

HAWK

Fakultät

Ressourcenmanagement

Göttingen

BACHELORARBEIT

im Studiengang Forstwirtschaft

Lehrgebiet: **Waldwachstumskunde**

Thema: **Untersuchung des Wachstumsverhaltens der Schwarznuss (*Juglans nigra*) in den hessischen Rheinniederungen mittels Stammanalysen**

vorgelegt von: Lisa Hanke

am 28.08.2023

Erstprüfer/in Prof. Dr. Hubert Merkel

Zweitprüfer/in FDir a.D. Ralf Schepp

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Danksagung.....	IV
Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VII
Formelverzeichnis.....	VIII
Abkürzungsverzeichnis.....	IX
1. Einleitung.....	1
2. Stand der Wissenschaft.....	2
2.1. Portrait der Baumart Schwarznuss (<i>Juglans nigra</i>)	2
2.1.1. Ökologische Ansprüche	3
2.1.2. Vorkommen in Deutschland	4
2.1.3. Morphologie und Holzeigenschaften	5
2.1.4. Anbau der Schwarznuss in Deutschland.....	6
3. Material und Methodik.....	8
3.1. Untersuchungsflächen.....	8
3.1.1. Geschichte der Untersuchungsfläche.....	10
3.2. Bestandsaufnahme.....	11
3.2.1. Datenerhebung durch Vollklappung.....	11
3.2.2. Bestandeshöhenkurve.....	12
3.3. Auswertung der Voraufnahmen.....	13
3.3.1. Durchmesserverteilung.....	13
3.3.2. Bestandeshöhenkurve.....	14

3.3.3.	Bestandesgrundfläche	15
3.3.4.	Bestandesvolumen	15
3.4.	Praktische Durchführung der Stammanalyse	16
3.4.1.	Auswahl der Untersuchungsbäume.....	16
3.4.2.	Kronenvermessung und Konkurrenzanalyse	18
3.4.3.	Praktische Durchführung im Bestand.....	20
3.4.4.	Auswertung der Stammscheiben	21
3.4.5.	Verwendung der Software „Stanly“	22
3.4.6.	Auswertung und Darstellung der Ergebnisse.....	24
4.	Ergebnisse	27
4.1	Bestandesdaten.....	27
4.2	Auswahl der Untersuchungsbäume.....	30
4.3.	Krone und Konkurrenz	31
4.4.	Stammanalyse	32
4.4.1.	Höhe.....	33
4.4.2.	Durchmesser.....	35
4.4.3.	Volumen und Form.....	37
4.4.4.	Schlankheitsgrad.....	44
5.	Diskussion.....	46
5.1.	Diskussion der Methodik und der Durchführung.....	46
5.1.1.	Auswahl der Untersuchungsbäume.....	46
5.1.2.	Aufnahme der Konkurrenzsituation.....	47
5.1.3.	Vermessung der Stammscheiben.....	47

5.1.4. Unechte Formzahl.....	48
5.1.5. h/d-Verhältnis.....	48
5.2. Diskussion der intraspezifischen Ergebnisse	49
5.2.1. Bestandesdaten	49
5.2.2. Einzelbaum Wachstum.....	50
5.3. Diskussion der interspezifischen Ergebnisse	53
5.3.1. Übertragbarkeit der Ergebnisse.....	53
5.3.2. Interspezifischer Vergleich.....	53
5.4. Aussicht und Empfehlung	55
6. Zusammenfassung	56
Literaturverzeichnis.....	VI
Anhang.....	XI
Eigenständigkeitserklärung	XXX

Danksagung

Diese Bachelorarbeit entstand im Rahmen des Forstwirtschaftsstudiums an der Hochschule für angewandte Wissenschaften und Kunst (HAWK). Während der Erstellung dieser Arbeit habe ich umfangreich und vielfach Unterstützung erfahren. Dafür möchte ich mich bei Allen, die ich bei diesem Prozess unterstützt und begleitet haben herzlichst bedanken.

Mein Besonderer Dank gilt den Mitarbeitenden des Forstamtes Lampertheim. Die Durchführung dieser Bachelorarbeit war nur dank der Hilfestellung, der Unterstützung bei der Fällung und der Bereitstellung der Untersuchungsbäume möglich. Des Weiteren möchte ich mich besonders bei dem ehemaligen Forstamtsleiter Herrn Schepp bedanken. Mit seiner Begeisterung für die Baumart hat er mich angesteckt und ermutigt, diese Arbeit zu erstellen. Ebenso hat er mich während der gesamten Durchführung mit seiner umfangreichen Expertise als Betreuer unterstützt. Danke dafür.

Mein weiterer besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Merkel, welcher meine vielen Fragen immer schnell und umfangreich beantwortete und mir stets Lösungsansätze bei entstehenden Problemen aufzeigen konnte.

Ebenfalls möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, welche mir nicht nur im Rahmen dieser Arbeit eine große Hilfe waren, ohne ihre Unterstützung wäre mein gesamtes Studium nicht möglich gewesen. Vielen Dank also für eure Unterstützung jeglicher Art. Schließlich möchte ich noch meinem wundervollen Freundeskreis bedanken, die mich bei den Aufnahmen, beim Vermessen der Jahrringe oder dem Versorgen mit Nervennahrung während des Schreibens wirklich immer sehr unterstützt haben.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Natürliche Verbreitungsgebiet von <i>Juglans nigra</i> (www9)	2
Abbildung 2: Gebotshöhe der Schwarznuss auf hessischen Submissionen im Vergleich zu Esche und Roteiche (HESSENFORST, 2023)	6
Abbildung 3: Karte der Untersuchungsflächen (Kartenerstellerin Lisa Hanke Hintergrundkarte (OPENTOPOMAP 2023; SWISSTOPO 2023a)....	8
Abbildung 4: Klimadiagramm der Wetterstation Mannheim (CLIMATE DATA, 2023)	10
Abbildung 5: Darstellung der Kronenschirmflächenvermessung (MÜLLER et al. 2022)	19
Abbildung 6: Foto der Vermessung von Jahrringbündeln	22
Abbildung 7: Bestandeshöhenkurve	27
Abbildung 8: Durchmesserklassenverteilung getrennt nach HB und UB für die Gesamtheit aller vier Bestände	28
Abbildung 9: Durchmesserklassenverteilung getrennt nach HB und UB für die Abl. 808 A2	29
Abbildung 10: Durchschnittlicher periodischer Höhenzuwachs der Untersuchungs bäume aufgetragen über die Periodenmitte	34
Abbildung 11: Höhenzuwachs der Untersuchungs bäume aufgetragen über die Periodenmitte	34
Abbildung 12: Höhenwachstum der Untersuchungs bäume und Mittelhöhen von Esche, Roteiche und Robusta-Pappel über das Baumalter aufgetragen.....	35
Abbildung 13: Durchschnittlicher periodischer BHD-Zuwachs aufgetragen über die Periodenmitte.....	36

Abbildung 14: BHD-Wachstum der Untersuchungsbäume aufgetragen über die Periodenmitte	36
Abbildung 15: BHD-Wachstum der Untersuchungsbäume und Mitteldurchmesser der Esche, Roteiche und Pappel aufgetragen über das Baumalter	37
Abbildung 16: Durchschnittlicher periodischer Volumenzuwachs der Untersuchungsbäume aufgetragen über die Periodenmitte	38
Abbildung 17: Volumenwachstum der Untersuchungsbäume aufgetragen über die Periodenmitte	39
Abbildung 18: Zusammenhang Formzahl und BHD.....	40
Abbildung 19: Formzahlentwicklung der Untersuchungsbäume	41
Abbildung 20: Schaftkurve von BH, generiert durch „Stanly“	42
Abbildung 21: Schaftkurve von BM, generiert durch „Stanly“	43
Abbildung 22: Schaftkurve von BK3, generiert durch „Stanly“	44
Abbildung 23: Entwicklung des h/d-Wertes der Untersuchungsbäume	45

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Übersicht des verkauften Schwarznusssubmissionsholzes in Hessen (HESSENFORST, 2023).....	6
Tabelle 2: Quantitative Bestandesdaten	29
Tabelle 3: Bestandesdaten von Abt. 808 und dem Gesamtbestand im Vergleich zur Esche und Roteiche.....	30
Tabelle 4: Daten der Untersuchungsbäume	30
Tabelle 5: Ergebnisse der Kronenaufnahme.....	32

Formelverzeichnis

Formel 1: Ausgleichsfunktion der Bestandeshöhenkurve	14
Formel 2: Kreisfläche eines Baumes auf BHD	15
Formel 3: Formel zur Herleitung des Bestandesvolumens	16
Formel 4: Formel zur Berechnung des Grundflächenmittelstammes.....	16
Formel 5: Formel zur Berechnung des Durchmessers des Grundflächenmittelstammes	17
Formel 6: Formel des Flächeninhalts von Dreiecken	19
Formel 7: Formel des Flächeninhalts der Kronenschirmfläche.....	20
Formel 8: Formel zur Berechnung einer Paraboloidfläche	20
Formel 9: Formel zur Berechnung des Volumens des Bezugszylinders	25
Formel 10: Funktion der Ausgleichsgerade der Bestandeshöhenkurve.....	27
Formel 11: Ausgleichsfunktion der BHD-Formzahl-Regression.....	39

Abkürzungsverzeichnis

Abt.	Abteilung
BH	Untersuchungsbaum „Herrschender“
BHD	Brusthöhendurchmesser auf Höhe 1,3
BK3	Untersuchungsbaum „Kraft’sche Klasse 3“
BM	Untersuchungsbaum „Grundflächenmittelstamm“
DKV	Gütegemeinschaft für forstliches Vermehrungsgut e.V.
EK	Ertragsklasse
FE-Blatt	Forsteinrichtungsblatt
Fm	Festmeter
FVZ	forstliche Vegetationszeit
GFMS	Grundflächenmittelstamm
HB	Hauptbestand
Kap.	Kapitel
KMF	Kronenmantelfläche
NN	über dem Meeresspiegel (Normal-Null)
Tab.	Tabelle
UB	Unterstand
ESH	gem. Esche
REI	Roteiche
SNU	Schwarznuss
MS	Microsoft

1. Einleitung

Durch den Klimawandel wird von unseren Wäldern eine immerwährende Anpassung an wechselnde Extreme verlangt (BERR et al. 2022). Deshalb wird zunehmend auch nach fremdländischen Alternativen zu heimischen Baumarten gesucht, welche an veränderte klimatische Bedingungen besser angepasst sind. Die Schwarznuss (*Juglans nigra*) ist eine Baumart, welche schon seit längerem im Interesse der westeuropäischen Forstwirtschaft liegt. Mit Gründung der Interessengemeinschaft Nuss 1991 (www14) wuchs das Interesse und der Anbau von Nussbäumen wurde weiter gestärkt. Ebenfalls macht schon BARTSCH (1989) darauf aufmerksam, dass das Aufkommen an Werthölzern mit besonderen mechanisch-technologischen Eigenschaften auf dem Weltmarkt deutlich zurückgeht. Er nennt die Schwarznuss als potentiellen „Wertholzlieferant“. Die Nachfrage nach Wertholz bleibt auch in heutigen Zeiten auf einem konstant hohen Niveau (HEIMANN 2023). Um diese befriedigen zu können und auch um eine weitere alternative Baumart im Klimawandel vorweisen zu können, finden schon seit vielen Jahrzehnten betreute Anbauversuche der Schwarznuss in Deutschland statt.

Besonderes durch den zunehmenden Ausfall der Gemeinen Esche (*Fraxinus excelsior*) wird nach alternativen, potentiell klimastabilen Baumarten auf diesen ehemaligen Eschenstandorten gesucht. Die Schwarznuss wird auf geeigneten Standorten oftmals als Alternative angeführt.

Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, die Wuchseigenschaften der Schwarznuss auf diesem Standort genauer zu analysieren und darzustellen. Hierfür werden zum einen Bestandesdaten erhoben, zum anderen werden auch Einzelbaumdaten an drei Bäumen mittels einer Stammanalyse ermittelt. Die generierten Daten sollen mit anderen Baumarten verglichen werden, um das Wachstum der Schwarznuss in Relation zu setzen.

2. Stand der Wissenschaft

2.1. Portrait der Baumart Schwarznuss (*Juglans nigra*)

Die Schwarznuss (*Juglans nigra*) gehört zur Familie der Walnussgewächse (*Juglandaceae*) (AAS 2016). Im Englischen wird sie als „American walnut“ oder „Eastern black walnut“ bezeichnet (DE AVILA et al. 2021).

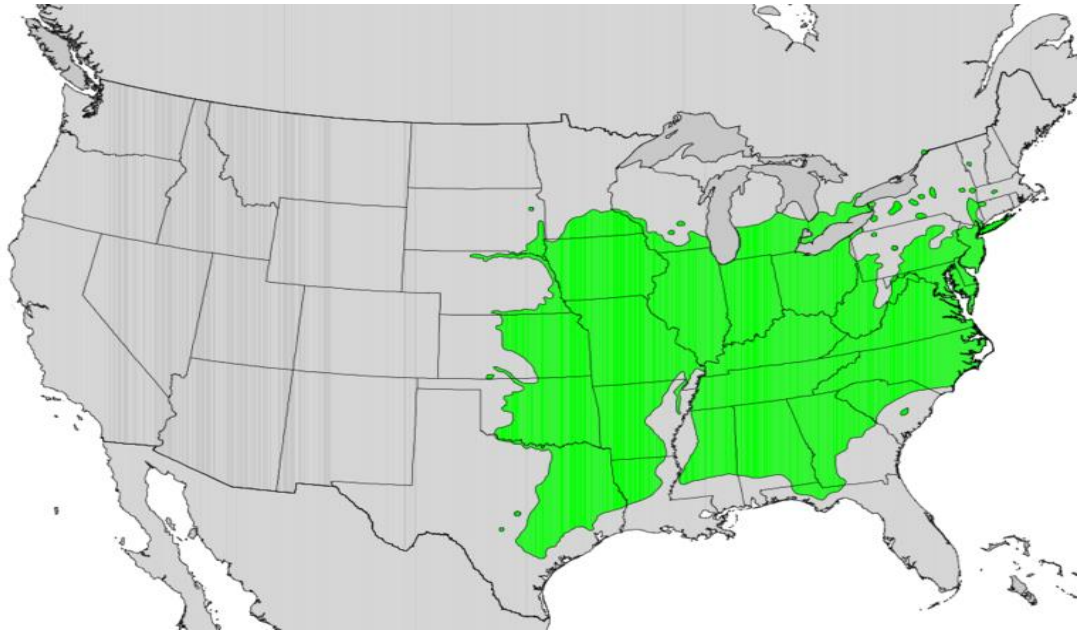


Abbildung 1: Natürliche Verbreitungsgebiet von *Juglans nigra* (www9)

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Schwarznuss erstreckt sich fast über die gesamte Osthälfte der USA (BARTSCH 1989). Die südliche Grenze verläuft entlang der Staaten Georgia, Alabama, Missouri, Louisiana und dem östlichen Texas, von hier verläuft sie nördlich weiter und zieht sich durch die östlichen Teile Oklahomas und Kansas und umfasst ganz Minnesota, bis das Verbreitungsgebiet im Norden von Wisconsin und Michigan durch die kanadische Provinz Ontario begrenzt wird. Die östliche Grenze bildet der Atlantik. Allgemein ist die Nuss im Westen des Areals etwas häufiger vertreten. Hier liegt das Hauptvorkommen in den Flussniederungen, jedoch wächst die Schwarznuss in den Appalachen bis in montane Höhenstufen von 1000 m über NN. Aufgrund dieses umfangreichen natürlichen Verbreitungsgebietes weist die Baumart eine hohe ökologische Plastizität

auf. (BARTSCH 1998) Sie wächst dort seltener bestandesbildend, jedoch häufig in Mischung mit der amerikanischen Esche (*Fraxinus americana*) und dem Tulpenbaum (*Liriodendron tulipifera*) (EHRING et al. 2019). Ebenso begünstigen laut BARTSCH (1989) ihre lockere Krone und ihr tiefes Wurzelsystem die waldbauliche Verwendung der Baumart.

2.1.1. Ökologische Ansprüche

Die Schwarznuss ist als Lichtbaumart bekannt und benötigt für gutes Wachstum, besonders im Kronenraum, genügend Platz. Die Baumart benötigt mittlere Jahresniederschläge zwischen 640 und 1780 mm und eine Jahresdurchschnittstemperatur zwischen 7 und 19°C. (DE AVILA et al. 2021). Optimale Wuchsbedingungen findet sie bei einer durchschnittlichen Jahrestemperatur von 13° C und 890 mm Jahresniederschlag mit 170 frostfreien Tagen im Jahr. Die Schwarznuss erträgt zwar ohne Schäden Wintertemperaturen von bis zu – 40° C, jedoch ist sie sehr spätfrostempfindlich. Diese Spätfrostschäden führen zu ungünstigen Wuchsformen. (STEINACKER 2019)

Für eine optimale Wuchsleistung bevorzugt sie tiefgründige, gut durchlüftete, durchlässige und ausreichend frische Böden. Weiter beschreiben EHRING, NAGEL und STEINACKER (2019), dass Überflutungen zwar toleriert werden, andauernde Staunässe jedoch weniger gut vertragen wird. Standorte mit für die Nusswurzeln undurchdringlichen Ton- oder Kiesschichten im Unterboden sind ebenfalls ungeeignet. Beste Wuchsleistungen zeigt die Schwarznuss in den Auen- und Tallagen mit Grundwasseranschluss.

Das Höhenwachstum der Schwarznuss ist maßgeblich vom Standort, hier besonders von einer ausreichenden Wasserversorgung, abhängig. Auch auf für die Baumart mutmaßlich nicht optimalen Standorten zeigt sich jedoch ein Höhenwachstum, welches im Bereich der besten Buchen- und Eschenwuchsleistungen liegt (vgl. STEINACKER et al. 2019).

2.1.2. Vorkommen in Deutschland

In Deutschland wuchs die Schwarznuss ab dem 17. Jahrhundert zunächst in Gärten und Parks (JOTZ et al. 2020). Erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts rückte die Baumart zunehmend in den forstwirtschaftlichen Fokus. Ab diesem Zeitpunkt waren dann europaweit verschiedenste Versuchsanbauten von Bedeutung. In Deutschland hatten königlich preußische Versuche einen großen Einfluss (KRUMM et al. 2016). Besonders aber auch der damalige Forstmeister Straßburgs, Christian Rehmann, förderte mit zahlreichen Anbauversuchen den Anbau der Nussart in der Rheinniederung. Nach den flächigen Absterbeerscheinungen der Ulme (*Ulmus spec.*) und dem zunehmenden Ausfall der Esche (*Fraxinus excelsior*) durch das Eschentriebsterben in jüngerer Vergangenheit, mangelt es an standortangepassten und heimischen Baumartenalternativen auf die Grund- und Stauwasser beeinflussten Böden und die Schwarznuss rückt wieder in den Fokus. Ihre Standortansprüche lassen sich grob mit denen der Esche vergleichen. Deshalb und auch auf Grund der guten Holzqualität der Schwarznuss gilt sie als gute Alternative zu ausfallenden heimischen Baumarten (EHRING 2019).

Die Schwarznuss unterliegt nicht dem forstlichen Vermehrungsgutgesetz. Es gibt mehrere Bestände, aus denen Saatgut als Sonderherkunft mit DKV-Gütezeichen anerkannt ist (www7). Neben zwei Beständen in Nordrhein-Westfalen und Sachsen wird auch aus zwei hessischen Forstämtern, Groß-Gerau und Lampertheim, qualifiziertes Saatgut gewonnen. Zur künstlichen Vermehrung wird bei dieser Art aufgrund des ausgeprägten Pfahlwurzelsystems Saat empfohlen. Hierbei werden deutlich bessere Anwuchserfolge verzeichnet, im Gegensatz zur Pflanzung. Ebenso ist auch die Gefahr der Wurzelverletzungen nicht vorhanden (EHRING et al. 2019). Dazu sollte das Saatgut jedoch zunächst stratifiziert werden. Hierfür werden die Nüsse nach den ersten Nachtfrösten gesammelt. Anschließend werden sie in mäusesichere Drahtgeflechtsäcke gefüllt und im Freien, eingegraben in Sand, gelagert. Bei gut vorangeschrittener Keimung, hierbei darf die Keimwurzel jedoch

nicht zu lang sein, sodass sie bei weiterer Manipulation nicht bricht, können die Nüsse im Frühjahr gesät werden (mdl. Mitt., SCHEPP 2023). Jedoch sind auch die Risiken der Saat nicht unwesentlich, hier sind besonders Schäden durch Nager und Wildschweine zu nennen (DE AVILA et al. 2021). Der Wildverbiss der Nusspflanzen ist eher zu vernachlässigen, jedoch sollte, wenn nötig, auf einen geeigneten Fegeschutz geachtet werden (EHRING et al. 2019). EHRING et al. (2019) erwähnt, dass besonders bei Erstaufforstungen die Konkurrenz durch Gras zu einer erheblichen Wuchsdepression führen kann. Zur Vorbeugung eignet sich hierbei die Einmischung von Schattbaumarten wie Hainbuche (*Carpinus betulus*) und Linde (*Tilia cordata*). Hierbei sollte jedoch bedacht werden, dass diese die Naturverjüngung von Schwarznuss im Nachhinein unterbindet. Je nach Standort und Aufkommen von Begleitvegetation müssen die Kulturen mehrmals freigemäht werden (mdl. Mitt., SCHEPP 2023)

Der forstlich relevante Schwarznussanbau in Deutschland beschränkt sich in etwa auf die letzten 150 Jahre. In dieser Zeit zeigte sich die Baumart als vital, wuchstark und wenig anfällig gegenüber Pathogenen. Im Gegensatz zu den anderen *Juglans*-Arten soll sie ebenfalls weniger anfällig oder ggf. sogar resistent gegen den Befall von Hallimasch (*Armillaria sp.*) sein. (NICKEL et al. 2008).

2.1.3. Morphologie und Holzeigenschaften

Die Schwarznuss gilt als schnellwüchsige Baumart und produziert dennoch begehrtes und hochwertiges Holz. Sie bildet zerstreutporiges Holz, welches im Kern schoko- bis hellbraun und im Splint gelblich bis beige erscheint. Die Trockendichte liegt bei 0,6 g / cm³. (DE AVILA et. al, 2021) Es wird besonders in der Möbelherstellung, als Furnierholz, Schaftholz für Gewehre oder zur Parkettherstellung verwendet. Die erzielten Durchschnittserlöse aus Hessen je Festmeter (Fm) liegen seit Jahren auf einem konstant hohen Niveau. Verglichen mit anderen Laubhölzern rangiert die Schwarznuss an der Spitze. (Mitt., HEIMANN 2023) (siehe Abbildung 2).

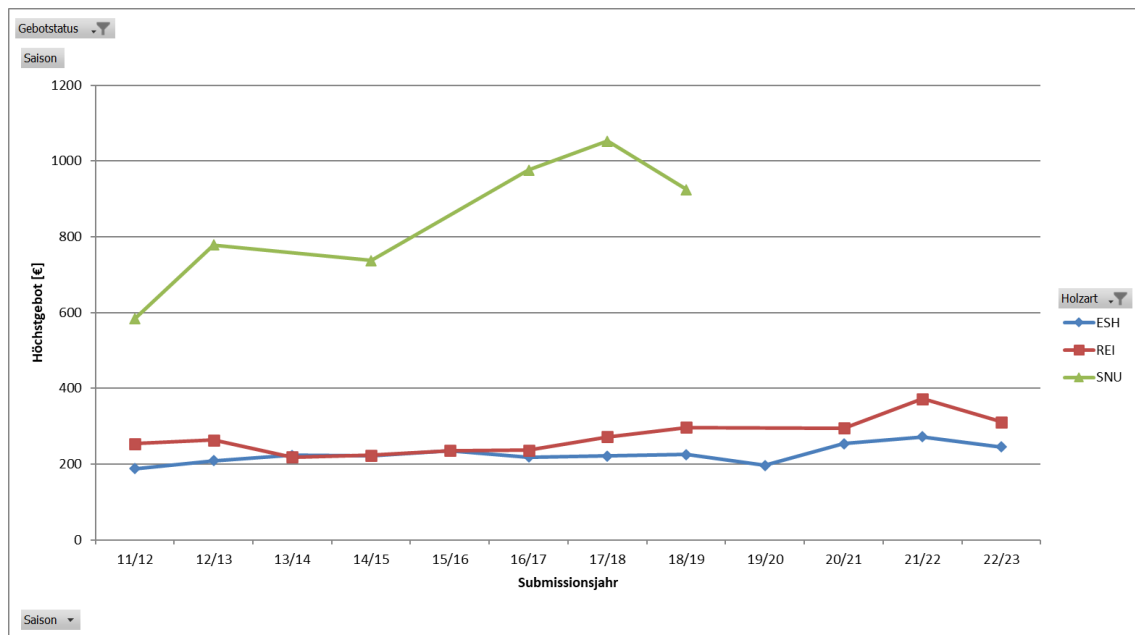


Abbildung 2: Gebotshöhe der Schwarznuss auf hessischen Submissionen im Vergleich zu Esche und Roteiche (HESSENFORST, 2023)

Tabelle 1 Übersicht des verkauften Schwarznuss submissionsholzes in Hessen (HESSENFORST, 2023)

Jahr	Menge (fm)	Gesamterlös (€)	Durchschnittlich € je fm
2009	18,22	15.715,96	862,57
2010	16,77	11.478,27	684,45
2011	33,04	46.134,53	1.396,32
2015	38,23	28.202,76	737,71
2017	52,43	53.995,84	1.029,87
2018	19,35	21.478,70	1.110,01
2019	23,54	23.486,69	1.052,61

2.1.4. Anbau der Schwarznuss in Deutschland

Wenn nicht heimische Arten eingebracht werden sollen, kann dies die waldbauliche Tätigkeit bereichern oder wirtschaftlich interessant sein. Doch Invasivität ist ein viel diskutiertes Thema (www4). Die Schwarznuss beinhaltet wie alle anderen *Juglans*-Arten die Substanz „Juglon“. Dieses ist bei der Schwarznuss jedoch in höherer Konzentration als bei ihren Artverwandten in Wurzeln, Blättern, Kätzchen, der inneren Rinde und Fruchthüllen enthalten. Es wirkt allelopathisch, wird vom

Regen aus den grünen Blättern gewaschen oder aus abgestorbenen Blättern oder Fruchthüllen an den Boden abgegeben. Da es jedoch schlecht wasserlöslich ist, verbreitet es sich wenig im Boden, sodass die Konzentration mit zunehmender Bodentiefe abnimmt. (BARTSCH, 1989). Eine toxische Wirkung soll nur entstehen, wenn das Juglon in Kontakt mit sensiblen Pflanzen gerät. Das Ausmaß hängt hierbei wohl maßgeblich von der Überschirungsdichte durch *Juglans nigra* und den Bodenbedingungen ab, vermutet BARTSCH (1989). Auswirkungen dieser Allelopathie sind hauptsächlich in der Krautschicht zu beobachten. Das Überleben einzelner anderer Baumarten unter *Juglans nigra* wird besonders von der Beschaffenheit des Bodens, der Lichtkonkurrenz und dem Vorhandensein verschiedener Mikroorganismen beeinflusst (SCHWINDEL 2019). In den aufgenommenen und besichtigten Beständen in den Rheinniederungen, scheint sowohl die Gemeine Esche, als auch der Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) weitgehend ungestört vom Schwarznussvorkommen zu wachsen und sich selbst in den aufgenommenen jungen Reinbeständen natürlich zu verjüngen (siehe Tabelle 1: Bestandesbeschreibung). So stellen auch EHRING, STEINACKER und NAGEL (2019) fest, dass es aktuell wenige Untersuchungen zur Allelopathie der Schwarznuss gibt. Die Allelopathie hat in der forstlichen Praxis und in den vorhandenen Anbauversuchen keine Relevanz gezeigt. Weiterhin erläutern EHRING, STEINACKER und NAGEL (2019), dass besonders aufgrund der hohen Standortsansprüche der Baumart, diese nicht als „Bedrohung“ für einheimische Arten anzusehen ist. Auch, dass sie in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet eher vergesellschaftet als in Reinbeständen vorkommt, spricht hierfür. Auch JOTZ et al. (2020) erwähnen, dass die Schwarznuss Konkurrenz durch andere Baumarten besser verträgt und dadurch für einen forstlichen Anbau in Mischbeständen geeignet ist.

