hangstandorten ist pseudovergleyt

oder bei kalkhaltigen Sandsteinen kommen Parabraunerden vor. Dadurch kann es nach ergiebigen Niederschlägen dazu kommen, dass sich sonst wasserlose Hangrinnen schnell in große Sturzbäche verwandeln, die zu lokalen Überschwemmungen führen können (GUTTECK, 2003). Klimatisch liegt der Wienerwald im Übergangsgebiet vom mehr atlantisch geprägtem Randalpenklima hin zu einem mehr pannonisch beeinflussten Klima im Osten. Im Osten liegt der Jahresniederschlag in etwa bei 700 mm und nimmt dann Richtung Westen auf bis zu 1000 mm zu. Das Niederschlagsmaximum befindet sich im Sommer (KILIAN et al., 1994). In den Untersuchungsgebieten überwiegt jedoch der subatlantische Einfluss mit einer Jahresmitteltemperatur von 9°C und einem Jahresniederschlag von 800-900 mm (GUTTECK, 2003).

Das Gebiet gehört zum Wuchsgebiet 5.1. – Niederösterreichischer Alpenostrand (Thermenalpen). Hier ist die natürliche Waldgesellschaft in der kollinen Höhenstufe (200-350 m) der Traubeneichen-Hainbuchenwald im Übergang zum submontanen Bereich mit Buche, in Mulden bzw. der Talsohle auch mit Beimischung von Stieleiche auf stark vergleyten Böden sowie submontan (350-600 m) dann Buchenwald, wobei Traubeneiche, Esche und Bergahorn beigemischt sein können (KILIAN et al., 1994). Die Baumartenzusammensetzung des Wienerwalds sieht insgesamt folgendermaßen aus (Stand 1989): Rotbuche (*Fagus sylvatica*) 54,7 %; Hainbuche (*Carpinus betulus*) 5,7 %; Eiche (*Quercus spp*.) 5,5 %; Esche (*Fraxinus excelsior*) 2,2 %; sonstige Laubbäume 2,2 %; Fichte (*Picea abies*) 11,2 %; Tanne (*Abies alba*) 2,1 %; Lärche (*Larix decidua*) 5,8 %; Kiefer (*Pinus spp.*) 10,1 %; sonstiges Nadelholz 0,4 % (SAUBERER et al., 2007).

### 2.1.2. Lockenhaus

Lockenhaus liegt im Bezirk Oberpullendorf im Burgenland direkt an der ungarischen Grenze und etwa 60 km südlich von Eisenstadt. Die Versuchsflächen liegen in Waldflächen, die der Fürst Esterházy´schen Privatstiftung Lockenhaus gehören. Diese wurde 1995 durch Melina Fürstin Esterházy gegründet. Der Betrieb umfasst eine Größe von 5800 ha, dabei werden mehr als 96% der Fläche forstlich genutzt (FÜRST ESTERHÁZY'SCHE PRIVATSTIFTUNG LOCKENHAUS, 2020).

Das Gebiet ist Teil des Günser Gebirges, welches sich in Ost-West-Richtung erstreckt. Der Geschriebenstein ist die höchste Erhebung mit 884 m Seehöhe. Die Hänge sind gleichmäßig und haben langgestreckte Täler. Die Wälder des Forstbetriebs gehen hinunter bis auf eine Seehöhe von 340 m. Das Grundgestein ist Phyllit- oder Tonschiefer. Aus diesem Ausgangsmaterial entwickelt sich Braunerde-Semipodsol, wobei dieses oft pseudovergleyt ist (FÜRST ESTERHÁZY'SCHE PRIVATSTIFTUNG LOCKENHAUS, 2020).

Durch Staulagen von atlantischen oder mediterranen Luftmassen an umliegenden höheren Gebirgszügen kommt es in diesem Gebiet zu höheren Niederschlägen als in weiter nordöstlich gelegenen Gebieten des Bezirks Oberpullendorf. Der Jahresniederschlag liegt hier bei 800-1000 mm. Im Winter liegt an rund 64 Tagen eine geschlossene Schneedecke. Generell besteht durch Hochdruckwetterlagen und Nebel die Gefahr von starker Raureifbildung und auch von Eisanhang. Dieses kann in einem erheblichen Maß geschehen. Die Jahresmitteltemperatur beträgt zwischen 6-8°C und die Vegetationszeit beträgt etwa 210-225 Tage (FÜRST ESTERHÁZY'SCHE PRIVATSTIFTUNG LOCKENHAUS, 2020; GUTTECK, 2003).

Das Gebiet gehört forstlich bereits zum Wuchsgebiet 5.3 – Ost- und Mittelsteirisches Bergland. Dabei ist hier die Natürliche Waldgesellschaft in der submontanen Stufe (300-700 m) auf den wärmebegünstigten Hängen Eichen-Hainbuchenwald mit Buche (basenreiche Substrate) zu finden. Ansonsten ist in der submontanen und tiefmontanen Stufe (700-900 m) Buchenwald mit Tanne oder auch Weißkiefer zu finden (KILIAN et al., 1994). Dabei bildet im Betrieb auf schattenseitigen silikatischen Hängen in einer Seehöhe von 600-700 m der Waldmeister-Tannen-Buchenwald die Klimaxgesellschaft, auf der Sonnenseite eines Hanges der Hainsimsen-Buchenwald (GUTTECK, 2003). Die Baumartenzusammensetzung im Betrieb Lockenhaus sieht insgesamt folgendermaßen aus (Stand 2013): Buche (*Fagus sylvatica*) 30,1%; Eiche (*Quercus spp.*) 12,9%; Hartlaubholz 4,1%; Weichlaubholz 3,4%; Fichte (*Picea abies*) 22,1%; Kiefer (*Pinus spp.*) 20,7; Lärche (*Larix decidua*) 4,9%; Tanne (*Abies alba*) 1,5%; Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) 0,3% (FÜRST ESTERHÁZY'SCHE PRIVATSTIFTUNG LOCKENHAUS, 2020).

## 2.2. Auswahl der Versuchsflächen

Die in diese Arbeit aufgenommenen Versuchsflächen wurden im Zuge der Masterarbeit von Simona Gutteck im Herbst des Jahres 2001 angelegt. Die Flächen wurden nach dem Kriterium ausgewählt, dass durch die Veränderung der Bewirtschaftung eine Erhöhung der bisherigen Wertleistung bewirkt werden sollte. Dabei wurde darauf geachtet, dass in den Beständen die Buchen einen hohen Anteil hatten, der vital war und keine Schäden aufwies. Dieses erfolgte mit dem Augenmerk darauf, dass die Bestände nicht zu schnell zusammenbrechen, wenn es zu Eingriffen kommt. Des Weiteren wurde auf gleiche Standortbedingungen geachtet, genauso wie auf ähnliches Alter und vergleichbare vorherige Behandlung. Die Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Versuchsflächen, wie sie 2002 angelegt wurden (GUTTECK, 2003).

*Tabelle 1 Übersicht der Versuchsflächen - Die Größen der Versuchsfläche sind an die lokalen Gegebenheiten bzw. den früheren Bestockungsgrad angepasst worden, um eine repräsentative Anzahl an Bäumen aufnehmen zu können (Verändert nach GUTTECK, 2003).*

| Bezeichnung | Forstbetrieb | Revier | Abt. | Größe |
|---|---|---|---|---|
| **Windisch-hütte 1** | Wienerwald (ÖBf AG) | Kierling | | 1,0 ha (100x100m) |
| **Windisch-hütte 2** | Wienerwald (ÖBf AG) | Kierling | 512a2 | 1,0 ha (100x100m) |
| **Hainbach 1** | Wienerwald (ÖBf AG) | Klausen | 1b | 0,36 ha (60x60m) |
| **Hainbach 8** | Wienerwald (ÖBf AG) | Klausen | 8d | 0,64 ha (80x80m) |
| **Lockenhaus 1** | Lockenhaus (Esterházy´sche Privatstiftung) | Glashütten | 50a | 1,0 ha (100x100m) |
| **Lockenhaus 2** | Lockenhaus (Esterházy´sche Privatstiftung) | Hirschenstein | 111c1 | 1,0 ha (100x100m) |

Neben den Daten der Masterarbeit von 2003, wurden auch die Rohdaten von Aufnahmen aus der Zwischenperiode zur Auswertung zur Verfügung gestellt. Allerdings sind einzelne Bestände häufiger aufgenommen worden als andere, so dass in jedem Bestand eine unterschiedliche Datengrundlage vorhanden ist.

Alle Flächen wurden im Herbst/Winter 2001/2002 erstmals aufgenommen. Folgeaufnahmen erfolgten im Herbst/Winter 2007/2008 auf den Flächen der ÖBf AG. Die Flächen Hainbach 1 wurden im Herbst/Winter 2015/2016 und Hainbach 8 im Herbst/Winter 2013/2014 nochmals aufgenommen. Die Flächen der Windischhütte wurden im Winter 2018/2019 aufgenommen. Im Zuge dieser Arbeit wurden die restlichen Flächen in Hainbach und Lockenhaus im Januar und März 2020 aufgenommen. Da im Folgenden für die Berechnungen die Wachstumsperiode entscheidend ist, werden die Jahreszahlen einheitlich mit Ende der Winterperiode angegeben. Die Versuchsflächen sind dauerhaft mit Pflöcken markiert, und zwar jeweils direkt an und in der Mitte zwischen den Eckpunkten. Außerdem wurden alle Bäume, die über einem BHD von 8 cm (Kluppschwelle) waren, dauerhaft mit einem Metallplättchen mit einer eindeutig zuzuordnenden Nummer am Stammfuß nummeriert.

## 2.3. Aufnahmeverfahren

Die Aufnahmen erfolgten nach dem Vorbild von 2001. Dafür wurde auf allen Flächen eine Vollaufnahme der Brusthöhendurchmesser (BHD) durchgeführt. Der BHD wurde mittels eines Pi-Bandes gemessen, wobei immer hangoberseits in 1,30 Höhe (Brusthöhe) gemessen wurde. Wies der Stamm Unregelmäßigkeiten auf, ist nach der in Abb. 2 folgenden Definition vorgegangen worden (KRAMA und AKÇA, 2008). Die Baumhöhe und der Kronenansatz (PKA) wurden an 20-30 Bäumen pro Bestand mittels Vertex gemessen. Dabei wurde darauf geachtet, dieses gleichmäßig über die vorhandenen Durchmesserklassen zu verteilen. Die Baumhöhe ist definiert als der Höhenunterschied zwischen Baumspitze und Baumfußpunkt (KRAMA und AKÇA, 2008), der erste grüne Primärast wurde als Beginn der Krone (Kronenansatz) betrachtet. Die Kluppschwelle beträgt 8 cm.

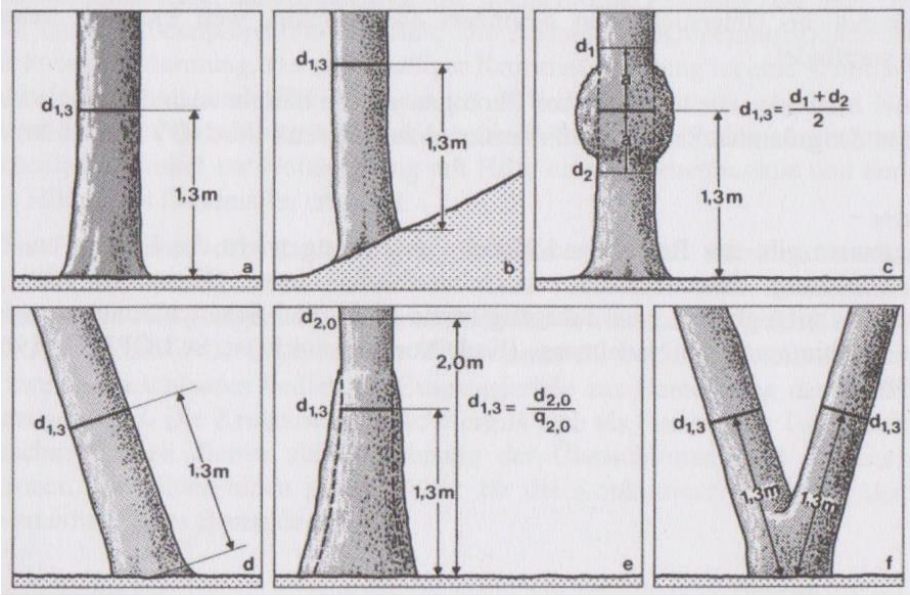


*Abbildung 2 Definition der Brusthöhe (BHD) (aus KRAMER und AKÇA 2008, S.46)*

Auf den Flächen wurde 2020 auch eine Jungwuchs- und Dickungsaufnahme durchgeführt, wobei die Flächen in 20 m x 20 m Raster eingeteilt wurden. Der jeweilige Mittelpunkt der Rasterquadrate bildete den Probenpunkt, wie in Abb. 3 beispielhaft dargestellt ist. Die ein Hektar großen Flächen haben dabei 25 Probenpunkte, die Fläche mit 0,64 Hektar hat 16 Probenpunkte und die Fläche mit 0,36 Hektar hat 9 Probenpunkte.

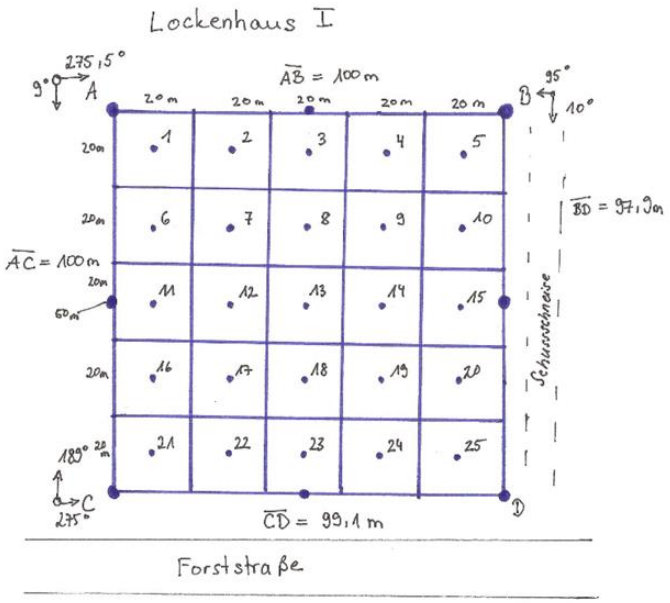


*Abbildung 3 Skizze des Rasters für die Jungwuchs- und Dickungsaufnahme*

Dabei wurde die Verjüngung in Jungwuchs und Dickung unterteilt. Zum Jungwuchs zählten alle Bäume zwischen 20-130 cm. Der Radius des fixen Probenkreises betrug hier 1 m. Zur Dickung zählten alle Bäume über 1,3 m und unter der Kluppschwelle von 8 cm. Der Radius des fixen Probekreises bei der Dickung betrug hier 1,41 m. Dabei wurden im Jungwuchs nur Baumart, Höhe und möglicher Verbiss aufgenommen. In der Dickung wurden zusätzlich auch BHD, Kronenansatz, Drehwuchs, Schälschaden, Ernteschaden, Rückeschaden, Stammachse und Verzweigungssystem aufgenommen. Die Bonitur der Stammachse und des Verzweigungssystems wurde nach dem folgenden Aufnahmeschlüssel aufgenommen:

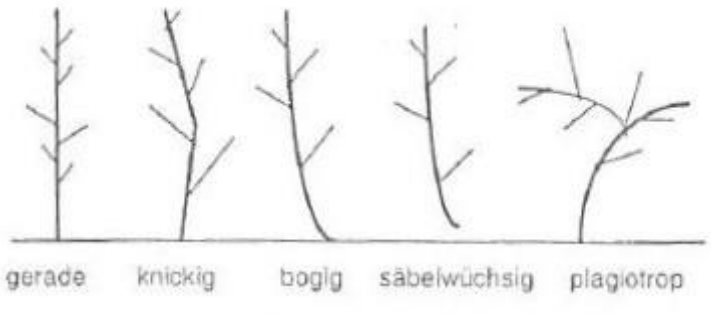


*Abbildung 4 Bonitur der Stammachsen: 1 = gerade; 2 = knickig; 3 = bogig; 4 = säbelwüchsig; 5 = plagiotrop (SAGHEB-TALEBI, 1996)*

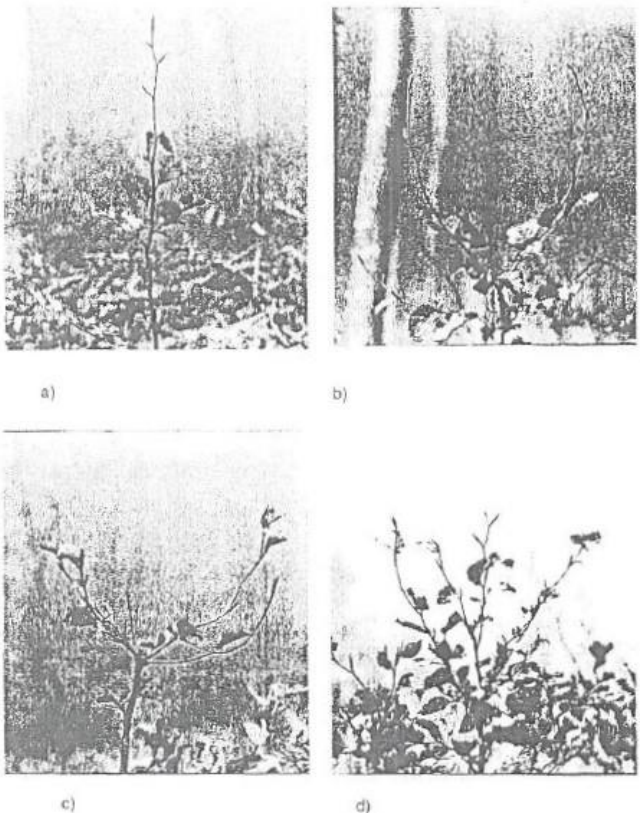


*Abbildung 5 Bonitur des Verzweigungssystems der Buche a) wipfelschäftig = 1; b) zwieseliger = 2; c) gabelförmig = 3 und d) besenartig = 4 (SAGHEB-TALEBI, 1996)*

## 2.4. Auswertung

### Höhenkurven

Nach der Erhebung der Daten wurden diese aufbereitet, um die statistische Auswertung zu ermöglichen. Die Auswertungen wurden mit „R“ sowie mit Microsoft Excel durchgeführt. Der erste Schritt war die Erstellung von Höhenkurven für jeden Bestand. Dafür wurden die Höhenkurven-Modelle von POLLANSCHÜTZ, PETTERSON und KORSUN und am Ende die Höhe des am besten angepassten Modells verwendet.

**POLLANSCHÜTZ:** $h = e^{a_0 + \frac{a_1}{d}} + 1{,}3$

**PETTERSON**: $h = \frac{1}{\left(a_0 + \frac{a_1}{d}\right)^2} + 1{,}3$

**KORSUN:** $h = e^{a_0 + a_1 \ln d + a_2 ln^2 d}$

### Volumen

Anschließend wurden für jeden Bestand das Derbholzvolumen nach FRANZ et al. (1973) und das Schaftholzvolumen nach POLLANSCHÜTZ (1974) sowie die Stammzahl und Grundfläche pro Hektar berechnet.

### Derbholzvolumen nach FRANZ et al. (1973) [$Vfm_{DmR}$]:

$$Vderb = \sum_{i=1}^{n} bhd_i^2 * \frac{\pi}{4} * fh_i$$

$$fh_i = e^{a + b * \ln(h_i) + c * ln^2(h_i)}$$

$$a = a_0 + a_1 * \ln(bhd) + a_2 * ln^2(bhd)$$
$$b = b_0 + b_1 * \ln(bhd) + b_2 * ln^2(bhd)$$
$$c = c_0 + c_1 * \ln(bhd) + c_2 * ln^2(bhd)$$

### Schaftholzvolumen nach POLLANSCHÜTZ (1974):

$$V_S = \sum_{i=1}^{n} fz_i * bhd_i^2 * \frac{\pi}{4} * h_i$$

BHD>5cm: $fz_i = b_0 + b_1 * ln^2\, bhd_i + b_2 * \frac{1}{h_1} * b_3 * \frac{1}{bhd_i} * b_4 * \frac{1}{bhd_i^2} * b_5 * \frac{1}{bhd_i * h_i} * b_6 * \frac{1}{bhd_i^2 * h_i}$

BHD<5cm: $fz_i = 0{,}5$

### Grundflächenmittelstamm ($d_g$)

$$\boldsymbol{d_g = \sqrt{(\sum_{i=1}^{N} d_i^2)/N}}$$

### Lorey´sche Mittelhöhe ($h_L$)

$$h_L = \frac{\sum n * g * h}{\sum n * g}$$

### Oberhöhe

Die Oberhöhe (OH) wurde nach der Oberhöhe von ASSMANN berechnet, da diese auch die Grundlage für die Oberhöhe der verwendeten Ertragstafel von MARSCHALL (1975) ist. Diese ist definiert als die Höhe des Grundflächenmittelstamms der 100 stärksten Stämme pro Hektar. Berechnet werden kann diese somit wie die Lorey´sche Mittelhöhe nur unter Verwendung der 100 stärksten Bäume pro Hektar (STERBA, 2011).

### Bonitierung

Für die Ermittlung der Bonität des Bestandes wurde die Oberhöhe nach ASSMANN verwendet, die Bonitierung erfolgte mit der Hilfstafel für Forsteinrichtung von MARSCHALL (1975). Darüber wurde der Bestockungsgrad des Bestandes berechnet.

### Durchmesserklassen

Die Durchmesserklassen wurden in 5 cm-Schritten unterteilt. Eine Klasse beginnt also z.B. bei 50 cm und reicht bis 54,99 cm. Die Angaben in den Grafiken beziehen sich immer auf die untere Klassengrenze. Dieses wurde gegenüber einer anderen Klassenbreite bevorzugt, da auf diese Weise die Durchmesserklassengrenze auch mit der Zielstärke von 60 cm zusammenfällt.

### Radialzuwachs

Der Radialzuwachs wurde aus der Differenz der zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufgenommenen BHDs berechnet.

$$ir = \left(\frac{BHD_2 - BHD_1}{Periode}\right) : 2$$

$BHD_1 = Brusthöhendurchmesser\ am\ Anfang\ der\ Aufnahmeperiode$
$BHD_2 = Brusthöhendurchmesser\ am\ Ende\ der\ Aufnahmeperiode$

### Zuwachs

Der laufende jährliche periodische Zuwachs wurde mittels der Differenzmethode wie in PRETZSCH (2002) ermittelt.

$$Z = V_2 + A - V_1$$

$$Z = Volumenszuwachs\ der\ Periode$$
$$V_1 = Vorrat\ am\ Anfang\ der\ Aufnahmeperiode$$
$$V_2 = Vorrat\ am\ Ende\ der\ Aufnahmeperiode$$
$$A = Nutzung\ und\ Mortalität\ in\ der\ Aufnahmeperiode$$

Der berechnete Zuwachs wurde durch die Periodenlänge geteilt und ergibt dann den jährlichen periodischen Zuwachs. Der ausscheidende Bestand wurde bei längeren Aufnahmeunterbrechungen mit der Hälfte des periodischen Zuwachses einbezogen. Um eine bessere Vergleichbarkeit mit den Modellierungen von PROGNAUS (LEDERMANN, 2007) zu erreichen, und da nicht bei allen Entnahmen der genaue Zeitpunkt bekannt war, wurde der Entnahmezeitpunkt für den Beginn der jeweiligen Periode angenommen. Fiel dieser Zeitpunkt mit einer bekannten Entnahme zusammen, wurde die weitere Entnahme in der Mitte der Periode angenommen. Für diese wurde der Vorrat entsprechend um die Hälfte des periodischen Zuwachses dieses Zeitraums angepasst. Alle Werte, die einer Berechnung unterliegen und nicht im Feld erhoben wurden, wurden als solche kenntlich gemacht.

### Dickung

Für die Angabe der Stammzahl der Dickung pro Versuchsfläche wurden die in die Probekreisflächen fallenden Individuen mittels des „Blow Up Faktors“ auf einen Hektar hochgerechnet. Dafür wurde die Versuchsfläche bzw. die Fläche eines Hektars durch die Fläche des Probekreises geteilt. Anschließend wurden die Ergebnisse der einzelnen Probekreisflächen gemittelt. Die Bonitäten der Stammachse und des Verzweigungssystems wurden als prozentualer Anteil der Stammzahl pro Hektar für die Fläche berechnet.

### Simulierte Behandlungsvarianten

Um die Auswirkungen verschiedener Behandlungsmethoden, Abschätzungen und einen Vergleich zu haben, ist im Zuge der Masterarbeit von Simona Gutteck im Jahre 2003 eine Modellierung der Bestandesentwicklung mit dem Waldwachstumssimulator PROGNAUS erstellt worden.

## Diversitätsindices

Für die Flächen wurden die Diversitätskennzahlen nach der Methode zur Bestandesbeschreibung wie bei STERBA und ZIGG (2006) berechnet. Die Diversitätsanalyse wurde für die Durchmesserdiversität und die Baumartendiversität durchgeführt. Für die Durchmesserdiversität wurden die Standardabweichung, Variationskoeffizent, Schiefe und Gini-Koeffizient berechnet. Die Baumartendiversität wurde mittels Shannon-Weaver-Index berechnet. Dabei wurden in die Berechnung nur Bäume einbezogen, die über der Kluppschwelle von 8 cm liegen.

### Standardabweichung

$$s_x = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

### Standardfehler

$$\boldsymbol{s_{\bar{x}} = \frac{s_x}{\sqrt{n}}}$$

### Variationskoeffizient ($C_{BHD}$)

$$c_{BHD} = 100 * \frac{s_{BHD}}{BHD}$$

### Schiefe

$$Skew = \frac{\frac{\sum(BHD - \overline{BHD})^3}{n-1}}{{s_{BHD}}^3}$$

### GINI-Index

$$a_i = \frac{(\sum ba_i/BA + \sum ba_{i-1}/BA)/2}{\sum n_i/N - \sum n_{i-1}/N}$$

$$Gini - Index = (0{,}5 - \sum a_i)/0{,}5 * 100$$

**Shannon-Weaver-Index**

$$H' = \sum_{i=1}^{s} p_i * lnp_i$$

Dabei wurde der Shannon-Weaver-Index einmal bezogen auf die Stammzahl und einmal bezogen auf die Grundfläche berechnet $p_i = pN\ und\ p_i = pG$

# 3. Ergebnisse

## 3.1. Versuchsfläche Windischhütte 1

### 3.1.1. Allgemein

Die Versuchsfläche liegt im Forstrevier Kierling, welches zum Forstbetrieb Wienerwald gehört. Sie liegt in der Abteilung 513b1. Die Fläche ist einen Hektar groß und befindet sich auf einer Seehöhe von ca. 460 m an einem Oberhang, der südexponiert ist. Die Fläche ist gleichförmig und mit 10% nur geringfügig geneigt. Der Buchenreinbestand wächst auf einer frischen pseudovergleyten Parabraunerde. Diese ist gut nährstoffversorgt und die Vegetation gehört

*Abbildung 6 Versuchsfläche Windischhütte 1 im Jahr 2002 (GUTTECK, 2003)*

*Abbildung 7 Versuchsfläche Windischhütte 1 im Jahr 2020*

zum Schattenkräuter-Typ. Der Bestand ist 131 Jahre alt und die Fläche ist vollständig unter Schirm verjüngt, wobei die Verjüngung sich im Dickungsstadium befindet und etwa 15-20 Jahre alt ist. Der Bestand wurde bis ins Jahr 2002 im Schirmschlagverfahren bewirtschaftet. Zwischen 1988 und 2002 gab es 3 Eingriffe, wobei qualitativ schlechte Buchen zur Förderung von qualitativ besseren Individuen entfernt wurden. Mit dem Jahr 2002 kam es zu einer Umstellung der Behandlung hin zur Zielstärkennutzung (in der Arbeit von Gutteck noch als Lichtwuchsbetrieb bezeichnet). Dabei kam es 2002 zu einer starken Durchforstung, in der etwa ein Viertel des Bestandes entnommen wurde, um Z-Bäume zu fördern.

### 3.1.2. Waldaufbau

**Bestand (BHD ≥ 8 cm)**

Der mittlere BHD liegt bei 52,2 cm und der Bestand gehört damit in die Wuchsklasse des starken Baumholzes. Die Oberhöhe (Assmann) liegt bei 37,5 m. Der Kronenansatz liegt im gesamten Bestand etwa bei 18 m, wobei auch Bäume mit einer langen Krone noch eine astfreie Schaftlänge von mindestens 12 m aufweisen. Der Bestand stockt auf einem Standort der 10. Ertragsklasse nach der Ertragstafel Buche Braunschweig von MARSCHALL. Der Bestockungsgrad liegt bei 0,86. Der h/d – Wert des Bestandes liegt bei 72.

*Tabelle 2 Bestandeskennwerte (Vorrat [Vd/ha, Vs/ha], Stammzahl [n/ha], Grundfläche [$m^2$/ha], Grundflächenmittelstamm [cm], Lorey´sche Mitlehöhe [m], Oberhöhe [m], Kronenansatz [m]) der Vfl. Windischhütte 1 von 2002-2019*

| ***Windischhütte 1*** | **Dg [cm]** | **$H_L$ [m]** | **OH [m]** | **PKA [m]** | **N [n/ha]** | **G [$m^2$]** | **$V_d$ [fmd/ha]** | **$V_s$ [fms/ha]** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *vor DF 2002* | 45 | 36,0 | 35,0 | 18,0 | 264 | 40,7 | 775 | 679 |
| *Entnahme 2002* | | | | | 55 | 6,3 | 117 | 103 |
| *nach DF 2002* | | | | | 209 | 34,4 | 658 | 575 |
| *ber. v. DF 2005* | | | | | 209 | 36,2 | 685 | 594 |
| *ber. Entn. 2005* | | | | | 11 | 2,4 | 46 | 39 |
| *ber. n. DF 2005* | | | | | 198 | 33,8 | 639 | 555 |
| *2008* | | | | | 198 | 36,0 | 685 | 592 |
| *ber. v. DF 2014* | | | | | 198 | 39,0 | 750 | 644 |
| *Entnahme 2014* | | | | | 44 | 8,0 | 155 | 134 |
| *ber. n. DF 2014* | | | | | 154 | 31,0 | 595 | 510 |
| *2019* | 52,2 | 37,1 | 37,5 | 18,0 | 154 | 33,0 | 653 | 557 |

***Stammzahl- und Vorratsverteilung***

Die Durchforstungen sorgten dafür, dass es zu einer gewünschten Fokussierung auf die stärkeren BHDs kam. Eine solche Entwicklung war zu erwarten, da durch Entnahme von qualitativ schlechteren Individuen oft auch die etwas dünneren Individuen entnommen werden. Des Weiteren zeigt sich, dass es zu einer Zunahme des Grundflächenmittelstammes um 7,2 cm seit 2002 kam, was einer Zunahme von +16,0 % entspricht.

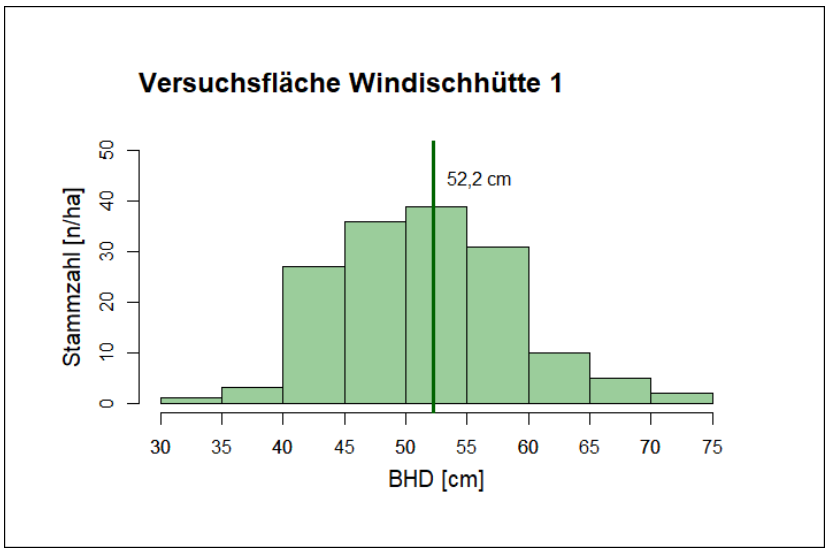


*Abbildung 8 Stammzahlverteilung nach Durchmesserklassen und mittlerer Brusthöhendurchmesser der Vfl. Windischhütte 1 im Jahr 2019 (DKL-Breite = 5 cm)*

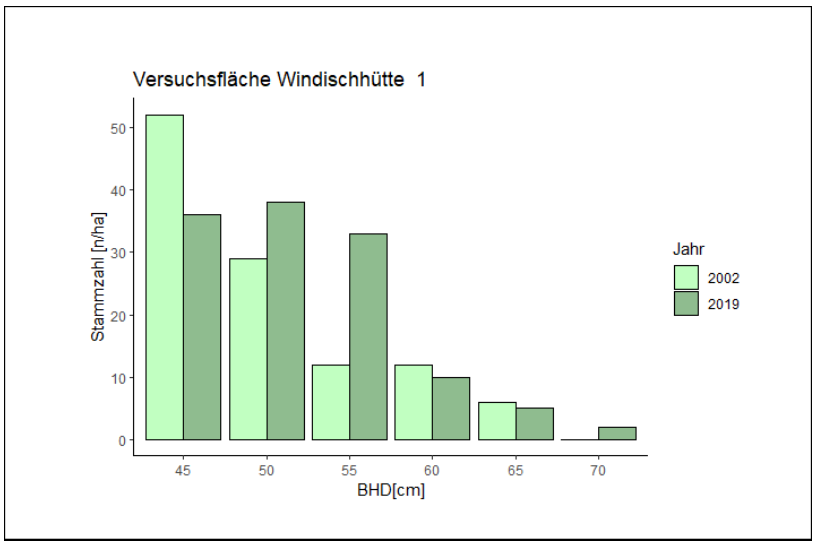


*Abbildung 9 Vergleich der Stammzahlverteilung [n/ha] über einem BHD von 45 cm vom Jahr 2002 zum Jahr 2019*

Es zeigt sich, dass es innerhalb der 17 Jahre zu einer deutlichen Zunahme der Stammzahl in den Durchmesserklassen 50 und 55 cm kam. Dieses scheint vor allem durch Bäume aus der Durchmesserklasse 45 cm verursacht worden zu sein. Es ist auch das erste Mal, dass einige Bäume einen BHD über 70 cm erreicht haben. Außerdem kam es zu Entnahmen in den Durchmesserklassen über 60 cm. In der Entwicklung des Vorrats zeigt sich, dass der Vorrat in den Durchmesserklassen 50 – 60 cm deutlich zugenommen hat, inzwischen aber auch mehr Volumen in den zielstarken Durchmesserklassen vorhanden ist. Dieses zeigt, dass in der Zukunft gute Erntemengen zu erwarten sind.

