

Machbarkeit von Kulturheidelbeeren in Agroforstsystemen in Südbayern

B.SC. PAUL KILLGUß

Machbarkeit von Kulturheidelbeeren in Agroforstsystemen in Südbayern
Feasability of Blueberries in Agroforestring in South Bavaria

Wissenschaftliche Arbeit zur Erlangung des Grades
M.Sc.
an der TUM School of Life Sciences der Technischen Universität München.

Betreut von Professor Dr. Peter Annighöfer
Professur für Wald- und Agroforstsysteme

Betreut von Dr. Rico Hübner
Lehrstuhl für Strategie und Management der Landschaftsentwicklung

Eingereicht von Paul Killguß
Dr.-von-Daller-Str. 52
85356 Freising
Matrikelnummer 03676281

Eingereicht am 28.10.2021 in Freising

Eidesstattliche Erklärung

Familienname: Killguß

Vorname: Paul

Geburtsdatum: 28.09.1994

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit eigenständig ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe des Literaturzitats gekennzeichnet. Das gilt auch für Zeichnungen, Skizzen, bildliche Darstellungen und dergleichen sowie für Quellen aus dem Internet und unveröffentlichte Quellen.

Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und war bisher nicht Bestandteil einer Studien- oder Prüfungsleistung.

Freising 28.10.2021

Paul Killguß

(Ort, Datum) (Unterschrift)

Abbildungsverzeichnis	iv
Tabellenverzeichnis	iv
Formelverzeichnis.....	iv
Abkürzungen.....	v
Abstract	1
1. Einleitung.....	2
1.1 Problemformulierung und Zielsetzung der Arbeit.....	3
1.1.1 Problemstellung.....	3
1.1.2 Stand des Wissens	4
1.1.3 Ziel der Arbeit und Forschungsfragen	5
1.1.4 Grundlagen der Blaubeerbewirtschaftung.....	5
2 Material und Methoden	7
2.1 Analyse der Fläche.....	7
2.2 Datenerhebung.....	9
2.2.1 Laserscanning	9
2.2.2 Lichtmessung	9
2.2.3 Ernte der Blaubeeren	10
2.2.4 Literaturrecherche Bewirtschaftungsmethoden.....	11
2.2.5 Bestimmung des Boden-pH-Wertes.....	11
2.2.6 Methoden zur finanziellen Bewertung.....	13
2.3 Datenanalyse und Verarbeitung.....	18
3 Ergebnisse.....	19
3.1 Charakterisierung der Fläche.....	19
3.2 Lichtmessungen	23
3.3 Der pH-Wert im Boden.....	26
3.4 Betriebszweig Blaubeeren.....	29
3.5 Finanzielle Bewertung	32
3.6 Pflege.....	36
3.6.1 Düngung	36
3.6.2 Schnitt.....	37
3.6.3 Ernte	38
3.6.4 Vitalität	38
3.6.5 Sonstiges.....	39
4 Diskussion	40
4.1 Methodendiskussion	40
4.1.1 Boden pH-Messungen	40
4.1.2 Laserscan der Fläche.....	40
4.2 Einflüsse der Flächengegebenheiten.....	41
4.3 Ökonomische Aspekte.....	42
4.3.1 Betriebszweig Wald.....	42
4.3.2 Betriebszweig Blaubeere	43
4.4 Risiken in der Blaubeerbewirtschaftung	44
4.4.1 Biotische Faktoren.....	44
4.4.2 Abiotische Faktoren.....	44
4.5 Boden.....	45
4.6 Lichtangebot.....	47
4.7 Pflege.....	47
4.8 Möglichkeiten des biologischen Anbaus	48
4.9 Möglichkeiten der Eigenvermarktung	49
4.10 Der Anbau der Kulturheidelbeere in Agroforstsystemen.....	50
5 Fazit	51
Literaturverzeichnis.....	52

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Die Lage der Fläche.....	7
Abbildung 2:	Probepunkte und Bäume.....	8
Abbildung 3:	Zwei Aufnahmen mit dem Solariscope.....	10
Abbildung 4:	Zuwachsmessung an einer Douglasie.....	13
Abbildung 5:	Jahresniederschläge 2014-2020 Egling/Par-Heinrichshofen.....	19
Abbildung 6:	Jahresmittelwert der Durchschnittstemperaturen zu Monatsbeginn in Jahren mit kompletter Aufzeichnung Wetterstation Lechfeld.....	20
Abbildung 7:	Beschirmungsgrad der untersuchten Fläche.....	21
Abbildung 8:	Baumartenverteilung in Prozent	21
Abbildung 9:	Segmentierte Bäume.....	22
Abbildung 10:	Gap Fraction in Prozent.....	23
Abbildung 11:	TSF in Prozent.....	24
Abbildung 12:	pH-Werte nach Baumarten.....	27
Abbildung 13:	pH-Wert Verteilung der drei Vergleichsflächen.....	28
Abbildung 14:	Jährliche Zuwächse fm/Jahr je Baumart.....	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Statistische Angaben GapF.....	24
Tabelle 2:	Statistische Angaben TSF.....	25
Tabelle 3:	Mittelwerte und Standardabweichungen für die beprobten Baumarten und die jeweiligen Tiefenstufen.....	27
Tabelle 4:	Mittelwerte und Standardabweichungen für die drei Vergleichsflächen je Tiefenstufe.....	28
Tabelle 5:	Eingangsgrößen für die Berechnung der Einflüsse auf die Erntemenge.....	29
Tabelle 6:	Regressionsstatistik der Prüfung auf Einflüsse auf die Erntemenge.....	30
Tabelle 7:	Anova der Regression.....	30
Tabelle 8:	Koeffizienten der Einflussgrößen und deren Signifikanzniveau.....	30
Tabelle 9:	Anzahl der Sträucher und reale, sowie potenzielle Erntemenge.....	31
Tabelle 10:	Anschaffungskosten für die Waldbäume inklusive der Pflanzkosten.....	32
Tabelle 11:	Anzahl, Vorrat und Zuwachs je Baumart für das Alter 40 und im Alter 50.....	32
Tabelle 12:	Kapitalwerte (KW) und Annuitäten im Alter 40 und 50 zu verschiedenen Zinssätzen, inklusive der Arbeitskosten für Astung und Pflanzung.....	35
Tabelle 13:	Kapitalwerte (KW) und Annuitäten im Alter 40 und 50 zu verschiedenen Zinssätzen, exklusive der Arbeitskosten für Astung und Pflanzung.....	35

Formelverzeichnis

Formel 1:	Volumenberechnung nach Denzin.....	14
Formel 2:	Berechnung der Grundfläche.....	14
Formel 3:	Kreisflächenformel.....	14
Formel 4:	Berechnung des Brusthöhendurchmessers.....	14
Formel 5:	Kapitalwert	16
Formel 6:	Annuitätenberechnung.....	17

Abkürzungen

DOP.....	Digitales Orthophoto
TSF.....	Total Side Factor
ISF.....	Indirect Side Factor
GapF.....	Gap Fraction
BHD.....	Brusthöhendurchmesser
lfm.....	Laufmeter
Fm.....	Festmeter
Stck.....	Stück
LWF.....	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Vfm.....	Vorratsfestmeter
m.R.....	Mit Rinde

Abstract

Durch einen kombinierten Anbau von forstlichen Produkten mit landwirtschaftlichen Erzeugnissen, kann die Flächeneffizienz gesteigert werden (BÖHM ET AL. 2020). Bisher sind in Deutschland vor allem Streuobstwiesen (HOOPS 2021 S.12) verbreitet. In dieser Arbeit folgt eine Erstbeschreibung eines agroforstlichen Systems mit Waldbäumen zur Wertholzproduktion und Kulturheidebeeren. Von Blaubeersträuchern des Typus „Highbush“ ist bekannt, dass sie spezielle Anforderungen an den pH-Wert im Boden (HART 2006) und die Lichtverfügbarkeit (KIM ET AL. 2011) haben. Bisher ist nicht bekannt, ob sich diese Faktoren effizient mit einer Simultanbewirtschaftung erfüllen lassen. In dieser Arbeit wird gezeigt, dass die Kombination möglich ist.

Mit Lichtmessungen, Bodenproben und einzeln beernteten Sträuchern konnten so Rückschlüsse auf die Einflussgrößen gezogen werden. Jahrringmessungen dienen der Validität von Zuwachsberechnungen. Ein terrestrischer Laserscan erfasste das Holzvolumen. Zusätzlich wurden mit einer Literaturrecherche die Erkenntnisse aus der Bewirtschaftung von Kulturheidelbeeren zusammengefasst. Bei der richtigen Baumartenwahl können die Bodenverhältnisse ausreichend stabil beibehalten werden. Eine voll tragende Kultur ist im Stande durch die Diversifikation hohe finanzielle Erträge zu erwirtschaften. Als einziger Einflussfaktor auf die Erntemenge der Blaubeeren wird das Alter des Strauches identifiziert. Andere Faktoren wie die Lichtverhältnisse tragen weniger dazu bei. Die Waldbewirtschaftung kann bereits nach 50 Jahren Annuitäten bis zu 300 €/ha erwirtschaften. Die Erträge der Blaubeeren sind im dritten Jahr des Bestehens mit 250,82 €/ha noch nicht hoch genug, um kostendeckend zu arbeiten.

Mit dieser Arbeit wird eine weitere Möglichkeit der agroforstlichen Nutzung von Flächen bestätigt.

A combined production of wooden and agricultural products on the exact same piece of land can raise the efficiency of land (BÖHM ET AL. 2020). In Germany, the most common type of agroforestry are orchards (HOOPS 2021). This thesis contains a first documentation of an agroforestry system consisting of trees for a production of high-quality timber and blueberry bushes. It is known that highbush blueberries have specific needs towards the pH in the soil (HART 2006) and light availability (KIM ET AL. 2011). To this date it is not known if these factors can efficiently be met through the simultaneous growth of both components. This examination shows that a combination is possible.

Through light measurements, soil examination and single harvested bushes conclusions could be made concerning the specific needs. A tree ring analysis served as a validation of increment prognoses. A terrestrial laser scanning collected information about the wooden volume. A literature research summarized the basic knowledge of blueberry cultivation. The right choice of tree species can help keeping the soil in a stable status. A fully bearing culture is capable of producing high financial revenue through diversification. The only factor influencing the yield per bush is to the age of the plant. Other influencing factors like the availability of light are less significant. The farming of wooden components can deliver annuities of as much as 300 €/ha at the age of 50. The yield in blueberries in the third year of growing generate a revenue of 250,82 €/ha and are therefore not high enough yet to uphold the financial input.

This thesis proves another possibility of agroforest usage of land.

1. Einleitung

In der Bundesrepublik Deutschland werden Tag für Tag große Anteile an landwirtschaftlichen Flächen versiegelt und anderen Nutzungsarten zugeführt. Der Flächenverbrauch lag 2019 noch bei 52 Hektar pro Tag (STATISTISCHES BUNDESAMT 2021). Wenn Agrarflächen verschwinden, müssen die vormals darauf produzierten Lebensmittel an einem anderen Ort produziert werden. Die Bundesrepublik Deutschland kann also Nahrungsmittel aus dem Ausland importieren oder die Flächennutzung im Land intensivieren. Die Agroforstwirtschaft ist ein Instrument, das es LandwirtInnen ermöglicht, ohne einen verstärkten Maschinen- oder Düngemittleinsatz höhere Erträge natürlicher Ressourcen auf einer Fläche zu produzieren (BÖHM UND HÜBNER 2020 S.16). Dies geschieht über die kombinierte Landnutzung einer einzelnen Fläche mit landwirtschaftlichen und forstwirtschaftlichen Komponenten (SOMARRIBA 1992). Die „Land Equivalent Ratio“, welche die Produktivität von Einzelflächen mit der eines kombinierten Anbaus vergleicht, liegt bei Agroforstsystemen oftmals höher als in Einzelkulturen (BÖHM ET AL. 2020). In dieser Arbeit wird eine Fläche untersucht, die mit keiner bisher bekannten Form der Agroforstwirtschaft übereinstimmt. Hier wurden in einen bereits bestehenden Waldbestand mit hoch geasteten Waldbäumen Kulturheidelbeeren gepflanzt. Diese sind vom Typ „Highbush“ (*Vaccinium corymbosum* L.). Ob eine Kombination auch in einem System zur gleichzeitigen Produktion von Kulturheidelbeeren und Wertholz möglich ist, wurde jedoch noch nicht wissenschaftlich untersucht oder dokumentiert. Eine theoretische Überlegung dieser Synthese existiert jedoch seit 1999 (TOURJEE ET AL. 1999).

Die Kulturheidelbeere oder auch Blaubeere zählt aufgrund ihrer vielfältigen wertvollen Inhaltsstoffe zu den sogenannten Superfoods (BANERJEE ET AL. 2020) und auch in Deutschland steigt ihre Beliebtheit. Ursprünglich stammen diese aus Züchtungen entstandenen Sträucher aus Nordamerika. Hier wachsen die Vorgänger der kommerziell genutzten Blaubeeren in Sumpf- und Mooregebieten (PRITTS ET AL. 1992 S.112). Durch Ihre besonderen Bodenansprüche bezüglich des pH-Wertes (HART 2006) muss der standortfremde Anbau fast immer unter kontrollierten Bedingungen erfolgen. Ein Vorteil von agroforstlichen Systemen kann die Steuerung, von bisher menschlich überwachten Eingriffen, über biologische, chemische und physikalische Prozesse durch Interaktionen der Komponenten sein.

In dieser Arbeit sollen einerseits die für das Wachstum von Blaubeersträuchern wichtigen Parameter Boden pH-Wert und Licht als Einflussgrößen von im Bestand stehenden Waldbäumen und andererseits die ökonomischen Aspekte einer solchen Synthese untersucht werden. Über Lichtmessungen und Bodenanalysen werden diese Einflüsse messbar gemacht. Die Berechnung von Annuitäten aus der Forst- und der Blaubeerwirtschaft sollen eine Vergleichbarkeit mit reinen Waldbeständen ermöglichen. Diese werden durch Zuwachsprognosen der holzigen Komponente und einer Vorratsinventur des Bestandes ermittelt. Eine Literaturanalyse fasst Erkenntnisse aus der Forschung zusammen, die sich mit der Pflege, Vitalität und Ernte dieser Früchte befassen. Diese Arbeit soll so ein umfassendes Bild über die Machbarkeit und auch die praktische Umsetzung des Blaubeeranbaus in einem kombinierten Verfahren mit einer Wertholzproduktion liefern. Zur Orientierung und Einordnung der Einflussgrößen wird die Fläche ausführlich beschrieben. Dabei kommen Luftbilderanalysen (GEOBASISDATEN: BAYERISCHE VERMESSUNGSVERWALTUNG 2003-2020), Wetterdaten (DWD CLIMATE DATA CENTRE (CDC)) und ein terrestrischer Laserscan der Fläche zum Einsatz. Die Niederschrift der Methodik und des Materials zeigen die Herangehensweise an dieses Projekt. Ergebnisse und Diskussion, auch von weitergehenden Entwicklungsmöglichkeiten, veranschaulichen und bewerten die erhobenen Daten.

1.1 Problemformulierung und Zielsetzung der Arbeit

1.1.1 Problemstellung

Bereits seit Jahrtausenden wirtschaften Menschen in kombinierten landwirtschaftlichen Systemen (SMITH 2010). Ein Umschwung von traditionellen Bewirtschaftungsmethoden hin zu separierten Systemen ist spürbar vollzogen worden (EICHORN ET AL. 2006). Durch neue Interessensvermengungen bezüglich der Produktivität von kleinskalierten und strukturreichen Systemen mit ökologischen Bedürfnissen erlebt das Thema Agroforstwirtschaft, eine Kombination von forst- und landwirtschaftlichen Tätigkeiten auf ein und derselben Fläche, eine Renaissance (NERLICH ET AL. 2013). In diesem Zuge soll ein Auge auf einen besonderen Versuch geworfen werden. Eine hypothetische Beschreibung von Kulturheidelbeeren in agroforstlichen Systemen existiert bereits seit 1999 (TOURJEE ET AL. 1999). Ein real existierendes Design dieser Idee ist aber in der Literatur nicht zu finden; daher ist eine Beschreibung der Umsetzung und eine weitergehende Analyse der Funktionalität erforderlich. Auch die generelle Machbarkeit dieses Systems muss untersucht werden. So stellt sich die Frage nach dem Zusammenspiel der Komponenten des weiteren spielen auch eine Beobachtung der Ernteperformance der Blaubeersträucher und etwaige Sortenanpassung eine Rolle. Das wissenschaftliche Problem besteht somit aus der fehlenden Erstbeschreibung einer solchen Fläche, der Ermittlung weiteren Forschungsbedarfes und konkreter Handlungsempfehlungen. Als entscheidende Faktoren in der Kultivierung der Sträucher werden ein passender Boden (OCHMIAN ET AL. 2019) und ausreichend Licht beschrieben (GAO UND DRAPER 2010), daher soll speziell auf diese beiden Parameter hin die Funktionalität des Systems untersucht werden. Einhergehend mit einer Analyse einer agroforstlichen Nutzfläche geht auch die Betrachtung der holzigen Komponente in diesem System. Und auch hier kann ein Zusammenspiel dieser beiden Betriebszweige beobachtet werden: so ist zum Beispiel bekannt, dass Bäume den pH-Wert im Boden über Laubabwurf verändern (REICH 2005). Schlussendlich muss die Wirtschaftlichkeit dieses Systems überprüft werden. Nur bei ausreichenden ökonomischen Überschüssen wäre das Prinzip auch in der Praxis anwendbar.

1.1.2 Stand des Wissens

„Agroforestry is the interaction of agriculture and trees, including the agricultural use of trees“ (ICRAF 2021). So definiert der International Council for Research in Agroforestry ICRAF diese Bewirtschaftungssysteme. Diese sehr breite Definition lässt viel Spielraum für Interpretation, jedoch ist im Kern festzuhalten, dass Agroforstwirtschaft eine Kombination aus Landwirtschaft und der Bewirtschaftung mit Bäumen ist. Über diese Synthese von Flächennutzungen ist einiges bekannt, obwohl es ein sehr breites Forschungsfeld ist. Durch die Vielzahl an Kombinationsmöglichkeiten von Pflanzen und Nutztieren sind auch viele Interaktionen durch artspezifische Charakteristika denkbar. Zusätzlich zu dieser biophysikalischen Vielfalt an Vorgängen beschreibt (SANCHEZ 1995) ökologische, sozioökonomische und methodische Komplexitäten, die ein umfassendes Verständnis aller Vorgänge erschweren.

(HERZOG ET AL. 2016) beschreiben 2016 einen durchwachsenen Stand der Forschung im Bereich Agroforstwirtschaft. Zwar sind einige Systeme bereits seit langer Zeit bekannt, wurden aber mit der Intensivierung der Landwirtschaft oftmals aufgegeben. Ein neuerlicher Schub in Europa kam aus Frankreich; in Deutschland wird erst seit dem Jahr 2000 in diesem Gebiet geforscht. So erfährt die Agroforstwirtschaft hierzulande in den letzten Jahren erst eine flächigeren Ausweitung, erfreut sich aber vor allem einem ideell geprägten Zulauf an Mitstreitern (HERZOG ET AL. 2016).

Es scheint erwiesen zu sein, dass die Agroforstwirtschaft dennoch grundsätzlich zahlreiche Vorteile mit sich bringt, sowohl in tropischen wie auch gemäßigten Klimata. Dabei beschränken sich diese nicht ausschließlich auf ökologische, sondern auch auf ökonomische Faktoren (JOSE 2009).

Über eine Kombination der Komponenten „Highbush“ Blaubeere und forstlicher Nutzung in agroforstlichen Systemen ist bisher nichts bekannt. Zwar wurde bereits hypothetisch darüber nachgedacht, allerdings gibt es keine wissenschaftliche Dokumentation einer solchen Fläche (TOURJEE ET AL. 1999). Der Anbau der Kulturheidelbeere hingegen ist bestens untersucht. So ist bekannt, welche Anforderungen die Pflanzen an den Boden und Nährstoffhaushalt stellen (HART 2006; HAYES 1988); es wurden Forschungen über verschiedene Methoden der Unkrautbekämpfung angestellt (STRIK ET AL. 2017) und verschiedene Sorten miteinander verglichen (STRIK ET AL. 2014). Einen guten Gesamtüberblick über den Anbau der Kulturheidelbeere von der Biologie über den praktischen Anbau in Deutschland liefert das Buch „die Kulturheidelbeere“ (LIEBSTER 1961). Das nordamerikanische Pendant „Highbush Blueberry Production Guide“ (PRITTS ET AL. 1992) führt ebenso in vielfältige Grundlagen der Blaubeerwirtschaft ein. Es fällt jedoch auf und ist aufgrund des historischen Hintergrundes nicht weiter verwunderlich, dass sich Großteile der publizierten Forschungsergebnisse auf amerikanische Quellen zurückverfolgen lassen. Auch wenn über die in dieser Arbeit beschriebene Form der Agroforstwirtschaft nichts bekannt ist, so existieren doch kombiniert forst- und landwirtschaftliche Flächen mit der hier vorkommenden Hauptbaumart Lärche¹, die zum Beispiel in Form von lichten Beständen zur Nutzung der darunter wachsenden Gräser und des Bauholzes im Südtiroler Raum bewirtschaftet wird (Loos 2020).

¹ Aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit wird jeweils der deutsche Name der betreffenden Baumart genutzt.

1.1.3 Ziel der Arbeit und Forschungsfragen

Ziel der Arbeit ist eine Dokumentation der Fläche und eine Untersuchung der Machbarkeit, auch finanziell, von Blaubeeranbauten in agroforstlichen Systemen. Dabei soll untersucht werden, wie die Bäume mit den Sträuchern interagieren. Dies geschieht anhand der Parameter Licht und Boden pH-Wert. Beide Faktoren wurden bereits in Kapitel 1.1.1 als bedeutend für den Anbau der Kulturheidelbeere beschrieben. Es soll der Frage nachgegangen werden, ob der Blaubeeranbau in Kombination mit einer Wertholzproduktion gute Erträge der Früchte liefert und gleichzeitig die finanzielle Wertschöpfung im Vergleich mit einer reinen Waldfläche lohnender ist. Zusätzlich muss erörtert werden, ob die gemeinsame Kultivierung mit Waldbäumen den Ertrag der Sträucher erheblich mindert, um das System auf seine Brauchbarkeit hin zu überprüfen. Zuletzt sollen Handlungsempfehlungen für einen professionellen Anbau der Kulturheidelbeere in agroforstlichen Systemen gegeben werden, da über die Kultivierung eben dieser in Waldbeständen keine wissenschaftliche Dokumentation existiert.

Aufgrund dieser Fragestellung werden folgende Hypothesen formuliert:

H1: Die auf der Fläche vorhandenen Bäume schaffen einen für den Anbau der Kulturheidelbeeren günstigen pH-Wert im Boden.

H2: Der Anbau der Kulturheidelbeeren in Kombination mit Waldbäumen steigert die Erntemenge der Sträucher durch positive Effekte der Bäume.

H3: Die finanziellen Erträge übersteigen die Erlöse aus einer reinen Waldbewirtschaftung.

H4: Die Durchführung der bisherigen Pflegemaßnahmen unterscheidet sich nicht von den Angaben in der Literatur.

1.1.4 Grundlagen der Blaubeerbewirtschaftung

Die Kulturheidelbeere ist ein Züchtungsergebnis nordamerikanischer Blaubeerarten (HANKE UND FLACHOWSKY 2017). Kommerziell genutzte Arten sind dabei vorwiegend die Typen „Rabiteye“, „Highbush“ und „Lowbush“ (LYRENE UND PERRY 1988), die am ehesten mit dem bei uns beheimateten *Vaccinium myrtillus* L. vergleichbare Pflanze. In dieser Arbeit soll lediglich der Typus „Northern highbush“ *Vaccinium corymbosum* L. betrachtet werden und so ist mit den Begriffen „Kulturheidelbeere“ und „Blaubeere“ stets diese Pflanze gemeint. Eng mit der Nutzbarmachung dieses Strauches ist der Name Dr. Frederick V. Coville verbunden. Er war maßgeblich an diesem Erfolg des Obstbaus beteiligt und brachte die ersten gezüchteten Sorten hervor (MAINLAND 2012). Bis dato erschien es unmöglich, die wild wachsenden Sträucher in Kultur zu bringen. Nach einer Etablierung auf dem amerikanischen Kontinent erfolgte die Einführung zunächst als Zierstrauch und später auch als Nutzstrauch in Europa; zunächst in den Niederlanden, anschließend auch in anderen Ländern wie Deutschland (LIEBSTER 1961 S.11). Zwar gab es Bestrebungen, auch mit heimischen Arten durch Züchtung reich-tragende Pflanzen zu erzeugen, jedoch waren die amerikanischen Typen diesen auf Dauer überlegen, sodass diese Versuche eingestellt wurden (LIEBSTER 1961 S.13f.). Die Beeren erreichen einen Reifestatus etwa 60 - 90 Tage nach Blühzeitpunkt (LIEBSTER 1961 S.41). Die Früchte reifen über einen Zeitraum von zwei bis fünf Wochen (STRIK 2008). Die Sträucher werden bis zu 50 Jahre alt (STRIK 2008). Die Vegetationszeit wird mit 160 Tagen angegeben (BELL ET AL. 1958). Eine sortenreine Vermehrung ist über vegetative Methoden zu erreichen (LIEBSTER 1961 S.88). Über einen empfohlenen

Pflanzverband in Reinkulturen von 1,5 m auf 3,0 m erreicht man eine Pflanzenzahl von 2222 Stück pro Hektar (LIEBSTER 1961 S.122). Es wird vermehrt betont, dass ein saures Bodenmilieu für ein gutes Wachstum der Pflanzen von großer Bedeutung ist (HAYES 1988). Die generellen Nährstoffansprüche der Blaubeere werden als nicht sonderlich hoch beschrieben, allerdings ist der Stickstoffbedarf hierbei eine Ausnahme. Es sollte darauf geachtet werden, die Versorgung mit diesem Element nicht zu niedrig zu halten (BRYLA UND STRIK 2015).

Es gilt zu beachten, dass Blaubeeren einen besseren Ertrag liefern, wenn sie fremdbestäubt werden und der Pollen von einer anderen Sorte stammt (ABROL 2015). Chilenische Untersuchungen zeigen, dass kombinierte Unkrautbekämpfungsmaßnahmen, der Anbau von mehreren Sorten mit dem Zweck der gegenseitigen Bestäubung, Mulchen und konventionelle Methoden im Vergleich zu biologischen, die Erntemenge erhöhen (RETAMALES ET AL. 2015).

Blaubeersträucher benötigen eine Kältephase im Winter für ihre Entwicklung um die Dormanz ihrer Blüten zu überwinden, die im Herbst eingeläutet wird und nach 600-1000 Stunden unter 7°C unterbrochen wird (PRITTS ET AL. 1992 S.10).

Lang anhaltende Staunässe verträgt die Kulturheidelbeere nicht (DAVIES UND FLORE 1986). Obwohl ihre Wildform eine Pflanze ist, die oftmals in Mooren und anderen Nassgebieten wächst, liegt es wohl daran, dass die wild vorkommenden Sträucher auch dort eher an erhöhten Standorten gedeihen, an denen der Einfluss des stehenden Wassers geringer ist (PRITTS ET AL. 1992 S.112). Als Boden wird ein sandiger Lehm empfohlen, mit hohen Anteilen an organischer Materie (Strik 2008). Die Erträge der jungen Pflanzen nehmen von Jahr zu Jahr zu (LIEBSTER 1961 S.198). Aber auch die angebaute Sorte hat einen Einfluss auf die Erntemenge, da verschiedene Sorten unterschiedlich viele Beeren liefern (PRITTS ET AL. 1992). Der Blaubeerkultivierer sollte sich Gedanken über die Kontrolle von Beikräutern machen (STRIK 2008). Diese Kontrolle kann chemisch, mechanisch oder biologisch erfolgen. Der Schnitt, der für gewöhnlich im Winter erfolgt, hat einen Einfluss auf die Größe der Beeren und ihre Anzahl (JANSEN 1997).