Ein gewisses Restrisiko bei der Einbringung nichtheimischer Arten kann jedoch nicht gänzlich ausgeschlossen werden, da Auswirkungen auf den Naturhaushalt wenig untersucht und langfristig schwer einzuschätzen sind.

3. Material und Methodik

3.1. Untersuchungsflächen

Für die Untersuchungen in dieser Bachelorarbeit sollten Bäume, zur Untersuchung des Einzelbaumwachstums mittels Stammanalysen, aus Schwarznussbeständen entnommen werden. Zunächst wurden vier zu untersuchende Bestände (Abteilung 803 A2, 807 A2 und 808, A und 812 A2) innerhalb des Steiner Waldes ausgewählt und besichtigt (siehe Abbildung 3). Alle Bestände sollten nach anfänglichen Informationen in etwa gleich alt und gleichbehandelt worden sein. Durch Informationen aus dem Betriebsvollzugsbuch von HessenForst (siehe Anhang Abbildung 10 ff.) und dem optischen Erscheinungsbild der Bestände ergab sich im Nachhinein jedoch, dass in zwei dieser Bestände (812 A2 und 807 A2) bereits eine erste Durchforstung stattgefunden hatte. Die Aufnahme der Bestände erfolgte wie im Folgenden beschrieben, ebenso wurden Bestandeskennwerte für alle vier Bestände errechnet.

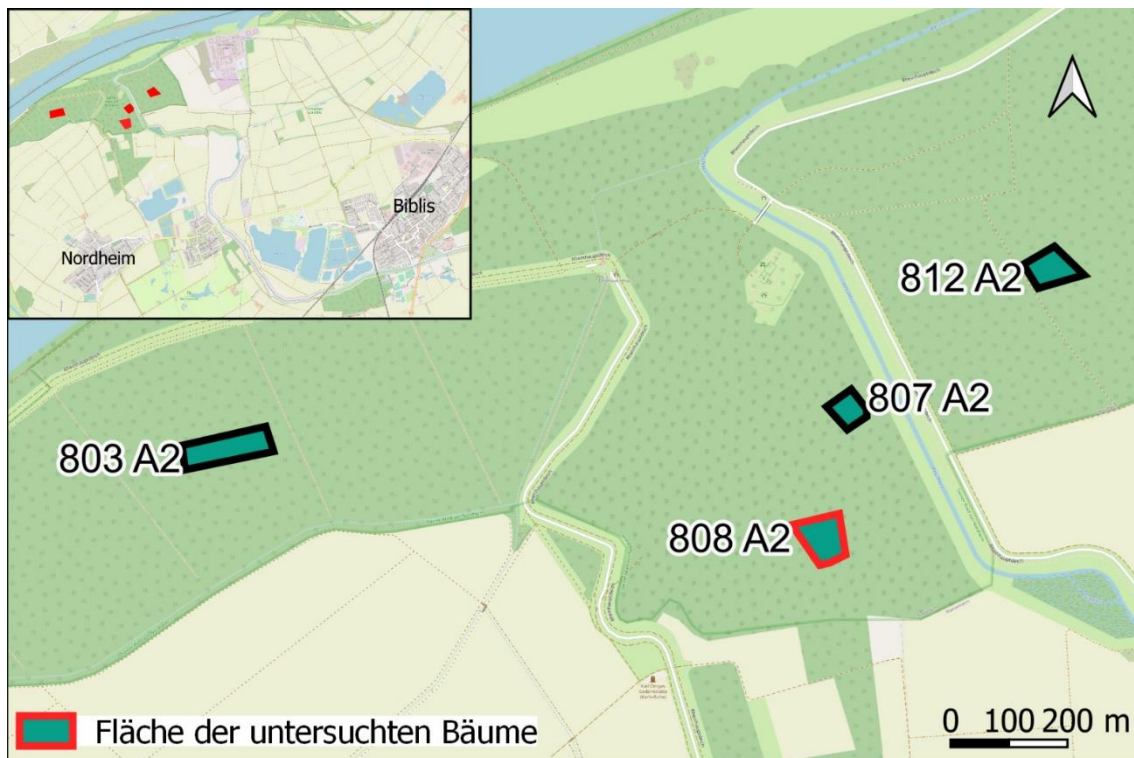


Abbildung 3: Karte der Untersuchungsflächen (Kartenerstellerin Lisa Hanke Hintergrundkarte (OPENTOPOMAP 2023; SWISSTOPO 2023a))

Die Entnahme der Bäume erfolgte schlussendlich nur aus einer der vier Flächen. Es wurde die Abteilung 808 A2 ausgewählt, da hier bisher keine Durchforstung stattgefunden hatte und sich die Bestandesdaten mit denen der Gesamtheit der Bestände sehr ähneln (siehe Kap.4.1). Ebenso sollte ausgeschlossen werden, dass durch Einflüsse mikroklimatischer Unterschiede die Daten der drei entnommenen Bäume zu stark beeinflusst und so nicht mehr vergleichbar wären (KLOTZ et al. 2008).

Die untersuchten Flächen liegen im hessischen Forstamt Lampertheim, im Revier Jägersburg und sind Teil des Naturschutzgebietes „Steiner Wald“. Sie sind Unterflächen von Staatswaldabteilungen und liegen in der Rheinaue auf einer Höhe von 88 Metern über dem Meeresspiegel. Sie zählen zum Bereich des Oberrheingrabens, nahe den Ortschaften Biblis und Nordheim, direkt an der hessischen Landesgrenze zu Rheinland-Pfalz. Sie gehören zum Wuchsgebiet „Odenwald“ und dem Wuchsbezirk der „Hessischen Rheinniederungen“. Die Flächen sind der Höhenstufe planar zuzuordnen. Die Klimatönung ist schwach subkontinental und entspricht somit der „zentralen Eichen-Mischwaldzone“ (HAFEA A-03).

Grundlage der Bodenbildung sind holozäne carbonathaltige Hochflutlehme mit geringem Skelettanteil. Bodenart ist schluffiger Lehm über tonigem Lehm. Der Standort ist feucht und eutroph und verfügt über einen Grundwasseranschluss. (www6)

Zur Übersicht über die großklimatischen Gegebenheiten, Temperaturen und Niederschläge wurden Werte der Wetterstation Mannheim (www5) verwendet. Die Daten beziehen sich auf einen Referenzzeitpunkt von 1999 – 2019. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 10,2 °C, die mittlere Temperatur während der forstlichen Vegetationszeit (FVZ) 16°C. Die jährlichen durchschnittlichen Niederschläge betragen 669 mm. Auch wenn die Jahresniederschläge für die Schwarznuss augenscheinlich als zu wenig erscheinen, wird dies durch den Grundwasseranschluss und Sickerwasser aus Rhein und Weschnitz ausgeglichen.

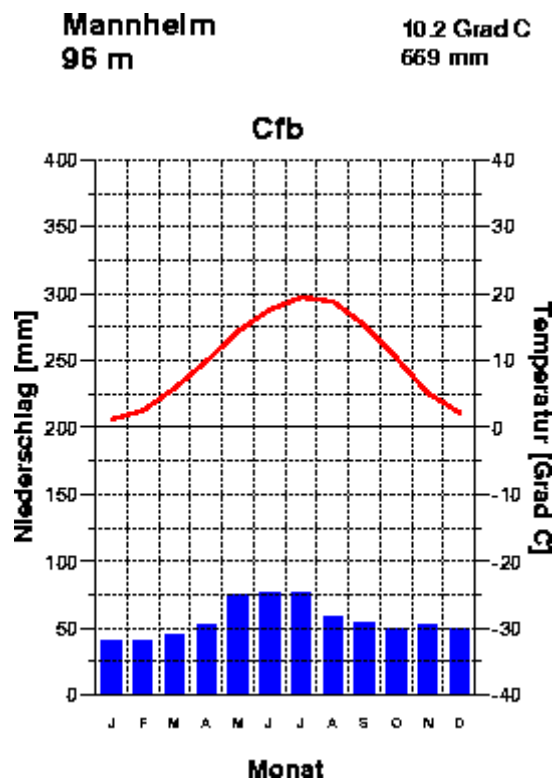


Abbildung 4: Klimadiagramm der Wetterstation Mannheim (CLIMATE DATA, 2023)

3.1.1. Geschichte der Untersuchungsfläche

Die untersuchten Unterabteilungen entstanden durch Saat auf ehemals mit Ulmen bestockten Flächen, welche im Zuge des „Ulmensterbens“ (www1) ausgefallen waren (mdl. Mitteilung, SCHEPP 2023). Es sind Schwarznussreinbestände, mit Schwarznuss im Zwischenstand und natürlicher Verjüngung aus Schwarznuss, gem. Esche und Bergahorn (siehe Anhang Tabelle 1: Bestandesbeschreibung). Die untersuchten Flächen liegen umrandet von älteren Schwarznuss- und Eschen-Beständen, in denen Einzelstammweise auch *Juglans intermedia* wächst.

Zur Geschichte des Schwarznussanbaus in den Rheinniederungen im Steinerwald erklärt SCHEPP (2022), dass verschiedenste Baumarten, hier Hickorynuss (*Carya sp.*), Eschenahorn (*Acer negundo*), Rot-Esche (*Fraxinus pennsylvanica*), Schwarzpappelhybriden (*Populus sp.*) und Walnuss (*Juglans regia*), und einige mehr neben der Schwarznuss, durch einen intensiven Austausch zwischen deutschen und amerikanischen Forstleuten versuchsweise eingebracht wurden. Die meisten Baumarten

kamen mit den Standortgegebenheiten nicht zurecht. Die Schwarznuss etablierte sich jedoch sehr gut.

Das Forstamt Lampertheim ist für das Vorkommen der Schwarznuss bekannt, insgesamt sind in dem Forstamt knapp 40 ha bestandesbildend mit dieser Baumart bestockt (mdl. Mitt., SCHEPP 2023). Die Bestände sind im Durchschnitt 36 Jahre alt. Das maximale Alter beträgt in etwa 130 Jahre. Die älteren Bestände sind keine Reinbestände. Hier kommen als Mischbaumarten hauptsächlich Eiche (*Quercus petraea* und *Quercus robur*) und Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior*) vor und diese verjüngen sich ebenfalls natürlich.

3.2. Bestandsaufnahme

Alle im weiteren Verlauf erwähnten Formeln wurden aus KRAMER UND AKÇA (2008) entnommen, auf weitere Quellen wurde separat verwiesen. Zunächst wurden quantitative Bestandesdaten erhoben, auf welche im Folgenden noch weiter eingegangen wird.

3.2.1. Datenerhebung durch Vollkluppung

Die Vollkluppung gilt als genaueste Methode, um eine Durchmesserklassenverteilung und die Grundfläche von Beständen zu ermitteln. Der Grundflächen-Fehler liegt bei 0,3 %. Auch wenn diese Methode im Vergleich zu anderen Verfahren aufwendiger ist, wurde sie gewählt, um möglichst genaue Ausgangsdaten über den Bestand generieren zu können. Hinzu kommt, dass sich die Vollkluppung auch auf Grund der geringen Flächengröße (siehe Tabelle 2) als Verfahren anbot. (KRAMER UND AKÇA 2008)

Hierbei wurde mittels einer Kluppe der Brusthöhendurchmesser (BHD, 1,3 m) aller Bäume mit einem BHD ≥ 7 cm ermittelt. Da es sich hierbei zwar um einen Schwarznussreinbestand handelt, dieser sich jedoch bereits natürlich verjüngt hat, wurde eine Unterscheidung in Schichten (Unterstand und Hauptbestand) vorgenommen. Hierbei wurde die soziologische Stellung als Unterscheidungskriterium

genutzt. Für diese Arbeit wurden die Ober- und Mittelschicht als Hauptbestand zusammengefasst und die Bäume der Unterschicht als Unterstand aufgenommen. Die Zuordnung der Bäume in die entsprechenden Schichten erfolgte visuell, mit Hilfe der Kraft'schen Klassen. Hierzu wurde die Kronensituation gutachterlich eingeschätzt. Wenn die Kronen deutlich unterhalb der Krone der Mehrzahl der Bäume waren, wurden diese Bäume dem Unterstand zugeteilt. Wenn die Kronen deutlich in der Oberschicht waren, wurden die entsprechenden Bäume dem Hauptbestand zugeteilt, diese Zuteilung geschah in Anlehnung an BARTSCH et al. (2022).

Bevor die Messungen begannen, wurde mittels eines Kreppbandes die BHD-Höhe bei 1,30 m an der Jacke der Person markiert, die die Bäume gekluppt hat. Um zu verhindern, dass Bäume mehrfach aufgenommen werden, wurden die bereits vermessenen Bäume mit Kreidekreuzen an zwei Seiten des Stammes markiert. Die Werte wurden zentimetergenau abgelesen, mathematisch gerundet und direkt vor Ort in eine digitale Kluppliste (siehe Anhang Tabelle 2) in das Programm Microsoft Excel übertragen. Um systematische Messfehler zu vermeiden, wurde die Klupprichtung bei den einzelnen Messungen immer wieder geändert. Der Grundflächenfehler beträgt 0,3% bei Aufnahmen von Versuchsflächen, als welche dieser Bestand gewertet werden kann (KRAMER UND AKÇA 2008).

3.2.2. Bestandeshöhenkurve

Des Weiteren wurden in allen Beständen Höhen-Durchmesser Wertepaare aufgenommen um anschließend eine Bestandeshöhenkurve erstellen zu können. Da die Höhenentwicklung eines Baumes weitgehend unabhängig von der waldbaulichen Behandlung ist (KRAMER UND AKÇA 2008), macht es keinen Unterschied aus welchem Bestand die Bäume später entnommen werden. Nach KRAMER und AKÇA (2008) ist es schwer, alle Höhen eines Bestandes aufzunehmen. Daher fand lediglich eine Erhebung bei einer begrenzten Anzahl repräsentativer Exemplare in verschiedenen Durchmesserklassen statt. Insgesamt wurden 30 Wertepaare über alle

Bestände aufgenommen. Dies geschah mit Hilfe eines TRUEPULS 200 Höhenmesser, welcher nach trigonometrischem Prinzip arbeitet. Die Aussagekraft ist vorhanden, da ein starrer stochastischer Zusammenhang zwischen BHD und Baumhöhe in einem Bestand besteht (KRAMER UND AKÇA 2008). Die aufgenommenen Werte wurden ebenfalls direkt im Bestand in Excel übertragen.

Die Flächengröße, welche im betrieblichen GIS von HessenForst angegeben ist, stimmte augenscheinlich nicht mit der tatsächlichen Flächengröße überein. Deshalb wurde diese auch gesondert ermittelt, um verlässliche Werte bei der Hochrechnung auf einen Hektar zu erhalten. Hierfür wurden die Außengrenzen des Bestandes zunächst mit Blau markierten Stäben abgesteckt. Dies gewährleistete zudem, dass nur Bäume innerhalb der vermessenen Fläche aufgenommen wurden. Anschließend wurden mit Hilfe des mobilen GIS von HessenForst die markierten Punkte eingemessen und es konnte am Computer im „BGIS“ die tatsächliche Flächengröße bestimmt werden.

3.3. Auswertung der Voraufnahmen

Zur Darstellung der Bestandessituation sollen die wichtigsten waldwachstumskundlichen Parameter, eine Bestandeshöhenkurve und eine Durchmesserverteilung erstellt werden.

3.3.1. Durchmesserverteilung

Eine Durchmesserverteilung eignet sich gut, um die Struktur von Beständen zu veranschaulichen und zu beschreiben. Die Durchmesserverteilungen wurden getrennt für den Haupt- und Unterstand mit Hilfe von Microsoft Excel erstellt. Hierbei wurde die Häufigkeit eines Durchmessers im Bestand dargestellt (siehe Abbildung 8). In gleichaltrigen Reinbeständen nähern sich Durchmesserverteilungen laut KRAMER UND AKÇA (2008) der Form einer Normalverteilung an. Nach der ersten selektiven Durchforstung eines gleichaltrigen Reinbestandes mit Normalver-

teilung, bekommt die Verteilung abhängig von Durchforstungsart und -stärke eine links- bzw. rechtsseitige Schiefe.

Um die Heterogenität des Bestandes abbilden zu können, wird der Variationskoeffizient verwendet (PRETZSCH 2019). Dieser wurde ebenfalls mit Hilfe von Excel errechnet. Er ist ein Streuungsmaß und drückt die Standardabweichung in Vielfachen des Mittelwertes aus. Eine Verteilung mit einem relativen Variationskoeffizienten, der über 30 % liegt, deutet auf eine weite Streuung hin und spricht für eine mehrgipflige Verteilung (HEDDERISCH et al. 2020).

3.3.2. Bestandeshöhenkurve

Um die zuvor aufgenommenen Daten zur Bestandeshöhenkurve weiterverarbeiten zu können, wurde zunächst ein Punktdiagramm in Excel erstellt. Die Bestandeshöhenkurve wurde anschließend durch eine logarithmische Ausgleichsfunktion der entstanden Punktwolke dargestellt. Hierbei ist es jedoch nach KRAMER und AKÇA (2008) wichtig, sogenannte „Ausreißer“ nicht zu berücksichtigen.

Durch die Eingabe eines jeweiligen BHD-Wertes in die Formel der Ausgleichsgerade (siehe Formel 1), kann jedem Baum eine Höhe zugeordnet werden. Die Genauigkeit der Ausgleichsfunktion wird zum einen durch die Präzision in der Durchführung der Messungen beeinflusst, zum anderen herrscht auch eine biologisch bedingte Streuung vor, welche maßgeblich durch die Baumart und die Struktur des Bestandes bestimmt wird (KRAMER UND AKÇA 2008). Das Bestimmtheitsmaß der Ausgleichsgerade wird ebenfalls von Excel angegeben und entspricht einem Wert zwischen 0 und 1. Je größer der Wert ist, desto straffer stellt sich der Zusammenhang zwischen BHD und Höhe dar.

$$y = 15,458 \ln(x) - 23,469$$

Formel 1: Ausgleichsfunktion der Bestandeshöhenkurve

Um eine Vergleichbarkeit mit anderen Beständen oder Baumarten schaffen zu können, wurden über die Vollkluppung noch weitere Bestandesparameter ermit-

telt. Hierzu zählen die Stückzahl, das Bestandesvolumen und die Bestandesgrundfläche. Diese Daten geben Auskunft über die Leistungsfähigkeit des Bestandes.

3.3.3. Bestandesgrundfläche

Die Bestandesgrundfläche ist ein wichtiger forstlicher Weiser über die Leistungsfähigkeit, ebenfalls wird sie häufig als quantitativer Vergleichswert verwendet. Zur Ermittlung der Bestandesgrundfläche wird in Excel für jeden gekluppten Baum die Kreisfläche, also die Grundfläche (g_i) auf Brusthöhe ($d_{1,3}$) errechnet.

$$g_i = \pi * \left(\frac{d_{1,3i}}{2}\right)^2$$

Formel 2: Kreisfläche eines Baumes auf BHD

Anschließend werden alle Grundflächen addiert und mit der Flächengröße verrechnet. Hieraus ergibt sich die Bestandesgrundfläche je Hektar. Auch diese Kennwerte wurden zunächst für den Haupt- und Unterstand getrennt berechnet.

3.3.4. Bestandesvolumen

Eine weitere besonders forstwirtschaftlich relevante Kennzahl ist der Bestandesvorrat. Der Bestandesvorrat kann durch eine abgewandelte Version des Massentafelverfahrens hergeleitet werden. Dazu werden die Durchmesserklassenmitten, welche sich aus der Vollkluppung ergeben, in die Ausgleichsfunktion der Bestandeshöhenkurve eingesetzt. Weiterhin wird für jede Durchmesserklassenmitte auch die entsprechende Grundfläche errechnet. Damit nun jeder Durchmesserklasse eine Formzahl zugewiesen werden kann, wird eine Formzahl-Durchmesser-Regression erstellt (siehe 4.4.3). Diese Regression wird mit einer Potenzfunktion ausgeglichen. In die Formel dieser Ausgleichsfunktion können nun wiederum die Durchmesser der Klassenmitten eingesetzt werden und es ergeben sich für diese Formzahlen. Anschließend kann für jede Durchmesserklasse aus dem Produkt der Stückzahl (n), Kreisfläche (g), Höhe (h) und Formzahl (FZ), das Volumen errechnet werden.

$$Volumen = n_{Klasse} * g_{Klassenmitte} * h_{Klassenmitte} * FZ_{Klassenmitte}$$

Formel 3: Formel zur Herleitung des Bestandesvolumens

3.4. Praktische Durchführung der Stammanalyse

Als Grundlage dieser Bachelorarbeit sollen an drei Bäumen des untersuchten Bestandes Stammanalysen durchgeführt werden. Für die Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist es von Vorteil, Bäume des gleichen Alters zu untersuchen. Um dies zu gewährleisten, wurde im Bestand, wie in Kapitel 3.2.1 bereits erläutert, eine Unterteilung in Schichten vorgenommen. Die entnommenen Bäume, stammten alles aus dem Baumkollektiv des Hauptbestands.

3.4.1. Auswahl der Untersuchungsbäume

Das Ziel bei der Auswahl der Probestämme sollte es sein, Bäume auszuwählen, die die Gesamtheit des Bestandes (hier der Hauptbestand, also die in den 1980er Jahren gesäten Bäume) am besten repräsentieren. Um dies zu gewährleisten, wurde ein Baum mit dem Durchmesser des Grundflächenmittelstammes (BM) ausgewählt, da dieser oft in Ertragstafeln verwendet wird und in etwa dem Massenmittelstamm entspricht (KRAMER UND AKÇA 2008). Des Weiteren wurde ein vorherrschender Baum der Kraft'schen Klasse 1 (BH) und ein gering mitherrschender Baum der Kraft'schen Klasse 3 (BK3) ausgewählt. Für diese Bäume wurden zunächst auf Grundlage der durch die Vollkluppung erhobenen Daten, statistische Durchmesser und Höhen errechnet.

Hierbei wurde zunächst aus den berechneten Grundflächen und der Summe der Messungen (N) der **Grundflächenmittelstamm** (\bar{g}) mit Formel 4 errechnet.

$$\bar{g} = \frac{\sum_{i=1}^N g_i}{N}$$

Formel 4: Formel zur Berechnung des Grundflächenmittelstammes

Die Errechnung des **Durchmessers des Grundflächenmittelstammes** erfolgte dann anschließend durch Einsetzen von \bar{g} in Formel 5 und es ergibt sich d_g .

$$d_g = 2 * \sqrt{\frac{\bar{g}}{\pi}}$$

Formel 5: Formel zur Berechnung des Durchmessers des Grundflächenmittelstammes

Zusätzlich zur optischen, gutachterlichen Einschätzung, wurden ebenso statische Werte für die anderen beiden Probebäume ausgerechnet. Um einen „Richtwert“ für den Baum der Kraft’schen Klasse 1 zu erhalten wurde die **WEISEsche Oberhöhe** verwendet. Diese bildet die mittlere Höhe des Kollektivs der 20% stärksten Bäume des Bestandes ab. Hierfür wurden für dieses Baumkollektiv wie zuvor bereits beschrieben \bar{g} und d_g errechnet. Zur statistischen Klassifizierung des Durchmessers des Baumes BK3 wurde ebenso verfahren, nur wurde hierfür das Kollektiv der 20% schwächsten Bäume verwendet.

Um Aufschluss über die zu erwartende Höhe der Bäume zu erlangen, wurden die errechneten Werte d_g anschließend in die Ausgleichsfunktion der Bestandeshöhenkurve eingesetzt.