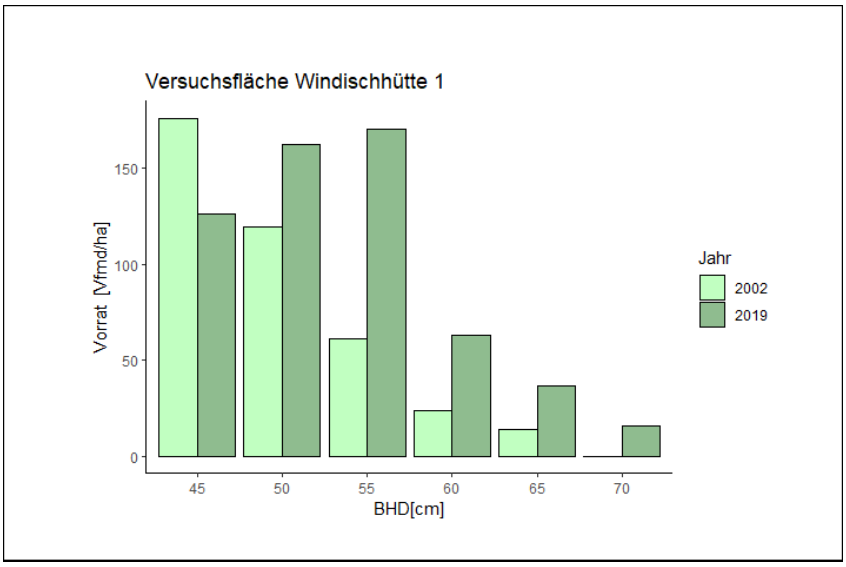


*Abbildung 10 Vorratsverteilung nach Durchmesserklassen ab einem BHD von 45 cm im Jahr 2002 und im Jahr 2019 (DKL-Breite = 5 cm)*

## Dickung (Höhe ≥ 1,3 m, BHD < 8 cm)

Die Dickung erreicht im Durchschnitt eine Höhe von 3,2 m, wobei es vorwüchsige Buchen gibt, die bereits an die 7-8 m erreichen. Die Abb. 12 zeigt, dass die Verjüngung in den unteren Durchmesserklassen in ausreichenden Stammzahlen vertreten ist und auch schon einige wenige Individuen bald über die Kluppschwelle einwachsen werden. Dabei wird deutlich, dass die Stammzahl im Vergleich zum Jahr 2008 insgesamt zugenommen hat, vgl. Abb. 11, und nun auch schon deutlich mehr Individuen in der Durchmesserklasse von 2-4 cm vorhanden sind.

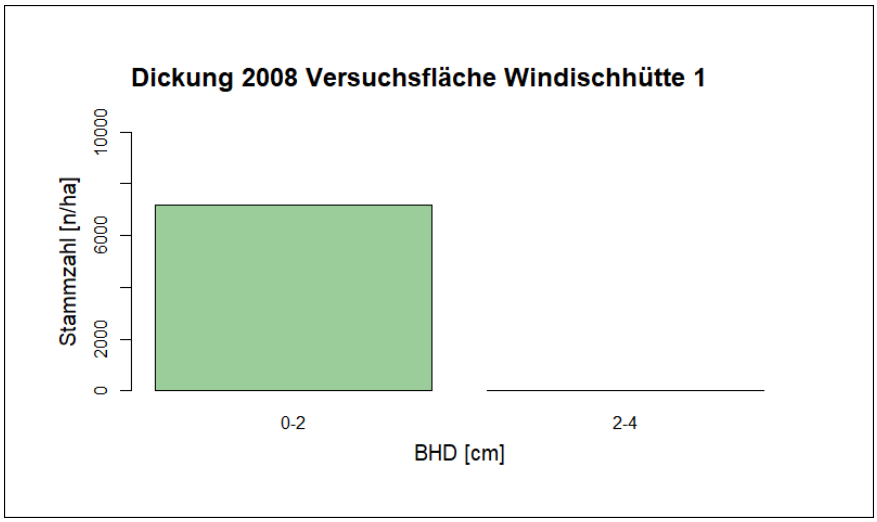


*Abbildung 11 Durchmesserklassenverteilung der Dickung auf der Vfl. Windischhütte 1 im Jahr 2008*

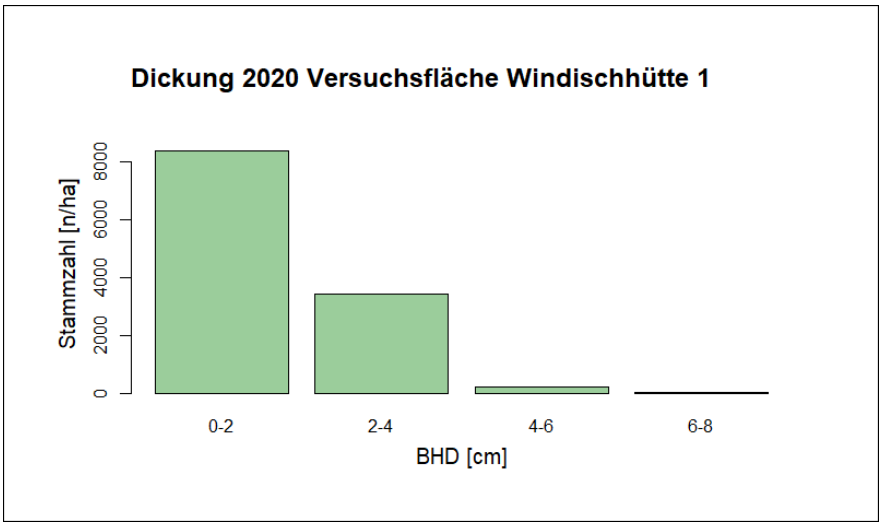


*Abbildung 12 Durchmesserklassenverteilung der Dickung auf der Vfl. Windischhütte 1 im Jahr 2020*

### *Qualitätsmerkmale und -entwicklung*

Im Jahr 2008 war die Verjüngung noch recht jung und das Verzweigungssystem der Buchen war entweder wipfelschäftig oder zwieselig. Im Jahr 2020 ist die Verzweigung deutlich differenzierter und es gibt auch gabelförmige und besenartige Verzweigungstypen. Im Jahr 2008 wurden auf der Fläche alle Buchen als knickig eingeordnet. Dieses zeigt sich im Jahr 2020 mit gerade 10 % (1217 n/ha) als knickig und ca. 22 % (2700 n/ha) als bogig einzustufenden Buchen nicht. Etwa 45% (5444 n/ha) werden als plagiotrop eingestuft. Der Verzweigungstyp im Jahr 2020 zeigt, dass etwa 10% (1217n/ha) wipfelschäftig und rund 55% (6790n/ha) zwieselig sind.

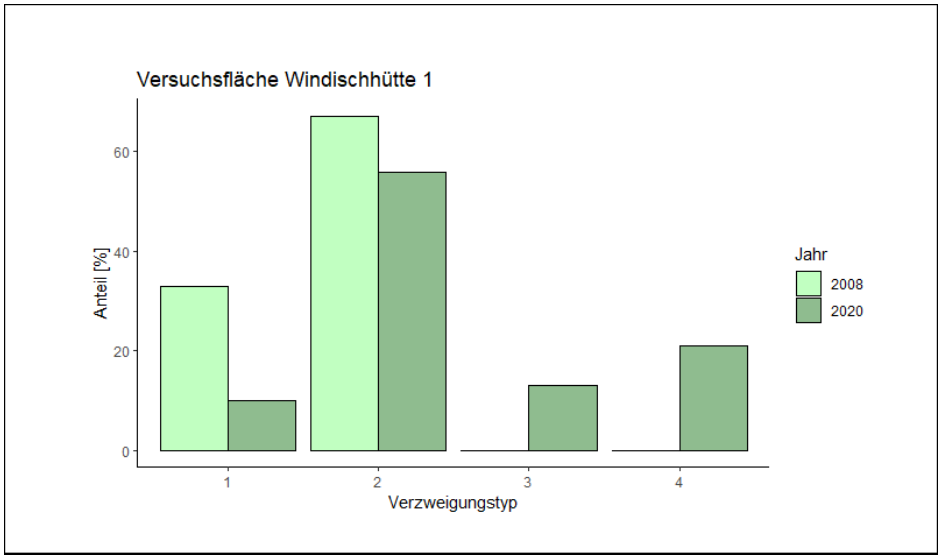


*Abbildung 13 Verzweigungstypen der Dickung (Höhe ≥ 1,3 m und BHD < 8 cm) in Prozent der Gesamtstammzahl der Vfl. Windischhütte 1 in den Jahren 2008 und 2020 [wipfelschäftig = 1; zwieselig = 2; gabelförmig = 3; besenartig = 4]*

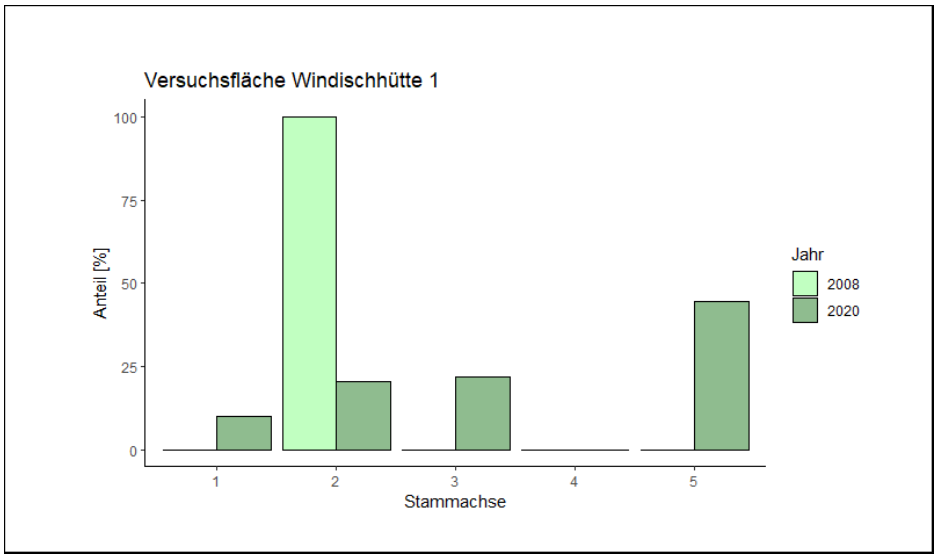


*Abbildung 14 Bonitur der Stammachse in der Dickung (Höhe ≥ 1,3 m bis BHD < 8 cm) in Prozent der Gesamtstammzahl der Vfl. Windischhütte 1 in den Jahren 2008 und 2020 [gerade = 1; knickig = 2; bogig = 3; säbelwüchsig = 4; plagiotrop = 5]*

## Jungwuchs (20 - 130 cm)

Im Bestand Windischhütte 1 hat die Anzahl an Bäumen im Jungwuchs vom Jahr 2008 zum Jahr 2020 deutlich abgenommen, von insgesamt 51312 n/ha auf 8403 n/ha. Es gibt 8 Aufnahmepunkte im Jahr 2020, auf denen kein Jungwuchs zu finden ist. Der verbleibende Jungwuchs ist vor allem im hinteren Teil der Fläche zu finden, wo die Verjüngung etwas jünger

ist. Neuer Jungwuchs steht auch auf kleinen Flächen, wo bei Durchforstungen Kronen des Altbestandes die vorher vorhandene Verjüngung beschädigt hatten.

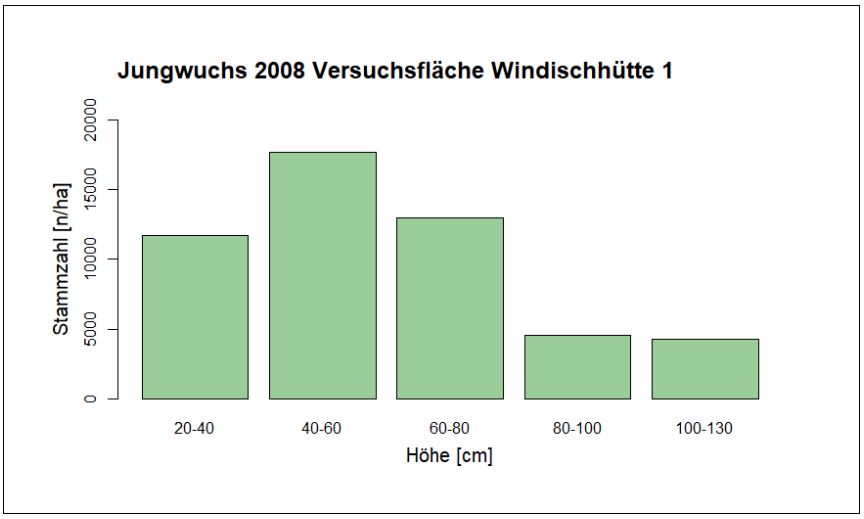


*Abbildung 15 Höhenklassenverteilung (Höhe 20-130 cm) des Jungwuchses auf der Vfl. Windischhütte 1 im Jahr 2008 (HKL-Breite = 20 cm)*

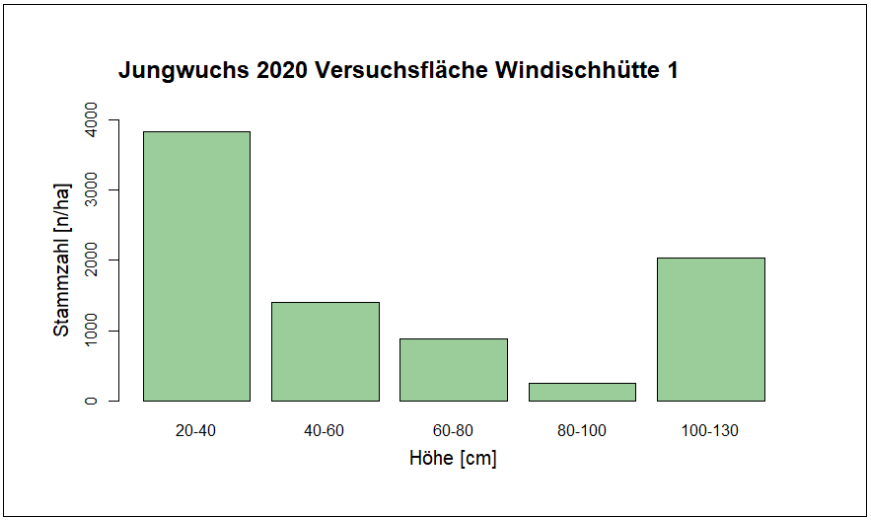


*Abbildung 16 Höhenklassenverteilung (Höhe 20-130 cm) des Jungwuchses auf der Vfl. Windischhütte 1 im Jahr 2020 (HKL-Breite = 20 cm)*

### 3.1.3. Zuwachswerte

#### Mittlerer jährlicher Periodenzuwachs (PZ/J)

Der mittlere jährliche Periodenzuwachs bleibt von der ersten auf die zweite Periode gleich. Im Jahr 2002 kam es zu einer stärkeren Durchforstung, in der ca. 15% des Bestandesvorrats entnommen wurden. Dieses scheint sich nicht auf den Zuwachs des Bestandes ausgewirkt zu haben. In der zweiten Periode erfolgte nach der Hälfte der Periode eine weitere starke

Durchforstung. Dieses ist die einzige Versuchsfläche, wo der Zuwachs in der ersten und zweiten Periode auf etwa gleich Niveau ist.

*Tabelle 3 Laufender jährlicher periodischer Zuwachs [fmd/J/ha, fms/J/ha] für Vfl. Windischhütte 1*

| ***Windischhütte 1*** | **PZ[fmd/J/ha]** | **PZ[fms/J/ha]** |
|---|---|---|
| ***Periode 2002-2008*** | **11,7** | **9,0** |
| ***Periode 2008-2019*** | **11,2** | **9,0** |
| ***Periode 2002-2019*** | **11,4** | **9,0** |

**Jahrringbreiten - Radialzuwachs**

Die 20 stärksten Bäume haben in diesem Bestand einen durchschnittlichen jährlichen Radialzuwachs von 2,6 mm, variierend im Bereich zwischen 1,3 – 3,5 mm. Insgesamt hat der Bestand einen mittleren jährlichen Radialzuwachs von 2,3 mm in der Periode von 2002-2019. Dabei liegt der mittlere Radialzuwachs in der Periode 2002-2008 bei 2,3 mm. In der folgenden Periode von 2008-2019 liegt der mittlere Radialzuwachs dann nur mehr bei 1,6 mm und ist damit deutlich gesunken. Bei Betrachtung des mittleren periodischen Radialzuwachs in Tab. 4, aufgeteilt auf die unterschiedlichen Durchmesserklassen, bezogen auf das Jahr 2020, zeigt sich, dass der mittlere jährliche Radialzuwachs mit zunehmender Durchmesserklasse steigt. Dieses entspricht der Erwartung, da während der Durchforstung die qualitativ besseren Bäume (Bäume mit höheren Durchmessern) eine stärkere Freistellung erfahren sollten.

*Tabelle 4 Mittlerer jährlicher Radialzuwachs (MW, s = Standardabweichung, sx = Standardfehler) nach Durchmesserklassen (DKL, Breite 10 cm), Durchmesserklassen sind bezogen auf das Jahr 2020 der Vfl. Windischhütte 1.*

| *DKL [cm]* | *MW [ir/J in cm]* | *s [cm]* | *sx [cm]* |
|---|---|---|---|
| *30,0-40,0* | 0,12 | 0,047 | 0,027 |
| *40,0-50,0* | 0,17 | 0,059 | 0,007 |
| *50,0-60,0* | 0,21 | 0,05 | 0,006 |
| *60,0-71,0* | 0,25 | 0,059 | 0,014 |

### 3.1.4. Vergleich der prognostizierten mit der tatsächlichen Vorratsentwicklung

Die Abb. 17 zeigt von GUTTECK (2003) die prognostizierte und die tatsächliche, aufgenommene Vorratsentwicklung auf der Versuchsfläche. Hierbei ist zu erkennen, dass die Vorratsentwicklung gut mit der Modellvariante Auslesedurchforstung (ADF) übereinstimmt. Zusätzlich zu erwähnen, dass es im Jahre 2014 zu einer Durchforstung kam. Hierbei wurden 134 Vfms entnommen, während in dem Modell für die ADF 2010 eine Entnahme von 139 Vfms unterstellt wurde. Es ist daher anzunehmen, dass der Zuwachs der Versuchsfläche in etwa weiter dem Zuwachs der AFD folgt, und zwar in einer ähnlichen Rate bis ins Jahr 2014, wo dann die Durchforstung erfolgt. In Abb. 17 ist erkennbar, dass der Vorrat im Jahr 2019 sehr nah am prognostizierten Vorrat für die ADF liegt und keinem anderen modellierten Szenario annähernd so stark ähnelt wie der ADF. Die Vorratsentwicklung weicht dagegen stark von der Prognose der modellierten Zielstärkennutzung ab. Auch die Grundflächenentwicklung in Abb. 18 folgt sehr gut der prognostizierten Grundflächenentwicklung bei der ADF, weicht aber wiederum stark von der Entwicklung der Zielstärkennutzung ab. Die von GUTTECK (2003) simulierte Entwicklung von Grundfläche und Vorrat für die Varianten Schirmschlag und unbehandelt sind als Vergleichswerte angeführt. Interessant ist, dass der Grundflächenmittelstamm auf der Versuchsfläche mit 52,2 cm um rund 4,8 cm (+10,1 %) höher im Vergleich zu der Variante ADF mit einem dg von 47,4 cm liegt.

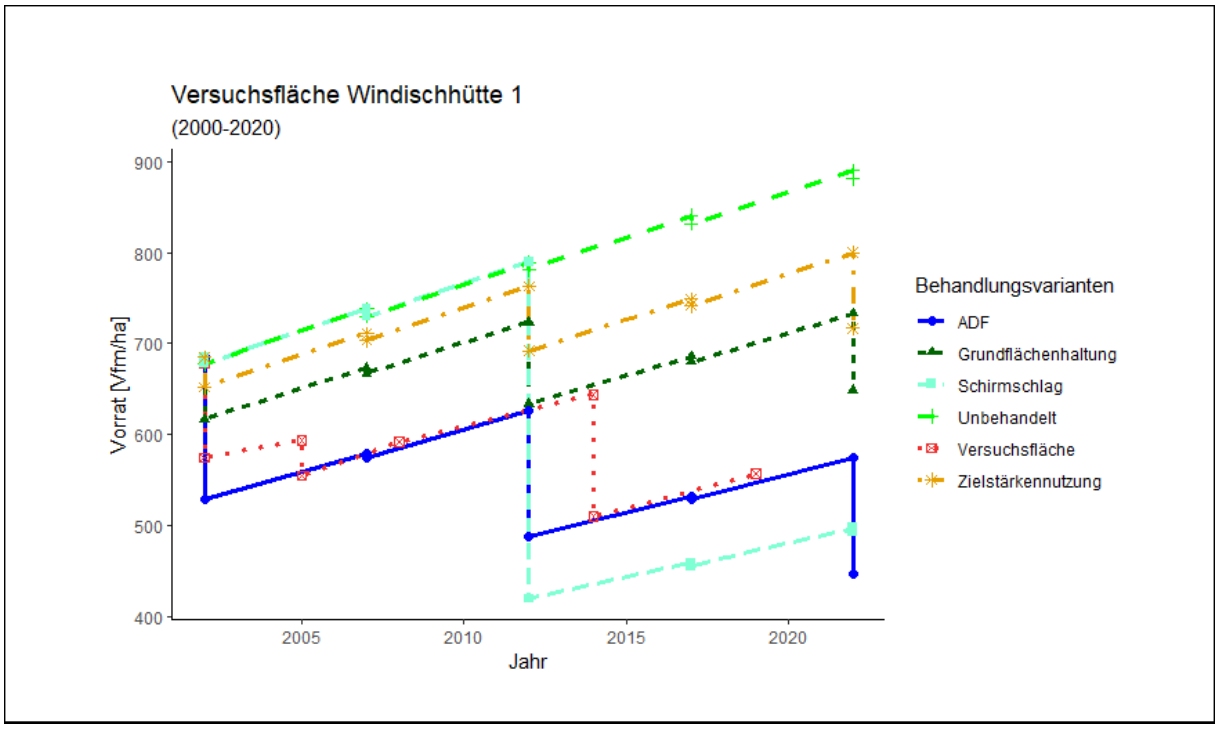


*Abbildung 17 Vergleich der Vorratsentwicklung mit der von PROGNAUS modellierten Vorratsentwicklung für verschiedene Behandlungsverfahren (GUTTECK, 2003) der Versuchsfläche Windischhütte 1.*

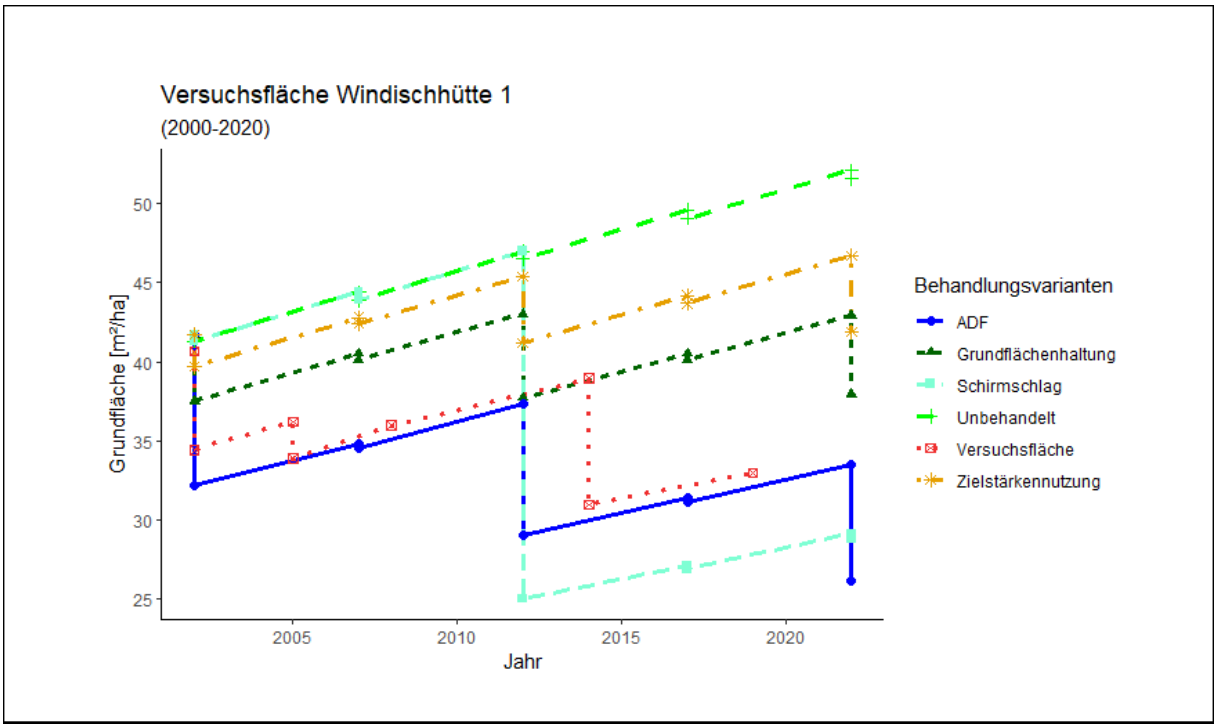


*Abbildung 18 Vergleich der Grundflächenentwicklung mit der von PROGNAUS modellierten Grundflächenentwicklung für verschiedene Behandlungsverfahren (GUTTECK 2003) der Versuchsfläche Windischhütte 1*

### 3.1.5. Arten- und Strukturdiversität

Die Werte der Arten- und Strukturdiversitätsindices für die Jahre 2002 und 2019 zeigen geringfügige Veränderungen. Auf der Fläche kam es zu einer Erhöhung des arithmetischen mittleren Brusthöhendurchmessers von 45,3 cm auf 51,7 cm, die mittlere Standardabweichung nahm von 6,6 cm auf 7,0 cm zu, während der Variationskoeffizient von 14,6 % auf 13,6 % abnahm. Die Schiefe sank von 0,63 auf 0,30, wodurch die Verteilung eine deutlich geringere Rechtsasymmetrie aufweist als zuvor. Der Gini-Index ist von 16,3 % auf 15,1 % leicht gesunken. Dies zeigt, dass die Durchmesservariation sehr klein ist. Was die Diversität von unterschiedlichen Baumarten auf der Fläche betrifft, liegt der Shannon-Index N bei 0. Dieses war zu erwarten, da im Bestand nur Buchen vorkommen.

## 3.2. Versuchsfläche Windischhütte 2

### 3.2.1. Allgemein

Die Versuchsfläche ist heute Teil des Forstreviers Kierling des Forstbetriebes Wienerwald. Die Fläche liegt in der Abteilung 512a2 an einem nordexponierten Unterhang auf etwa 430 m Seehöhe. Die Fläche wird am westlichen Rand von einem Graben durchzogen und hat eine kleine weitere Rinne, in der bei starkem Regen Wasser fließt.

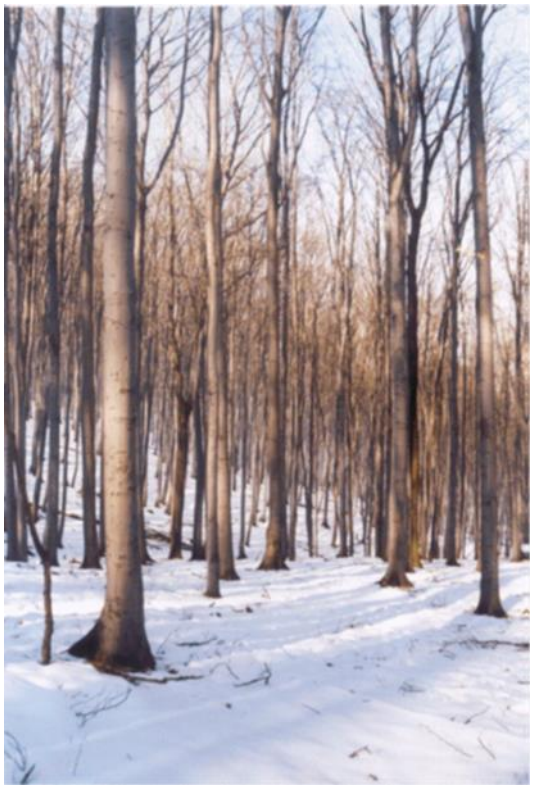

*Abbildung 19 Versuchsfläche Windischhütte 2 im Jahr 2002 (GUTTECK, 2003)*

*Abbildung 20 Versuchsfläche Windischhütte 2 im Jahr 2020*

Die Neigung des Hangs liegt bei 15%. Der Boden ist mäßig frisch und eine pseudovergleyte Braunerde. Der Humustyp ist Mull. Der Boden im Bestand hat eine gute Nährstoffversorgung, die natürliche Vegetation ist die des Bergschwingel-Waldmeister-Typs. Der Bestand ist 95 Jahre alt, geschlossen und einschichtig, jedoch sind kleine kniehohe Verjüngungskegel vorhanden. Im Bestand ist die Rotbuche die dominierende Baumart. Einzelbaumweise sind Trauben- und Stieleichen, Vogelkirschen, Europäische Lärchen und Silberpapeln eingemischt.

### 3.2.2. Waldaufbau

**Bestand (BHD ≥ 8 cm)**

Der Durchmesser des Grundflächenmittelstamms beträgt 42,3 cm, wodurch sich der Bestand in der Wuchsklasse des mittleren Baumholzes nach BITTERLICH befindet. Die Oberhöhe (ASSMANN) beträgt 37 m für die Buche. Dies spricht für einen Ertrag jenseits der 10. Ertragsklasse nach Buche Braunschweig (MARSCHALL, 1975). Der Kronenansatz im Bestand liegt etwa bei 18 m. Es gibt einige wenige Bäume, deren Krone so lang ist, dass die astfreie Schaftlänge unter 12 m liegt. Der Bestockungsgrad des Bestandes liegt bei 1,03. Der h/d-Wert des Bestandes liegt bei 91.

*Tabelle 5 Bestandeskennwerte (Vorrat [Vd/ha, Vs/ha], Stammzahl [n/ha], Grundfläche [$m^2$/ha], Grundflächenmittelstamm [cm], Lorey´sche Mittelhöhe [m], Oberhöhe [m], Kronenansatz [m]) der Vfl. Windischhütte 2 von 2002-2019*

| ***Windischhütte 2*** | **dg [cm]** | **$H_L$ [m]** | **OH [m]** | **PKA [m]** | **N [n/ha]** | **G [$m^2$/ha]** | **$V_d$ [fmd/ha]** | **$V_s$ [fms/ha]** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *2002* | 36,0 | 31,0 | 32,0 | 15,0 | 417 | 42,8 | 732 | 609 |
| *ber. Entn. 2002* | | | | | 17 | 0,8 | 16 | 9 |
| *ber. n. DF 2002* | | | | | 400 | 42,0 | 716 | 600 |
| *2008* | | | | | 400 | 46,6 | 839 | 715 |
| *ber. v. DF 2013* | | | | | 400 | 49,9 | 989 | 817 |
| *ber. Entn. 2013* | | | | | 126 | 16,2 | 336 | 262 |
| *ber. n. DF 2013* | | | | | 274 | 33,7 | 653 | 555 |
| *2019* | 42,3 | 36,1 | 37,2 | 18,0 | 274 | 38,5 | 762 | 643 |

***Stammzahl- und Vorratsverteilung***

Es zeigt sich, dass in den letzten 17 Jahren der BHD des Grundflächenmittelstamms um 6,3 cm gestiegen ist, was 17,5 % entspricht. Allgemein ist die Stammzahlverteilung über die verschiedenen Durchmesserklassen hinweg relativ gleichgeblieben.

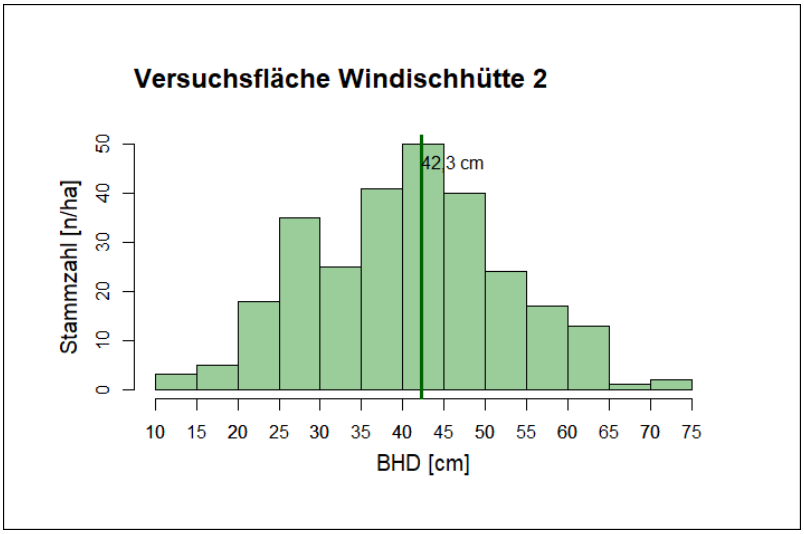


*Abbildung 21 Stammzahlverteilung nach Durchmesserklassen und mittlerer Brusthöhendurchmesser der Vfl. Windischhütte 2 im Jahr 2019 (DKL-Breite = 5 cm)*

Dieser Bestand ist der jüngste aller Versuchsbestände. In Abb. 22 ist jedoch eine deutliche Zunahme der Stammzahl über 60 cm festzustellen. Dabei scheinen die meisten Bäume in die nächsthöhere Durchmesserklasse eingewachsen zu sein. Die Vorräte haben, wie in Abb. 23 deutlich wird, in den Durchmesserklassen stark zugenommen, vor allem auch im Bereich über dem Zieldurchmesser von 60 cm.

