

Schlussbericht

zum Vorhaben

Thema:

Entwicklung genetischer Marker zur Analyse von Anpassungen an Trockenstress bei Trauben-Eiche und Buche – Teilvorhaben 3 – Auswahl von Herkunftsversuchen und Anzucht von Versuchsmaterial

Zuwendungsempfänger:

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abteilung Waldgenressourcen

Förderkennzeichen:

2218WK43C4

Laufzeit:

01.06.2020 – 31.12.2023

Monat der Erstellung:

03/2024



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger für den Waldklimafonds unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

SCHLUSSBERICHT

Inhaltsverzeichnis

I.	Ziele	2
1.	Aufgabenstellung.....	2
1.1	wissenschaftlich-technische Ergebnisse.....	2
1.2	Planung und Ablauf des Vorhabens	2
2.	Stand der Technik	2
2.1	Stand der Wissenschaft	2
2.2	Auswahl der Bestände in Deutschland	3
3.	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	4
II.	Ergebnisse	5
1.	Erzielte Ergebnisse	5
1.1	AP 1: Genetische Diversität und Assoziationsstudie – Trauben-Eiche	5
1.2	AP 2: Genetische Diversität und Assoziationsstudie – Buche (GAUG).....	7
1.3	AP 3: Validierung von Assoziationen und Analyse phänotypischer Plastizität durch Experimente unter kontrollierten Bedingungen.....	7
1.4	AP 4: Vergleichende Analyse von genetischer Differenzierung, SNP-Phänotyp-Assoziationen und phänotypischer Plastizität zwischen Rot-Buchen und Trauben-Eichen (HAWK).....	25
2.	Verwertung	26
3.	Erkenntnisse von Dritten	26
4.	Veröffentlichungen	26
	Abbildungsverzeichnis.....	27
	Tabellenverzeichnis	27
	Literaturverzeichnis	28

I. Ziele

1. Aufgabenstellung

1.1 wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Im Verbundvorhaben „Entwicklung genetischer Marker zur Analyse von Anpassungen an Trockenstress bei Trauben-Eiche und Buche“ war die NW-FVA im Teilvorhaben 3 „Auswahl von Herkunftsversuchen und Anzucht von Versuchsmaterial“ an den Arbeitspaketen 1b und 3a beteiligt.

In AP 1b wurden deutsche Herkunftsversuche identifiziert, deren Herkünfte Höhen- bzw. Temperatur-/Niederschlagsgradienten repräsentieren, die denen der Untersuchungsgebiete in Rumänien (AP 1a) gleichen. Es wurden in Frage kommende Herkunftsversuche im Zuständigkeitsgebiet der NW-FVA auf ihre Eignung geprüft. Dazu wurden Hintergrundinformationen wie das Versuchsdesign, die Umweltdaten der Ursprungsbestände und wachstumsbezogene Daten aus den Wiederholungsaufnahmen recherchiert und aufbereitet. Für das Vorhaben in AP 1 wurde die 1992 in zwei Replikationen angelegte Serie 237, „Internationaler Herkunftsversuch“ aus 14 Herkünften der Länder Dänemark, Deutschland, Frankreich und Polen ausgewählt. Standorte der Versuchsflächen sind Unterlüß und Lauterberg. Es zeigt sich ein deutlicher West-Ost-Trend mit früherem Austrieb und deutlich höherer Frostempfindlichkeit der westlichen Herkünfte.

Ziel von AP 3a waren die Saatgutbeschaffung und die Anzucht der Eichen-Jungpflanzen, welche für den Trockenstressversuch 2022 durch die HAWK benötigt wurden. Die Eichen-Jungpflanzen sollten aus Saatgut gezogen werden, das möglichst aus den Ursprungsbeständen der Herkünfte gesammelt werden sollte, die im AP 1 untersucht wurden. Ersatzweise sollten Eicheln aus standörtlich und klimatisch vergleichbaren Beständen beschafft werden. Da im Jahr 2021 kein Saatgut von den Versuchsflächen Unterlüß und Lauterberg verfügbar war, wurde auf Sämlinge von 2018 zurückgegriffen, die in der Baumschule der NW-FVA angezogen wurden waren. Das Saatgut kam aus den Herkunftsbeständen Unterlüß (NI), Liebenburg (NI), Dassel (NI), Rüdeshelm (BW) und Johanniskreuz 1 (RP). 2020 fand eine Evaluierung der Herkünfte statt, bei welcher Anzahl und Höhe der Sämlinge aufgenommen wurden. Mit der Übergabe der Versuchspflanzen in das Winterlager der HAWK im Dezember 2021, endeten die Arbeiten im Teilbereich der NW-FVA. Unterstützt wurde die HAWK weiterhin bei aufkommenden Fragestellungen und abschließend bei der Düngung der Versuchspflanzen im April 2022.

1.2 Planung und Ablauf des Vorhabens

Laut Antrag waren folgende Zeiträume für die Arbeiten an den Arbeitspaketen 1b und 3a vorgesehen:

AP 1b – Untersuchung Eichenherkunftsversuche Deutschland

- Auswahl Flächen und Bäume, Erhebung Baumdaten: März bis Juni 2020
- Probennahme Freiland: August 2020, August 2021

AP 3a – Trockenstressexperiment Eiche

- Gewinnung, Beschaffung Pflanzenmaterial: März 2020
- Vorbereitung und Durchführung Experiment: April bis August 2021

Die Ausgaben- und Zeitplanung konnte trotz verspätetem Projektstart und zwischenzeitlichem Personalwechsel eingehalten und erfüllt werden. Eine entsprechende kostenneutrale Verlängerung wurde genehmigt.