Zusätzlich zu diesen statistisch errechneten Kennwerten wurde bei der Auswahl der Probebäume ebenso auf qualitative Merkmale geachtet. Hierbei ist besonders von Bedeutung, dass die Bäume eine wipfelschäftige Form aufweisen, da dies die Entnahme der Stammscheiben im Nachhinein maßgeblich erleichtert. Zudem wurde ebenfalls darauf geachtet, keine Bäume zu entnehmen die unmittelbar am Bestandesrand wachsen, um auch hier mögliche Randeffekte ausschließen zu können. Im Bestand wurden Bäume ausgewählt, welche die zuvor beschriebenen Kriterien erfüllten und hierbei mit ihrem Wachstum möglichst wenig von den errechneten Werten abwichen (siehe Tabelle 4).

Der Baum, welcher als charakteristisch für das Kollektiv der 20 % stärksten Bäume und somit als (Vor-) Herrschender (BH) ausgewählt wurde, gehörte in seiner sozialen Stellung der Kraft’schen Klasse 1 an. Er wuchs in einer Baumgruppe mit drei direkten Nachbarn, die ihn in der Krone jedoch nicht beeinträchtigten (siehe Anhang Abbildung 4: Kronenkarte BH).

Der Baum, welcher annähernd der Höhe und dem Durchmesser des Grundflächenmittelstammes (BM) entsprach, konnte der Kraft'schen Klasse 2 zugeordnet werden. Er hatte eine gut ausgeformte Krone und gehörte der herrschenden Bestandesschicht an (siehe Anhang Abbildung 6: Kronenkarte BM). Er wuchs in einer Baumgruppe, durch welche er von drei Seiten von Nachbarbäumen in der Kronenausformung beeinträchtigt war

Der Baum BK3 der Kraft'schen Klasse 3 entspricht der Definition der Klasse „gering mitherrschende Bäume mit noch ziemlich normal geformter, aber schwacher und eingeklemmter Krone“ (DIETZ et al. 2019). Er kann noch als mitherrschend eingestuft, also zum Hauptbestand gezählt werden, seine Krone ist jedoch deutlich eingeklemmt und er wird von allen Seiten durch in der sozialen Stellung höherstehende Bäume bedrängt (siehe Anhang Abbildung 8: Kronenkarte BK3).

Bei allen Bäumen wurden auf 0,3 m und 1,3 m Markierungen angebracht, um anschließend die Scheiben der entsprechenden Höhen entnehmen zu können. Auch die weiteren Entnahmestellen wurden von hier aus markiert. Des Weiteren wurden mit Hilfe einer Bussole die Himmelsrichtungen am stehenden Stamm angezeichnet, um auch diese im weiteren Verlauf auf allen Scheiben anzeichnen zu können.

3.4.2. Kronenvermessung und Konkurrenzanalyse

Es wurden Kronenfotos erstellt und die Kronen der Entnahmebäume sowie ihrer Nachbarbäume abgelotet. Dies wurde durchgeführt, da der Konkurrenzdruck, welcher ggf. durch benachbarte Bäume auf den Entnahmebaum wirkte, einen maßgeblichen Einfluss auf sein Wachstum gehabt haben kann (MERKEL 2023).

Zur Darstellung der Kronenschirmfläche wurde die flexible Extremwertmethode verwendet. Bei Laubbäumen, welche in der Regel eine weniger gleichmäßige Krone als Nadelbäume haben, wird diese als aussagekräftiger gegenüber der systematischen Messung mit 4 bis 8 nach Gradzahl definierten Messpunkten erachtet

(MÜLLER et al. 2022). Bei der flexiblen Methode werden die Extrempunkte der Krone vermessen. Hierbei wurde ein Maßband auf Höhe des BHDs am Stamm angehalten und die Entfernung zum Kronenrand gemessen. Diese Stellen wurden durch Hochblicken ermittelt. Zu der gemessenen Entfernung zum Extrempunkt wurde im Nachhinein der Radius des Baumes addiert. Zusätzlich wurde der Azimut vom Stamm zum Extrempunkt notiert. Mit den weiteren Extrempunkten wurde analog verfahren.

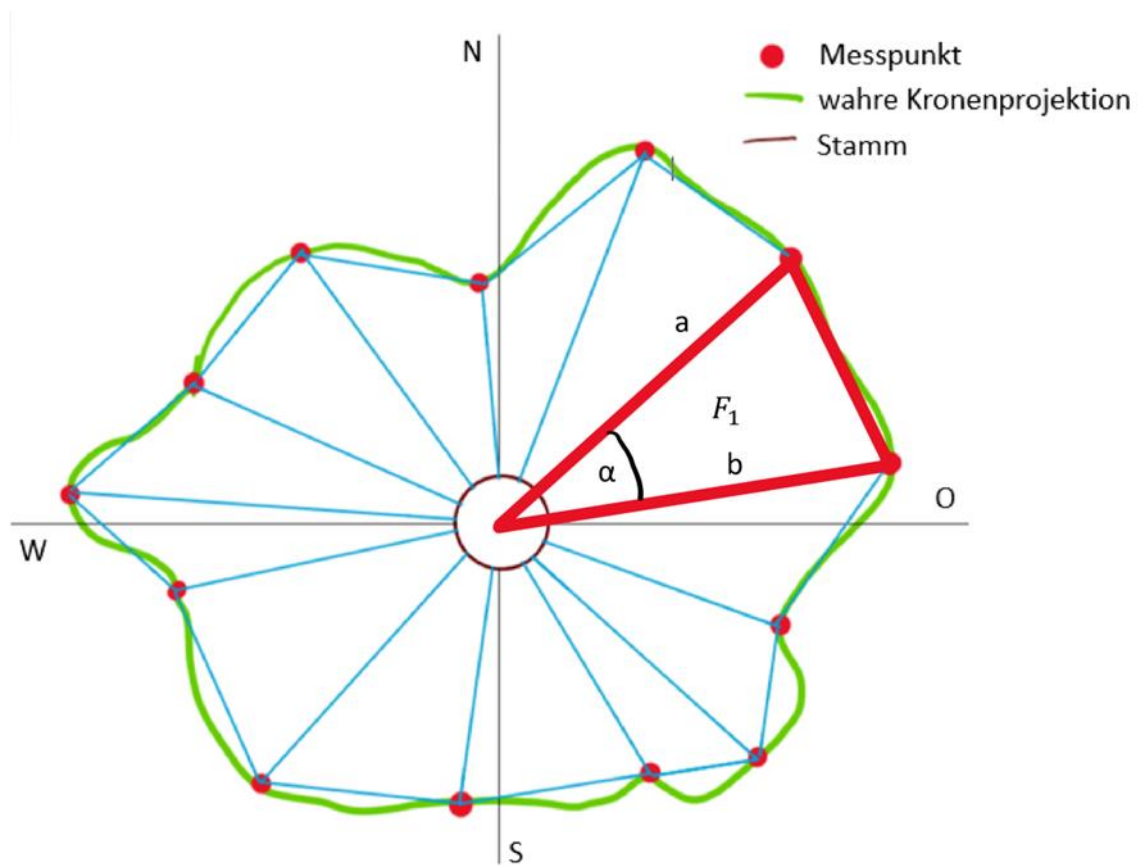


Abbildung 5: Darstellung der Kronenschirmflächenvermessung (MÜLLER et al. 2022)

Zusätzlich wurden der BHD, die Höhe, die Kronenansatzhöhe und die soziale Stellung, in Form der Kraft'schen Klasse, aller Bäume notiert (siehe Anhang Tabelle 3, Tabelle 4, Tabelle 5). Die Kronenschirmfläche wurde über den Flächeninhalt der einzelnen Dreiecke errechnet (siehe Formel 6 und Formel 7).

$$F1 = \frac{1}{2} * a * b * \sin(\alpha)$$

Formel 6: Formel des Flächeninhalts von Dreiecken

$$F_{ges.} = F1 + F2 + (...)$$

Formel 7: Formel des Flächeninhalts der Kronenschirmfläche

Ein weiterer wichtiger Parameter ist die Kronenmantelfläche, denn sie korreliert stark mit der Photosyntheseleistung eines Baumes. Laut KRAMER UND AKÇA (2008) kann die Krone eines Laubbaumes als Paraboloid- oder Kegelmantelfläche beschrieben werden. Bei der Verwendung der Paraboloidfläche kann folgende Formel verwendet werden (siehe Formel 8):

$$KMF = \frac{\pi * r}{6 * h^2} \left[(4h^2 / r^2) \frac{3}{2} \right] - r^3$$

Formel 8: Formel zur Berechnung einer Paraboloidfläche

Um die Bäume mit ihren Nachbarbäumen sowie deren Kronen anschließend räumlich besser einordnen und auch Kronenkarten erstellen zu können, wurde zusätzlich für jede Baumgruppe ein Bezugspunkt gesetzt und die Entfernung sowie die Gon Zahl der Stämme zu diesem Punkt eingemessen. Mit Hilfe dieser Werte wurde mit dem Programm Q-GIS eine Kronenkarte für jeden Entnahmebaum erstellt (siehe Anhang Abbildung 4, Abbildung 6, Abbildung 8).

3.4.3. Praktische Durchführung im Bestand

Die zuvor markierten und abgeloteten Bäume wurden im Bestand mit Hilfe der Forstwirt*innen des Forstamtes Lampertheim gefällt. Hierfür wurde zwischen 0,3 m und 1,3 m ein Fallkerb angelegt. Dabei wurde die Fällrichtung besonders sorgfältig ausgewählt, um Brüche der zu untersuchenden Stämme durch Kollisionen mit dem umgebenden Bestand zu verhindern. Anschließend wurden nach dem Asten am liegenden Stamm die Entnahmestellen für die Stammscheiben mittels eines Maßbandes ausgemessen und mit Forstmarkierfarbe angezeichnet. In diesem Schritt wurde auch die Gesamtlänge des Baumes ermittelt. Entlang der markierten Striche wurden im Anschluss die Stammscheiben geschnitten. Diese hatten eine Breite von 10 cm, da davon ausgegangen wurde, dass dies die Wahrscheinlichkeit eines Aufreißens der Scheiben verringern würde. Die Stammscheiben

wurden direkt vor Ort sowohl mit der Bezeichnung für den Baum, der Entnahmhöhe als auch der Himmelsrichtung beschriftet. Die Scheiben wurden anschließend mit Abstand auf einer Palette gelagert, um durch allseitige Belüftung und langsame Lufttrocknung ein Aufreißen und Schimmeln zu verhindern.

3.4.4. Auswertung der Stammscheiben

Nach etwa drei Wochen Trockenzeit wurden in die größeren Scheiben mit Hilfe eines Bosch Elektrohobels entlang der vorher angezeichneten Himmelsradialen Kreuze hineingehobelt. Dies bietet sich laut KRAMER und AKÇA (2008) an, um die Jahrringgrenzen und den Jahrringverlauf beim Vermessen besser zu erkennen. Bei den schmaleren Scheiben wurde ein Bandschleifer mit der Körnung 80 verwendet, da der Hobel für diese zu breit war. Diese Scheiben konnten genauso gut vermessen werden, wie die gehobelten.

Entlang des vorher markierten Kreuzes, wurden in alle vier Himmelsrichtungen die Jahrringe vermessen. Dabei musste beachtet werden, dass in jeder Himmelsrichtung dieselbe Anzahl an Jahrringen vorhanden ist. Das Augenmerk liegt hier besonders auf Scheinjahrringe oder sehr nah beieinander liegende Jahrringe, da diese das Ausmessen oft erschweren. Um die Jahrringstruktur deutlich sichtbar zu machen, wurden die Stammscheiben mit Wasser bestrichen. Es wurden Perioden aus jeweils drei Jahrringen gebildet. Diese wurden von außen (Rinde) nach innen (Mark) mit Stecknadeln abgesteckt und auf diese Weise markiert. So wurden jeweils vom äußersten vollständigen Jahrring ausgehend Spätholzbündel von drei Jahrringen markiert. Die innerste Nadel wurde in die Mitte der Markröhre gesteckt. Bestand die letzte Periode nicht aus drei Jahrringen, war sie unvollständig und die Anzahl der Ringe wurde notiert.

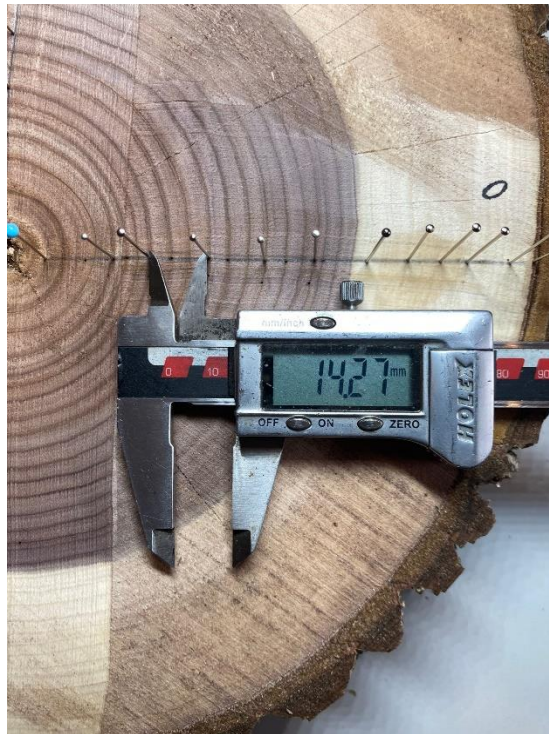


Abbildung 6: Foto der Vermessung von Jahrringbündeln

Anschließend wurden die zuvor abgesteckten Jahrringbündel mittels einer elektronischen Schieblehre vermessen und die Werte mit einer Genauigkeit von 1/100 mm in MS Excel übertragen. Auf jeden Wert wurden anschließend 0,66 mm hinzugerechnet, da dies einer Nadelbreite entspricht. Dieses Vorgehen wurde bei jeder Stammscheibe wiederholt.

3.4.5. Verwendung der Software „Stanly“

Zur Auswertung der Daten wurde die Software „Stanly“ verwendet. Diese wurde 1989 von NAGEL entwickelt und ermöglicht es, interaktive Stammanalysen durchzuführen. Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde die Studierendenversion dieses Programmes verwendet. Die Eingabe der Daten erfolgt über ein Editor-Programm nach einem fest vorgeschriebenen Format nach der Anleitung von MÜLLER (2020) (siehe Anhang Abbildung 14). Hierbei ist besonders auf die Eingabe von Leerzeichen und Leerzeilen zu achten, sowie die Übereinstimmung der Anzahl der gemessenen Perioden auf jeder Scheibe. Des Weiteren wurden die Baumbezeichnung, das Entnahmejahr, die Gesamthöhe und die Anzahl der vermessenen Schei-

ben aufgeführt. Ebenso wurde für jede Scheibe die Entnahmehöhe noch einmal gesondert eingegeben. Hierbei ist das gewissenhafte und genaue Eintragen der Werte, sowie das Einhalten des Formates wichtig, da das Programm die Daten ansonsten nicht einlesen kann.

Bei der untersten Scheibe (0,3 m Entnahmehöhe) beginnend wurden von außen bis zur Markröhre die gemessenen Breiten der Jahrringbündel eingegeben. Hier wurde mit dem Nord-Radius begonnen und anschließend mit den Radien nach Osten, Süden und Westen ebenso verfahren.

Durch die Eingabe der Radien kann das Programm den gemittelten Durchmesser für jede Scheibe gesondert herleiten. Für die Darstellung kann in der Benutzeroberfläche des Programms zwischen quadratischer oder arithmetischer Herleitung unterschieden werden. Außerdem kann bei der Höhen- und Volumenherleitung zwischen einer linearen- und einer spline-Interpolierung gewählt werden. Für diese Arbeit wurden bei der Durchmesserherleitung die quadratische Herleitung und bei der Volumen- und Höhen-Interpolation die spline Einstellung gewählt (MÜLLER 2023).

Durch das Programm werden anschließend Tabellen erstellt, welche die Baumentwicklung des jeweiligen Baumes wiedergeben. Hierbei werden in dem jeweiligen Alter die Höhe der BHD und das Stammvolumen dargestellt (siehe Kap.4.4.3). Das Programm geht hierbei davon aus, dass jeder eingegebene Jahrringabstand einem Jahrring angehört. Dies muss im Nachhinein mit der Periodenbreite, in diesem Fall drei Jahre, verrechnet werden. So wurden Periodenende und Periodenbeginn sowie das Mitteljahr der Periode händisch ergänzt.

Des Weiteren werden durch „Stanly“, mittels Interpolation der eingegebenen Daten, Schaftkurven erstellt. Dies dient dazu, das Durchmesser- und Höhenwachstum der Bäume nachvollziehen zu können. Um das Alter der Bäume zu bestimmen, wurden die Jahrringe auf der Scheibe in Höhe von 0,3 m gezählt. Laut KRAMER und AKÇA (2008) wird gutachterlich die Anzahl der Jahre hinzugerechnet, von

denen man ausgeht, dass der Baum sie gebraucht hat, um diese Höhe zu erreichen. Für diese Arbeit wird von einem Erreichen der Höhe von 0,3 m innerhalb des ersten Wuchsjahres ausgegangen. Dies wird in Kapitel 4.4. näher erläutert.

3.4.6. Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte aus dem Datenoutput des Programms „Stanly“ mit Hilfe des Programms MS Excel. Das Ziel der Stammanalyse ist, das Wachstum der Schwarznuss darzustellen und zu analysieren. Hierfür wurden (die Dimensionen der) Höhe, der Durchmesser und das Volumen interpretiert. Der Zuwachs, welcher zur Vergleichbarkeit herangezogen werden kann, ergibt sich aus dem Wachstum in einer definierten Zeitperiode. Die Zuwachskurve ist somit die erste Ableitung der Wachstumskurve. Der Zuwachs und die Entwicklung der Höhe und der Form des Baumes kann laut PRETZSCH (2019) als Indikator für seine Fitness und Konkurrenzkraft betrachtet werden.

Hierbei sollen die intraspezifischen Wuchsunterschiede zwischen den drei untersuchten Bäumen dargestellt werden.

Intraspezifische Darstellung

In Abhängigkeit vom Baumalter wurden zunächst die Höhen-, Durchmesser- und die Volumenentwicklung der drei untersuchten Bäume dargestellt. Hierbei können durch den direkten Vergleich, auch hinsichtlich der Unterscheidung der sozialen Stellung der Bäume Rückschlüsse auf die Dimensionsentwicklung und mögliche Einflussfaktoren dieser gezogen werden. Zur Darstellung wurden mit den durch „Stanly“ generierten Daten in Excel Liniendiagramme erstellt, welche die Werte der Höhen-, Durchmesser- und Volumenentwicklung der Bäume fortlaufend mit dem Alter der Bäume graphisch darstellen. Analog wurden so auch die entsprechenden Zuwächse der Bäume ermittelt und dargestellt. Hierfür wurde immer die Differenz der Werte zweier aufeinanderfolgender Perioden gebildet und durch die Länge der Periode geteilt. So ergibt sich der durchschnittliche periodische Zu-

wachs. Dieser wurde ebenfalls graphisch durch ein Liniendiagramm über die Jahreszahl der Periodenmitte aufgetragen und dargestellt.

Darüber hinaus wird die **Formzahlentwicklung** der untersuchten Bäume im Laufe des Baumlebens dargestellt. Um die Schaftform von stehenden Bäumen bewerten zu können werden Schaftkurven, unechte Ausbauchungsreihen, das h/d-Verhältnis sowie unechte Formzahlen genutzt. KRAMER (1988) beschreibt, dass den Formzahlen hierbei die größte Bedeutung zugesprochen wird. Um die unechte Formzahl herzuleiten, muss zunächst das Volumen des Bezugszylinders errechnet werden. Hierzu wird die Höhe des Baums mit der Grundfläche in 1,3 m Höhe verrechnet. Die Formzahl gibt dann den Reduktionsfaktor an, mit welchem das Volumen des „Idealzylinders“ multipliziert werden muss, um das tatsächliche Volumen des Baumes zu erhalten. Somit ist die Formzahl ein Kennwert über die Formigkeit des Baumes und es kann hierüber abgeleitet werden, wie vollformig ein Baum ist. Um die Formzahlen der einzelnen Bäume zu ermitteln, wurde mit den „Stanly“-Daten für Höhe und BHD, zunächst das Volumen des Bezugszylinders für die betrachteten Jahresperioden ermittelt (siehe Formel 9)(PRETZSCH, 2002).

$$V_{\text{Bezugszylinder}} = \frac{\pi}{4} * d_{1,3}^2 * h$$

Formel 9: Formel zur Berechnung des Volumens des Bezugszylinders

Darauffolgend wurde das von „Stanly“ ermittelte Baumvolumen in der gegebenen Jahresperiode durch das Volumen des Bezugszylinders geteilt. Auch die Formzahlentwicklung wird im Vergleich aller drei Bäume als ein Liniendiagramm graphisch dargestellt.

Zur Charakterisierung der Stabilität und der Vitalität verschiedener Bäume wird das **h/d-Verhältnis** oder auch der **Schlankheitsgrad** herangezogen (PRETZSCH 2002). Er wird heutzutage auch zur Bewertung der Stabilität ganzer Bestände verwendet. Der Schlankheitsgrad ist vor allem von der sozialen Stellung, der Baumart und dem Standraum der Bäume abhängig. Deshalb kann dieser stark von

der Bestandesbehandlung beeinflusst sein. Mit Abnahme des Schlankheitsgrades nimmt die Resistenz gegen Schneebruch- oder Windschäden zu. Zur Ermittlung der h/d-Werte wird in jeder Jahres-Periode die Höhe [m] durch den BHD [m] geteilt. Auch hier kann durch eine graphische Darstellung die Entwicklung der Schlankheitsgrade im fortlaufenden Alter der Bäume betrachtet werden (KRAMER UND AKÇA 2008).

Alle ermittelten Werte wurden über das Mitteljahr der entsprechenden Periode und somit dem Baumalter aufgetragen. Dies ermöglicht Aussagen über baumartenspezifische Wachstumstrends und den Vergleich mit anderen Baumarten im gleichen Alter.

Interspezifische Darstellung

Um die Wuchsleistung der Schwarznuss in ein Verhältnis bringen zu können, wurden die ermittelten Werte mit denen der Esche, der Roteiche (*Quercus rubra*) und der Pappel verglichen. Da die Schwarznuss als Alternative zu heimischen Baumarten auf den Eschenstandorten gilt, ist es hier besonders interessant, die Wuchsleistungen beider Baumarten miteinander zu vergleichen (www10). Die Werte für die Esche wurden der Ertragstafel nach VOLQUARDTS (1958) aus „Ertragstafeln wichtiger Baumarten“ (Schober 1987) entnommen. Auch wenn die Standortansprüche der Baumarten nicht vollständig übereinstimmen, wurde der Vergleich mit der Roteiche herangezogen, da diese ebenfalls als sehr wüchsige Baumart gilt und auch die Holzqualität im höheren Bereich liegt. Ebenso gilt die Roteiche heute als die wichtigste eingeführte Laubbaumart in Europa (www11). Die Daten für die Roteiche entstammen der Ertragstafel nach BAUER (1955) aus „Ertragstafeln wichtiger Baumarten“ (SCHÖBER 1987). Des Weiteren wurde die Wuchsleistung der Robusta-Pappel als Vergleich herangezogen. Die Holzqualität der Pappel ist der der Schwarznuss unterlegen. Sie ist jedoch als sehr wüchsige Laubbaumart bekannt. Die Werte wurden den Ertragstafeln nach RÄTZEL (1969) aus „Ertragstafeln wichtiger Baumarten“ (SCHÖBER 1987) entnommen.

4. Ergebnisse

4.1 Bestandesdaten

Die Bestandeshöhenkurve der aufgenommenen vier Bestände weist mit einem Bestimmtheitsmaß der logarithmischen Ausgleichsgerade von 0,7061 einen straffen Zusammenhang zwischen der Baumhöhe [m] und dem Durchmesser [cm] in 1,3 m auf.

$$y = 15.458 \ln(d_{1,3}) - 23.469$$

Formel 10: Funktion der Ausgleichsgerade der Bestandeshöhenkurve

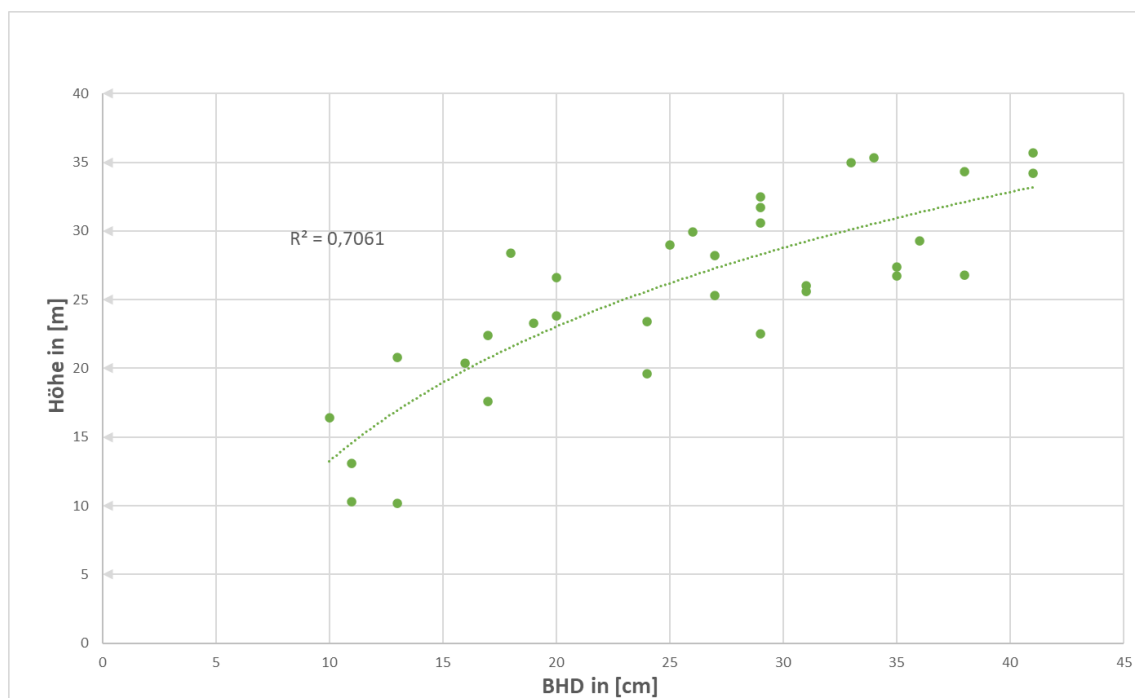


Abbildung 7: Bestandeshöhenkurve

Es wurden Höhen von 10,2 m bis 35,7 m aufgenommen. Eine solche Spreitung der Höhen und Durchmesser deute an, dass sich der Bestand bereits natürlich verjüngt hat.