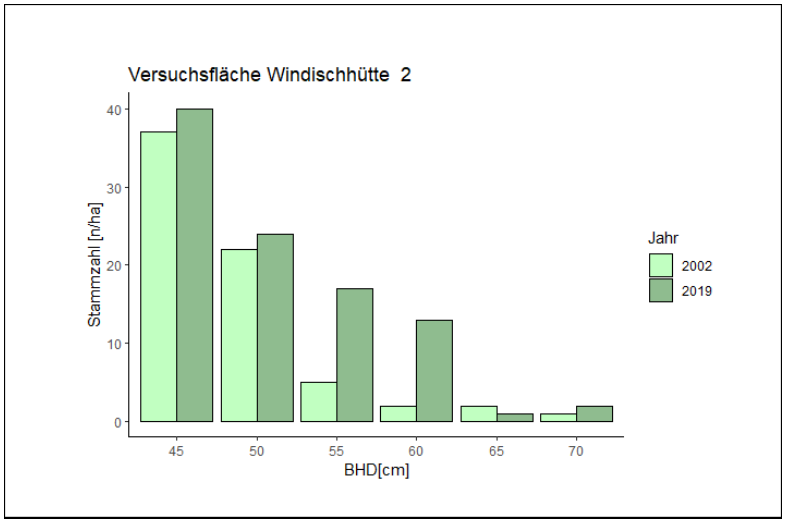


*Abbildung 22 Vergleich der Stammzahlverteilung [n/ha] über einem BHD von 45 cm vom Jahr 2002 zum Jahr 2019*

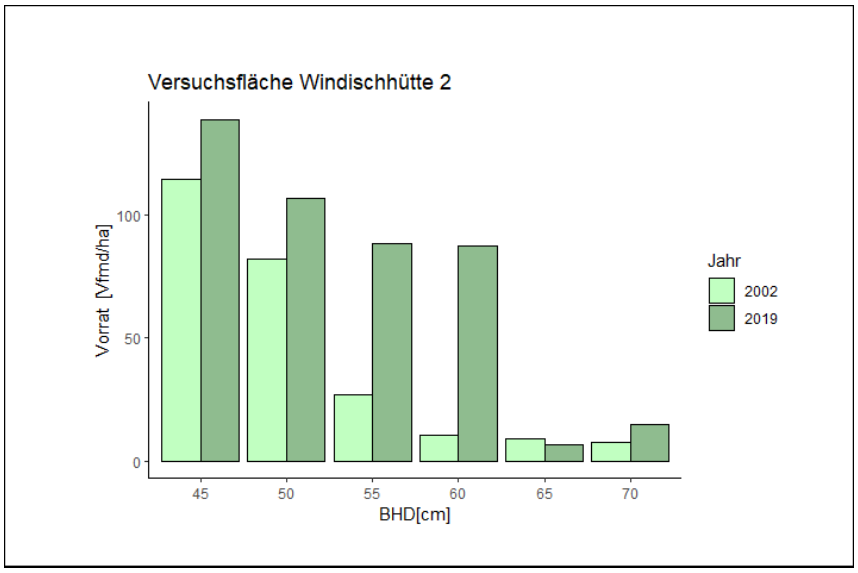


*Abbildung 23 Vorratsverteilung nach Durchmesserklassen ab einem BHD von 45 cm im Jahr 2002 und Jahr 2019 (DKL-Breite = 5 cm)*

## Jungwuchs (20 – 130 cm)

Auf der Fläche Windischhütte 2 ist die Verjüngung grade erst am Ankommen. Dieses zeigt sich an der großen Anzahl von Bäumen in der kleinsten Höhenklasse. Der Jungwuchs überschreitet die Höhe von einem Meter noch nicht. Die Fläche ist auch erst teilweise verjüngt, da auf 11 Aufnahmepunkten bisher keine Verjüngung über 20 cm zu finden ist. Der größte Teil des Jungwuchses ist auf dem östlichen Teil der Fläche vorhanden. Entlang des Grabens ist dagegen der Altbestand noch sehr dicht und keine Verjüngung vorhanden.

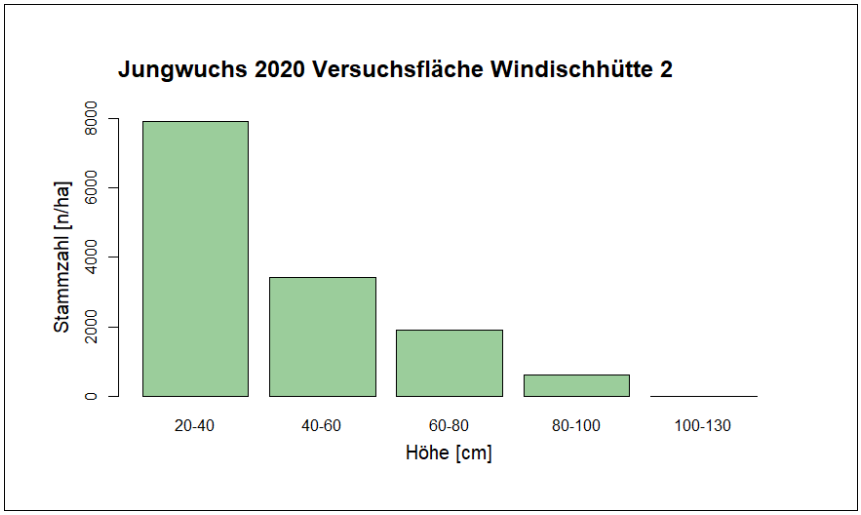


*Abbildung 24 Höhenklassenverteilung (Höhe 20-130 cm) des Jungwuchses auf der Vfl. Windischhütte 1 im Jahr 2020 (HKL-Breite = 20 cm)*

### 3.2.3. Zuwachswerte

#### Mittlerer jährlichen Periodenzuwachs (PZ/J)

Die Fläche Windischhütte 2 hatte einen starken Zuwachs, vor allem in der ersten Periode. Hier ist die Stammzahl sehr hoch, nur eine geringe Anzahl Bäume schied in der ersten Periode aus dem Bestand aus. Die sehr starke Durchforstung fand erst in der Folgeperiode mit einer Entnahme von 126 Bäumen statt. Dieses scheint in dieser Periode keine sichtbare zuwachssteigernde Wirkung für den gesamten Bestand gehabt zu haben. Der Zuwachs des Bestandes liegt aber immer noch auf einem sehr hohen Niveau.

*Tabelle 6 Laufender jährlicher periodischer Zuwachs [fmd/J/ha, fms/J/ha] der Vfl. Windischhütte 2*

| ***Windischhütte 2*** | **PZ[fmd/J/ha]** | **PZ[fms/J/ha]** |
|---|---|---|
| ***Periode 2002-2008*** | **20,5** | **19,1** |
| ***Periode 2008-2019*** | **18,2** | **14,2** |
| ***Periode 2002-2019*** | **19,0** | **16,0** |

#### Jahrringbreiten - Radialzuwachs

Die 20 stärksten Bäume haben in diesem Bestand einen durchschnittlichen Radialzuwachs von 2,6 mm/J, variierend zwischen 1,4 – 6 mm/J. Insgesamt hat der Bestand einen mittleren periodischen Radialzuwachs von 1,3 mm/J in der Periode von 2002-2019. Dabei war der mittlere Radialzuwachs in der Periode von 2002-2008 mit 1,5 mm pro Jahr höher als in der Periode von 2008-2019, in der der Radialzuwachs 1,1 mm pro Jahr betrug. Der stärkere Zuwachs in der ersten Periode und der Rückgang in der Folgeperiode ist auch auf der Fläche Windischhütte 1 zu finden, so dass eventuell hier auch die Witterung das Wachstum zusätzlich begünstigt hat. Ein weiterer Punkt ist jedoch, dass der Zuwachs in der zweiten Periode im Mittel so niedrig ist, weil es eine Anzahl Bäume gibt, die nahezu keinen Zuwachs geleistet haben. Die restlichen Bäume zeigen dem gegenüber im Mittel einen Radialzuwachs von 1,7 mm. Eine derartige Diskrepanz ist für die erste Periode nicht festzustellen. Somit dürfte die Durchforstung den gewünschten Erfolg zeigen, indem die nun freigestellten Bäume bessere Zuwächse erzielen. Dieses wird auch deutlich bei Betrachtung der Tab. 7, in der die Radialzuwächse der gesamten Periode den Durchmesserklassen zugeordnet werden. Die mittleren periodischen Radialzuwächse steigen mit dem Durchmesser, wobei die niedrigen Durchmesserklassen extrem geringe Zuwächse aufweisen. Dies bestätigt, dass das Ziel der

Durchforstung durchaus erreicht wurde und in den höheren Durchmesserklassen sehr gute Zuwächse zu verzeichnen sind.

*Tabelle 7 Der mittlere jährliche Radialzuwachs (MW, s = Standardabweichung, sx = Standardfehler) nach Durchmesserklassen (DKL, Breite 10 cm), Durchmesserklassen sind bezogen auf das Jahr 2019 der Vfl. Windischhütte 2.*

| *DKL [cm]* | *MW [ir/J in cm]* | *s [cm]* | *sx [cm]* |
|---|---|---|---|
| *10,0-20,0* | 0,01 | 0,013 | 0,006 |
| *20,0-30,0* | 0,03 | 0,024 | 0,004 |
| *30,0-40,0* | 0,09 | 0,048 | 0,006 |
| *40,0-50,0* | 0,16 | 0,049 | 0,005 |
| *50,0-60,0* | 0,2 | 0,045 | 0,007 |
| *60,0-75,0* | 0,27 | 0,112 | 0,012 |

### 3.2.4. Vergleich der prognostizierten mit der tatsächlichen Vorratsentwicklung

Auf der Versuchsfläche Windischhütte 2 kann festgestellt werden, dass der Zuwachs deutlich stärker war als von GUTTECK (2003) prognostiziert und der Vorrat 2008 sogar deutlich über dem unbehandelten Szenario lag. Im Zeitraum von 2008 bis 2019 kam es zu einer deutlichen Durchforstung, in der 126 Stämme entnommen wurden. Die Versuchsfläche liegt im Jahr 2019 nunmehr in etwa bei dem Vorrat, der durch die Grundflächenhaltung prognostiziert wurde. Auf der Versuchsfläche war die einmalige Durchforstung noch stärker als die zwei modellierten Durchforstungen der Grundflächenhaltung. Im Vergleich dazu folgt die Grundflächenentwicklung der Versuchsfläche, wie in Abb. 26 sichtbar, dem Modell der ADF. Jedoch erfolgt die Annäherung der Grundflächen an die ADF auch hier aufgrund der einmaligen Durchforstung, statt, wie im Modell vorgesehen, mit zwei Durchforstungen und das bei einer deutlich höheren Grundfläche als zuvor, wenn auch nicht so stark wie im Vergleich zum Vorrat. Trotzdem ist der Eingriff in die Grundfläche deutlich stärker als beim Vorrat. Was die Durchmesserentwicklung des Grundflächenmittelstamms betrifft, liegt diese bei der Versuchsfläche bei 42,3 cm, was den dg der Grundflächenhaltung von 41,1 cm des Modells um 1,2 cm (2,9 %) übersteigt. Das Modell der ADF sieht den dg bei 40,1 cm und liegt damit um 2,2 cm (5,5 %) niedriger als die Versuchsfläche. Die Oberhöhe wird von den Modellen deutlich unterschätzt. Sie liegt auf der Fläche bei 37 m und beträgt für das Modell der Grundflächenhaltung 33,9 m und für die ADF 34,5 m.

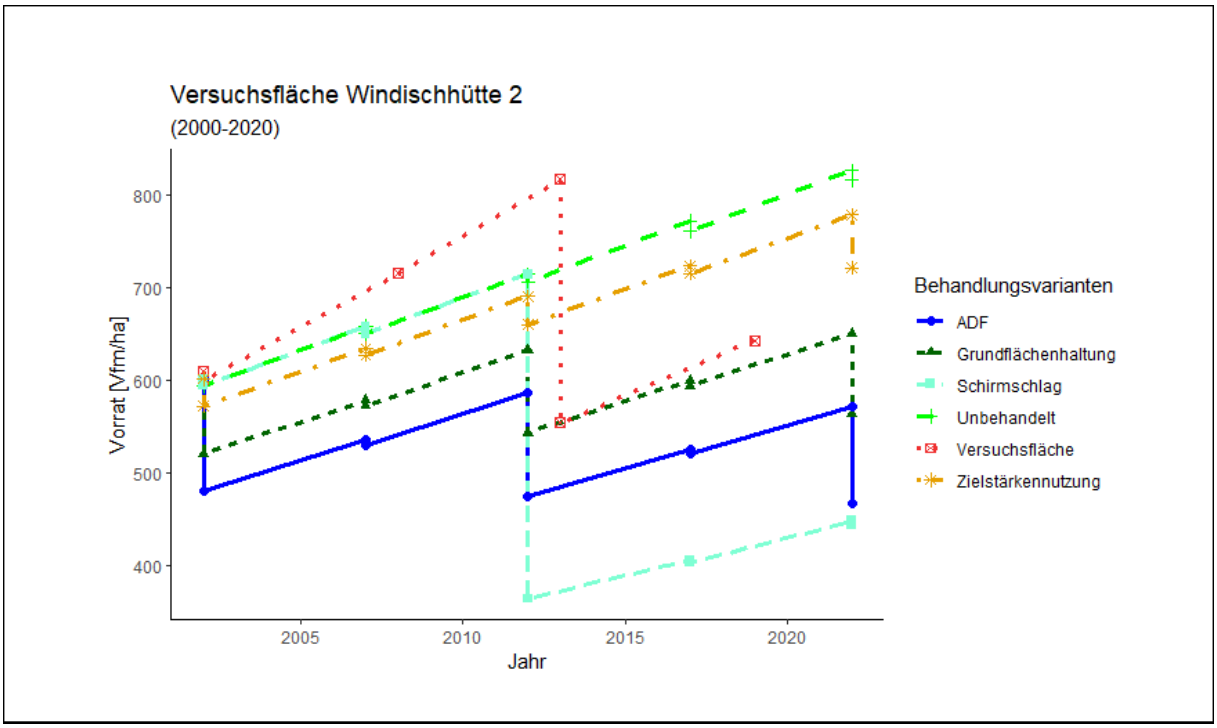


*Abbildung 25 Vergleich der Vorratsentwicklung mit der von PROGNAUS modellierten Vorratsentwicklung für verschiedene Behandlungsverfahren (GUTTECK, 2003) der Versuchsfläche Windischhütte 2*

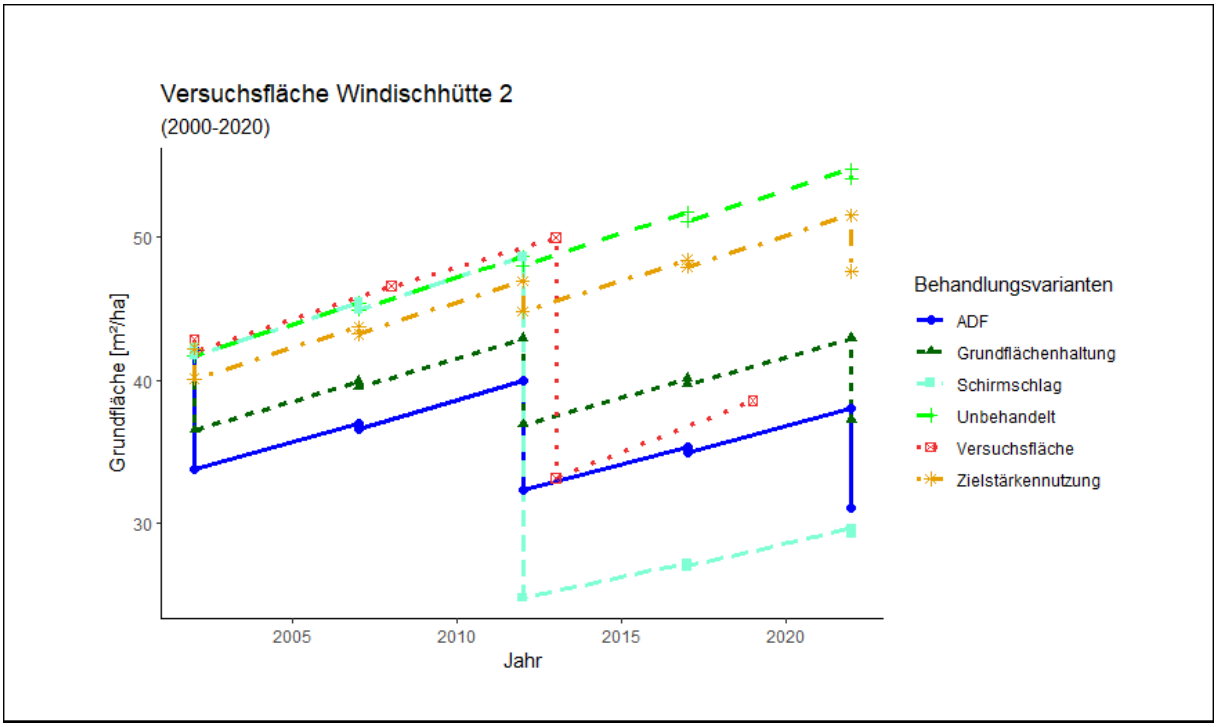


*Abbildung 26 Vergleich der Grundflächenentwicklung mit der von PROGNAUS modellierten Grundflächenentwicklung für verschiedene Behandlungsverfahren (GUTTECK, 2003) der Versuchsfläche Windischhütte 2.*

### 3.2.5. Arten- und Strukturdiversität

Die Werte der Arten- und Strukturdiversitätsindices für die Jahre 2002 und 2019 zeigen geringfügige Veränderungen. Auf der Fläche kam es zu einer Erhöhung des mittleren Brusthöhendurchmessers (arithmetisches Mittel) von 34,57 cm auf 40,64 cm, die mittlere Standardabweichung nahm von 10,57 cm auf 11,78 cm zu, während der Variationskoeffizient von 30,57 % auf 28,99 % abnahm. Die Schiefe sank von 0,08 auf 0,06, womit die Verteilung nahezu symmetrisch ist. Der Gini-Index sank leicht von 31,54 % auf 30,4 %. Dies zeigt, dass die Durchmesservariation sehr klein ist. Was die Diversität unterschiedlicher Baumarten auf der Fläche betrifft, sank der Shannon-Index für N von 0,36 auf 0,25 und für G von 0,41 auf 0,27. Wären die Baumarten gleich häufig, läge der Shannon-Index bei 1,39. Der Evenness-Wert ist für N von 0,222 auf 0,178 und für G von 0,257 auf 0,193 gesunken. In diesem Bestand ist die Buche vorherrschend und die deutliche Abnahme der Baumartendiversität ist dadurch zu erklären, dass von den anderen Baumarten mehr als die Hälfte der Individuen entnommen wurden.

## 3.3. Versuchsfläche Hainbach 1

### 3.3.1. Allgemein

Die Versuchsfläche Hainbach 1 hat eine Größe von 0,36 ha und liegt in Abteilung 1a. Früher im Revier Hainbach gelegen, gehört sie heute zum Forstrevier Klausen des Forstbetriebs Wienerwald. Die Fläche liegt auf ca. 380 m Seehöhe und ist südostexponiert an einem Unterhang gelegen. Die Fläche ist gleichförmig und mit 10% nur geringfügig geneigt und hat im unteren Bereich eine Nassgalle. Der Standort ist frisch und ausreichend wasserversorgt. Es handelt sich um pseudovergleyte Parabraunerde mit Mull als Humustyp. Die natürliche Vegetation ist der Bergschwingel-Waldmeister-Typ. Der Bestand ist 125 Jahre alt und wurde bis 2001 im Schirmschlagbetrieb bewirtschaftet (GUTTECK, 2003). Die Fläche ist vollständig

*Abbildung 27 Versuchsfläche Hainbach 1 2002 vor der Durchforstung (GUTTECK, 2003)*

*Abbildung 28 Versuchsfläche Hainbach 1 im Jahr 2020*

verjüngt; die Verjüngung ist im unteren Teil älter und dichter als im oberen Teil. Die Verjüngung ist etwa 20 Jahre alt.

### 3.3.2. Waldaufbau

**Bestand (BHD ≥ 8 cm)**

Der Bestand ist einschichtig, der mittlere Durchmesser liegt bei 40,5 cm und gehört damit zum mittleren Baumholz nach der Wuchsklasse nach Bitter. Die Oberhöhe der Buche beträgt 31,5 m und der Standort ist eine 7 bzw. 7,5 Ertragsklasse der Buche Braunschweig (MARSCHALL, 1975). Der Bestockungsgrad des Bestandes liegt bei 0,75. Der h/d-Wert der Bäume liegt bei 70. Die Bestandesstabilität ist jedoch als nicht gut zu bewerten, denn es gibt mehrere Windwürfe auf der Fläche.

*Tabelle 8 Bestandeskennwerte (Vorrat [Vd/ha, Vs/ha], Stammzahl [n/ha], Grundfläche [$m^2$/ha], Grundflächenmittelstamm [cm], Lorey´sche Mittelhöhe [m], Oberhöhe [m], Kronenansatz [m]) der Vfl. Hainbach 1 von 2002-2020*

| ***Hainbach 1*** | **Dg [cm]** | **$H_L$ [m]** | **OH [m]** | **PKA [m]** | **N [n/ha]** | **G [$m^2$/ha]** | **$V_d$ [fmd/ha]** | **$V_s$ [fms/ha]** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *v. DF 2002* | 34,0 | | | | 428 | 41,4 | 631 | 567 |
| *Entnahme 2002* | | | | | 106 | 9,6 | 142 | 129 |
| *n. DF 2002* | 36,0 | 29,0 | 31,0 | 15,0 | 322 | 31,8 | 489 | 438 |
| *ber. v. DF 2005* | | | | | 322 | 33,7 | 571 | 511 |
| *ber. Entn. 2005* | | | | | 47 | 5,3 | 89 | 81 |
| *ber. n. DF 2005* | | | | | 275 | 28,4 | 482 | 430 |
| *2008* | | | | | 275 | 30,0 | 505 | 452 |
| *ber. Entn. 2008* | | | | | 28 | 4,6 | 79 | 70 |
| *ber. n. DF 2008* | | | | | 247 | 25,4 | 426 | 382 |
| *2016* | | | | | 247 | 32,5 | 518 | 453 |
| *ber. Entn. 2016* | | | | | 47 | 7,6 | 123 | 108 |
| *ber. n. DF 2016* | | | | | 200 | 24,9 | 395 | 345 |
| *2020* | 42,3 | 30,2 | 31,9 | 12,8 | 200 | 28,1 | 444 | 385 |

### *Stammzahl- und Vorratsverteilung*

Die Durchforstungen haben dafür gesorgt, dass der Grundflächenmittelstamm in der Beobachtungperiode von 18 Jahren um 6,3 cm (17,5%) gestiegen ist und dass, obwohl in den niedrigen Durchmesserklassen noch einige Individuen durch den Einwuchs über die Kluppschwelle hinzugekommen sind.

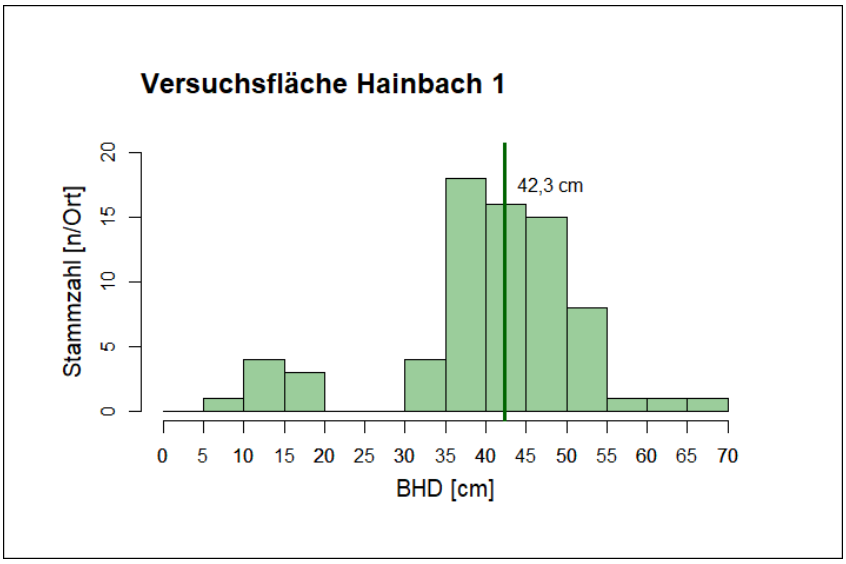


*Abbildung 29 Stammzahlverteilung nach Durchmesserklassen und mittlerer Brusthöhendurchmesser der Vfl. Hainbach 1 im Jahr 2020 (DKL-Breite = 5 cm)*

Es zeigt sich in Abb. 29, dass es zu einer Steigerung der Zahl der Bäume in den Durchmesserklassen von 45 und 50 cm gekommen ist. Auch sind erstmals Bäume in den Durchmesserklassen über 60 cm BHD zu finden. Die Abb. 30 zeigt, dass der Vorrat natürlich auch eine Steigerung in der Durchmesserklasse von 45 und 50 cm erfahren hat. In der näheren Zukunft kann daher mit relativ guten Erntevolumen gerechnet werden.

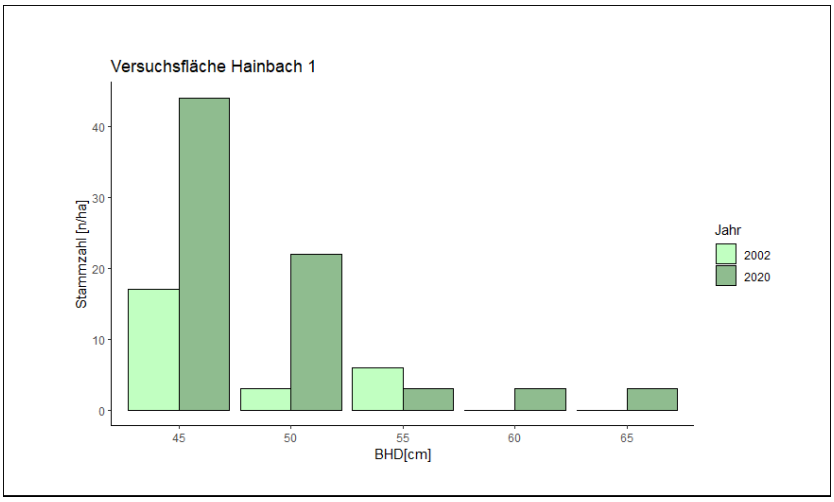


*Abbildung 30 Vergleich der Stammzahlverteilung [n/ha] über den BHD von 45 cm vom Jahr 2002 zum Jahr 2020*

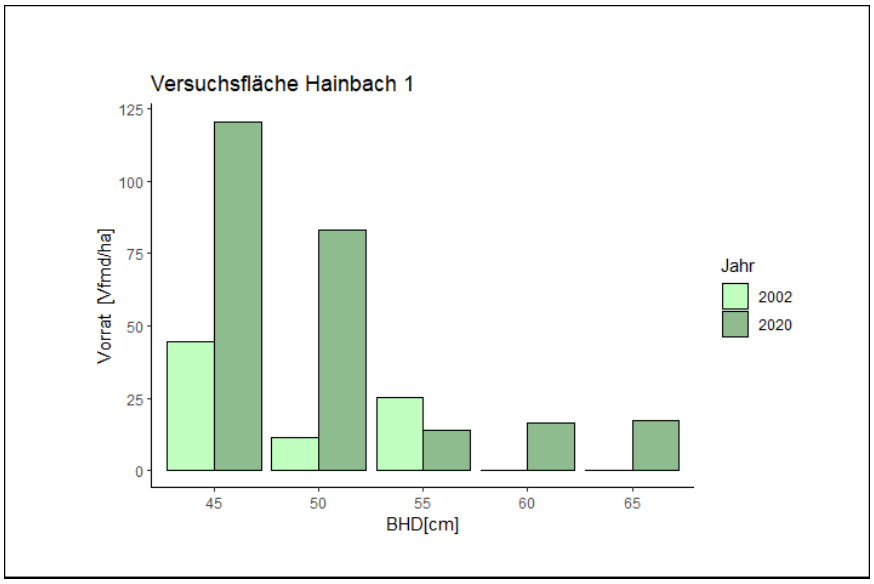


*Abbildung 31 Vorratsverteilung nach Durchmesserklassen ab einem BHD von 45 cm im Jahr 2002 und 2020 (DKL-Breite = 5 cm)*

## Dickung (Höhe ≥ 1,3m, BHD < 8 cm)

Die Dickung hat im Durchschnitt eine Höhe von 3,4 m, wobei im ältesten Teil manche der Bäume auch schon 8 m erreichen. Die Abb. 33 zeigt, dass die Verjüngung vor allem in der kleinsten Durchmesserklasse eine ausreichend hohe Stammzahl hat. Dieses spiegelt allerdings nicht ganz wider, dass die Verjüngung im oberen Teil der Fläche für eine ausreichende Qualität noch etwas dichter sein könnte. Die aufgetretenen Windwürfe auf der Fläche haben zusätzlich zu einigen Schäden in diesem Bereich geführt.

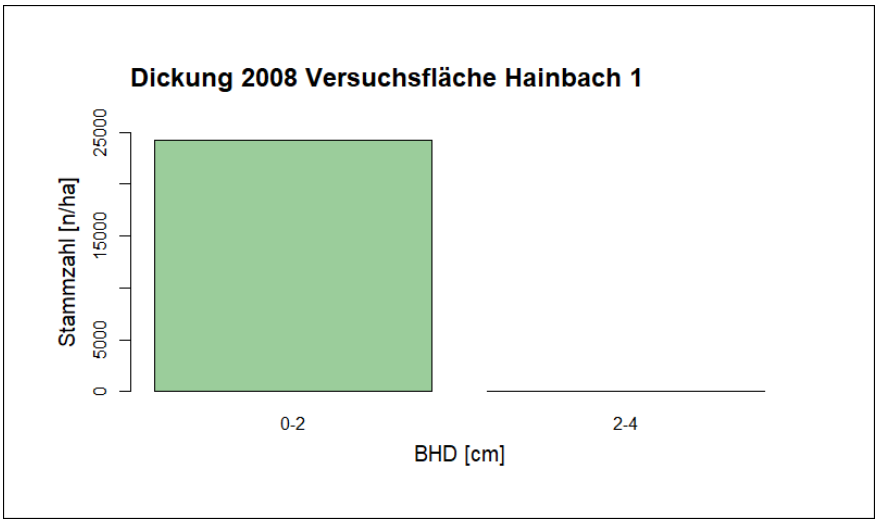


*Abbildung 32 Durchmesserklassenverteilung [n/ha] der Dickung auf der Vfl. Hainbach 1 im Jahr 2008*

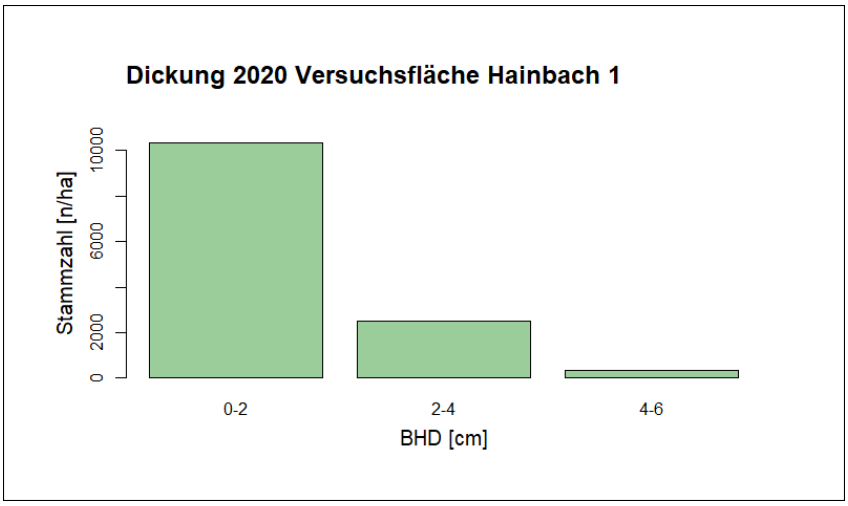


*Abbildung 33 Durchmesserklassenverteilung der Dickung auf der Vfl. Hainbach 1 im Jahr 2020*

## *Qualitätsmerkmale und -entwicklung*

Das Verzweigungssystem auf der Versuchsfläche Hainbach 1 hat sich zwischen den Jahren 2008 und 2020 nicht wesentlich verändert. Die häufigste Wuchsform ist mit etwa 55 % (29002 n/ha) im Jahr 2008 bzw. 51 % (13440 n/ha) im Jahr 2020 der zwieselige Typ, gefolgt vom wipfelschäftigen Typ mit etwa 36 % (9550 n/ha). Die Form der Stammachse variiert dagegen deutlich zwischen den beiden Aufnahmen. Im Jahr 2008 wurde mit 89 % (47040 n/ha) hauptsächlich der knickige Typ gefunden. Im Jahr 2020 fällt die Form der Stammachse etwas diverser aus, da ein Anteil von 11% (2829 n/ha) als knickig, 19 % (4951 n/ha) als gerade, aber auch 46 % (12025 n/ha) als bogig eingeschätzt wurde. Etwa ein Viertel der Bäume (23% und 6013 n/ha) wurde auf die Fläche bezogen als plagiotrop eingeschätzt.

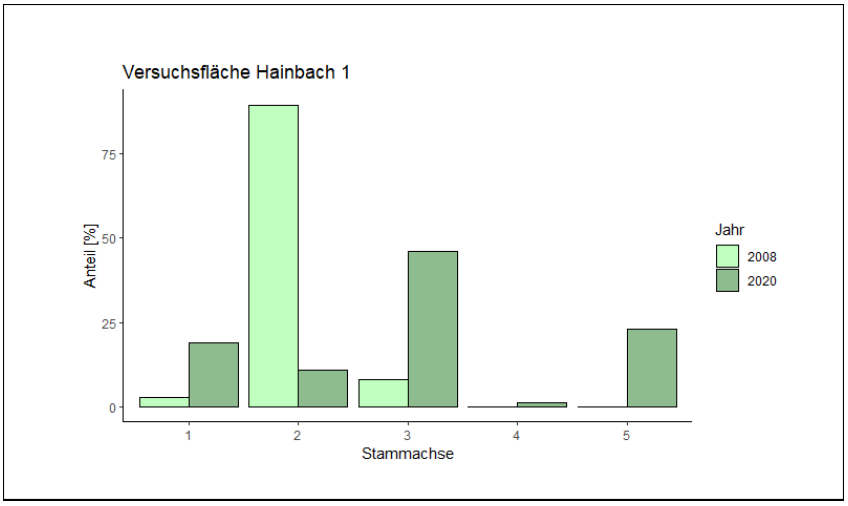


*Abbildung 34 Bonitur der Stammachse der Dickung (Höher ≥ 1,3 m und BHD < 8 cm) in Prozent der Gesamtstammzahl der Vfl. Hainbach 1 in den Jahren 2008 und 2020 [gerade = 1; knickig = 2; bogig = 3; säbelwüchsig = 4; plagiotrop = 5]*

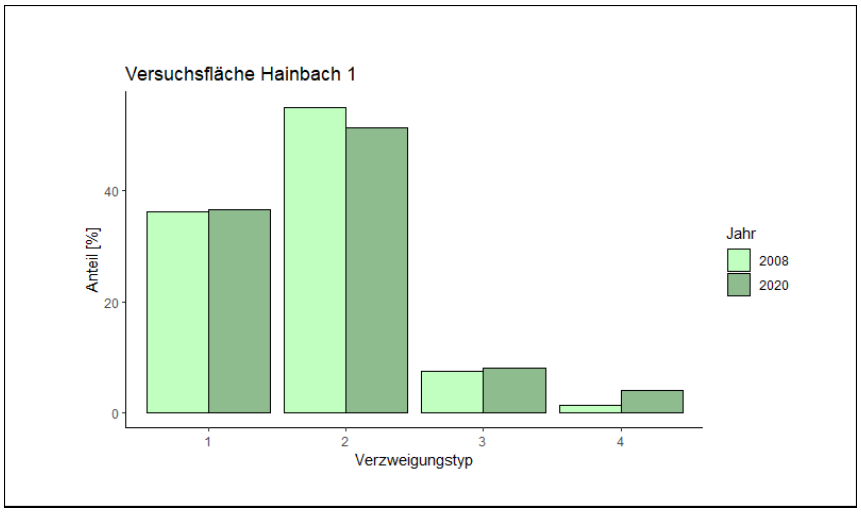


*Abbildung 35 Bonitur des Verzweigungssystems der (Dickung, höher ≥ 1,3 m und BHD < 8 cm) in Prozent der Gesamtstammzahl der Vfl. Hainbach 1 in den Jahren 2008 und 2020 [wipfelschäftig = 1; zwieselig = 2; gabelförmig = 3; besenartig = 4]*

## Jungwuchs (20 – 130 cm)

Der Jungwuchs auf der Versuchsfläche Hainbach 1 hat sich zwischen den Jahren 2008 und 2020 deutlich weiterentwickelt. Im Jahr 2008 waren noch keine Bäume in der der Höhenklasse über 100 cm zu finden. Die Verjüngung ist im Jahr 2020 so weit fortgeschritten, dass es keine Bäume mehr unter 40 cm auf der Fläche gibt. Einige Bäume sind nicht nur in die Höhenklasse von 100-130 cm eingewachsen, sondern überschreiten diese und sind bereits in die Dickung eingewachsen.