2. Stand der Technik

2.1 Stand der Wissenschaft

Für die Abschätzung der Folgen des Klimawandels auf die Vitalität von Waldbaumarten ist die Kenntnis der Anpassung von Ökotypen an lokale Umweltbedingungen durch genetische Differenzierung in phänotypisch relevanten Genen wichtig, weil sich daraus Hinweise auf die Anpassungsfähigkeit an gegenwärtige und zukünftige Umweltveränderungen ableiten lassen (Aitken et al. 2008, Bolte et al. 2008). Während bereits eine Reihe von Studien zu den Folgen von Trockenheit auf physiologischer Ebene auch für Eiche vorliegen (Arend et al. (2011), Hu et al. (2013)), ist die Frage nach den genetischen Grundlagen dieser Reaktionen, und ihrer

Unterschiede zwischen Ökotypen, noch weitgehend ungeklärt. Mit Hilfe von Assoziationsstudien konnten in Bäumen (Guerra et al. 2013, Allwright et al. 2016, Hallingbäck et al. 2019) genetische Marker für fitness- und nutzungsrelevante phänotypische Merkmale identifiziert werden. Durch die Anwendung leistungsfähiger Sequenzieretechnologien zur Erstellung genomischer Ressourcen für Waldbäume stehen heute für Eiche Genomsequenzen (Plomion et al. (2016), Plomion et al. (2018)) und umfangreiche Transkriptomdaten (Lesur & Le Provost et al. (2015)) zur Verfügung.

Auf phänotypischer Ebene können sich Unterschiede in Trockenstressanpassungen zwischen Populationen auf unterschiedlichen biologischen Skalenebenen und in Merkmalen mit unterschiedlicher zeitlicher Integration zeigen. Für Merkmale auf höheren biologischen Skalenebenen oder zeitlich integrierende Merkmale lässt sich eine signifikante Assoziation mit einzelnen genetischen Loci schwerer nachweisen. Dies liegt darin begründet, dass solche sog. komplexen Merkmale (complex traits; quantitative traits) von einer Vielzahl von Genen kontrolliert werden und daher der Effekt eines Genortes auf die phänotypische Ausprägung geringer ist (Bazakos et al. 2017, Burghardt et al. 2017). Im Gegensatz dazu sind physiologische Trockenstressmarker wie die Gehalte von Metaboliten zum Teil von weniger Genen gesteuert und daher besser geeignet, um genetische Marker mit signifikanter phänotypischer Assoziation zu finden (Riedelsheimer et al. 2012, Peng et al. 2018).

Ein phänotypisches Merkmal auf unterster biologischer Skalenebene ist die Genexpression. Studien an Bäumen konnten Assoziationen zwischen genetischer Variation und der Expression von Genen nachweisen (Palle et al. 2013). Darüber hinaus ist der Nachweis, dass ein Genlocus, der mit einem trockenstressrelevanten phänotypischen Merkmal assoziiert ist, unter Trockenstress auch differenziell exprimiert wird, ein erster Schritt der Validierung einer solchen Marker-Trait-Assoziation (Allwright et al. 2016).

2.2 Auswahl der Bestände in Deutschland

Diese Auflage bezieht sich im Wesentlichen auf die in Arbeitspaket 1b geplanten Untersuchungen in Herkunftsversuchen mit Trauben-Eiche. Bestände im engeren Sinne werden in Deutschland nicht ausgewählt und untersucht, sondern nur Populationsstichproben in Herkunftsversuchen. Die Auswahlmöglichkeiten für die Versuche sind geografisch auf das Zuständigkeitsgebiet des Projektpartners NW-FVA begrenzt. Dies sind die Bundesländer Hessen, Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Sachsen-Anhalt. Allerdings sind in Herkunftsversuchen der NW-FVA häufig auch Prüfglieder (Absaaten von Populationen) verwendet worden, die aus anderen Bundesländern oder dem Ausland stammen. Ziel dieser Untersuchungen ist es, Assoziationen von SNPs mit trockenstressrelevanten phänotypischen Merkmalen, die in rumänischen Populationen gefunden wurden, unter Bedingungen in Deutschland zu validieren. Herkunftsversuche sind im Vergleich zu Waldbeständen für diesen Zweck besonders geeignet, da in Herkunftsversuchen die Umweltvariation minimiert wird und damit genetische Effekte von Umwelteffekten getrennt werden können. Aus der Zielsetzung leiten sich die folgenden Kriterien für die Auswahl der Herkunftsversuche ab:

- a) Vorhandensein von Herkünften, die ausreichend große Gradienten von Lufttemperatur und Niederschlägen repräsentieren; erstrebenswert ist hier eine Abdeckung und wenn möglich Erweiterung der klimatischen Verhältnisse in den rumänischen Beständen (jährliche Niederschlagssumme 600 — 850 mm, Jahresmittel der Lufttemperatur 7 bis 10°C);
- b) eine Versuchsanlage, die es ermöglicht mit geeigneten statistischen Verfahren kleinräumige Umweltvariation auf der Versuchsfläche von Herkunftseffekten zu trennen (durch Wiederholung und Randomisierung der Prüfglieder);
- c) Replizierung auf mindestens 2 Versuchsflächen (Wuchsorten), um Herkunftseffekte von Umwelt-x-Herkunftsinteraktionseffekten trennen zu können. Bei den Wuchsorten soll es sich um Standorte handeln, in denen zurückliegend Trockenperioden auftraten und auf zumindest einem Wuchsort mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit auch während der Projektlaufzeit zu erwarten sind;
- d) die Individuenzahl soll ausreichend groß sein; angestrebt werden ca. 500 Individuen pro Versuchsfläche;
- e) Verfügbarkeit von Ergebnissen aus dem bisherigen Monitoring des Herkunftsversuchs zum Nutzungswert (z.B. Stammqualität/Zuwachs/Stresstoleranz) der Herkünfte, um als nachgeordnetes Kriterium in dieser Hinsicht interessante Herkünfte auswählen zu können.