Dies zeigt sich auch durch die Durchmesserverteilung. Die Durchmesserverteilung des Hauptbestandes aller vier Bestände entspricht einer Normalverteilung. Dies kennzeichnet einen homogenen Bestand. Die Durchmesserverteilung des Unterstandes nähert sich ebenfalls der Normalverteilung an. Diese ist aufgrund der

geringeren Durchmesser nach links verschoben (siehe Abbildung 8). Der Modalwert liegt in der Klasse 32 cm im Hauptbestand. Im Unterstand bildet die Durchmesserklasse 12 cm den Modus. Der Variationskoeffizient der Hauptbestandsverteilung beträgt 21 %. Dies entspricht keiner hohen Streuung. Der Variationskoeffizient der Unterstandsverteilung beträgt 34 %, auch dies spricht noch nicht für eine hohe Streuung.

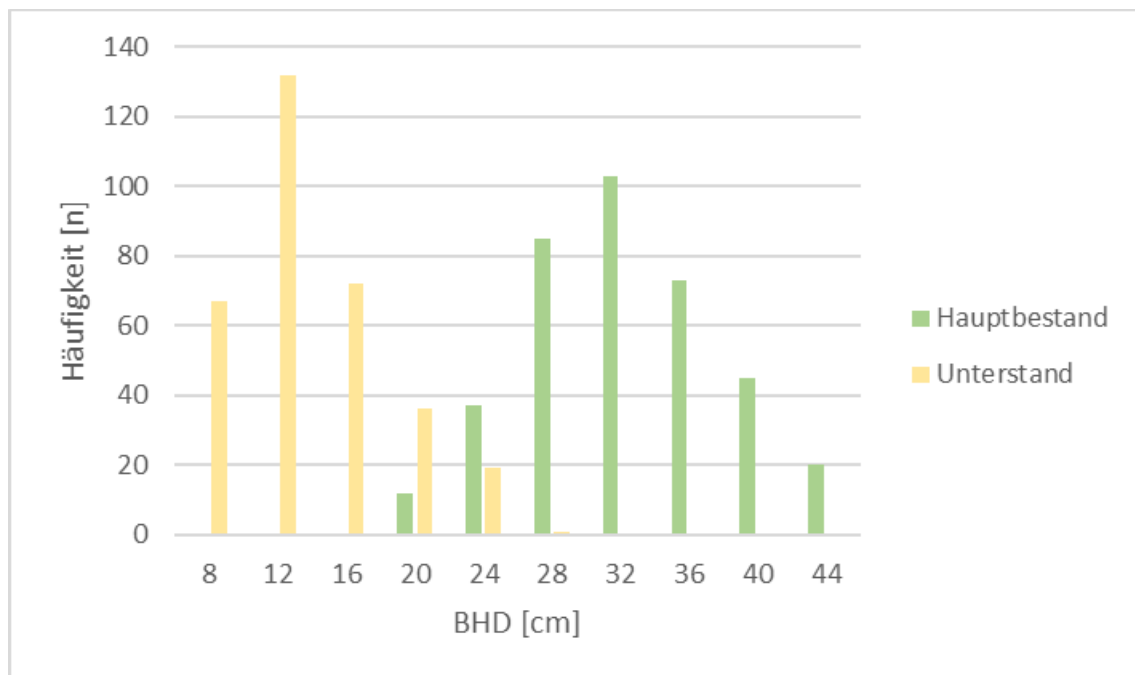


Abbildung 8: Durchmesserklassenverteilung getrennt nach HB und UB für die Gesamtheit aller vier Bestände

Die Durchmesserverteilung der Abt. 808 A2 wird in Abbildung 9 dargestellt. Die Durchmesserverteilung des Hauptbestandes ähnelt ebenfalls einer Normalverteilung. Auch wenn diese etwas linksschief erscheint, beträgt der Variationskoeffizient 20 %. Dies spricht für wenig Streuung innerhalb der Verteilung. Der Modalwert liegt hier ebenfalls in der Durchmesserklasse von 32 cm. Die Durchmesserverteilung des Unterstands ist hier rechtsschief, der Modus liegt in der Durchmesserklasse 12 cm. Der Variationskoeffizient beträgt 38%, es liegt demnach eine höhere Streuung vor.

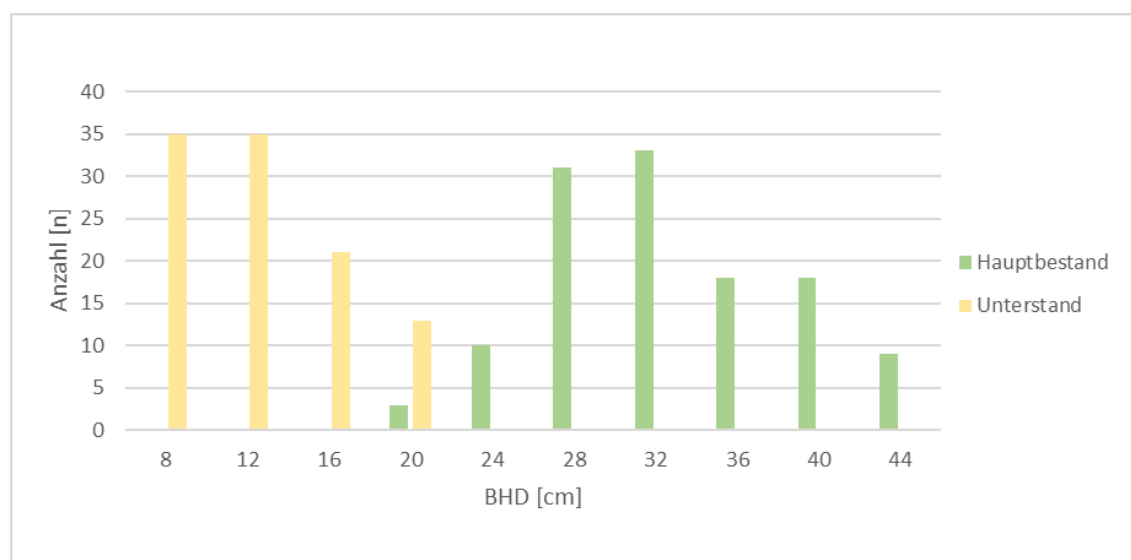


Abbildung 9: Durchmesserklassenverteilung getrennt nach HB und UB für die Abl. 808 A2

Weitergehend wurden quantitative Bestandesdaten erhoben. Hier wurde getrennt nach Abteilung die Stammzahl pro Hektar, der Durchmesser des Grundflächenmittelstammes und die Grundfläche pro Hektar, wie in Tabelle 2 dargestellt, errechnet. Hierbei fällt auf, dass sowohl die Grundfläche je Hektar als auch die Stammzahl je Hektar und der Durchmesser des GFMS bei der Abteilung 808 A2 und der Gesamtheit aller vier aufgenommenen Bestände annähernd gleich sind.

Tabelle 2: Quantitative Bestandesdaten

Abteilung	Größe [ha]	N	N/ha	N/ha ges.	Durchmesser GFMS [m]	Grundf./ha	Grundf. HB & UB / ha
808 UB	0,49	112	229	486	0,13	3,14	25,63
808 HB	0,49	126	257		0,33	22,49	
803 UB	0,38	95	250	537	0,14	4,06	26,58
803 HB	0,38	109	287		0,32	22,53	
812 UB	0,3	48	160	433	0,10	2,53	30,03
812 HB	0,3	82	273		0,36	27,50	
807 UB	0,31	74	239	458	0,13	3,40	20,22
807 HB	0,31	68	219		0,31	16,83	
Ges. UB	1,48	329	222	482	0,14	3,30	25,63
Ges. HB	1,48	385	260		0,33	22,33	

Über die Bestandesdaten kann in Kombination mit den Ergebnissen der Stammanalyse, der Vorrat der Bestände hergeleitet werden (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Bestandesdaten von Abt. 808 und dem Gesamtbestand im Vergleich zur Esche und Roteiche

	808	Gesamt	Esche (40, 1.EK)	Roteiche (40, 1. EK)
Stammzahl je Hektar [n/ha]	486	482	650	588
Grundfläche je Hektar [m ² /ha]	25,6	25,6	17,5	18,1
Vorrat über Formzahl-Regression [VFm/ha]	272,3	271,1		
Gesamtwuchsleistung [Fm/ha]			218	261

Der Vorrat, welcher über die Formzahl-Regression hergeleitet wurde, beträgt in der Abt. 808 A2 272,3 VFm / ha. Auch hier ist der Bestandesvorrat der Gesamtheit der vier Untersuchungsflächen mit 271,1 VFm / ha annähernd gleich. Diese liegen jeweils deutlich höher als die Ertragstafel-Vorräte der Roteiche (1. EK, BAUER, 1955) und der Esche (1. EK, VOLQUARDTS 1958) im selben Alter. Mit 486 Bäumen / ha in der Abt. 808 A2 und 482 Bäumen / ha in der Gesamtheit der Bestände, sind die Bestände zwar im Vergleich zu Esche und Roteiche stammzahlärmer, das Bestandesvolumen verteilt sich jedoch auf weniger Stämme.

4.2 Auswahl der Untersuchungsbäume

Wie in Kapitel 3.4.1 bereits erläutert, wurde neben den errechneten Kennwerten besonders auch auf eine gute Wuchsform geachtet, welche die Entnahme der Stammscheiben und deren Auswertung begünstigt. Besonders die stärkeren Bäume in dem untersuchten Bestand bilden ab einer gewissen Höhe Zwiesel aus. Da diese als zur Stammanalyse ungeeignet erachtet wurden, ergeben sich bei dem Baum BH die Abweichungen bezüglich des BHD (siehe Tabelle 4). Bei den beiden anderen Bäumen ergeben sich kaum Unterschiede zwischen den errechneten und dem gemessenen BHD-Werten. Bei allen drei Bäumen ergeben sich jedoch Unterschiede zwischen der gemessenen Höhe und der tatsächlichen Länge der Bäume.

Tabelle 4: Daten der Untersuchungsbäume

Baum	Höhe errechnet [m]	Höhe gemessen [m]	Länge		BHD	
			gemessen [m]	BHD gerechnet [cm]	gemessen [cm]	
BK3	26,1	26,3 (0,8 %)	24,3 (8%)	24,8	24 (3%)	
BM	30,7	32,2 (4,7 %)	30,8 (4%)	33,4	33 (1%)	
BH	34,4	34,5 (0,3%)	30,8 (11%)	42,1	39 (7%)	

4.3. Krone und Konkurrenz

Die Kronenmantelfläche (KMF) gilt als bester Weiser für die Assimilationsfläche, und somit für die Photosyntheseleistung von Bäumen (KRAMER 1988). Es lässt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen den Baumdimensionen und der Kronenmantelfläche, als Weiser der Lichtkrone erkennen. Demnach wird auch die Wuchsleistung der Bäume maßgeblich von der Krone und ihrer Ausformung beeinflusst. So hat der Baum BH, welcher mit seiner sozialen Stellung als vorherrschend beschrieben wird, eine mehr als doppelt so große KMF (245,49 m²) wie der Baum BK3 mit 112,66 m². Der Baum BM liegt mit einer KMF von 171,66m² in etwa in der Mitte zwischen den anderen beiden untersuchten Bäumen. Ebenso gelten die Bäume aufgrund des Kronenprozentages, bei BH von 66%, bei BM 50% und BK3 59%, laut KRAMER et al. (2008) als recht resistent gegenüber Umwelteinflüssen. Durch Betrachtung der Konkurrenzsituation über die Kronenprojektionsfläche (siehe Anhang Abbildung 4, Abbildung 6, Abbildung 8) zeigt sich ebenfalls das Bild, das Baum BH zwar von einer Seite durch einen Nachbarn beeinflusst wird, seine Krone ansonsten jedoch recht frei entwickeln konnte. Bei BM zeigt sich ein ähnliches Bild, auch er wird von seinen Nachbarn zwar beeinflusst, zeigt ansonsten jedoch eine gut ausgebildete Krone. Ein anderes Bild zeigt sich bei dem Baum BK3, dieser ist als Baum mit der sozialen Stellung der Kraft'schen Klasse drei von allen Seiten bedrängt. Dies zeigt sich auch in der Ausformung seiner Krone und spiegelt sich in seinem Wuchsverhalten wider.

Tabelle 5: Ergebnisse der Kronenaufnahme

Daten der Kronenaufnahme			
Baum	BH	BM	BK3
Baumhöhe [m]	30,8	30,8	24,3
Kronenansatz [m]	10,4	15,3	9,9
Kronenlänge [m]	20,4	15,5	14,4
Kronenprozent [%]	66%	50%	59%
mittlerer Kronenradius [m]	2,85	2,62	1,86
Kronenschirmfläche [m ²]	17,69	18,86	7,85
Kronenmantelfläche [m ²]	245,49	171,66	112,66

4.4. Stammanalyse

Die im Folgenden genannten Zuwächse beziehen sich immer auf einen durchschnittlichen periodischen Zuwachs. Hierbei beträgt die Periodenbreite drei Jahre und es wird zur Betitelung die Periodenmitte genannt.

In den folgenden Abbildungen ist die Wuchsentwicklung der Bäume zum einen über das Mitteljahr der entsprechenden Periode aufgetragen. Zum anderen, besonders im Vergleich mit anderen Baumarten, wurden die Kurven über das Baumalter aufgetragen. Für die Bestimmung des Baumalters muss jedoch zunächst dessen Herleitung erläutert werden.

Bei allen drei untersuchten Bäumen wurde das Alter durch eine in 0,3 m Höhe geschnittene Baumscheibe bestimmt. Hier ergaben sich Differenzen im Baumalter. Da davon ausgegangen werden kann, dass die Schwarznuss in ihrem ersten Wuchsjahr eine Höhe von 30 cm wächst (MEYER-RAVENSTEIN 2023), wurde das auf der Scheibe gezählte Alter verwendet. Das Alter, welches im FE-Blatt angegeben wurde beträgt 38 Jahre. Dies deckt sich mit dem gezählten Alter des Baumes BH. Der Baum BM mit einem gezählten Alter von 36 Jahren und der Baum BK3 mit 33 Jahre sind etwas jünger.

Durch die Literatur und auch eigene Beobachtungen lässt sich grundsätzlich sagen, dass die Schwarznuss im Allgemeinen ein starkes Jugendwachstum aufweist.

Deshalb ist grundsätzlich davon auszugehen, dass die Bäume in ihrem ersten Lebensjahr eine Höhe von 0,3 m erreichen, und so alle Jahrringe in der ersten Scheibe vorhanden sein müssen. Dennoch erwähnt PRETZSCH (2019), dass es besonders im jungen Alter durch äußere Einflüsse wie Trockenheit, zum kompletten Ausfall von Höhen- und Durchmesserwachstum, und so zum Jahrringausfall kommen kann. Des Weiteren könnte die Altersdifferenz durch unterschiedliche Keimzeitpunkte der Nüsse erklärt werden. Wie MEYER-RAVENSTEIN (2023) erklärt, bleiben die Schwarznüsse über 10 Jahre hinweg keimfähig. Es kann also vorkommen, dass Bäume, welche zwar zum gleichen Zeitpunkt gesät wurden, trotzdem durch unterschiedlichen Abbau von keimhemmenden Stoffen oder Umwelteinflüssen in verschiedenen Jahren keimen. Auch so könnten die Altersunterschiede erklärt werden. Möglicherweise sind mehrere Einflussfaktoren ursächlich. Eine abschließende Aussage hierzu ist im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass alle untersuchten Bäume auf die in 1984 durchgeführte Saat zurück gehen.

4.4.1. Höhe

Alle drei Höhenzuwachskurven zeigen einen Kulminationspunkt. BH startet mit einem sehr starken Höhenwachstum in den ersten Jahren von fast 3 m. Seine Zuwachskurve flacht dann direkt wieder sehr ab und bleibt lange auf einem konstanten Niveau von etwa 1m Höhenzuwachs pro Periode. In einem Alter von 18 Jahren kulminiert die Kurve dann erneut und sinkt noch einmal stark ab. Hier wird BH sogar von BM und BK3 im periodischen Höhenzuwachs überholt. Die Höhenzuwachskurven von BM und BK3 kulminieren in einem Alter von 12 und 9 Jahren, mit jeweils einem Zuwachs von ca. 2 Metern pro Periode. Der durchschnittliche periodische Höhenzuwachs von BH und BM nimmt ab einem Alter von 24 Jahren deutlich ab, während BK3, noch einmal ein Zuwachshoch im Alter von 21 Jahren verzeichnet und erst anschließend deutlich schneller abflacht und auch hier wieder unter den Zuwachs von BH und BM fällt.

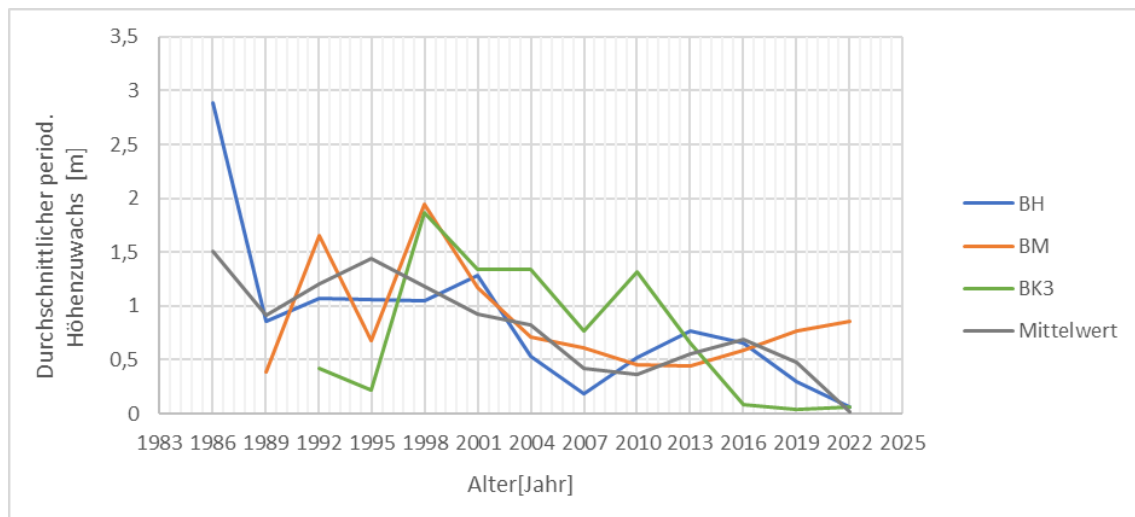


Abbildung 10: Durchschnittlicher periodischer Höhenzuwachs der Untersuchungsbäume aufgetragen über die Periodenmitte

In der Höhenwachstumskurve ist deutlich zu erkennen, dass BH von Beginn an die höchste Höhe aufweist und mit seinem Wachstum dauerhaft über den anderen beiden Bäumen liegt. Er erreicht im Alter von 38 Jahren eine Höhe von 30,8 m. Auch BM, welcher mit seinem Wachstum unter BH liegt erreicht diese Höhe in einem Alter von 36 Jahren. BK3 bleibt mit seinem Wachstum deutlich unter den beiden anderen Bäumen und erreicht in einem Alter von 32 Jahren eine Höhe von 24,3 Metern. Da die Kurven noch nicht deutlich abflachen, kann hier noch kein Höhenzuwachskulminationspunkt definiert werden.

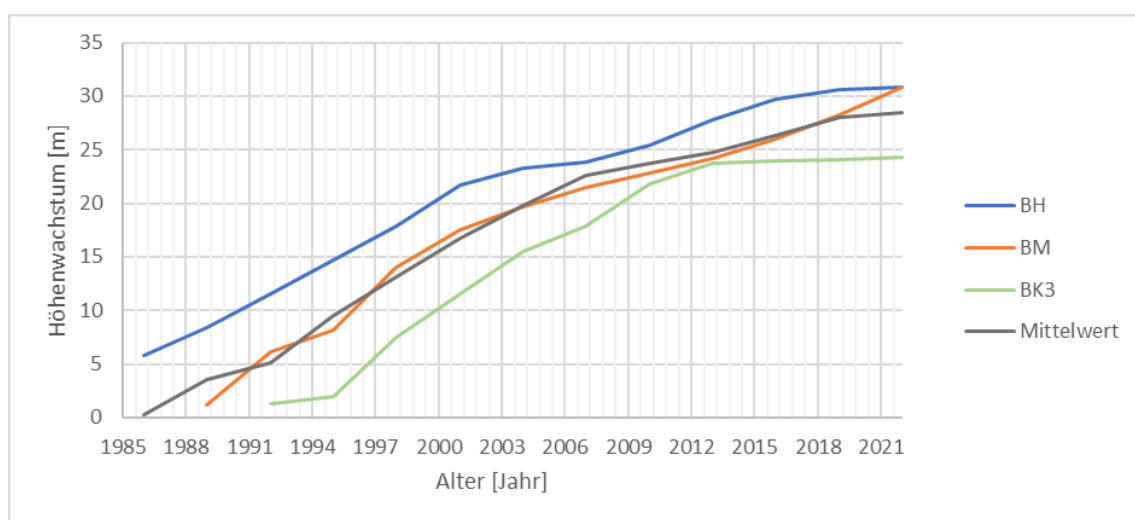


Abbildung 11: Höhenzuwachs der Untersuchungsbäume aufgetragen über die Periodenmitte

Im Vergleich zum Höhenwachstum der Esche und der Roteiche ist das Höhenwachstum aller drei Untersuchungsbäume deutlich überlegen. Im Höhenwachstum ist BH der Roteiche und der Esche stets überlegen. Die Roteiche hat bis zu einem Alter von 6 Jahren eine größere Höhe als BM und wird anschließend auch von ihm überholt. BK3 überholt die Roteiche in der Höhe ab einem Alter von 11 Jahren. Anschließend liegen alle drei untersuchten Bäume in ihren Höhenwachstum deutlich über dem der Esche und der Roteiche.

Im Vergleich zur Pappel aller Ertragsklassen, liegen alle drei untersuchten Bäume mit Ihrem Höhenwachstum deutlich darunter. BH nähert sich der Kurve der Pappel 3. Ertragsklasse jedoch wieder an.

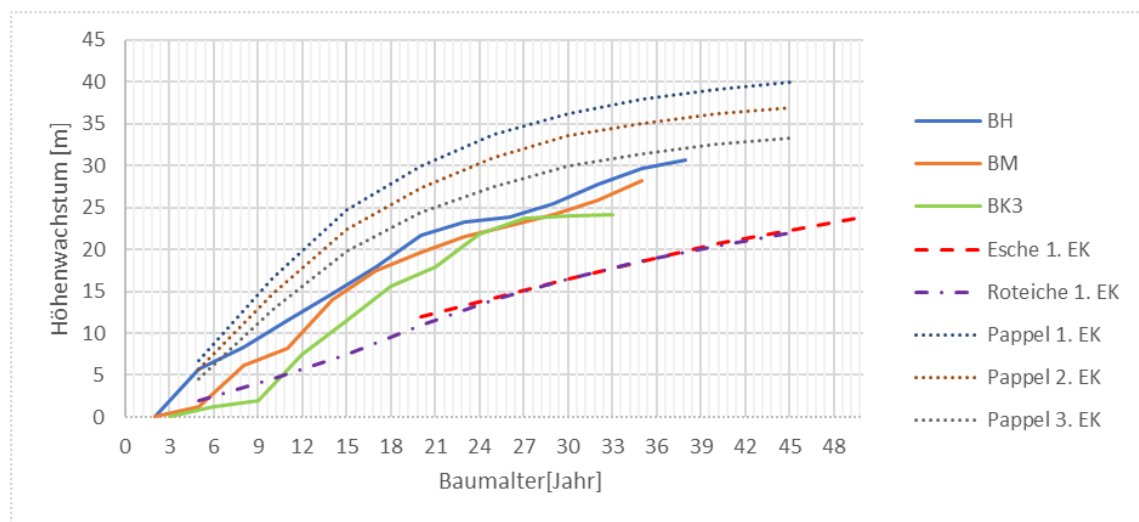


Abbildung 12: Höhenwachstum der Untersuchungsbäume und Mittelhöhen von Esche, Roteiche und Robusta-Pappel über das Baualter aufgetragen

4.4.2. Durchmesser

Der Durchmesserzuwachs kulminiert bei allen drei Bäumen früh. Bei BH in einem Alter von 4 Jahren mit einem durchschnittlichen periodischen Zuwachs von 1,6 cm. Der Durchmesserzuwachs von BM kulminiert im Alter von 6 Jahren und einem maximalen Zuwachs von 1,2 cm. BK3 erreicht seinen maximalen Zuwachs von 1,4 cm etwas später, im Alter von 9 Jahren und liegt damit höher als BM. Die Zuwachskurve von BK3 flacht dann jedoch schneller wieder ab und folgt auf einem niedrigeren absteigenden Trend. Die Zuwachskurven von BH und BM nä-

hern sich mit leichten Abweichungen über die Jahre wieder an, bis sie in den letzten beiden vermessenen Perioden beide einen Zuwachs von etwa 0,6 cm verzeichnen. Grundsätzlich lässt sich erkennen, dass die Radialzuwächse schon in frühem Alter bei allen drei Untersuchungsbäumen deutlich absinken.