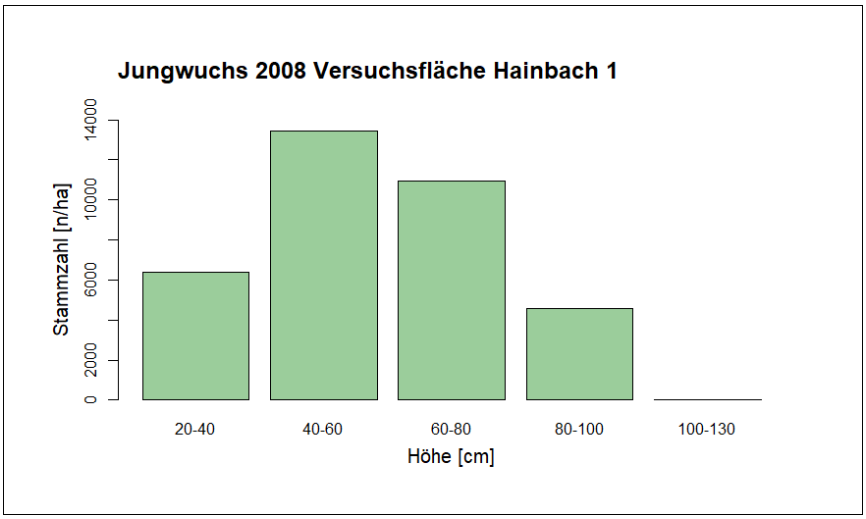


*Abbildung 36 Höhenklassenverteilung (Höhe 20-130 cm) des Jungwuchses auf der Vfl. Hainbach 1 im Jahr 2008 (HKL-Breite = 20 cm)*

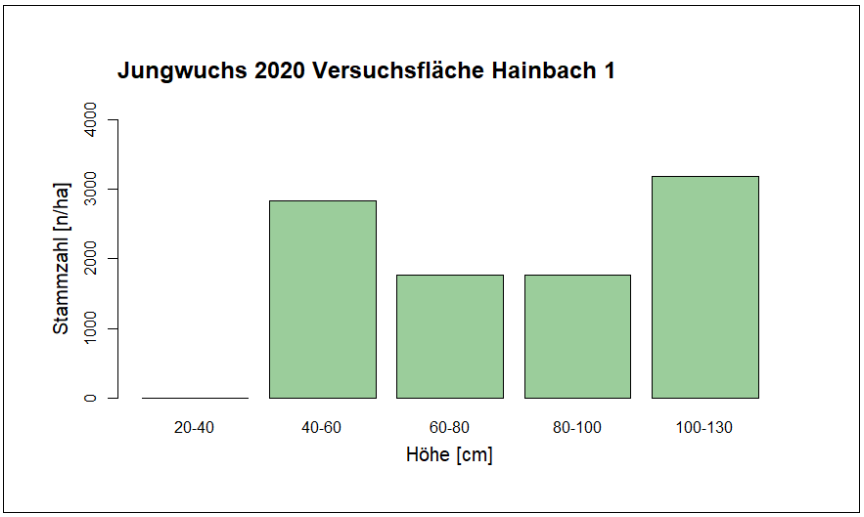


*Abbildung 37 Höhenklassenverteilung (Höhe 20-130 cm) des Jungwuchses auf der Vfl. Hainbach 1 im Jahr 2020 (HKL-Breite = 20 cm)*

### 3.3.3. Zuwachswerte

#### Mittlerer jährlicher Periodenzuwachs (PZ/J)

Der periodische Zuwachs ist recht stark. In der ersten Periode spielen hier wieder Effekte aus einer Durchforstung eine Rolle, die im Zuge der ersten Erhebung vorgenommen wurde. Dabei kam es zu einer recht starken Reduktion des Vorrats. Der Zuwachs war auch danach weiterhin hoch. Die Abnahme des laufenden Zuwachses in der zweiten und dritten Periode ist durch eine weitere Stammzahlreduktion zu erklären. Diese weitere Durchforstung scheint keine so starke Zuwachssteigerung für den Gesamtbestand mehr gebracht zu haben. Jedoch zeigt sich in der weiteren Analyse, dass sich die Zuwachseinbußen des Gesamtbestandes positiv in den Jahrringbreiten der gewünschten Z-Bäume auswirkt haben. Dies zeigte sich auch bereits in der positiven Entwicklung des Grundflächenmittelstamms.

*Tabelle 9 Laufender jährlicher periodischer Zuwachs [fmd/J/ha, fms/J/ha] der Vfl. Hainbach 1*

| ***Hainbach 1*** | **PZ [fmd/J/ha]** | **PZ [fms/J/ha]** |
|---|---|---|
| ***Periode 2002-2007*** | **18,2** | **16,4** |
| ***Periode 2007-2015*** | **11,5** | **8,8** |
| ***Periode 2015-2020*** | **9,8** | **7,9** |
| ***Periode 2002-2020*** | **12,9** | **10,7** |

**Jahrringbreiten - Radialzuwachs**

Die 20 stärksten Bäume haben in diesem Bestand einen durchschnittlichen jährlichen Radialzuwachs von 2,3 mm, variierend zwischen 1,3 und 4,7 mm. Insgesamt hat der Bestand einen mittleren jährlichen Radialzuwachs von 2,0 mm in der Periode von 2002-2019. Dabei war der mittlere Radialzuwachs in der Periode 2002-2008 mit 1,8 mm pro Jahr niedriger als in der Periode von 2008-2016, in der der Radialzuwachs 2,3 mm pro Jahr betrug. In der Periode von 2016-2020 betrug der Radialzuwachs sogar 3,3 mm pro Jahr. Dieses zeigt, dass mit jeder weiteren Periode der Radialzuwachs pro Periode angestiegen ist. Damit scheinen sich die kontinuierlich durchgeführten Durchforstungen positiv im Jahrringwachstum niederzuschlagen. Dabei zeigt sich auch, wie in Tab. 10 zu sehen ist, dass der mittlere periodische Radialzuwachs mit höheren Durchmesserklassen zunimmt. Dieses war zu erwarten, da während der Durchforstung die qualitativ besseren Bäume eine stärkere Freistellung erfahren haben.

*Tabelle 10 Mittlerer jährlicher Radialzuwachs (MW, s = Standardabweichung, sx = Standardfehler) nach Durchmesserklassen (DKL, Breite 10 cm), Durchmesserklassen sind bezogen auf das Jahr 2020 der Vfl. Hainbach 1.*

| *DKL [cm]* | *MW [ir/J in cm]* | *s [cm]* | *sx [cm]* |
|---|---|---|---|
| *10,0-30,0* | 0,13 | 0,076 | 0,038 |
| *30,0-40,0* | 0,17 | 0,068 | 0,017 |
| *40,0-50,0* | 0,20 | 0,04 | 0,007 |
| *50,0-60,0* | 0,25 | 0,086 | 0,026 |

### 3.3.4. Vergleich der prognostizierten mit der tatsächlichen Vorratsentwicklung

Auf der Fläche Hainbach 1 ist zu sehen, dass vorratstechnisch der Eingriff am Anfang sehr stark war (Entnahme von 106 Bäumen). Dabei gab es neben dem Eingriff Anfang 2002 in der ersten Periode noch einen kleineren Eingriff, mit dem noch einmal 47 Bäume (bezogen auf einen Hektar) entfernt worden sind. Das heißt, der Zuwachs ist noch etwas stärker gewesen, als in der Abb. 38 zu erkennen. In den weiteren Folgeperioden kommt es zu ähnlich schwächeren Eingriffen. Die Reaktion der Grundfläche ist weniger stark als die des Vorrates, wie in Abb. 39 zu sehen ist. Obwohl im Modell sowohl Zuwachs als auch die Eingriffsstärke durchaus deutlich unterschätzt werden, kommen am Ende im Jahr 2020 sowohl Modell als auch Versuchsfläche zu einem ähnlichen Vorrat von um die 380 Vfms. Werden die

Grundflächenmittelstämme der Versuchsfläche mit 42,3 cm mit dem Modell verglichen, zeigt sich, dass das Modell der ADF mit einem dg von 37,8 cm ganze 4,5 cm (11,9%) unter dem der Versuchsfläche liegt. Gleichzeitig überschätzt das Modell jedoch die Oberhöhe. So prognostiziert das Modell der ADF eine Oberhöhe von 32,5 m, die Versuchsfläche hat jedoch tatsächlich nur eine Oberhöhe von 31,5 m.

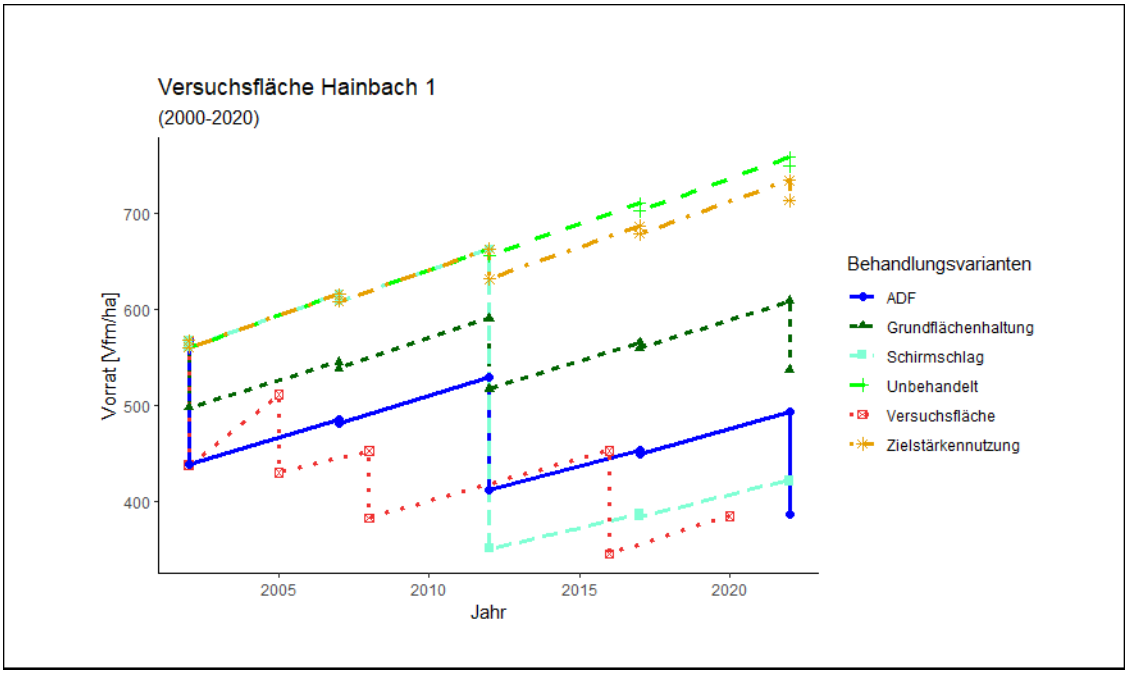


*Abbildung 38 Vergleich der Vorratsentwicklung mit der von PROGNAUS modellierten Vorratsentwicklung für verschiedene Behandlungsverfahren (GUTTECK, 2003) der Versuchsfläche Hainbach 1*

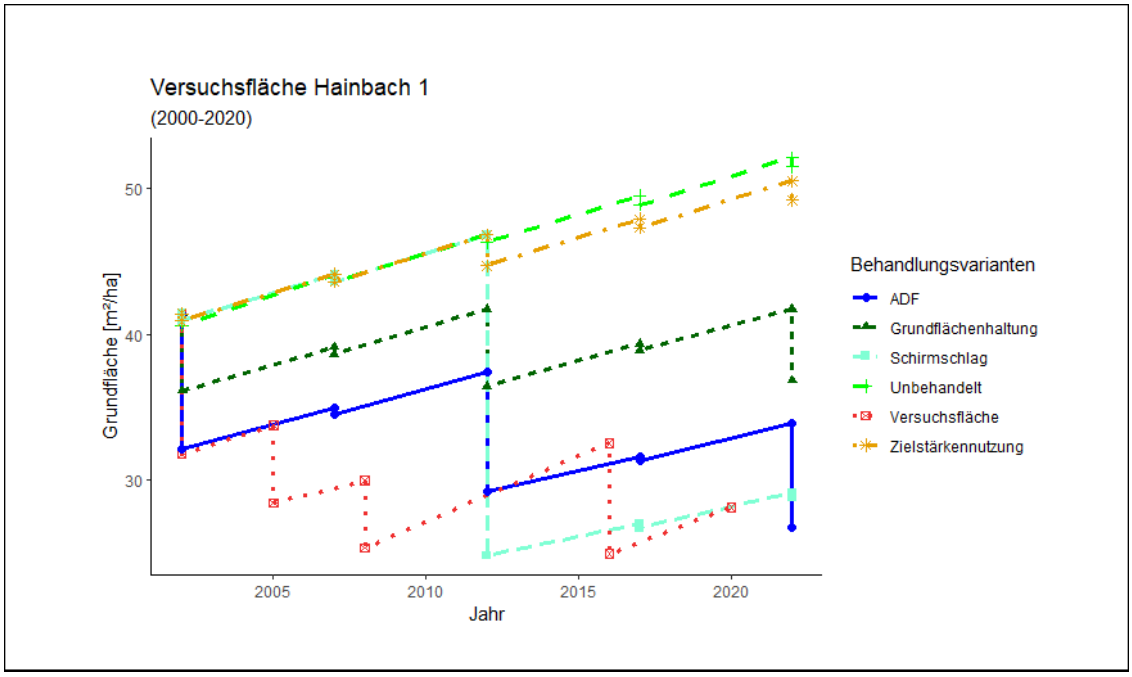


*Abbildung 39 Vergleich der Grundflächenentwicklung mit der von PROGNAUS modellierten Grundflächenentwicklung für verschiedene Behandlungsverfahren (GUTTECK, 2003) der Versuchsfläche Hainbach 1*

### 3.3.5. Arten- und Strukturdiversität

Die Werte der Arten- und Strukturdiversitätsindices für die Jahre 2002 und 2020 zeigen geringfügige Veränderungen. Auf der Fläche kam es zu einer Erhöhung des mittleren Brusthöhendurchmessers (arithmetisches Mittel) von 34,34 cm auf 40,77 cm, die mittlere Standardabweichung nahm von 8,83 cm auf 11,43 cm zu, während der Variationskoeffizient von 25,71 % auf 28,04 % anstieg. Die Schiefe stieg von -0,633 auf -1,03, womit die Verteilung deutlich linksschief ist. Diese hat sogar noch zugenommen und ist durch die Zunahme an Individuen, die über die Kluppschwelle eingewachsen sind, zu erklären. Es ist deshalb zu erwarten, dass diese Linksschiefe mit der Verjüngung des Bestandes erhalten bleibt. Der Gini-Index ist von 24,43% auf 24,33% minimalst gesunken. Das zeigt, dass die Durchmesservariation sehr klein ist und sich im Beobachtungszeitraum nicht wesentlich verändert hat. Hier ist zukünftig eine deutliche Steigerung zu erwarten. Wenn die Individuenzahl in den niedrigen Durchmesserklassen steigt, sollte sich dies dann auch im Gini-Index abbilden. Was die Diversität unterschiedlicher Baumarten auf der Fläche betrifft, stieg der Shannon-Index für N von 0,05 auf 0,073 und für G von 0,051 auf 0,082. Wären die Baumarten gleich häufig, läge der Shannon-Index bei 0,69. Der Evenness-Wert ist für N von 0,072 auf 0,105 und für G von 0,074 auf 0,118 gestiegen. In dem Bestand ist die Buche vorherrschend mit einzelnen Erlen. Die Veränderung erklärt sich daraus, dass Buchen gefällt wurden, aber die Erlen im Bestand verblieben sind.

## 3.4. Versuchsfläche Hainbach 8

### 3.4.1. Allgemein

Die Versuchsfläche Hainbach 8 hat eine Größe von 0,64 ha und liegt in der Abteilung 8d, welche früher zum Revier Hainbach gehörte und heute zum Forstrevier Klausen des Forstbetriebes Wienerwald gehört. Die Fläche befindet sich auf etwa 410 m Seehöhe und ist südexponiert. Sie ist gleichförmig mit einer Hangneigung von 15° geneigt. Der Standort ist frisch, beim Boden handelt es sich um eine pseudovergleyte Parabraunerde und der Humustyp ist Mull. Die natürliche Vegetation ist der Bergschwingel-Waldmeister-Typ.

*Abbildung 40 Versuchsfläche Hainbach 8 2002 vor der Durchforstung (GUTTECK, 2003)*

*Abbildung 41 Versuchsfläche Hainbach 8 2020*

Der Bestand ist heute 113 Jahre alt und wurde bis 2001 im Schirmschlagverfahren bewirtschaftet. Durch seine gute Qualität wurde er ausgewählt, um zukünftig im Lichtwuchsbetrieb bewirtschaftet zu werden. Die Hauptbaumart des Bestandes ist Rotbuche, jedoch sind truppweise Traubeneichen eingemischt sowie zusätzlich einzelne Bergahorne, Europäische Lärchen, Fichten und Vogelkirschen. Der Bestand hat sich unter Schirm verjüngt, wobei sich die Verjüngung im Dickungsstadium befindet und etwa 25 Jahre alt ist.

### 3.4.2. Waldaufbau

**Bestand (BHD ≥ 8 cm)**

Der Bestand hat einen Grundflächenmittelstamm von 39,9 cm und ist der Wuchsklasse nach schwaches Baumholz nach BITTER. Die Oberhöhe der Buche nach ASSMANN beträgt 25,5 m und die Oberhöhe der Traubeneiche beträgt 24,5 m. Der Kronenansatz liegt im Bestand durchschnittlich bei 11,2 m. Allerdings unterschreiten doch eine deutliche Anzahl von Bäumen die gewünschte astfreie Schaftlänge. Der Standort fällt in die 5. Ertragsklasse nach der Ertragstafel Buche Braunschweig (MARSCHALL, 1975). Der Bestockungsgrad des Bestandes liegt bei 0,77, der h/d-Wert des Bestandes bei 64.

*Tabelle 11 Bestandeskennwerte (Vorrat [Vd/ha, Vs/ha], Stammzahl [n/ha], Grundfläche [$m^2$/ha], Grundflächenmittelstamm [cm], Lorey´sche Mittelhöhe [m], Oberhöhe [m], Kronenansatz [m]) der Vfl. Hainbach 8 von 2002-2020*

| ***Hainbach 8*** | **dg [cm]** | **$H_L$ [m]** | **OH [m]** | **PKA [m]** | **N [n/ha]** | **G [$m^2$/ha]** | **$V_d$ [fmd/ha]** | **$V_s$ [fms/ha]** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *v. DF 2002* | 31,0 | 24,0 | 23,7 | 12,0 | 522 | 39,8 | 518 | 434 |
| *Entnah. 2002* | | | | | 169 | 12,6 | 171 | 138 |
| *n. DF 2002* | | | | | 353 | 27,2 | 347 | 296 |
| *ber. v. DF 2005* | | | | | 353 | 29,8 | 411 | 347 |
| *ber. Entn. 2005* | | | | | 61 | 4,8 | 64 | 56 |
| *ber. n. DF 2005* | | | | | 292 | 25 | 347 | 291 |
| *2008* | | | | | 292 | 27,3 | 385 | 319 |
| *ber. Entn. 2008* | | | | | 1 | 1,3 | 2 | 2 |
| *ber. n. DF 2008* | | | | | 291 | 26 | 383 | 317 |
| *2014* | | | | | 291 | 31,7 | 450 | 367 |
| *ber. Entn. 2014* | | | | | 77 | 7,9 | 107 | 91 |
| *ber. n. DF 2014* | | | | | 214 | 23,8 | 343 | 276 |
| *2020* | 39,9 | 25,0 | 25,6 | 11,2 | 214 | 26,7 | 378 | 300 |

***Stammzahl- und Vorratsverteilung***

Der BHD des Grundflächenmittelstamms ist in den 18 Jahren um 8,9 cm (+28,7 %) gestiegen. Dieses ist mit die stärkste Steigerung der untersuchten Versuchsflächen im

Beobachtungszeitraum. Es zeigt sich, dass die Durchmesserverteilung in dem Zeitraum etwas enger geworden ist.

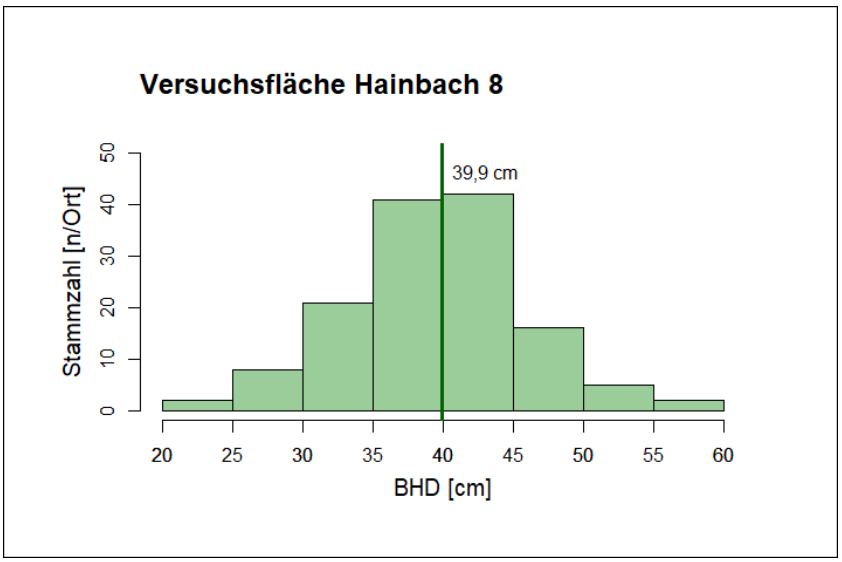


*Abbildung 42 Stammzahlverteilung nach Durchmesserklassen und mittlerer Brusthöhendurchmesser der Vfl. Hainbach 8 im Jahr 2020 (DKL-Breite = 5 cm)*

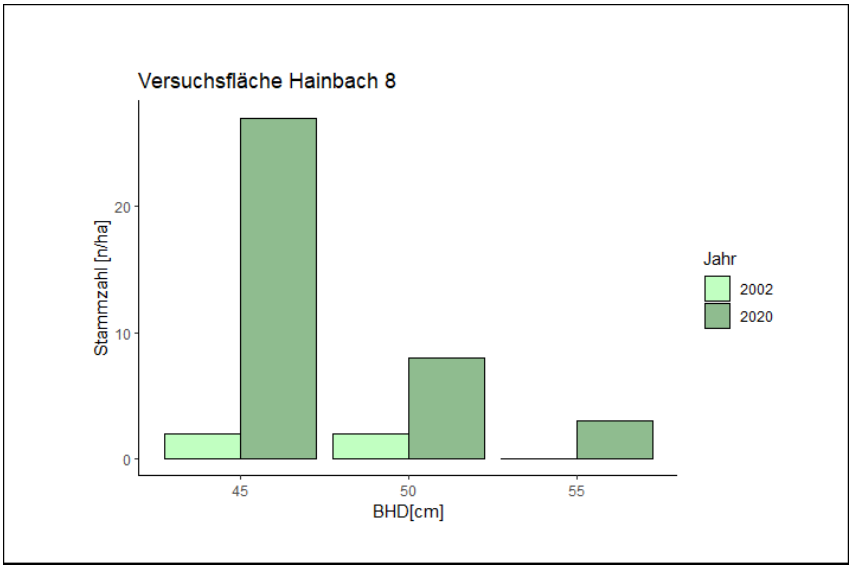


*Abbildung 43 Vergleich der Stammzahlverteilung [n/ha] über einem BHD von 45 cm vom Jahr 2002 zum Jahr 2020*

Dieser Bestand hatte im Jahr 2002 den geringsten mittleren BHD der Versuchsflächen und hat hier die stärkste Steigerung erfahren können. In die Durchmesserklassen über 60 cm sind noch keine Bäume eingewachsen, doch konnte gerade in der Durchmesserklasse ab 45 cm eine deutliche Steigerung festgestellt werden. Abb. 44 zeigt auch, dass im Vergleich zum Jahr 2002 das Volumen am deutlichsten in der Durchmesserklasse 45 cm zugenommen hat. Doch

es gibt nun auch erste Bäume mit insgesamt ca. 20 Vfmd in der Durchmesserklasse über 50 cm.

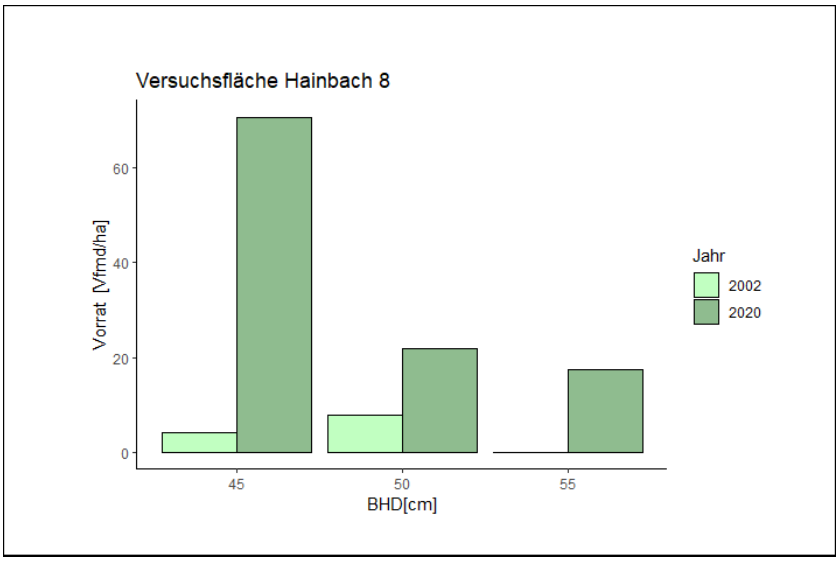


*Abbildung 44 Vorratsverteilung nach Durchmesserklassen ab einem BHD von 45 cm im Jahr 2002 und 2020 (DKL-Breite = 5 cm)*

## Dickung (Höhe ≥ 1,3, BHD < 8 cm)

Die Dickung erreicht eine durchschnittliche Höhe von 2,9 m, wobei einige vorwüchisge Buchen auch schon 6 m erreichen. Trotz des geringen Bestockungsgrades der Oberschicht scheint der Bestand für die aufkommende Verjüngung zu dicht zu sein, denn es kann eine beginnende Schleierbildung beobachtet werden. Abb. 46 zeigt auch, dass inzwischen einige der Individuen in die nächsten Durchmesserklassen eingewachsen sind und insgesamt die Stammzahl hoch genug ist, um eine qualitativ gute Verjüngung des Bestandes zu ermöglichen.

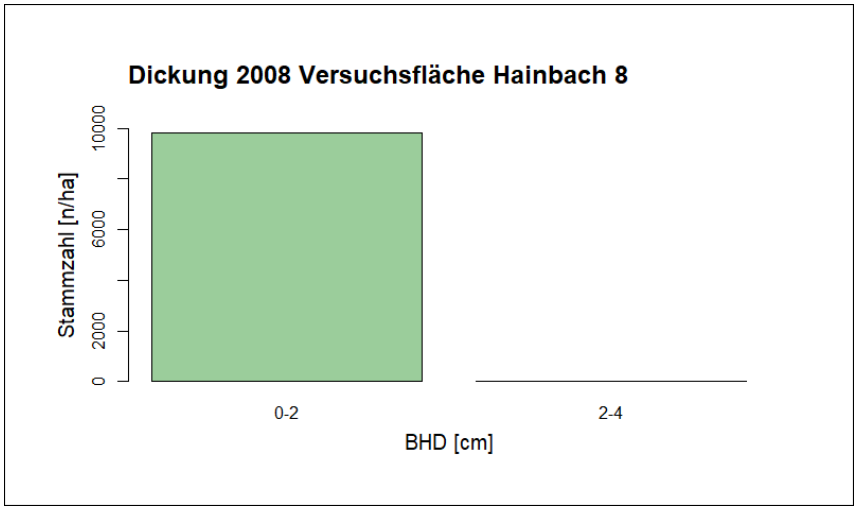


*Abbildung 45 Durchmesserklassenverteilung der Dickung auf der Vfl. Hainbach 8 im Jahr 2008*

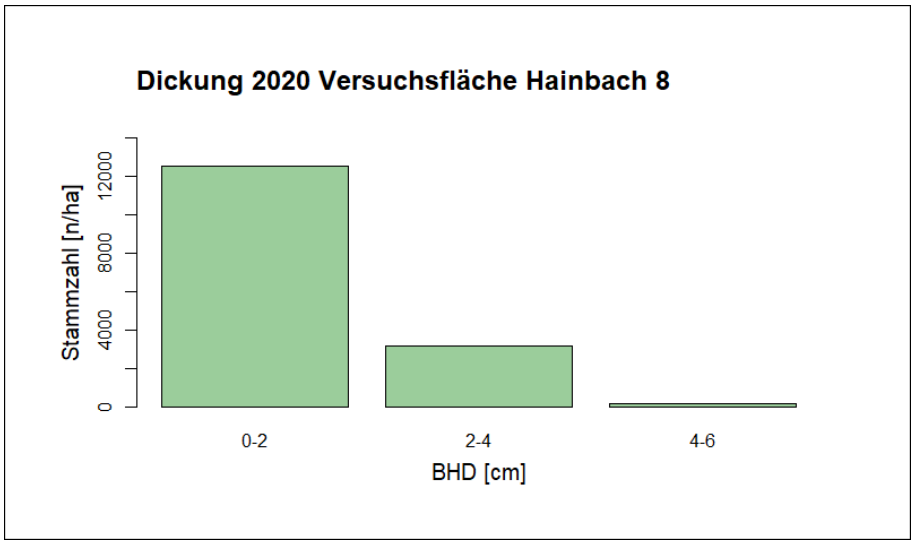


*Abbildung 46 Durchmesserklassenverteilung der Dickung auf der Vfl.Hainbach 8 im Jahr 2020*

### *Qualitätsmerkmale und -entwicklung*

Auf der Versuchsfläche Hainbach 8 hat sich das Verzweigungssystem zwischen den Jahren 2008 und 2020 nicht sehr stark verändert. Der Anteil an wipfelschäftigen Bäumen in der Verjüngung ist allerdings von 45 % (8755 n/ha) auf 26 % (8160 n/ha) gesunken, dafür haben der zwieselige Typ von 41 % (7960 n/ha) auf 52 % (16315 n/ha) und auch der besenartige Typ von 1 % (200 n/ha) auf 9 % (2785 n/ha) zugenommen. Bei der Form der Stammachse waren 2008 mit 96 % (18700 n/ha) die meisten Bäume in der Verjüngung als knickig eingeordnet worden. Im Jahr 2020 wurden mit 12 % (3780 n/ha) deutlich mehr als gerade eingeordnet, aber mit 30 % (9550 n/ha) auch deutlich mehr als bogig statt der 2 % (400 n/ha) im Jahr 2008 und deutlich weniger knickig mit 28 % (8950 n/ha). Mit 28 % (8755 n/ha) wurde etwa ein Viertel der Bäume aber auch neu als plagiotrop eingeordnet.

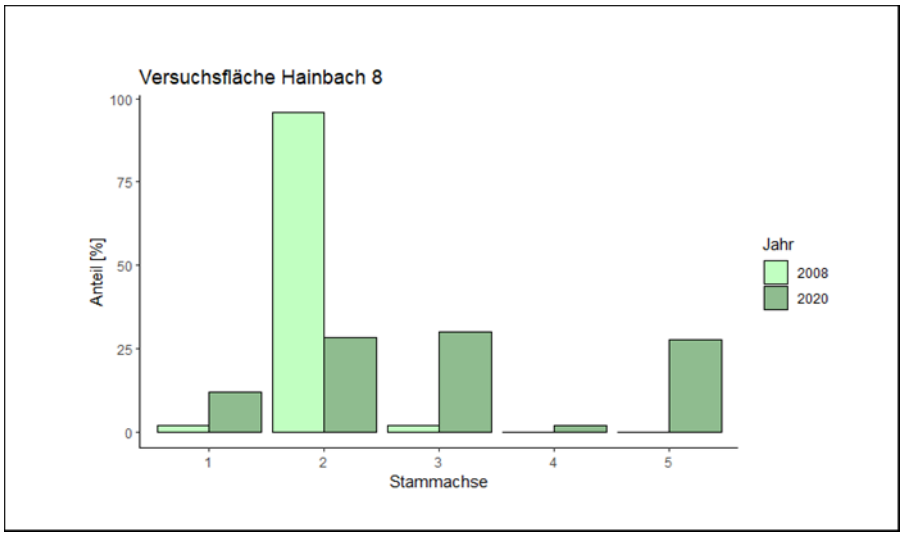


*Abbildung 47 Bonitur der Stammachse der Dickung (Höher ≥ 1,3 m und BHD < 8 cm) in Prozent der Gesamtstammzahl der Vfl. Hainbach 8 in den Jahren 2008 und 2020 [gerade = 1; knickig = 2; bogig = 3; säbelwüchsig = 4; plagiotrop = 5]*

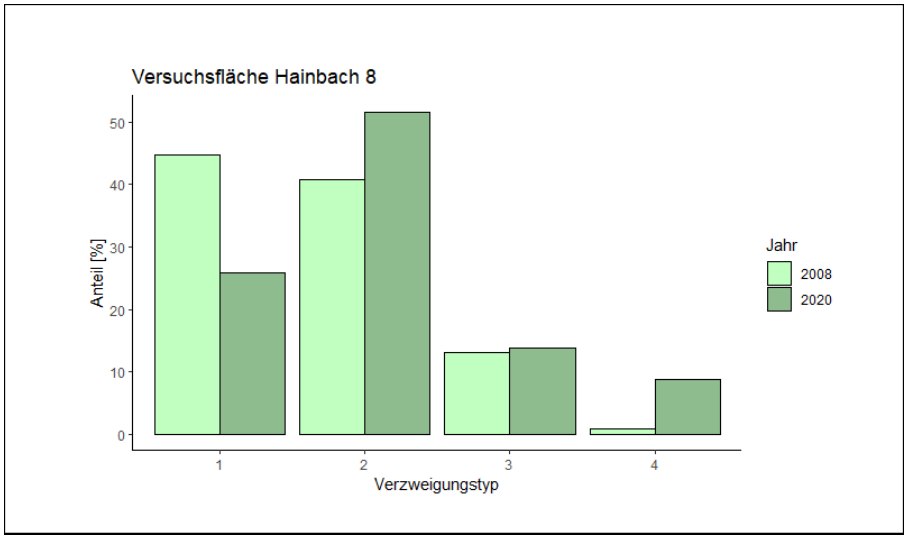


*Abbildung 48 Bonitur des Verzweigungssystem der Dickung, (Höhe ≥ 1,3 m und BHD < 8 cm) in Prozent der Gesamtstammzahl der Vfl. Hainbach 8 in den Jahren 2008 und 2020 [wipfelschäftig = 1; zwieselig = 2; gabelförmig = 3; besenartig = 4]*

## Jungwuchs (20 – 130 cm)

Auf der Versuchsfläche Hainbach 8 hat die Individuenzahl zwischen den Jahren 2008 und 2020 deutlich abgenommen, von 92110 n/ha auf 11738 n/ha. Im Vergleich zum Jahr 2008 gibt es im Jahr 2020 auch Bäume, die über 80 cm groß sind. Es sind auch vermehrt Bäume in die Dickung eingewachsen.