Im Regierungsbezirk Schwaben, in dem sich diese Fläche befindet, nimmt die Kulturheidelbeere einen Anteil von 5 % unter den Obstarten ein. 2016 wurden Deutschlandweit 10710 t produziert. Der Anbau findet zu zwei Dritteln in Niedersachsen statt (GARMING ET AL. 2018).

Über die Versorgung mit ausreichend Wasser ist vergleichsweise wenig bekannt. Es bestehen jedoch Erkenntnisse, wonach Trockenstress die Erntemenge eines jeden Strauches um bis zu 40 % vermindert. Nachholeffekte sind bei Sträuchern zu beobachten, die vor ihrer Fruchtbildung in eine Stresssituation versetzt werden. In Frankreich transpiert eine einzelne Pflanze 142 Liter Wasser in einer Vegetationsperiode (MINGEAU ET AL. 2001).

Die erzielten Erlöse aus der Kulturheidelbeerenwirtschaft sind im Jahresverlauf gewissen Schwankungen ausgesetzt. So ist zu beobachten, dass die Preise, die an Erzeuger bezahlt werden, zu Beginn der Saison höher sind als in der Hauptsaison. Gegen Ende der Vermarktungsperiode im Herbst erreichen die Erlöse ihr Maximum (GÖRGENS UND VOGELER 2016).

2 Material und Methoden

2.1 Analyse der Fläche

Die dieser Arbeit zu Grunde liegende Fläche liegt am Westende eines Waldstückes im Ort Egling an der Paar, Ortsteil Heinrichshofen, wie in Abbildung 1 zu sehen. Der Ort liegt im Wuchsgebiet 13 Schwäbisch – Bayerische Schotterplatten- und Altmoränenlandschaft. Der Wuchsbezirk ist 13.5 Landsberger Altmoräne. Das Ausgangsgestein besteht aus „Lösslehmüberlagerte[n] Altmoränen, vereinzelt (an Talflanken) Tertiärsedimente[n] (Süßwassermolasse).“ (KÖLLING 2005 S.74). Eine nähere Beschreibung des Klimas erfolgt in Kapitel 3.1.

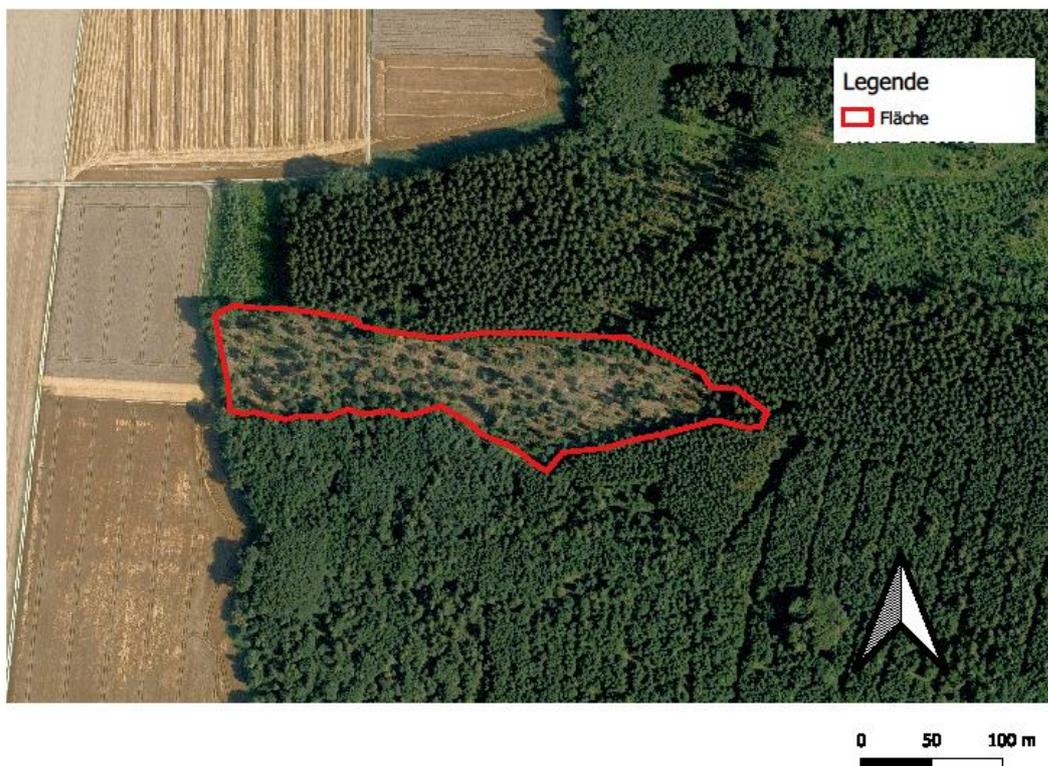


Abbildung 1: Die Lage der Fläche. Rot umrandet ist der eingezäunte Bereich, der mit Kulturheidelbeeren bepflanzt ist.

Für die Beschreibung der Fläche wurde diese mit dem Programm „QGIS“ vermessen und kartiert. Die Karten sind Orthofotos mit den Auflösungen DOP40 und DOP20 (GEOBASISDATEN: BAYERISCHE VERMESSUNGSVERWALTUNG 2003-2020). Diese wurden genutzt, um einen Kronenflächenvergleich durchzuführen und den Bestand mit den Datenerhebungspunkten darzustellen.

Es wurde vor Ort die Baumart bestimmt, jeder Baum mit einer Nummer versehen und kartografiert. Temperatur- und Niederschlagsdaten stammen vom Deutschen Wetterdienst (DWD CLIMATE DATA CENTRE (CDC)). Die Niederschlagsdaten von April 2013 bis Mai 2021 wurden von der Station „Egling/Paar-Heinrichshofen“ übernommen und ebenso wie die Temperaturwerte mit Microsoft Excel aufgearbeitet. Die unvollständigen Jahrgänge 2013 und 2021 wurden nicht weiter berücksichtigt. Für die übrigen Jahre sind Daten für jeden einzelnen Tag verfügbar und in der Einheit Millimeter angegeben. Die Werte für die Temperatur in °C, die in 2 m Höhe jeweils am ersten Tag des Monats gemittelt an der Station „Lechfeld“ gemessen wurden, waren nicht vollständig. Daher finden nur Jahre

Beachtung, in denen Werte für jeden Monat verfügbar waren. Für diese Arbeit wurden die Jahrgänge 2001-2008, 2014, 2016 und 2018 beobachtet.

Zusätzlich zu den Bäumen sind, wie in Abbildung 2 zu sehen, die Beprobungsorte für die Zuwachsmessungen, die Standorte der Bodenentnahmen, der Lichtmessungen und der Blaubeersträucher, anhand derer die Korrelation der Erntemenge und des Einflusses der Bäume gemessen wurden, kartiert. Die Standorte für die Lichtmessungen und die Probesträucher sind dabei nicht einzeln aufgeführt, da sie mit den Bodenproben übereinstimmen. Diese Probepunkte wurden ausgewählt, indem alle 25 m in Ost-West Ausrichtung, auf der Nord- und der Südseite ein Probepunkt gesetzt wurde.

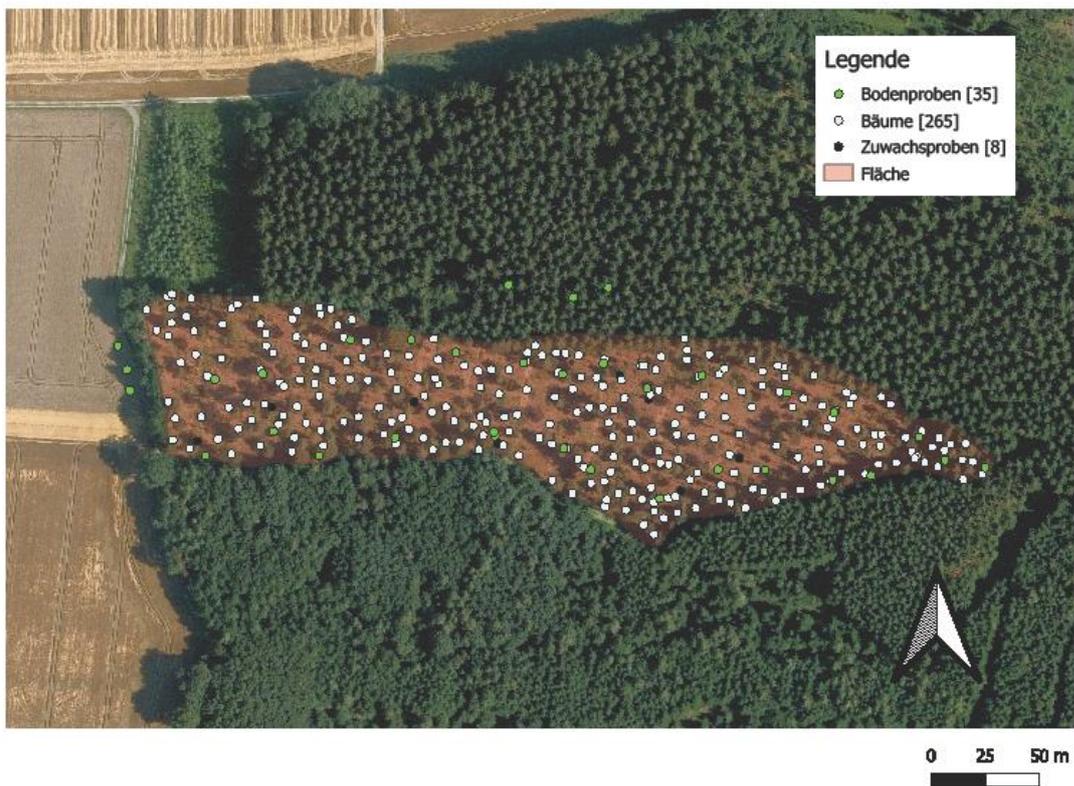


Abbildung 2: Probepunkte und Bäume. Die Grünen Punkte beschreiben die Probepunkte für Bodenproben, Probesträucher und Lichtmessungen. Alle weißen Punkte sind die im Bestand stehenden Bäume. An schwarzen Punkten wurden Zuwachsmessungen an liegenden Stämmen durchgeführt.

2.2 Datenerhebung

2.2.1 Laserscanning

THIES & SPIECKER vergleichen 2004 die Methoden zur Erlangung von Forstinventurdaten. Dabei stehen klassische Ansätze dem terrestrischen Laserscan gegenüber. 2004 war es noch eine ökonomische Grundentscheidung, die der Wahl der Inventurmethode zu Grunde lag (THIES UND SPIECKER 2004). Auf der für diese Arbeit untersuchten Fläche erleichtert die Methode mit terrestrischen Laserscans die Aufnahmearbeit. Es werden die Parameter Baumhöhe und Brusthöhendurchmesser (BHD) erfasst. Zusätzlich werden die Baumindividuen lokalisiert. Diese Informationen dienen der Einordnung des finanziellen Wertes der holzigen Komponente. Die Bestimmung der Baumpositionen wird als sehr akkurat beschrieben, bei dichten Beständen erschwert sich die Einmessung der Baumhöhen aufgrund der Uneinsichtigkeit der Kronenspitzen (THIES UND SPIECKER 2004), dies ist jedoch hier zu vernachlässigen, da die Bäume genügend weit auseinanderstehen. Die Aufnahme erfolgte mit einem portablen Laserscanner der Firma „GeoSLAM“. Die Verarbeitung der Punktwolke hin zu einem ausgeschnittenen Bestand wurde mit der Software „CloudCompare“ (OPEN SOURCE) durchgeführt. Dabei wurden zuerst die Grenzen der Fläche ausgemacht, die übrigen Bäume, die außerhalb stehen, entfernt und anschließend die Datei im Format „.laz“ exportiert. Die weitere Bearbeitung erfolgte mit „Lidar360“ (GREENVALLEY INTERNATIONAL 2021). Mit diesem speziellen Programm ist es möglich, den Höhengradienten des Bestandes zu normalisieren, nachdem die Bodenpunkte der Punktwolke identifiziert wurden. Im Anschluss werden die sogenannten „Seeds“ ermittelt. Diese sind die geometrischen Ausgangspunkte eines jeden Baumes und werden anhand der Punktwolke in 1,3 m festgelegt. Dabei wird bereits der Brusthöhendurchmesser berechnet. Anschließend kann ein Algorithmus die einzelnen Bäume erkennen und weist ihnen Attribute wie Höhe, BHD oder auch eine Nummer zu. Diese Werte können anschließend in einer „.CSV“ Datei exportiert und weiterverarbeitet werden. Auch möglich ist hier eine Einfärbung des Bestandes nach Höhengradienten oder nach den einzelnen Bäumen. In einem letzten Schritt galt es die gescannten Bäume mit den vor Ort erhobenen Daten wie der Baumart zu verbinden. Da dies leider aufgrund fehlenden technischen Wissens nicht möglich war, geschah dies analog mit zwei Karten.

2.2.2 Lichtmessung

Ein wichtiger Einfluss für das Gedeihen von pflanzlichen Kulturen ist die Verfügbarkeit von photosynthetisch nutzbarem Lichtangebot. Weil hier die Waldbäume mit der Blaubeerkultur um diese Ressource konkurrieren, soll mit Lichtmessungen an mehreren Punkten der Einfluss dieses Parameters auf die Erntemenge der Blaubeerpflanzen untersucht werden. Hierfür wurde ein Solariscope verwendet. Dies ist ein Gerät, das Lichtmessungen mithilfe von Grenzwerten und Fotografien durchführt und auf einer Speicherkarte für den Nutzer zusammenfasst. Hier wurde analog zu dem von DIACI UND THORMANN beschriebenen Verfahren der Lichtmessung mit Fischaugenfotos vorgegangen (DIACI UND THORMANN 2002). Die Aufnahmen wurden in 2 Meter Höhe angefertigt (HEINRICHS 2018). Dabei war das Gerät nach Norden ausgerichtet und waagrecht gehalten. Nach der Fotografie auf der Fläche erfolgte eine digitale Auswertung. Bei dieser Methode wird eine grundsätzliche Überschätzung der Werte um etwa 6 % beschrieben (DIACI UND THORMANN 2002). Da der Parameter aber nur auf dieser Fläche untersucht wird und nicht mit anderen Beständen oder Methoden verglichen wird, ist dies ein vernachlässigbarer Faktor in der Datenerhebung. Die Auswertung nach dem TSF-Wert (Total Side Factor), ein Maß für die direkte Strahlung im Vergleich zu einer Freilandfläche kombiniert mit der indirekten Strahlung, erfolgt analog zu der von (LINNERT 2009) beschriebenen Vorgehensweisen. Dieser

nutzt zwar den ISF (Indirect Side Factor) für seine Arbeit, untersucht allerdings auch in geschlossenen Beständen. Da bei dieser Arbeit die untersuchte Fläche einen offenen Charakter besitzt, wurde ein Wert gewählt, der sowohl die direkte Strahlung als auch die indirekte Strahlung mit einbezieht. Ähnlich wie bei (STIEHL 2019) musste nicht mehr mit einer speziellen Software nachgearbeitet werden, da das Gerät bereits eine Auswertung vorliefert. Ebenso wurde der Wert GapF, die Gapfraction, ein Maß für die Überschirmungssituation genutzt. Beispiele für die gewonnenen Bilder sind in Abbildung 3 zu sehen, wobei die linke Aufnahme verworfen und die rechte als richtig angenommen wurde, da hier die roten Umriss mit dem besten zur Kronenfläche passen. Für jede Aufnahme sind sieben Fotografien mit entsprechenden Werten vorgeliefert worden. Die Auswertung ist aber meist sehr deutlich auf eine Fotografie beschränkt, bei der die Richtwerte am besten passen.

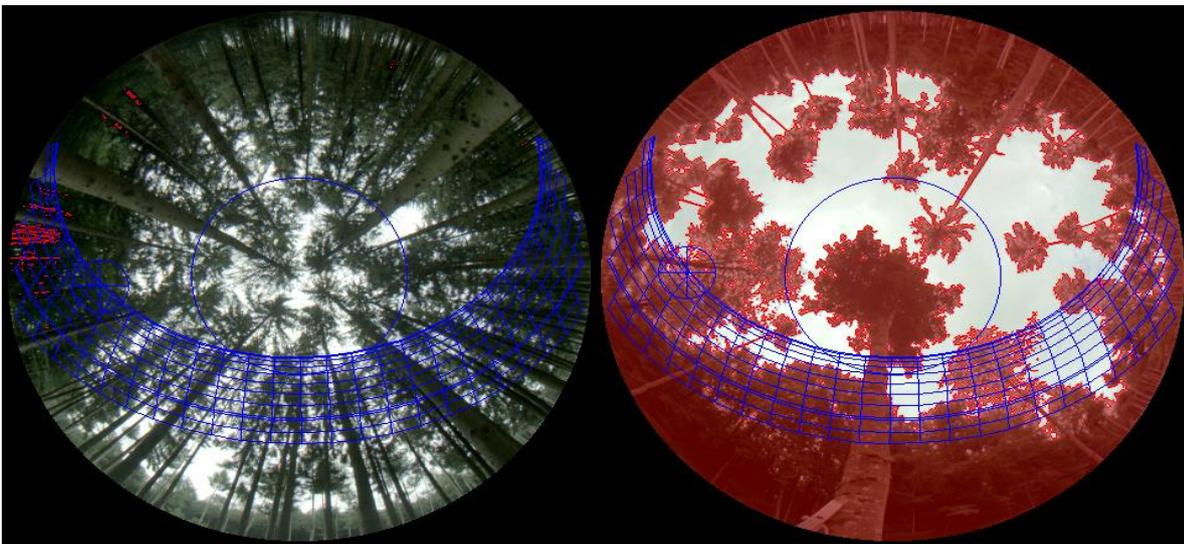


Abbildung 3: Zwei Aufnahmen mit dem Solariscope. Die linke Aufnahme wird verworfen, da nur in der rechten die roten Umriss mit allem übereinstimmen, was kein Himmel ist. Der blaue Streifen beschreibt den Lauf der Sonne.

2.2.3 Ernte der Blaubeeren

Als entscheidender Parameter dieser Arbeit wird die Erntemenge der einzelnen und der gesamten Sträucher gesehen. Da zwar zwölf Sorten auf der Fläche gepflanzt wurden, jedoch die Hälfte schon von zwei Sorten eingenommen wird und die restlichen nicht mehr korrekt zugeordnet werden können, wurden drei Gruppen gebildet. Die Gruppen „Duke“ und „Aurora“ stehen im östlichen Teil der Fläche und wurden zu je 1000 Stück gepflanzt. Die Gruppe „Sonstige“ steht im westlichen Teil des Gebiets, hier wurden insgesamt 2000 Sträucher verpflanzt. Nach Vitalitätsausfällen existieren noch circa 80 % aller gepflanzten Sträucher. Nachdem auch die Bodenproben und Lichtmessungen einen Einfluss auf die Erntemenge erklären könnten, sind für jeden dieser Probepunkte, sofern vorhanden, der nächste Strauch im Wirkungsbereich der Krone ausgewählt und markiert worden. Für diese Pflanzen wurde die Erntemenge gesondert erhoben. Für alle restlichen galt die Erhebung ihrer jeweiligen Sortengruppe. Nachdem sich der Erntezeitpunkt alleine für eine Sorte über mehrere Wochen erstreckt (STRIK 2008) und auch speziell bei „Duke“ und „Aurora“ die Erntezeitpunkte stark unterschiedlich sind (STRIK ET AL. 2017) erfolgte diese Aufnahme über einen längeren Zeitraum. Nach der manuellen Ernte wurden die Beeren gesammelt, gewogen und in umliegenden Selbstbedienungsautomaten und Hofläden verkauft. Der Verkauf erfolgte in Beerenschalen. Im Vorfeld der Ernte wurde die Fläche mit Glyphosat behandelt,

um die Zugänglichkeit und Sichtbarkeit der Sträucher zu erhöhen. Der Startzeitpunkt der Ernte im Jahr 2021 war Mitte August. Der Endzeitpunkt war Ende September und wurde durch einen starken Befall von Vögeln geprägt, die einen Großteil der Ernte vernichteten.

Die Beerntung der 23 Probesträucher erfolgte ebenfalls manuell. Für jeden Strauch wurden alle Beeren geerntet, die Früchte gewogen und der Wert in Kilogramm vermerkt. Zusätzlich wurde der Probepunkt vermerkt, um die spätere Auswertung zu ermöglichen.

Um die Daten der Gesamtmenge für die Prüfung der Hypothese H3 nutzbar zu machen und mit den Ergebnissen aus der Berechnung des Waldwertes zu kombinieren, wurden sie mit den Kostenfaktoren verbunden. Dazu zählen die Beschaffungskosten, die Düngemittel und Herbizide sowie die erzielten Erlöse. Dies wird in Kapitel 2.2.6 näher ausgeführt.

2.2.4 Literaturrecherche Bewirtschaftungsmethoden

Die Informationen über richtige Pflege und Düngung der Kulturheidelbeere stammen ausschließlich aus schriftlich publizierten Erkenntnissen. Persönliche Gespräche mit Experten waren aus Mangel an Interviewpartnern leider nicht möglich. Auch der Kontakt zu einer Landwirtin in Niedersachsen führte leider nicht zu einem Gespräch. Die Literatur stammt dabei nicht nur aus Deutschland, sondern auch aus weltweiten Quellen, insbesondere von Tagungen zur Kultivierung der Kulturheidelbeere (vgl. LIEBSTER 1977; HEPP 2002; GOUGH 1995; CARUSO 1995) oder aus Büchern, die sich ausschließlich dem Blaubeeranbau widmen (vgl. PRITTS ET AL. 1992; LIEBSTER 1961). Gesucht wurden Aspekte der Vitalität, Pflege, Düngung und sonstige Behandlung, insbesondere Behandlung des Bodens hinsichtlich des pH-Wertes.

Auch Erfahrungen aus der aktuellen Behandlung dieser Fläche des Bewirtschafters spielen hierbei eine Rolle, da sie zum Vergleich der Pflegemaßnahmen herangezogen werden.

2.2.5 Bestimmung des Boden-pH-Wertes

Um den Einfluss der Waldbaumbestockung auf den Boden pH-Wert zu bestimmen, wurden Proben der betreffenden Fläche und zweier anliegender Flächen verglichen. Die Probepunkte sind identisch mit denen der Lichtmessungen und der Probesträucher, um hier möglichst viele Einflussfaktoren auf das Gedeihen der Kulturheidelbeeren miteinander vergleichen zu können. Eine der Vergleichsflächen ist zu 100 % mit Fichte bestockt und die andere Fläche wird landwirtschaftlich genutzt: sie ist mit Zuckerrüben bepflanzt. Bodenstreu kann maßgeblich zur Entwicklung von pH-Werten in genutzten Böden beitragen, wobei die Autoren einer deutschen Studie zeigen können, dass der pH-Wert im Boden bei den untersuchten Baumarten Buche, Fichte und Douglasie ab einer Tiefe von 30 cm nicht mehr signifikant unterscheidbar ist (CREMER UND PRIETZEL 2017). Um dennoch umfassende Daten zu erhalten, wurden für diese Arbeit die pH-Werte in 0-5 cm Tiefe, in 15 cm Tiefe und 40 cm Tiefe ermittelt. Dabei entspricht 0 cm nicht der Bodentiefe, zu welcher die organische Auflage nicht gehört, sondern dem Bereich, der an die Luftschichten grenzt. Zusätzlich sollte in Betracht gezogen werden, wie tief die Wurzeln der Blaubeersträucher in den Boden reichen. BRYLA UND STRIK schreiben in Ihrer Arbeit, dass bei den von Ihnen untersuchten „Highbush“ Blaubeeren die Wurzeln größtenteils höher als in 40 cm Tiefe wuchsen (BRYLA UND STRIK 2007). Die Untersuchungen fanden auf einem schluffigen Lehm statt. Dieser Boden ist mit jenem auf der hier besprochenen Fläche vergleichbar. Die Tiefenstufen der Boden-pH Bestimmung decken sich ebenfalls mit einer Langzeitstudie aus Polen, in der 14 Baumarten des gemäßigten Klimas in Feldversuchen untersucht wurden. Hier wurden die Klassen Oberboden, 0-20 cm und 20-40 Zentimeter gebildet (REICH 2005). Außerdem empfehlen PRITTS

ET AL. 1992 eine Testung im Boden bis zu einer Tiefe von 16 Zoll, was circa 40,5 cm entspricht (PRITTS ET AL. 1992 S.101).

Die betreffenden Orte der Probenentnahme sind in der Kartierung verzeichnet und der nächstgelegene Baum vermerkt, um hierbei einen Bezug zwischen pH Entwicklung und Baumart herstellen zu können. Insgesamt wurden 105 Bodenproben genommen. Davon jeweils drei an einem Ort aus den bereits erwähnten Tiefenstufen. Neun der Proben entfallen damit auf je eine der angrenzenden Flächen, um hier eine Vergleichbarkeit mit den umliegenden landwirtschaftlichen Flächen und den noch häufig anzutreffenden Wäldern mit Fichtenreinbestand ziehen zu können. Auch der hier untersuchte Versuch hat seinen Ursprung in einer Bestockung mit Fichte, daher kann somit gut veranschaulicht werden, wie sich die Fläche verändert hat. Die restlichen stammen aus dem hier besprochenen Bestand. Nach der Beprobung wurden die separiert in Plastiktüten aufbewahrten Bodenproben für eine Woche im Kühlschrank gelagert. Die Proben wurden mit Hilfe eines elektronischen pH-Messgeräts untersucht. Dabei sind die einzelnen Proben mit einer Feinwaage vermessen und mit derselben Menge destillierten Wassers vermengt worden. Dadurch wurden die Ionen im Bodenmaterial gelöst, ohne mit weiteren Salzen oder Mineralien verunreinigt zu werden. Die Proben wurden gut verrührt, 15 Minuten stehen gelassen, erneut gerührt, um abgesunkenes Material zu mobilisieren und dann mit dem zuvor geeichten Gerät bemessen. Für die Auswertung wurden die erhobenen Daten nach Baumart, Fläche und Tiefenstufe sortiert, die Minimal-, Maximalwerte, die Standardabweichungen und Varianzen für jede Art und für jede Tiefenstufe einzeln bestimmt, wobei die pH-Werte in die Ionenkonzentration umgerechnet wurden, um arithmetische Mittelwerte genau berechnen zu können. Die so ermittelten Werte wurden anschließend wieder in die pH-Skala umgerechnet, um eine gute Darstellung der Ergebnisse zu gewährleisten.

2.2.6 Methoden zur finanziellen Bewertung

Um eine aussagekräftige Datengrundlage für zukünftige Zuwachs- und Wertsteigerungsberechnungen zu erhalten, wurden von liegenden, im letzten Jahr gefällten Bäumen Stammscheiben entnommen. Da einige dieser Stämme nicht mehr in ihrer gesamten Länge verfügbar waren, wurde die Entfernung der Stammscheibe zum Stock gemessen, um die Zuwächse und den BHD anhand einer Kegelformel zu berechnen. Zuwachsbohrungen an noch stehenden Exemplaren sind aufgrund möglicher Farbänderungen im Wertholzbereich nicht möglich gewesen (RUST 2008). Die acht noch verfügbaren Stämme waren Lärchen, Douglasien und eine Tanne. Für die Laubhölzer ist keine Datengrundlage verfügbar. Im Anschluss an die Entnahme sind die Scheiben geschliffen und dann, jeweils im 90 Grad Winkel, in vier Richtungen die Jahrringe mit einem Messschieber vermessen worden (vgl. Abbildung 4). Der Messschieber verfügt über eine Anzeigegenauigkeit von 0,02 mm. Auf Abbildung 4 ist zusätzlich der Astungszeitpunkt gut zu erkennen.