Unter den genannten Kriterien sind vor allem die unter a) genannten Umweltgradienten von entscheidender Bedeutung, da Anpassungsmechanismen mit diesen Gradienten zusammenhängen dürften.

3. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Von der Arbeitsgruppe der HAWK wird das Projekt zwischen den Partnern und den beteiligten Dritten federführend koordiniert. Die Gruppe ist außerdem verantwortlich für die Untersuchungen an Eiche in Rumänien (AP 1a) und das Trockenstressexperiment mit Eichen-Jungpflanzen (AP 3a). Darüber hinaus ist die HAWK für das AP 4 verantwortlich.

Die Arbeitsgruppe der GAUG ist verantwortlich für die AP 1b, 2 und 3b. Die zeit- und personalintensive Durchführung der Freilandarbeiten und der Trockenstressexperimente der AP 1, 2 und 3 soll von Mitarbeitern beider Gruppen (HAWK und GAUG) gemeinsam durchgeführt werden. Die räumliche Nähe der Partner erlaubt außerdem eine enge Zusammenarbeit in der Durchführung der Laborarbeiten und der Datenanalyse.

Die Arbeiten in Rumänien sollen in Kooperation mit der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Alexandru Lucian Curtu (Universität Transilvania Brasov) durchgeführt werden, der neben seiner wissenschaftlichen Expertise in Forstgenetik auch seine sehr guten Kontakte zu Forstverwaltungen in der geplanten Untersuchungsregion einbringen kann. Beratend und für organisatorische Unterstützung der Freilandarbeiten und die Beschaffung von Hintergrundinformationen zu den Untersuchungsflächen (Boden, Klima, ggf. Nutzungshistorie) stehen Dr. Ana Mary Petritan und Dr. Daniel Turcu (Nationales Forschungsinstitut für Forstwirtschaft 'Marin Drăcea', INCDS) sowie Prof. Dr. Helge Walentowski (HAWK Göttingen, Leiter des NEMKLIM-Projekts) zur Verfügung.

Die Trockenstressexperimente des AP 3 werden Kooperation mit dem NEMKLIM-Partner Prof. Dr. Christoph Leuschner in den rainout-shelter-Anlagen des Lehrstuhls für Pflanzenökologie und Ökosystemforschung der Universität Göttingen durchgeführt.

II. Ergebnisse

1. Erzielte Ergebnisse

1.1 AP 1: Genetische Diversität und Assoziationsstudie – Trauben-Eiche

AP 1a: Untersuchung der Eichen in Rumänien (HAWK)

Die NW-FVA war an AP 1a nicht beteiligt.

AP 1b: Untersuchung der Eichen-Herkunftsversuche in Deutschland (GAUG, NW-FVA)

Auswahl der HKV-Flächen:

In Frage kommende Herkunftsversuche wurden seitens der NW-FVA auf ihre Eignung geprüft. Dazu wurden Hintergrundinformationen wie das Versuchsdesign, Umweltdaten der Ursprungsbestände und wachstumsbezogene Daten aus den Wiederholungsaufnahmen recherchiert.

Im April 2021 waren die Auswahl geeigneter Herkunftsversuche und die Bereitstellung umweltbezogener Daten abgeschlossen. Durch die Projektpartner wurde entschieden, die 1992 in zwei Replikationen angelegte Serie 237 „Internationaler Herkunftsversuch“ aus 14 Herkünften der Länder Dänemark, Deutschland, Frankreich und Polen, für das Vorhaben AP1 zu verwenden. Bei den ausgewählten Beständen handelt es sich um Stiel- und Trauben-Eichen Bestände der Serie 237.

Eckdaten zum Versuch Unterlüß:

Forstamt:	Unterlüß
Rfö:	Hagen
Abt.:	1151
Größe:	0,92 ha
Bezeichnung des Versuches:	Internationaler Stiel- und Traubeneichen Herkunftsversuch
Pflanzenalter:	3+0 unterschritten
Verband:	2,0 m x 1,0 m
Anlagejahr:	Frühj. 1993
Anzahl der Versuchssorten:	16 Sorten, davon 3 doppelt
Parzellengröße:	12,0 x 15,0 m; 6,0 x 15,0 m
Wiederholungen:	unterschiedlich
Aktenzeichen:	22.202.028

Eckdaten zum Versuch Lauterberg:

Forstamt:	Lauterberg
Rfö:	Zorge
Abt.:	1001
Größe:	0,86 ha
Bezeichnung des Versuches:	Internationaler Stiel- und Traubeneichen Herkunftsversuch
Pflanzenalter:	3+0 unterschritten
Verband:	2,0 m x 1,0 m
Anlagejahr:	Frühj. 1993
Anzahl der Versuchssorten:	16 Sorten, davon 3 doppelt
Parzellengröße:	12,0 x 15,0 m
Wiederholungen:	3
Aktenzeichen:	22.202.029

Versuchsbeschreibung:

Das Versuchsmaterial für diesen Versuch wurde von Sören Madsen, Dänemark eingesammelt und an verschiedene Länder verteilt. An diesem Versuch nahmen außer der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Abt. C

- Dr. Nanson aus Groenendaal in Belgien
- Dr. Stephan vom Inst. F. Forstgenetik in Großhansdorf, Deutschland
- Dr. Sören Madsen aus Lyngby, Dänemark
- Dr. Antoine Kremer von der INRA in Bordeaux, Frankreich
- Dr. Allan Fletcher von der Forestry Commission, Schottland
- Lazlo Szell, Ungarn
- Dr. Hassan Lotfian, Iran
- Dr. H. Fober aus Kornik, Polen
- Herr Polezai, Georgien sowie
- Herr Kizmaz, Türkei

teil.