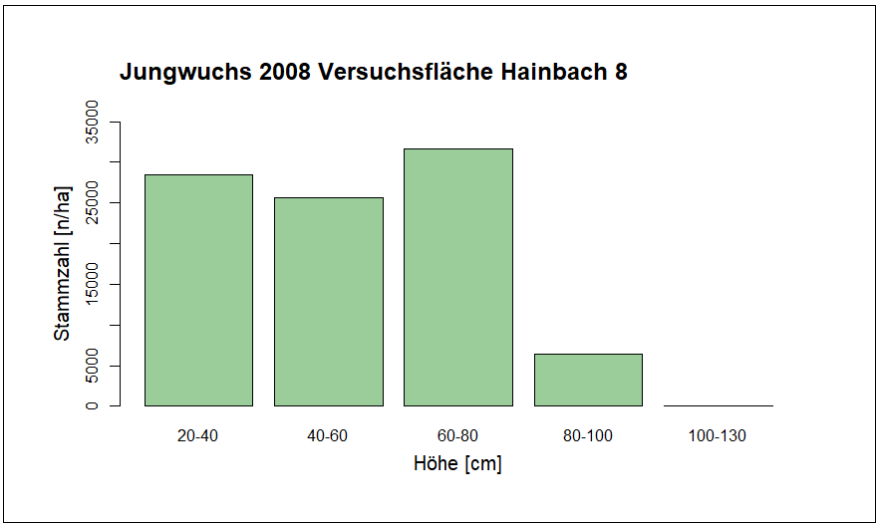


*Abbildung 49 Höhenklassenverteilung (Höhe 20-130 cm) des Jungwuchses auf der Vfl. Hainbach 8 im Jahr 2008 (HKL-Breite = 20 cm)*

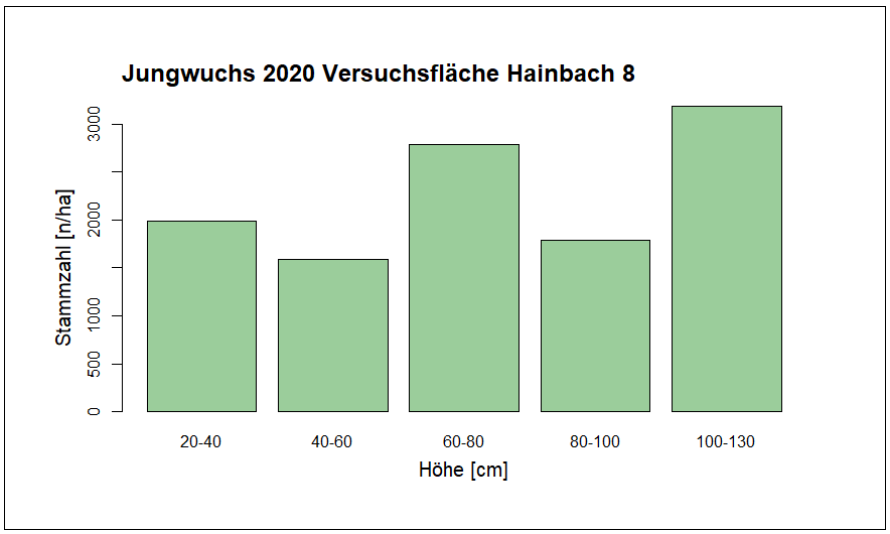


*Abbildung 50 Höhenklassenverteilung (Höhe 20-130 cm) des Jungwuchses auf der Vfl. Hainbach 8 im Jahr 2020 (HKL-Breite = 20 cm)*

### 3.4.3. Zuwachswerte

#### Mittlerer jährlicher Periodenzuwachs (PZ/J)

In der ersten Periode war der Zuwachs sehr hoch. Zu Versuchsbeginn fand eine sehr starke Durchforstung statt, bei der in etwa 33 % des Ausgangsvolumens entnommen wurde. Darauf reagierte der Bestand mit einem starken Zuwachs, wie in Tab. 12 aufgeführt. Dieser Effekt war in der zweiten Periode schon nicht mehr ganz so stark ausgeprägt und die Zuwächse gingen deutlich zurück. In der dritten Periode kam es noch einmal zu einer leichten Durchforstung.

Auf diese folgte aber keine sichtbare Reaktion hinsichtlich des Zuwachses, vielmehr ging er sogar noch weiter zurück.

*Tabelle 12 Laufender jährlicher periodischer Zuwachs [fmd/J/ha, fms/J/ha] der Vfl. Hainbach 8*

| ***Hainbach 8*** | **PZ [fmd/J/ha]** | **PZ [fms/J/ha]** |
|---|---|---|
| ***Periode 2002-2008*** | **15,4** | **11,9** |
| ***Periode 2008-2014*** | **11,2** | **8,1** |
| ***Periode 2014-2020*** | **5,9** | **4,0** |
| ***Periode 2002-2020*** | **10,8** | **8,0** |

**Jahrringbreiten - Radialzuwachs**

Die 20 stärksten Bäume haben in diesem Bestand einen durchschnittlichen jährlichen Radialzuwachs von 2,9 mm, variierend zwischen 1,7 – 4,6 mm. Insgesamt hat der Bestand einen mittleren jährlichen Radialzuwachs von 2,2 mm in der Periode von 2002-2020. Dabei lag der mittlere Radialzuwachs in der Periode 2002-2008 mit 2,5 mm pro Jahr etwas höher als in den Perioden von 2008-2014 und von 2014-2020, in denen der Radialzuwachs jeweils 2,2 mm pro Jahr betrug. Dieses zeigt auch deutlich den Trend, dass die Zuwächse in der ersten Periode am höchsten waren und in den Folgeperioden kontinuierlich sanken. Die Durchforstung in der dritten Periode hatte allem Anschein nach auch keine steigernde Wirkung auf den Radialzuwachs. Aus Tab. 13 ergibt sich, dass mit steigender Durchmesserklasse auch die mittleren periodischen Radialzuwächse zunehmen.

*Tabelle 13 Mittlerer jährlicher Radialzuwachs (MW, s = Standardabweichung, sx = Standardfehler) nach Durchmesserklassen (DKL-Breite 10 cm), Durchmesserklassen sind bezogen auf das Jahr 2020 der Vfl. Hainbach 8.*

| ***DKL [cm]*** | ***MW [ir/J in cm]*** | ***s [cm]*** | ***sx [cm]*** |
|---|---|---|---|
| *20,0-30,0* | 0,12 | 0,066 | 0,021 |
| *30,0-40,0* | 0,20 | 0,066 | 0,008 |
| *40,0-50,0* | 0,25 | 0,071 | 0,009 |
| *50,0-60,0* | 0,31 | 0,089 | 0,338 |

### 3.4.4. Vergleich der prognostizierten mit der tatsächlichen Vorratsentwicklung

Bei der Versuchsfläche Hainbach 8 zeigt sich, dass sich der Vorratsverlauf sehr ähnlich zu der von GUTTECK (2003) modellierten Auslesedurchforstung verhält. Der einzige Unterschied ist,

dass die erste Durchforstung sehr stark war, etwa doppelt so stark wie im Modell. In der ersten Periode gab es auch noch eine weitere, deutlich schwächere Durchforstung. Trotzdem verhält sich die weitere Entwicklung des Vorrats später ähnlich wie im Modell. Am Ende, im Jahr 2020, haben das Modell und die Versuchsfläche in etwa denselben Vorrat. Die Grundfläche veränderte sich in der der Zeit nach der Durchforstung 2002 und der Aufnahme 2008 kaum. Dieses ist sicher das Resultat der zweiten kleineren Durchforstung. Danach folgte die Versuchsfläche relativ der Entwicklung der ADF des Modells, wie in Abb. 52 gezeigt wird. Die Entwicklung des Grundflächenmittelstamms liegt auf der Versuchsfläche bei 39,9 cm, das Modell der ADF prognostizierte einen dg von 34,5 cm und liegt damit um 5,4 cm (15,7%) niedriger. Die Oberhöhe auf der Versuchsfläche liegt bei 25,5 m, prognostiziert wurden im Modell für die ADF 27 m, so dass das Modell die Oberhöhe in diesem Fall überschätzt.

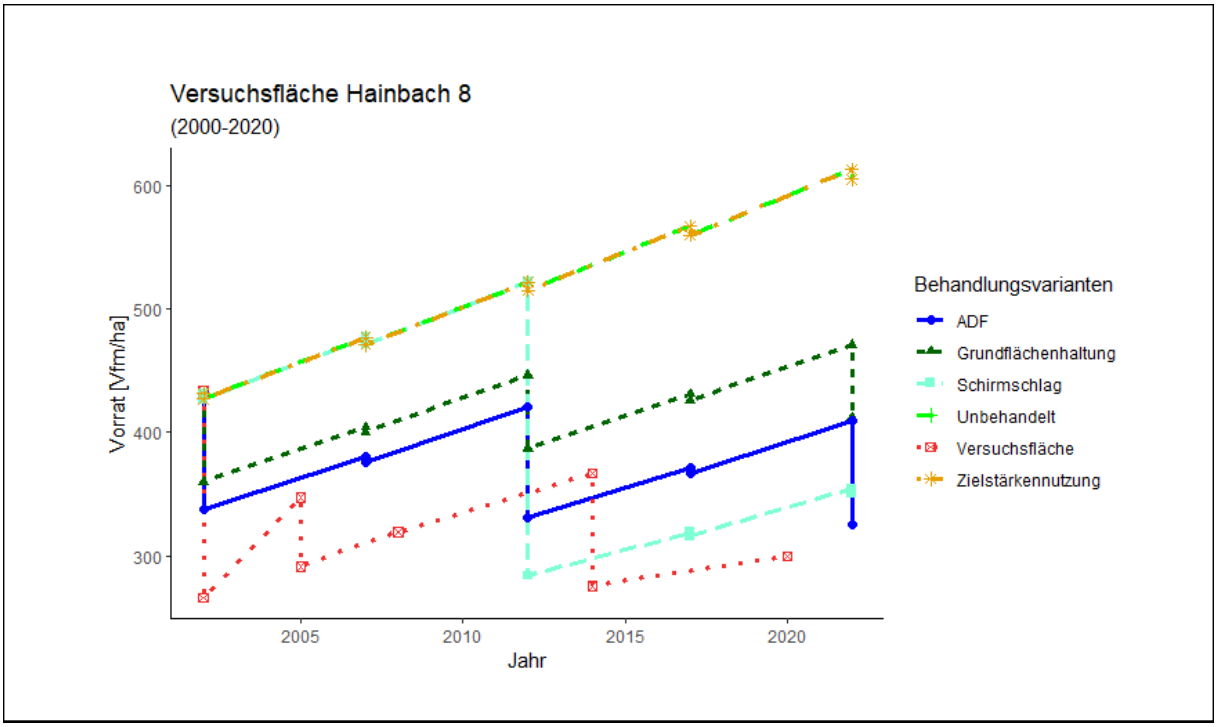


*Abbildung 51 Vergleich der Vorratsentwicklung mit der von PROGNAUS modellierten Vorratsentwicklung für verschiedene Behandlungsverfahren (GUTTECK, 2003) der Versuchsfläche Hainbach 8*

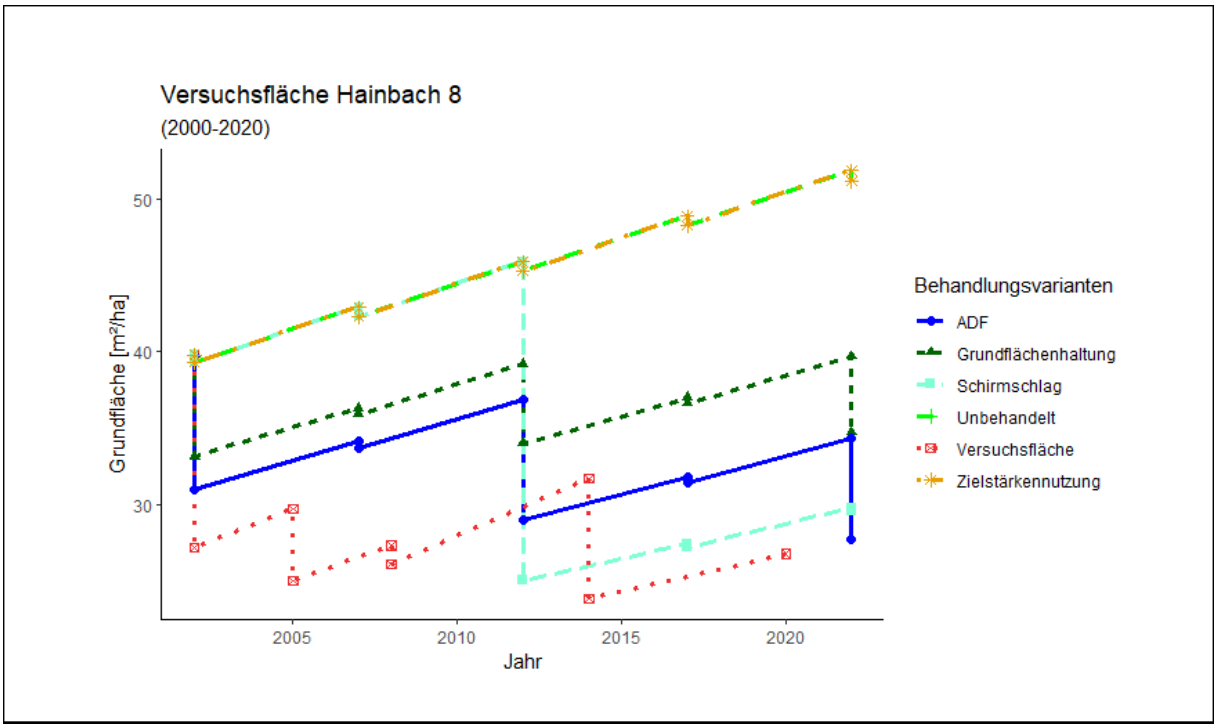


*Abbildung 52 Vergleich der Grundflächenentwicklung mit der von PROGNAUS modellierten Grundflächenentwicklung für verschiedene Behandlungsverfahren (GUTTECK, 2003) der Versuchsfläche Hainbach 8*

### 3.4.5. Arten- und Strukturdiversität

Die Werte der Arten- und Strukturdiversitätsindices für die Jahre 2002 und 2020 zeigen Veränderungen. Auf der Fläche kam es zu einer Erhöhung des mittleren Brusthöhendurchmessers (arithmetisches Mittel) von 30,64 cm auf 39,38 cm, die mittlere Standardabweichung nahm von 5,66 cm auf 6,27 cm zu, während der Variationskoeffizient von 18,48 % auf 15,92 % abnahm. Die Schiefe sank von 0,49 auf 0,13, die Verteilung ist leicht rechtsschief, doch ansonsten recht symmetrisch. Der Gini-Index ist leicht von 20,49 % auf 17,35 % gesunken. Dies zeigt, dass die Durchmesservariation sehr klein ist. Was die Diversität von unterschiedlichen Baumarten auf der Fläche betrifft, sank der Shannon-Index für N von 0,557 lediglich auf 0,554 und für G von 0,627 auf 0,609. Wären die Baumarten gleich häufig, läge der Shannon-Index bei 1,61. Der Evenness-Wert sank für N von 0,804 auf 0,344 und für G von 0,905 auf 0,379. In diesem Bestand ist die Buche vorherrschend. Die Veränderung in der Artendiversität ist dadurch bedingt, dass die Individuen verstärkt aus dem Bestand entnommen wurden, die nicht Buchen sind, diese im Bestand aber ohnehin nur eine sehr geringe Ausgangsanzahl aufwiesen.

## 3.5. Versuchsfläche Lockenhaus 1

### 3.5.1. Allgemein

Die Versuchsfläche ist Teil der Fürst Esterházy'schen Privatstiftung Lockenhaus und gehört zum Forstrevier Glashütten. Die Fläche liegt auf etwa 600 m Seehöhe in der Mitte der Abteilung 50a und beträgt einen Hektar. Sie ist nordexponiert und hat eine Neigung von 20 %. Begründet wurde der Bestand als Buchen-Fichten-Kiefernwald, wobei es sich heute um einen Buchenreinbestand handelt, der 103 Jahre alt ist. Bis zu einem Alter von 50 Jahren wurden die 3 Durchforstungen durch Brennholzwerber durchgeführt. Im Jahr 1975 wurde mit der Auslesedurchforstung begonnen und wurden Z-Stämme fix markiert.

*Abbildung 53 Versuchsfläche Lockenhaus 1 im Jahr 2002 (GUTTECK, 2003)*

*Abbildung 54 Versuchsfläche Lockenhaus 1 im Jahr 2020*

Die Auslesedurchforstungen endeten 1988. In Folge sollte dann 2001 begonnen werden, erntereife Bäume bei Erreichen der Zielstärke zu entnehmen. Der Standort ist mäßig frisch. Es handelt sich um einen Pseudogley mit dem Humustyp mullartiger Moder. Die Vegetation gehört zum Astmoos-Heidelbeer-Drahtschmiele-Typ. Der heutige Buchenreinbestand ist vollständig unter Schirm verjüngt, wobei die Verjüngung im oberen Teil der Fläche etwas jünger ist als im unteren Teil. Die Verjüngung ist etwa 25 Jahre alt.

### 3.5.2. Waldaufbau

**Bestand (BHD ≥ 8 cm)**

Der Bestand hat im Durchschnitt einen Durchmesser von 45 cm erreicht und zählt somit zur Wuchsklasse des mittleren Baumholzes nach Bitterlich. Die Oberhöhe im Bestand beträgt bei Buche 31,4 m und bei der Vogelkirsche 29,4 m. Der Standort fällt in die 8. Ertragsklasse der Buche Braunschweig (MARSCHALL,1975). Der Bestockungsgrad liegt bei 0,47. Der Bestand ist locker bis licht. Der h/d-Wert des Bestandes liegt bei 68.

*Tabelle 14 Bestandeskennwerte (Vorrat [Vd/ha, Vs/ha], Stammzahl [n/ha], Grundfläche [$m^2$/ha], Grundflächenmittelstamm [cm], Lorey´sche Mittelhöhe [m], Oberhöhe [m], Kronenansatz [m]) der Vfl. Lockenhaus 1*

| ***Lockenhaus 1*** | **dg [cm]** | **$H_L$ [m]** | **OH [m]** | **PKA [m]** | **N [n/ha]** | **G [$m^2$/ha]** | **$V_d$ [fmd/ha]** | **$V_s$ [fms/ha]** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *2002* | 36,0 | 30 | 31,0 | 8,0 | 201 | 23,7 | 376 | 325 |
| *ber. v. DF 2012* | | | | | 201 | 28,6 | 460 | 391 |
| *ber. Entn. 2012* | | | | | 92 | 13,6 | 218 | 184 |
| *ber. n. DF 2012* | | | | | 109 | 15,0 | 242 | 207 |
| *2020* | 45 | 31,3 | 31,4 | 11,5 | 109 | 17,3 | 287 | 243 |

***Stammzahl- und Vorratsverteilung***

Der Grundflächenmittelstamm ist im Zeitraum von 2002 bis 2020 um 9 cm (25,0%) gestiegen und hat damit die stärkste Zunahme aller Versuchsflächen erfahren. Der größte Teil des Bestandes fällt in die Durchmesserklassen über 40 cm.

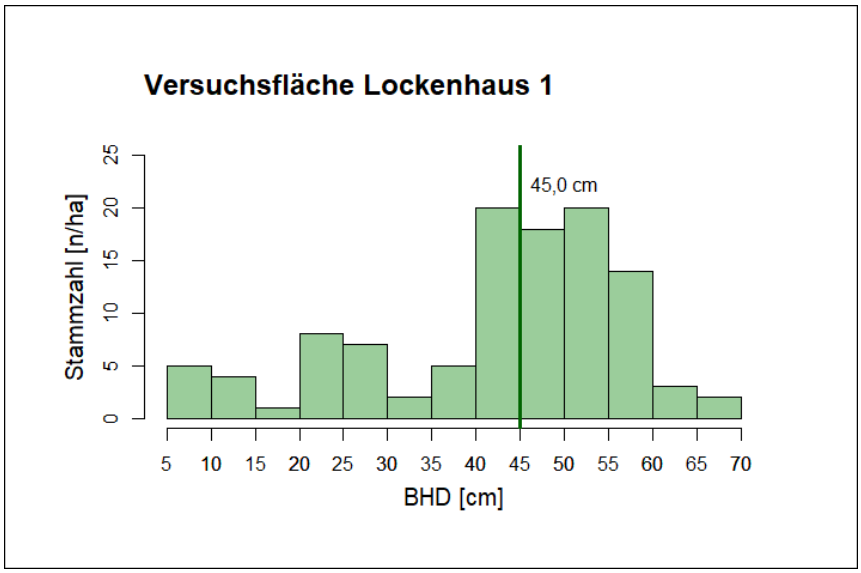


*Abbildung 55 Stammzahlverteilung nach Durchmesserklassen und mittlerer Brusthöhendurchmesser der Vfl. Lockenhaus 1 im Jahr 2020 (DKL-Breite = 5 cm)*

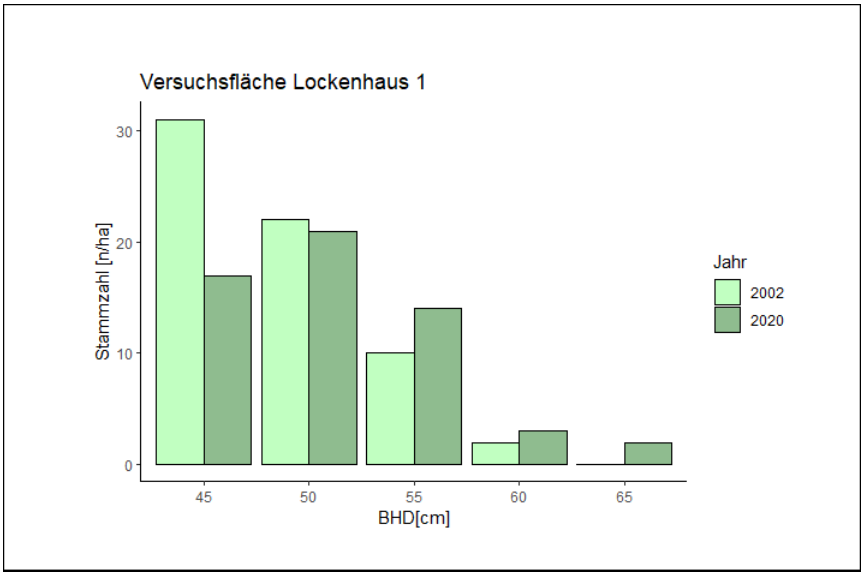


*Abbildung 56 Vergleich der Stammzahlverteilung [n/ha] über einem BHD von 45 cm vom Jahr 2002 zum Jahr 2020*

Auf der Fläche ist die Stammzahl in der Durchmesserklasse 45 cm deutlich gesunken. Nur in den Durchmesserklassen über 55 cm gab es eine leichte Zunahme an Individuen. Es sind jedoch auch einige Bäume wieder in den Zielstärkenbereich über 60 cm eingewachsen. Der größte Vorrat ist in den Durchmesserklassen 50 und 55 cm zu finden. Auch im Bereich über 60 cm BHD hat das Volumen im Vergleich zu 2002 zugenommen. In der Summe sind die Stammzahl und das Volumen dieses Bereichs über 60 cm BHD gering, da in der Periode zielstarke Bäume entnommen wurden.

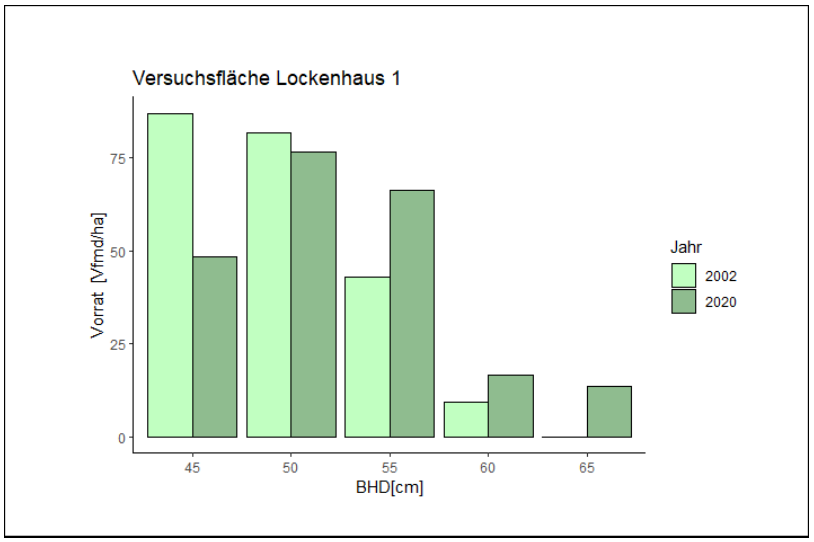


*Abbildung 57 Vorratsverteilung nach Durchmesserklassen ab einem BHD von 45 cm im Jahr 2002 und Jahr 2020 (DKL-Breite = 5 cm)*

## Dickung (Höhe ≥ 1,3 m, BHD < 8 cm)

Die Dickung hat eine durchschnittliche Höhe von 3,1 m, einige vorwüchsige Buchen haben aber bereits um die 6 m erreicht. Im Bestand ist die Verjüngung schon recht weit fortgeschritten, vor allem im unteren Bestandesteil. In diesem Bereich wird auch der erste weitere Einwuchs über die Kluppschwelle erfolgen.

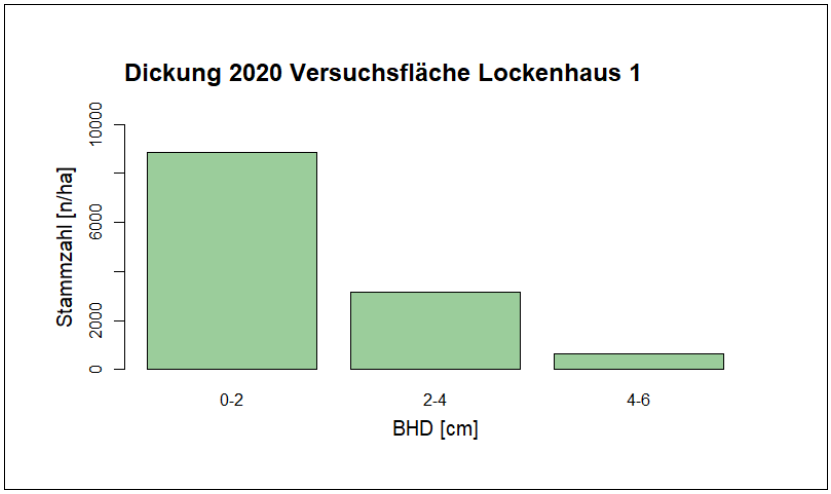


*Abbildung 58 Durchmesserklassenverteilung der Dickung auf der Vfl. Lockenhaus 1 im Jahr 2020*

### *Qualitätsmerkmale und -entwicklung*

Auf der Versuchsfläche Lockenhaus 1 sind keine Zwischenaufnahmen gemacht worden. Es zeigt sich, dass hier mit 1 % (130 n/ha) nur ein sehr geringer Teil der Buchen einen wipfelschäftigen Verzweigungstyp hat. Der größere Teil gehört mit 22,3 % (2820 n/ha) zu den zwieseligen, mit 41 % (5190 n/ha) zu den gabelförmigen oder mit etwa 36 % (4485 n/ha) zu den besenartigen Verzweigungssystemen. Die Stammzahl auf der Fläche ist mit 12616 n/ha allerdings auch niedriger als auf anderen Versuchsflächen. Bei der Form der Stammachse hat mit 45 % (5445 n/ha) nahezu die Hälfte der Buchen eine plagiotrope Wuchsform.

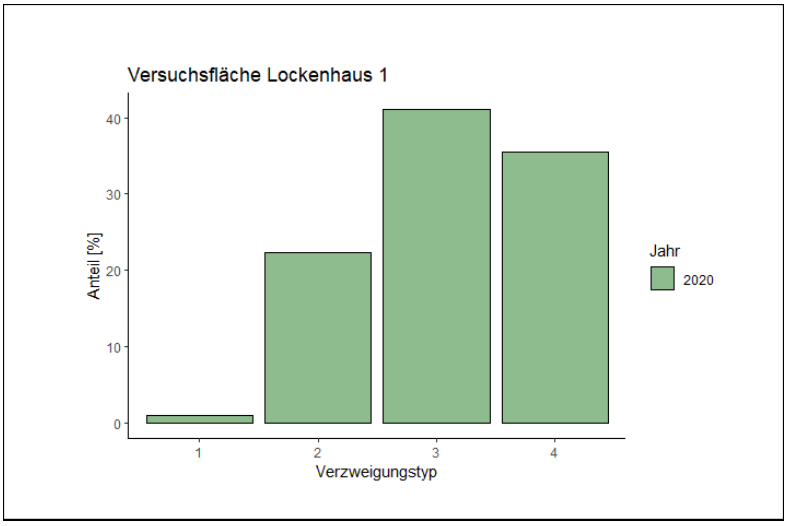


*Abbildung 59 Verzweigungstypen der Dickung (Höhe ≥ 1,3 m und BHD < 8 cm) in Prozent der Gesamtstammzahl der Vfl. Lockenhaus 1 im Jahr 2020 [wipfelschäftig = 1; zwieselig = 2; gabelförmig = 3; besenartig = 4]*

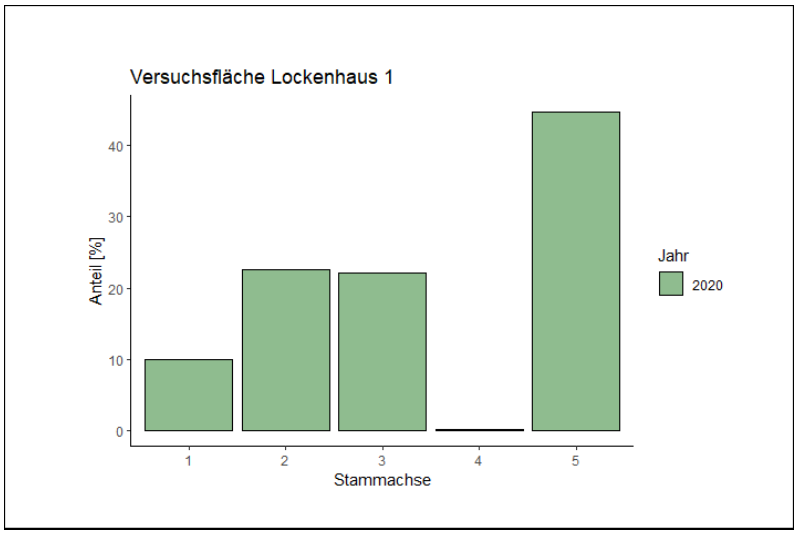


*Abbildung 60 Form der Stammachse der Dickung (Höher ≥ 1,3 m und BHD < 8 cm) in Prozent der Gesamtstammzahl der Vfl. Lockenhaus 1 im Jahr 2020 [gerade = 1; knickig = 2; bogig = 3; säbelwüchsig = 4; plagiotrop = 5]*

**Jungwuchs (20 – 130 cm)**

Auf der Versuchsfläche Lockenhaus 1 ist Verjüngung in allen Höhenklassen vorhanden. Insgesamt befinden sich etwa 17571 n/ha Bäume im Jungwuchs. Im oberen Teil der Fläche sind die Bäume jünger als im unteren Bereich. Es sind dort auch schon Bäume in die Dickung eingewachsen.

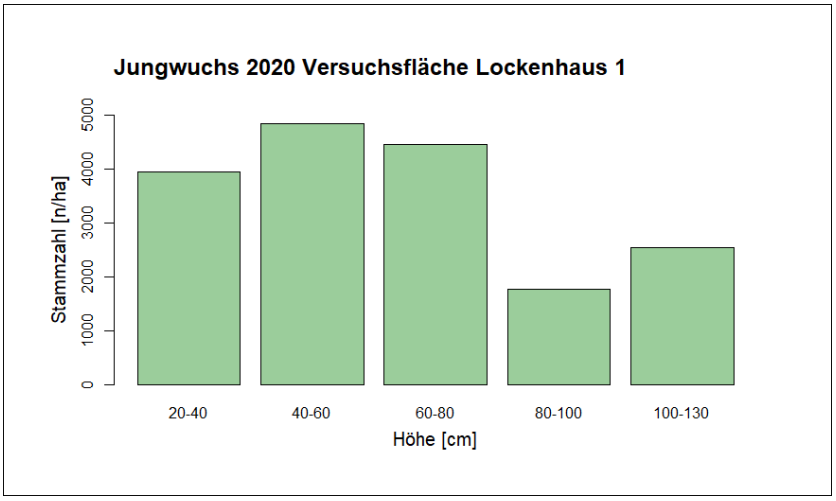


*Abbildung 61 Höhenklassenverteilung (Höhe 20-130 cm) des Jungwuchses auf der Vfl. Lockenhaus 1 im Jahr 2020 (HKL-Breite = 20 cm)*

## 3.5.3. Zuwachswerte

### Mittlerer jährlicher Periodenzuwachs (PZ/J)

In Lockenhaus gab es keine Zwischenaufnahmen während der Periode, so dass der laufende jährliche Zuwachs nur für den Gesamtzeitraum berechnet werden kann. Auch auf dieser Fläche ist die Verjüngung schon recht weit fortgeschritten, jedoch hat ein großer Teil die Kluppschwelle noch nicht erreicht und bleibt deshalb in der Zuwachsberechnung unberücksichtigt. Es ist jedoch anzunehmen, dass das Zuwachspotenzial leicht unterschätzt wird.

*Tabelle 15 Laufender jährlicher periodischer Zuwachs [fmd/J/ha, fms/J/ha] der Vfl. Lockenhaus 1*

| ***Lockenhaus 1*** | **PZ [fmd/J/ha]** | **PZ [fms/J/ha]** |
|---|---|---|
| ***Periode 2002-2020*** | **7,1** | **5,7** |

**Jahrringbreiten - Radialzuwachs**

Die 20 stärksten Bäume haben in diesem Bestand einen durchschnittlichen jährlichen Radialzuwachs von 2,5 mm variierend zwischen 1,1 und 7,1 mm. Insgesamt hat der Bestand einen mittleren jährlichen Radialzuwachs von 2,1 mm in der Periode von 2002-2020. In Tab. 16 zeigt sich, dass die Durchmesserklasse von 60,0-69,99 cm den stärksten Radialzuwachs hat. Den zweitstärksten Radialzuwachs zeigt hingegen die kleinste Durchmesserklasse an Bäumen, die aus der Verjüngungseinleitung stammen und inzwischen über die Kluppschwelle in den Bestand eingewachsen sind.