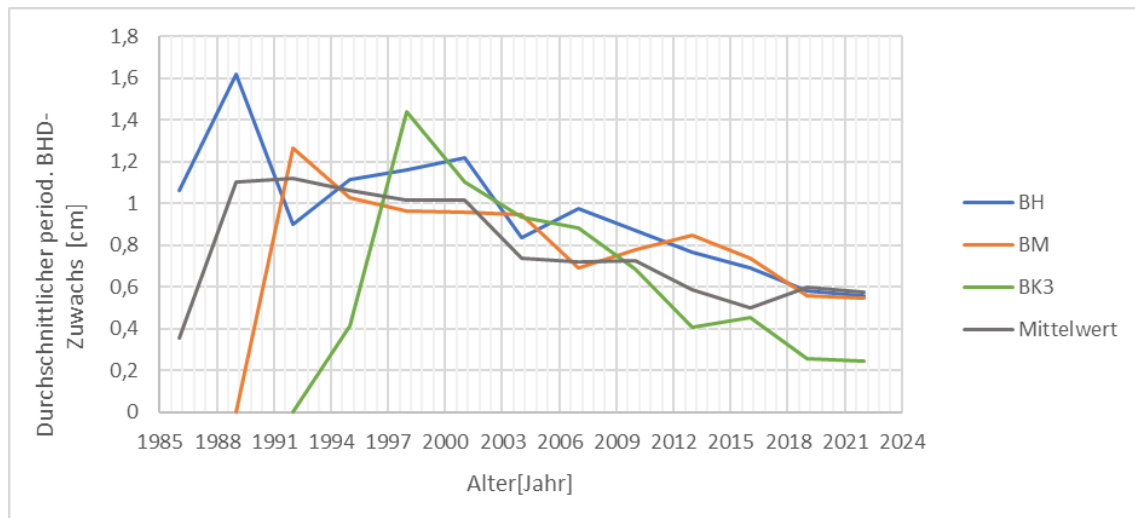


Abbildung 13: Durchschnittlicher periodischer BHD-Zuwachs aufgetragen über die Periodenmitte

Die Kurven des Durchmesserwachstums flachen bis in das betrachtete Alter nicht sichtlich ab. Hier ist klar erkennbar, dass das Durchmesserwachstum von BH am höchsten ist, gefolgt von BM und BK3.

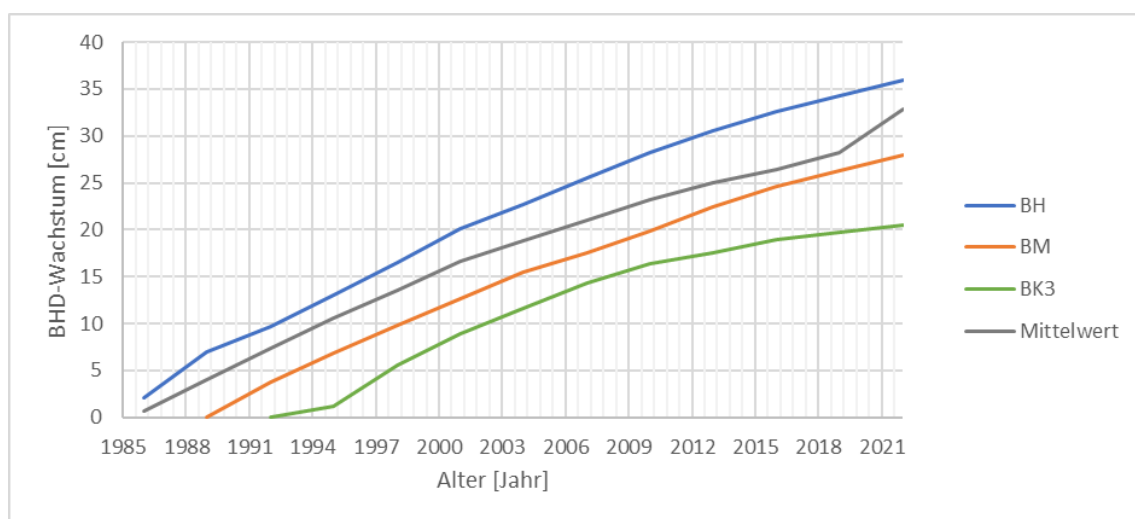


Abbildung 14: BHD-Wachstum der Untersuchungsbäume aufgetragen über die Periodenmitte

Die Durchmesserdifferenz der Untersuchungsbäume im Vergleich zu den mittleren Durchmessern der Esche und denen der Roteiche ist deutlich. Die Durchmes-

ser aller Untersuchungsbäume liegen sichtlich höher. Anders verhält es sich bei der Pappel in der 3. EK. Lediglich der Durchmesser von BH liegt in den ersten Jahren, bis zu einem Alter von 5 Jahren über dem der Pappel. Anschließend bleibt auch BH hinter der Pappel zurück. Allerdings lässt sich im Verlauf des untersuchten Baumalters von BH auch wieder eine Annäherung an das Durchmesserwachstum der Pappel erkennen. Die Durchmesserentwicklung der Pappel erster und zweiter Ertagsklasse wurden hier nicht mehr mit aufgeführt, da diese nochmals deutlich überlegen sind.

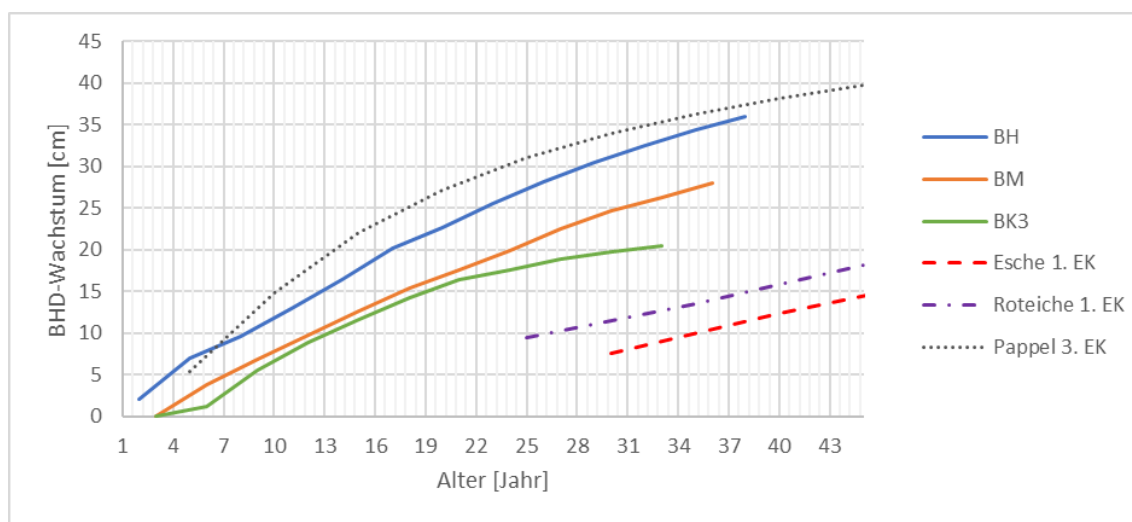


Abbildung 15: BHD-Wachstum der Untersuchungsbäume und Mitteldurchmesser der Esche, Roteiche und Pappel aufgetragen über das Baumalter

4.4.3. Volumen und Form

Der Volumenzuwachs ist bisher nur bei dem Baum BK3 sichtlich kulminiert. In einem Alter von 27 Jahren erreicht er seinen maximalen Volumenzuwachs von $0,022 \text{ m}^3$. Anschließend flacht seine Zuwachskurve deutlich ab. Anders verhält es sich bei den Bäumen BH und BM. Hier ist noch kein eindeutiger Kulminationspunkt des Durchmesserzuwachses zu erkennen. Bei BH bricht der Zuwachs in 2004 in einem Alter von 21 Jahren einmal ein, erholt sich jedoch rasch wieder und steigt dann auf ein Niveau von $0,05 \text{ m}^3$. Damit hat BH bis zu diesem Zeitpunkt den höchsten durchschnittlichen periodischen Durchmesserzuwachs der Untersuchungsbäume. Die Durchmesserzuwachskurve von BM steigt bis zu einem Alter

von 27 Jahren konstant an. Hier bricht der Volumenzuwachs bei $0,03 \text{ m}^3$ kurz ein bis er in einem Alter von 33 Jahren mit $0,04 \text{ m}^3$ über den vorherigen Zuwachs wieder ansteigt.

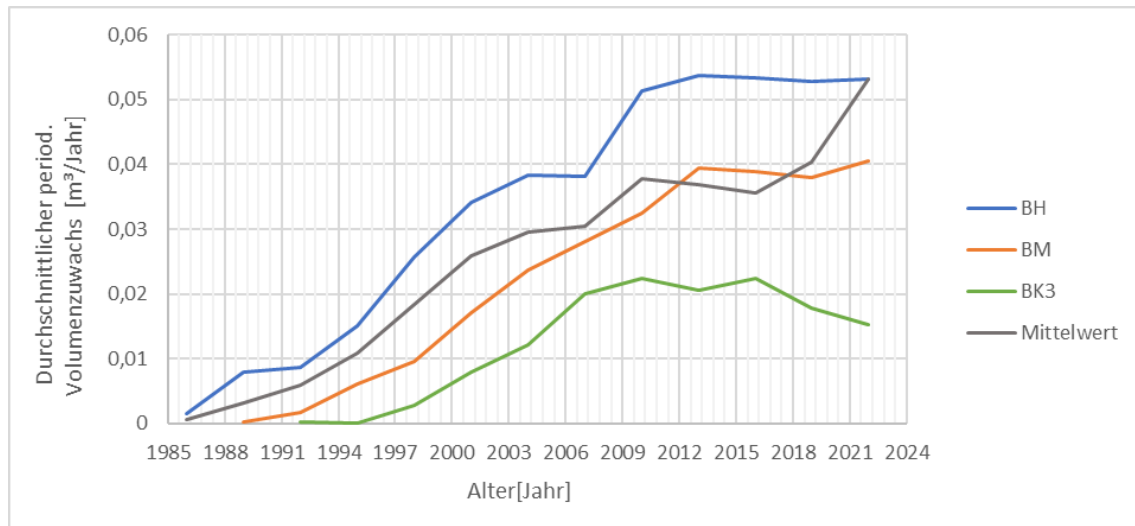


Abbildung 16: Durchschnittlicher periodischer Volumenzuwachs der Untersuchungsbäume aufgetragen über die Periodenmitte

Durch die stetig steigenden Volumenzuwächse von BH und BM steigen auch ihre Wachstumskurven konstant an. Dabei ist BH deutlich voraus. Mit einem Volumen von $1,29 \text{ m}^3$ im Alter von 38 Jahren erreicht er das höchste Volumen der untersuchten Bäume. BM liegt mit seinem Volumenwachstum deutlich unter BH und erreicht in einem Alter von 36 Jahren ein Volumen von $0,82 \text{ m}^3$. BK3 liegt mit seinem Volumenwachstum deutlich unter den anderen beiden Bäumen. Wie auch die Zuwachskurve zeigt, verläuft seine Wachstumskurve deutlich flacher. Er erreicht in einem Alter von 32 Jahren ein Volumen von $0,43 \text{ m}^3$.

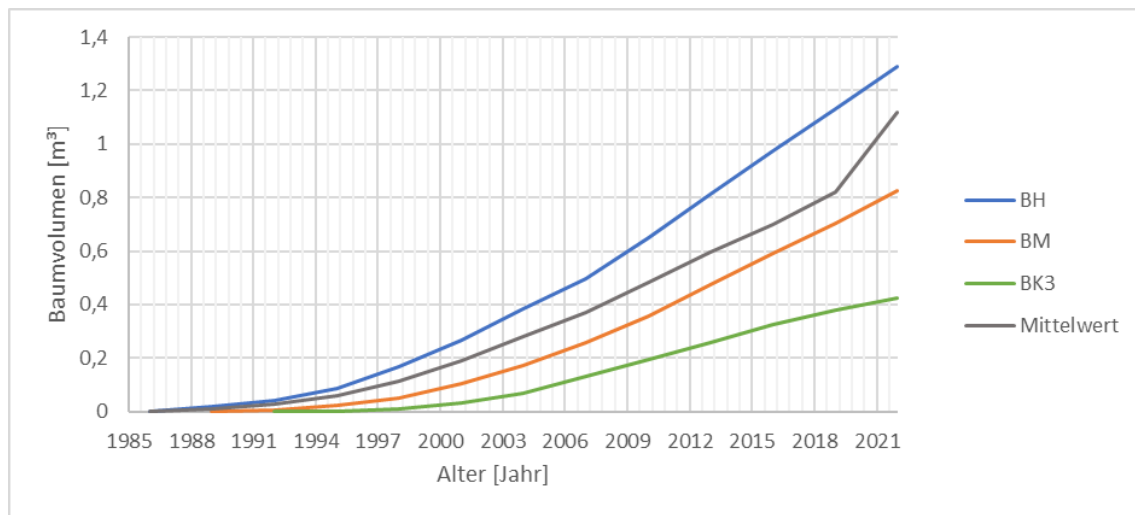


Abbildung 17: Volumenwachstum der Untersuchungsbäume aufgetragen über die Periodenmitte

Der Zusammenhang zwischen dem BHD und der Formzahl weist mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,6994 einen mittel-straffen Zusammenhang auf. Es lässt sich jedoch eindeutig erkennen, dass stärkeren Bäumen niedrigere Formzahlen zugeordnet werden, als Schwachen. Dadurch gelten diese als abholziger als die Schwachen. Im mittleren Durchmesserbereich weisen die Bäume jedoch auch höhere Formzahlen auf. Die Formel 11 stellt die Potenz-Ausgleichskurve des Zusammenhangs dar.

$$y = 0,7695x^{-0,179}$$

Formel 11: Ausgleichsfunktion der BHD-Formzahl-Regression

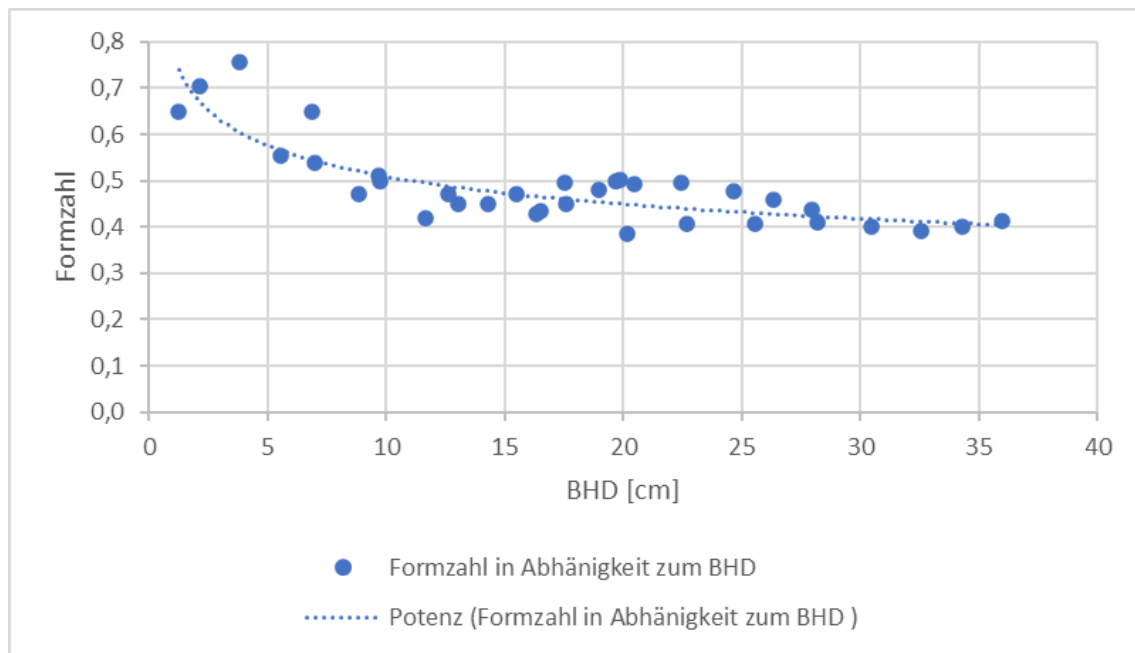


Abbildung 18: Zusammenhang Formzahl und BHD

Betrachtet man hingegen die individuelle Formzahlentwicklung getrennt nach den einzelnen Bäumen (siehe Anhang Abbildung 1), so fällt auf, dass die Formzahlen nicht nur von den Durchmessern, sondern auch von der individuellen Stellung der Bäume abhängig sind

Alle Bäume haben bis zum Alter 12 eine erhöhte Formzahl, welche sich anschließend jedoch bei BH auf einem Niveau von 0,4 einpendelt. Bei BM bleibt die Formzahl am höchsten mit einem Wert von 0,5 und fällt später auf 0,44 ab. Die Formzahlentwicklung von BK3 ist im Vergleich zu den anderen Bäumen etwas unruhiger und nimmt erst stärker ab, um anschließend auf ein höheres Niveau als BM im gleichen Alter, mit einem Wert von 0,5, zu steigen

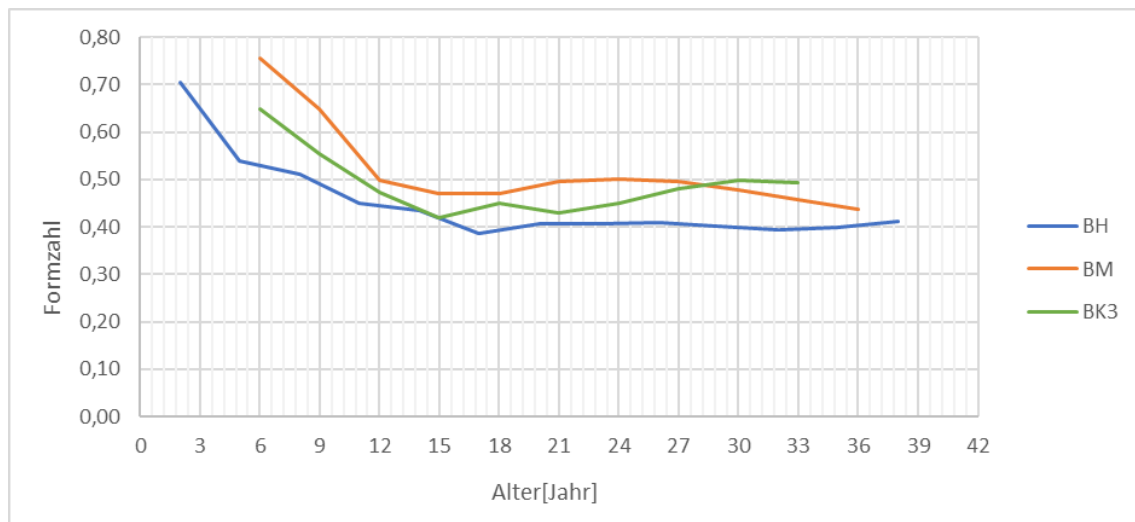


Abbildung 19: Formzahlentwicklung der Untersuchungs bäume

Herrschender Baum

Die Formzahl des BH liegt im Alter 38 in etwa bei 0,5. Dies bedeutet, dass das Stammvolumen in etwa halb so hoch ist, wie das der Bezugswalze. Dies spricht nach KRAMER und AKÇA (2008) für einen abformigen Stamm.

Betrachtet man die von „Stanly“ generierte Schaftkurve, so fällt besonders der Verlauf der ersten zwei vermessenen Jahrringperioden auf. Diese verlaufen asymptotisch, nehmen erst ab und anschließend wieder zu. In der Betrachtung der Gesamtform, bestätigt sich der Eindruck der Formzahl. Der Baum hat bis zur 10. Scheibe, also einer Höhe von 17,30 m, ein eher vollformiges Erscheinungsbild, welches dann aber stark abnimmt. Hier scheinen die Radialzuwächse deutlich geringer zu werden. Damit wird auch die niedrige Formzahl erklärt. In den ersten zwei Metern, ist die Form von BH stark durch die Wurzelanläufe beeinflusst und dadurch deutlich abformig.

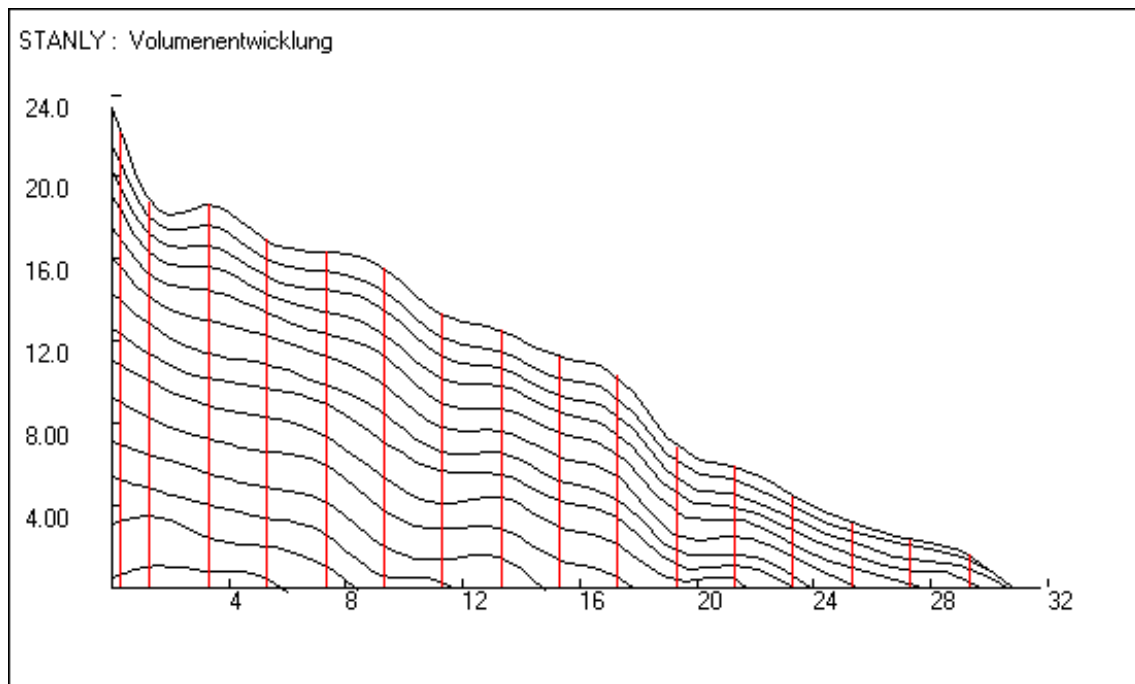


Abbildung 20: Schaftkurve von BH, generiert durch „Stanly“

Mittelstamm

Bei der Betrachtung des Schaftkurve des Baumes BM zeigt sich ebenfalls eine abformige Form. Hier scheinen die Radialzuwächse jedoch erst im späteren Alter abzunehmen. Zunächst zeigt sich im Vergleich zu BH ein vollformigeres Bild. Mit zunehmender Höhe und zunehmenden Alter nimmt jedoch auch hier das Volumen bzw. nehmen die Radialzuwächse ab. Dies spiegelt dann auch das Absinken der Formzahl wider. Auffällig ist, dass die Radialzuwächse in einer Höhe von 3 m und 9 m höher sind als in Brusthöhe. In der oberen Stammhälfte verlaufen die Jahrringbündel dann wieder konstant. Der wellige Jahrringverlauf kann durch das Vorhandensein von Ästen oder durch die Spline-Interpolation von „Stanly“ erklärt werden. Auffällig ist ebenfalls ein nahezu zylindrisches Wachstum des Baumes in einer Höhe von 8 bis 12 Metern.

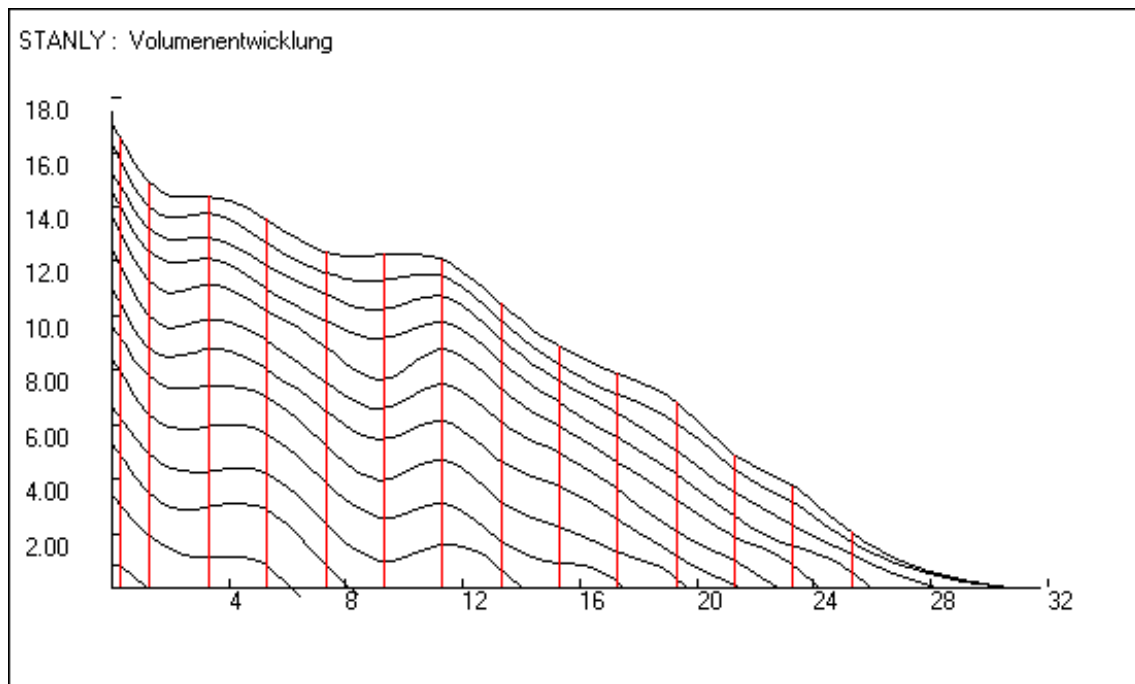


Abbildung 21: Schaftkurve von BM, generiert durch „Stanly“

Baum der Kraft'schen Klasse 3

Betrachtet man die Schaftkurve des Baums BK3, fällt auch hier zunächst ein deutlich welliger Jahrringverlauf auf. Hier zeigt sich jedoch in den geschnittenen Stammscheiben, eine deutliche Beeinflussung von Ästen, welche diese Ausschläge erklären. Weiterhin fällt auf, dass die Radialzuwächse hier im Alter deutlich abnehmen. Die letzte Linie zeigt hier nicht ein Jahrringbündel, sondern die Rinde. Demnach sind die Zuwächse in den letzten 3 vermessenen Perioden deutlich geringer. Auch hier zeigt sich ein deutlich welliger Jahrringverlauf.