Ziel des Versuches war es, die großräumige geographische Variation der Baumart Traubeneiche zu untersuchen und deren Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche geographische Verhältnisse zu überprüfen. In der Baumschule wurden Höhenwachstum, Austrieb, Johannistriebbildung, Vegetationsabschluss und Frostschädigung erfasst. Die Versuchsflächen in Sprakensehl und Walkenried haben zum Ziel, das Höhenwachstum, die Ausfälle und die Form der Herkünfte unter unterschiedlichen ökologischen Verhältnissen zu prüfen.

Das Material wurde zum Teil auch im Rahmen eines Eichen-Forschungsprogramms bearbeitet, wo insbesondere phänologische Merkmale und Isoenzyme sowie DNY-Muster untersucht worden sind. Bisher zeigte sich ein deutlicher West-Ost-Trend mit früherem Austrieb der westlichen Herkünfte und deutlich höherer Frostempfindlichkeit dieser Herkünfte.

Blatt-Probennahme:

Ende Juli bis Ende August 2021 fand die Blatt-Probennahme in Lauterberg und Unterlüß für das Jahr 2021 statt. Die NW-FVA unterstützte die HAWK an zwei Terminen vor Ort.

Mittels einer handelsüblichen Wurfbeutelschleuder wurde eine Wurfschnur in die zentrale Lichtkrone des Probestaumes geschossen. Durch anschließend wiederholte Spannung an beiden Enden der Wurfschnur, wurde Reibung am Auflagepunkt der Schnur in der Krone verursacht und Blätter von den Ästen gelöst. Eine zweite Person sammelte die Blätter vom Boden und verstaute 3-4 davon in flüssigem Stickstoff zur Konservierung.

Anfang Mai bis Juni fand die Blatt-Probennahme in Lauterberg und Unterlüß für das Jahr 2022 statt.



Abbildung 1. Saatgut von 2020, gefunden am Standort Lauterberg Ende August 2021.

Anfang September 2022 wurde eine Abschlussbegehung der beiden Versuche durchgeführt, alle Baummarkierungen wurden aus den Versuchen entfernt und der Zustand des Versuches vor der Verwendung für das Projekt DroughtMarkers wiederhergestellt.

1.2 AP 2: Genetische Diversität und Assoziationsstudie – Buche (GAUG)

Die NW-FVA war an AP 2 nicht beteiligt.

1.3 AP 3: Validierung von Assoziationen und Analyse phänotypischer Plastizität durch Experimente unter kontrollierten Bedingungen

AP 3a: Trockenstressexperimente Trauben-Eiche (HAWK, NW-FVA)

Saatgutbeschaffung:

Für den Trockenstressversuch sollten Eichen-Jungpflanzen aus Saatgut gezogen werden, das möglichst aus den Ursprungsbeständen der Herkünfte gesammelt werden sollte, die im AP 1 untersucht wurden. Ersatzweise sollten Eicheln aus standörtlich und klimatisch vergleichbaren Beständen beschafft werden.

Die Bereisung der Versuchsfläche Lauterberg Ende August 2021 ergab, dass dort im Kalenderjahr 2021 kein Saatgut zum Ernten zur Verfügung stand (Fehlmasse). Die Prüfung der Saatgutverfügbarkeit der Versuchsfläche in Unterlüß kam zum selben Ergebnis. Daraufhin wurde im September 2021 versucht Kontakt mit den internationalen Partnern aufzunehmen, um dort nach Saatgut zu fragen.

Einige E-Mail Adressen konnten herausgefunden werden, die Anfragen ergaben jedoch kein Ergebnis, da sich keiner der angeschriebenen Personen zurückmeldete.

Angeschriebene internationale Projektpartner der Serie 237:

- Dr. Stephan vom Inst. F. Forstgenetik in Großhansdorf, Deutschland: stefan.jencsik@thuenen.de
- Dr. Sören Madsen aus Lyngby, Dänemark: sfm@fsl.dk
- Dr. Antoine Kremer von der INRA in Bordeaux, Frankreich: antoine.kremer@inrae.fr
- Dr. H. Fober aus Kornik, Polen: wrchal@man.poznan.pl

Während des Projekttreffens am 28.10.2021 zwischen der NW-FVA und Vertretern der HAWK wurde beschlossen, anstatt Saatgut aus den Herkunftsversuchen, Saatgut aus den schon verwendeten Saatgutbeständen zu beziehen. Dazu wurden weitere Anfragen an die Darren gerichtet, um das fehlende Saatgut der Serie 237 auszugleichen. Eine Alternative zur Saatguternte, die Wildlingswerbung, wurde ebenfalls in Betracht gezogen. Saatgutbeauftragte der Länder Hessen, Niedersachsen, Rheinland Pfalz und Baden Württemberg sowie diverse Baumschulbetriebe wurden angeschrieben. Aufgrund der schlechten Saatgutverfügbarkeit bei Eiche 2021 konnte jedoch kein weiteres Saatgut bestellt werden. Wegen des hohen Arbeitsaufwandes, der hohen Kosten und der fehlenden Infrastruktur, musste von der Wildlingswerbung ebenfalls abgesehen werden.