*Tabelle 16 Mittlerer jährlicher Radialzuwachs (MW, s = Standardabweichung, sx = Standardfehler) nach Durchmesserklassen (DKL, Breite 10 cm). Die Durchmesserklassen sind bezogen auf das Jahr 2020 der Vfl. Lockenhaus 1.*

| ***DKL [cm]*** | ***MW [ir/J in cm]*** | ***s [cm]*** | ***sx [cm]*** |
|---|---|---|---|
| *18,0-30,0* | 0,23 | 0,071 | 0,018 |
| *30,0-40,0* | 0,19 | 0,099 | 0,040 |
| *40,0-50,0* | 0,18 | 0,068 | 0,011 |
| *50,0-60,0* | 0,20 | 0,070 | 0,012 |
| *60,0-70,0* | 0,35 | 0,200 | 0,089 |

## 3.5.4. Vergleich der prognostizierten mit der tatsächlichen Vorratsentwicklung

Auf der Versuchsfläche von Lockenhaus sind im Zeitraum zwischen den beiden Masterarbeiten keine Aufnahmen gemacht worden. Es ist jedoch auch hier festzustellen, dass die Versuchsfläche dem Modell (GUTTECK, 2003) der Auslesedurchforstung folgt. Während der Periode kam es zu einer Entnahme von 92 Individuen. Der Schirmschlag ist damals für diese Fläche nicht simuliert worden und deshalb auch nicht in der Grafik enthalten. Der Grundflächenmittelstamm liegt auf der Versuchsfläche bei 45 cm. Wird dieses Ergebnis mit dem Modell der ADF verglichen, zeigt sich, dass der dg hier mit 36,4 cm prognostiziert wurde und damit 8,6 cm (23,6%) unter dem Ergebnis der Versuchsfläche liegt. Die Oberhöhe der Versuchsfläche liegt bei 31,4 m, so dass das Modell der ADF mit einer prognostizierten Oberhöhe von 32,6 m die Entwicklung der Oberhöhe der Versuchsfläche überschätzt.

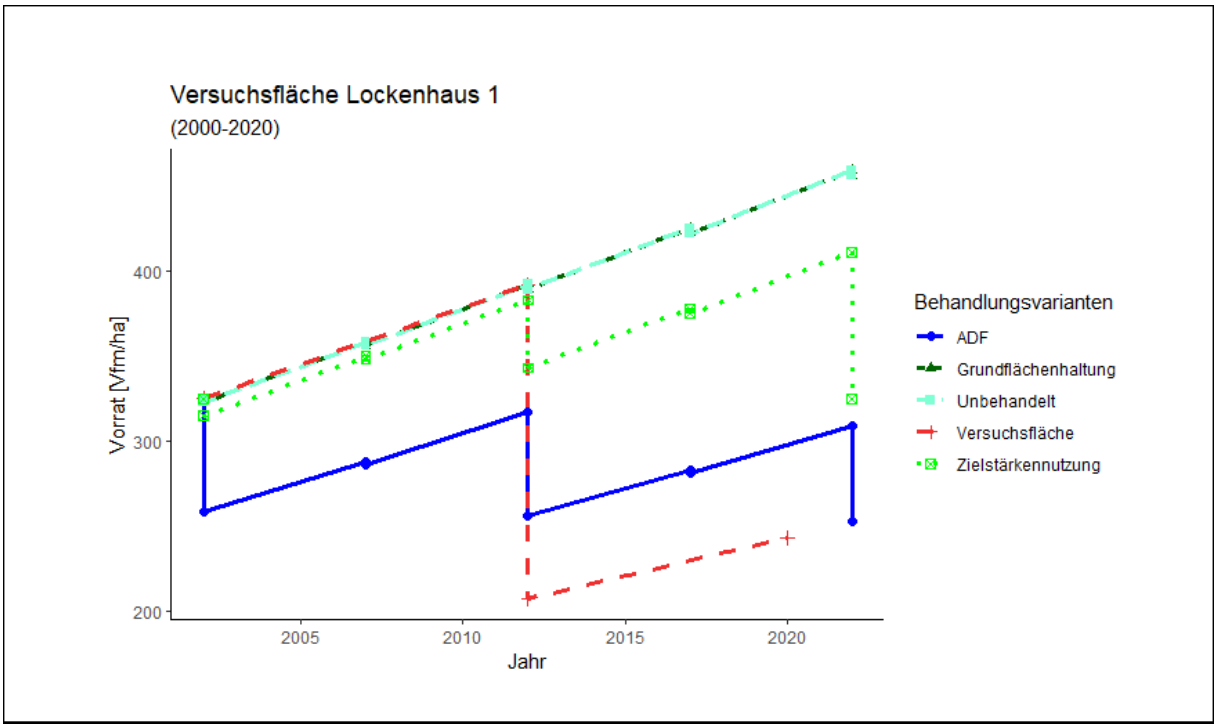


*Abbildung 62 Vergleich der Vorratsentwicklung mit der von PROGNAUS modellierten Vorratsentwicklung für verschiedene Behandlungsverfahren (GUTTECK, 2003) der Versuchsfläche Lockenhaus 1*

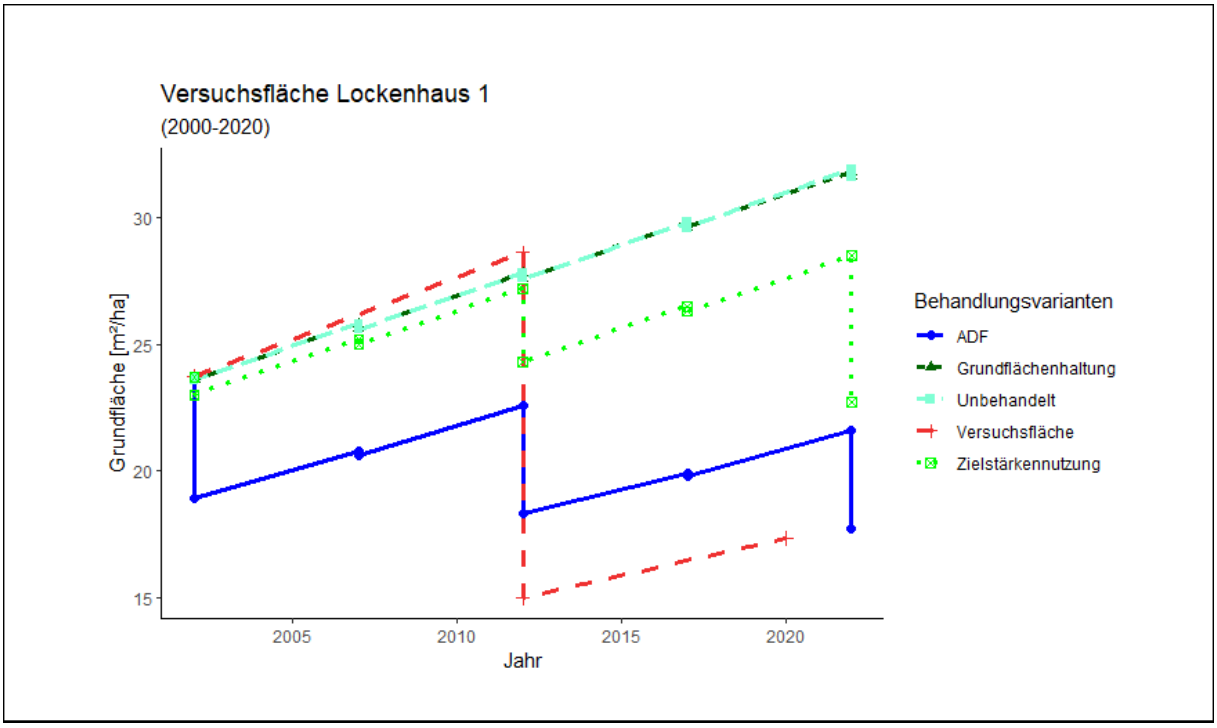


*Abbildung 63 Vergleich der Grundflächenentwicklung mit der von PROGNAUS modellierten Grundflächenentwicklung für verschiedene Behandlungsverfahren (GUTTECK, 2003) der Versuchsfläche Lockenhaus 1*

### 3.5.5. Arten- und Strukturdiversität

Die Werte der Arten- und Strukturdiversitätsindices für die Jahre 2002 und 2020 zeigen einige Veränderungen. Auf der Fläche kam es zu einer Erhöhung des mittleren Brusthöhendurchmessers (arithmetisches Mittel) von 36 cm auf 42,58 cm, die mittlere Standardabweichung nahm von 14,46 cm auf 14,61 cm leicht zu, während der Variationskoeffizient von 40,16 % auf 35,31 % abnahm. Die Schiefe stieg von -0,39 auf -0,85. Die zu Beginn leicht linksschiefe Verteilung veränderte sich in Richtung einer deutlich linksschiefen Verteilung. Dieses wird durch die Anzahl an Bäumen in den niedrigen BHD Klassen verursacht, die in den Altbestand zu einem anderen Zeitpunkt eingewachsen sind. Der Gini-Index ist von 36,99 % auf 30,33 % leicht gesunken. Die Durchmesservariation ist also sehr klein. Was die Diversität von unterschiedlichen Baumarten auf der Fläche betrifft, stieg der Shannon-Index für N von 0,078 auf 0,092 und für G von 0,072 auf 0,1. Wären die Baumarten gleich häufig, läge der Shannon-Index bei 0,69. Der Evenness-Wert ist für N von 0,112 auf 0,132 und für G von 0,104 auf 0,149 gestiegen. In diesem Bestand ist die Buche vorherrschend. Die Veränderung in der Artendiversität ist dadurch bedingt, dass eine der drei im Bestand befindlichen Kirschen entfernt wurde.

## 3.6. Versuchsfläche Lockenhaus 2

### 3.6.1. Allgemein

Die Versuchsfläche ist Teil der Esterházy‘schen Privatstiftung Lockenhaus und gehört zum Forstrevier Hirschenstein und liegt in der Abteilung 111c1. Sie ist ein Hektar groß, ostexponiert und liegt am Mittelhang auf ungefähr 500 m Seehöhe. Die Fläche ist gleichförmig und mit 10% nur geringfügig geneigt. Bei dem Boden handelt es sich um einen nährstoffreichen Pseudogley, die Vegetation gehört zum Verhagerungstyp. Die Naturverjüngung ist relativ dicht und sorgt dafür, dass der Humustyp moderartiger Mull ist. Der Bestand ist 133 Jahre alt. Ursprünglich wurde der Bestand als Fichten-Kiefern-Buchenbestand begründet und bis zum Alter von 80 Jahren zur Brennholzwerbung genutzt. In den Unterlagen zum Bestand war als

*Abbildung 64 Versuchsfläche Lockenhaus 2 im Jahre 2002 (GUTTECK, 2003)*

*Abbildung 65 Versuchsfläche Lockenhaus 2 im Jahr 2020*

waldbauliche Behandlung Plenterung vermerkt, was darauf hindeutet, dass auf Grund der Nähe zum Dorf Glashütten bei Langeck im Burgenland keine gezielte waldbauliche Steuerung vorgenommen wurde. Ab dem Jahr 1988 wurde die Bewirtschaftung auf Einzelstammnutzung umgestellt. In diesem Zuge wurden alle Nadelbäume wegen schlechter Qualität entnommen. Dieses sorgte für eine starke Auflichtung und in der Folge für eine gute Kronenentwicklung der Buche. Der Bestand ist zweischichtig, da die Verjüngung hier bereits vor ca. 30 Jahren begonnen hat.

### 3.6.2. Waldbaufbau

**Bestand (BHD ≥ 8 cm)**

Dieser Buchenreinbestand hat im Altholz einen Grundflächenmittelstamm von 55,2 cm. Über alle Bäume im Bestand hinweg (Kluppschwelle 8 cm) liegt der Mitteldurchmesser jedoch nur bei 26,9 cm. Die Oberschicht gehört zum starken Baumholz nach BITTER. Die Oberhöhe nach ASSMANN beträgt 33 m, somit stockt der Bestand auf einem Standort der 8. Ertragsklasse nach der Ertragstafel Buche Braunschweig (MARSCHALL, 1975). Der Bestockungsgrad des Bestandes liegt bei 0,52. Der h/d-Wert der Bäume liegt beim Altholz bei 60 und beim Stangenholz bei 145. Die Verjüngung ist flächendeckend dicht und in guter Qualität vorhanden. Viele Bäume sind schon über die Kluppschwelle von 8 cm in den Bestand eingewachsen, was für den Anstieg der Stammzahl in der Fläche verantwortlich ist.

*Tabelle 17 Bestandeskennwerte (Vorrat [Vd/ha, Vs/ha], Stammzahl [n/ha], Grundfläche [$m^2$/ha], Grundflächenmittelstamm [cm], Lorey´sche Mittelhöhe [m], Oberhöhe [m], Kronenansatz [m]) der Vfl. Lockenhaus 2*

| ***Lockenhaus 2*** | **dg [cm]** | **$H_L$ [m]** | **OH [m]** | **PKA [m]** | **N [n/ha]** | **G [$m^2$/ha]** | **$V_d$ [fmd/ha]** | **$V_s$ [fms/ha]** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *2002* | 48,0 | 32,0 | 32,0 | 14,7 | 95 | 17,6 | 331 | 289 |
| *ber. v. DF 2012* | | | | | 95 | 20,6 | 359 | 302 |
| *ber. Entn. 2012* | | | | | 21 | 4,8 | 83 | 70 |
| *ber. n. DF 2012* | | | | | 74 | 15,8 | 276 | 232 |
| *2020* | 26,9 | 31,4 | 33,0 | 11,0 | 341 | 19,4 | 322 | 272 |

***Stammzahl- und Vorratsverteilung***

Im Vergleich zum Jahr 2002 ist der Grundflächenmittelstamm hier um 21,1 cm gesunken. Dieses ist auf den stammzahlreichen Einwuchs in den niedrigen Durchmesserklassen

zurückzuführen. Vergleicht man jedoch nur den Grundflächenmittelstamm der Altbäume im Bestand in der Periode zwischen 2002 und 2020, hat dieser um 7,24 cm (15,0%) zugelegt.

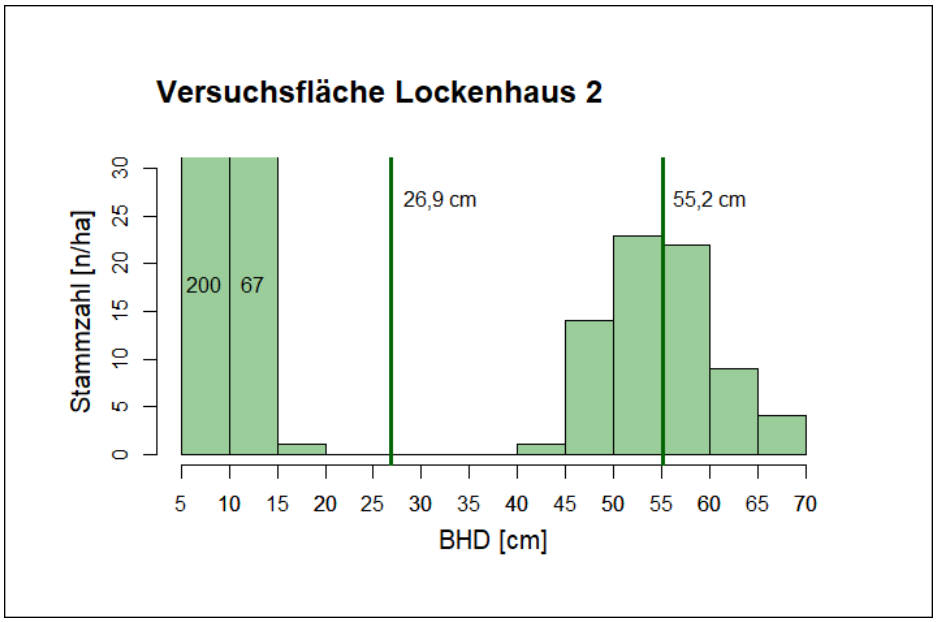


*Abbildung 66 Stammzahlverteilung nach Durchmesserklassen und mittlerer Brusthöhendurchmesser der Vfl. Lockenhaus 2 im Jahr 2020 (DKL-Breite = 5 cm)*

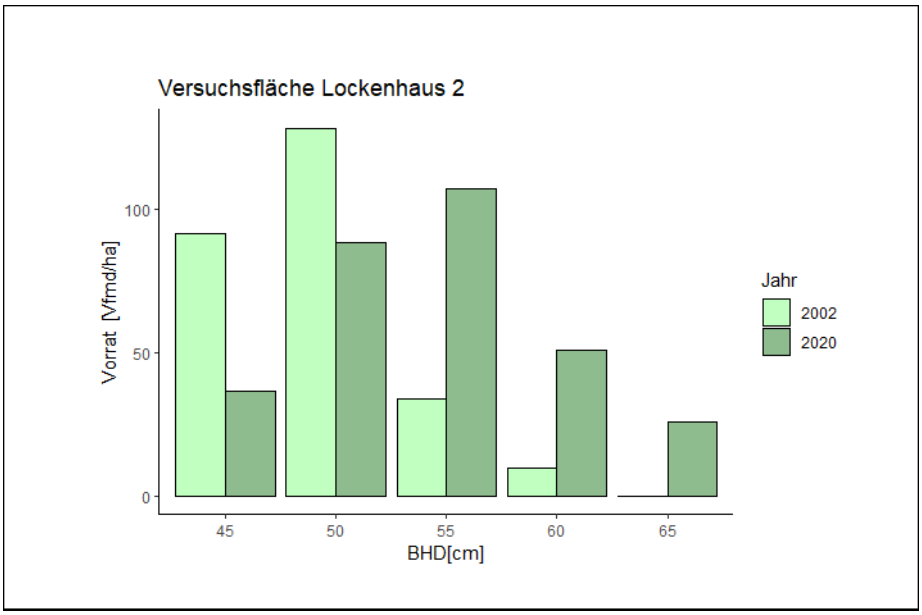


*Abbildung 67 Vorratsentwicklung nach Durchmesserklassen ab einem einem BHD von 45 cm im Jahr 2002 und 2020 (DKL-Breite = 5 cm)*

In dem Zeitraum von 18 Jahren hat die Stammzahl in der Durchmesserklasse von 45 cm deutlich abgenommen, da diese das unterste Ende der Durchmesserverteilung des Altholzes bildet. Der Vorrat zeigt, dass sich inzwischen gut die Hälfte des Volumens des verbleibenden Altholzes in Durchmesserbereichen über 55 cm befindet. Dagegen war im Jahr 2002 der

größte Volumensanteil des Bestandes noch in den Durchmesserklassen unter 55 cm BHD zu finden. Einige Individuen befinden sich sogar bereits in der Durchmesserklasse über der Zielstärke von 60 cm.

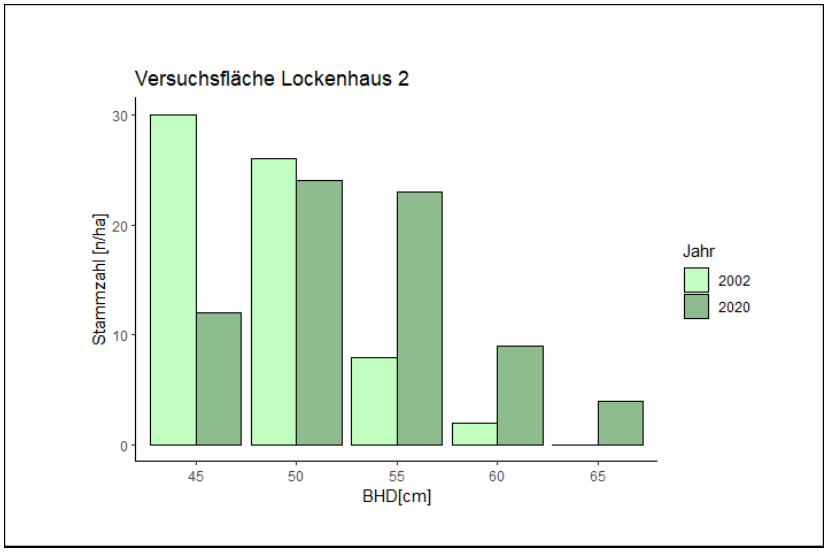


*Abbildung 68 Vergleich der Stammzahlverteilung [n/ha] über einem BHD von 45 cm vom Jahr 2002 zum Jahr 2020*

## Dickung (Höhe ≥ 1,3 m, BHD < 8 cm)

Die Bäume, die sich noch im Dickungsalter befinden, haben eine mittlere Höhe von 5,5 m. Eine erhebliche Menge an Bäumen ist inzwischen über die Kluppschwelle von 8 cm eingewachsen, trotzdem sind auch in den anderen Durchmesserklassen der Dickung noch ausreichend Individuen vertreten. Es konnte also eine dichte und qualitativ gute Verjüngung festgestellt werden. Die Verjüngung dieses Bestandes ist von allen untersuchten Versuchsflächen am weitesten fortgeschritten.

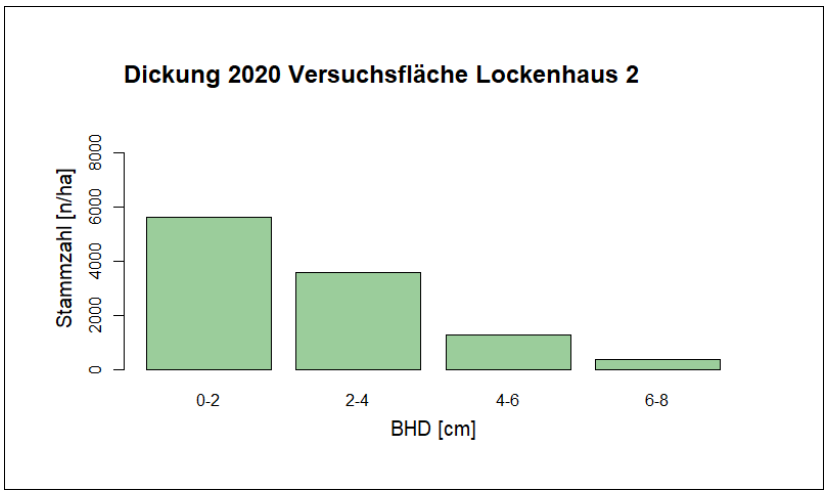


*Abbildung 69 Durchmesserklassenverteilung der Dickung auf der Vfl. Lockenhaus 2 im Jahr 2020*

### *Qualitätsmerkmale und -entwicklung*

Auf der Versuchsfläche Lockenhaus 2 sind die Bäume der Verjüngung, 10890 n/ha, ausschließlich dem Verzweigungstyp wipfelschäftig zuzuordnen. Mit 10 % (1090 n/ha) ist auch ein ausreichender Anteil der Stammachsen als gerade einzuschätzen. Im Übrigen sind die Bäume entweder zu 15 % (1635 n/ha) knickig, zu 38 % (4137 n/ha) bogig oder zu 37% (4030 n/ha) säbelwüchsig. Auf der Fläche wurde keine plagiotrope Wuchsform vorgefunden.

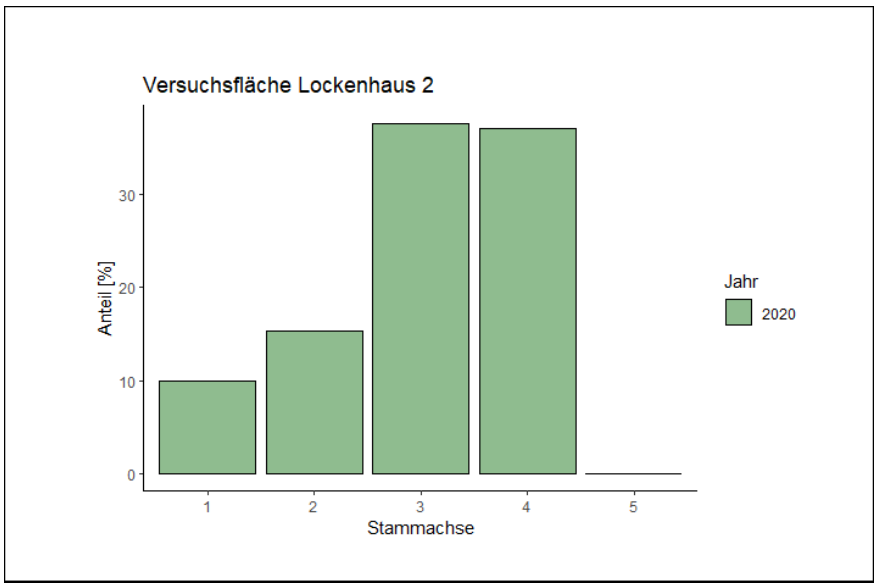


*Abbildung 70 Bonitur der Stammachse der Dickung (Höhe ≥ 1,3 m und BHD < 8 cm) in Prozent der Gesamtstammzahl der Vfl. Lockenhaus 2 im Jahr 2020 [gerade = 1; knickig = 2; bogig = 3; säbelwüchsig = 4; plagiotrop = 5]*

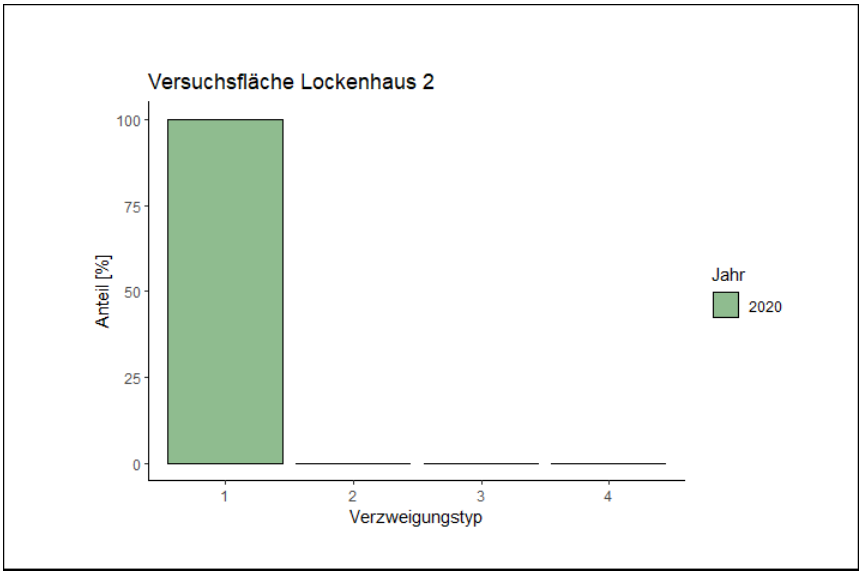


*Abbildung 71 Bonitur des Verzweigungssystems der Dickung (Höhe ≥ 1,3 m und BHD < 8 cm) in Prozent der Gesamtstammzahl der Vfl. Lockenhaus 2 im Jahr 2020 [wipfelschäftig = 1; zwieselig = 2; gabelförmig = 3; besenartig = 4]*

### 3.6.3. Zuwachswerte

#### Mittlerer jährlicher Periodenzuwachs (PZ/J)

Auch auf der Fläche Lockenhaus 2 gab es in der Zwischenzeit keine weiteren Aufnahmen. Dieser Bestand ist in seiner Entwicklung am weitesten vorangeschritten. Doch war ein großer Teil der Dickung bei der Aufnahme noch knapp unter der Kluppschwelle von 8 cm, so dass auch hier der Zuwachs mit Sicherheit etwas unterschätzt wird.

*Tabelle 18 Laufender jährlicher periodischer Zuwachs [fmd/J/ha, fms/J/ha] der Vfl. Lockenhaus 2*

| ***Lockenhaus 2*** | **PZ [fmd/J/ha]** | **PZ [fms/J/ha]** |
|---|---|---|
| ***Zuwachsperiode 2002 - 2020*** | **4,2** | **2,9** |

#### Jahrringbreiten - Radialzuwachs

Die 20 stärksten Bäume haben in diesem Bestand einen durchschnittlichen jährlichen Radialzuwachs von 2,2 mm, variierend zwischen 0,7 und 5 mm. Insgesamt hatte der Bestand einen mittleren jährlichen Radialzuwachs von 2,0 mm in der Periode von 2002-2019. In der Tab. 19 zeigt sich, dass mit zunehmender Durchmesserklasse die Radialzuwächse zunehmen.

*Tabelle 19 Mittlerer jährliche Radialzuwachs (MW, s = Standardabweichung, sx = Standardfehler) nach Durchmesserklassen (DKL, Breite 10 cm), Durchmesserklassen sind bezogen auf das Jahr 2020 der Vfl. Lockenhaus 2.*

| ***DKL [cm]*** | ***MW [ir/J in cm]*** | ***s [cm]*** | ***sx [cm]*** |
|---|---|---|---|
| *40,0-50,0* | 0,16 | 0,047 | 0,013 |
| *50,0-60,0* | 0,20 | 0,066 | 0,01 |
| *60,0-70,0* | 0,22 | 0,048 | 0,013 |

### 3.6.4. Vergleich der prognostizierten mit der tatsächlichen Vorratsentwicklung

Auf der Versuchsfläche Lockenhaus 2 gibt es in der Entwicklung der Grundfläche und des Vorrates einige Unterschiede. Die Vorratsentwicklung hat eine leichte Diskrepanz (30 Vfms) zu den Modellen von GUTTECK (2003) im Bereich des Vorrats. Es ist nicht zu klären, wodurch

dieses verursacht wird. Am Ende der Periode liegt die Versuchsfläche mit ihrem Vorrat bei der modellierten Zielstärkennutzung. Bei der Grundfläche tritt das Problem nicht auf. Wie in Abb. 73 zu sehen ist, folgt diese relativ eng dem Modell der Zielstärkennutzung. Die jetzige Grundfläche entspricht allerdings eher der modellierten Grundfläche vor der letzten modellierten Durchforstung und nicht wie beim Vorrat eher der Situation nach modellierter Durchforstung. Die höhere Grundfläche kann aber dadurch verursacht worden sein, dass der Bestand schon recht stark verjüngt ist. So sind in der Periode bereits 268 Bäume über die Kluppschwelle eingewachsen. Dieses scheint im Modell nicht so prognostiziert worden zu sein, was sich an der Veränderung des Grundflächenmittelstammes zeigt. Der Grundflächenmittelstamm der Versuchsfläche liegt bei 26,9 cm. Im Modell der Zielstärkennutzung wird der Grundflächenmittelstamm mit 41,9 cm prognostiziert, damit ergibt sich ein deutlicher Unterschied von 15 cm (35,8%) zwischen Versuchsfläche und Modell. Das zeigt, dass das Modell von einem deutlich geringeren Einwuchs in dem Zeitraum ausgeht. Die Oberhöhe der Versuchsfläche liegt bei 33 m. Das Modell der Zielstärkennutzung ging von einer Oberhöhe von 33,9 m aus, so dass diese nur minimal überschätzt wurde.

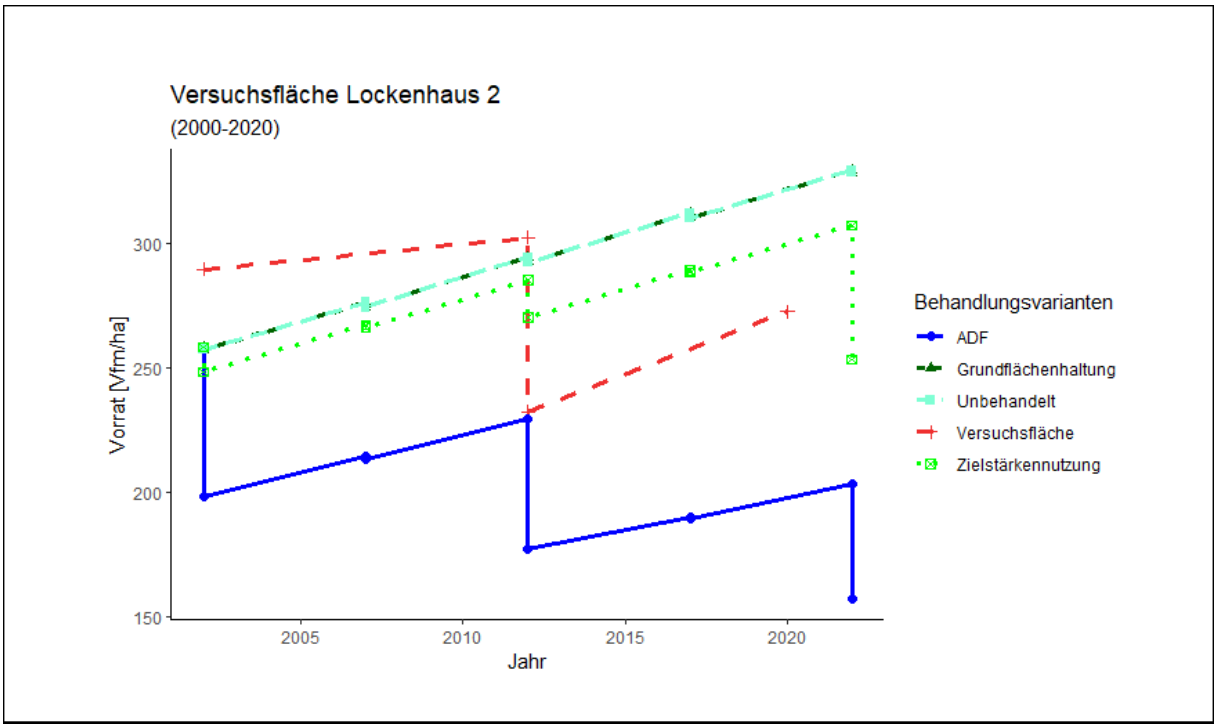


*Abbildung 72 Vergleich der Vorratsentwicklung mit der von PROGNAUS modellierten Vorratsentwicklung für verschiedene Behandlungsverfahren (GUTTECK, 2003) der Versuchsfläche Lockenhaus 2*

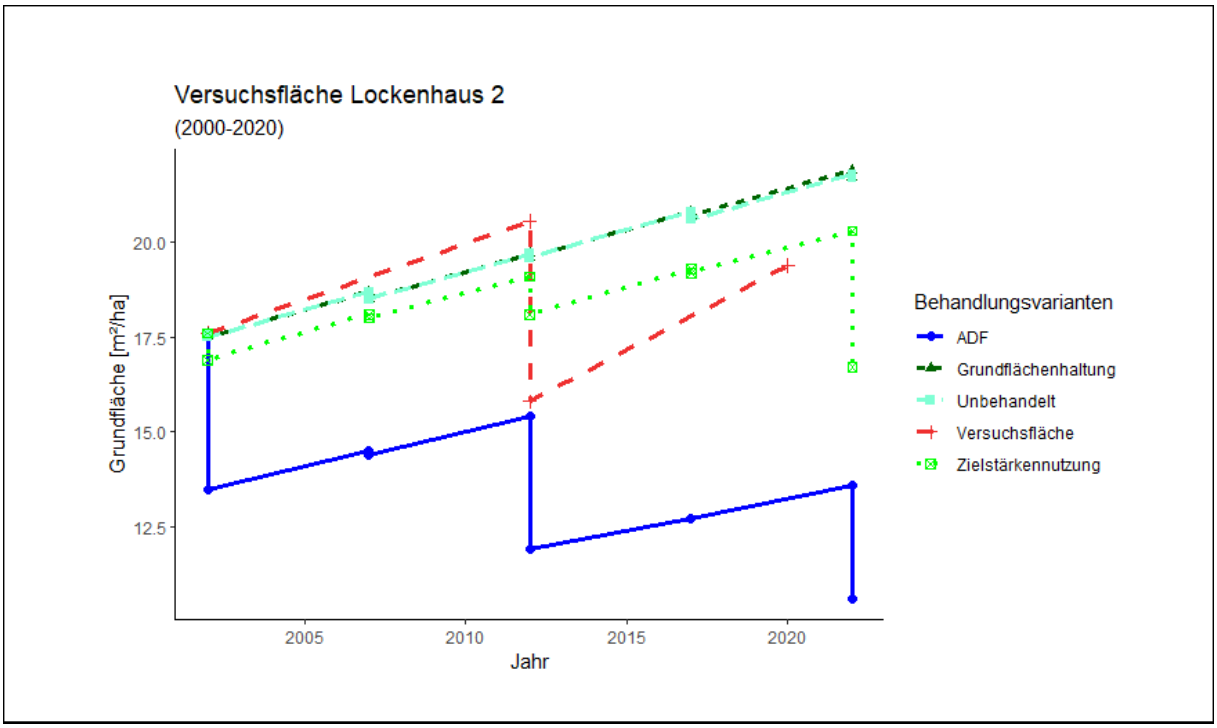


*Abbildung 73 Vergleich der Grundflächenentwicklung mit der von PROGNAUS modellierten Grundflächenentwicklung für verschiedene Behandlungsverfahren (GUTTECK, 2003) der Versuchsfläche Lockenhaus 2*

### 3.6.5. Arten- und Strukturdiversität

Die Werte der Arten- und Strukturdiversitätsindices für die Jahre 2002 und 2020 zeigen deutliche Veränderungen. Auf der Fläche kam es zu einer starken Abnahme des mittleren Brusthöhendurchmessers von 48,29 cm auf 19,61 cm, die mittlere Standardabweichung nahm von 5,23 cm auf 18,91 cm deutlich zu, während der Variationskoeffizient von 10,84 % auf 98,73 % stark stieg. Die Schiefe stieg von 0,178 auf 1,45. Die zu Beginn leicht rechtsschiefe Verteilung entwickelte sich zu einer stark rechtsschiefen Verteilung. Die Ursache liegt in der starken Zunahme an Bäumen in den niedrigen Durchmesserklassen, die über die Kluppschwelle eingewachsen sind. Der Gini-Index ist von 12,2 % auf 73,11 % stark gestiegen. Das zeigt, dass die Durchmesservariation im Jahr 2002 sehr klein war und nun 18 Jahre später sehr hoch ist. Für den Bestand gilt, dass sich dieser von einer sehr geringen zu einer sehr hohen Durchmesserdiversität gewandelt hat. Der Shannon-Index in Bezug auf die Diversität der unterschiedlichen Baumarten auf der Fläche liegt bei 0. Der Bestand ist ein Buchenreinbestand, in dem es zu keinem Zeitpunkt im Beobachtungszeitraum Individuen anderer Baumarten gab.