Abbildung 4: Zuwachsmessung an einer Douglasie. Der verwendete Messschieber verfügt über eine Genauigkeit von 0,02 mm. Die Jahrringe sind deutlich zu erkennen, ebenso der Zeitpunkt der Astung, an dem die Äste aufhören. Die Messung erfolgte in vier Richtungen, im je 90 Grad Winkel zueinander.

Im Anschluss an die Messungen sind die Zuwächse der einzelnen Jahre aus den vier Messrichtungen gemittelt worden. Es wurden Minimal-, Maximalwerte, Standardabweichungen und Varianzen ermittelt und mithilfe eines Kolmogorow-Smirnof-Tests die Werte auf Normalverteilungen geprüft. Mithilfe von Ertragstafeln für die betreffenden Baumarten Lärche, Douglasie und Tanne (GEHRHARDT 1930) wurde das Alter zum Zeitpunkt der Höhe von 1,3 m ermittelt und daraus die Höhen der Bäume zu jedem Jahr abgeleitet. Für diejenigen Stämme, für die keine Stammscheibe in 1,3 m Höhe verfügbar waren, wurde mithilfe der Formzahl der jeweilige Zuwachs und die daraus resultierende Kreisfläche in

der betreffenden Höhe auf Brusthöhendurchmesser (BHD) zurückgerechnet um anschließend für alle Stammscheiben mit der Formel nach Denzin (vgl. Formel 1).

Formel 1: Volumenberechnung nach Denzin

$$v = \frac{d_{1,3}^2}{1000} + v \times 0,03 \times (h_n - h_b)$$

(KRAMER UND AKÇA 2008 S.42) die jährlichen Holzzuwächse und das Volumen v der einzelnen Bäume zu bestimmen. Wobei $d_{1,3}$ den BHD wiedergibt und h_n und h_b die die normierte Höhe der Baumart für die Höhenkorrektur des Volumens, beziehungsweise die Höhe des Baumes nach der Ertragstafel repräsentieren. Die Umrechnung aus zu hohen Stammbereichen erfolgte mithilfe von Formel 2.

Formel 2: Berechnung der Grundfläche

$$a_0 = a_1 \times (f_1 \times \Delta h),$$

wobei a_0 die gemessene Kreisfläche ist und a_1 die Grundfläche auf 1,3m Höhe. f_1 gibt die entsprechende Formzahl der betreffenden Baumart nach GEHRHARDT 1930 wieder. Nach Umstellung und einsetzen der Kreisflächenformel (vgl. Formel 3)

Formel 3: Kreisflächenformel

$$a = \pi r^2$$

ergibt sich die Formel zur Berechnung des BHD (vgl. Formel 4).

Formel 4: Berechnung des Brusthöhendurchmessers

$$BHD = 2 \times \sqrt{\frac{a_0 \times f_1 \times \Delta h}{\pi}}$$

Die anschließend durch Subtraktion, der für jedes Jahr erhobenen Volumina von dem jeweils vorhergehenden, gewonnen jährlichen Zuwächse sind Grundlage für eine Prognose der zu erwartenden Zuwächse der betreffenden Baumarten und können so für die Berechnung der zu erwartenden Erträge genutzt werden. Die Berechnungen der Kegelformen und der Volumina sind anschließend mit dem Programm „BDATPro“ (KUBLIN UND BÖSCH 2007) überprüft worden, um deren Validität zu bestätigen.

Bei einer Wertholzastung verliert der Baum Blattfläche und damit wird im Umkehrschluss die Photosyntheseleistung beschränkt, die auch für den Zuwachs am Baum verantwortlich ist.

Die Zuwächse nach Astung erholen sich jedoch im Normalfall nach spätestens drei Jahren entsprechend und liegen dann wieder im gleichen Prozentbereich wie ungeastete Bäume (KELLER UND PFAFFLI 1987). Für die Prognose der Zuwächse wurde die Ertragstafel gewechselt, da zwar die zuerst genutzten Hilfstafeln (GEHRHARDT 1930) eine Formzahl enthielten, die für die Berechnungen der BHD unerlässlich war, jedoch keine Angaben für Zuwachsprozente in gewissen Altern. Diese Angabe war in den nun genutzten Ertragstafeln enthalten (FRIEDRICH 2018), die jedoch wiederum keine Formzahlen aufweisen. Auch stimmten die Angaben über den prozentualen Zuwachs pro Jahr näherungsweise mit den errechneten Werten überein, weshalb diese für eine Prognose in die Zukunft herangezogen wurden. Dabei wurde nicht auf den angegebenen Zuwachs je Hektar zurückgegriffen, sondern lediglich auf den prozentualen Zuwachs, da im Falle der hier untersuchten Fläche kein voll bestockter Reinbestand mit den angegebenen Stückzahlen vorhanden ist, sondern lediglich einzelne Baumindividuen. Die herangezogenen Ertragstafeln sind für Tanne (HAUSSER 2018), Lärche (SCHÖBER

2018b) und Douglasie (SCHOBER 2018a) vorhanden. Auch wenn Ertragstabeln für andere hier bestimmte Baumarten vorhanden wären, könnte die Validität der Zuwachsprognosen nicht auf demselben Niveau wie für die drei Nadelbaumarten überprüft werden, weshalb auf eine Einbindung dieser verzichtet wurde. Da diese drei Koniferenarten ebenfalls die drei am häufigsten vertretenen Baumarten im Bestand sind, wird eine Zuwachsprognose erstellt und für die Laubbaumarten lediglich ein Istzustand bestimmt. Für die Lärche entspricht das einem Zuwachsprozent von 4,5 % im Alter 35 und 3,8 % im Alter 40. Bei der Douglasie sind es 7,3 % im Alter 30, 6,0 % im Alter 35 und 4,5 % im Alter 40. Die Tanne wächst im Alter 35 9,3 % zu und 7,7 % im Alter 40.

Um diese Werte für den Gesamtbestand nutzbar zu machen, wurde auf die durch das terrestrische Laserscanning gewonnenen Daten zurückgegriffen. Hierbei sind mit der Software „Lidar360“ verschiedene Algorithmen benutzt worden, um einzelne Bäume zu separieren, die anschließend vom System vermessen werden. Die hier ermittelten Kennzahlen wie BHD und Höhe liefern die Grundlage für eine Berechnung des aktuellen Holzvolumens. Über die erfahrenen Zuwachsprozente kann so der Volumenzuwachs und über den Holzpreis der Mehrerlös für die nächste Planungsperiode ermittelt werden. Dies erfolgte in mehreren Schritten. Da die im digitalen Bestand vorhandenen Bäume nicht mit den analog aufgenommenen und in GIS eingepflegten verbunden werden konnten, wurden auf ausgedruckten Karten stichprobenartig Bäume, die zweifelsfrei zugeordnet werden konnten, vernetzt. Nachdem aus den wichtigsten fünf Baumarten Lärche, Tanne, Douglasie, Bergahorn und Kirsche je fünf Bäume lokalisiert wurden, ist für diese Gruppe das Gesamtvolumen berechnet worden.

Eine anschließende Ermittlung der Volumina innerhalb der Baumart und ein damit einhergehender Prozentanteil am Gesamtvolumen lässt Rückschlüsse auf die Vorratsverteilung über Baumartenunterschiede zu. Die so ermittelten Faktoren sind, zusammen mit der Anzahl der jeweiligen Bäume, Grundlage für die Gesamtvorraterhebung. Anschließend folgte eine Zuwachsprognose für die drei Nadelbaumarten Lärche, Douglasie und Tanne in Kombination mit dem errechneten Vorrat und dem Zuwachs aus den Ertragstabeln, wobei diese in Fünfjahresschritten wie in den Ertragstabeln vorgegeben angepasst wurde. Da, wie bereits erwähnt, für die Laubbaumarten Kirsche und Bergahorn kein gesichertes Wissen über die Zuwachsverteilung in den letzten Jahren getroffen werden konnte, wurden diese nur im momentanen Vorrat erfasst.

Die Informationen über Astungskosten, Zaunbau, Baumpflanzung und Erntekosten entstammen dem AFL-INFO, 2020/21. Die Bäume sind verschieden hoch geastet, dies spiegelt sich auch in den Investitionen wider, da die Astung oftmals nach Laufmetern kalkuliert wird. Hier werden für Astungen bis 10 m Höhe 1,55 €/lfm bis 1,95 €/lfm für die Baumarten Lärche, Kiefer und Fichte angesetzt. Die Douglasie wird mit 10 % Zuschlag teurer angesetzt. Bis zu einer Höhe von 4 m kostet die Astungen 0,98 €/lfm bis 1,25 €/lfm. Bis 6 m 1,15 €/lfm bis 1,45 €/lfm. Als Preis wurde der Mittelwert der angegebenen Kosten gewählt und auch für die Laubhölzer übernommen. Die Kirschen im Bestand sind durchschnittlich circa 8 m hoch geastet, ebenso wie der Bergahorn. Die Tannen besitzen inzwischen 15 Meter astfreie Schaftlänge, die Douglasie 18 Meter und die Lärche 18-20 Meter. Die Astung ist in drei Durchgängen erfolgt. Im Alter 10, im Alter 15 und der letzte im Alter 35. Der Zaunbau beläuft sich auf 2,45 €/lfm bis 3,00 €/lfm im Aufbau. Die Rückekosten für Langholz werden mit 7,35 €/Fm angegeben, die Erntekosten für Nadellangholz bei über 1 Fm/Baum Stückmasse mit 11,50 €/Fm. Beim Laubholz belaufen sich die Erntekosten bei Stämmen mit über 1 Fm/Baum auf 18,86 €/Fm. Hierbei sind die Rückekosten aber bereits mit einberechnet (AFL NIEDERSACHSEN E.V. 2020 S.167, 165, 159, 154, 153). Kosten für Jungpflanzen stammen von der BAUMSCHULE HAAGE. Realistische Pflanzsortimente belaufen sich auf 1,8 € für den Ahorn, 2,20 € für die Kirsche, 1,72 € für die Lärche, 2,08 € für die Douglasie und

2,26 € für die Tanne (BAUMSCHULE HAAGE 2020). Diese Preise gelten jeweils pro Einzelpflanze. Hinzu kommen die Kosten für den Pflanzvorgang. Diese schwanken je nach Baumart zwischen 0,40 €/Stck. und 0,69 €/Stck. (AFL NIEDERSACHSEN E.V. 2020 S.164). Eine Anfrage bei der nächstgelegenen Forstbetriebsgemeinschaft über erzielte Holzerlöse ergab nur eine unzufriedenstellende Menge an verkauftem Holz und speziell für den Wertholzbereich nur eine dünne Datengrundlage mit lediglich Eiche und Bergahorn im verkauften Sortiment (MARTIN MALL WALDBESITZERVEREINIGUNG LANDSBERG W. V. 2021). Aufgrund dieses Ergebnisses wurde auf die nächstgrößere Plattform, die Wertholzsubmission im Oberland (WALDBESITZERVEREINIGUNG HOLZKIRCHEN W.V. 2021) und in Leipheim (REIFF 2021) ausgewichen, um hier Anhaltspunkte zur Ermittlung des Holzerlöses zu erhalten. Das Ziel des wirtschaftlichen Teilssegments Waldbäume ist insbesondere durch die Astung der Bäume eine Maximierung des ökonomischen Ertrages, daher sollen hier Wertholzerlöse betrachtet werden.

Die Durchschnittserlöse aus den beiden Submissionen für das Jahr 2021 wurden gemittelt. Die Standardabweichungen der Baumarten Douglasie und Lärche mit je 5,4 und 3,6 fallen sehr klein aus, die erzielten Preise pro Festmeter liegen also sehr nah beieinander. Für die Baumarten Kirsche und Tanne befinden sich diese bei 35,5 €/fm und 48,3 €/fm. Der Bergahorn lag in Leipheim bei durchschnittlich 224 €/fm und im Oberland bei 742 €/fm. Diese Differenz ist maßgeblich dadurch zu erklären, dass ein einzelner Riegelahorn im Oberland für 13.700 €/fm verkauft wurde und damit den Durchschnitt stark erhöht. Entnimmt man dieses Los aus der Mittelwertberechnung, so ergibt sich ein Durchschnittserlös von 475,6 €/fm, was zu einem Gesamtmittelwertpreis von 349,8 €/fm und einer Standardabweichung von 125,8 führt. Die Durchschnittserlöse für die Kirsche betragen so 230,52 €/fm; die Douglasie erzielte 225,42 €/fm. Für die Lärche wurden durchschnittlich 312,62 €/fm bezahlt und für die Tanne 177,73 €/fm. Bevor die Vorräte mit den Erlösen je Festmeter verrechnet werden konnten, erfolgte eine Umrechnung in Erntefestmeter, da dies der für den Verkauf interessante Teil des Baumes ist. Die Umrechnungsfaktoren sind 0,77 bei der Douglasie, 0,71 bei der Lärche, 0,81 bei der Tanne und 0,8 beziehungsweise 0,71 bei Bergahorn und Kirsche (FRIEDRICH 2018). Zuletzt erfolgte eine Berücksichtigung der Erntekosten.

Die Prognose und Wertzuwacherwartung ist auf 10 Jahre angelegt, da dies einerseits die gängige forstliche Planungsperiode beschreibt, andererseits dem zweiten Betriebszweig genügend Zeit gibt, sein volles Ertragsniveau zu erreichen.

Die Berechnung der jährlichen Rente, die den Ertrag der Fläche auf jedes Jahr berechnet, muss hier in zwei Schritten erfolgen. So ist zum einen der finanzielle Rückfluss durch die Erlöse aus der Waldbewirtschaftung zu berücksichtigen und zum anderen der ökonomische Output aus der Kulturheidelbeere. Um diese beiden Werte miteinander zu kombinieren, wurden Annuitäten für beide Betriebszweige berechnet. Dies erfolgte in zwei Schritten: der erste Schritt ist die Berechnung des Kapitalwertes (vgl. Formel 5) der zweite Schritt die Berechnung der Annuität mit Formel 6. KRÖBER 2018 beschreibt dieses Vorgehen als sehr präzise. Der Schritt über die Annuität ist wichtig, denn ohne diese wäre ein Gesamtertrag der beiden Betriebszweige schwer zu ermitteln.

Formel 5: Kapitalwert

$$KW = \sum_{t=0}^n \frac{E_t - A_t}{(1+i)^t}$$

Der Kapitalwert KW setzt sich zusammen aus den Summen der über die Jahre t erzielten Erlöse E_t und die Kosten A_t , die über den Zins i auf den Zeitpunkt 0 zurückgerechnet werden. Mit dieser Formel können jegliche Erlöse und Aufwendungen miteinander vergleichbar gemacht werden, da sie so den Wert zu Beginn der Investition widerspiegeln. Durch eine zweite Formel können die Überschüsse als jährlicher Rückfluss wiedergegeben werden. Ein negativer Kapitalwert würde eine Fehlinvestition anzeigen (KRÖBER 2018).

Formel 6: *Annuitätenberechnung*

$$r = KW \times \frac{(1+i)^n \times i}{(1+i)^n - 1}$$

Die Berechnung der Annuität r über die Gesamtlaufzeit n wird also auch über den festgelegten Zins bestimmt. Dieser beschreibt die Opportunitätskosten, da ein Landwirt das seiner Investition zugrundeliegende Kapital ja auch in ein anderes Projekt investieren könnte, sollte dieser angemessen festgelegt werden (KRÖBER 2018). Ein entscheidender Faktor, der maßgeblich das Ergebnis beeinflussen kann, ist die Wahl des richtigen Zinssatzes, der der ökonomischen Entscheidungsfindung zugrunde liegt. HITZER UND FREIHERR KLEIN VON WISENBERG diskutierten 2018 die Wahl des angesetzten Zinssatzes. Für Vergleichsrechnungen sollten nach ihnen verschiedene Zinssätze unter 4 % gewählt werden. Laut ihnen liegt ein typischer Zinssatz für die Forstwirtschaft zwischen 1,5 % und 3,0 % (HITZER UND FREIHERR KLEIN VON WISENBERG 2018). So soll für diese Arbeit mit drei verschiedenen Szenarien gerechnet werden. Die Zinssätze betragen hierbei im ersten Fall 1,5 %, im zweiten 2,0 % und 3,0 % im dritten. Zusätzlich dazu wurden die Szenarien einmal mit den kalkulierten Kosten für die Arbeitsleistungen berechnet und einmal ohne die Arbeitsleistungen, da sie in der Realität in Eigenarbeit vollbracht wurden. Die Berechnung mit vergüteter Arbeitszeit erfolgte, um die Ergebnisse vergleichbar machen zu können und die Kosten und Annuitäten auch für größere Betriebe, die feste Arbeitskräfte beschäftigen zeigen zu können. Dabei zählen die Kosten für die Jungbäume und den Zaun bei beiden Szenarien als Kulturkosten. Pflanzvorgänge und Astungen jedoch spielen nur im ersten Fall eine Rolle.

Der zweite Aspekt der finanziellen Betrachtung befasst sich mit der landwirtschaftlichen Komponente. Hierbei fließen die Begründungskosten, die Aufwände für Düngung, Pflege und den Herbizid Einsatz, sowie die Erlöse in die Kalkulation ein. Die Beeren bringen im Verkauf an den Großhandel 7 €/kg (BECK 2021). Zusätzlich dazu werden sie in umliegenden Hofläden und Automaten zur Direktvermarktung an Höfen in der Nähe für je 10 €/kg verkauft (BECK 2021). Laut Angaben des Bewirtschafters der untersuchten Fläche werden für den Herbizid Einsatz fünf Liter Glyphosat pro Hektar aufgewandt (BECK 2021). Bei einer Flächengröße von 2,435 ha und einem bezahlten Literpreis von 4,35 € beträgt dies 52,96 €. Eine Anlage zum Vertreiben von Wildvögeln wurde für insgesamt 1.500 € erworben (BECK 2021). Für die Düngung werden pro Hektar 600 kg und zwei Tage kalkuliert (BECK 2021). Hierbei kommt ein Düngemittel mit 15N/3P/20K (+3Mg+10S) zum Einsatz. Der Kilopreis lag bei 0,96 €/kg und damit insgesamt bei 1.402,56 €. Die Pflanzung der Sträucher wird mit 0,69 €/Stck. und damit einem Wert aus dem oberen Preissegment aus der Forstwirtschaft kalkuliert (AFL NIEDERSACHSEN E.V. 2020 S.164). Der Zaunbau war bereits für die erfolgreiche Begründung des Waldbestandes nötig. Deshalb wird im Betriebszweig Blaubeere auf dessen Gewichtung verzichtet.

2.3 Datenanalyse und Verarbeitung

Die statistische Auswertung der gewonnenen Daten erfolgte mit Microsoft Excel. Die grafische Darstellung mit Hilfe von „RStudio“.

Unter die statistische Auswertung fallen die Prüfungen auf Normalverteilung mit einem Kolmogorov Smirnov Test, um anschließend die Daten in einer multiplen Regression auszuwerten. Diese Methode wurde bei der Ermittlung von signifikanten Einflussgrößen auf die Erntemenge einzelner Probesträucher angewandt. Die Einflussgrößen Alter des Strauches, Sorte, pH-Werte in 0-5 cm, 15 cm und 40 cm Tiefe, sowie die Lichtverfügbarkeit als TSF und als GapF wurden als Eingangswerte betrachtet und auf die Erntemenge gerechnet. Auch die Baumart des nächsten Baumes wurde in die Auswertung aufgenommen, da so mögliche präferierte Baumarten ermittelt werden können. Diese Eingangsgrößen ergeben sich aus dem Kapitel 1.1.1 und repräsentieren die Faktoren Licht und Bodenazidität. Dass Alter und Sorte einen Einfluss haben könnten, ergibt sich aus Kapitel 1.1.4. Die ermittelten Erkenntnisse dienen der Überprüfung der Hypothese H2, wobei als positiver Effekt auf den Anbau der Kulturheidelbeeren der Faktor Azidität im gewünschten Bereich gewertet wird und als negativer Effekt eine aufgrund des Schattenwurfes der Kronen verminderte Sonneneinstrahlung.

Zusätzlich wurden für alle Datensätze Maximal- und Minimalwerte, sowie Standardabweichungen und Varianzen ermittelt. Die Werte für die Beschreibung der klimatischen Verhältnisse wurden keiner solchen Prüfung unterzogen, da sie lediglich zur Einordnung der Flächegegebenheiten dienen.

3 Ergebnisse

3.1 Charakterisierung der Fläche

Der durchschnittliche Jahresniederschlag der Jahre 2014-2020 betrug 829,23 mm. Die Jahre 2018, 2019 und 2020 liegen alle unter diesem Wert (vgl. Abbildung 5).

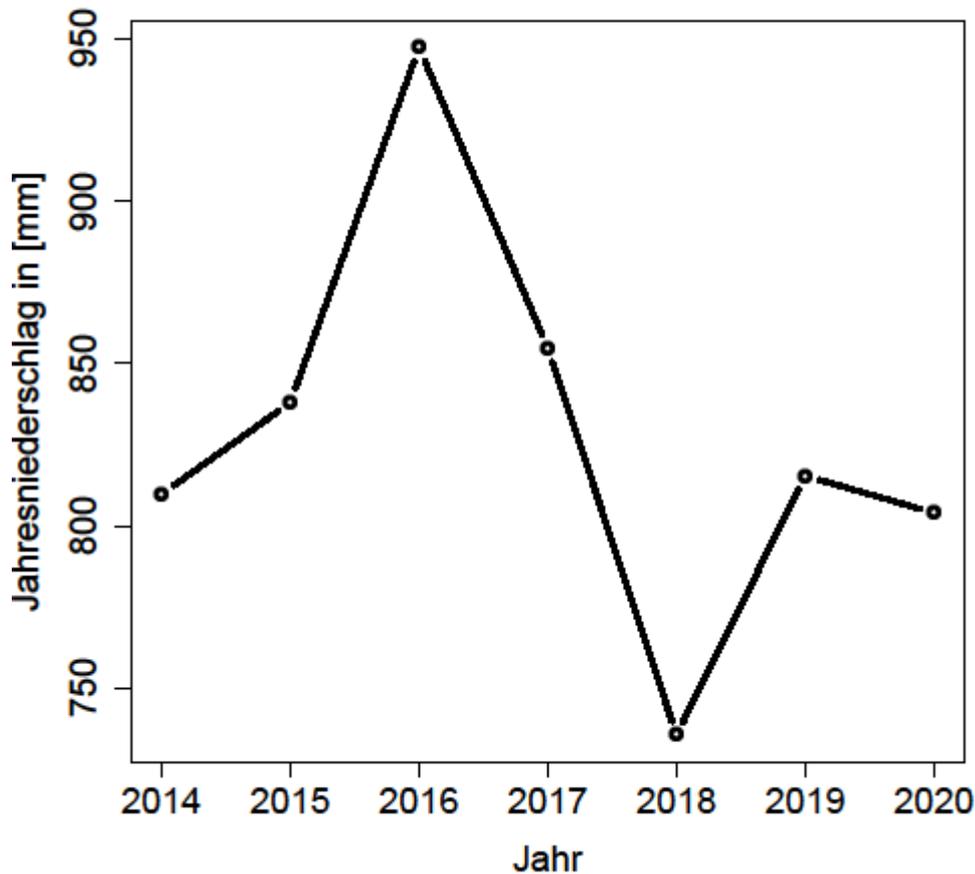


Abbildung 5: Jahresniederschläge 2014-2020 Egling/Paar-Heinrichshofen. Die Niederschlagssumme der einzelnen Jahre bewegt sich zwischen 950 mm und 740 mm pro Jahr. Die letzten drei Jahre lagen alle unter dem Mittelwert. Für 2021 sind noch keine Ergebnisse verfügbar.

Die hier besprochene Fläche zeigt eine Ausdehnung in Ostwestrichtung und ist in Nordsüdrichtung bedeutend schmaler.

Die jeweils am ersten Tag eines Monats gemessene Temperatur in 2 m Höhe über dem Boden zeigt im Mittelwert der Monate einen leichten Trend zu steigenden Temperaturen (vgl. Abbildung 6). Im Jahr 2018, dem letzten Jahr mit vollständiger Datengrundlage, ergab sich eine Durchschnittstemperatur von 9,81 °C. Die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) gibt die Vegetationsdauer für die nächstgelegene Waldklimastation Höglwald mit 170 Tagen an (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT 2017). Die Baumartenverteilung zeigt ein starkes Übergewicht von Nadelbaumarten. In Abbildung 8, ist die detaillierte Aufschlüsselung nach Arten dargestellt. Mit 113 Individuen ist die Lärche die häufigste Baumart. Douglasie und Tanne folgen zahlenmäßig, bevor der Bergahorn mit 39 Exemplaren als führende Laubbaumart zu finden ist. Buche, Esche und Eiche fallen mit je einem bis drei Bäumen weniger stark ins Gewicht. Insgesamt stehen auf der Fläche 265 Bäume, die einen Brusthöhendurchmesser oberhalb der Derbholzgrenze aufweisen.

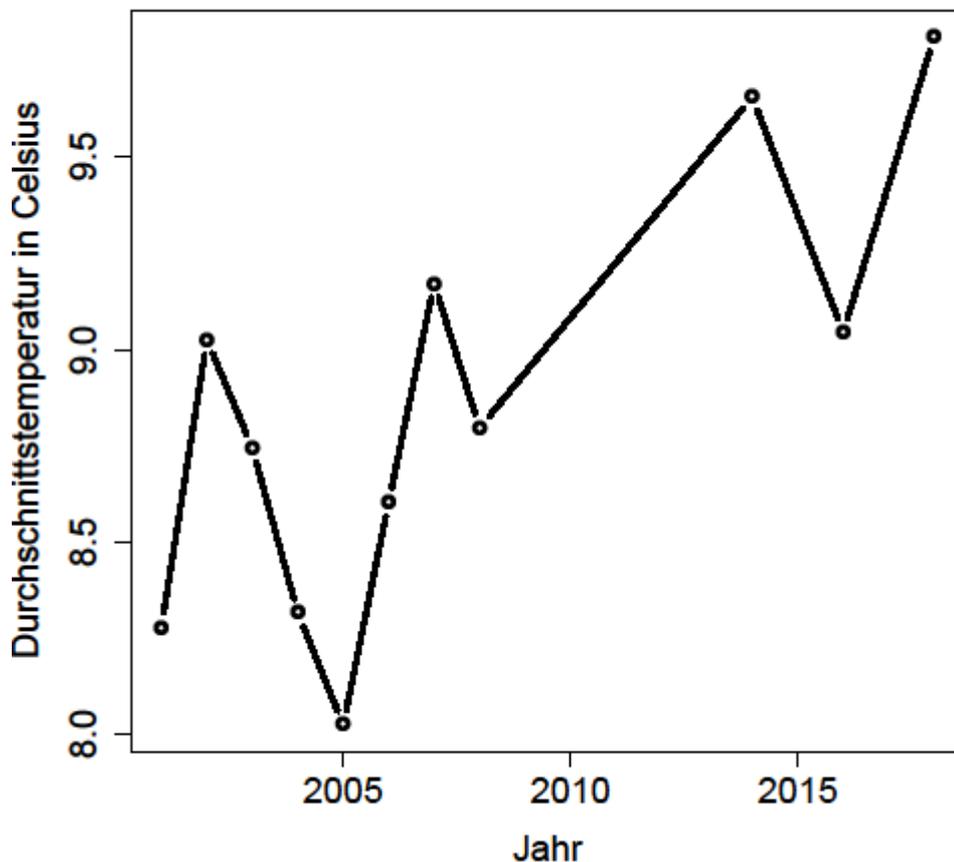


Abbildung 6: Jahresmittelwert der Durchschnittstemperaturen zu Monatsbeginn in Jahren mit kompletter Aufzeichnung Wetterstation Lechfeld. Einige Jahre haben lückenhafte Datenreihen, daher wurden nicht alle Jahre berücksichtigt. Ein Anstieg der Temperatur ist dennoch auszumachen.