Mit einer Formzahl von 0,5 im späteren Alter gilt der Baum laut KRAMER und AKÇA (2008) noch als abformig, liegt hier jedoch über den Werten von BM und BH. Auch bei diesem Baum fällt in einer Höhe von 8 bis 12 Metern eine nahezu zylindrische Wuchsform auf.

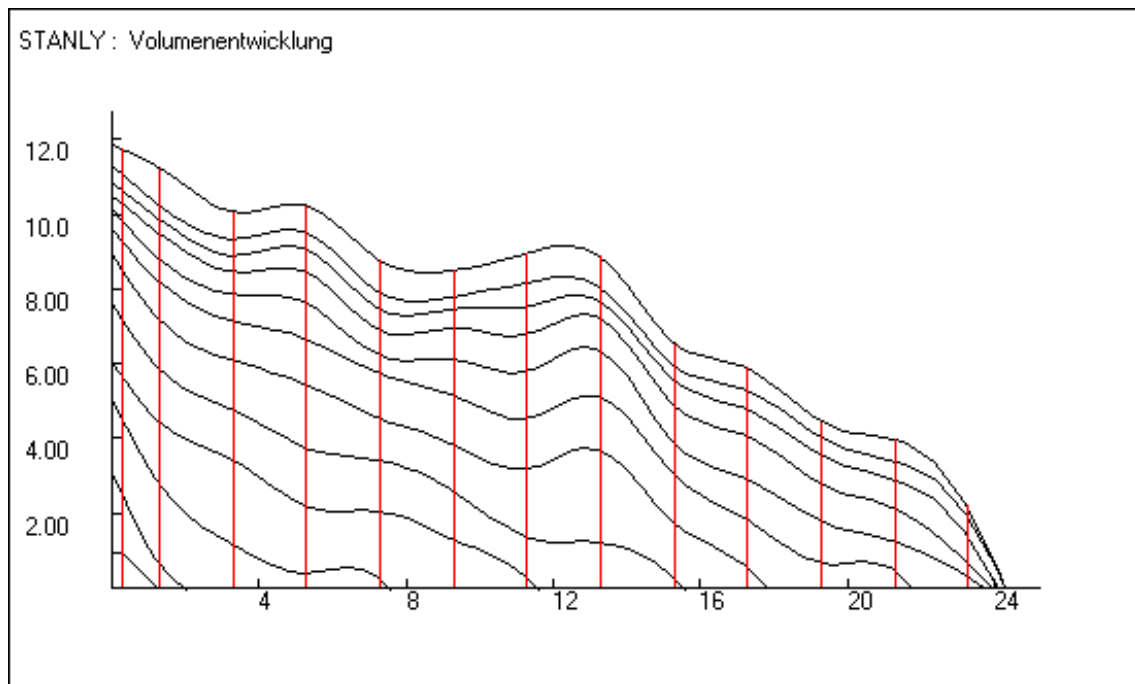


Abbildung 22: Schaftkurve von BK3, generiert durch „Stanly“

4.4.4. Schlankheitsgrad

Dass die Werte des h/d-Verhältnisses in den Anfangsjahren sehr hoch liegen, deutet darauf hin, dass die jungen Schwarznüsse im Höhenwachstum stärker ansteigen als im Durchmesserwachstum.

Im späteren Verlauf sinken die Werte von BH am meisten ab. Mit einem Wert von 85 erreicht er im Alter von 38 Jahre den geringsten Wert. Die h/d-Werte von BM entwickeln sich etwas unruhiger, diese nehmen auch erst ab, steigen in einem Alter von 12 Jahren jedoch zunächst wieder an, um anschließend dauerhaft weiter zu sinken. Der letzte Wert liegt bei 110. Etwas anders verhält es sich bei dem Baum BK3. Die Kurve läuft etwas schwacher aus, steigt jedoch im Alter von 20 Jahren noch einmal leicht an, um danach abzusinken und mit einem Wert von 118 in etwa auf dem Niveau von BM zu enden.

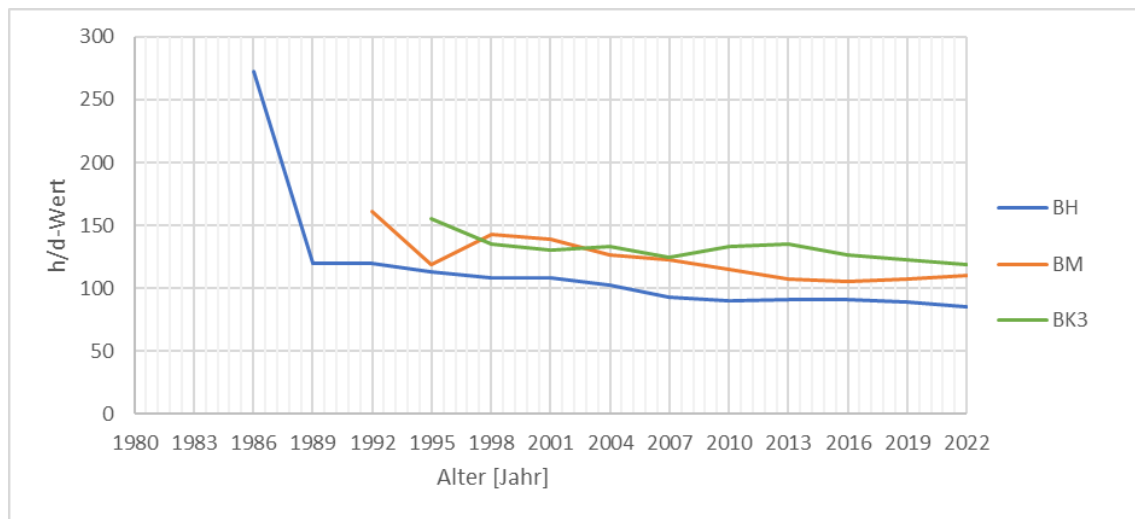


Abbildung 23: Entwicklung des h/d-Wertes der Untersuchungsbäume

5. Diskussion

5.1. Diskussion der Methodik und der Durchführung

Einige Punkte der Methodik und der Durchführung sollen im Folgenden diskutiert werden, da sie einen Einfluss auf die Ergebnisse haben.

5.1.1. Auswahl der Untersuchungsbäume

Zur Klassifizierung der Probebäume wurden mit Hilfe der aus der Vollklappung generierten Daten statistische Kennwerte wie Höhe und Durchmesser der Bäume errechnet. Dies erfolgte, um rechnerische Anhaltspunkte zu haben und so statistisch begründet charakteristische Bäume des Bestands auszuwählen. In der Durchführung ergaben sich jedoch Abweichungen von den errechneten Werten. Die größte Abweichung zeigte sich bei dem Baum BH. Die Bäume, die annähernd den errechneten BHD-Wert aufwiesen, waren Zwiesel. Da dies die Entnahme und die Auswertung der Stammscheiben beeinträchtigen würde, wurde sich dafür entschieden, einen wipfelschäftigen Baum mit einem geringeren Durchmesser auszuwählen. Hierbei lag das Augenmerk besonders auf der sozialen Stellung und es wurde ein Baum der Kraft'schen Klasse 1 entnommen. Die Abweichungen der errechneten Werte zu den tatsächlichen Baumdaten sind ebenfalls mit 11% Abweichung nicht unwesentlich. Dies ist mit einem Messfehler im Bestand zu erklären. Da die Bäume im Bestandesinneren stehen, ist es oft sehr schwierig gewesen, einen ausreichenden Abstand zum Vermessen des Baumes einzunehmen, und trotzdem den gesamten Baum noch einsehen zu können. Hierdurch können sich bei der Messung mit dem Truepulse, Unterschiede zur tatsächlichen Länge des Baumes ergeben. Dies ist bei der Vermessung von BH und auch bei BK3 geschehen.

Bei dem Baum BM stimmen die errechneten Werte mit sehr wenig Abweichung auch mit den tatsächlichen Werten des Baumes überein. Als Baum der Kraft'schen Klasse 2 ist er ein herrschender Baum. Er repräsentiert durch seinen BHD und sei-

ne Höhe sowie auch durch seine äußere Qualität den Mittelstamm des Bestandes gut.

Bei dem Baum BK3 stimmt die gemessene Höhe, wie bereits erwähnt, nicht mit der tatsächlichen Länge des Baumes überein. Bei dem Wert des BHD ergibt sich jedoch keine derartige Abweichung. Die soziale Stellung des Baumes im Bestand ist ebenso passend. Wie durch die Kronenschirmflächen (siehe Anhang Abbildung 8: Kronenkarte BK3) erkennbar, ist der Baum eher beherrscht durch seine Nachbarn.

5.1.2. Aufnahme der Konkurrenzsituation

Zur Bestimmung der Kronenradien wurde die „Tangential-Hochblick-Methode“ verwendet. Laut PRETZSCH (2019) ist dies zwar einfach in der Durchführung, dafür jedoch mit Ungenauigkeiten belastet. Eine genauere Möglichkeit wäre hier beispielsweise die Dachlot-Methode gewesen, da diese eine höhere Genauigkeit verspricht. Während der Durchführung fiel es teilweise schwer, genau abzuschätzen, ob der Extrempunkt der Krone bereits erreicht war. Die Aufnahme der Kronenschirmfläche diente dazu, um in Kombination mit der Baum- und Kronenlänge, Anhaltspunkte für die Leistungsfähigkeit der Bäume zu erhalten. Hierfür wurde die Aussagekraft der Methode als ausreichend bewertet.

Die Darstellung der Kronenschirmflächen wurde ebenfalls als weiterer Weiser zur Verdeutlichung der Konkurrenzsituation und der sozialen Stellung der Bäume herangezogen. So hat laut KRAMER (1988) unter anderem nicht nur die Bestandssituation, sondern auch die Exposition einen entscheidenden Einfluss auf das Wachstum der Bäume. Auch diese konnte über die Kronenablotung dargestellt werden.

5.1.3. Vermessung der Stammscheiben

Die Nussarten gelten laut KRAMER (1988) als Baumarten mit erkennbaren Jahrringen. Die Jahrringgrenzen der Schwarznuss waren besonders im Kernholz klar er-

kennbar. Mit mehr Mühe war das Erkennen der Jahrringgrenzen im Splint verbunden. Auch kam es sowohl im Kern als auch im Splint zur Ausbildung von Scheinjahrringen. Durch genaues Abstecken auf der gesamten Baumscheibe wurde versucht nachzuvollziehen, ob es sich um „echte“ oder um Scheinjahrringe handelte. Laut PRETZSCH (2019) können Bäume in unterschiedliche Richtungen Jahrringe unterschiedlich stark ausbilden, oder auch komplett ausfallen lassen. Sie können in einem Jahr aber auch einen oder mehrere Scheinjahrringe ausbilden. So kann es sein, dass entweder Jahrringe als Scheinjahrringe erkannt wurden, oder sehr schwach ausgeprägte Jahrringe nicht als „echte“ erkannt wurden. Eine genaue Unterscheidung und abschließende Beurteilung war mit dem Stecknadelverfahren nicht möglich.

Eine weitere Auffälligkeit, ist der Unterschied zwischen den zum Fällzeitpunkt gemessenen BHD-Durchmessern und den bei der Vermessung der Stammscheiben gemessenen Radien. Dies ist jedoch durch das Schwindverhalten im Trocknungsprozess der Baumart zu erklären, so schwindet Nussholz radial bis zu 4,5 % (PLÖBL 2008).

5.1.4. Unechte Formzahl

Die unechte Formzahl ist die Abweichung der wahren Baumform zur Bezugswalze mit dem Durchmesser in 1,3 m Höhe ($d_{1,3}$). In der Betrachtung der Schaftkurven fällt auf, dass die Durchmesser im BHD-Bereich noch stark von den Wurzelanläufen beeinflusst sind. So ist es wahrscheinlich, dass die Formzahl hierdurch beeinflusst wird und so ein leicht verfälschtes Bild der eigentlich Baumform wiedergibt. Diese kann über das Betrachten der Schaftkurven präziser beschrieben werden.

5.1.5. h/d-Verhältnis

Das h/d-Verhältnis ist laut KRAMER (1988) zwar ein guter Weiser für die Baumstabilität und seine Fitness. Jedoch ist diese nicht alleinig vom Schaft abhängig. Wei-

tere Einflussfaktoren, wie das Wurzelsystem und der individuelle Standort des Baumes, wie Tiefgründigkeit des Bodens und Exposition spielen ebenfalls eine entscheidende Rolle. Dennoch sind die h/d-Werte mittels der gegebenen Daten unkompliziert herzuleiten und bieten so ein probates Mittel, um Aussagen über die Baumsicherheit und den Pflegezustand herzuleiten.

5.2. Diskussion der intraspezifischen Ergebnisse

5.2.1. Bestandesdaten

Weiterhin muss gesagt werden, dass die untersuchten Bestände nicht bonitiert wurden und auch kein Bestockungsgrad ermittelt werden konnte. Im FE-Blatt ist ein B° von 1,2 angegeben. Hier wird auch eine Nutzung geplant. Es ist nicht abschließend geklärt, ob diese stattgefunden hat. Es wurde kein Bestockungsgrad für die Schwarznuss-Bestände im Rahmen dieser Arbeit hergeleitet, da dieser lediglich eine Schätzung wäre.

Ein Vergleich mit den Vorratsdaten aus dem aktuellen FE-Blatt (Einrichtungsjahr 2012) bleibt aus diesem Grund ebenfalls offen. Das Einrichtungswerk gibt in 2012 einen Bestandesvorrat von 90 VFm/ha an. Jedoch ist nicht ersichtlich, auf welcher Grundlage diese Zahlen hergeleitet wurden. Der im Rahmen dieser Arbeit, durch die Formzahl Regression hergeleitete Bestandesvorrat beträgt in etwa 270 VFm/ha. Durch fehlende Daten der konkreten Bestandesbehandlung kann hier auch nur von Vorrat und nicht von der Gesamtwuchsleistung gesprochen werden. Auf einen Vergleich mit der Gesamtwuchsleistung von Esche und Roteiche wird in Kapitel 5.3.2 noch weiter eingegangen.

Dadurch, dass sich die untersuchten Bestände bereits natürlich verjüngt haben, wurden die Bestände in zwei Bestandesschichten unterteilt. In der Durchmesserklassenverteilung welche in Kapitel 4.1 dargestellt ist, ist die Zweischichtigkeit klar erkennbar.

5.2.2. Einzelbaum Wachstum

Herrschender Baum

Der Baum, welcher als herrschender Vertreter des Bestandeskollektivs ausgewählt wurde, weist die größte Kronenmantelfläche auf. Diese korreliert laut KRAMER (1988) am meisten mit der Photosynthese und somit der Wuchsleistung von Bäumen. So zeigt der Baum BH auch das höchste Höhen- und Durchmesserwachstum. BH wuchs mit seinen Nachbarn zwar zusammen in einem Kollektiv und stand nicht frei, durch seine Wuchsleistung im Vergleich mit den anderen zwei untersuchten Bäumen lässt sich jedoch eine deutliche Überlegenheit erkennen. Besonders der Vorsprung im Höhenwachstum lässt darauf schließen, dass der Baum schon von Beginn an eine vorwüchsige oder herrschende Stellung eingenommen hat. Dennoch muss das Höhenwachstum in den ersten zwei vermessenen Jahresperioden besonders kritisch betrachtet werden. Die Schaftkurve zeigt hier Auffälligkeiten, auch ist ein Höhenwachstum von 5 m in den ersten Jahren zwar nicht unmöglich aber doch eher als ungewöhnlich einzustufen. Dies kann zum einen an der Spline-Interpolation von „Stanly“ liegen oder an einer Ungenauigkeit beim Erheben der Daten. Demnach sollte das Wachstum dieses Baumes in den ersten 10 Baumjahren, vorsichtig betrachtet werden. An der Gesamtwuchs- und auch der Höhenwachstumsleistung, welche mit deutlichem Abstand zu den anderen Untersuchungsbäumen vorne liegt, besteht kein Zweifel.

Dass die Volumenzuwachskurven von BH und BM bisher noch nicht sichtbar kulminiert sind, liegt nach KRAMER (1988) daran, dass der Durchmesserzuwachs quadratisch in das Volumen einfließt. Des Weiteren wird dieser auch durch den Grundflächenzuwachs beeinflusst. Dieser ist wiederum nicht von dem Durchmesserzuwachs, sondern von dem bisher erreichten Durchmesser abhängig. Dadurch kulminiert der Grundflächenzuwachs und somit auch der Volumenzuwachs erst nach dem Durchmesserzuwachs.

Das Volumen von BH ist im Vergleich zu den anderen Bäumen deutlich höher. Der Volumenzuwachs ist bei ihm ebenfalls noch nicht sichtlich kulminiert. Auch wenn laut KRAMER (1988) der Volumenzuwachs erst nach der Höhe und dem Durchmesser kulminiert, zeigt ein Volumen von $1,29 \text{ m}^3$ am Ende des betrachteten Zeitraums einen deutlichen Vorsprung gegenüber BH und BK3. Dies verdeutlicht seine herrschende Stellung innerhalb des Bestandes. Die Stagnation der Volumenzuwachskurve könnte auf eine baldige Kulmination hinweisen. Dies kann jedoch zu diesem Zeitpunkt nicht abschließend gesagt werden.

Mittelstamm

Der Baum, der den Grundflächenmittelstamm des Bestandes charakterisiert, liegt mit seiner Wuchsleistung im Allgemeinen ebenfalls im Mittelfeld. In dem letzten untersuchten Jahr erreicht er die gleiche Höhe wie der Baum BH. In den Jahren zuvor, bleibt er diesem dennoch in der Höhenentwicklung deutlich unterlegen. Dies zeigt sich auch im Durchmesserwachstum. Hier bleibt BM ebenfalls im Mittelfeld zwischen BH und Bk3. Dennoch zeigen die Höhen- und BHD-Zuwachskurven einige Unregelmäßigkeiten im Kurvenverlauf. Dies kann aufgrund von Umwelteinflüssen oder durch die Wuchsdynamik gemeinsam mit seinen Nachbarbäumen erklärt werden.

Mit einem Volumen von $0,82 \text{ m}^3$ am Ende des betrachteten Zeitraums, liegt BM mit einer Differenz von $0,47 \text{ m}^3$ hinter BH. Die Zuwachskurve von BM zeigt noch keinen eindeutigen Kulminationspunkt. Die Durchmesserzuwachskurve wiederum zeigt diese bereits. So ist zunächst zwar nicht davon auszugehen, dass BM BH im Volumenwachstum einholt, jedoch haben Schwarznüsse auch im Alter nach EHRING (2019) ein erstaunliches Volumenwachstum, und so kann davon ausgegangen werden, dass das Volumen weiter deutlich ansteigen wird. Dies wird zudem maßgeblich von der Bestandesbehandlung beeinflusst und gesteuert (PRETZSCH 2002).

Baum der Kraft'schen Klasse 3

Der Baum BK3 wurde als Vertreter des Bestandeskollektivs ausgewählt, welcher durch seine Nachbarn unterdrückt wächst. Dies sollte innerhalb dieser Arbeit dazu dienen, die Wuchsleistung der Baumart (auf diesem Standort) unter nicht optimalen Konkurrenzbedingungen nachzuvollziehen.

In den erstellten Höhen- und Durchmesserwachstumskurven ist hier auch deutlich die Unterlegenheit gegenüber der beiden anderen untersuchten Bäumen erkennbar. Besonders die Höhenwachstumskurve zeigt, dass der Baum vermutlich von Beginn an unter Seitendruck erwachsen ist. Er braucht im Vergleich wesentlich länger um die Höhenzuwächse der anderen Bäume zu erreichen, den Baum BM holt er hier im späteren sogar ein, erreicht aber niemals die Höhenzuwächse von BH. Er bleibt in seiner Höhenentwicklung den anderen beiden Bäumen bis zum untersuchten Zeitpunkt stets unterlegen. Dass die Durchmesser- und Höhenzuwächse im Alter allmählich zurückgehen, spricht ebenfalls dafür, dass der Baum in seinem Wachstum von seinen Nachbarn beeinflusst war.

Beim Volumenzuwachs fällt auf, dass dieser bei BK3 bereits kulminiert ist. Damit ist er der einzige Baum, dessen Volumenzuwachs bis zum betrachteten Zeitraum kulminierte. Auch dies könnte durch die soziale Stellung des Baumes erklärt werden. Auch die Kurve des Volumenwachstums verläuft im Vergleich zu den anderen untersuchten Bäumen deutlich flacher.

Die wellige Form der Schaftkurve lässt sich unter anderem auch durch diese bedrängte Stellung nachvollziehen. Sein äußeres Erscheinungsbild ist ebenfalls als unruhig zu beschreiben. In tieferen Stammscheiben sind bereits Einflüsse von Ästen zu erkennen, welche so auch den Verlauf und die Ausformung der Jahrringe beeinflussen.

5.3. Diskussion der interspezifischen Ergebnisse

5.3.1. Übertragbarkeit der Ergebnisse

Das Wachstum von Bäumen wird laut KRAMER (1988) maßgeblich vom Standort beeinflusst. Ebenso spielen seine innere Veranlagung und Umwelteinwirkungen eine Rolle. Die innere Veranlagung, wie es KRAMER (1988) nennt, wird besonders von der Herkunft des Saatgutes beeinflusst. Besonders, da die ökologische Varianz der Schwarznuss aufgrund ihres so weiten natürlichen Verbreitungsgebietes so hoch ist, spielt es hier eine entscheidende Rolle. Das Saatgut, aus welchem die untersuchten Bestände begründet wurden, stammt aus eigenen anliegenden Beständen im Forstamt Lampertheim (mdl. Mitt. SCHEPP, 2023). Deren Wuchseigenschaften auf dem gegebenen Standort haben bereits überzeugt.

Des Weiteren muss angemerkt werden, dass der Stichprobenumfang von drei Bäumen auf einem Standort recht gering ist. Es ist schwierig von diesen Proben, allgemeine Rückschlüsse über das Wachstum der Baumart ziehen zu können. Ebenso ist über die Behandlung der Einzelbäume wenig bekannt und es können nur Mutmaßungen darüber angestellt werden, ob die Wuchsunterschiede allein durch individuelle baumspezifische Unterschiede entstanden sind, oder auch externe Einflüsse oder Störungen das Wuchsverhalten der Bäume bestimmt haben. Deshalb können aus den Ergebnissen lediglich Hinweise auf artspezifische Eigenschaften, hauptsächlich für den betrachteten Standort gegeben werden.

5.3.2. Interspezifischer Vergleich

Zum Vergleich mit den Ertragstafel-Werten der Esche und Roteiche ist grundsätzlich zunächst kritisch zu bewerten, dass der Stichprobenumfang sehr gering ist. Hier wäre es von größerer Aussagekraft gewesen, wären jeweils vom Grundflächenmittelstamm und dem Stamm der Weise'schen Oberhöhe mehrere Vertreter gewählt und untersucht worden. Hier hätten Mittelwerte der aufgenommenen Daten gebildet werden, und so die durch baumspezifische Einflüsse entstehenden

Unterschiede in den Kurven geglättet werden können. Weiterhin wurden wie bereits erwähnt, Vergleichswerte aus den Ertragstafeln verwendet. Vergleichswerte der Baumarten auf dem gleichen Standort heranzuziehen hätte die Präzision erhöht, denn der untersuchte Standort bietet für die Schwarznuss optimale Wuchsbedingungen. Ein Vergleich der Wuchseigenschaften mit Eschen - und Roteichenbeständen bei gleichen Standortbedingungen wäre aussagekräftiger gewesen, hätte den Umfang dieser Arbeit jedoch überschritten. Weiterhin ist neben dem Bedenken bezüglich des Standortes auch die Aktualität der Ertragstafelwerte kritisch zu bewerten. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Daten bereits überholt sind und die Werte auch für mehrschichtige Mischbestände nicht als repräsentativ gelten (ALBERT et al. 2022).

Die Ergebnisse wurden mit Werten der Ertragstafel der Esche und Roteiche der ersten Ertragsklasse und einem Bestockungsgrad von 1,0 verglichen. Dies war aufgrund der nicht gegebenen Datengrundlagen nicht anders möglich, kann die Ergebnisse bzw. den Vergleich jedoch beeinflussen. Dennoch zeigt sich bei allen drei untersuchten Bäumen eine höhere Wuchsleistung im Vergleich zu Esche und zur Roteiche.

Im Vergleich mit der Pappel fällt auf, dass diese der Wuchsleistung der Schwarznuss im Höhen- und Durchmesserwachstum überlegen ist. Die Wuchsleistung von BH nähert sich der Wachstumskurve der Pappel 3. Ertragsklasse jedoch deutlich. Dies spricht in jedem Fall für die hohe Wuchsleistung der Schwarznuss (HARTMANN 2010). Dennoch muss bei diesem Vergleich immer die Holzqualität beachtet werden. Das Holz der Schwarznuss ist im Vergleich deutlich hochwertiger und wird auf dem Markt auch höher gehandelt (www12, www13).

Auch EHRING (2019) zeigt auf, dass das Höhenwachstum der Schwarznuss oberhalb dem der Esche auf „besten Standorten“ liegt, dies bestätigen auch die in dieser Arbeit erhaltenen Erkenntnisse.

5.4. Aussicht und Empfehlung

Die Einbringung fremdländischer Baumarten birgt gewisse Risiken. Die Einflüsse auf das heimische Ökosystem sind oftmals nicht bekannt und auch schwer absehbar. Hier spielt Invasivität eine entscheidende Rolle, denn werden heimische Arten verdrängt, so stellt sich die Frage nach langfristigen Folgen. Dennoch kann es ebenso verschiedene Vorteile mit sich bringen, es kann den Waldbau und den Holzmarkt bereichern. Durch die zunehmende Problematik des Klimawandels können heimische Baumarten durch Trockenheit und Hitze, oder abnehmende Resistenz gegenüber Krankheiten und Schadorganismen zu kämpfen haben. Hier kann die Einbringung fremdländischer Baumarten eine Ergänzung bei Ausfall heimischer Vegetation bieten und teilweise zum Erhalt neuer und alter Ökosysteme beitragen.