## 3.7. Gesamtübersicht

Im Vergleich aller mittleren Radialzuwächse für die Periode 2002 – 2020 zeigt sich bei allen Versuchsflächen der Trend, dass generell mit steigendem BHD auch der mittlere Radialzuwachs ansteigt. Dieses ist in Lockenhaus 1 am geringsten ausgeprägt. Die stärkste Zunahme des mittleren periodischen Radialzuwachses kann bei der Versuchsfläche Hainbach 8 festgestellt werden, die auch den höchsten durchschnittlichen Radialzuwachs von 2,2 mm/J hat, dicht gefolgt von Lockenhaus 1 mit 2,1 mm/J. Diese Grafik verdeutlicht auch, dass der geringere durchschnittliche Radialzuwachs der Windischhütte 2 dadurch beeinflusst wird, dass es eine relativ große Anzahl an Bäumen gibt, die einen geringen Durchmesser und auch einen geringen mittleren periodischen Radialzuwachs haben. In den höheren Durchmesserklassen ist kein deutlicher Unterschied zu den Flächen Windischhütte 1 und Lockenhaus 2 zu erkennen.

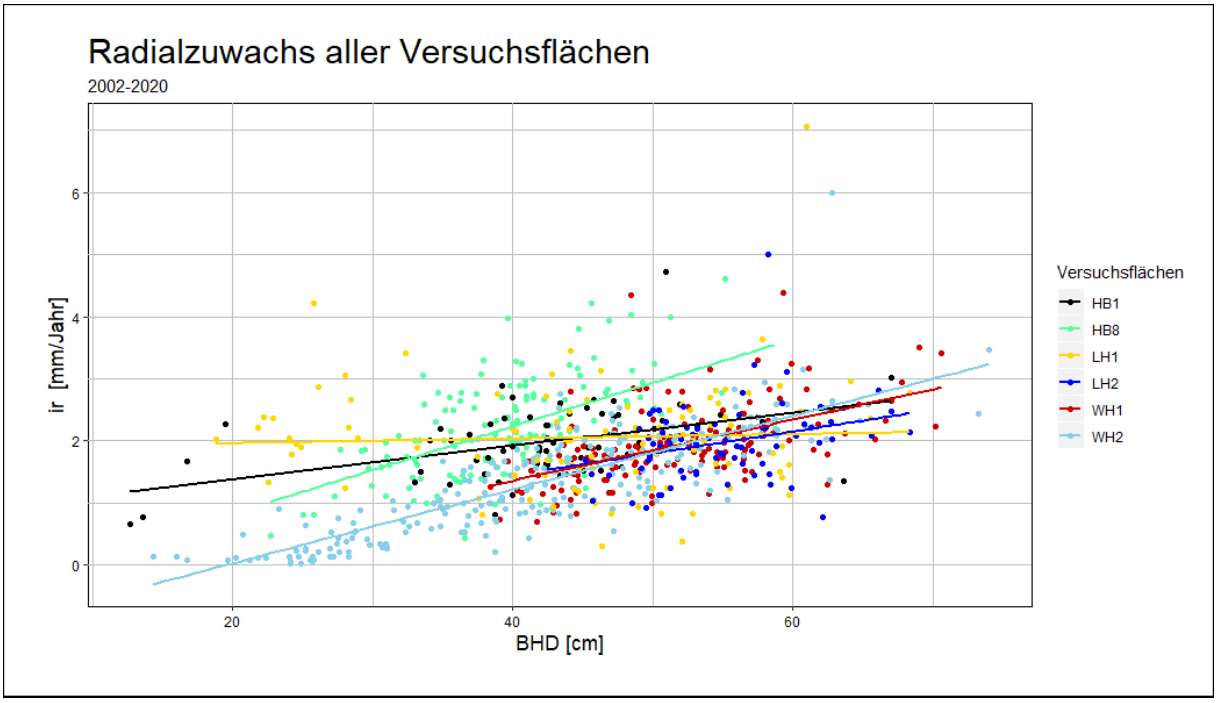


*Abbildung 74 Jährlicher Radialzuwachs mit linearer Regression in der Periode 2002 bis 2020 für alle Versuchsflächen (HB1 = Hainbach 1; HB8 = Hainbach 8; LH1 = Lockenhaus 1; LH2 = Lockenhaus 2; WH1 = Windischhütte 1; WH2 = Windischhütte 2)*

Es unterscheiden sich nicht nur die Standortbedingungen der sechs Versuchsflächen, auch ihre Behandlung war bis zu Beginn des Versuches durchaus unterschiedlich. Gerade deshalb bieten sie eine gute Grundlage, um Effekte aufzuzeigen, die sich durch die veränderte Behandlungsmethode hin zur Zielstärkennutzung ergeben haben. In Tab. 20 werden die

wichtigsten Ergebnisse der Aufnahmen aller Versuchsflächen für eine bessere Übersicht noch einmal zusammengestellt.

*Tabelle 20 Gesamtübersicht über die Ergebnisse der Aufnahmen aller Versuchsflächen im Jahr 2020*

| | **Win-disch-hütte 1** | **Win-disch-hütte 2** | **Hain-bach 1** | **Hain-bach 8** | **Locken-haus 1** | **Locken-haus 2** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Alter* | 130 | 92 | 123 | 113 | 103 | 133 |
| *dg [cm]* | 52,2 | 42,31 | 42,32 | 39,87 | 45,0 | 26,9 |
| *OH [m] Buche* | 37,5 | 37,2 | 31,9 | 25,6 | 31,4 | 33 |
| *$h_L$ [m]* | 37,1 | 36,1 | 30,2 | 25 | 31,3 | 31,4 |
| *PKA [m]* | 18,0 | 18,0 | 12,8 | 11,2 | 11,5 | 11,0 |
| *h/d-Wert* | 72 | 91 | 70 | 64 | 68 | 60 |
| *Stammzahl [N/ha]* | 209 | 274 | 200 | 214 | 109 | 341 |
| *Grundfläche [$m^2$]* | 33,0 | 38,5 | 28,1 | 26,7 | 17,3 | 19,4 |
| *Derbholzvorrat [fm/ha]* | 653 | 762 | 444 | 378 | 287 | 322 |
| *Schaftholzvorrat [fm/ha]* | 557 | 643 | 385 | 300 | 243 | 272 |
| *Ø Zuwachs PZ/J [fmd/ha]* | 11,4 | 19,0 | 12,9 | 10,8 | 7,1 | 4,2 |
| *Ø ir Ges.Best. [mm]* | 1,9 | 1,3 | 2,0 | 2,2 | 2,1 | 2,0 |
| *$S_{BHD}$* | 7,035 | 11,78 | 11,43 | 6,27 | 14,607 | 18,92 |
| *$C_{BHD}$ [%]* | 13,60 | 28,99 | 28,04 | 15,92 | 34,305 | 98,73 |
| *Schiefe* | 0,303 | 0,057 | -1,025 | 0,130 | -0,849 | 1,446 |
| *Gini-Koeff. [%]* | 15,14 | 30,40 | 24,33 | 17,35 | 30,33 | 72,12 |
| *Shannon N* | 0 | 0,247 | 0,073 | 0,554 | 0,092 | 0 |

# 4. Diskussion

## Zuwachskennwerte

Die Versuchsflächen zeigen einen recht unterschiedlichen laufenden jährlichen periodischen Zuwachs. Über die gesamte Periode liegen die Zuwächse in Lockenhaus 2 bei 4,2 VfmD/Jahr/ha und auf der Fläche an der Windischhütte 2 bei bis zu 16,0 VfmD/Jahr/ha. Diese deutlichen Unterschiede lassen sich durchaus durch die Unterschiede in den Beständen erklären. In Lockenhaus sind bei weit fortgeschrittener Verjüngung nur noch die Z-Bäume vorhanden. Die Verjüngung liegt zum großen Teil knapp unter der Kluppschwelle und ist somit in der letzten Periode noch nicht mit in die Berechnung eingeflossen. Auf der Windischhütte 2 sorgt dagegen die sehr hohe Stammzahl, verbunden mit der Grundflächenhaltung mit hohen Radialzuwächsen am Einzelbaum, für die hohen jährlichen Zuwächse. Die laufenden jährlichen periodischen Zuwächse sinken von der ersten bis zur letzten Periode auf den Flächen Windischhütte 2, Hainbach 1 und Hainbach 8 kontinuierlich. Auf der Fläche Windischhütte 1 hingegen bleibt der laufende periodische Zuwachs von der ersten auf die zweite Periode gleich.

Der jährliche laufende Zuwachs auf – gut nährstoff- und wasserversorgten - Versuchsflächen in Bayern zeigte, dass Buchen trotz eines hohen Alters von 140 – 160 Jahren noch 11 VfmD/Jahr/ha erreichen können, was ein sehr hohes Niveau darstellt. Die Untersuchungen in Bayern zeigen jedoch auch, dass die Werte von Aufnahmeperiode zu Aufnahmeperiode deutlichen Schwankungen unterliegen und die angegebenen Werte ein langfristiger Mittelwert zu sein scheinen (UTSCHIG, 1999). Auf Versuchsflächen in Baden-Württemberg zur Lichtwuchsdurchforstung nach ALTHERR zeigte sich bei Flächen einer 8.-10. Ertragsklasse ein jährlicher Volumenszuwachs von 10,8-19,0 VfmD/Jahr (HEIN et al., 2006). Diese Ergebnisse sind mit den Werten der Versuchsflächen dieser Arbeit vergleichbar und zeigen damit, dass es sich um durchaus zu erwartende Zuwächse handelt.

Das Absinken des laufenden jährlichen periodischen Zuwachses für die Flächen Windischhütte 2 sowie Hainbach 1 und 8 könnte dadurch begründet sein, dass es durch die starken Durchforstungen zu einer Stammzahlreduktion auf der Fläche kam und die gesteigerten Einzelbaumzuwächse diesen hektarbezogenen Zuwachsverlust nicht ausgleichen können. Diese Vermutung teilte auch FRANZ et al. (1993). Die Analyse des Durchforstungsversuches Fabrikschleichach 15 konnte dies jedoch nicht bestätigen. Die Lichtwuchsflächen erreichten vielmehr annähernd den gleichen Zuwachs wie die anderen Durchforstungsflächen. Dieser Versuch begann jedoch - im Vergleich zu den vier Versuchsflächen dieser Arbeit – mit den Durchforstungen in einem noch relativ jungen Alter

des Bestandes, der mittlerweile 160-170 Jahre alt ist. Von den vier Versuchsflächen zeigt allein die Fläche Windischhütte 1 einen gleichbleibenden Zuwachs zwischen den Perioden, wie auch im Versuch von FRANZ et al. (1993). Es gibt verschiedene Möglichkeiten, warum es auf den anderen Flächen im Gegensatz zu FRANZ et al. (1993) zu einem Absinken der Zuwächse kam. Es ist für alle vier Flächen nicht bekannt, ob es zu einer Zuwachssteigerung durch die Durchforstung in der ersten Periode gekommen ist, da die Höhe des laufenden periodischen Zuwachses vor 2002 nicht aufgenommen wurde. Die Fläche Windischhütte 2 ist im Gegensatz zu den Flächen Windischhütte 1 sowie Hainbach 1 und 8 in der ersten Periode nicht stark durchforstet worden, hatte in dieser Periode aber ebenso einen hohen Zuwachs wie die Flächen Hainbach 1 und 8. Dies könnte auf bessere Witterungsbedingungen in der ersten Periode zurückzuführen sein, die für bessere Zuwächse gesorgt haben könnte. Eine dritte Möglichkeit ist, dass das unterschiedliche Alter der Bestände zum Zeitpunkt der ersten starken Durchforstung insofern eine Rolle spielt, als die jüngeren Bestände den Zuwachsverlust durch Stammzahlreduktion und häufige Durchforstungsintervalle etwas besser abfangen können als die älteren. Dies lässt sich zurzeit nicht abschließend klären, somit ist eine weitere Beobachtung hier sicher interessant.

## Radialzuwächse

Die Versuchsflächen zeigen über die gesamte Aufnahmeperiode einen mittleren Radialzuwachs von 1,3-2,2 mm/Jahr. Dabei ist festzustellen, dass der Bestand mit der niedrigsten Ertragsklasse in der Periode (Hainbach 8) aber den höchsten mittleren Radialzuwachs auf der Fläche leistete und umgekehrt die Bestände mit der höchsten Ertragsklasse im Mittel für den Gesamtbestand den geringsten Radialzuwachs leisteten. Auch bei der Betrachtung der vorherrschenden Bäume jeder Versuchsfläche (die 20 stärksten Bäume der Versuchsfläche nach (UTSCHIG und KÜSTER, 2003)) zeigt sich, dass wiederum der Bestand mit der niedrigsten Ertragsklasse den höchsten mittleren Radialzuwachs mit 2,9 mm/Jahr bei den vorherrschenden Bäumen erreicht. Auf diesen Versuchsflächen ist somit kein Zusammenhang zwischen mittlerem Zuwachs und Ertragsklasse zu erkennen. Insgesamt liegt der Radialzuwachs für die vorherrschenden Bäume auf den Versuchsflächen zwischen 2,2-2,9 mm/Jahr. In den zwei Beständen Lockenhaus 2 und Hainbach 1 weicht das Mittel der vorherrschenden Bäume nur geringfügig vom Mittel der Gesamtfläche ab: In Hainbach 1 um 0,3 mm und in Lockenhaus 2 um 0,2 mm. Bei der Betrachtung der mittleren Radialzuwächse für die einzelnen Durchmesserklassen zeigt sich, dass generell mit zunehmendem BHD auch die Radialzuwächse steigen, siehe auch Abb. 74. Einzig auf der Fläche Lockenhaus 1 trifft dieses nicht ganz zu. Dort hat auch die niedrigste Durchmesserklasse einen deutlich höheren

Radialzuwachs als die mittleren Durchmesserklassen. Der gewünschte Effekt, die Zuwächse auf die stärkeren und somit qualitativ besseren Individuen zu konzentrieren, scheint damit gelungen zu sein. Insgesamt zeigt sich der Effekt der Radialzuwächse auch in den Veränderungen im Grundflächenmittelstamm. Im Mittel der Versuchsflächen konnte der Grundflächenmittelstamm durch die Behandlungsform um 7,5 cm gesteigert werden. Dies entspricht, je nach Versuchsfläche, einer prozentualen Steigerung von 15,0-29,7 %.

Die Auswertungen im Durchforstungsversuch Elmstein 20 von UTSCHIG und KÜSTER (2003) zeigen für die vorwüchsigen Bäume (die 20 stärksten Bäume der Versuchsfläche) einen mittleren Radialzuwachs von 1,5-2 mm mit einem Zuwachs von maximal 4 mm. Dabei sind die Standorte und auch die Ertragsklasse in etwa vergleichbar (sie liegt zwischen der I. und II. Bonität nach SCHOBER). Das für den Vergleich relevante Durchforstungsregime auf der Fläche war eine starke Niederdurchforstung, welche jedoch eine ähnliche Eingriffsstärke aufwies wie auf den hiesigen Versuchsflächen. Bei einem Vergleich mit jenen ist deren mittlerer Radialzuwachs um 0,7-0,9 mm höher und damit deutlich besser. In der Studie wurde auf mögliche Zuwachssteigerungen im Zusammenhang mit Lichtungseffekten hingewiesen, was die Daten durchaus unterstützen würden.

In der Studie von UTSCHIG (1999) wurde eine Vielzahl an Versuchsflächen in Bayern ausgewertet, die aber alle gut nährstoff- und wasserversorgt sind und die besten Buchenstandorte Bayerns darstellen. Hier wurden die 10 stärksten Stämme pro Versuchsparzelle ausgewertet und es zeigten sich jährliche Radialzuwächse von 1-5 mm/Jahr. Dort wurde festgestellt, dass die Radialzuwächse mit zunehmendem BHD sinken, und zwar von einem mittleren Radialzuwachs von 3 mm/Jahr bei einem BHD von 30 cm auf einen mittleren Radialzuwachs von 2,5 mm/ Jahr bei einem BHD von 60 cm. Im Vergleich zu den Versuchsflächen dieser Arbeit, in der allerdings die stärksten 20 Bäume pro Versuchsfläche betrachtet wurden, lagen die Zuwächse hier zwischen 1,1 – 7,1 mm/Jahr. Sie haben damit eine stärkere Streuung. Dass der Radialzuwachs mit steigendem BHD sinkt, kann hier nicht beobachtet werden, sondern der Zuwachs ist im Gegenteil auf allen Versuchsflächen in der Durchmesserklasse von 60,0-70,0 cm deutlich höher als in den niedrigen Durchmesserklassen und liegt im Mittel über alle Versuchsflächen hinweg bei 2,8 mm/Jahr (die Bandbreite reicht von 2,2–3,5 mm/Jahr). In der Durchmesserklasse von 30,0-40,0 cm liegt der Radialzuwachs im Mittel bei 1,5 mm (0,09-2,0 mm).

Auch bei Durchforstungsversuchen in Norddeutschland sind in Beständen mit einem BHD von 60-70 cm noch Radialzuwächse von 4 mm erreicht worden, mit einzelnen Individuen, die auch dieses noch übertreffen konnten (NAGEL und SPELLMANN, 2008). Diese Bestände zeigten also Zuwächse, die auch von den Buchen auf den Versuchsflächen dieser Arbeit erreicht

werden konnten. Verglichen mit den beobachteten Durchmesserzuwächsen über den BHD von NAGEL und SPELLMANN (2008), könnte sogar die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die Versuchsflächen dieser Arbeit in den hohen Durchmesserklassen besser abschneiden, aber über alle Durchmesserklassen hinweg eine ähnliche Tendenz zeigen. Der höchste Radialzuwachs einer starken Buche auf den Versuchsflächen dieser Arbeit lag bei 7,1 mm. Auf den norddeutschen Versuchsflächen wurde auch festgestellt, dass die Bäume der niedrigen Durchmesserklassen in Altbeständen einen geringen Radialzuwachs haben, dagegen aber jüngere Versuchsflächen in diesem Bereich hohe Zuwächse zeigen (NAGEL und SPELLMANN, 2008). Diese Entwicklung kann auch auf der Fläche Lockenhaus 1 durchaus beobachtet werden. Die Verjüngung ist auf dieser Fläche weit fortgeschritten und zeigt gegenüber den mittleren Durchmesserklassen höhere Zuwächse. Interessant wird sein, wie sich dieses in der Zukunft mit der großen Anzahl an Individuen, die in der letzten Aufnahme über die Kluppschwelle eingewachsen sind, weiterentwickelt.

Bei der Untersuchung von KLÄDTKE (2002) wurden in Baden-Württemberg und Reinland-Pfalz absolut vorherrschende Buchen einzeln ausgewählt. Wie der Radialzuwachs zeigt, erreichten diese sehr gute Zuwächse, die besten davon 6-7 mm/Jahr. Weitere Untersuchungen zeigten, dass diese auch von Bäumen erreicht wurden, die zunächst über längere Perioden sehr niedrige Durchmesserzuwächse hatten. In der Studie wird vermutet, dass die Bäume nach ihrer Freistellung durchaus sensibel auf Schirmdruck reagieren können, dann aber starken Zuwachs haben. Es zeigt sich aber auch, dass trotz genauer Auswahlkriterien am Ende die Variabilität in den Radialzuwächsen sehr groß war und der größte Teil im Bereich von 1-7 mm lag. Ein Mittelwert für eine einfachere Vergleichbarkeit liegt nicht vor. Es wurden auch die 20 stärksten Bäume von Lichtwuchsdurchforstungsflächen mit den Radialzuwächsen von den absolut vorherrschenden Buchen verglichen. Diese lagen auch innerhalb des Streuungsbereichs der analysierten Buchen (KLÄDTKE, 2002). Werden diese mit den Ergebnissen der Radialzuwächse der Versuchsflächen verglichen, zeigt sich, dass diese in einem ähnlichen Zuwachsbereich liegen.

Diese letzte Studie zeigt das oberste Ende der bisher dokumentierten Radialzuwachsmöglichkeiten der Buche. Die erste Studie von UTSCHIG und KÜSTER (2003) dokumentiert eher das untere Ende der Radialzuwachsmöglichkeiten. Damit lässt sich die Reaktion der Versuchsflächen dieser Arbeit als oberes Mittelfeld einordnen. Es gibt einzelne Individuen, die sehr gute Zuwächse zeigten. Der größere Rest hat jedoch etwas niedrigere Zuwächse als die vorherrschenden Bäume. Die Zuwächse liegen aber generell in der Spannbreite der Werte, die auch andernorts gefunden wurden. KLÄDTKE (2002) hat in seiner weiteren Analyse noch festgestellt, dass der Zuwachs der 20 stärksten Bäume eher durch die Bonität beeinflusst wird, die stärksten 80-100 Bäume (Z-Bäume) dagegen eher dadurch

beeinflusst werden, wann mit den Durchforstungen begonnen wird. Dass die Bonität auf die Mittendurchmesser keinen sichtbaren Einfluss zu haben scheint, wurde eingangs bereits angemerkt.

Die Grundidee, auf den Versuchsflächen dieser Arbeit durch Zielstärkennutzung im Verjüngungszeitraum eine Durchmessersteigerung zu erzielen, ist schon einmal modellhaft von UTSCHIG (2000) durchdacht worden. Dazu wurde unterstellt, dass in der Verjüngungsphase noch 3 mm/Jahr erreicht werden können (Ausgangslage: 40 cm BHD im Alter 100 mit dem Erreichen eines Zieldurchmesser von 65 cm im Alter 140). Es ist nicht abwegig, dass einzelne Individuen diesen Wert erreichen. Es sind sogar höhere Durchmesser – wie bereits diskutiert – möglich. Auf den Versuchsflächen dieser Arbeit zeigte sich jedoch auch, dass dieser Wert nur mit einigen wenigen Individuen erreicht wurde, nicht aber mit der Anzahl von Z-Bäumen, mit der in der Studie kalkuliert wird. Denn nach dieser Kalkulation müsste der Zuwachs von 3 mm/Jahr bei mindestens 68 Z-Bäumen mit einem Zieldurchmesser von 65 cm pro Hektar eintreten, um eine ausreichende Wertleistung der Fläche zu erreichen.

## Vergleich mit der von GUTTECK (2003) simulierten Bestandesentwicklung (PROGNAUS)

Es ist festzuhalten, dass von den mittels des Wachstumssimulator PROGNAUS von GUTTECK (2003) unterstellten Behandlungsvarianten die Variante Auslesedurchforstung (ADF) auf den meisten Flächen gut mit den Bestandesentwicklungen übereinstimmt. Trotz der oft deutlich stärkeren Eingriffe im Vergleich zu den unterstellten Modellsimulationen ist die Prognose sehr befriedigend. Der Bestand von Lockenhaus 2 kommt der Prognose einer Zielstärkennutzung sehr nahe. Es zeigt sich, dass mittels PROGNAUS die Entwicklung des Bestandes in Bezug auf Vorrat und Grundfläche gut modellierbar ist.
Volumen und Grundflächenentwicklung passen gut. Abweichungen ergeben sich bei den Grundflächenmittelstämmen und Oberhöhen. Dabei liegt die geringste Abweichung beim dg bei 2,9 % für die Fläche an der Windischhütte 2. Sie ist aber auch die einzige Fläche, auf der die Oberhöhe um 2,5 m (7,2 %) unterschätzt wurde. Dieses dürfte sich darauf zurückführen lassen, dass dieser Bestand eine sehr hohe Stammzahl hat und dadurch eine deutlich höhere Konkurrenz, die eher zu einem vertikalen Wachstum als zu einer Verbreiterung der Krone führt. Dies drückt sich auch darin aus, dass der Bestand mit 91 den höchsten h/d-Wert aller Versuchsflächen hat. Die Struktur des Bestandes der Versuchsfläche Windischhütte 2 ist somit deutlich anders als auf den anderen Versuchsflächen. Die anderen Flächen haben deutlich geringere Stammzahlen und sind auch häufiger und stärker durchforstet worden. Die Versuchsflächen, die dem Modell der ADF folgten (WH1, HB1, HB8, LH1), haben eine

Abweichung des Grundflächenmittelstammes von 10,1-23,6 %, da das Modell den tatsächlichen Wert unterschätzt. Gleichzeitig wird in diesen Modellen die Oberhöhe um 0,4 m bis 1,5 m (1,1-5,9 %) überschätzt. Es scheint so, dass die Bäume mit ihrem Kronenwachstum zu Lasten der Oberhöhe deutlich in die Breite gegangen sind. Diese Ausdehnung der Krone in die Breite hatte aber sehr gute Zuwächse im Bereich der Durchmesserzunahme zur Folge. Diese Entwicklung konnte bereits im Bereich der Radialzuwächse festgestellt werden. Dabei ist festzuhalten, dass dabei die Bestände, die schon einen höheren Ausgangswert in Bezug auf den Grundflächenmittelstamm und die Oberhöhe hatten, geringer unterschätzt wurden als Flächen, auf denen diese Werte noch niedriger waren. Auf der Versuchsfläche Lockenhaus 2 liegt die Abweichung des Grundflächenmittelstamm zwischen dem Modell der Zielstärkennutzung und der Versuchsfläche bei 15 cm bzw. 35,8 %. Dieses ist darauf zurückzuführen, dass sich die Fläche in der Realität deutlich besser und stärker verjüngt hat, als das Modell berechnet hat und somit nur unbefriedigend darstellen kann.

## Arten- und Strukturdiversität

In den meisten Beständen zeigen die Biodiversitätskennzahlen relativ niedrige Diversitätswerte. Einzig die Fläche in Lockenhaus 2 hat mit einem Gini-Index von 12,1 im Aufnahmejahr 2002 und von 72,1 im Aufnahmejahr 2019 einen sehr deutlichen Anstieg erfahren. Auf den anderen Flächen sind die Werte des Gini-Index und auch der Varianz vom Aufnahmejahr 2002 bis zum Aufnahmejahr 2020 gesunken. Hier haben die Durchforstungen offensichtlich für eine leichte Abnahme der Durchmesserdifferenzierung gesorgt. Die Gini-Indices der verschiedenen Flächen sind auch insgesamt niedrig. Je näher der Koeffizient bei 0 liegt, desto ähnlicher sind die Brusthöhendurchmesser (STERBA und ZINGG, 2006). Auf der Fläche Lockenhaus 2 sorgt die Verjüngung mit hohen Stammzahlen in den kleineren Durchmesserklassen für den Anstieg der Strukturdiversität. Auf den anderen Flächen ist eine ähnliche Entwicklung wie bei der Fläche Lockenhaus 2 zu erwarten. In der Studie von NAGEL und SPELLMANN (2008) konnte festgestellt werden, dass mit steigendem Alter die Diversität zunimmt. Hier wird von dem Grundsatz ausgegangen, dass es durch die starke Durchforstung zu einer stärkeren Durchmesserdifferenzierung der herrschenden Bäume vom Unterstand kommt. Dabei ist entscheidend, dass die Durchforstungen so stark sind, dass die unterständigen Bäume überleben und nicht absterben. Dieses kann auf den Versuchsflächen nicht beobachtet werden. Die Durchforstungen, obwohl sehr stark, haben eher den Effekt, dass der Gini-Koeffizient sinkt, soweit sich die Fläche noch nicht verjüngt hat. In Zukunft ist auf den weiteren Flächen mit einer steigenden Strukturdiversität zu rechnen. Die Werte auf der Fläche Lockenhaus 2 liegen in Bereichen, die für Plenterwälder festgestellt werden

konnten, die bei einem Zieldurchmesser von 60 cm einen Gini-Koeffizienten zwischen 60-70 aufweisen können (KLÄDTKE, 2018) oder nach STERBA und ZIGG (2006) auch einen Maximalwert von bis zu 75 erreichen können. Dies ist nicht damit gleichzusetzen, dass dort eine einem Plenterwald ähnliche Struktur besteht, sondern auch Flächen, die stark verjüngt sind, können einen solchen Wert erreichen. Denn dieser spricht nur für eine starke Differenzierung innerhalb des Bestandes (STERBA und ZIGG, 2006). Die Entwicklung, nachdem alle Altbäume geerntet wurden, hängt dann davon ab, wie stark durchforstet wird, und ob es zu einer solchen Weiterentwicklung der Bestände kommt wie NAGEL und SPELLMANN (2008) beschrieben haben. Bis zu diesem Zeitpunkt ähneln die Werte der meisten Bestände noch den Vergleichswerten von gleichaltrigen Beständen, die im Rahmen der Arbeit von STERBA und ZIGG (2006) erhoben wurden.

Die Baumartendiversität auf diesen Flächen ist sehr gering. Es gibt zwar wenige Bestände mit mehreren Baumarten, jedoch nur in geringer Stammzahl. Generell ist in einem Buchenbestand zu erwarten, dass kein großer Anteil an Mischbaumarten zu finden ist, da dies der natürliche Zustand von Buchenwäldern ist. Das Einbringen von Mischbaumarten wäre hier auch als unnatürlich zu bewerten (MEYER und SCHMIDT, 2008).

## Qualität der Dickung

Im Vergleich der Versuchsflächen zeigt sich, dass die Qualität zwischen den Flächen sehr stark variiert. Es zeigt sich aber auch, dass es in den Beständen, die einen Vergleich zwischen 2008 und 2020 ermöglichen (Windischhütte 1 sowie Hainbach 1 und 8), zu einer mittleren breiten Verteilung der Qualitätsklassen kam und die Anteile der nicht gewünschten Wuchsformen stiegen. Dieser Effekt fällt bei der Stammachse deutlicher aus als beim Verzweigungstyp. Auffällig ist aber, dass bei allen aufgenommenen Flächen - ausgenommen die Fläche von Lockenhaus 2 - rund 50 – 75 % bessere bis mittlere Stamm- und Verzeigungsklassen aufweisen und ein Anteil von 25 – 50 % mit einer plagiotropen Wuchsform bewertet wurden. Dieses deutet auf eine gemeinhin auf zu geringe Lichtverfügbarkeit für die Verjüngung hin. Insgesamt ist aber der Anteil der gewünschten Wuchsform groß genug, um hinkünftig aus ausreichend Z-Baumanwärter auswählen zu können.

# 5. Waldbauliche Schlussfolgerungen

## Qualitätsmerkmale

In dieser Arbeit wurde bisher der Fokus vor allem auf die Durchmesserentwicklung und damit der Blick auf den Qualitätsfaktor Dimension, und wie sich dieser am besten verbessern lässt, gerichtet. Die Dimension ist aber nur ein Faktor, der in die Gesamtqualität einfließt. Ein Einfluss auf andere Qualitätsfaktoren ist nur mittels negativer Auslese möglich. Deshalb müssen zumindest im Umfang der Z-Baumzahl genügend Stämme mit einer guten Qualität in Bezug auf allgemeine Beschaffenheit, Astigkeit, Astnarben (überwallte Äste) und Krümmung zur Verfügung stehen. Denn die starken Eingriffe senken den Vorrat in den Perioden nach den Eingriffen deutlich und auch den laufenden Zuwachs des Bestandes. Die auf den Versuchsflächen dieser Arbeit angestrebte Z-Baumzahl von 100 Stämmen pro Hektar ist im Hinblick auf neuere Erkenntnisse als zu hoch zu bewerten. Die Empfehlungen für eine geeignete Z-Baumzahl liegen bei 80 am oberen Ende mit einem Zieldurchmesser von 60 cm (KLÄDTKE, 2002) und bei 68 für einen Zieldurchmesser von 65 cm (UTSCHIG, 2000). KLÄDTKE (2002) weist in diesem Zuge auch darauf hin, dass eine zu geringe Z-Baumzahl, ob durch Schäden oder durch eine verspätete Auswahl hervorgerufen, immer auch dahingehend kritisch zu betrachten ist, wie sich die flächenbezogene Wertleistung entwickelt. Zusätzlich kommt noch der Faktor hinzu, dass die Gesamtumtriebszeit nicht aus dem Blick geraten darf. Hierbei spielt das mit dem Alter steigende Risiko des sortierrelevanten Rotkerns eine Rolle, der sonst zu einer Entwertung der Stammstücke und damit zu einer deutlich geringeren Bestandeswertleistung führt. Die Altersgrenze, in der das Rotkernrisiko steigt, und die somit als maximale Umtriebszeit betrachtet werden kann, wird von KLÄDTKE (2002) auf 120 Jahre gelegt, während UTSCHIG (1997) als Maximum 140 Jahre angibt. Dieses Maximum bildete auch die Grundlage für das Gedankenmodell, welches im Zuge der Radialzuwächse bereits diskutiert wurde.