Insgesamt wurden 4000 Blaubeersträucher erworben, davon je 1000 der Sorten „Duke“ und „Aurora“ und je 20 Pflanzen von 10 anderen Sorten. Diese werden in der Gruppe „Sonstige“ zusammengefasst. Durch Ausfälle bedingt ist die Gesamtzahl der Sträucher nicht mehr übereinstimmend mit der der erworbenen Pflanzen. Circa 80 % der Pflanzen sind noch vorhanden und angewachsen. Die Gesamtzahl der noch vorhandenen Sträucher beträgt also 3200. Dementsprechend entfallen je 800 Sträucher auf die Sorten „Duke“ und „Aurora“ und 1600 auf die Gruppe „Sonstige“.

Eine Messung der Fläche mit dem Geoinformationssystem „QGIS“ ergab eine Größe von 2,435 Hektar (QGIS ASSOCIATION 2021). Der Baumbestand ist in Abbildung 9 zu sehen. Dies ist das Ergebnis der Auswertung der Laserdaten und zeigt den offenen Charakter der Fläche. In Abbildung 7 ist das Ergebnis einer Luftbildanalyse der Jahre 2009, 2012, 2015, 2018 und 2020 zu sehen. Ab 2009 hat der von den Kronen der Bäume eingenommene Platz begonnen abzunehmen und eine Erholung des Beschirmungsgrades tritt erst ab dem Jahr 2018 ein, als auf der Fläche der Umbau hin zu einem sehr lückigen Bestand abgeschlossen ist und der Kronenentwicklung nach oftmals abgeschlossenen Astungsmaßnahmen mehr Bedeutung zugemessen wird. Mit der letzten Aufnahme ergibt sich ein aktueller Beschirmungsgrad von 35,05 %, 2009 betrug er noch 81,13 %. Der niedrigste Wert wurde für das Jahr 2018 ermittelt und betrug 25,83 %.

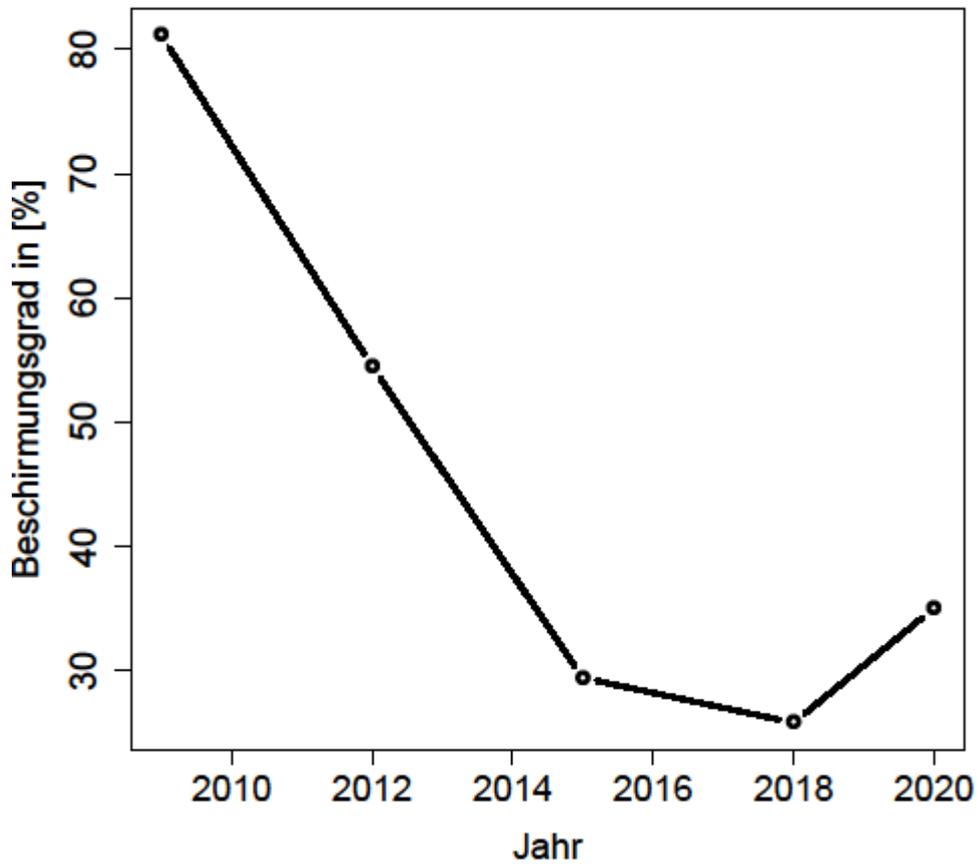


Abbildung 7: Beschirmungsgrad der untersuchten Fläche. Die Grundlage für diese Daten lieferten Luftbilder. Der Beschirmungsgrad nahm erst ab und beginnt seit 2018 wieder zu steigen.

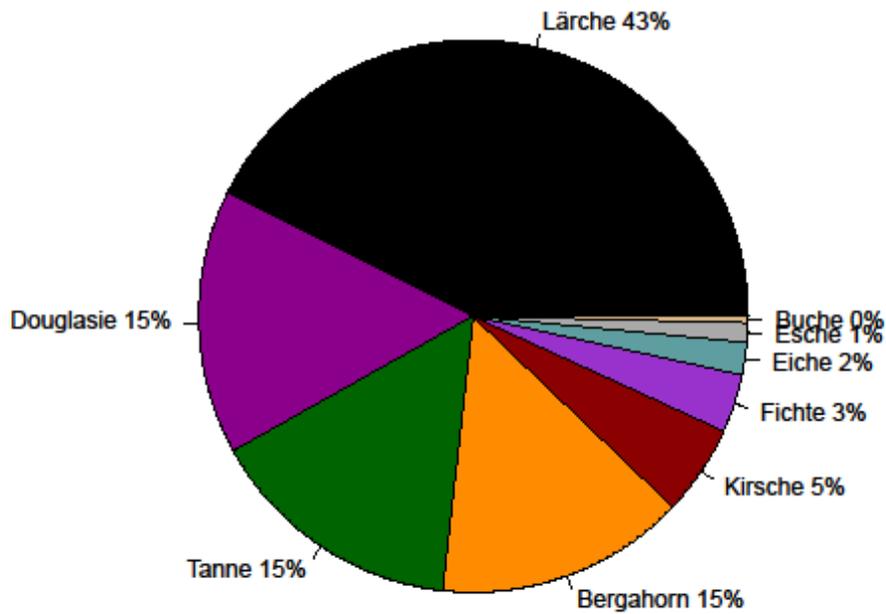


Abbildung 8: Baumartenverteilung in Prozent bei einer Gesamtzahl von 265 Bäumen. Den größten Anteil hat die Lärche. Fast drei Viertel der Fläche sind mit Nadelbäumen bestockt.

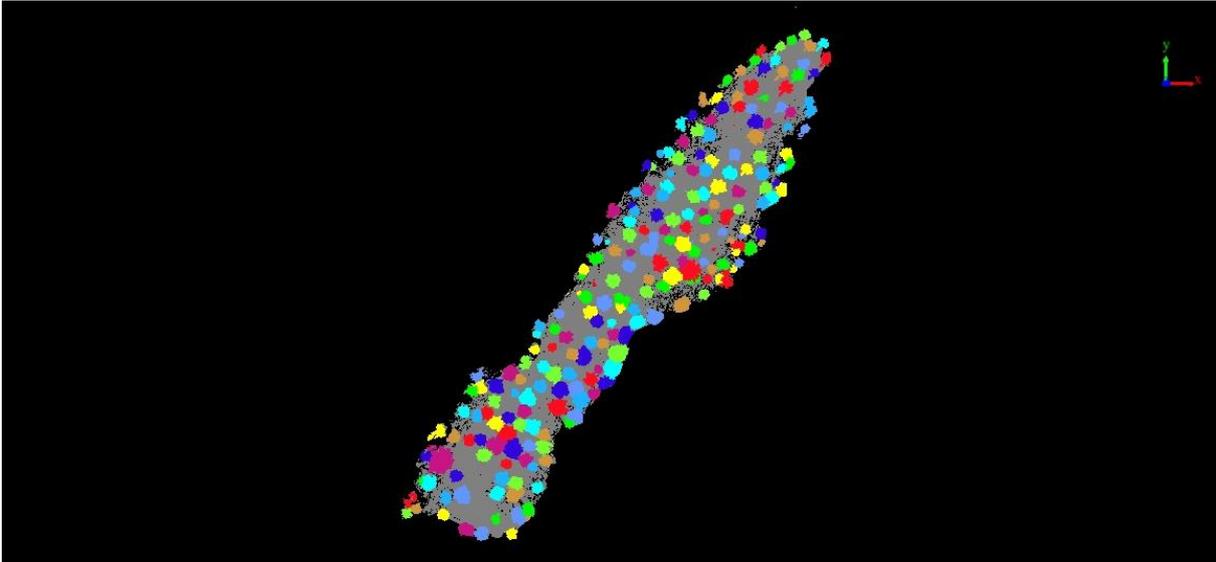


Abbildung 9: Segmentierte Bäume. Der digitale Zwilling des Bestandes zeigt die Baumverteilung im Bestand.

3.2 Lichtmessungen

Die GapF für die angrenzende landwirtschaftlich genutzte Fläche beträgt 100 %, sie ist also zu 0 % mit Blättern bedeckt. Der niedrigste gemessene Wert für die GapF liegt an Punkt 4 im angrenzenden Waldstück. Mit 5 % wird der Bestand als stark bedeckt wahrgenommen. Der minimale Wert für die mit Blaubeeren bepflanzte Fläche liegt bei 15 % bei Probepunkt 22. Der höchste für die GapF dort aufgenommene Wert bei 85 % an Punkt 20. Zu sehen in Abbildung 10 ist die starke Streuung der Werte im Blaubeerbestand. In Tabelle 1 werden der Mittelwert über die gesamte Fläche von 61 % und die dazugehörige Standardabweichung beziehungsweise Varianz gezeigt. In Abbildung 11 ist ebenfalls eine große Streuung auf dieser Fläche beobachtbar. Auch hier sind die Werte für das Zuckerrübenfeld am höchsten und die im Wald gemessenen Lichteinfälle im unteren Bereich. Die beiden letzten Probepunkte 34 und 45 liegen in einem kleinen Eck, das stark von einigen ungeasteten Fichten beschattet wird. Hier ist eindeutig eine Verdunkelung dadurch bemerkbar, denn diese Werte sind unverkennbar niedrig einzuordnen.

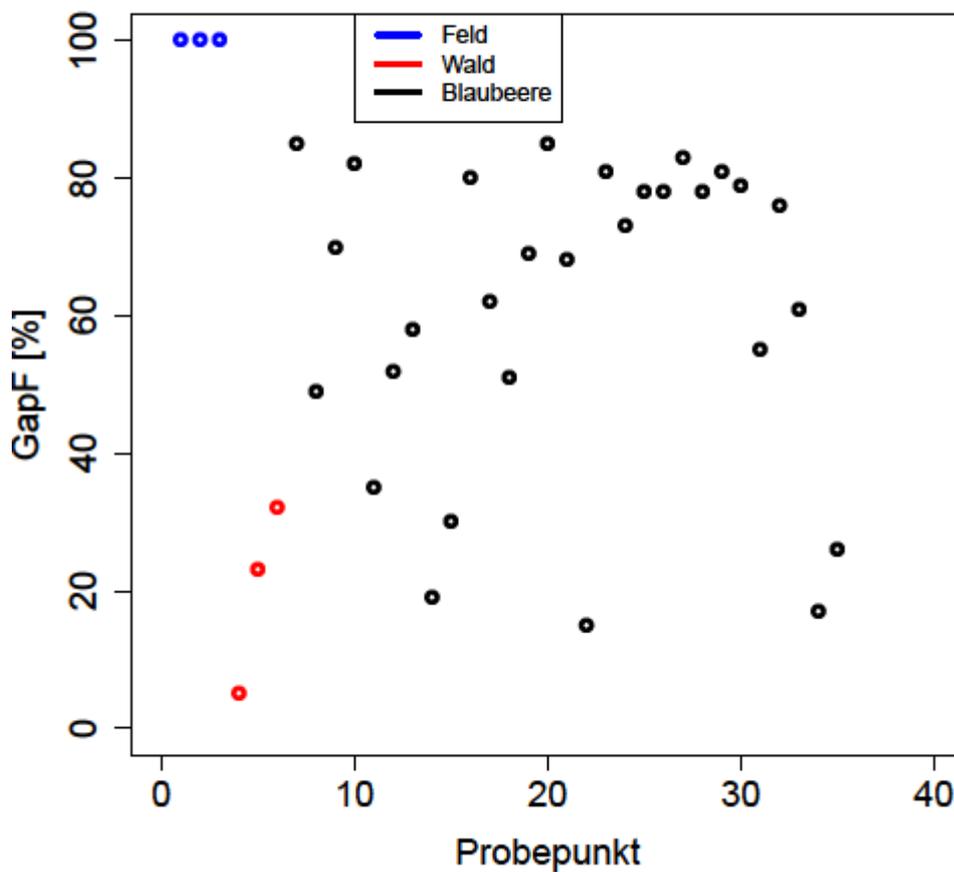


Abbildung 10: Gap Fraction in Prozent. Hier wird jeweils für einen Probepunkt der Anteil der nicht überschirmten Fläche gezeigt. Die Fläche „Feld“ ist erwartungsgemäß zu 100 % nicht bedeckt.

Tabelle 1: Statistische Angaben GapF. Der Mittelwert der gemessenen Gap Fractions liegt bei 61%. Dies bestätigt im Groben den Wert des Beschirmungsgrades.

Mittelwert	Standardabweichung	Varianz
61%	0,22	0,05

Die Probepunkte 8,9,12,13,16,17,20,21,24,25,28,29,32,33 liegen jeweils am nördlichen Teil der Fläche und die übrigen im Süden. Zwar ist in der Gap Fraction, dem Wert, der die Beschirmung widerspiegelt, hier kein Trend erkennbar, jedoch im Total Side Factor (TSF). Dieser Wert gibt das gesamte, direkte wie indirekte Licht, an einem Ort wieder und ist hier bis zum Wert 25 im Norden jeweils höher als die zwei folgenden Punkte im Süden, wo ein dichter Bestand den Boden bei niedrigem Sonnenstand beschattet. Ab dem Probepunkt 26 verengt sich die Fläche und beginnt spitz zuzulaufen. Hier sind diese Beobachtungen nicht mehr gültig. Der Mittelwert für den TSF liegt wie in Tabelle 2 zu sehen bei 48,9 %. Auch die Standardabweichung und die Varianz werden hier gezeigt.

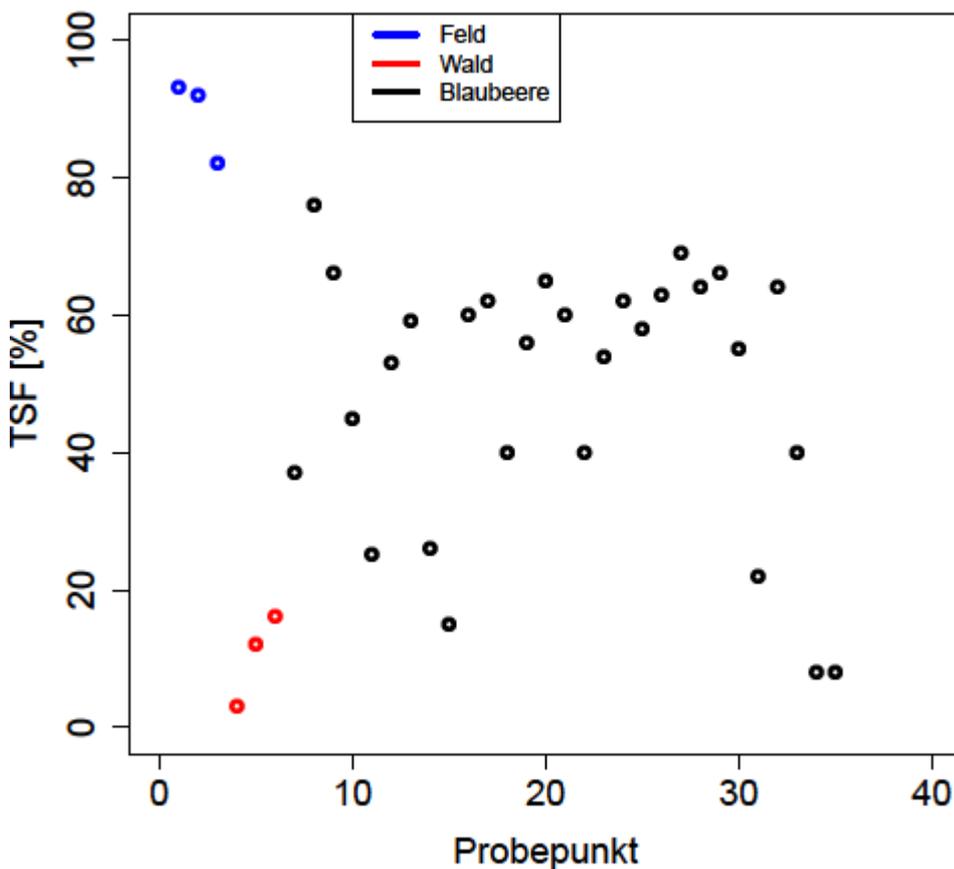


Abbildung 11: TSF in Prozent. Die Gesamtmenge an indirektem und direktem Licht variiert stark. Auf der Fläche „Feld“ ist sie am höchsten. „Wald“ und die beiden Probepunkte 34 und 35, die stark von fichten beschattet sind weisen die niedrigsten Werte auf.

Tabelle 2: Statistische Angaben TSF. Die Standardabweichung vom Mittelwert beträgt hier knapp 20%.

Mittelwert ⬇	Standartabweichung ⬇	Varianz ⬇
48,9%	0,19	0,04

3.3 Der pH-Wert im Boden

Die Ergebnisse aus der Bodenanalyse sind nicht als Ionenkonzentration angegeben, sondern bewusst als pH-Wert. So beschreibt HAGGETT 1973, dass zwar eine logarithmische Darstellung bei dieser Art von Wert die ursprüngliche wäre, aber die Nutzung der pH-Skala bereits im Gebrauch gewohnheitsbedingt seine Legitimation besitzt und daher ebenso verwendet werden kann. Die Skalierung als pH-Wert erlaubt so die Darstellung im gebräuchlichen Umfeld.

Alle gemessenen Mittelwerte der betreffenden Baumarten, schaffen ein für die Kulturheidelbeere als günstig beschriebenes Säureniveau im Boden bis zu einer Tiefe von 40 cm und liegen zwischen pH 4,05 und pH 4,81.

Die zahlenmäßig stärker auf der Fläche vertretenen Baumarten Lärche und Douglasie sind auch jene Baumarten, die im oberen Bereich des Bodens (0-5 cm) die größte Azidität aufweisen. Die einzige Baumart, deren Mittelwerte durchweg unter dem Mittelwert aller Proben liegt, ist die Douglasie. Der niedrigste gemessene Einzelwert von pH 3,7 lag ebenfalls in der näheren Umgebung einer Douglasie. Der höchste Einzelwert mit pH 5,04 lag neben einer Lärche in einer Tiefe von 40 cm. Die basischsten Werte bis zu einer Tiefe von 15 cm zeigen die beiden Laubbaumarten Kirsche und Bergahorn. Über alle Baumarten hinweg, bis auf Kirsche und Eiche ist der pH-Wert in der obersten Bodenschicht niedriger als in 40 cm Tiefe (vgl. Abbildung 12). Abbildung 13 zeigt die gemessenen Mittelwerte der mit Kulturheidelbeeren bepflanzten Fläche im Vergleich mit den Zuckerrüben und dem Fichtenreinbestand. Die Werte für die landwirtschaftlich genutzte Fläche liegen dabei um einiges höher im pH-Wert als diejenigen der beiden Vergleichsbestände, welche nahezu deckungsgleich verlaufen. Auch sind, wie in Tabelle 4 zu sehen, ab der Tiefenstufe von 15 cm die Standardabweichungen vergleichsweise niedriger als die der anderen beiden Flächen. Die Werte für „Wald“ (pH 4,4, 4,34 und 4,44) und diejenigen für die Fichte im angrenzenden Bestand (pH 4,36, 4,28 und 4,6) unterscheiden sich dabei, vor allem im oberen Bereich nur marginal voneinander. In Tabelle 3 werden die Anzahl der beprobten Individuen je Baumart in Zusammenhang mit den Mittelwerten und den Standardabweichungen gezeigt. Aufgrund der Berechnung der mathematischen Größen in ihrer nicht logarithmischen Form fallen die Standardabweichungen so niedrig aus.

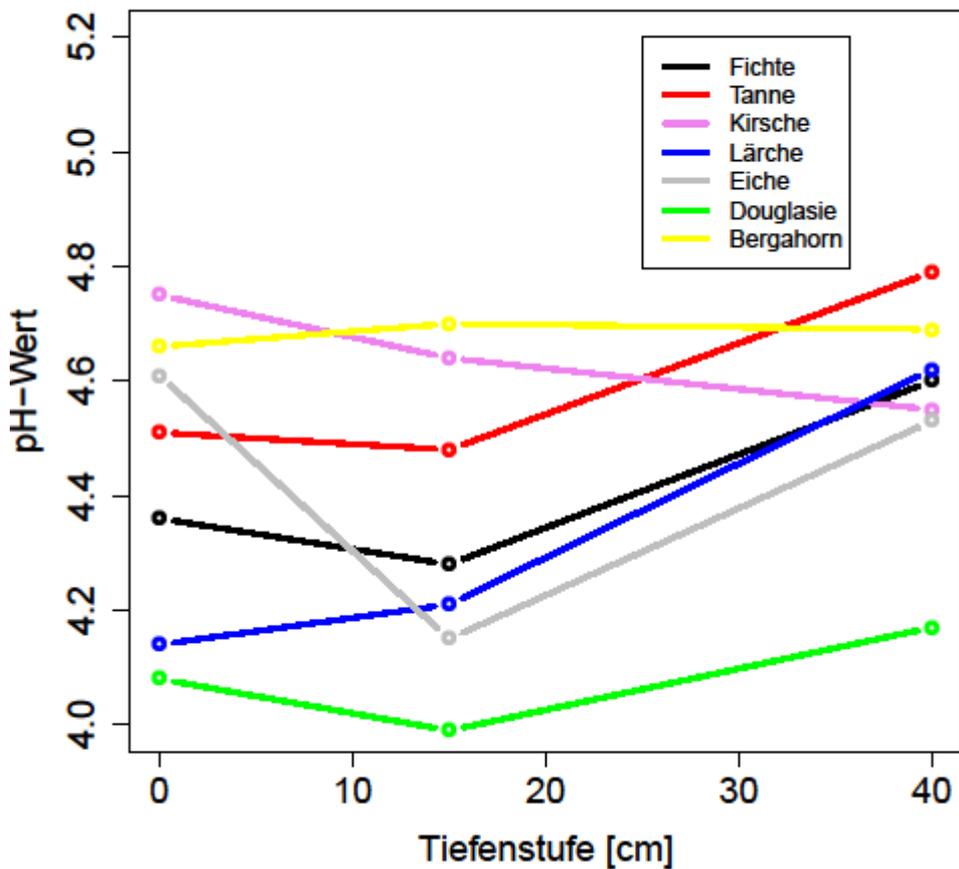


Abbildung 12: pH-Werte nach Baumarten. Alle Baumarten erzeugen einen pH-Wert im Boden, der für den Anbau der Kulturheidelbeere günstig ist. Am sauersten wirkt die Baumart Douglasie. Die Laubbaumarten wirken eher basisch.

Tabelle 3: Mittelwerte und Standardabweichungen für die beprobten Baumarten und die jeweiligen Tiefenstufen. Die Standardabweichungen sind nicht logarithmisch dargestellt.

Baumart	Anzahl	Mittelwert0	Standardabweichung0	Mittelwert15	Standardabweichung15	Mittelwert40	Standardabweichung40
Fichte	2	4,36	0,000034	4,28	0,00003	4,6	0,000006
Tanne	3	4,51	0,000015	4,48	0,000011	4,79	0,000006
Eiche	2	4,61	0,000002	4,15	0,000041	4,53	0,000008
Lärche	10	4,14	0,000041	4,21	0,000043	4,62	0,000013
Ahorn	4	4,66	0,00001	4,7	0,000008	4,69	0,000011
Douglasie	6	4,08	0,000065	3,99	0,000061	4,17	0,000032
Kirsche	2	4,75	0,000003	4,64	0,000006	4,55	0,000012

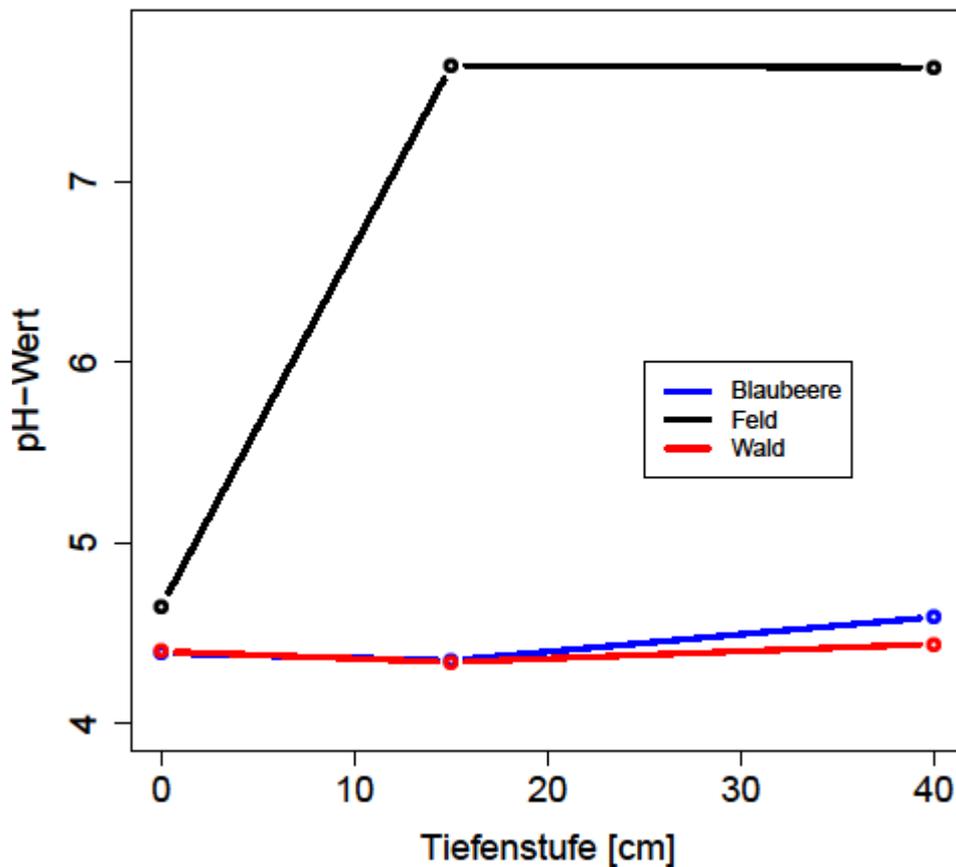


Abbildung 13: pH-Wert Verteilung der drei Vergleichsflächen. Auf der Fläche „Feld“ wäre ein Anbau der Kulturheidelbeere nicht ohne weiteres möglich. Die Fläche „Wald“ wäre bezüglich des Bodenzustandes dafür geeignet.