Nach Absprache mit den Projektpartnern wurde als letzte Lösung auf die verfügbaren dreijährigen Pflanzen aus der Baumschule der NW-FVA aus dem Jahr 2018 zurückgegriffen. Das Saatgut, welches zur Anzucht der Eichensämlinge für den Trockenstressversuch 2022 der HAWK verwendet wurde, ist bei den jeweiligen Staatsdarren 2018 angefragt und nach einer Verfügbarkeitsprüfung bestellt worden. Beerntet wurden ganze Bestände als Bestandesabsaaten.

Jungpflanzenanzucht (120 Stk. für den Trockenstressversuch der HAWK):

Das Saatgut wurde in den jeweiligen Darren wärmebehandelt und im Herbst 2017 ausgeliefert. Nach Lagerung im Baumschulsubstrat Kleeschulte (Abbildung 8) über den Winter 2017/2018 und anschließender Stratifikation, wurde jede Herkunft in dafür vorbereitete Saatbeet-Kästen aus Beton ausgesät.

Standort der Sämlinge war der Weserkamp der NW-FVA in Vaake.

Die Eichensämlinge wurden über die Jahre 2018, 2019, 2020 und 2021 regelmäßig von jeglicher Begleitvegetation befreit, gegebenenfalls gewässert und gedüngt. 2020 fand eine Evaluierung der Herkünfte statt (Tabelle 1, Abbildung 3, Abbildung 4).

Für eine Verwendung der Sämlinge für den Trockenstressversuch kamen nur die Herkünfte Unterlüß (NI), Liebenburg (NI), Dassel (NI), Rüdesheim (BW) und Johanniskreuz 1 (RP) in Frage, da von den anderen Herkünften zu wenig Sämlinge zur Verfügung standen.

Bei einem Projekttreffen am 28.10.2021 wurden alle 10 Herkünfte gesichtet und das weitere Vorgehen im Projekt festgelegt.

KLEESCHULTE Topfs substrat mineralisch

Nährstofftabelle:

Nährstoff	Wert
pH-Wert (Ca 2+)	5,6
Ca	1,5 g/l
K	328 mg/l
Mg	120 mg/l
N	328 mg/l
P	120 mg/l
K	120 mg/l

Produktbeschreibung:
Kleeschulte Topfs substrat mineralisch wurde für ein freies Baumschul- und Staudensortiment in der Containeranzucht und Topfgrößen ab 2 l entwickelt.

- Die Kleeschulte Substratpflanze topora® in RAL-gelbesicherter Qualität sichert eine gute Wiederbegrünung sowie Struktur- und Stabilität und unterdrückt die Lebermoosbildung. topora® sorgt durch gutes Porenverhalten auch bei längeren Kulturdauern der Pflanzen für ausreichend Luft im Wurzelbereich.
- Der RAL-gelbesicherte Rindorfhumus wirkt mit seiner Pufferkapazität pH-Wertschwankungen entgegen.
- Hochwertiger Wolfort sichert einen verlässlichen pH-Wert bei guter Wasserspeicherung und verlässlicher Standfestigkeit.
- Der mineralische Anteil an gebranntem Bioton verhindert auch bei häufigen Gießintervallen das Verschieben der Substratoberfläche.
- Das Kleeschulte Topfs substrat mineralisch ist mit allen Haupt- und Spurennährstoffen versorgt und bietet eine Zusatzversorgung mit wertvollem Eisenchelat.

Kleeschulte Topfs substrat mittel und groß sind ebenfalls im Sortiment verfügbar.

garantiert strukturstabil durch Kleeschulte topora® und hochwertige mineralische Komponenten
mit Langzeit- und Mikronährstoffdünger sowie hochwertigem Eisenchelat
optimales Blatt- und Wurzelwachstum

Kleeschulte Erden GmbH & Co. KG
Brücker Straße 14
D-59602 Rüthen

Fon: +49 (0) 29 52 97 25-0
Fax: +49 (0) 29 52 97 25-18
erden@kleeschulte.de
www.kleeschulte-erden.de

Abbildung 2. Nährstofftabelle Baumschulsubstrat (Kleeschulte)

Tabelle 1: Zustandserfassung der Eichensämlinge, Stand 01.09.2020.

Herkunftsgebiet (HKG)	HKG-Nr.	Ernteforstamt /-ort	Reg.-Nr.	Anzahl	Höhe (cm)
region of provenance (HKG)		location of seed stand		number	height (cm)
Pfälzerwald	08	Wasgau	072 81808 107 2	20	12
Pfälzerwald	08	Johanniskreuz	074 81808 009 4	80	12
Pfälzerwald	08	Johanniskreuz	072 81808 001 4	15	10
Rheinisches u. Saarbergland	06	Rüdesheim ¹⁾	061 81806 067 2	150	20
Heide und Altmark	03	Unterlüß ²⁾	034 81803 663 2	200	12
Harz, Weser- u. Hess. Bergland außer Spessart	07	Dassel	034 81807 012 2	200	22
Harz, Weser- u. Hess. Bergland außer Spessart	07	Liebenburg	031 81807 001 4	300	20
Süddt. Mittelgebirgsland sowie Alpen	13	Kandern	083 81813 007 2	0	
Süddt. Mittelgebirgsland sowie Alpen	13	Reutlingen	084 81813 508 2	25	5
Fränkisches Hügelland	11	Main-Taunus-Kreis	081 81811 002 2	0	