Die Schwarznuss gilt im Allgemeinen nicht als invasiv (VOR et al. 2015). Aufgrund der hohen Ansprüche an ihren Standort und besonders der Wasserversorgung kann auch davon ausgegangen werden, dass sie sich nicht übermäßig verbreiten wird. Doch auf den ehemaligen Eschenstandorten kann die Schwarznuss als ökonomisch wertvolle Alternative dienen.

Die Ansprüche der Baumart an ihren Standort sind ohne jede Frage hoch. Erkenntnisse aus langfristigen Anbauversuchen auf nicht optimalen Standorten gibt es noch keine. Dennoch ist die Schwarznuss nach Aussage von MEYER-RAVENSTEIN (2023) auch auf diesen Standorten als eine alternative Baumart in Betracht zu ziehen. Die Untersuchungen innerhalb dieser Arbeit haben gezeigt, dass die Baumart auf den entsprechend optimalen Standorten eine hohe Wachstumsleistung zeigt. Diese übersteigt die der Esche und der Roteiche deutlich. So ist die Nussart als Baumart mit einer, durch ihr natürliches Verbreitungsgebiet bedingten, breiten ökologischen Plastizität nicht nur eine wertvolle Alternative im Klimawandel, sondern auch in Bezug auf die Leistung eine rentable Bereicherung des deutschen Holzmarktes.

6. Zusammenfassung

Das Ziel dieser Bachelorarbeit war es, eine waldwachstumskundliche Untersuchung der Schwarznuss in den hessischen Rheinniederungen durchzuführen. Dazu wurden vier ca. 40-jährige Schwarznussbestände untersucht und die wichtigsten quantitativen Bestandesdaten dargestellt. Des Weiteren wurden an drei Bäumen aus einem der Bestände mittels Stammanalysen Einzelbaumdaten erhoben. Mit einer guten Nährstoffversorgung und Grundwasseranschluss bieten die untersuchten Bestände für die Schwarznuss optimale Wuchsbedingungen.

Die Bestandesaufnahme fand mittels Vollklappung statt. Zur Untersuchung des Einzelbaumwachstums wurden aus dem Baumkollektiv eines Bestandes ein vorherrschender Baum, ein dem Grundflächenmittelstamm entsprechender Baum und ein beherrschter Baum der Kraft'schen Klasse 3 ausgewählt und gefällt. Diesen Bäumen wurden anschließend Stammscheiben entnommen, um so den Jahringverlauf nachvollziehen zu können. Bei der Stammanalyse wurden die Jahringbreiten in Perioden von drei Jahrringen vermessen und mit Hilfe der Software „Stanly“ ausgewertet, um so Rückschlüsse auf das Wachstum der Bäume treffen zu können. Es wurde die Durchmesser-, Höhen- und Volumenentwicklung dargestellt und zum einen innerartlich, als auch mit der Esche, der Roteiche und der Pappel verglichen.

Der Vergleich der Probebäume untereinander zeigt Diversität, welche jedoch durch die unterschiedliche soziale Stellung nachvollzogen werden kann. Im Vergleich zur Esche und zur Roteiche zeigt die Schwarznuss besonders in der Höhen- und Durchmesserentwicklung eine deutliche Überlegenheit. Die Wuchsleistungen der Pappel erreicht die Nuss zwar nicht, der vorherrschende Baum nähert sich dieser jedoch deutlich an.

Aus ertragskundlicher Sicht kann die Schwarznuss auf dem betrachteten Standort als sehr wuchsstarke und hochwertige Alternative zur Esche betrachtet werden. Hierbei sollten die Herkunft und Standortansprüche jedoch beachtet werden.

Literaturverzeichnis

- AAS G., (2016) „Morphologie und Diversität der Walnussgewächse (Juglandaceae)“
Hrsg.: Ökologisch-Botanischer Garten Universität Bayreuth 30 S.
- ALBERT M., NAGEL J., SCHMIDT M., NAGEL R.-V., SPELLMANN H. (2022)
„Neue Generation dynamischer Ertragstafeln“
Hrsg.: Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Göttingen 30 S.
- BARTSCH N., (1998)
„Zum Anbau der Schwarznuss (Juglans nigra L.) in den Rheinauen“
Hrsg.: J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main: - Bd. 95: 91 S.
- BARTSCH N., VON LÜPKE B, RÖHRIG E. (2020)
„Waldbau auf ökologischer Grundlage“ 8. Vollständige überarbeitete und erweiterte Auflage
Hrsg.: Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 676 S.
- BAUER (1955) in SCHOBER R., (1975) „Ertragstafeln wichtiger Baumarten“
dritte, neuüberarbeitete und erweiterte Auflage
Hrsg.: J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main, S. 29
- BERR K., JENAL C. (2022) „Wald in der Vielfalt möglicher Perspektiven“
Hrsg.: Olaf Kühne, Forschungsbereich Geographie, Eberhard Karls Universität Tübingen, Tübingen, Deutschland
Sebastian Kinder, Forschungsbereich Geographie, Eberhard Karls Universität Tübingen, Tübingen, Deutschland
Olaf Schnur, Stadt- und Quartiersforschung, Berlin, Deutschland
Hrsg.: Springer VS Fachmedien, Wiesbaden GmbH 14 S.
- DE AVILA A., HÄRING B., RHEINBAY B., BRÜCHERT F., HIRSCH M., ALBRECHT A. (2021)
„Artensteckbriefe 2.0“
Hrsg. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt BadenWürttemberg (FVA) 246 S.
- DIETZ H., DUNCKER P., EICKMANN J. ENDERS P., EßBACH T., FOTTNER K., FRANZ M., GLÜCKSTEIN A., HAUCK A., HEISING G., HERBST V., HITTENBECK J., KIESER W., KLAMMA A., KNOPP M., LABITZKE S., LELEK S., MEIER B., MÖLLER W., MORAT J. MÜBIG P., NEUNER M., NICK L. NICKEL H., ÖSTERLING K. (2019)
„Beruf Forstwirt“ 7., aktualisierte Auflage
Hrsg.: Eugen Ulmer Verlag, Hohenheim, 641 S.
- EHRING A., KELLER O. (2008) „Nussbäume zur Wertholzproduktion“
Hrsg. LFS Wissen, 60, 7 S.
- EHRING, STEINACKER, NAGEL (2019) „Anbau von Schwarznuss und Hybridnuss
Wissenschaftliche Erkenntnisse und Waldbauliche Erfahrungen“

- Hrsg.: Gesellschaft zur Förderung schnellwachsender Baumarten in Nordeutschland e.V. Heft 6/2019, 16 S.
- HARTMANN, K-U., (2010)
„Entwicklung eines Ertagsschätzers für Kurzumtriebsbestände aus Pappel“
Hrsg. Technische Universität Dresden, Fakultät Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften 150 S.
- HEDDERICH J., SACHS L., (2020) „Angewandte Statistik“
17., überarbeitete und ergänzte Auflage
Hrsg.: Springer-Verlag GmbH Berlin, 1084 S.
- HFEA A-03 „Hessische Anweisungen für forstliche Standortaufnahme Anhang 3“
Hrsg.: Landesbetriebsleitung HessenForst 76 S.
- JOTZ S., KONOLD., SEGATZ E., MAZOMEIT J., JOHN V., STAPPER N., „Untersuchungen über die Integration der Schwarznuss (*Juglans nigra* L.) in die Waldökosysteme der Pfälzer Rheinebene“
Hrsg.: Zentralstelle der Forstverwaltung Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz 71 S.
- JOTZ, S., KONOLD, W. (2020) „Waldbauliche und ökologische Potentiale der Schwarznuss (*Juglans nigra* L.“
Hrsg. Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Trippstadt, 153 S.
- KRAMER H., (1988) „Waldwachstumslehre“
Hrsg.: Verlag Paul Parey Hamburg, Berlin 374 S.
- KRAMER, H.; AKÇA, A., (2008):
Leitfaden zur Waldmesslehre. 5. überarbeitete Auflage.
Hrsg.: J D Sauerländer. Frankfurt am Main, 226 S.
- KRUMM, F., L, VITKOVÁ (2016) „Eingeführte Baumarten in europäischen Wäldern: Chancen und Herausforderungen“
Hrsg. European Forest Institute, 456 S.
- NICKEL M., STEINACKER L., KLEMM H.-J., PRETSCH H. (2008) „Anbau verschiedener Nussbaumarten in Bayern“ LWF Wissen 60
Hrsg.: Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Bayern 43 S.
- PD DR. KLOTZ S., BRAND S. „Das Meso- und Mikroklima“ (2008)
Hrsg.: Eberhard-Karls-Universität Tübingen Geographisches Institut
HS Klimawandel, Klimageschichte der Erde, Klimatologie
- PETERSEN R., ANNIGHÖFER P. 4.11 Spätblühende Traubenkirsche (*Prunus serotina* Ehrh.) Hrsg. NW-FVA Nordwestdeutsche forstliche Versuchsanstalt, 17 S.
- PLÖBEL, J. (2008) „Schwind- und Quellverhalten von Holz“
Hrsg.: Gesamtverband Deutscher Holzhandel e.V., Wiesbaden 2 S.

- PRETZSCH H. (2019) „Grundlage der Waldwachstumsforschung“
2. überarbeitete und erweiterte Auflage
Hrsg. Springer Spektrum, Berlin 664 S.
- PRETZSCH H., (2002) „Grundlagen der Waldwachstumsforschung“
Hrsg.: Blackwell Verlag GmbH Berlin, Wien 414 S.
- RÄTZEL (1969) in SCHOBER R., (1975) „Ertragstabeln wichtiger Baumarten“
dritte, neuüberarbeitete und erweiterte Auflage
Hrsg.: J.D. Sauerländer's verlag, Frankfurt am Main, S. 60
- SCHAARSCHMIDT H. (1999) „Die Walnussgewächse Juglandaceae“
3. Unveränderter Nachdruck der 2. Auflage von 1999
Hrsg. Die neue Brehm-Bücherei Bd. 591 2006 Westarp Wissenschaften-Verlagsgesellschaft mbH, Hohenwarsleben, 167 S.
- SCHWINDEL S. (2019) „Phytochemische und chemotaxonomische Studie zu Juglans Regia L. und Untersuchungen zur α -Glucosidasehemmung“ Diss. an der Fakultät für Chemie und Pharmazie der Universität Regensburg, 301 S.
- VOLLQUARTS (1958) in SCHOBER R., (1975) „Ertragstabeln wichtiger Baumarten“
dritte, neuüberarbeitete und erweiterte Auflage
Hrsg.: J.D. Sauerländer's verlag, Frankfurt am Main, S. 53
- VOR T., SPELLMANN H., BOLTE A., AMMER C. (2015)
„Potentiale und Risiken eingeführter Baumarten“ Band 7 „Göttinger Forstwissenschaften“
Hrsg.: Universitätsverlag Göttingen 296 S.

Internetquellen

- www1: <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/schadensmanagement/pilze-und-nematoden/wenn-ulmen-heimlich-sterben> (Zugriff am 12.07.2023)
- www2: <https://www.medistat.de/glossar/deskriptive-statistik/variationskoeffizient> (Zugriff am 19.06.2023)
- www3 <https://www.floraweb.de/webkarten/karte.html?taxnr=3126> (Zugriff am 19.06.2023)
- www4: <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/waldbau/gebietsfremde-baumarten> (Zugriff am 19.06,2023)
- www5: <https://de.climate-data.org/europa/deutschland/baden-wuerttemberg/mannheim-2123/#climate-graph> (Zugriff am 13.06.2023)
- www6: <https://geologie.hessen.de/mapapps/resources/apps/geologie/index.html?lang=de> (Zugriff am 25.07.2023)
- www7: <https://dkv-net.de/schwarznuss-juglans-nigra/> (Zugriff am 19.06.2023)
- www8: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-63061-7_8 (Zugriff am 31.07.2023)
- www9: [http://www.wald-rlp.de/de/kwis-rlp-klimawandelinformationssystem-rheinland-pfalz/handlungsfelder/wald-und-forstwirtschaft/nebenbaumarten/schwarznuss/vorkommen/.](http://www.wald-rlp.de/de/kwis-rlp-klimawandelinformationssystem-rheinland-pfalz/handlungsfelder/wald-und-forstwirtschaft/nebenbaumarten/schwarznuss/vorkommen/) (Zugriff am 20.05.2023)
- www10: <https://www.wald.de/waldwissen/laubbaum-nadelbaum/laubbaumarten/die-esche-fraxinus-excelsior-l> (Zugriff am 29.07.2023)
- www11: <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/waldbau/kurzportrait-roteiche-quercus-rubra-l> (Zugriff am 29.07.2023)
- www12: <https://www.hausjournal.net/pappelholz> (Zugriff am 07.08.2023)
- www13: <https://www.hausjournal.net/nussbaumholz> (Zugriff am 07.8.2023)
- www14: http://www.ig-nuss.de/ueber_uns.htm (Zugriff am 08.08.2023)

Mündliche Mitteilungen

- MERKEL H. (20223) - Vortrag zu Konkurrenz Indices - Prof. Dr. Hubert Merkel. Dozent für Klimatologie, Ökologie erneuerbare Ressourcen, Statistik, Waldwachstumskunde und Waldbau. Fakultät Ressourcenmanagement. Hochschule für angewandte Wissenschaften und Kunst. Göttingen

- MEYER-RAVENSTEIN H.-J. (2023) – mündliche Mitteilung zum Keimprozent der Schwarznüsse und dem Höhenwachstum - Dr. Hans-Jochen Mayer-Ravenstein auf einer Exkursion der IG Nuss am Plauer Werder
- MÜLLER J. (2023) – Vorlesung „Einführung in die Stammanalyse“ an der Hochschule für angewandte Wissenschaften und Kunst Fakultät Ressourcenmanagement, im Rahmen des 5. Semesters Forstwirtschaft
- MÜLLER J., KAUT J., (2021) Vorlesung „Waldmesslehre und Waldinventur“ an der Hochschule für angewandte Wissenschaften und Kunst Fakultät Ressourcenmanagement, im Rahmen des 3. Semesters Forstwirtschaft
- SCHIEPP R. (2023) - mündliche Mitteilung über die Geschichte und die Behandlung der untersuchten Bestände – Ralf Schiepp Forstamtsleiter Forstamt Lampertheim a.D.
- VOR T., (2023) – Mündliche Mitteilung über die Invasivität der Schwarznuss – Prof. Dr. Torsten Vor Dozent Waldbau urbaner Wälder und Waldbautechnik Fakultät Ressourcenmanagement Hochschule für angewandte Wissenschaften und Kunst. Göttingen

Andere Quellen

- HEIMANN R. (2023) - HessenForst-. Schriftliche Mitteilung - Sachbereich III.2 Holzverkauf – Mitteilung über die Submissionserlöse der Schwarznuss
- OPENTOPOMAP 2023; SWISSTOPO 2023a

Anhang

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Formzahl-Regression getrennt nach Untersuchungsbäumen	XII
Abbildung 2: Bestandesbild der Abt. 808 A2.....	XIV
Abbildung 3: Bestandesbild der Abt. 808 A2.....	XIV
Abbildung 4: Kronenkarte BH.....	XVII
Abbildung 5: Kronenfoto BH.....	XVIII
Abbildung 6: Kronenkarte BM.....	XX
Abbildung 7: Kronenfoto BM.....	XXI
Abbildung 8: Kronenkarte BK3.....	XXIII
Abbildung 9: Kronenfoto BK3	XXIV
Abbildung 10: FE Blatt Abt. 803 A2	XXV
Abbildung 11: FE Blatt Abt. 807 A2	XXVI
Abbildung 12: FE Blatt Abt. 808 A2	XXVII
Abbildung 13: FE Blatt Abt. 812 A2	XXVIII
Abbildung 14 Eingabemuster für „Stanly“ MÜLLER (2020)	XXIX

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bestandesbeschreibung.....	XIII
Tabelle 2: Kluppliste getrennt nach Beständen.....	XV
Tabelle 3: Aufnahmen der Kronensituation BH	XVI
Tabelle 4: Aufnahmen der Kronensituation BM.....	XIX
Tabelle 5: Aufnahmen Kronensituation BK3	XXII

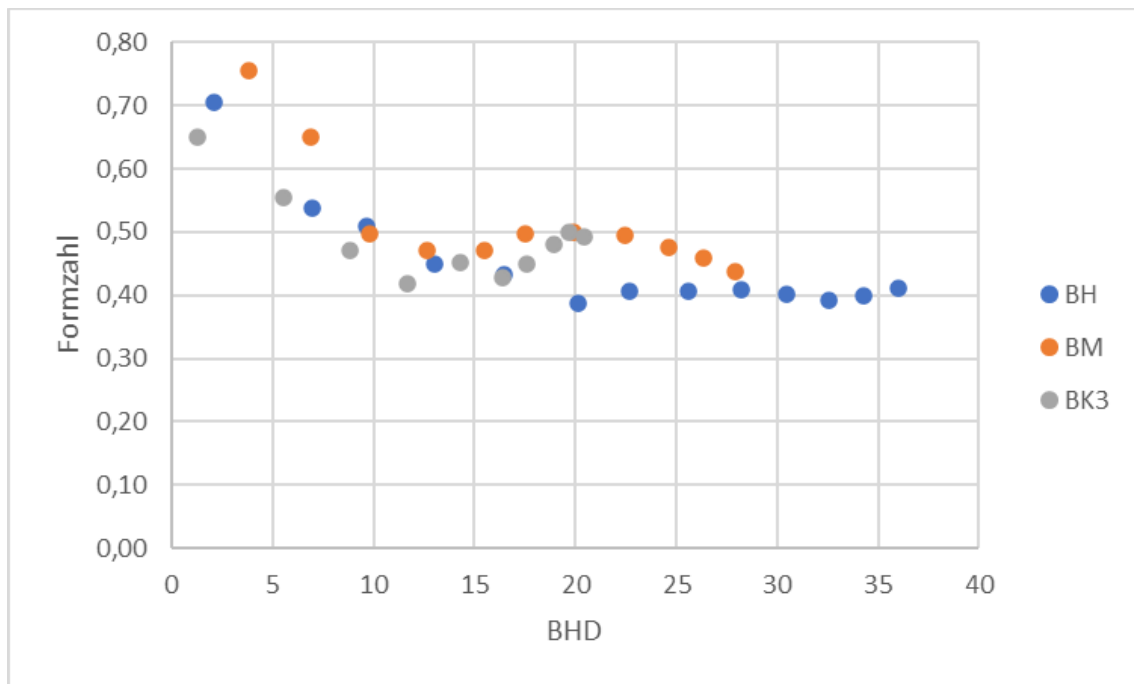


Abbildung 1: Formzahl-Regression getrennt nach Untersuchungsbäumen

Tabelle 1: Bestandesbeschreibung

Bestandesbeschreibung	
Zweischichtiger Schwarznussbestand mit Naturverjüngung, sowie Verjüngung von Berg-Ahorn und gemeiner Esche	
Hauptbaumart	Schwarznuss (<i>Juglans nigra</i>)
Entstehung	Saat
Natürliche Altersstufe	Geringes, vereinzelt mittleres Baumholz
Wüchsigkeit	Sehr wüchsig
Schaft	<ul style="list-style-type: none"> • gradschäftig • lang- bis mittelschäftig • teilweise zwieselig (30%)
Krone	<ul style="list-style-type: none"> • Vorherrschende → gut ausgeprägte Kronen • Andere → teilweise eingeklemmt und/oder Fahnenförmig • Vereinzelt Astausbrüche (<10%)
Mischungsform	Reinbestand
Nebenbaumarten	-
Bestandesschluss	Geschlossen mit Fehlstellen
Sonstige Besonderheiten	<p>Verjüngung von Berg-Ahorn, Esche und Schwarznuss, teilweise verbissen</p> <p>Teilweise Haselnuss und Weißdorn</p>



Abbildung 2: Bestandesbild der Abt. 808 A2

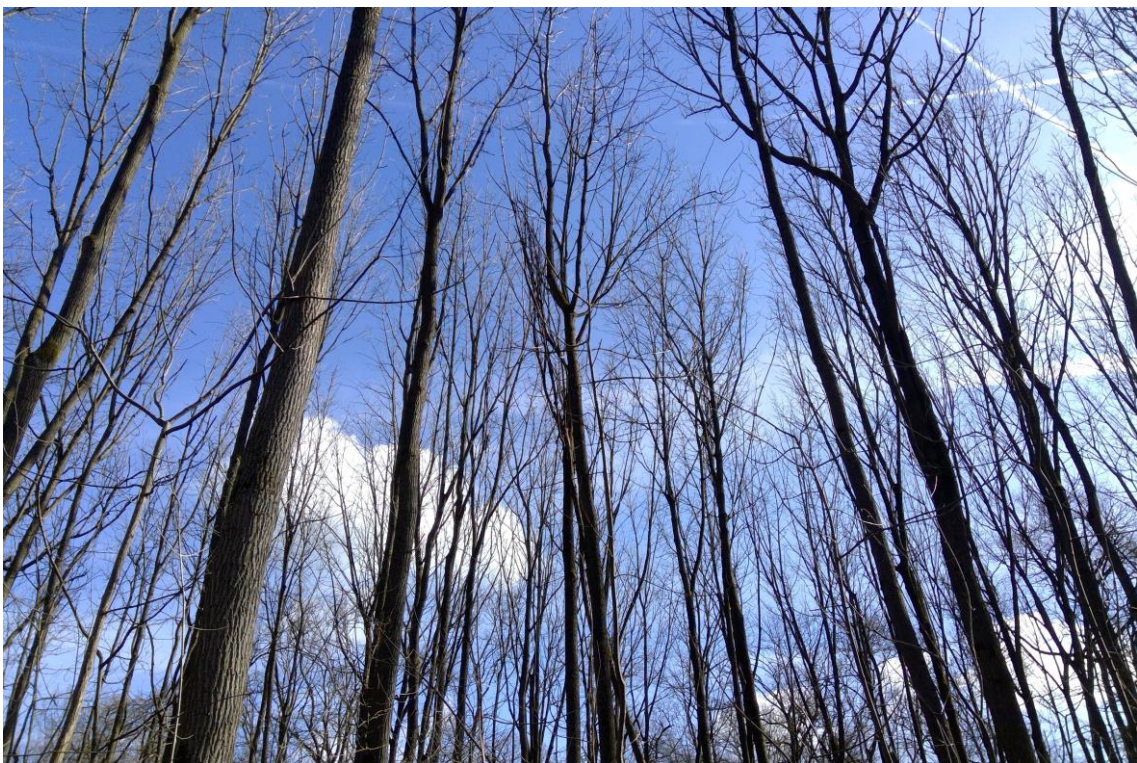


Abbildung 3: Bestandesbild der Abt. 808 A2

Tabelle 2: Kluppliste getrennt nach Beständen

808 U [cm]	808 H [cm]	803 U [cm]	803 H [cm]	812 U [cm]	812 H [cm]	807 U [cm]	807 H [cm]
10	37	24	29	12	42	9	30
13	33	25	37	17	35	14	24
16	44	11	33	11	29	16	18
13	30	20	26	19	37	10	41
11	26	23	31	10	31	10	34
11	29	13	28	16	36	7	19
17	24	11	34	16	49	20	29
17	39	27	33	16	31	8	26
7	20	13	30	22	30	18	24
7	29	9	28	18	35	21	31
18	27	9	32	19	27	10	27
14	32	13	35	11	36	7	32
11	43	10	32	12	35	13	42
1	30	24	40	14	36	16	42
6	47	10	30	16	35	7	20
15	36	13	36	10	33	11	39
17	43	14	42	12	29	9	36
12	23	9	26	14	40	9	30
10	31	10	34	17	35	10	27
13	24	10	37	19	33	18	30
8	39	12	40	19	23	11	35
20	31	10	30	16	32	11	27
12	23	11	25	14	25	12	30
9	21	14	30	15	30	11	39
14	31	14	32	12	38	7	23
11	35	7	32	11	23	11	29
15	31	14	41	17	23	11	33
15	47	12	23	13	34	14	20
15	38	22	33	8	39	9	45
10	42	13	32	18	40	8	38
7	37	12	30	10	41	9	29
9	30	10	32	7	28	11	29
8	40	10	27	10	46	12	25
9	26	18	34	10	41	12	41
11	26	12	39	12	43	9	30
8	32	14	25	11	29	12	36
14	29	16	24	12	42	7	39
12	37	14	36	10	35	9	29
8	34	12	24	8	35	16	29
18	35	14	26	17	41	10	21
18	44	11	29	16	30	19	25
8	34	13	24	15	37	16	31
16	26	10	36	12	36	24	29
18	37	10	24	14	34	14	34
19	35	18	30	15	26	12	27
10	34	11	34	14	39	14	29
10	26	10	27	13	46	22	35
9	32	16	27	11	40	12	31
14	38	16	27	12	32	9	31
8	28	9	44	11	39	22	33
9	26	8	27	11	94	9	25
15	32	13	34	11	22	7	37
14	45	23	38	11	34	13	28
7	40	13	27	11	30	10	34
8	24	13	25	11	33	10	28
23	30	13	29	11	42	13	31
11	27	9	31	11	35	8	24
9	33	13	42	11	29	19	35
10	27	16	26	11	37	18	34
12	27	13	20	11	31	15	31
10	20	20	27	11	36	15	33
10	41	12	30	11	49	10	35
21	33	14	32	11	31	18	34
16	28	12	37	11	30	10	29
9	37	8	37	11	35	8	26
7	24	16	26	11	27	19	32
19	26	12	32	11	36	7	39
19	33	17	30	11	35	12	31
23	39	10	21	11	36	18	31
23	34	9	29	11	35	13	31
10	30	10	27	11	33	12	31
8	30	12	22	11	29	24	31
20	38	13	30	11	40	17	31
21	30	14	49	11	35	17	31
20	24	12	34	11	33	17	31
9	30	13	33	11	23	17	31
10	27	12	41	11	32	17	31
9	40	10	20	11	25	17	31
23	39	15	28	11	30	17	31
8	25	14	35	11	38	17	31
10	27	10	34	11	23	17	31
13	28	20	32	11	23	17	31
10	32	13	35	11	35	17	31
9	29	12	35	11	35	17	31
14	32	24	31	11	35	17	31
8	28	16	29	11	35	17	31
13	29	15	42	11	35	17	31
10	28	11	38	11	35	17	31
11	30	12	40	11	35	17	31
21	41	18	28	11	35	17	31
12	40	23	30	11	35	17	31
9	43	18	24	11	35	17	31
11	36	15	28	11	35	17	31
8	32	11	33	11	35	17	31
14	30	14	32	11	35	17	31
12	29	11	33	11	35	17	31
9	40	10	29	11	35	17	31
22	27	11	31	11	35	17	31
14	36	11	32	11	35	17	31
8	41	11	28	11	35	17	31
7	40	11	30	11	35	17	31
7	31	11	32	11	35	17	31
7	28	11	30	11	35	17	31
10	42	11	40	11	35	17	31
12	33	11	24	11	35	17	31
14	38	11	29	11	35	17	31
9	36	11	30	11	35	17	31
24	39	11	20	11	35	17	31
7	30	11	26	11	35	17	31
17	33	11	33	11	35	17	31
10	26	11	33	11	35	17	31
8	25	11	33	11	35	17	31
33	31	11	33	11	35	17	31
31	31	11	33	11	35	17	31
24	31	11	33	11	35	17	31
36	31	11	33	11	35	17	31
27	31	11	33	11	35	17	31
47	31	11	33	11	35	17	31
54	31	11	33	11	35	17	31
36	31	11	33	11	35	17	31
29	31	11	33	11	35	17	31
28	31	11	33	11	35	17	31
32	31	11	33	11	35	17	31
44	31	11	33	11	35	17	31
28	31	11	33	11	35	17	31
32	31	11	33	11	35	17	31