Tabelle 4: Mittelwerte und Standardabweichungen für die drei Vergleichsflächen je Tiefenstufe. Wieder sind die Standardabweichungen nicht im logarithmischen Format dargestellt. Auf der Fläche „Feld“ schwanken die Messungen am wenigsten.

Fläche	Mittelwert0	Standardabweichung0	Mittelwert15	Standardabweichung15	Mittelwert40	Standardabweichung40
Blaubeere	4,27	0,000045	4,23	0,000047	4,49	0,000025
Feld	4,65	0,000039	7,64	0,0000000005	7,63	0,00000001
Wald	4,4	0,000005	4,34	0,000022	4,44	0,000014

3.4 Betriebszweig Blaubeeren

Als Einflussgrößen auf die Erntemenge wurden in einer gerechneten Regression die pH-Werte im Boden, das Alter der Sträucher, die Sorte, die Baumart des nächstgelegenen Baumes und die Lichtbeeinflussenden Größen GapF, TSF und LAI verwendet (vgl. Tabelle 5). Die Probepunkte ohne vorhandenen Strauch sind hier ausdrücklich nicht berücksichtigt worden.

Alle Werte für die durchgeführte Berechnung, sowie Bestimmtheitsmaß, Prüfgröße und kritischer Wert sind in Tabelle 6, Tabelle 7 und Tabelle 8 aufgelistet. Die Regression liefert nur für einen Wert ein signifikantes Niveau. Außer der Einflussgröße Alter des Strauches fallen alle anderen Größen mit einem P-Wert über dem Signifikanzniveau von 0,05 nicht ins Gewicht. Einzig der Faktor Baumart ist mit einem P-Wert von 0,07 nah an dieser Grenze. Das adjustierte Bestimmtheitsmaß mit einem R^2 Wert von 0,80 zeigt eine hohe Zuverlässigkeit der Eingangsgrößen. Das Alter der Sträucher hat im Koeffizienten ein positives Vorzeichen. Ein Anstieg des Alters lässt also einen positiven Einfluss auf die Erntemenge annehmen.

Tabelle 5: *Eingangsrößen für die Berechnung der Einflüsse auf die Erntemenge. An einigen Sträuchern konnten keine Beeren geerntet werden. Diese Sträucher sind oftmals noch zu jung. Die größte Erntemenge mit 0,25 kg erzeugte ein dreijähriger Strauch.*

Probepunkt	Baum	Baumart	Sorte	pH0	ph15	pH40	ISF	GapF	LAI	Alter	Erntemenge
7	B1	1	1	4,33	4,41	4,74	53%	85%	1	1	0 kg
8	B252	4	1	4,59	4	4,46	61%	49%	1,1	2	0,085 kg
9	B244	7	1	4,07	4,59	4,71	59%	70%	1	3	0,25 kg
10	B4	3	1	4,93	4,86	4,97	52%	82%	1,1	1	0 kg
12	B218	3	1	4,51	4,7	4,47	43%	52%	1,8	1	0 kg
14	B10	2	1	4,7	4,56	4,43	23%	19%	2,6	1	0 kg
15	B15	2	2	4,8	4,73	4,71	25%	30%	2,2	1	0,02 kg
16	B200	7	2	4,14	4,66	4,47	50%	80%	1	2	0,1 kg
17	B192	1	2	4,74	4,4	4,69	44%	62%	1,1	2	0,08 kg
18	B19	3	2	4,82	4,86	4,94	41%	51%	1,5	1	0,045 kg
19	B73	7	2	4,01	4,06	4,4	58%	69%	0,9	2	0,2 kg
20	B185	7	2	4	4,5	4,99	57%	85%	0,9	1	0,09 kg
21	B175	8	2	4,13	4,12	4,34	50%	68%	1,1	1	0,04 kg
22	B75	8	2	4,51	4,39	4,33	34%	15%	2,1	1	0,025 kg
23	B79	1	3	4,56	4,7	5,01	61%	81%	0,9	1	0 kg
24	B146	7	3	4,14	4,01	5,04	56%	73%	1	2	0,09 kg
25	B164	7	3	4,3	4,62	4,7	54%	78%	1	1	0,03 kg
27	B86	7	3	5	3,97	4,55	67%	83%	0,8	1	0 kg
29	B120	7	3	3,82	4,35	4,31	58%	81%	0,9	1	0 kg
30	B47	8	3	3,95	4,09	3,97	59%	79%	0,9	1	0 kg
31	B93	8	3	4,37	3,8	4,15	42%	55%	1,2	1	0,02 kg
32	B113	8	3	3,7	3,71	3,98	56%	76%	0,9	1	0 kg
33	B109	3	3	4,52	4,5	4,6	35%	61%	1,4	1	0 kg

Baumart: 1,2,3,4,7,8,9 "Tanne", "Kirsche", "Ahorn", "Eiche", "Lärche", "Douglasie", "Fichte" Sorte: 1,2,3 "Sonstige", "Aurora", "Duke"

Tabelle 6: Regressionsstatistik der Prüfung auf Einflüsse auf die Erntemenge. Unter 23 Beobachtungen lief die Regression. Mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,88 erklärt sie die Erntemenge zu 88 %.

Regressions-Statistik	
Multipler Korrelationskoeffizient	0,939338424
Bestimmtheitsmaß	0,882356675
Adjustiertes Bestimmtheitsmaß	0,800911296
Standardfehler	0,029784645
Beobachtungen	23

Tabelle 7: Anova der Regression. Der kritische Wert liegt unter der Prüfgröße (F). Damit sind die Berechnungen valide.

ANOVA					
	Freiheitsgrade (df)	Quadratsummen (SS)	Mittlere Quadratsumme (MS)	Prüfgröße (F)	F krit
Regression	9	0,086497808	0,009610868	10,83372298	0,00010415
Residue	13	0,011532626	0,000887125		
Gesamt	22	0,098030435			

Tabelle 8: Koeffizienten der Einflussgrößen und deren Signifikanzniveau. Einzig der Einflussfaktor „Alter Strauch“ hat einen P-Wert unter dem Signifikanzniveau von 0,05.

	Koeffizienten	Standardfehler	t-Statistik	P-Wert
Schnittpunkt	-0,0350466	0,224489664	-0,156116766	0,878339243
Baumart	0,007339528	0,003724017	1,970863053	0,070412566
Sorte	-0,015774792	0,011272579	-1,39939515	0,185101269
PH-0	-0,034612358	0,027001585	-1,281863955	0,222280558
PH-15	0,022186326	0,032270275	0,687515867	0,50383978
PH-40	0,053882252	0,032248617	1,670839138	0,118638699
ISF [%]	-0,090674433	0,140731092	-0,644309881	0,530579344
GapF [%]	-0,135230971	0,111028888	-1,217980047	0,244876547
LAI	-0,071145662	0,059515047	-1,195423101	0,253273498
Alter Strauch	0,081201878	0,016321194	4,975241148	0,000253828

Die Ergebnisse der diesjährigen Ernte sind in Tabelle 9 dargestellt.

Im Jahr 2021 wurden insgesamt 61,075 kg Beeren geerntet. Davon entfallen 1,075 kg auf die 23 Probesträucher und 60 kg auf die restliche Fläche. Es sind 3200 Sträucher vorhanden. Eine Hochrechnung der Probesträucher, die noch vor einem Befall und einhergehendem Verlust an Beeren durch Vögel geerntet und gewogen wurden ergibt eine potenzielle Gesamtmenge von 118,62 kg. Damit ist circa die Hälfte oder auch 51,49 % der potenziellen Gesamtmenge beerntet worden und 48,51 % der Beeren wurden von Vögeln vernichtet. Der Erlös zu je 10 €/kg in lokalen Hofläden und Selbstbedienungsautomaten beträgt somit 610,75 €. Bei einer erfolgreichen Ernte der gesamten Sträucher läge er bei 1.186,20 €. Somit liegt der verlorene Erlös durch Wildschäden bei 575,46 €.

Ein Verkauf bei einem Großhändler zu je 7 €/kg hatte für das Jahr 2021 einen Erlös von 427,53 € bedeutet.

Tabelle 9: Anzahl der Sträucher und reale, sowie potenzielle Erntemenge.

Ernte	Anzahl
Probesträucher	29
Gesamte Sträucher	3200
Erntemenge Probesträucher	1,075 kg
Erntemenge 2021	61,075 kg
Potenzielle Erntemenge	118,62 kg

Die Aufwendungen für den Betriebszweig Blaubeere verteilen sich auf laufende Kosten und Investitionsausgaben. Unter die Investitionsausgaben zu Beginn der Begründung einer Kultur fallen in diesem Fall die Beschaffung und Pflanzung der Sträucher, der Bau des Zaunes und die Betriebsmittel zu Anschaffung von Schutzmaßnahmen wie dem audiogestützten Vogelschreck.

Zu den laufenden Kosten für den Betrieb einer Blaubeerkultur zählen Pflegemaßnahmen wie der Schnitt sowie Herbizid- und Düngemittleinsatz. Die laufenden Kosten betragen in diesem Jahr insgesamt 1.455,52 €. Die Investitionskosten belaufen sich für den Zaunbau (vgl. Kapitel 2.2.6 die Beschaffung der Sträucher, die Pflanzung und sonstige Anschaffungen insgesamt auf 9.308 €.

3.5 Finanzielle Bewertung

Als Ausgangspunkt für einen finanziellen Vergleich der hier untersuchten Bewirtschaftungsform mit Reinbeständen derselben Baumarten dienen die Eingangsgrößen Zuwachs, Erlöse und Kosten. Abbildung 14 zeigt die gemessenen, beziehungsweise ermittelten Zuwächse für die untersuchten Einzelbäume ab dem Zeitpunkt, an dem die Bäume die Höhe von 1,3 m erreicht haben. Gut zu erkennen sind die Astungszeitpunkte, an denen jeweils ein starker Einbruch im jährlichen Zuwachs bemerkbar ist. Der Baumbestand aus Abbildung 9 mit den mitgelieferten Höhen und Brusthöhendurchmessern zeigt in Kombination mit den antizipierten Zuwächsen der Baumarten, bei welchen dies gesichert prognostiziert werden kann (vgl. Kapitel 3.4), folgendes Bild. Die Eingangsgröße der Etablierungskosten wird in Tabelle 10 gezeigt.

Tabelle 10: *Anschaffungskosten für die Waldbäume inklusive der Pflanzkosten. Die Kirsche ist am teuersten. Die Lärche, als häufigster Baum, am günstigsten.*

Baumart	Anzahl	Einzelkosten	Gesamtkosten
Lärche	113	2,14	241,82
Douglasie	41	2,48	101,68
Tanne	40	2,66	106,40
Ahorn	39	2,49	97,11
Kirsche	14	2,89	40,46

Der mit den Inventurdaten aus dem Laserscan ermittelte Gesamtvorrat für die wichtigsten fünf Baumarten Lärche, Douglasie, Tanne, Bergahorn und Kirsche beläuft sich auf 263,55 Vfm m.R. für die gesamte Fläche. Davon entfallen, wie in Tabelle 11 dargestellt, 121,53 Vfm m.R. auf die Lärche, 44,16 Vfm m.R. auf die Douglasie, 41,43 Vfm m.R. auf die Tanne und 41,58 Vfm m.R., beziehungsweise 14,85 Vfm m.R. auf Bergahorn und Kirsche. Nach zehn Jahren wird sich der Vorrat der Nadelbaumarten allein auf 317,96 Vfm m.R. belaufen. Dies entspricht einem Zuwachs von 110,84 Vfm m.R.. Pro Hektar beläuft er sich damit auf 45,52 Vfm m.R. und damit auf 4,55 Vfm/Jahr Zuwachs für diese drei Baumarten.

Der Vorrat an Nadelholz mit Rinde beträgt in 10 Jahren voraussichtlich 130,58 Vfm/ha.

Tabelle 11: *Anzahl, Vorrat und Zuwachs je Baumart für das Alter 40 und im Alter 50. Die Zuwächse für Ahorn und Kirsche sind nicht verfügbar, da hier keine gesicherten Verhaltensmuster für die Zeit nach der Astung bestätigt werden konnten.*

Baumart	Anzahl	Vorrat	Vorratsprognose	Zuwachs
Lärche	113	121,53	175,77	54,24
Douglasie	41	44,16	68,36	24,20
Tanne	40	41,43	73,83	32,4
Ahorn	39	41,58	Nicht Verfügbar	Nicht Verfügbar
Kirsche	14	14,85	Nicht Verfügbar	Nicht Verfügbar

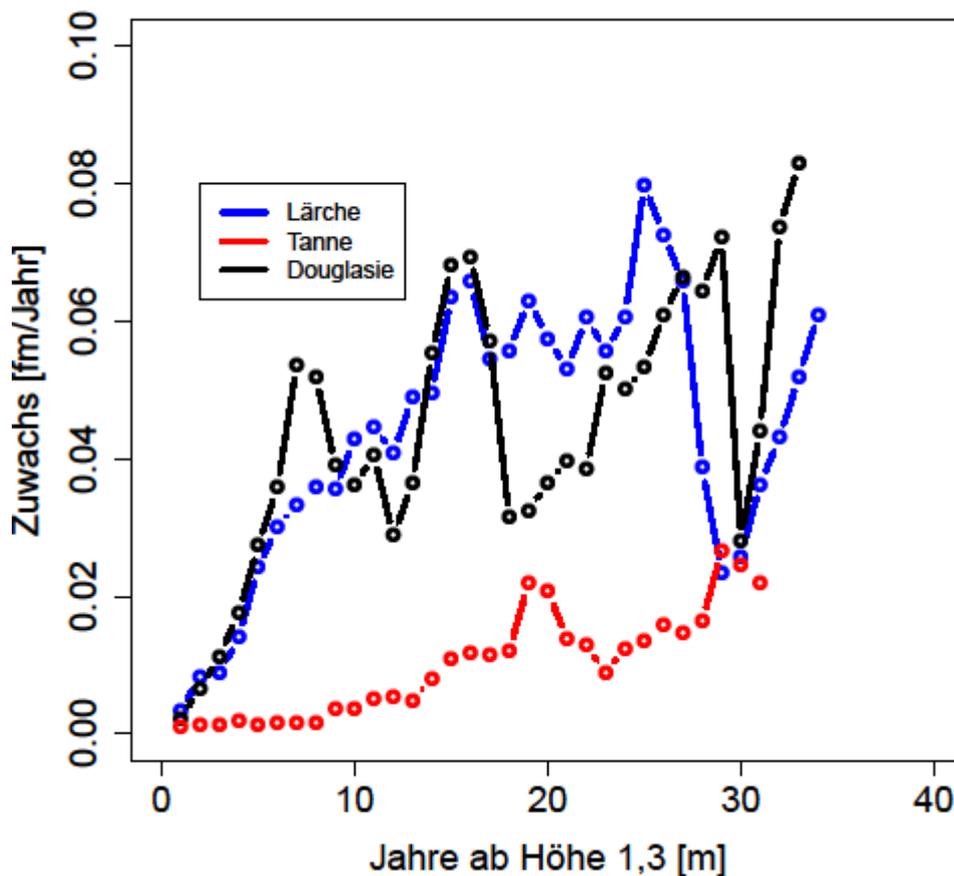


Abbildung 14: Jährliche Zuwächse fm/Jahr je Baumart. Die Zuwächse variieren je nach Baumart. Die Tanne wächst am geringsten. Douglasie und Lärche sind gleichauf. Je Einzelbaum sind Zuwächse zwischen 0,02 und 0,08 fm/Jahr möglich.

Der Wert der Bäume beträgt im Alter 40, in Erntefestmetern, nach den Preisen aus den Submissionen in Leipheim und im Oberland, 54.670,41 €. Dabei entfallen 26.974,48 € auf die Lärche, 11.635,32 € auf den Bergahorn, 7.665,34 € auf die Douglasie, 5.964,44 € auf die Tanne und 2.430,82 € auf die Kirsche. Nach der Zuwachsprognose für die Nadelbaumarten für den Vorrat in 10 Jahren in Summe mit den aktuellen Erlösen aus der Laubbaumbewirtschaftung, da diese nicht ohne Absicherung prognostiziert werden konnten, ergibt sich ein finanzieller Mehrerlös von 20.115,67 €. Dies entspricht 2.011,57 € Wertzuwachs im Jahr für die gesamte Fläche. Pro Hektar sind es 826,00 € im Jahr. Diese Erlöse sind noch nicht mit den Erntekosten verrechnet. Abzüglich der Erntekosten von 18,85 €/Fm für die Nadelhölzer und 18,86 €/Fm für die Laubhölzer (AFL NIEDERSACHSEN E.V. 2020 S.153f., 158) hat der Bestand zum jetzigen Zeitpunkt einen Abtriebswert von 50.944,14 € und im Alter 50 69.571,51 €. Bei einem Zinssatz von 1,5 % zurückgerechnet auf das Jahr 0 vor 40 Jahren inklusive der Arbeitskosten, wie in Tabelle 12 dargestellt, pro Hektar 8.741,37 € als Kapitalwert des Bestandes. Die jährliche Rente betrüge so 292,22 €. Bei einem Zinssatz von 2,0 % beziehungsweise 3,0 % liegen die Kapitalwerte bei 6883,77 € und 4139,93 € und die Annuitäten bei 251,64 € und 179,10 €.

Im Alter 50 betragen die Kapitalwerte 10.780,15 €, 8.023,66 € und 4.243,62 €. Die jährlichen Renten liegen hier bei 308,01 €, 255,34 € und 164,93 €. In Tabelle 13 sind die Werte hingegen für denselben Bestand angegeben, wobei hier die Arbeitskosten nicht miteinberechnet sind, da sie in Eigenleistung erbracht worden sind. So betragen die Kapitalwerte für den jetzigen Zeitpunkt hierbei 10.415,83 €/ha für einen Zinssatz von 1,5 %, 8.357,73 €/ha für einen Zinssatz von 2,0 % und 5.296,20 €/ha bei 3,0 %. Die jährlichen Rückflüsse aus dem Bestand, betrachtet vom Jahr der Bestandesbegründung aus liegen

bei 348,17 €/ha bei 1,5 % Zinsen, bei 305,52 €/ha für einen Zins von 2,0 % und bei einem Zins von 3,0 % fließen jährlich 229,13 €/ha zurück.

In diesem Szenario, aus dem Standpunkt eines 50 Jahre alten Bestandes, liegen die Kapitalwerte bei 12.454,11 €/ha für einen kalkulatorischen Zins von 1,5 %, bei 9.497,63 €/ha für 2,0 % Zinsen und bei 5.399,88 €/ha für 3,0 %. Die Annuitäten betragen für den Hektar gesehen 355,83 €, 302,24 € und 209,87 € bei gleichen Zinssätzen.

Tabelle 12: Kapitalwerte (KW) und Annuitäten im Alter 40 und 50 zu verschiedenen Zinssätzen, inklusive der Arbeitskosten für Astung und Pflanzung

Zinssatz	KW40	Annuität40	KW40ha	Annuität40ha	KW50	Annuität50	KW50ha	Annuität50ha
1,5 %	25362,55 €	847,80 €	10415,83 €/ha	348,17 €/ha	30325,76 €	866,46 €	12454,11 €/ha	355,83 €/ha
2,0 %	20351,07 €	743,95 €	8357,73 €/ha	305,52 €/ha	23126,72 €	735,97 €	9497,63 €/ha	302,24 €/ha
3,0 %	12896,23 €	557,92 €	5296,20 €/ha	229,13 €/ha	13148,72 €	511,03 €	5399,88 €/ha	209,87 €/ha

Tabelle 13: Kapitalwerte (KW) und Annuitäten im Alter 40 und 50 zu verschiedenen Zinssätzen, exklusive der Arbeitskosten für Astung und Pflanzung

Zinssatz	KW40	Annuität40	KW40ha	Annuität40ha	KW50	Annuität50	KW50ha	Annuität50ha
1,5 %	25362,55 €	847,80 €	10415,83 €/ha	348,17 €/ha	30325,76 €	866,46 €	12454,11 €/ha	355,83 €/ha
2,0 %	20351,07 €	743,95 €	8357,73 €/ha	305,52 €/ha	23126,72 €	735,97 €	9497,63 €/ha	302,24 €/ha
3,0 %	12896,23 €	557,92 €	5296,20 €/ha	229,13 €/ha	13148,72 €	511,03 €	5399,88 €/ha	209,87 €/ha

3.6 Pflege

Die bisher auf dieser Fläche durchgeführten Pflegemaßnahmen beschränken sich auf Düngung, Herbizideinsatz zur Beikrautkontrolle und Schnitt einzelner Pflanzen an abgestorbenen Trieben. Im erweiterten Sinne kann auch der Zaunbau gegen Rehwild und eine Verstärkung des Zauns mit Hasendraht dazugerechnet werden. Dieser ist sowohl für die Etablierung und Vitalität der Kulturheidelbeere notwendig und kann außerdem für den Schutz von Jungbäumen gegen Wildverbiss dienen. Die Ernte als Pflegemaßnahme wurde auch in den letzten Jahren durchgeführt und hat erwartungsgemäß noch Steigerungspotenzial, da die Erntemenge nach der Begründung in den ersten Jahren noch niedriger liegt als nach einer Etablierung der Sträucher (LIEBSTER 1961 S.198). Die Düngung erfolgte im ersten Jahr mit Blaukorn und damit mit Nitrat.

Eine Vitalitätsansprache der Sträucher lässt zwar keinen Befall von Krankheitserregern vermuten, jedoch sind in der vergangenen Zeit mehrere Sträucher von Hasen verbissen worden. Auch Probleme mit Vögeln an reifen Beeren stellten eine Herausforderung dar, die mit einem akustischen Vogelschreck vorerst gemeistert wurde.

3.6.1 Düngung

Von den 16 allgemein für das Pflanzenwachstum notwendigen Nährelementen (BÜCHELE 2020) sind Stickstoff, Kalium und Phosphor am bedeutendsten für das Wachstum der Kulturheidelbeere (PRITTS ET AL. 1992 S.99). Bei der Düngung der Sträucher können schwerwiegende Fehler gemacht werden, die zu einem Leistungsverlust der Kulturheidelbeeren führen (HEERMANN 1977). In polnischen Versuchen mit verschiedenen Düngerkompositionen (CaNPK, NPK, PK, KN) waren die stärksten Erträge von jenen Sträuchern zu erwarten, die mit NPK gedüngt worden waren. Der Effekt von Calcium war ertragsschmälernd (SMOLARZ UND CHLEBOWSKA 2002). Den wichtigsten Effekt scheint das Nährelement Stickstoff auf die Pflanzen auszuüben. Eine unbedingt ausreichende Versorgung damit beschreibt auch (LIEBSTER 1961 S.143). Die Zugabe von Stickstoff sollte keinesfalls in Form von Nitrat erfolgen, sondern als Ammonium (HART 2006). HEERMANN, einer der Begründer des Blaubeeranbaus in Deutschland, betont die Wichtigkeit einer präzisen und nicht übermäßigen Zugabe von Stickstoff (HEERMANN 1977). Die Zugabe kann sowohl in mineralischer Form wie auch als organischer Dünger geschehen. Dabei spielen Stallmist, Sägemehl oder ähnliche eine besondere Rolle. Die organischen Dünger erhöhen gleichzeitig den Humusanteil im bestellten Boden. Dieser Faktor wird als wichtig beschrieben für ein ausreichendes Gedeihen der Sträucher (LIEBSTER 1961 S.54). Außerdem können diese Zugaben als Mulch wirken und so eine Überhandnahme von Beikräutern und eine verstärkte Transpiration durch Kapillareffekte mindern. Es bleibt aber zu beachten, dass organische Düngungen ebenfalls zu einer signifikanten Erhöhung des pH-Wertes beitragen können und damit zu Vitalitäts- und Ernteeinbußen (STRIK ET AL. 2017). Auch ist der Gehalt von Salz in tierischem Dünger zu beachten, dieser kann nicht unerheblich ausfallen und die Sträucher schädigen (SULLIVAN 2014). Wird zu viel gedüngt, kann es zu Ernteaussfällen in den zwei darauffolgenden Jahren kommen; Pflanzen mit mäßiger oder geringer Gabe haben im Dreijahresvergleich einen höheren Ertrag (SMOLARZ UND CHLEBOWSKA 2002). Dies liegt daran, dass bei verstärkter Düngung mit Stickstoff die Triebe zu lange in den beginnenden Winter hinein wachsen und nicht ausreichend Zeit haben, um zu verholzen. Anschließend erfrieren die neu gewachsenen Triebe. Im ersten Jahr wird von einer Düngung abgeraten (HART 2006), sie würde keinen positiven Effekt auf das Wachstum darstellen. Eine geringe Gabe kann aber das Anwachsen der

Pflanzen sichern. HART empfiehlt für das zweite Jahr eine Gabe von 0,7 oz pro Pflanze, was 19,85 g entspricht. Die Gabe sollte in drei Schritten erfolgen.

3.6.2 Schnitt

Um über einen längeren Zeitraum gute Erträge zu liefern, ist ein Pflanzenschnitt unabdingbar. In den ersten Jahren nach der Begründung sollte auf einen Schnitt verzichtet werden und nur kranke und abgestorbene Teile entfernt werden. Auch besteht die Möglichkeit, die Blütenknospen zu entfernen um eine stärkere Allokation von Nährstoffen hin zu einem gesunden Anwachsen zu fördern (LIEBSTER 1961 S.158). LIEBSTER & SCHIMMELPFENG beschreiben 1977 den Schnittaufwand für die ersten drei Jahre mit einer Minute pro Busch und für die Jahre danach mit zehn Minuten pro Strauch (LIEBSTER UND SCHIMMELPFENG 1977). Bei einem Stundenlohn von 10 € entspricht dieser Wert in den ersten Jahren bei 3200 noch existenten Pflanzen 533,33 € und bei einer Arbeitszeit von zehn Minuten je Strauch 5.333,33 €. Entfernt werden sollten kranke und abgestorbene Äste, Zweige, die in die Wege hineinreichen, Strauchpartien, die auf den Boden reichen, da die dort entstehenden Früchte verstärkt mit Bodenpartien verunreinigt sind und beim Pflücken einen Mehraufwand bedeuten. Empfohlen wird ein Verjüngungsschnitt, bei welchem die alten Äste auf den Boden zurückgeschnitten werden, um dem Strauch Neuaustriebe von kräftigen jungen Zweigen zu ermöglichen (DIERKING 1977). Dies ist erforderlich, da die Pflanzen größtenteils an einjährigen Zweigen Blüten bilden. Schnitte sollten immer in der Nähe eines anderen Triebes erfolgen, um zu vermeiden, dass Stummel zurückbleiben, die eine potenzielle Infektionsgefahr darstellen (PRITTS ET AL. 1992S.37). Bei der Frage nach der Intensität des Schnittes gilt es mehrere Resultate zu beachten. Ohne jeglichen Schnitt sinkt der Kiloertrag bereits im darauffolgenden Jahr, da zwar vermehrt Früchte gebildet werden, sie aber kleiner sind und langsamer reifen. So tragen stark geschnittene Pflanzen über einen Zeitraum von fünf Jahren am meisten Ertrag im Vergleich zu schwach geschnittenen, jedoch sind in den ersten beiden Jahren nach dem Schnitt die mäßig beschnittenen Sträucher produktiver (SMOLARZ UND CHLEBOWSKA 2002).