¹⁾ SHKt Rheingau ²⁾ SHK Heideeiche

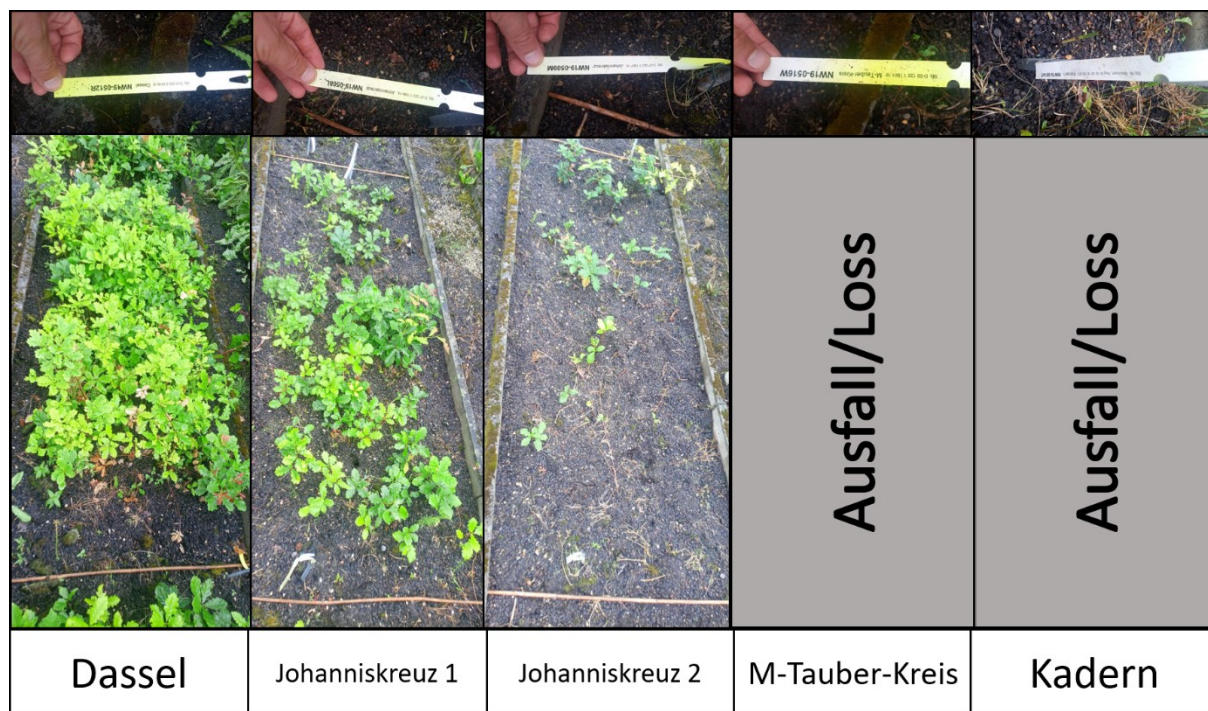


Abbildung 3. Vergleich der Prüfglieder Dassel, Johanniskreuz 1 & 2, Main-Taunus-Kreis und Kandern (Sämlinge aus dem Kamp, Vaake).

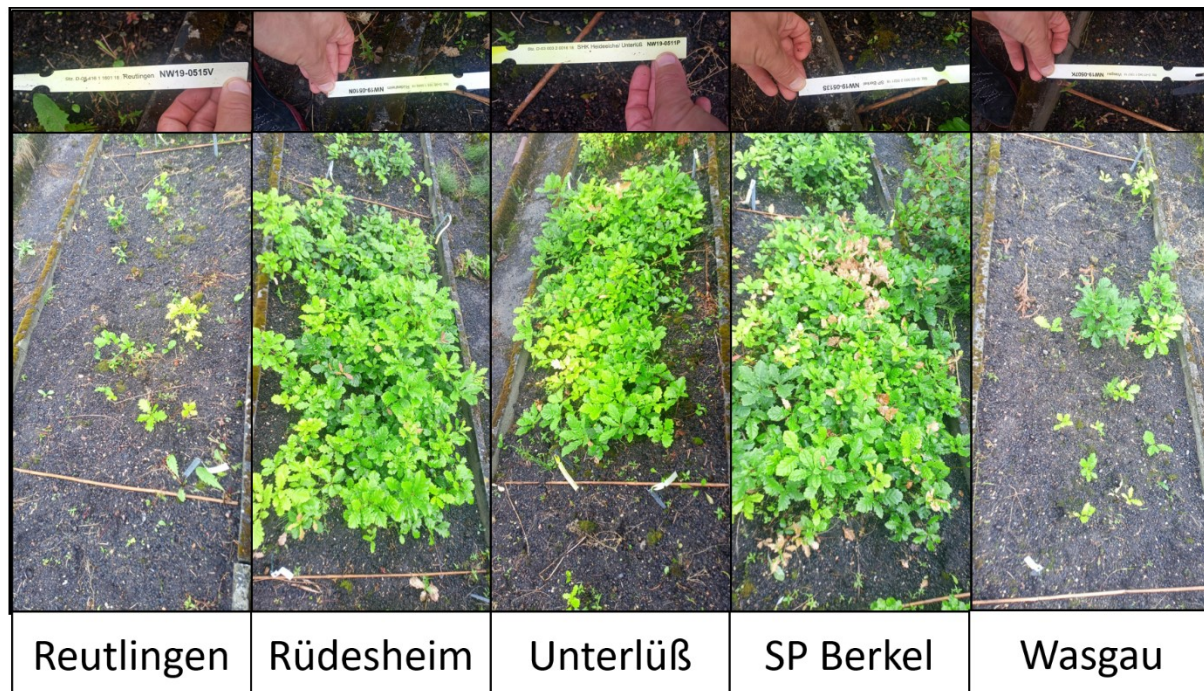


Abbildung 4. Vergleich der Prüfglieder Reutlingen, Rüdesheim, Unterlüß, SP Berkel (Liebenburg) und Wasgau (Sämlinge aus dem Kamp, Vaake).