Die auf den Versuchsflächen dieser Arbeit bestehende Problematik liegt jedoch mit Sicherheit in der fehlenden Qualitätsstruktur, primär auch beeinflusst durch die Durchmesserstruktur des Ausgangsbestandes. Die Arbeit von GUTTECK (2003) befasste sich ausführlich mit der Qualitätseinschätzung und den daraus abzuleitenden weiteren Behandlungsmethoden. Dabei wurde festgestellt, dass allein auf den Versuchsflächen in Lockenhaus ein höherer Anteil an A- und B-Qualität zu finden ist. Der Einschätzung nach sollte auf den Flächen in Hainbach die Strategie der Gesamtvorratsmaximierung die beste Wertleistung liefern, da Dimension und Qualität für eine bessere Entwicklung unter anderen Behandlungsmethoden als zu gering

eingeschätzt wurden. Für die Versuchsfläche Windischhütte 1 wurde eine gute Prognose dahingehend abgegeben, durch Einzelbaumförderung eine weitere Steigerung der Qualität zu erreichen. Dasselbe galt für den Bestand Windischhütte 2, für den aufgrund des Alters eine Auslesedurchforstung empfohlen wurde. Das Qualitätsmerkmal, das in allen Versuchsbeständen am häufigsten für eine Absortierung in eine schlechtere Güteklasse sorgt, ist die große Anzahl an überwallten Ästen. Generell stützen sich die Empfehlungen in der Arbeit darauf, dass durch die Zuwachskonzentration an den Einzelbäumen der Anteil des astfreien Holzes und somit die Qualität gesteigert werden kann. Diese Qualitätssteigerung soll zusammen mit einer stärkeren Dimension und besseren Holzpreisen für höhere Durchmesserklassen zu der gewünschten Wertleistungssteigerung der Bestände führen. Die Bewertung der verschiedenen Behandlungen erfolgte auch unter dem Gesichtspunkt der bis zu diesem Zeitpunkt verfolgten Behandlungsalternative, nach der es im Jahr 2010 zu einer Verjüngungseinleitung mittels Schirmschlag kommen sollte. Die abschließende Empfehlung für die Bestände mit einer besseren Qualitätsausstattung (LH 1, LH 2, WH 1 und WH 2 aufgrund des Alters) war die Zielstärkennutzung und für die Bestände mit nicht ausreichender Qualität die Grundflächenhaltung nach Ertragstafel Buche Braunschweig. So sollte die bestmögliche Wertleistung für alle Bestände erreicht werden. Die Auslesedurchforstung wurde nicht empfohlen, da trotz der höchsten Einzelbaumvolumina der Zuwachsverlust als zu groß eingeschätzt wurde (GUTTECK, 2003).

## Bestandesbehandlung

Abschließend kann festgestellt werden, dass es in den letzten 18 Jahren zu einer positiven Entwicklung der Bestände kam. In Bezug auf die Fragestellungen, die zu Beginn der Arbeit aufgeworfen wurden, lassen sich zusammenfassend folgende Ergebnisse und Schlussfolgerungen festhalten: Die Radialzuwächse auf den Versuchsflächen zeigen eine gute Entwicklung. Die gewünschte Zuwachssteigerung in den höheren Durchmesserklassen und die deutliche Steigerung des Grundflächenmittelstamms zeigen, dass der Zuwachs am Einzelbaum gesteigert werden konnte. Die hektarbezogenen Zuwächse sanken dabei leicht. Im Vergleich mit der Modellierung mit PROGNAUS konnte festgestellt werden, dass immer eine der Behandlungsvarianten in der Lage war, am Ende sowohl die Volumens- als auch die Grundflächenentwicklung gut darzustellen. Dabei wurden jedoch vom Modell der Grundflächenmittelstamm meist deutlich unterschätzt und gleichzeitig die Oberhöhe überschätzt. Die inzwischen auf 5 von 6 Flächen (ausgenommen WH 2) vorhandene Verjüngung im Dickungsstadium zeigt zum Aufnahmezeitpunkt eine ausreichende Stammzahl und eine ausreichende Qualität. Die Strukturdiversität zeigt Werte, die in Beständen dieser Art

durchaus zu erwarten sind. Deren Entwicklung in der Zukunft wird deutlich spannender sein. Die Qualitätssteigerung ist in Bezug auf das Qualitätsmerkmal Dimension zu bestätigen. Die prozentuale Steigerung der Grundflächenmittelstämme war sehr hoch und hat die Erwartungen, die bei der Anlage der Versuchsflächen angenommen wurden, sicherlich übertroffen. Trotzdem kann die damalige Einschätzung nicht ganz geteilt werden, dass durch die Dimension die Qualität am Baum gerade in Bezug auf die vorhandenen überwallten Äste deutlich verbessert werden kann. Es ist aber auch festzuhalten, dass die Behandlung der Bestände teils deutlich von den genannten Empfehlungen GUTTECKs aus dem Jahr 2003 abgewichen ist. Die Einschätzung, ob bei einigen Beständen eine Gesamtvorratsmaximierung nicht günstiger für den Bestandeswert gewesen wäre, ist durchaus haltbar. Auch wenn die Bestände eine gute Reaktion auf die durchgeführten Maßnahmen zeigen, ist jedoch fraglich, ob die angestrebten Zieldurchmesser innerhalb des als maximal verträglichen Zeitraums von 140 Jahren, der sich aus der exponentiellen Steigerung des Risikos der Entwertung durch Rotkern ergibt, erreicht werden können. Die Überlegungen von UTSCHIG (2000) zeigen jedoch auch, wie Rahmenbedingungen für die Z-Baumzahl und die Anforderungen an die notwendigen Radialzuwächse aussehen könnten, um eine gute Wertleistung zu erreichen und um gegenüber der Variante der Gesamtvorratsmaximierung bestehen zu können. Doch die Ergebnisse dieser, genauso wie anderer Versuchsflächen tragen zur Verbesserung der Kenntnisse zur Fragestellung, ob ausreichend hohe Radialzuwachse in notwendiger Anzahl realistischerweise erreicht werden können, bei. Weiters sollte eine ausreichende Anzahl an qualitativ guten Bäumen der A- und B-Qualität vorhanden sein. Diese Untersuchung zeigt zusammen mit bestehender Literatur, dass eine deutliche Steigerung der Dimension auch in relativ alten Beständen möglich ist und die Modellprognosen übersteigen kann. Es sind jedoch auf allen Untersuchungsflächen nicht genügend Einzelbäume mit einem so hohen Zuwachs vorhanden, die den Zieldurchmesser innerhalb des Zeitraums erreichen können, in dem das Risiko für Rotkern als gering einzuschätzen ist. Eine Möglichkeit ist die Anpassung der Z-Baumzahl. Dieses ist jedoch in Bezug auf die Wertleistung auch kritisch. Diese Entscheidung ist bestandesindividuell zu treffen. Für die Versuchsflächen dieser Arbeit kann also trotz der guten Wuchsleistungen die Einschätzung von GUTTECK (2003) nachvollzogen und bestätigt werden.

Die Weiterentwicklung dieser Bestände in der Zukunft ist sicher spannend zu verfolgen, gerade weil die Behandlungen von der Empfehlung abgewichen sind. Ein Vergleich der Qualität bei Entnahme gegenüber der Erhebung von GUTTECK (2003) könnte darüber Aufschluss geben, ob es auch im Übrigen eine Qualitätssteigerung gab. Auch die Entwicklung der Verjüngung sollte in der Gesamtbetrachtung nicht unberücksichtigt bleiben. Weitere Entnahmen sollten mit großer Vorsicht geschehen, um Schäden an der bestehenden

Verjüngung zu verhindern. Da es in einigen Beständen einen Anstieg des Anteils der plagiotropen Wuchsform in der Verjüngung gab, ist in diesen Beständen eine weitere Durchforstung notwendig. Die Wertleistungsüberlegungen, die die Qualität des jetzigen Bestandes betreffen, sollten allerdings nicht einseitig zu Lasten des zukünftigen Bestandes getroffen werden. Denn auch wenn eine Wertleistungssteigerung im Alter möglich ist, sollte eine frühe, kontinuierliche Bestandespflege eindeutig bevorzugt werden.

# 6. Literaturverzeichnis


BUNDESFORSCHUNGSZENTRUM FÜR WALD (BFW) (2021): Forstliche Wuchsgebiete Österreichs. https://bfw.ac.at/rz/pollen.main (10.02.2021)

BUNDESFORSCHUNGSZENTRUM FÜR WALD (BFW) (2019): Zwischenauswertung der ÖWI 2016/18 – Bund. https://bfw.ac.at/cms_stamm/500/images/OEWI/Bundesergebnisse_OEWI_16_18.pdf (10.02.2021).

FRANZ, F.; BACHLER, J.; DECKELMANN, B.; KENNEL, E.; KENNEL, R.; SCHMIDT, A.; WOTSCHIKOWSKY, U. 1973: Bayerische Waldinventur 1970/79, Inventurabschnitt I: Großrauminventur Aufnahme- und Auswertungsverfahren. München: Forstliche Forschungsberichte, 173 p.

FRANZ, F.; RÖHLE, H.; MEYER, F.; MEYER, F. 1993: Wachstumsgang und Ertragsleistung der Buche, 120jährige Beobachtung des Durchforstungsversuches Fabrikschleichach 15. AFZ, 6: 262-267.

FÜRST ESTERHÁZY'SCHE PRIVATSTIFTUNG LOCKENHAUS 2020: Forstwirtschaft auf 5.500 ha Waldfläche. https://www.esterhazy-lockenhaus.eu/forstwirtschaft/ (10.02.2021).

GUTTECK, S. 2003: Vergleichende Darstellung von Behandlungskonzepten und deren Auswirkungen auf die Wertleistung für Buchenaltholzbestände im Wienerwald. Dipl.-Arb., Univ. f. Bodenkultur Wien.

HEIN, S.; LENK, E.; KLÄDTKE, J.; KOHNLE, U. 2006: Z-Baum orientierte Auslesedurchforstung in Buche [Fagus sylvatica L.], Auswirkungen auf Qualität, Sortenstruktur und Wertleistung. Allg. Forst- u. J.-Ztg., 178. Jg., 1: 8-20.

KILIAN, W.; MÜLLER, F.; STARLINGER, F. 1994: Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs. Eine Naturraumgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten. Wien: Forstliche Bundesversuchsanstalt.

KLÄDTKE, J. 2001: Konzepte zur Buchen-Lichtwuchsdurchforstung. AFZ-Der Wald, 20, S. 1047 ff.

KLÄDTKE, J. 2002: Waldwachstum großkroniger Buchen und waldbauliche Konsequenzen. Forstarchiv 73/6, S. 211-217.

KLÄDTKE, J. 2018: Ertragskundliche Aspekte und Strukturdynamik der Buchen-Lichtwuchsdurchforstung. Schweiz Z Forstwes. 169/6: S. 332-339.

KRAMER, H.; AKCA, A. 2008: Leitfaden zur Waldmesslehre. 5 Aufl. Bad Orb: J.D. Sauerländer´s Verlag.

LEDERMANN, T. 2007: Programmdokumentation Waldwachstumssimulator PROGNAUS für Windows Version Px 1.1. Institut für Waldwachstumsforschung Universität für Bodenkultur Wien

MEYER, P.; SCHMIDT, M. (2008): Aspekte der Biodiversität von Buchenwäldern: Konsequenzen für eine naturnahe Bewirtschaftung. In: NORDWESTDEUTSCHE FORSTLICHE VERSUCHSANSTALT (Hrsg.): Ergebnisse angewandter Forschung zur Buche. Bd. 3, Göttingen: Universitätsverlag Göttingen, 159-192.

NAGEL, R.V.; SPELLMANN, H. 2008: Wachstum, Behandlung und Ertrag von Reinbeständen der Rotbuche (Fagus sylvatica L.) in Nordwestdeutschland. In: NORDWESTDEUTSCHE FORSTLICHE VERSUCHSANSTALT (Hrsg.): Ergebnisse angewandter Forschung zur Buche. Bd. 3, Göttingen: Universitätsverlag Göttingen, 221-265.

NEUMANN, M.; RÖSSLER, G. 2006: Qualität und Bewirtschaftung von Buche. BFW-Praxisinformation Nr. 12: 15-17.

MARSCHALL, J. 1975: Hilfstafeln für die Forsteinrichtung. 9. Aufl., Wien: Österreichischer Agrarverlag.

POLLANSCHÜTZ, J. 1974: Formzahlfunktionen der Hauptbaumarten Österreichs. Allg. Forstzeitung 85: 341-343

PRETZSCH, H. 2002: Grundlagen der Waldwachstumsforschung. Berlin: Parey.

RÖHRIG, E.; BARTSCH, N.; LÜPKE v., B. 2006: Waldbau auf ökologischer Grundlage. 7. Aufl., Stuttgart: Ulmer.

SAGHEB-TALEBI, K. 1996: Quantitative und qualitative Merkmale von Buchenjungwüchsen (Fagus sylvativa [L.]) unter dem Einfluss des Lichtes und anderer Standortsfaktoren. Beih. Schweiz. Z. Forstwes. Nr. 78. Dr. Thesis ETH-Zürich 203 S + Anh.

SAUBERER, N., HOCHBICHLER, E., MILASOWSZKY, N., PANAGOITIS, B., SACHSLEHNER, L. 2007: Nachhaltiges Waldbiomassenmanagement im Biosphärenpark Wienerwald. Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.

SCHUSTER, R.; DAURER, A.; KRENMAYR, H.G.; LINNER, M.; MANDL, G.W.; PESTAL, G.; REITNER, J. M. 2013: ROCKY AUSTRIA. Geologie von Österreich – kurz und bunt. 3. Aufl., Wien: Geologische Bundesanstalt.

STERBA, H. 2011: Skriptum zur Lehrveranstaltung Forstliche Biometrie I. Univ. f. Bodenkultur Wien, Institut für Waldwachstumskunde, 98.

STERBA, H.; ZINGG, A. 2006: Abstandsabhängige und abstandsunabhängige Bestandesstrukturbeschreibung. Allg. Forst- u. J.-Ztg., Jg., 8/9: 169-176.

UTSCHIG, H.; KÜSTERS, E. 2003: Wachstumsreaktionen der Buche (*Fagus sylvatica (L.)*) auf Durchforstungen. 130-jährige Beobachtung des Durchforstungsversuchs Elmstein 20. Forstw. Cbl. 122: 389-409.

UTSCHIG, H., 1999: Entwicklung von Dimensionsgrößen der Buche unter dem Einfluss von Standort, Behandlung und Konkurrenz. Vortrag auf der Jahrestagung der Sektion Ertragskunde in Volpriehausen.

UTSCHIG, H., 2000: Wachstum vorherrschender Buchen in Abhängigkeit von Standort und Behandlung. Forst und Holz, 55: 44-50.

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Forstliche Wuchsgebiete Österreichs (BFW, 2021).....11
Abbildung 2 Definition der Brusthöhe (BHD) (aus KRAMER und AKÇA 2008, S.46).....15
Abbildung 3 Skizze des Rasters für die Jungwuchs- und Dickungsaufnahme .....16
Abbildung 4 Bonitur der Stammachsen: 1 = gerade; 2 = knickig; 3 = bogig; 4 = säbelwüchsig; 5 = plagiotrop (SAGHEB-TALEBI, 1996).....16
Abbildung 5 Bonitur des Verzweigungssystems der Buche a) wipfelschäftig = 1; b) zwieseliger = 2; c) gabelförmig = 3 und d) besenartig = 4 (SAGHEB-TALEBI, 1996).....17
Abbildung 6 Versuchsfläche Windischhütte 1 im Jahr 2002 (GUTTECK, 2003).....23
Abbildung 7 Versuchsfläche Windischhütte 1 im Jahr 2020.....23
Abbildung 8 Stammzahlverteilung nach Durchmesserklassen und mittlerer Brusthöhendurchmesser der Vfl. Windischhütte 1 im Jahr 2019 (DKL-Breite = 5 cm) .....25
Abbildung 9 Vergleich der Stammzahlverteilung [n/ha] über einem BHD von 45 cm vom Jahr 2002 zum Jahr 2019 .....25
Abbildung 10 Vorratsverteilung nach Durchmesserklassen ab einem BHD von 45 cm im Jahr 2002 und im Jahr 2019 (DKL-Breite = 5 cm) .....26
Abbildung 11 Durchmesserklassenverteilung der Dickung auf der Vfl. Windischhütte 1 im Jahr 2008.....27
Abbildung 12 Durchmesserklassenverteilung der Dickung auf der Vfl. Windischhütte 1 im Jahr 2020.....27
Abbildung 13 Verzweigungstypen der Dickung (Höhe ≥ 1,3 m und BHD < 8 cm) in Prozent der Gesamtstammzahl der Vfl. Windischhütte 1 in den Jahren 2008 und 2020 [wipfelschäftig = 1; zwieselig = 2; gabelförmig = 3; besenartig = 4] .....28
Abbildung 14 Bonitur der Stammachse in der Dickung (Höhe ≥ 1,3 m bis BHD < 8 cm) in Prozent der Gesamtstammzahl der Vfl. Windischhütte 1 in den Jahren 2008 und 2020 [gerade = 1; knickig = 2; bogig = 3; säbelwüchsig = 4; plagiotrop = 5].....28
Abbildung 15 Höhenklassenverteilung (Höhe 20-130 cm) des Jungwuchses auf der Vfl. Windischhütte 1 im Jahr 2008 (HKL-Breite = 20 cm).....29
Abbildung 16 Höhenklassenverteilung (Höhe 20-130 cm) des Jungwuchses auf der Vfl. Windischhütte 1 im Jahr 2020 (HKL-Breite = 20 cm).....29
Abbildung 17 Vergleich der Vorratsentwicklung mit der von PROGNAUS modellierten Vorratsentwicklung für verschiedene Behandlungsverfahren (GUTTECK, 2003) der Versuchsfläche Windischhütte 1. .....31

Abbildung 18 Vergleich der Grundflächenentwicklung mit der von PROGNAUS modellierten Grundflächenentwicklung für verschiedene Behandlungsverfahren (GUTTECK 2003) der Versuchsfläche Windischhütte 1 .....32
Abbildung 19 Versuchsfläche Windischhütte 2 im Jahr 2002 (GUTTECK, 2003).....33
Abbildung 20 Versuchsfläche Windischhütte 2 im Jahr 2020.....33
Abbildung 21 Stammzahlverteilung nach Durchmesserklassen und mittlerer Brusthöhendurchmesser der Vfl. Windischhütte 2 im Jahr 2019 (DKL-Breite = 5 cm) .....35
Abbildung 22 Vergleich der Stammzahlverteilung [n/ha] über einem BHD von 45 cm vom Jahr 2002 zum Jahr 2019 .....35
Abbildung 23 Vorratsverteilung nach Durchmesserklassen ab einem BHD von 45 cm im Jahr 2002 und Jahr 2019 (DKL-Breite = 5 cm).....36
Abbildung 24 Höhenklassenverteilung (Höhe 20-130 cm) des Jungwuchses auf der Vfl. Windischhütte 1 im Jahr 2020 (HKL-Breite = 20 cm).....36
Abbildung 25 Vergleich der Vorratsentwicklung mit der von PROGNAUS modellierten Vorratsentwicklung für verschiedene Behandlungsverfahren (GUTTECK, 2003) der Versuchsfläche Windischhütte 2 .....39
Abbildung 26 Vergleich der Grundflächenentwicklung mit der von PROGNAUS modellierten Grundflächenentwicklung für verschiedene Behandlungsverfahren (GUTTECK, 2003) der Versuchsfläche Windischhütte 2. .....39
Abbildung 27 Versuchsfläche Hainbach 1 2002 vor der Durchforstung (GUTTECK, 2003) ..41
Abbildung 28 Versuchsfläche Hainbach 1 im Jahr 2020 .....41
Abbildung 29 Stammzahlverteilung nach Durchmesserklassen und mittlerer Brusthöhendurchmesser der Vfl. Hainbach 1 im Jahr 2020 (DKL-Breite = 5 cm) .....43
Abbildung 30 Vergleich der Stammzahlverteilung [n/ha] über den BHD von 45 cm vom Jahr 2002 zum Jahr 2020 .....43
Abbildung 31 Vorratsverteilung nach Durchmesserklassen ab einem BHD von 45 cm im Jahr 2002 und 2020 (DKL-Breite = 5 cm).....44
Abbildung 32 Durchmesserklassenverteilung [n/ha] der Dickung auf der Vfl. Hainbach 1 im Jahr 2008.....44
Abbildung 33 Durchmesserklassenverteilung der Dickung auf der Vfl. Hainbach 1 im Jahr 2020 .....45
Abbildung 34 Bonitur der Stammachse der Dickung (Höher ≥ 1,3 m und BHD < 8 cm) in Prozent der Gesamtstammzahl der Vfl. Hainbach 1 in den Jahren 2008 und 2020 [gerade = 1; knickig = 2; bogig = 3; säbelwüchsig = 4; plagiotrop = 5].....45

Abbildung 35 Bonitur des Verzweigungssystems der (Dickung, höher ≥ 1,3 m und BHD < 8 cm) in Prozent der Gesamtstammzahl der Vfl. Hainbach 1 in den Jahren 2008 und 2020 [wipfelschäftig = 1; zwieselig = 2; gabelförmig = 3; besenartig = 4] .....46
Abbildung 36 Höhenklassenverteilung (Höhe 20-130 cm) des Jungwuchses auf der Vfl. Hainbach 1 im Jahr 2008 (HKL-Breite = 20 cm) .....46
Abbildung 37 Höhenklassenverteilung (Höhe 20-130 cm) des Jungwuchses auf der Vfl. Hainbach 1 im Jahr 2020 (HKL-Breite = 20 cm) .....47
Abbildung 38 Vergleich der Vorratsentwicklung mit der von PROGNAUS modellierten Vorratsentwicklung für verschiedene Behandlungsverfahren (GUTTECK, 2003) der Versuchsfläche Hainbach 1.....49
Abbildung 39 Vergleich der Grundflächenentwicklung mit der von PROGNAUS modellierten Grundflächenentwicklung für verschiedene Behandlungsverfahren (GUTTECK, 2003) der Versuchsfläche Hainbach 1 .....49
Abbildung 40 Versuchsfläche Hainbach 8 2002 vor der Durchforstung (GUTTECK, 2003) ..51
Abbildung 41 Versuchsfläche Hainbach 8 2020.....51
Abbildung 42 Stammzahlverteilung nach Durchmesserklassen und mittlerer Brusthöhendurchmesser der Vfl. Hainbach 8 im Jahr 2020 (DKL-Breite = 5 cm) .....53
Abbildung 43 Vergleich der Stammzahlverteilung [n/ha] über einem BHD von 45 cm vom Jahr 2002 zum Jahr 2020 .....53
Abbildung 44 Vorratsverteilung nach Durchmesserklassen ab einem BHD von 45 cm im Jahr 2002 und 2020 (DKL-Breite = 5 cm).....54
Abbildung 45 Durchmesserklassenverteilung der Dickung auf der Vfl. Hainbach 8 im Jahr 2008 .....54
Abbildung 46 Durchmesserklassenverteilung der Dickung auf der Vfl.Hainbach 8 im Jahr 2020 .....55
Abbildung 47 Bonitur der Stammachse der Dickung (Höher ≥ 1,3 m und BHD < 8 cm) in Prozent der Gesamtstammzahl der Vfl. Hainbach 8 in den Jahren 2008 und 2020 [gerade = 1; knickig = 2; bogig = 3; säbelwüchsig = 4; plagiotrop = 5].....56
Abbildung 48 Bonitur des Verzweigungssystem der Dickung, (Höhe ≥ 1,3 m und BHD < 8 cm) in Prozent der Gesamtstammzahl der Vfl. Hainbach 8 in den Jahren 2008 und 2020 [wipfelschäftig = 1; zwieselig = 2; gabelförmig = 3; besenartig = 4] .....56
Abbildung 49 Höhenklassenverteilung (Höhe 20-130 cm) des Jungwuchses auf der Vfl. Hainbach 8 im Jahr 2008 (HKL-Breite = 20 cm) .....57
Abbildung 50 Höhenklassenverteilung (Höhe 20-130 cm) des Jungwuchses auf der Vfl. Hainbach 8 im Jahr 2020 (HKL-Breite = 20 cm) .....57

Abbildung 51 Vergleich der Vorratsentwicklung mit der von PROGNAUS modellierten Vorratsentwicklung für verschiedene Behandlungsverfahren (GUTTECK, 2003) der Versuchsfläche Hainbach 8.....59
Abbildung 52 Vergleich der Grundflächenentwicklung mit der von PROGNAUS modellierten Grundflächenentwicklung für verschiedene Behandlungsverfahren (GUTTECK, 2003) der Versuchsfläche Hainbach 8 .....60
Abbildung 53 Versuchsfläche Lockenhaus 1 im Jahr 2002 (GUTTECK, 2003).....61
Abbildung 54 Versuchsfläche Lockenhaus 1 im Jahr 2020.....61
Abbildung 55 Stammzahlverteilung nach Durchmesserklassen und mittlerer Brusthöhendurchmesser der Vfl. Lockenhaus 1 im Jahr 2020 (DKL-Breite = 5 cm) ..63
Abbildung 56 Vergleich der Stammzahlverteilung [n/ha] über einem BHD von 45 cm vom Jahr 2002 zum Jahr 2020 .....63
Abbildung 57 Vorratsverteilung nach Durchmesserklassen ab einem BHD von 45 cm im Jahr 2002 und Jahr 2020 (DKL-Breite = 5 cm).....64
Abbildung 58 Durchmesserklassenverteilung der Dickung auf der Vfl. Lockenhaus 1 im Jahr 2020.....64
Abbildung 59 Verzweigungstypen der Dickung (Höhe ≥ 1,3 m und BHD < 8 cm) in Prozent der Gesamtstammzahl der Vfl. Lockenhaus 1 im Jahr 2020 [wipfelschäftig = 1; zwieselig = 2; gabelförmig = 3; besenartig = 4].....65
Abbildung 60 Form der Stammachse der Dickung (Höher ≥ 1,3 m und BHD < 8 cm) in Prozent der Gesamtstammzahl der Vfl. Lockenhaus 1 im Jahr 2020 [gerade = 1; knickig = 2; bogig = 3; säbelwüchsig = 4; plagiotrop = 5] .....65
Abbildung 61 Höhenklassenverteilung (Höhe 20-130 cm) des Jungwuchses auf der Vfl. Lockenhaus 1 im Jahr 2020 (HKL-Breite = 20 cm).....66
Abbildung 62 Vergleich der Vorratsentwicklung mit der von PROGNAUS modellierten Vorratsentwicklung für verschiedene Behandlungsverfahren (GUTTECK, 2003) der Versuchsfläche Lockenhaus 1 .....68
Abbildung 63 Vergleich der Grundflächenentwicklung mit der von PROGNAUS modellierten Grundflächenentwicklung für verschiedene Behandlungsverfahren (GUTTECK, 2003) der Versuchsfläche Lockenhaus 1 .....68
Abbildung 64 Versuchsfläche Lockenhaus 2 im Jahre 2002 (GUTTECK, 2003).....70
Abbildung 65 Versuchsfläche Lockenhaus 2 im Jahr 2020.....70
Abbildung 66 Stammzahlverteilung nach Durchmesserklassen und mittlerer Brusthöhendurchmesser der Vfl. Lockenhaus 2 im Jahr 2020 (DKL-Breite = 5 cm) ..72
Abbildung 67 Vorratsentwicklung nach Durchmesserklassen ab einem einem BHD von 45 cm im Jahr 2002 und 2020 (DKL-Breite = 5 cm) .....72

Abbildung 68 Vergleich der Stammzahlverteilung [n/ha] über einem BHD von 45 cm vom Jahr 2002 zum Jahr 2020 .....73
Abbildung 69 Durchmesserklassenverteilung der Dickung auf der Vfl. Lockenhaus 2 im Jahr 2020.....73
Abbildung 70 Bonitur der Stammachse der Dickung (Höhe ≥ 1,3 m und BHD < 8 cm) in Prozent der Gesamtstammzahl der Vfl. Lockenhaus 2 im Jahr 2020 [gerade = 1; knickig = 2; bogig = 3; säbelwüchsig = 4; plagiotrop = 5] .....74
Abbildung 71 Bonitur des Verzweigungssystems der Dickung (Höhe ≥ 1,3 m und BHD < 8 cm) in Prozent der Gesamtstammzahl der Vfl. Lockenhaus 2 im Jahr 2020 [wipfelschäftig = 1; zwieselig = 2; gabelförmig = 3; besenartig = 4].....74
Abbildung 72 Vergleich der Vorratsentwicklung mit der von PROGNAUS modellierten Vorratsentwicklung für verschiedene Behandlungsverfahren (GUTTECK, 2003) der Versuchsfläche Lockenhaus 2 .....76
Abbildung 73 Vergleich der Grundflächenentwicklung mit der von PROGNAUS modellierten Grundflächenentwicklung für verschiedene Behandlungsverfahren (GUTTECK, 2003) der Versuchsfläche Lockenhaus 2 .....77
Abbildung 74 Jährlicher Radialzuwachs mit linearer Regression in der Periode 2002 bis 2020 für alle Versuchsflächen (HB1 = Hainbach 1; HB8 = Hainbach 8; LH1 = Lockenhaus 1; LH2 = Lockenhaus 2; WH1 = Windischhütte 1; WH2 = Windischhütte 2) .....78

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Übersicht der Versuchsflächen - Die Größen der Versuchsfläche sind an die lokalen Gegebenheiten bzw. den früheren Bestockungsgrad angepasst worden, um eine repräsentative Anzahl an Bäumen aufnehmen zu können (Verändert nach GUTTECK, 2003). .....14

Tabelle 2 Bestandeskennwerte (Vorrat [Vd/ha, Vs/ha], Stammzahl [n/ha], Grundfläche [$m^2$/ha], Grundflächenmittelstamm [cm], Lorey´sche Mitlehöhe [m], Oberhöhe [m], Kronenansatz [m]) der Vfl. Windischhütte 1 von 2002-2019 .....24

Tabelle 3 Laufender jährlicher periodischer Zuwachs [fmd/J/ha, fms/J/ha] für Vfl. Windischhütte 1 .....30

Tabelle 4 Mittlerer jährlicher Radialzuwachs (MW, s = Standardabweichung, sx = Standardfehler) nach Durchmesserklassen (DKL, Breite 10 cm), Durchmesserklassen sind bezogen auf das Jahr 2020 der Vfl. Windischhütte 1. .....30

Tabelle 5 Bestandeskennwerte (Vorrat [Vd/ha, Vs/ha], Stammzahl [n/ha], Grundfläche [$m^2$/ha], Grundflächenmittelstamm [cm], Lorey´sche Mittelhöhe [m], Oberhöhe [m], Kronenansatz [m]) der Vfl. Windischhütte 2 von 2002-2019 .....34

Tabelle 6 Laufender jährlicher periodischer Zuwachs [fmd/J/ha, fms/J/ha] der Vfl. Windischhütte 2 .....37

Tabelle 7 Der mittlere jährliche Radialzuwachs (MW, s = Standardabweichung, sx = Standardfehler) nach Durchmesserklassen (DKL, Breite 10 cm), Durchmesserklassen sind bezogen auf das Jahr 2019 der Vfl. Windischhütte 2. .....38

Tabelle 8 Bestandeskennwerte (Vorrat [Vd/ha, Vs/ha], Stammzahl [n/ha], Grundfläche [$m^2$/ha], Grundflächenmittelstamm [cm], Lorey´sche Mittelhöhe [m], Oberhöhe [m], Kronenansatz [m]) der Vfl. Hainbach 1 von 2002-2020 .....42

Tabelle 9 Laufender jährlicher periodischer Zuwachs [fmd/J/ha, fms/J/ha] der Vfl. Hainbach 1 .....47

Tabelle 10 Mittlerer jährlicher Radialzuwachs (MW, s = Standardabweichung, sx = Standardfehler) nach Durchmesserklassen (DKL, Breite 10 cm), Durchmesserklassen sind bezogen auf das Jahr 2020 der Vfl. Hainbach 1. .....48

Tabelle 11 Bestandeskennwerte (Vorrat [Vd/ha, Vs/ha], Stammzahl [n/ha], Grundfläche [$m^2$/ha], Grundflächenmittelstamm [cm], Lorey´sche Mittelhöhe [m], Oberhöhe [m], Kronenansatz [m]) der Vfl. Hainbach 8 von 2002-2020 .....52

Tabelle 12 Laufender jährlicher periodischer Zuwachs [fmd/J/ha, fms/J/ha] der Vfl. Hainbach 8.....58

Tabelle 13 Mittlerer jährlicher Radialzuwachs (MW, s = Standardabweichung, sx = Standardfehler) nach Durchmesserklassen (DKL-Breite 10 cm), Durchmesserklassen sind bezogen auf das Jahr 2020 der Vfl. Hainbach 8. .....58
Tabelle 14 Bestandeskennwerte (Vorrat [Vd/ha, Vs/ha], Stammzahl [n/ha], Grundfläche [$m^2$/ha], Grundflächenmittelstamm [cm], Lorey´sche Mittelhöhe [m], Oberhöhe [m], Kronenansatz [m]) der Vfl. Lockenhaus 1.....62
Tabelle 15 Laufender jährlicher periodischer Zuwachs [fmd/J/ha, fms/J/ha] der Vfl. Lockenhaus 1.....66
Tabelle 16 Mittlerer jährlicher Radialzuwachs (MW, s = Standardabweichung, sx = Standardfehler) nach Durchmesserklassen (DKL, Breite 10 cm). Die Durchmesserklassen sind bezogen auf das Jahr 2020 der Vfl. Lockenhaus 1. .....67
Tabelle 17 Bestandeskennwerte (Vorrat [Vd/ha, Vs/ha], Stammzahl [n/ha], Grundfläche [$m^2$/ha], Grundflächenmittelstamm [cm], Lorey´sche Mittelhöhe [m], Oberhöhe [m], Kronenansatz [m]) der Vfl. Lockenhaus 2.....71
Tabelle 18 Laufender jährlicher periodischer Zuwachs [fmd/J/ha, fms/J/ha] der Vfl. Lockenhaus 2.....75
Tabelle 19 Mittlerer jährliche Radialzuwachs (MW, s = Standardabweichung, sx = Standardfehler) nach Durchmesserklassen (DKL, Breite 10 cm), Durchmesserklassen sind bezogen auf das Jahr 2020 der Vfl. Lockenhaus 2. .....75
Tabelle 20 Gesamtübersicht über die Ergebnisse der Aufnahmen aller Versuchsflächen im Jahr 2020.....79