Bei einem starken Schnitt reagiert die Pflanze laut LIEBSTER 1961 mit einem „starken Trieb und kräftige[m] Holz“, „Spätere[m] Blühbeginn“, „Größere[n] Einzelbeeren“, „Frühere[r] Fruchtreife“ und einer „Geringere[n] Gesamternte“. Bei einem schwachen Schnitt sind ein „Schwacher Trieb und dünnes Holz“, „Früherer Blühbeginn“, „Kleinere Einzelbeeren“, „Spätere Fruchtreife“ und eine „Größere Gesamternte“ zu beobachten (LIEBSTER 1961 S.158). Diese Beobachtungen decken sich mit den Ergebnissen von (JANSEN 1997). In seinem Werk empfiehlt LIEBSTER daher einen mäßigen Schnitt als Mittelweg. So sollten am Ende des Schnittvorganges noch circa sechs bis acht gut aussehende Zweige pro Strauch über bleiben. Geschnitten wird über die Wintermonate mit einer handelsüblichen Obstscherre (LIEBSTER 1961 S.166). Der Schnitt der Sträucher dient aber nicht nur direkt einer Steigerung des Ertrages, sondern hilft auch die Pflanze gesund zu halten. Durch das Ausdünnen des Strauches gelangen Licht und Luft an die Innenpartien und helfen dabei diese Teile trocken und gesund zu halten (PRITTS ET AL. 1992 S.37).

3.6.3 Ernte

Seit den 1970er Jahren kommen zumindest in Plantagen in Nordamerika verstärkt maschinelle Erntemethoden zum Einsatz, die durch Vibration und Schütteln die Beeren von den Sträuchern lösen (ECK 1977). Die Angaben zu den zu erwartenden Mengen je Strauch variieren je nach Quellenangabe und reichen von 7 kg bis zu 25 kg (HEERMANN 1977) oder auch von 2,5 kg bis 5 kg (LIEBSTER 1961 S.198). Es gibt aber weiterhin Bedenken bezüglich der Qualität der Beeren nach einer maschinellen Ernte, da befürchtet wird, diese könnten dadurch Schaden nehmen und wären für den Frischverkauf nicht mehr tauglich (GALLARDO ET AL. 2018).

Nachteil und Vorteil zugleich ist das Reifen der Früchte über einen langen Zeitraum von bis zu fünf Wochen an je einem Strauch (LIEBSTER 1961 S.189). Es ermöglicht einerseits eine Abgabe der Früchte über einen längeren Zeitraum hinweg, andererseits erschwert es den Pflückern die Arbeit, da ein Strauch nicht auf einmal beerntet werden kann. In Nordamerika wurde noch in den 1970er Jahren mit fünf Arbeitskräften zu Beginn der Ernteperiode für 2222 Pflanzen/Hektar gerechnet und zur Haupterntezeit mit 15-20 Arbeitskräften. Diese pflücken zwischen 30 und 100 kg Beeren an einem Arbeitstag. Die Sträucher liefern in den ersten beiden Jahren niedrige Erträge und ab dem dritten Jahr steigende Fruchtzahlen.

„Im 3. Jahr: 450-900 kg/ha [2222 Pflanzen], im 4. Jahr: 1550-2250 kg/ha, 6. Jahr: 5000-7000 kg/ha“ (LIEBSTER 1961 S.198).

Während des Erntevorgangs sollte darauf geachtet werden, nur reife Früchte zu pflücken und dabei einen typischen Pflückvorgang zu vermeiden, sondern eher mit einer Art Rollen die Beeren von der Pflanze zu trennen. Empfehlenswert ist das direkte Platzieren in für den Verkauf bestimmte Aufbewahrungsbehältnisse, da die leicht zu beschädigenden Beeren so nicht mehr verladen werden müssen, wodurch sie weiteren Beschädigungen ausgesetzt wären (PRITTS ET AL. 1992 S.146).

3.6.4 Vitalität

Die Angaben zur Vitalität unterteilen sich einmal in die Krankheiten durch Pilze, Bakterien und Viren sowie in die Mangelerscheinungen durch fehlende Nährstoffe, Frost und ähnliches. Die wichtigsten Pilzerreger sind: *Phytophthora cinnamoni* Rands., *Botrytis cinerea*, *Monilinia vaccinycorymbosi* Honey. und *Diaporthe vaccinii* Shear. Die bedeutendste Bakterienerkrankung ist *Agrobacterium tumefaciens* Conn. Die meisten dieser Erkrankungen können durch sachgemäße Bewirtschaftung vermieden werden, indem etwa Schneidewerkzeuge desinfiziert werden, Überdüngung vermieden, Drainage ermöglicht und Staunässe vermieden wird, sowie durch Zurückschneiden befallener Äste und Sträucher und anschließendes Entsorgen der Abfälle. Zusätzlich helfen bei den meisten der Pilzkrankheiten Fungizide (CARUSO 1995 S.7ff.). Mangelerscheinungen sind abgesehen vom Nährelement Stickstoff selten zu beobachten. Phosphor- und Schwefelmangel sind gar nur aus Experimenten bekannt. Eine Gefahr stellt eine Kontamination mit Salz dar, das durch zu starke Düngungen oder falscher Bewässerung auf die Fläche gelangt, dies führt zu Nekrosen an den Blättern (CARUSO 1995 S.67).

Limitierende Faktoren in der Erntemenge können niedrige Temperaturen während des Winters, aber auch während der Vegetationsperiode sein. Die Sorte „Duke“ scheint hierbei besonders anfällig zu sein, wenngleich der Anbau auch bei sehr tiefen Temperaturen noch möglich ist (STERNE ET AL. 2011). Die Sträucher zeigen jedoch nicht nur eine hohe Beständigkeit gegen Winterfrost, sondern ebenfalls

gegen Hitzewellen im Sommer. So wurden Schäden an wachsenden und reifen Beeren erst ab Hitzeperioden jenseits der 35 °C nachgewiesen (YANG ET AL. 2019). Die Höchstschwelle für das schadfreie Überstehen einer Hitzeperiode ist hierbei für die bereits reifen Beeren höher als bei grünen, da sich mit dem Reifeprozess eine Wachsschicht um die Beeren bildet. So wird empfohlen die Flächen mit künstlicher Bewässerung ab einer Temperatur von 32 °C im grünen Zustand und später ab 35 °C zu kühlen (YANG ET AL. 2019).

Zusätzlich stellen, zumindest in Nordamerika, wissenschaftlich dokumentierte Probleme mit Wildtieren und Insekten Hürden im Blaubeeranbau dar. So schildern Landwirte Schäden durch Vögel, Hirsche und Wühlmäuse an ihren Pflanzen (STRIK 2006). Wobei der Insekten- und Vogelbefall sich hauptsächlich auf die Beeren konzentrieren dürfte und Säugetiere vornehmlich die Pflanzen selbst schädigen. Dennoch sind auch Schäden an Beeren durch Rehe und Hirsche bekannt. Möglichkeiten der Prävention sind Netze, die einen hohen finanziellen Input fordern oder akustische Geräte, wobei die Vögel hierbei dazu neigen, sich an die neue akustische Umgebung zu gewöhnen. (PRITTS ET AL. 1992 S.42).

3.6.5 Sonstiges

Eine Selbstbefruchtung oder ein Anbau nur einer Sorte führen zu keinen zufriedenstellenden Ergebnissen in der Fruchtqualität und Größe. Eine Bestäubung muss daher zwingend mit einer zweiten Sorte erfolgen. Als Bestäuber kommen verstärkt Hummeln in Frage, für Honigbienen ist der Nektar bei vielen Sorten nicht erreichbar. Wildbienen spielen ebenfalls eine Rolle bei der Bestäubung, da sie schmäler sind als ihre Zuchtverwandten (LIEBSTER 1961 S.126).

Es wird ebenfalls empfohlen, dass auf Freiflächen für einen ausreichenden Windschutz gesorgt wird, da die reifen Beeren sehr leicht von den Stielen zu trennen sind und so bei Wind vermehrt herabfallen. LIEBSTER empfiehlt hierfür 1961 den Anbau von Windschutzhecken zum Schutz der Kultur (S.49).

Die Notwendigkeit einer Kontrolle von Bei- und Unkräutern steht außer Frage, allerdings kann es nützlich sein, im Spätsommer auf eine Beseitigung zu verzichten, da diese Pflanzen dem Boden überschüssigen Stickstoff entziehen und somit den Sträuchern dabei helfen sich früh genug auf den Winter vorzubereiten (PRITTS ET AL. 1992 S.98).

4 Diskussion

4.1 Methodendiskussion

Die Auswahl der methodischen Herangehensweise wird größtenteils positiv reflektiert. Die Lichtmessungen, das Vorgehen bei der finanziellen Betrachtung der einzelnen Betriebszweige und die Beschreibung der Fläche mit digitalen Fernerkundungsmethoden haben zufriedenstellend funktioniert. Dennoch gibt es im methodischen Bereich dieser Arbeit Verbesserungspotenzial. Als nachteilig wird das junge Alter der Sträucher betrachtet. Eine Wiederholungsarbeit oder vergleichbare Untersuchung sollte an älteren Sträuchern vorgenommen werden, die bereits volle Erträge liefern.

4.1.1 Boden pH-Messungen

Für die Messungen des pH-Wertes im Boden wurden die Proben mit einfachsten Mitteln bearbeitet. Eine Vermengung im Verhältnis 1:1 mit destilliertem Wasser und eine anschließende Messung mit einem elektronischen Messgerät haben zwar Ergebnisse geliefert, die durchaus plausibel sind, jedoch steht außer Frage, dass eine Messung in einem Labor, von fachkundigem Personal durchgeführt, präzisere Ergebnisse geliefert hätte und auch Parameter wie den Humusgehalt im Boden hätte berücksichtigen können. Hier sollte bei einer Wiederholung des Versuches der Fokus darauf gelegt werden, die Messungen im pH-Bereich professioneller durchzuführen.

4.1.2 Laserscan der Fläche

Der dem Laserscan zugrundeliegende Antrieb für die Aufnahme war die Erhebung von forstlichen Inventurdaten. Diese können mit dieser relativ neuen Methode aufgenommen werden oder klassisch im Feld mit analogen Methoden. Für diese Arbeit allein und ohne Vorkenntnisse in dieser Methodik wäre ein klassischer Ansatz vermutlich geschickter gewesen. Dieser ist bei einem reibungslosen Ablauf des Laserscans zeitintensiver. Bei mehrmaligen Wiederholungen aufgrund mangelnder Vorkenntnisse jedoch schneller zu bewältigen. Die Aufnahme mit dem Scanner war erst im dritten Anlauf erfolgreich und die Verarbeitung der Daten hat ein Vielfaches der Zeit gebraucht, die für eine Aufnahme im Feld nötig gewesen wäre. Grundsätzlich liefert der Scan Bilder, die ohne ihn nicht möglich gewesen wären und veranschaulicht die Struktur des Bestandes sehr eindrücklich. Allerdings war das nicht das Ziel dieses Bearbeitungsschrittes. Verstärkend kommt hinzu, dass durch den offenen Charakter der Fläche und das vermehrte Vorkommen von Beikräutern für einige der verwendeten Algorithmen die Bodenvegetation nicht als solche erkennbar war, sondern als Baum registriert wurde. Dies hatte zur Folge, dass ein erheblicher Mehraufwand in der Bearbeitung nötig wurde. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Ergebnisse einer Datenprozessierung von Lidardaten zwar erstaunliche Ergebnisse auch in ihrer Vielseitigkeit liefert, jedoch für Anfänger, die nicht planen, diese Methode vermehrt anzuwenden, nicht geeignet ist. Die Resultate rechtfertigen in diesem Fall nicht den hohen Einarbeitungsaufwand.

4.2 Einflüsse der Flächegegebenheiten

Die ausgewerteten Wetterdaten sind zwar nicht statistisch untersucht worden, da sie lediglich für eine Einordnung der Fläche vonnöten waren, allerdings lässt sich aus diesen ein Trend hin zu höheren Temperaturen und weniger Niederschlag ableiten. Auch wenn beide Parameter noch keinen negativen Einfluss auf den Anbau der Sträucher zeigen, muss man davon ausgehen, dass schwerwiegende Trockenjahre auch in der Zukunft möglich sein werden und dies dazu führen kann, dass eine Form der künstlichen Bewässerung notwendig wird.

Die beiden auf dieser Fläche gepflanzten Blaubeersorten „Duke“ und „Aurora“ wurden in einem direkten Vergleich 2017 in Oregon verglichen. Die Sorte „Duke“ ist eine frühtragende Sorte, während „Aurora“ spät reifende Früchte hervorbringt (STRIK ET AL. 2014). Eben dieser Faktor begünstigt die Marktsituation des Bewirtschafters, da er sich so im Stande sieht, den üblicherweise stark saisonbedingten Preisschwankungen in Verkauf der Beeren auszugleichen. Die gepflanzten Sträucher sind größtenteils vital, dennoch sind Verluste von knapp 20 % zu beklagen. Dieser Verlust führt rein rechnerisch auch zu einem Rückgang der Erntemenge von 20 % und damit zu finanziellen Einbußen. Es liegt im ureigenen Interesse eines jeden Bewirtschafters, diese Ausfälle möglichst gering zu halten. Ist dies nur mit noch höheren Kosten wie etwa der Installation von Bewässerungssystemen erreichbar, muss abgewägt werden, ob sich diese Investition lohnt.

Die Entwicklung des Beschirmungsgrades (vgl. Abbildung 7) zeigt die Entwicklung des Bestandes von einem größtenteils geschlossenen Charakter hinzu einer Fläche, die den Blaubeeranbau erst ermöglicht. Durch verstärkte Eingriffe und Astungsmaßnahmen war es möglich, den Beschirmungsgrad auf ein Minimum zu reduzieren. Die Bäume beginnen sich nun zu erholen und der Beschirmungsgrad steigt erneut. Dieser Prozess stellt den Bewirtschaftler vor die Wahl zweier Maßnahmen: die Entnahme von weiteren Bäumen oder den Stopp der Blaubeerkultivierung unter diesem Schirm. Der Anbau von größtenteils den pH-Wert senkenden Koniferenarten wie Lärche und Douglasie begünstigt mit großer Wahrscheinlichkeit die Vitalität der Blaubeersträucher. Die Lärche mit ihrer Fähigkeit zum Laubabwurf in den Wintermonaten kann hier noch einen zusätzlichen Beitrag dazu liefern, da sie den Sträuchern die Gelegenheit gibt, im Frühjahr mehr Licht einzufangen und damit einen guten Start in die Vegetationsperiode liefert. Bei der Wahl der Laubbaumarten muss ein weiteres Monitoring der Bodensituation Klarheit über den weiteren Verlauf der Entwicklung im Oberboden liefern. Die Lichtverfügbarkeit auf der Fläche wird maßgeblich dadurch beschränkt, dass im Süden ein Waldbestand Teile der Fläche beschattet. Die Form der Bäume hat also einen Einfluss auf die Lichtverfügbarkeit, da sie am Nordrand steigt. In einem neu angelegten Agroforstsystem mit Kulturheidelbeeren und hoch geasteten Bäumen zur Wertholzproduktion muss also darauf geachtet werden, dass eine Freifläche, die nicht bereits von Wald umgeben ist, neu bepflanzt wird und damit flächig eine hohe Intensität an Licht den Boden erreicht. Außerdem sollte beachtet werden, dass die Europäische Union für Agroforstflächen eine Höchstzahl von 100 Bäumen je Hektar festgelegt hat, die in ein bestehendes landwirtschaftliches System gepflanzt werden dürfen (EUROPÄISCHE UNION 2014).

4.3 Ökonomische Aspekte

4.3.1 Betriebszweig Wald

Zusätzlich zu den Erträgen der Blaubeerkultur sollten auch die nicht unerheblich zu erwartenden Erträge der holzigen Komponenten betrachtet werden.

Gerade der Aspekt der starken Astung bereits im jungen Alter und kontinuierlich fortgeführt lässt erhöhte Erträge erwarten, sollte die Stabilität der Individuen dabei nicht zu einem Ausfall der Bäume führen. Für die Lärchen können zusätzliche Preise von durchschnittlich 108 €/Fm, verglichen mit ungeastetem Holz, bei Astungshöhen von über 6 m erwartet werden (BEINHOFER UND KNOKE 2009). Die Autoren BEINHOFER UND KNOKE erwarten eine positive Annuität bis zu einem angenommenen Zinssatz von 3 %. Da auf der für diese Arbeit beschriebenen Fläche die Astungen in Eigenarbeit übernommen wurden, entfallen Rechnungen von Auftragnehmern und die Kosten tendieren gegen null, da lediglich der Materialeinsatz zu werten ist und das Material mehrfach genutzt werden kann. Dennoch wurden diese beiden Szenarien berechnet, um auch hier eine gewisse Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Es zeigt sich, dass in den für die Untersuchung von BEINHOFER UND KNOKE begleiteten Beständen die Annuitäten mit fast 100 €/ha für die Douglasie und einer Astungshöhe von 6 m und bei selbiger Baumart bei einer Höhe von 12 m und der jährlichen Rente von knapp unter 20 € die Werte klar unter den hier untersuchten Werten liegen. Jedoch entfallen hier die von BEINHOFER UND KNOKE angegebenen 30 % Aufschlag für Verwaltungsaufgaben wie das Auszeichnen geeigneter Bäume oder die Unterhaltung des laufenden Betriebes, da hier jeder einzelne Baum geastet wurde und dies in der Freizeit des Landwirtes durchgeführt wurde. Die Lärche, ebenfalls bei einem Zinssatz von 1 %, erwirtschaftet eine jährliche Rendite von knapp 70 €/ha. Der Zinssatz von 1 % sollte Ergebnisse liefern, deren Werte über jenen der hier unterstellten Szenarien mit 1,5, 2,0 und 3,0 % liegen, da der Wert des Geldes hier höher vermutet wird. Jedoch selbst bei den weiteren Zinssätzen von 2,0 und 3,0 % bleiben die untersuchten Bestände unter den Möglichkeiten der hier betrachteten Fläche. Auch dieser Wert bleibt unter jenen der für diese Fläche ermittelten Geldflüsse. Die Differenzen liegen möglicherweise an den kalkulierten Verwaltungskosten, jedoch ist auch ein verstärkter Wuchs von freistehenden Bäumen denkbar, die in diesem Agroforstsystem für ein Ausbleiben von Konkurrenzsituationen sorgen könnten und somit den einzelnen Bäumen ein stärkeres Volumenwachstum ermöglichen (PRETZSCH 2019 S.26). Vergleicht man den hier untersuchten Bestand mit Annuitäten von ungeasteten Reinbeständen, so ergibt sich ein anderes Bild. Für die Lärche werden 273 € und für die Douglasie 353 € bei einem Zins von 1 % erwirtschaftet. Bei einer 2 %igen Verzinsung sinken die Annuitäten auf 187 € bei der Lärche und 246 € bei der Douglasie. Die Werte für den Mischbestand, der mit Blaubeeren unterpflanzt wurde, liegen nur marginal über jenen der Douglasie. Die Lärche liegt weiter darunter (CLASEN UND KNOKE 2013). Ein Faktor, der dazu führen wird, dass auch in dem hier untersuchten Bestand die Annuitäten weiter sinken werden, ist das Abflachen von Zuwachskurven im höheren Alter (PRETZSCH 2019 S.129). Zum Zeitpunkt der Annuitätenermittlung ist der Bestand 40 beziehungsweise 50 Jahre alt. Die Bäume werden also noch eine nicht unerhebliche Zeit im Bestand verbringen und dabei wird sich das Zuwachsverhalten verändern. Die von BEINHOFER UND KNOKE oder CLASEN UND KNOKE betrachtenden Wälder sind über die gesamte Umtriebszeit betrachtet worden und berücksichtigen somit diesen Faktor. Der letzte Punkt, der bei der Betrachtung dieser Ergebnisse wichtig ist, wird durch den Astungszeitpunkt definiert. Den vollen Wert als geastetes Holz entfalten die Stämme erst zu einem späteren Zeitpunkt, da der Anteil an astfreiem Holz zum Zeitpunkt der Astung bei 0 % liegt (WELLER

2019). Auch BEINHOFER 2009 stellt fest, dass sehr locker gepflanzte Nadelholzbestände mit dem Ziel der Wertholzproduktion den dichter gepflanzten Beständen, in welchen die Z-Bäume geastet werden, finanziell überlegen sind, da ein Großteil der Kulturbegründungskosten entfallen (BEINHOFER 2009). Ein Blick auf die Zuwachswerte offenbart ein anderes Bild. Mit 4,55 Vfm/Jahr/ha liegt der hier untersuchte Bestand für das Alter 40-50 weit unter den entsprechenden Werten aus den Ertragstabeln. Allein die Tanne wächst hier mindestens 17 Vfm/Jahr/ha (HAUSSER 2018) zu. Douglasie und Lärche liegen mit knapp 20 und 10 Vfm/Jahr/ha deutlich darüber (SCHOBER 2018a, 2018b). Berücksichtigt werden sollte auch der Faktor Zaunbau. Da dieser für beide Kulturen, Wald- wie Gartenbau, notwendig erscheint, kann dieser Kostenpunkt geteilt wahrgenommen werden, beziehungsweise dem Betriebszweig hinzugerechnet werden, der zuerst begründet wird.

4.3.2 Betriebszweig Blaubeere

In groß angelegten Plantagen betragen die Kulturkosten für ein Kilo Kulturheidelbeeren inklusive des Schnitts, der Düngung und des Spritzmitteleinsatzes 0,71 €/Kg. Die Gesamtproduktionskosten betragen mit dem Verpackungsvorgang und den Erntekosten als größter Kostenpunkt 4,23 €/kg (GÖRGENS UND VOGELER 2016). Nachdem die Beschäftigungskosten seit 2016 gestiegen sind, werden diese im Jahr 2021 bereits höher ausfallen.

In diesem Fall wurde ohne Erntekosten gerechnet, da die Menge von 60 kg in Eigenregie gepflückt werden kann. Die Erlöse aus dem Verkauf der Beeren fallen für das Jahr 2021 jedoch so niedrig aus, dass nicht einmal die laufenden Kosten davon gedeckt werden. Bei jährlichen Ausgaben in Höhe von 1.455,52 € müssten bei einem Erlös über Direktvermarktung von je 10 €/kg 145,55 kg Beeren verkauft werden. Bei größeren Mengen kämen noch Löhne für Pflückkräfte hinzu, die, wie bereits beschrieben, bei 4,23 €/kg inklusive Verpackungsaufwendungen liegen. Der Nettogewinn eines Kilos sinkt so auf 5,77 €/kg und damit wäre bereits eine Menge von 252,26 kg nötig, um die laufenden Kosten zu decken. Bei 3200 Sträuchern entspricht dies lediglich 0,079 kg pro Strauch. Eine durchaus realistische Menge, wenn man das Steigerungspotenzial der alternden Kulturheidelbeeren betrachtet. Bereits unter den Probesträuchern sind einige Pflanzen, die über diesem Wert liegen. Da keine dieser Pflanzen von der Sorte „Duke“ ist, sondern es sich bei diesen lediglich um Sträucher aus der Gruppe „Sonstige“ oder „Aurora“ handelt, wird empfohlen, verstärkt auf die Sorte „Aurora“ und besonders wüchsige aus der Gruppe „Sonstige“ zu setzen.

Im Jahr 2021 hätte selbst der kalkulierte Ertrag ohne den Verlust der Beeren durch Wildtiere nicht für eine Deckung der laufenden Kosten gesorgt.

Die so zusammengetragenen Erkenntnisse führen zu einer eingeschränkten Annahme von Hypothese H3. Zwar übersteigen die Annuitäten der Waldbewirtschaftung die einer üblichen Waldwirtschaft, dies wäre jedoch auch ohne den Betriebszweig Blaubeere erreichbar. Der zusätzliche Gewinn aus der Sparte Strauchbeerenobst bleibt bisher aus und liegt im negativen Bereich. Zwar sind positive Rückflüsse erwartbar, da die Erntemenge mit zunehmendem Alter der Sträucher noch steigen wird, jedoch sind diese bisher noch nicht erreicht. Eine Neuaufnahme der ökonomischen Aspekte in einer Folgeuntersuchung kann hier für Klarheit sorgen.

4.4 Risiken in der Blaubeerbewirtschaftung

Das Jahr 2021, und damit das Jahr der Durchführung dieser Arbeit, war geprägt von einigen Rückschlägen. In diesem Kapitel sollen die Probleme benannt und Rückschlüsse auf eine erfolgreiche Bewirtschaftung mit Kulturheidelbeeren geschlossen werden. Durch eine geringere als die antizipierte Ernte für dieses Jahr fallen auch die Erlöse aus diesem Betriebszweig geringer aus. Da die Erntemenge pro Strauch jedoch in den ersten Jahren der Bewirtschaftung noch signifikant geringer ist, bleibt vor allem die Vitalität der Sträucher entscheidend, um die Kultur rentabel zu machen.

4.4.1 Biotische Faktoren

Noch vor Abschluss der Ernte wurde ein nicht unerheblicher Teil der Beeren über Nacht von Vögeln gefressen, obwohl mit audiogestützten Schrecksystemen gegen diese Gefahr gearbeitet wurde. Insgesamt drei stationäre Geräte produzierten im Abstand von 30 Sekunden Geräusche, die Vögel von der Fläche fern halten sollten. Jedoch ist bekannt, dass sich Tiere und Vögel im speziellen an die Geräuschkulisse gewöhnen und nach einiger Zeit nicht mehr als Gefahr wahrnehmen (PRITTS ET AL. 1992 S.42). Andere Methoden zum Schutz der Früchte sind visuelle Methoden, die jedoch verstärkt gegen Vögel in Gruppen wirken und einzelne Exemplare weniger stark verschrecken. Fallen, chemische Mittel und Netze sind weitere Möglichkeiten, um die Beeren vor Fraß zu schützen. Netze haben den Nachteil, dass sich oftmals Tiere darin verfangen. Fallen erfordern eine ständige Kontrolle, um Tiere womöglich wieder freizulassen und chemische Mittel sollten nur als letztes Mittel der Wahl in Betracht gezogen werden, da sie auf den Früchten verbleiben und ein Risiko für den Konsumenten darstellen könnten. In diesem konkreten Fall sollte auf eine Mischung gesetzt werden. Die audiogestützten Schrecksysteme sollten auf der Fläche verbleiben, bis geklärt ist, ob sich alle Vogelarten daran gewöhnen oder zumindest einzelne Spezies davon ferngehalten werden.

Netze beschreiben eine kostenintensive Schutzmethode, die jedoch hochwirksam ist. Ein Ausbringen kurz vor dem Reifezeitpunkt einer einzelnen Sorte kann die Anschaffungskosten reduzieren, da die hier vermehrt angebauten Sorten „Aurora“ und „Duke“ im Erntezeitpunkt bis zu fünf Wochen auseinander liegen. So müsste nur die Hälfte der Netze beschafft werden. Für die Ernte ist ein Abbau der Netze ohnehin erforderlich.

Ein Nachteil des Anbausystems ist sicherlich das zeitgleiche Vorkommen von Waldbäumen auf derselben Fläche, da diese Rückzugsorte für die Vögel bieten, von wo aus sie die Vorgänge genau beobachten können. Dies lässt sich weniger leicht beheben.

4.4.2 Abiotische Faktoren

Im Jahr 2021 machte vor allem die Witterung den Sträuchern zu schaffen. Zwar war der Behang nach der Blüte vielversprechend, allerdings verzögerte sich die Ernte der Beeren bis in den Herbst, nachdem im Sommer lange Hitzeperioden ausblieben und stattdessen vermehrt kältere und nassere Tage eine Reife der Blaubeeren verzögerten. Abiotische Faktoren wie das Mikroklima oder die Beschattung können über geschickte Planung einer Fläche gesteuert werden. Die Temperatur oder auch übermäßig viele kalte Tage im Sommer liegen außerhalb des Steuerungsbereichs eines Landwirtes.