Bestandes- und Klimadaten der Herkunftsbestände, deren Saatgut für den Trockenstressversuch verwendet wurde:

Abbildung 2 zeigt die deutschen Herkunftsgebiete der Trauben-Eiche sowie die geografische Lage der Saatguterntebestände Unterlüß, Liebenburg, Dassel, Rüdesheim und Johanniskreuz. Aus diesen Herkunftsbeständen wurde Saatgut für den Trockenstressversuch verwendet. Die Koordinaten der Bestände stammen aus den Ernteregistern der Bundesländer, sind allerdings teils sehr ungenau (wie auf den Abbildungen 6-10 zu sehen) und geben nur die ungefähre Lage des Bestandes an.

Um eine klimatische Einordnung der Bestände vornehmen zu können, wurden Klimadaten der Messstationen des DWD verwendet, welche sich am nächsten zu den angegebenen Koordinaten der jeweiligen Bestände befanden. Bei den Messwerten handelt es sich um Monatsdaten (Mittelwerte) des Niederschlags (m_precipitation) und der Temperatur (m_temperature).

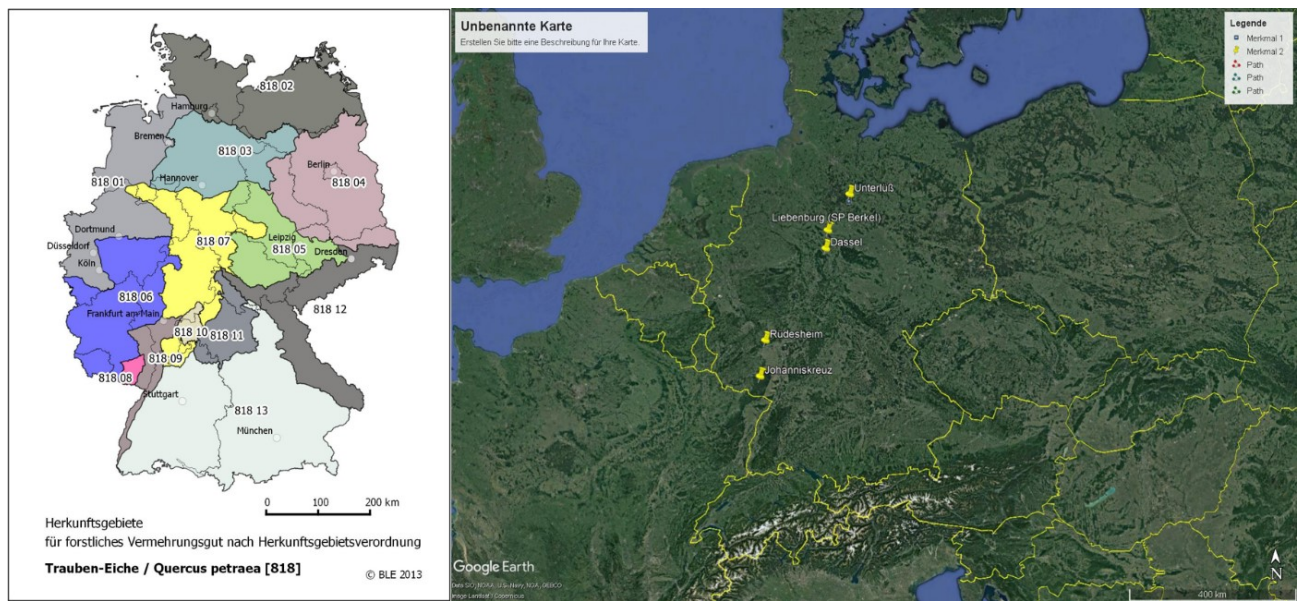


Abbildung 5. Übersicht über die Herkunftsgebiete der Trauben-Eiche und deren Zahlencode (links) sowie die geografische Lage der Saatguterntebestände Unterlüß, Liebenburg, Dassel, Rüdesheim und Johanniskreuz (rechts).