Tabelle 3: Aufnahmen der Kronensituation BH

BH	EP	Abstand	Gon
	1	3,65	229
	2	4,98	180
	3	2,17	125
	4	3,56	71
	5	0,74	392
	6	1,6	275
	7	3,27	245
	8		
BH N1	EP	Abstand	Gon
BHD : 41 cm	1	1,45	362
Höhe: 29,3 m	2	2,43	321
Kronenansatz: 15,2 m	3	4,25	281
K: 1	4	4,2	260
Schirmf.: 26,192	5	1,42	251
	6	0,75	194
	7	1,42	120
	8	3,3	82
	9	1,8	21
	10	3,2	7
BH N2	EP	Abstand	Gon
BHD : 29 cm	1	1,65	387
Höhe: 25,7 m	2	2,63	319
Kronenansatz: 16,7 m	3	2,55	291
k: 2	4	2,07	263
Schirmf.: 16,137	5	3,02	200
	6	3,12	153
	7	1,8	91
	8	2,98	25
BH N3	EP	Abstand	Gon
BHD : 29 cm	1	1,8	315
Höhe: 25,1 m	2	1,6	255
Kronenansatz: 10,8 m	3	1,62	203
K: 3	4	3,49	160
Schirmf.: 7,099	5	0,68	65
	6	1,56	5
		1,55	350

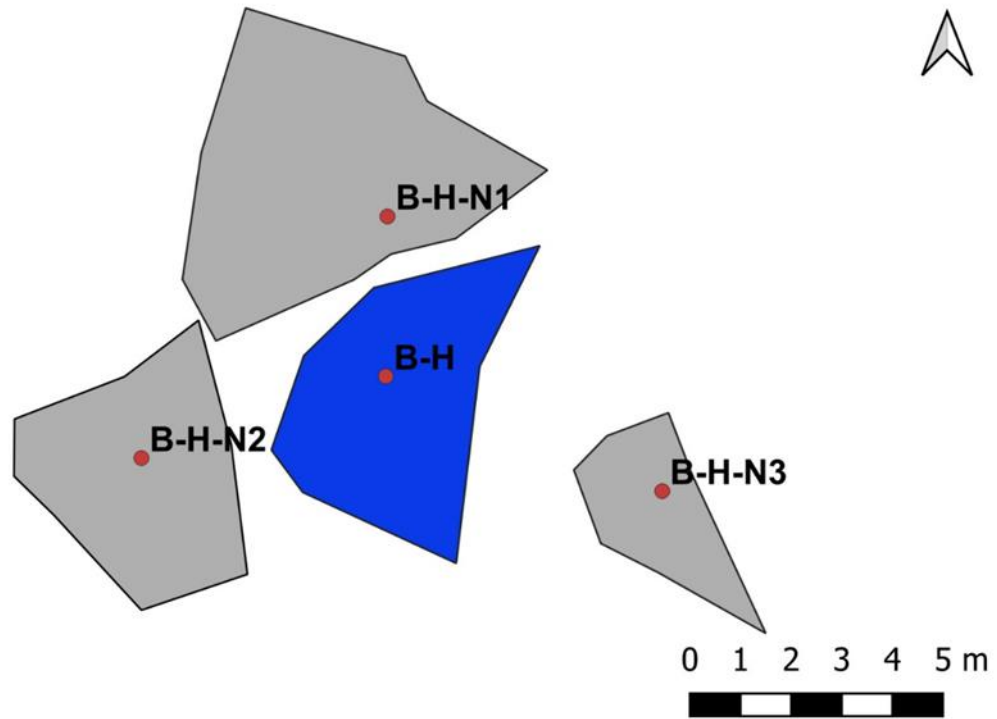


Abbildung 4: Kronenkarte BH



Abbildung 5: Kronenfoto BH

Tabelle 4: Aufnahmen der Kronensituation BM

BM	EP	Abstand	Gon
	1	3,55	364
	2	2,9	300
	3	1,97	255
	4	2,05	221
	5	2,87	173
	6	3,05	135
	7	1,8	89
	8	2,75	9
BM N1	EP	Abstand	Gon
BHD : 32 cm	1	2,55	335
Höhe: 29,5 m	2	1,63	289
Kronenansatz: 11,7 m	3	2,4	200
K: 2	4	3,1	165
Schirmf: 11,32 m ²	5	3,78	137
	6	3,12	107
	7	2,78	65
	8	3,35	16
	9	3,2	369
BM N2	EP	Abstand	Gon
BHD : 29 cm	1	3,13	382
Höhe: 25,2 m	2	2,62	330
Kronenansatz: 13,7 m	3	3,05	301
k: 2	4	2,2	241
Schirmf.: 11,28	5	1,09	216
	6	1,1	189
	7	1,47	58
	8	2,25	5
BM N3	EP	Abstand	Gon
BHD : 28 cm	1	2,15	349
Höhe: 25,3 m	2	1,1	294
Kronenansatz: 9,8 m	3	1,94	185
K: 3	4	2,02	106
Schirmf.: 9,46	5	2,43	40
	6	2,33	395

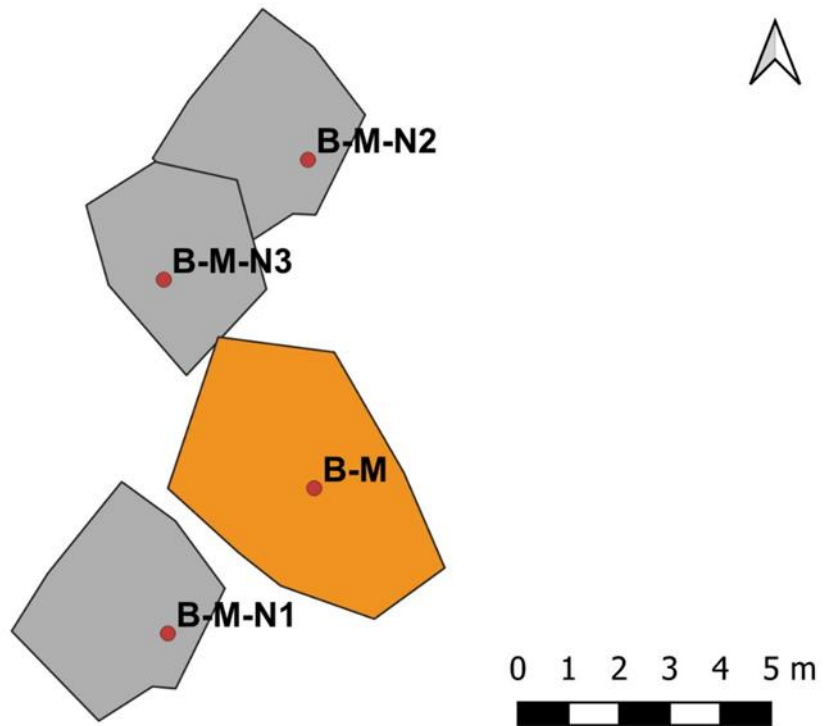


Abbildung 6: Kronenkarte BM



Abbildung 7: Kronenfoto BM

Tabelle 5: Aufnahmen Kronensituation BK3

BK3	EP	Abstand	Gon
	1	1,34	351
	2	2,86	268
	3	1,86	214
	4	1,34	150
	5	2,56	81
	6	1,18	51
	7		
	8		
Bk3 N1	EP	Abstand	Gon
BHD : 41 cm	1	4,45	22
Höhe: 25 m	2	1,26	356
Kronenansatz: 13 m	3	2,87	250
K: 1	4	4,54	201
Schirmf.: 38,298	5	4,6	173
	6	4,78	133
	7	5,36	84
	8		
	9		
BK3 N2	EP	Abstand	Gon
BHD : 35 cm	1	2,57	362
Höhe: 25,4 m	2	2,6	294
Kronenansatz: 14,6 m	3	3,16	218
k: 2	4	1,3	130
Schirmf.: 13,001	5	2,36	53
	6	2,4	5
	7		
	8		
Bk3 N3	EP	Abstand	Gon
BHD : 25 cm	1	2,47	80
Höhe: 24,5 m	2	2,85	336
Kronenansatz: 10,5 m	3	2,27	307
K: 2	4	2,57	295
Schirmf.: 8,347	5	1,74	265
	6	0,48	99
		2,09	24
Bk3 N4	EP	Abstand	Gon
BHD : 36 cm	1	1,86	351
Höhe: 26,2 m	2	2,8	72
Kronenansatz: 11,2 m	3	3	146
K: 2	4	3,48	105
Schirmf.: 15,427	5	3,85	135
	6	3,06	155
		1,78	286

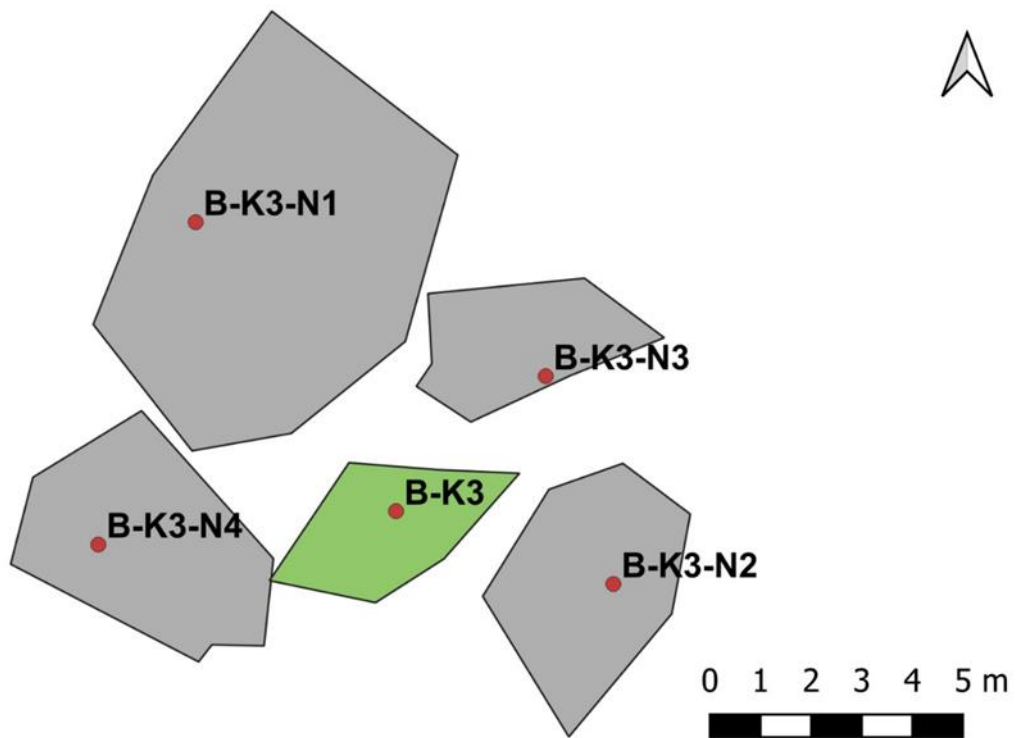
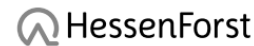


Abbildung 8: Kronenkarte BK3



Abbildung 9: Kronenfoto BK3

Betriebsbuch



1150-1-213-213 Staatswald FA Lampertheim, Revier: Jägersburg												2012		
WirB			0,7 ha			Abteilung: 803 A 2			FE					
Funktionen						Naturschutz								
Wald mit Klimaschutzfunktion, wirtschaftsbeeinflussend, faktisch 100%						Naturschutzgebiet, wirtschaftsbestimmend, ausgewiesen 100%								
Wald mit Erholungsfunktion, wirtschaftsbestimmend, faktisch 100%						Vogelschutzgebiet, wirtschaftsbeeinflussend, ausgewiesen 100%								
						Boden-/Kulturdenkmal, wirtschaftsbestimmend, faktisch 100%								
Standort						Standortswasserbilanz								
Höhe 88 m über NN			Hess. Rheinniederung			21			hydromorph			0 100%		
Skelettanteil: sehr schwach (bis 2%)			Zentrale Eichen-Mischwaldzone			1								
tiefliegend			schwach subkontinental			3								
Hochflutlehm carbonathaltig			feucht			5								
schluffiger Lehm über toniger Lehm eben (<= 3,5%)			eutroph			1								
Bestand und Ziele						Maßnahmen								
SNU, schwaches Baumholz bis Stangenholz														
Ausreifungsstadium			aus Pflanzung											
Z-Bäume markiert			gedrängt bis locker											
SEI mit ELB, SEI														
Bestandesbeschreibung														
%	ha	BA	Alter (von - bis)	Bonität	Qualität Ästung	Mischform	GW	TR	Vorrat Vfm	Zuw. Vfm	EG	Nutzung Vfm Efm Efm/ha		
Hauptschicht B* 1,20 0,7 ha														
Durchforstung														
100	0,7	SNU	32	0.0	+				63	0	2x	49	39	56
									gesamt	63	0		49	39
									je ha	90	0			56
Verjüngungsschicht B* 0,30 0,7 ha														
100	0,7	ESH	5	3-10	1.0				0	0				0
									gesamt	0	0			0
									je ha	0	0			0
Bestand									gesamt	63	0		49	39
									je ha	90	0			56
Einschlag % des Zuwachses: 0%														
Verjüngungsplan														
Schutzgebiete und Biotope														
Vogelschutzgebiet, Rheinauen bei Biblis und Groß-Rohrheim (6216-450), 0/53												100%		
Text														
Naturalkontrolle														
Jahr	Teilleistung	Baumart	Pflanzenart / Ästungshöhe				Menge	Fläche						
Verjüngung insges.*														
2020	110135	BAH						1,0 ha						

* Angaben beziehen sich auf Abteilung und Unterabteilung

Abbildung 10: FE Blatt Abt. 803 A2

Betriebsbuch



1150-1-213-213 Staatswald FA Lampertheim, Revier: Jägersburg 2012

WirB **0,3 ha** **Abteilung: 807 - 2** **FE**

Funktionen		Naturschutz	
Überschwemmungsgebiet, wirtschaftsbestimmend, faktisch	100%	Naturschutzgebiet, wirtschaftsbestimmend, ausgewiesen	100%
Wald mit Klimaschutzfunktion, wirtschaftsbeeinflussend, faktisch	100%	Vogelschutzgebiet, wirtschaftsbeeinflussend, ausgewiesen	100%
Wald mit Erholungsfunktion, wirtschaftsbestimmend, faktisch	100%	Boden-/Kulturdenkmal, wirtschaftsbestimmend, faktisch	100%

Standort		Standortwasserbilanz		
Höhe 88 m über NN	Hess. Rheinniederung	21	hydromorph	0 100%
Skelettanteil: sehr schwach (bis 2%)	Zentrale Eichen-Mischwaldzone	1		
tiefgründig	schwach subkontinental	3		
Hochflutlehm carbonathaltig	feucht	5		
schluffiger Lehm über toniger Lehm eben (<= 3,5%)	eutroph	1		

Bestand und Ziele		Maßnahmen	
SNU, Stangenholz bis schwaches Baumholz			
Auslestadium bis Ausreifungsstadium	aus Pflanzung		
Z-Bäume markiert	gedrängt		
SEI mit ELB, SEI			

Bestandesbeschreibung															
%	ha	BA	Alter (von - bis)	Bonität	Qualität Ästung	Mischform	GW	TR	Vorrat Vfm	Zuw. Vfm	EG	Nutzung			
												Vfm	Efm	Efm/ha	
Hauptschicht B° 1,20 0,3 ha															
Durchforstung															
100	0,3	SNU	26	0.0					0	0	2x	36	28	96	
									gesamt	0	0		36	28	
									je ha	0	0			93	
Verjüngungsschicht B° 0,40 0,3 ha															
67	0,2	AH	5	3-10	1.0				0	0			0	0	
33	0,1	SNU	5	3-10	1.0				0	0			0	0	
									gesamt	0	0		0	0	
									je ha	0	0			0	
Bestand											gesamt	0	0	36	28
											je ha	0	0		93
Einschlag % des Zuwachses: 0%															

Verjüngungsplan

Schutzgebiete und Biotope
Vogelschutzgebiet, Rheinauen bei Biblis und Groß-Rohrheim (6216-450), 0/53
100%

Text

Naturkontrolle

Jahr	Teilleistung	Baumart	Pflanzenart / Ästungshöhe	Menge	Fläche
Verjüngung insges.*					
2020	110135	ESH			2,2 ha

* Angaben beziehen sich auf Abteilung und Unterabteilung

Abbildung 11: FE Blatt Abt. 807 A2

Betriebsbuch



1150-1-213-213 Staatswald FA Lampertheim, Revier: Jägersburg			2012
WirB	0,4 ha	Abteilung: 808 A 2	FE

Funktionen		Naturschutz	
Überschwemmungsgebiet, wirtschaftsbestimmend, faktisch	100%	Naturschutzgebiet, wirtschaftsbestimmend, ausgewiesen	100%
Wald mit Klimaschutzfunktion, wirtschaftsbeeinflussend, faktisch	100%	Vogelschutzgebiet, wirtschaftsbeeinflussend, ausgewiesen	100%
Wald mit Erholungsfunktion, wirtschaftsbestimmend, faktisch	100%	Boden-/Kulturdenkmal, wirtschaftsbestimmend, faktisch	100%

Standort			Standortswasserbilanz		
Höhe 88 m über NN	Hess. Rheinniederung	21	hydromorph	0	100%
Skeletanteil: sehr schwach (bis 2%)	Zentrale Eichen-Mischwaldzone	1			
tiefgründig	schwach subkontinental	3			
Hochflutlehm carbonathaltig	feucht	5			
schluffiger Lehm über toniger Lehm eben (<= 3,5%)	eutroph	1			

Bestand und Ziele		Maßnahmen	
SNU, schwaches Baumholz bis Stangenholz			
Ausreifungsstadium bis Auslesestadium	aus Pflanzung		
Z-Bäume markiert	gedrängt		
SEI mit ELB, SEI			

Bestandesbeschreibung														
%	ha	BA	Alter (von - bis)	Bonität	Qualität Ästung	Mischform	GW	TR	Vorrat Vfm	Zuw. Vfm	EG	Nutzung Vfm Efm/ha		
Hauptschicht B° 1,20 0,4 ha														
Durchforstung														
100	0,4	SNU	27		0.0				0	0	2x	48	38	96
gesamt									0	0		48	38	
je ha									0	0				95
Verjüngungsschicht B° 0,60 0,4 ha														
75	0,3	ESH	5	3-10	1.0				0	0			0	0
25	0,1	SNU	5	3-10	1.0				0	0			0	0
gesamt									0	0			0	
je ha									0	0			0	
Bestand														
gesamt									0	0		48	38	
je ha									0	0				95
Einschlag % des Zuwachses: 0%														

Verjüngungsplan

Schutzgebiete und Biotope	
Vogelschutzgebiet, Rheinauen bei Biblis und Groß-Rohrheim (6216-450), 0/53	100%

Text

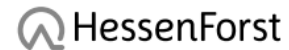
Naturalkontrolle

Jahr	Teilleistung	Baumart	Pflanzenart / Ästungshöhe	Menge	Fläche
Verjüngung insges.*					
2020	110135	BAH			1,5 ha

* Angaben beziehen sich auf Abteilung und Unterabteilung

Abbildung 12: FE Blatt Abt. 808 A2

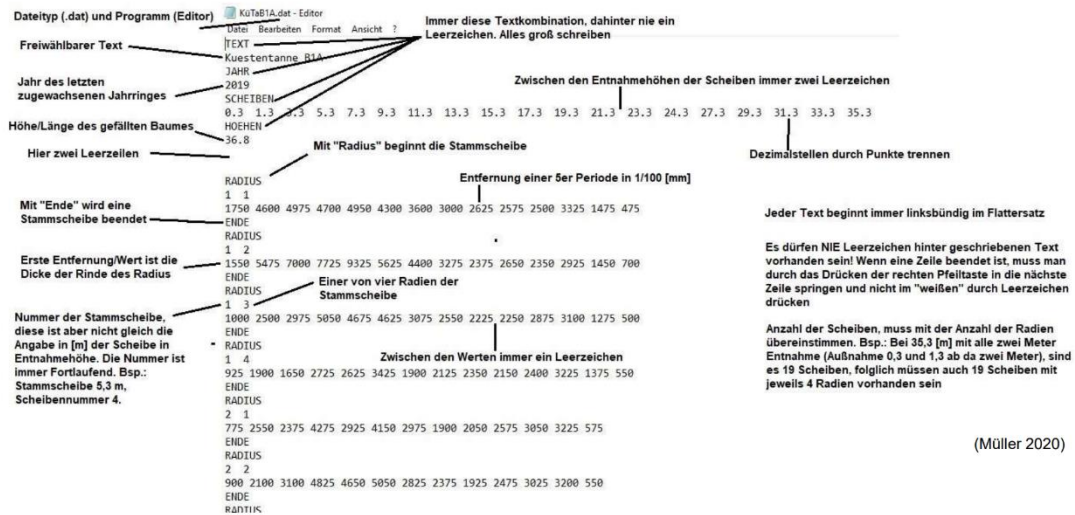
Betriebsbuch



1150-1-213-213 Staatswald FA Lampertheim, Revier: Jägersburg										2012				
WirB			0,4 ha			Abteilung: 812 A 2			FE					
Funktionen					Naturschutz									
Wald mit Sichtschutzfunktion, wirtschaftsbestimmend, faktisch					100%		Naturschutzgebiet, wirtschaftsbestimmend, ausgewiesen					100%		
Wald mit Erholungsfunktion, wirtschaftsbestimmend, faktisch					100%		Vogelschutzgebiet, wirtschaftsbeeinflussend, ausgewiesen					100%		
							Boden-/Kulturdenkmal, wirtschaftsbestimmend, faktisch					100%		
Standort						Standortwasserbilanz								
Höhe 88 m über NN			Hess. Rheinniederung			21		hydromorph		0		100%		
Skelettanteil: sehr schwach (bis 2%)			Zentrale Eichen-Mischwaldzone			1								
tiefergründig			schwach subkontinental			3								
Hochflutlehm carbonathaltig			feucht			5								
schluffiger Lehm über toniger Lehm			eutroph			1								
eben (<= 3,5%)														
Bestand und Ziele						Maßnahmen								
SNU, Stangenholz														
Auslesestadium bis Ausreifungsstadium			aus Pflanzung											
Z-Bäume markiert			gedrängt bis geschlossen											
SEI mit ELB, SEI														
Bestandesbeschreibung														
%	ha	BA	Alter (von - bis)	Bonität	Qualität Ästung	Mischform	GW	TR	Vorrat Vfm	Zuw. Vfm	EG	Nutzung Vfm Efm Efm/ha		
Hauptschicht B* 1,10 0,4 ha														
Durchforstung														
100	0,4	SNU	30	0.0	+				33	0	2x	48	38	96
									gesamt	33	0	48	38	
									je ha	83	0			95
Bestand									gesamt	33	0	48	38	
									je ha	83	0			95
Einschlag % des Zuwachses: 0%														
Verjüngungsplan														
Schutzgebiete und Biotope														
Vogelschutzgebiet, Rheinauen bei Biblis und Groß-Rohrheim (6216-450), 0/53												100%		
Text														
Naturalkontrolle														
Jahr	Eiche	Buche	Fichte	Kiefer	Summe	je Hektar	Fläche							
Pflegenuutzung insges.														
2019		18 Efm			18 Efm	45 Efm	0,4 ha							
gesamt	0 Efm	18 Efm	0 Efm	0 Efm	18 Efm	45 Efm	0,4 ha							
Jahr	Teilleistung	Baumart	Pflanzenart / Ästungshöhe				Menge	Fläche						
Verjüngung insges.*														
2020	110135	BAH						2,4 ha						

* Angaben beziehen sich auf Abteilung und Unterabteilung

Abbildung 13: FE Blatt Abt. 812 A2



(Müller 2020)

Abbildung 14 Eingabemuster für „Stanly“ MÜLLER (2020)

Eigenständigkeitserklärung



Allgemeiner Hinweis

Die Prüfer/innen übernehmen keine Gewähr für die Richtigkeit der Ergebnisse und Aussagen von Abschlussarbeiten.

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Arbeit selbständig erstellt und nur die angegebenen Hilfen benutzt habe.

Ich bin damit einverstanden, dass meine Abschlussarbeit von der Bibliothek des Fachbereiches ausgeliehen werden darf.

Name: **Lisa Hanke**

Göttingen, 28.08.23
(Datum)

Lisa Hanke
(Unterschrift)