4.5 Boden

Blaubeerpflanzen des Typus „Highbush“ stellen im Vergleich zu traditionell genutzten landwirtschaftliche Pflanzen einige besondere Ansprüche an den Bodenzustand. In der einschlägigen Literatur wird ein besonders niedriger Boden-pH-Wert genannt. Optimalerweise liegt dieser zwischen 4,5 und 5,5 (HART 2006) oder zwischen 4,0-5,0 (JIANG ET AL. 2019). Eine Studie aus Neuseeland legt nahe, dass auf Böden mit hohem Anteil an organischem Material der pH-Wert bei 4,0-5,0 liegen sollte und bei mineralischen Böden wegen des erhöhten Vorkommens und der Toxizität von Aluminium und Mangan die pH-Werte leicht darüber bei 5,0-5,5 liegen sollten (HAYES 1988). Das Wachstum auf solchen Sonderstandorten, die in natürlichen Beständen auf Torfböden oder am Rande von Mooren wachsen, wird durch ericioide Mykorrhizierung erreicht (CAIRNEY UND MEHARG 2003). Diese besondere Gruppe der Mykorrhiza Pilze schafft es, der Pflanze in sehr sauren Milieus und Schwermetallbelastenden Böden ein gesundes Wachstum zu ermöglichen.

Alle für diese Arbeit gemessenen Werte liegen nach dem bisherigen Stand des Wissens in der Forschung in einem für die Kulturheidelbeere günstigen Bereich. Sie decken sich mit den Angaben von JIANG ET AL., 2019 und HAYES, 1988, der diesen Bereich für den hier vorliegenden Boden mit hohen Anteilen an organischen Substanzen beschreibt.

Mit zu hohen pH-Werten im Boden sinkt die Vitalität und die Biomasseproduktion von Blaubeerpflanzen, die Blütenzahl nimmt ab und die Ernte geht zurück (JIANG ET AL. 2019). Daher ist es besonders wichtig, das Niveau konstant zu halten. Nicht selten wird im Blaubeeranbau zusätzlich gedüngt, um den Nährstoffhaushalt und das Bodenmilieu konstant zu halten (HART 2006). Der Zustand des Stickstoffangebotes sollte dabei Untersuchungen zufolge zwischen Juli und August bestimmt werden, da hier die Konzentrationsschwankung am geringsten ist. Für die Beschreibung des pH-Wertes eignen sich am besten Bodenproben, die vor der Bepflanzung bereits ein gutes Bild darüber liefern, inwieweit der Säuregehalt des Bodens mit den Bedürfnissen der Pflanzen übereinstimmen. Üblicherweise wird die Senkung des pH-Wertes über elementaren Schwefel erreicht (HART 2006). Hierbei kann dieses Agroforstsystem seine Stärke ausspielen, indem dieser Wert über natürliche Prozesse erreicht wird. Auch holzige Elemente wie Rinde oder Sägemehl eignen sich für geringfügige Anpassungen. Die Stickstoffzugabe erfolgt mit Ammonium (NH_4), da die Mykorrhizierung auf diese Form von Stickstoff spezialisiert ist. Diese Erfahrung wurde auch auf der hier untersuchten Fläche gemacht, als zu Beginn der Begründung vergeblich versucht wurde, mit Blaukorn und damit Nitrat zu düngen. Eine Zugabe in Form von Nitrat (NO_3) kann zu vermindertem Wachstum führen, da die Pflanze dieses nicht oder nur schlecht aufnehmen kann (LIEBSTER 1961). Die Stickstoffzugabe sollte während der frühen Vegetationsperiode geschehen. Eine zu späte Düngung führt zu verstärktem Wachstum im späten Herbst und die noch anfälligen jungen Triebe erfahren oft Frost- oder Winterschäden (CARUSO 1995 S.65). Mangelerscheinungen sind im Feld nur bezüglich des Stickstoff-, Eisen- und Mangangehaltes bekannt (CARUSO 1995 S.65f.). Letztere sind verstärkt bei zu hohen pH-Werten zu beobachten, spielen aber bisher keinerlei Rolle.

In einer polnischen Langzeitstudie, in der der Einfluss von verschiedenen Baumarten auf Bodenparameter untersucht wurde, sind einige Baumarten vertreten, die auch auf der hier untersuchten Fläche vorhanden sind. Der Ausgangsbestand aus Waldkiefern (*Pinus sylvestris*) wurde hier durch kleine Parzellen von 14 verschiedenen Baumarten ersetzt, wobei der pH-Wert zu diesem Zeitpunkt im A-Horizont bei 4,3 lag. Der Boden wird als lehmiger Sand beschrieben. Bereits nach 30 Jahren sind Unterschiede erkennbar gewesen. Der pH-Wert im Oberboden hat sich nur bei 4 der

Baumarten erhöht, darunter die Rotbuche, Winterlinde und die zwei Ahornarten Berg- und Spitzahorn. Für die Baumarten Lärche, Tanne, Stieleiche, Roteiche und Hängebirke liegt der Aziditätswert niedriger als der Ausgangswert (REICH 2005). Alle hier gemessenen Daten beschreiben ein Bodenumfeld im A-Horizont, das für das Wachstum der Kulturheidelbeere günstig ist. Im O-Horizont hingegen liegen nicht alle Baumarten in einem für die Blaubeersträucher verträglichen Bereich (HART 2006), (JIANG ET AL. 2019). Die Autoren der Studie (REICH 2005) schließen aus ihren Ergebnissen, dass vor allem der Ca-Gehalt der Streu maßgeblich für den Säuregehalt im Boden verantwortlich ist. So kann also über diesen Parameter bereits bei der Pflanzung neuer Baumarten abgeschätzt werden, ob sie eine für das hier vorgestellte Agroforstsystem, nützliche Erweiterung darstellen, wenn der pH-Wert im Boden in eine bestimmte Richtung angepasst werden soll. Vergleicht man die Ergebnisse von (REICH 2005) mit den Ergebnissen dieser Arbeit, bei denen lediglich die Kirsche als zusätzliche Baumart in Erscheinung tritt, so fällt auf, dass auch hier die Baumarten Lärche und Douglasie die sauersten Milieus schaffen. Ebenso ist der Bergahorn von den in beiden Arbeiten untersuchten Baumarten der jeweils basischste. Zwar sind die Ergebnisse nicht deckungsgleich, jedoch ist das von den Bäumen geschaffene Aziditätslevel bis auf den Ahorn in beiden Studien für die Kulturheidelbeere verträglich und liegt in einem günstigen Bereich.

Eine Möglichkeit des kontrollierten Anbaus ist die Pflanzung in Kübeln oder der Einsatz von Mulchmaterial. Hier bleibt festzuhalten, dass knapp 40 Jahre nach der Pflanzung der entsprechenden Bäume und drei Jahre nach der ersten Bepflanzung mit Blaubeeren immer noch auf den Einsatz dieser Hilfsmittel verzichtet werden kann. Es bleibt die Frage, ob und wie sich das Bodenmilieu in den kommenden Jahren entwickeln wird und wie sich diese Interaktion der verschiedenen Komponenten auf den Ertrag auswirkt. Es ist durchaus möglich, dass jene Baumarten, deren Streu zu einer Erhöhung des pH-Wertes, im Vergleich mit der beprobten Vergleichsfläche „Wald“, führt, diesen auch in den kommenden Jahren weiterhin erhöhen werden. Die angrenzende Fläche „Feld“ hat für den Anbau der Kulturheidelbeere noch eindeutig zu hohe pH-Werte. Hier und damit auch auf ähnlichen Standorten im südbayerischen Raum müsste erst mit landwirtschaftlichen Maßnahmen oder kulturellen Praktiken eine Absenkung erfolgen, entweder über den Einsatz von den Boden versauernden Substanzen oder die frühe Einbringung von entsprechenden Baumarten mit dem langfristigen Ziel einer Neubegründung. Die Hypothese H1 kann somit eingeschränkt angenommen werden. Zu diesem Zeitpunkt ist klar, dass alle Baumarten einen Einfluss auf den pH-Wert haben, da er nicht mehr wie vor Neubegründung des Bestandes mit der Vergleichsfläche „Wald“ übereinstimmt. Jedoch ist vor allem bei den Baumarten Bergahorn und Tanne Vorsicht geboten, da diese als einzige über alle Tiefenstufen über dem Wert der Fichte liegen und daher den pH-Wert potenziell weiter erhöhen können. Auch der Anbau der Kirsche sollte weiter beobachtet werden. Der Anbau der Baumart Douglasie scheint empfehlenswert, diese schafft über alle Messungen hinweg ein saureres Klima im Vergleich zum Nachbarbestand. Auch die Lärche schafft ein begünstigendes Bodenverhältnis und besticht zusätzlich noch mit ihrer Eigenschaft des winterlichen Laubabwurfs.

4.6 Lichtangebot

Die Kulturheidelbeere benötigt wie jede andere Pflanze Licht, um zu gedeihen. In Südkorea wurde die Schattentoleranz von Kulturheidelbeeren überprüft. Selbst unter 83 % Beschattung ist hier keine Abnahme der Blattanzahl feststellbar gewesen. Allerdings nimmt die Anzahl der Blüten und auch die Zahl der Früchte mit erhöhter Beschattung ab. Empfohlen wird hier mit einer Lichtintensität von mindestens 60 % der Freiflächenverfügbarkeit zu arbeiten, da ansonsten die Erntemenge signifikant sinkt (KIM ET AL. 2011). Zwar beträgt der Beschirmungsgrad über die gesamte Fläche gesehen ungefähr 35 % (vgl. Kapitel 3.1), allerdings liegen einige Sträucher, gemessen an der GapF und dem TSF unter diesem Wert von 60 %. Diese wachsen fast ausnahmslos im südlichen Teil der Fläche, der vom angrenzenden Bestand verdunkelt wird. Dieser Faktor muss in den zukünftigen Planungen eine Rolle spielen. Die Bäume, die im Bestand selbst wachsen, beschatten die Blaubeersträucher hingegen nicht ausreichend, um von erheblichen Ertragseinbußen auszugehen (vgl. Kapitel 3.2).

Für eine Steigerung des den Boden erreichenden Lichtangebotes könnte vor allem im Winter eine Erhöhung der Zahl der laubabwerfenden Baumarten sorgen. Bisher sind mit den Laubbaumarten und der Lärche gut 70 % der Bäume im Winter unbelaubt. Eine vermehrte Anzucht vom Laubbäumen würde allerdings nach den Erkenntnissen aus Kapitel 4.3 eine Erhöhung des pH-Wertes im Boden zur Folge haben. Die Lärche, mit ihrer versauernden Streu, ist der ideale Kompromiss im Winter, Spätherbst und auch Frühling genügend Licht an die Sträucher zu lassen und dennoch für optimale Bodenverhältnisse zu sorgen. Ein weiterer Faktor ist sicherlich der Nebenbestand im Süden, der hauptsächlich mit Fichte bestockt ist (vgl. Abbildung 1). Wäre es möglich in diesem Bestand für eine erhöhte Lichtdurchlässigkeit zu sorgen, wäre auch das nutzbare Angebot im südlichen Teil des Blaubeerbestandes gesteigert. Generell ist jedoch festzuhalten, dass sowohl der niedrige Bedeckungsgrad durch die geringe Bestockungszahl als auch die starke Astung jeglicher Kronen dafür sorgt, dass auf einem Großteil der Fläche ausreichend Licht den Boden erreicht.

4.7 Pflege

„Verhältnismäßig wenig Schnitt erfordern stark wachsende Sträucher auf besseren Böden mit guter Wasser- und Nährstoffversorgung. Sie bringen trotz eines geringen Schnittes hohe Erträge mit genügend großen Einzelbeeren“ (LIEBSTER 1961 S.161). Der Schnitt der Sträucher ist also immer auch an standörtliche Vorgaben, persönliche Vorlieben und die Bedürfnisse des Abnehmers gebunden, da über den Schnitt auch die Fruchtgröße und Reife gesteuert werden kann. Die bisherigen Schnitte auf dieser Fläche waren geprägt von dem jungen Charakter der gepflanzten Individuen. Ein aufwendigeres und regelmäßiges Schneiden wird in Zukunft verstärkt notwendig sein, wenn die Pflanzen ein höheres Alter erreichen, die Erträge ihr Maximum erreichen und auch die Sträucher eine gewisse Stärke besitzen. Ab diesem Zeitpunkt sollten Fehler vermieden werden, da sie bei größeren Erntemengen auch einen größeren Einfluss auf die Gesamtmenge haben. Der persönliche Schnittstil, der von den Flächencharakteristika wie der Bodenqualität abhängt (LIEBSTER 1961 S.161) und Konsequenzen auf die Größe und Zahl der Beeren hat muss also aus individuell gesammelten Erfahrungen heraus gebildet werden.

Polnische Forscher empfehlen im Gegensatz zu der hier ausgebrachten Menge Stickstoff lediglich eine Düngung von 120 kg/ha (KOSZAŃSKI ET AL. 2008). Aus den aus der Literatur abgeleiteten Pflegemaßnahmen und den bisher durchgeführten Schritten lässt sich eine Handlungsempfehlung für die Zukunft aussprechen. So sollte unbedingt weiter darauf geachtet werden, Stickstoff in der richtigen

Form zuzugeben und dabei auf Ammonium zu setzen. Die verwendete Menge von 600 kg/ha (vgl. Kapitel 3.4) entspräche bei einer ursprünglich antizipierten Bestockungsmenge von etwa 2000 Pflanzen pro Hektar einer Menge von 0,3 kg pro Pflanze. HART empfiehlt eine Menge von 19,85 g Stickstoff pro Pflanze im zweiten Jahr. Bei dem verwendeten Dünger macht der Stickstoff 15 % der Gesamtinhaltsstoffe aus. Bei einer Strauchzahl von 3200 Stück und einer Flächengröße von 2,435 ha entspricht dies 68 g pro Pflanze. Bei diesem Faktor wäre also sicherlich noch Einsparungspotenzial vorhanden (vgl. Kapitel 3.6.1).

Der Ausfall von Sträuchern sollte unbedingt vermieden werden, wobei dem Wildverbiss eine wichtige Rolle zukommt. Dieser ist vergleichsweise einfach zu kontrollieren und hier sollte konsequent auf einen dichten Zaun geachtet werden.

Die Ernte erfolgt auf der hier besprochenen Fläche manuell und dies entspricht auch durchaus noch einer gängigen Methode. Ein maschineller Einsatz von großen Geräten wäre aufgrund der Bäume vermutlich nicht möglich und kleine Maschinen, die die Beeren von den Sträuchern schütteln, könnten hier vermutlich weniger effizient arbeiten als auf maximal bepflanzten Blaubeerplantagen. Der Einsatz von Arbeitskräften zur Ernte ist also gerechtfertigt.

Ein Windschutz für die reifen Beeren ist durch die angrenzenden Waldflächen im Norden, Osten und Süden gegeben. Es muss weiterhin überprüft werden, ob die Anzahl der befruchteten Blüten konstant auf einem hohen Niveau verbleibt, da durch den Herbizideinsatz Blühpflanzen außerhalb der Blaubeerblüte als Nahrungsquelle für Bestäuber fehlen, die jedoch über die gesamte Vegetationsperiode auf Nahrung angewiesen sind (BENZ ET AL. 2015). So kann auch im Falle einer negativen Entwicklung der Anzahl befruchteter Blüten noch mit Maßnahmen zur Förderung von wildlebenden Bestäubern gegengesteuert werden.

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass in diesem Fall die bisherigen Pflegemaßnahmen nicht zu voller Gänge mit jenen aus der Literatur übereinstimmen. So scheint die Düngemenge zu hoch zu sein und der Düngemittel Einsatz wurde mit der falschen Substanz ausgeführt, was inzwischen korrigiert wurde. Über andere Pflegemaßnahmen wie den Schnitt lässt sich zu diesem Zeitpunkt wenig sagen, auch wenn in der Literatur oftmals das Entfernen von Fruchtansätzen in den ersten Jahren der Kultur unter diesem Schlagwort empfohlen (PRITTS ET AL. 1992 S.38) wird und dies hier nicht der Fall war. Die Hypothese H4 muss also unter diesen Gesichtspunkten abgelehnt werden.

4.8 Möglichkeiten des biologischen Anbaus

Es stellt sich die Frage, ob im Betriebszweig Blaubeere ein höherer Gewinn zu erzielen wäre, wenn die Früchte biologisch erzeugt würden. CASPERSEN ET. AL. stellen in ihrer Literaturzusammenstellung fest, dass die Kulturheidelbeere zwar sehr wohl für die biologische Bewirtschaftung geeignet ist, jedoch die Umsetzung einige Tücken birgt. Ein biologischer Anbauer muss sich mit den Fragen der Unkrautreglementierung, der Düngung und der Krankheitsbekämpfung auseinandersetzen (CASPERSEN ET. AL. 2016). Dabei ist zu beachten, dass hier die Unkrautbeseitigung mit mechanischer Arbeit oder mechanischen Methoden erfolgt. Mulch oder Gewebeplanen, aber auch Zeit mit dem Freischneider sind kostenintensive Möglichkeiten der Bewirtschaftung, die sich im Erlös widerspiegeln müssen, um einen Mehrwert für den Landwirt zu erreichen. Ebenso gilt zu beachten, dass bei einer Mulchung die Pflanze beginnt, zwischen Boden und Mulch verstärkt Wurzeln zu bilden. So muss die Mulchschicht nach Abbau erneuert werden, da die Wurzeln ansonsten Schaden nehmen würden (PRITTS ET AL. 1992 S.39). Gewebeplanen steuern das Wachstum anderer Pflanzen am effektivsten (STRIK ET AL. 2017) und

wären daher favorisiert zu betrachten, wenn eine ökonomische Planung die Kosten und Mehrwerte der verschiedenen Methoden beleuchtet.

Eine weitere Möglichkeit wäre die Integration der forstlichen Komponente in diese Überlegungen. Die Arten der Gattung *Juglans* sind bekannt dafür, allelopathisch über die Streu, in die Artenzusammensetzung einer Fläche einzugreifen. Es wäre also denkbar die Baumartenzusammensetzung mit Arten zu dominieren, die eine unkrauthemmende Wirkung entfalten. Allerdings gilt zu beachten, dass die wachstumshemmenden Stoffe der Walnussarten auch die Blaubeere negativ beeinflussen (STRUGSTAD UND DESPOTOVSKI 2013) und diese Alternative somit ausscheidet. Der Verfasser dieser Arbeit hat die Beobachtung gemacht, dass um die Lärchen auf der Fläche weniger Beikräuter wachsen als an anderen Stellen unter anderen Baumarten. Diese Beobachtung sollte in zukünftigen Untersuchungen eine Rolle spielen, um den Einfluss der Baumarten auf die Vegetationsstruktur eingehender zu untersuchen. Über allelopathische Wirkungen von europäischen Lärchen auf Kulturheidelbeeren ist bisher nichts bekannt.

Auch die Düngung müsste umgestellt werden; von einer mineralischen auf eine organische. Hier wären Stallmist, Sägemehl oder Rindenmulch denkbare Alternativen, wobei die bereits in Kapitel 3.6.1 angesprochenen Nachteile von organischen Düngegaben zu beachten sind.

Ein weiterer Faktor der biologischen Bewirtschaftung ist die Behandlung von Krankheiten und Insektenbefall. Zwar ist der Bestand durchweg gesund, abgesehen von Wildschäden, jedoch sollten bereits im Vorfeld einer Umstellung auch diese Faktoren berücksichtigt werden. Für einen Großteil der pilzlichen Erkrankungen reichen Vorsichtsmaßnahmen wie gute Drainage oder auch eine Desinfektion von Schneidewerkzeugen (CARUSO 1995 S.7ff.). Allerdings schützen diese nicht allumfassend vor Vitalitätsverlusten der Pflanzen.

4.9 Möglichkeiten der Eigenvermarktung

Ein finanzieller Mehrerlös könnte durch eine Eigenvermarktung der Erzeugnisse generiert werden. Jedoch ist hierbei der zeitliche Mehraufwand zu beachten. Für einen eigenständig organisierten Verkauf an Endverbraucher ohne Zwischenhändler müsste die Lagerung der Früchte sichergestellt werden, die im unbehandelten Zustand für maximal neun Tage empfohlen wird (ALMENAR ET AL. 2008). Eine Verlängerung der Haltbarkeit ist mit verschiedenen Möglichkeiten machbar. Untersucht wurden bereits verschiedene Beschichtungen und Behandlungen mit Gasen (ROKAYYA ET AL. 2021). Allerdings wäre dies mit Kosten verbunden, welche für eine Fläche von knapp 2,5 Hektar kaum rentabel erscheinen. So bleiben für eine Direktvermarktung nur kurze Lagerungszeiten oder die direkte Abgabe an einen Großhändler. In einer Studie über Möglichkeiten der Direktvermarktung werden als häufigste Verkaufsmöglichkeiten der Hofladen und ein eigener Ab-Hof-Verkauf genannt (BÖHM UND KRÄMER 2020). Hierbei erscheint nur zweites sinnvoll, da für lediglich ein produziertes Produkt die Einrichtung eines eigenen Hofladens zu langen Leerzeiten außerhalb der Erntesaison führen würde. Ein Ab-Hof-Verkauf wäre denkbar.

Eine weitere Möglichkeit der Eigenvermarktung ohne Lagerung ist der direkte Verkauf am Hof noch am Tag der Ernte oder die Möglichkeit zum Selbstpflücken. Hierbei könnten interessierte Konsumenten ihre Beeren direkt am Feld in Eigenarbeit pflücken und der Rest könnte in die Fremdvermarktung gehen. Da mit dieser Methode zwar niedrigere Verbraucherpreise als im Handel, aber vermutlich höhere als im Verkauf an einen Großhändler erzielt werden könnten, wäre dies eine lohnende Alternative. Auch hier ist jedoch eine gewisse Infrastruktur notwendig: Werbemittel für den Konsumenten, Parkplätze und eine Arbeitskraft für den Verkauf.

Der Landwirt, der die betreffende Fläche bewirtschaftet, hat sich für einen Mittelweg entschieden und bietet die Beeren seit diesem Jahr an Hofläden und Automaten zur Selbstbedienung an, die bei Landwirten in der näheren Umgebung stehen. Dies entspricht der in der Studie am dritthäufigsten angewandten Methode der Direktvermarktung (BÖHM UND KRÄMER 2020). Die Erlöse steigen so von 7 €/kg auf 10 €/kg. Eine Steigerung des Verkaufspreises von circa 43 %, der den Konsumenten nicht auffallen dürfte, da er im Supermarkt ähnliche Preise bezahlen würde. Von den weiteren Möglichkeiten eines Verkaufs ohne Zwischenhändler erscheint lediglich ein Stand auf dem Wochenmarkt, bei steigender Erntemenge, durchführbar. Konzepte wie eine eigene Abokiste oder eine eigene Gastronomie sind bei der zu erwartenden Erntemenge und der Verfügbarkeit eines einzelnen Produktes nicht durchführbar.

4.10 Der Anbau der Kulturheidelbeere in Agroforstsystemen

Grundsätzlich spricht einem Anbau der Blaubeersträucher vom Typ „Highbush“ nichts entgegen. Über die Waldbäume kann der pH-Wert im Boden reguliert werden und durch eine Astung der Bäume wird auch das Lichtangebot am Boden bis zu einem günstigen Grad erhöht. Durch die Ergebnisse aus der in Kapitel 3.4 vorgestellten Regression lässt sich schließen, dass die Faktoren Licht und Bodenazidität, sofern sie, wie auf dieser Fläche, im tolerierbaren Bereich für die Sträucher liegen, weder einen signifikanten Nachteil, noch einen Vorteil für die Sträucher bedeuten. Da beide maßgeblich durch die Bäume beeinflusst werden, kann die Hypothese H2 nicht angenommen werden, da von keinem direkten positiven Einfluss ausgegangen werden kann. Sollten die Wuchsbedingungen für die Kulturheidelbeere erfüllt sein, so spielen die üblichen Faktoren wie Vitalität, Alter des Strauches und der Schutz der Früchte die größte Rolle.

5 Fazit

Der Anbau der Kulturheidelbeere in Agroforstsystemen ist grundsätzlich möglich. Allerdings gilt es, bei der Planung die Vorbereitung des Bodens zu berücksichtigen. Der pH-Wert muss ebenso wie in einer reinen Blaubeerfläche auf die Bepflanzung vorbereitet werden. Die Baumartenwahl ist als nächster Schritt für die zuverlässige Gewährleistung der wichtigsten Charakteristika des Bodens unerlässlich. Hier sind gute Erfahrungen mit Nadelbaumarten beobachtbar, wobei speziell die Lärche als sommergrüner Baum einige Vorteile mit sich bringt. Der Bestand sollte locker geplant und bepflanzt werden und auch eine Astung der Bäume verspricht mehr Vorteile als Nachteile, da die Kronen so mehr Licht an den Boden lassen. Sind die Parameter Licht und Boden ausreichend vorhanden, so sollte im nächsten Schritt die Sortenwahl erfolgen. Mindestens zwei Sorten begünstigen die Bestäubung und die Erntemenge. Die Bestandespflege der Kulturheidelbeeren kann konventionell erfolgen, aber auch biologische Konzepte sind denkbar. Hierbei besteht jedoch weiterer Forschungsbedarf über mögliche allelopathische Wechselwirkungen zur Unkrautbeseitigung und deren Effekte auf die Beerensträucher.

Eine Korrektur oder Anpassung des pH-Wertes nach der Pflanzung scheint zum jetzigen Wissensstand nicht mehr erforderlich, sollten im Vorhinein die richtigen Baumarten gewählt worden sein. Die finanziellen Erträge aus der Waldwirtschaft werden wie in der Forstwirtschaft üblich erst nach mehreren Jahrzehnten die Kosten decken. Eine Produktion von Wertholz mit Astung der Bäume kann auch zu einer Instabilität der Baumindividuen führen. Dieser Faktor muss in der finanziellen Planung berücksichtigt werden. Die Kulturheidelbeere liefert bereits nach einigen Jahren erhöhte Erträge, die deren Anschaffung rechtfertigen können. Ein Verlust von Beeren durch Wildtiere sollte, wenn möglich, verhindert werden.

Die Pflege einer solchen Fläche übersteigt die Pflege einer reinen Waldfläche mit Mischbaumregulierung und Durchforstungen um ein weites. Durch eine zusätzliche ökonomische Wertschöpfung kann dies jedoch rentabel gestaltet werden. Die Vor- und Nachteile gestalten sich divers. Zum einen konkurrieren die Pflanzen auf einer Fläche immer um Wasser, Licht und Nährstoffe, zum anderen können über physikalische Interaktionen wie Windschutz, biologische Interaktionen wie die Unkrauteindämmung oder chemische Interaktionen wie der Kontrolle des Bodenzustandes, Vorteile durch die Waldwirtschaft für den Blaubeeranbau gestaltet werden. Hierbei muss eine gute Balance gefunden werden.

Der Anbau von Blaubeersträuchern auf einer kontrollierten Fläche ohne Waldbäume erwirtschaftet höhere Erträge, jedoch ist hier auch ein stärkerer Input von Material und Mitteln nötig, um etwa den pH-Wert im Boden zu regulieren. Der Vergleich von Plantagen und Agroforstsystemen sollte in einem weiteren Schritt eingehender untersucht werden. Da bisher keine Anhaltspunkte für eine nachteilige Beeinflussung der Vitalität durch Einflüsse der Bäume auf die Sträucher nachgewiesen werden konnte, kann bestätigt werden, dass dieses agroforstliche System machbar ist. Es besteht weiterer Bedarf für Praxistest und tiefergehende Forschung, um auch die letzten Fragen zu klären. Die Erntemenge liegt bisher unter den bekannten Angaben aus der Literatur, jedoch bleibt abzuwarten, wie die Fläche sich mit alternden Sträuchern verhält.

Literaturverzeichnis

Beitrag

- BANERJEE, S., G. A. NAYIK, J. KOUR und N. NAZIR (2020): Blueberries. *In: Nayik, G. A. und A. Gull (Hrsg.), Antioxidants in Fruits: Properties and Health Benefits, Springer Singapore, Singapore, 593–614.*
- DIERKING (1977): The Cultivation of Highbush Blueberries from a Growers Point of View. *In: Liebster, G. (Hrsg.), Second Symposium on Vaccinium Culture in Europe: Hannover Fed. Rep. Germany 22 - 23 July 1976, ISHS, The Hague, 45–49.*
- ECK, P. (1977): Recent advances in cultivated blueberry research in North America. *In: Liebster, G. (Hrsg.), Second Symposium on Vaccinium Culture in Europe: Hannover Fed. Rep. Germany 22 - 23 July 1976, ISHS, The Hague, 25–31.*
- GOULART, B.: Organic Matter and Nitrogen Level Effects on Mycorrhizal Infection in `Bluecrop` Highbush Blueberry Plants.
- HAGGETT, P. (1973): II. Hypothesenprüfung mit statistischen Methoden. *In: Haggett, P. (Hrsg.), Einführung in die Kultur- und sozialgeographische Regionalanalyse, De Gruyter, Berlin u.a., 356–376.*
- HANKE, M.-V. und H. FLACHOWSKY (2017): Kulturheidelbeere und Cranberry (*Vaccinium* spp.). *In: Hanke, M.-V. und H. Flachowsky (Hrsg.), Obstzüchtung und wissenschaftliche Grundlagen, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 385–395.*
- HAUSSER (2018): Tanne-Mäßige Durchforstung 1956. *In: Friedrich, S. (Hrsg.), Hilfstafeln für die Forsteinrichtung, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München, 108.*
- HEERMANN (1977): Long-Term Experience in the Cultivation and Selling of Highbush Blueberries. *In: Liebster, G. (Hrsg.), Second Symposium on Vaccinium Culture in Europe: Hannover Fed. Rep. Germany 22 - 23 July 1976, ISHS, The Hague, 39–43.*
- HERZOG, F., B. OEHEN und F. WEIBEL (2016): Agroforstsysteme. *In: Freyer, B. (Hrsg.), Ökologischer Landbau: Grundlagen, Wissensstand und Herausforderungen, Haupt Verlag, Bern, 392–405.*
- HITZER, B. und FREIHERR KLEIN VON WISENBERG, LORENZ (2018): Waldimmobilien und deren Wertermittlung – Betrachtungen vorallem aus nationaler Perspektive. *In: Bienert, S. und K. Wagner (Hrsg.), Bewertung von Spezialimmobilien: Risiken, Benchmarks und Methoden, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 887–929.*
- JANSEN, W.A.G.M. (1997): PRUNING OF HIGHBUSH BLUEBERRIES.
- KELLER, W. und F. PFAFFLI (1987): Zuwachsverhältnisse in zwei Fichtenbeständen nach Grünastung.
- LIEBSTER und SCHIMMELPFENG (1977): Results of a 16 Year Variety Trial on Highbush Blueberries. *In: Liebster, G. (Hrsg.), Second Symposium on Vaccinium Culture in Europe: Hannover Fed. Rep. Germany 22 - 23 July 1976, ISHS, The Hague, 127–138.*
- LYRENE, P. M. und J. L. PERRY (1988): Blueberries (*Vaccinium* spp.). *In: Bajaj, Y. P. S. (Hrsg.), Crops II, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 181–198.*
- RUST, S. (2008): Geräte und Verfahren zur eingehenden Baumuntersuchung, Roloff, A. (Hrg.) Baumpflege 2008, Ulmer, Stuttgart. Leicht überarbeitete Fassung.
- SCHOBBER (2018): Douglasie-Mäßige Durchforstung 1956. *In: Friedrich, S. (Hrsg.), Hilfstafeln für die Forsteinrichtung, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München.*
- SCHOBBER (2018): Europäische Lärche-Mäßige Durchforstung 1946. *In: Friedrich, S. (Hrsg.), Hilfstafeln für die Forsteinrichtung, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München.*
- STRIK, B. (2006): BLUEBERRY PRODUCTION AND RESEARCH TRENDS IN NORTH AMERICA.
- STRIK, B. C. und ET AL. (2017): Northern Highbush Blueberry Cultivars Differed in Yield and Fruit Quality in Two Organic Production Systems from Planting to Maturity, HortScience, American Society for Horticultural Science, Oregon, 844–851.
- SULLIVAN, E. A. (2014): Chemical Characteristics of Custom Compost for Highbush Blueberry. *In: He, Z. und H. Zhang (Hrsg.), Applied Manure and Nutrient Chemistry for Sustainable Agriculture and Environment, Springer Netherlands, Dordrecht, 293–311.*

Buch (Monographie)

- ABROL, D. P. (2015): Pollination Biology, Vol.1: Pests and pollinators of fruit crops. 2015. Aufl., Springer International Publishing, Cham.
- AFL NIEDERSACHSEN E.V. (2020): AFL-Info 2020/21. 2000. Aufl., AFL Niedersachsen e.V., Göttingen.

- BÖHM, C. und R. HÜBNER (2020): Bäume als Bereicherung für landwirtschaftliche Flächen: Ein Innovationskonzept für die verstärkte Umsetzung der Agroforstwirtschaft in Deutschland, Innovationsgruppe AUFWERTEN, Cottbus.
- BÖHM, M. und C. KRÄMER (2020): Neue und innovative Formen der Direktvermarktung landwirtschaftlicher Produkte – Analyse und Erarbeitung von Handlungsempfehlungen.
- CARUSO, F. L. (1995): Compendium of blueberry and cranberry diseases, APS Pr, St. Paul, Minn.
- GEHRHARDT, E. (1930): Ertragstabellen für reine und gleichartige Hochwaldbestände von Eiche, Buche, Tanne, Fichte, Kiefer, grüner Douglasie und Lärche, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- HEPP, R. F. (2002): Proceedings of the Seventh International Symposium on Vaccinium Culture: Termas de Chillan Chillan Chile 4 - 9 December 2000, ISHS, Leuven.
- KNOKE, T. (2012): Forstbetriebsplanung als Entscheidungshilfe, Ulmer, Stuttgart.
- KÖLLING, C. (2005): Waldatlas Bayern: Karten, Tabellen und Texte zur Forstlichen Wuchsgebietgliederung, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising.
- KRAMER, H. und A. AKÇA (2008): Leitfaden zur Waldmesslehre. 5. Aufl., Sauerländer, Frankfurt, M.
- LIEBSTER, G. (1961): Die Kulturheidelbeere: Verbreitung, Anzucht u. Anbau f. Erwerb. u. Selbstversorgung, Parey, Berlin, Hamburg.
- PRETZSCH, H. (2019): Grundlagen der Waldwachstumsforschung. 2. Aufl., Springer Spektrum, Berlin.
- PRITTS, M. P., J. F. HANCOCK, B. STRIK, M. EAMES-SHEAVLY und D. CELENTANO (1992): Highbush Blueberry Production Guide (NRAES-55), Northeast Regional Agricultural Engineering Service (NRAES).
- SCHACHTSCHABEL, P. (1971): Methodenvergleich zur pH-Bestimmung von Böden, WILEY-VCH Verlag, Weinheim.

Buch (Sammelwerk)

- Roloff, A. (Hrg.) Baumpflege 2008, Ulmer, Stuttgart. Leicht überarbeitete Fassung. (2008).
- HortScience (2017), American Society for Horticultural Science, Oregon.
- BAJAJ, Y. P. S. (Hrsg.) (1988): Crops II, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- BIENERT, S. und K. WAGNER (Hrsg.) (2018): Bewertung von Spezialimmobilien: Risiken, Benchmarks und Methoden, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.
- FREYER, B. (Hrsg.) (2016): Ökologischer Landbau: Grundlagen, Wissensstand und Herausforderungen, Haupt Verlag, Bern.
- FRIEDRICH, S. (Hrsg.) (2018): Hilfstafeln für die Forsteinrichtung, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München.
- GOUGH, R. E. (Hrsg.) (1995): Blueberries: A century of research; [proceedings from the 7th North American Blueberry Research-Extension Workers Conference July 5-8 1994 Beltsville Maryland], Food Products Pr, New York [u.a.].
- HAGGETT, P. (Hrsg.) (1973): Einführung in die Kultur- und sozialgeographische Regionalanalyse, De Gruyter, Berlin u.a.
- HANKE, M.-V. und H. FLACHOWSKY (Hrsg.) (2017): Obstzüchtung und wissenschaftliche Grundlagen, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- HE, Z. und H. ZHANG (Hrsg.) (2014): Applied Manure and Nutrient Chemistry for Sustainable Agriculture and Environment, Springer Netherlands, Dordrecht.
- LIEBSTER, G. (Hrsg.) (1977): Second Symposium on Vaccinium Culture in Europe: Hannover Fed. Rep. Germany 22 - 23 July 1976, ISHS, The Hague.
- NAYIK, G. A. und A. GULL (Hrsg.) (2020): Antioxidants in Fruits: Properties and Health Benefits, Springer Singapore, Singapore.

Geographische Karte

- GEOBASISDATEN: BAYERISCHE VERMESSUNGSVERWALTUNG (2003-2020): Orthophoto, Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung, München.

Gesetz / Verordnung

- EUROPÄISCHE UNION (2014): DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) Nr. 640/2014 DER KOMMISSION vom 11. März 2014 zur Ergänzung der Verordnung (EU) Nr. 1306/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates in Bezug auf das integrierte Verwaltungs- und Kontrollsystem und die Bedingungen für die Ablehnung oder Rücknahme von Zahlungen sowie für

Graue Literatur / Bericht / Report

- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (2017): Bayerische Waldklimastation Höglwald. BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT, Freising.
- BENZ, R., P. JUCKER, M. ALBRECHT, J.-D. CHARRIÈRE, F. HERZOG, K. JACOT, M. TSCHUMI, H. LUKA, L. PFIFFNER, H. RAMSEIER, K. KNAUER, P. STEINMANN, E. TSCHUMI und G. SILVESTRI (2015): Blühstreifen für Bestäuber und andere Nützlinge - Wertvolle Nahrungsquellen im Ackerbau. AGROSCOPE. URL: <https://orgprints.org/id/eprint/28779/>.
- BÖHM, C., M. KANZLER und R. PECENKA (2020): Untersuchungen zur Ertragsleistung (Land Equivalent Ratio) von Agroforstsystemen. Innovationsgruppe AUFWERTEN, Cottbus. URL: https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2021/03/35__ertragsleistung.pdf. (abgerufen am: 24.8.2021).
- CLASEN, C. und T. KNOKE (2013): Die finanziellen Auswirkungen überhöhter Wildbestände in Deutschland. FACHGEBIET FÜR WALDINVENTUR UND NACHHALTIGE NUTZUNG DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT MÜNCHEN.
- GAO, G. und E. DRAPER (2010): Growing blueberries in the home garden. THE OHIO STATE UNIVERSITY, AGRICULTURE AND NATURAL RESOURCES. URL: citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=435F3654D2D747B57E574408DDAFAAC?doi=10.1.1.185.3322&rep=rep1&type=pdf.
- GARMING, H., W. DIRKSMEYER und L. BORK (2018): Entwicklungen des Obstbaus in Deutschland von 2005 bis 2017: Obstarten, Anbauregionen, Betriebsstrukturen und Handel. Thünen Working Paper. Braunschweig. URL: <http://hdl.handle.net/10419/181455>.
- GARMING, H., W. DIRKSMEYER und L. BORK (2018): Entwicklungen des Obstbaus in Deutschland von 2005 bis 2017: Obstarten, Anbauregionen, Betriebsstrukturen und Handel. BRAUNSCHWEIG: JOHANN HEINRICH VON THÜNEN-INSTITUT. URL: <https://www.econstor.eu/handle/10419/181455>.
- SMITH, J. (2010): The History of Temperate Agroforestry. ORGANIC RESEARCH CENTRE ELM FARM, Newbury. URL: <https://orgprints.org/id/eprint/18173/>.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2021): Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche in ha pro Tag. STATISTISCHES BUNDESAMT, Wiesbaden. URL: https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen/Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/Publikationen/Downloads-Flaechennutzung/anstieg-suv.pdf;jsessionid=C45A736000A64B4F650BCBB1EFD9638A.live741?__blob=publicationFile. (abgerufen am: 24.8.2021).

Hochschulschrift

- BÜCHELE, D. (2020): Entwicklung einer robusten Online-Methode zur Bestimmung von Nährelementen in Ackerböden mit einem Energie-dispersiven RFA-Sensor. Doctoralthesis. Universität Potsdam, Potsdam.
- HOOPS, C. (2021): Ökosystemleistungen von Alley-Cropping Agroforstsystemen. Working Paper. COAST-Zentrum für Umwelt und Nachhaltigkeitsforschung, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Oldenburg.
- KERN, Q. (2019): Konzeption eines Weiterbildungsprogramms für die Agroforst-Praxis und Agroforst-Beratung in Deutschland. Bachelorarbeit. Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Universität Kassel, Kassel.
- KRÖBER, M. (2018): Kurzumtriebsplantagen auf Ackerland: ökonomische Bewertung einer Anbauoption mit ökologischen Vorteilen am Beispiel des Freistaats Sachsen. Dissertation. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle (Saale).
- LINNERT, M. (2009): Wachstum und Qualität junger Buchen in einem unterschiedlich aufgelichteten Fichtenaltbestand. Zugl.: Göttingen, Univ., Diss., 2009. Univ.-Verl. Göttingen, Göttingen.
- LOOS, C. (2020): Nur Kulturlandschaftsrelikt oder von aktueller Bedeutung? Offene Bestände von Lärchen, Obstbäumen und Kastanien in der Region Vorarlberg-Tirol-Südtirol bewertet aus Sicht der Agroforstwirtschaft. Diplomarbeit. Institut für Geographie, Universität Innsbruck, Innsbruck.
- STIEHL, C. R. (2019): Etablierung von *Nothofagus obliqua*, *Nothofagus glauca* und *Quillaja saponaria* in der mediterranen Zone Chiles. Dissertation. Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie, Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen.
- THIES, MICHAEL & SPIECKER H. (2004): Evaluation and future prospects of terrestrial laser scanning for standardized forest inventories. Institut für Waldwachstum, Universität Freiburg, Freiburg.
- UHL & RAIS (2018): Zuwachsallokation entlang der Stammachse bei Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco) in Abhängigkeit von der Bestandesdichte und Wuchstkonstellation. Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, TU München.

Internetdokument

- BAUMSCHULE HAAGE (2020): Forstpreisliste. URL: <https://haage.de/wp-content/uploads/2020/09/Forstpreisliste-baumschule-Haage-herbst-2020-2.pdf>. (abgerufen am: 12.8.2021).
- BAUMSCHULE HAAGE (2020): Gartenbaumschule. URL: <https://haage.de/home/gartenbaumschule/>. (abgerufen am: 12.8.2021).
- FELIX TESKE (2021): 5 Liter Glyphosat 360 Unkrautvernichter. URL: <https://www.unkrautvernichter-shop.de/Glyphosat-360-Referenzmittel-Durano-5-Liter.html>.
- GREENVALLEY INTERNATIONAL (2021): LiDAR360 - Point Cloud Processing Software - GreenValley International. URL: <https://greenvalleyintl.com/software/lidar360/>. (abgerufen am: 30.7.2021).
- ICRAF (2021): What is Agroforestry? | World Agroforestry | Transforming Lives and Landscapes with Trees. URL: <https://www.worldagroforestry.org/about/agroforestry>. (abgerufen am: 16.8.2021).
- REIFF, K. (2021.000Z): Ergebnis Submission 2021. URL: <https://www.fbg-guenzburg-krumbach.de/index.php/unsere-fbg/aktuelles/114-ergebnis-submission-2021>. (abgerufen am: 11.8.2021.371Z).

Persönliche Mitteilung

- BECK, F. (2021): Bewirtschaftungskosten und Zeitaufwand. Mündlich, Heinrichshofen.
- MARTIN MALL WALDBESITZERVEREINIGUNG LANDSBERG W. V. (2021): Holzerlöse WBV. E-Mail, Landsberg.

Pressemitteilung

- FORSTWIRTSCHAFTLICHE VEREINIGUNG SCHWABEN E.V. (2021): Wertholzsubmission Leipzig 2021, Leipzig.
- WALDBESITZERVEREINIGUNG HOLZKIRCHEN W.V. (2021): Einzelstammergebnisse der Oberland-Wertholzsubmission 2021, Holzkirchen.

Software

- KUBLIN und BÖSCH (2007): BDATPro, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg.
- OPEN SOURCE: CloudCompare.
- QGIS ASSOCIATION (2021): QGIS Geographic Information System, QGIS.org, Zürich.

Tagungsband

- Mitteilungen-Eidgenössische Anstalt für das Forstliche Versuchswesen (1987).
- Acta Horticulturae (1997), International Society for Horticultural Science (ISHS), Leuven, Belgium.
- Acta Horticulturae (2006), International Society for Horticultural Science (ISHS), Leuven, Belgium.
- (2011).

Unklarer Dokumententyp

- DWD CLIMATE DATA CENTRE: Tägliche Stationsmessungen der mittleren Lufttemperatur in 2 m Höhe in °C für Deutschland Station Lechfeld: Version v19.3, Offenbach. (abgerufen am: 26.5.2021).
- DWD CLIMATE DATA CENTRE: Tägliche Stationsmessungen Niederschlagshöhe in mm für Deutschland Station Egling/Paar-Heinrichshofen: Version v19.3, Offenbach.

Zeitschriftenaufsatz

- ALMENAR, E., H. SAMSUDIN, R. AURAS, B. HARTE und M. RUBINO (2008): Postharvest shelf life extension of blueberries using a biodegradable package. Food Chemistry 110, 120–127.
- BEINHOFER, B. (2009): Weitständig erzogene Nadelholzbestände - eine lukrative Alternative? Allgemeine Forst und Jagdzeitung 3/4, 65–75.
- BEINHOFER, BERNHARD & KNOKE, THOMAS (2009): Finanzielle Aspekte der Astung von Nadelholz. AFZ-DerWald.
- BELL, H. K., S. JOHNSTON und H. D. HOOTMAN (1958): Hints on blueberry growing.

- BRYLA, D. R. und B. C. STRIK (2007): Effects of Cultivar and Plant Spacing on the Seasonal Water Requirements of Highbush Blueberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 132, 270–277.
- BRYLA, D. R. und B. C. STRIK (2015): Nutrient Requirements, Leaf Tissue Standards, and New Options for Fertigation of Northern Highbush Blueberry. *HortTechnology hortte* 25, 464–470.
- CAIRNEY, J. W. G. und A. A. MEHARG (2003): Ericoid mycorrhiza: a partnership that exploits harsh edaphic conditions. *European Journal of Soil Science*, 735–740.
- CASPERSEN ET. AL. (2016): Blueberry—Soil interactions from an organic perspective. *Scientia Horticulturae* 208, 78–91.
- CREMER, M. und J. PRIETZEL (2017): Soil acidity and exchangeable base cation stocks under pure and mixed stands of European beech, Douglas fir and Norway spruce. *Plant and Soil* 415, 393–405.
- CUROVIC ET. AL. (2003): Volumenbestimmung in Plenterwäldern. *AFZ-DerWald*, 121–123.
- DAVIES, F. S. und J. A. FLORE (1986): Flooding, gas exchange and hydraulic root conductivity of highbush blueberry. *Physiologia Plantarum* 67, 545–551.
- DEMAERSCHALK (1973): Integrated Systems for the Estimation of Tree Taper and Volume. *Canadian Journal of Forest Research*.
- DEMAERSCHALK, J. P. (1972): Converting Volume Equations to Compatible Taper Equations. *Forest Science* 18, 241–245.
- DIACI, J. und J.-J. THORMANN (2002): Ein Vergleich verschiedener Lichtmessmethoden in Buchennaturwäldern Sloweniens aus verjüngungsökologischer Sicht | A comparison of solar radiation estimation methods in old-aged beech forests in Slovenia from the point of view of ecological regeneration. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 153, 39–50.
- EICHHORN, M. P., P. PARIS, F. HERZOG, L. D. INCOLL, F. LIAGRE, K. MANTZANAS, M. MAYUS, G. MORENO, V. P. PAPANASTASIS, D. J. PILBEAM, A. PISANELLI und C. DUPRAZ (2006): Silvoarable Systems in Europe – Past, Present and Future Prospects. *Agroforestry Systems* 67, 29–50.
- GALLARDO, R. K., ERIC T. STAFNE, LISA WASKO DEVETTER, QI ZHANG, CHARLIE LI, FUMIOMI TAKEDA, JEFFREY WILLIAMSON, WEI QIANG YANG, WILLIAM O. CLINE, RANDY BEAUDRY und RENEE ALLEN (2018): Blueberry Producers' Attitudes toward Harvest Mechanization for Fresh Market. *HortTechnology hortte* 28, 10–16.
- GÖRGENS, M. und H. VOGELER (2016): Wie hoch fallen die Produktionskosten in modernen, intensiven Heidelbeeranlagen aus? *Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes*, 102–106.
- HART, J. E. A. (2006): Nutrient Management for Blueberries in Oregon. *Nutrient Management guide*.
- HAYES, R. J. (1988): Soil Requirements of blueberries in Relation to their Nutrition. *Proceedings Agronomy Society of N.Z.*
- HEINRICHS, S. E. A. (2018): Native Plant Diversity and Composition Across a *Pinus radiata* D. Don Plantation Landscape in South-Central Chile—The Impact of Plantation Age, Logging Roads and Alien Species. *Forests* 9, 567.
- JIANG, Y., Q. ZENG und J. WEI (2019): Growth, Fruit Yield, Photosynthetic Characteristics, and Leaf Microelement Concentration of Two Blueberry Cultivars under Different Long-Term Soil pH Treatments. *agronomy* 9.
- JOSE, S. (2009): Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems* 76, 1–10.
- JOTZ, S. E. A. (2020): UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE INTEGRATION DER SCHWARZNUSS (*JUGLANS NIGRA* L.) IN DIE WALDÖKOSYSTEME DER PFÄLZER RHEINEBENE. *Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz*.
- KIM, S. J., D. J. YU, T.-C. KIM und H. J. LEE (2011): Growth and photosynthetic characteristics of blueberry (*Vaccinium corymbosum* cv. Bluecrop) under various shade levels. *Scientia Horticulturae* 129, 486–492.
- KOSZAŃSKI, Z., E. RUMASZ-RUDNICKA und S. FRIEDRICH (2008): Anatomy, morphology and yield of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) under the influence of irrigation and mineral fertilisation. *Acta Agrophysica* 11, 677–684.
- KOZAK ET. AL. (1969): Taper Functions and their Application in Forest Inventory. *The Forestry Chronicle*.
- KUBLIN, E. (2003): Einheitliche Beschreibung der Schaftform – Methoden und Programme –BDATPro. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 122, 183–200.
- MAINLAND, C. M. "M." (2012): Frederick V. Coville and the History of North American Highbush Blueberry Culture. *International Journal of Fruit Science* 12, 4–13.
- MARTENS, S. und C. PREIBLER (2010): Reaktion von Verjüngungen unter Fichtenschirm auf plötzliche Freistellung. *AFZ-DerWald*, 14–18.
- MATHIAS, M. (2006): Blaubeeranbau steigt kontinuierlich. *Fruchthandel Magazin*.

- MINGEAU, M., C. PERRIER und T. AMÉGLIO (2001): Evidence of drought-sensitive periods from flowering to maturity on highbush blueberry. *Scientia Horticulturae* 89, 23–40.
- NAUMANN, W. D. (1993): OVERVIEW OF THE VACCINIUM INDUSTRY IN WESTERN EUROPE. *Acta Horticulturae*, 53–58.
- NERLICH, K., S. GRAEFF-HÖNNINGER und W. CLAUPEIN (2013): Agroforestry in Europe: a review of the disappearance of traditional systems and development of modern agroforestry practices, with emphasis on experiences in Germany. *Agroforestry Systems* 87, 475–492.
- OCHMIAN, I., R. MALINOWSKI, M. KUBUS, K. MALINOWSKA, Z. SOTEK und M. RACEK (2019): The feasibility of growing highbush blueberry (*V. corymbosum* L.) on loamy calcic soil with the use of organic substrates. *Scientia Horticulturae* 257, 108690.
- REICH, O. E. A. (2005): Linking litter calcium, earthworms and soil properties: a common garden test with 14 tree species. *Ecology Letters* 8, 811–818.
- RETAMALES, J. B., C. MENA, G. LOBOS und Y. MORALES (2015): A regression analysis on factors affecting yield of highbush blueberries. *Scientia Horticulturae* 186, 7–14.
- ROKAYYA, S., F. JIA, Y. LI, X. NIE, J. XU, R. HAN, H. YU, S. AMANULLAH, M. M. ALMATRAFI und M. HELAL (2021): Application of nano-titanium dioxide coating on fresh Highbush blueberries shelf life stored under ambient temperature. *LWT* 137, 110422.
- SANCHEZ, P. A. (1995): Science in agroforestry. *Agroforestry Systems* 30, 5–55.
- SMOLARZ, K. und D. CHLEBOWSKA (2002): REVIEW OF SOME EXPERIMENTS WITH Highbush BLUEBERRY AT THE RESEARCH INSTITUTE OF POMOLOGY AND FLORICULTURE, SKIERNIEWICE, POLAND. *Acta Horticulturae*, 317–322.
- SOMARRIBA, E. (1992): Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. *Agroforestry Systems* 19, 233–240.
- STEINBORN, P. und W. BOKELMANN (2007): Aktuelle Strukturen des Obstbaus in Deutschland. *Erwerbs-Obstbau* 49, 115–125.
- STERNE, D., M. LIEPNIECE, R. SAUSSERDE und R. ABOLINS (2011): Influence of temperature on the productivity of highbush blueberry cultivars. SCIENTIFIC WORKS OF THE INSTITUTE OF HORTICULTURE, LITHUANIAN RESEARCH CENTRE FOR AGRICULTURE AND FORESTRY AND LITHUANIAN UNIVERSITY OF AGRICULTURE. SODININKYSTĖ IR DARŽININKYSTĖ.
- STRIK, B. C. (2008): Growing blueberries in your home garden. Oregon State University Extension Service.
- STRIK, B. C. und ET AL. (2014): Blueberry cultivars for the Pacific Northwest. Washington State University Extension.
- STRUGSTAD, M. und S. DESPOTOVSKI (2013): A Summary of Extraction, Synthesis, Properties, and Potential Uses of Juglone: A Literature Review. *Journal of Ecosystems & Management*.
- TOURJEE, K. R., J. M. SHOPLAND und M. WARMUND (1999): Agroforestry, Horticulture, and the Evolution of Cropping Systems. *HortScience HortSci* 34, 22–24.
- TSONKOVA, P. und C. BÖHM (2020): CO₂-Speicherung und Bindung durch Agroforst-Gehölze als Beitrag zum Klimaschutz. Innovationsgruppe Aufwerten Loseblatt.
- WELLER, A. (2019): Auswirkungen der Wertastung auf das Douglasien-Wachstum: Ergebnisse aus Nordwestdeutschland. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 207–215.
- YANG, F.-H., D. R. BRYLA und B. C. STRIK (2019): Critical Temperatures and Heating Times for Fruit Damage in Northern Highbush Blueberry. *HortScience horts* 54, 2231–2239.