Saatguterntebestand Unterlüß

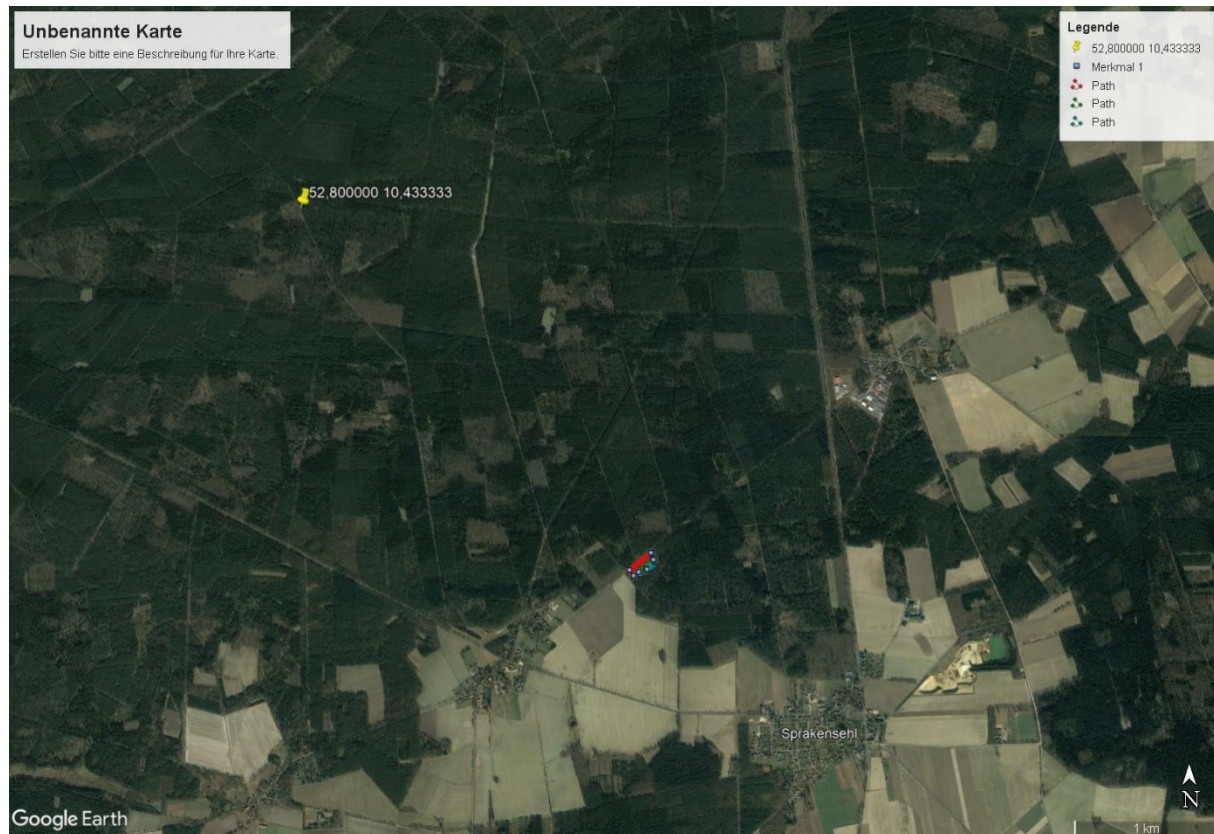


Abbildung 6. Geografische Lage des Erntebestandes Unterlüß.

Eckdaten des Bestandes:

Nummer Herkunftsgebiet: 81803
 Name Herkunftsgebiet: Heide und Altmark
 Registernummer: 34818036632
 Name der Staatsdarre: Oerrel
 Bundesland: Niedersachsen

Koordinaten:

Latitude	Longitude
52,800000	10,433333

Tabelle 2. Klimadaten von Januar 2018 bis Dezember 2021 für den Erntebestand Unterlüß.

station_key	m_year	m_month	m_precipitation	m_temperature
1339	2018	1	85,6	2,89
1339	2018	2	10,2	-2,45
1339	2018	3	51,5	1,43
1339	2018	4	77,6	11,29
1339	2018	5	2,3	16,1
1339	2018	6	24,7	17,59
1339	2018	7	35,7	19,87
1339	2018	8	no value	18,95
1339	2018	9	25,1	14,27
1339	2018	10	26,1	10,1
1339	2018	11	14,8	4,81
1339	2018	12	83,9	4,61

1339	2019	1	60,4	1,41
1339	2019	2	19,6	4,09
1339	2019	3	74,3	6,53
1339	2019	4	20,1	9,46
1339	2019	5	29,8	10,97
1339	2019	6	39,9	19,8
1339	2019	7	39,8	18,23
1339	2019	8	47,4	18,6
1339	2019	9	70,3	13,39
1339	2019	10	110,2	10,34
1339	2019	11	63,7	5,06
1339	2019	12	54,9	3,97
1339	2020	1	37,4	4,36
1339	2020	2	126	5,34
1339	2020	3	57,5	4,94
1339	2020	4	25,1	9,21
1339	2020	5	26,5	11,51
1339	2020	6	74,9	17,48
1339	2020	7	64	16,38
1339	2020	8	38,9	20,12
1339	2020	9	37,8	13,81
1339	2020	10	61,4	10,41
1339	2020	11	26,1	6,72
1339	2020	12	49,4	3,42
1339	2021	1	57,8	0,78
1339	2021	2	no value	0,34
1339	2021	3	44,1	4,39
1339	2021	4	40,2	5,73
1339	2021	5	94,9	10,83
1339	2021	6	78,2	18,98
1339	2021	7	93,5	18,7
1339	2021	8	83,5	16,17
1339	2021	9	63,5	14,82
1339	2021	10	40,6	10,1
1339	2021	11	0,1	8,55

Saatguterntebestand Rüdesheim



Abbildung 7. Geografische Lage des Erntebestandes Rüdesheim.

Eckdaten des Bestandes:

Nummer Herkunftsgebiet: 81806
 Name Herkunftsgebiet: Rheingau
 Registernummer: 61818060672
 Name der Staatsdarre: Hanau
 Bundesland: Baden Württemberg

Koordinaten:

Latitude	Longitude
50,000000	7,900000

Tabelle 3. Klimadaten von Januar 2018 bis Dezember 2021 für den Erntebestand Rüdesheim.

station_key	m_year	m_month	m_precipitation	m_temperature
1580	2018	1	69,3	6,14
1580	2018	2	10	0,25
1580	2018	3	38,7	4,85
1580	2018	4	19,4	14,04
1580	2018	5	79,9	17,5
1580	2018	6	66,5	19,97
1580	2018	7	8,2	22,85
1580	2018	8	30	21,49
1580	2018	9	29,6	16,48
1580	2018	10	7	12,22
1580	2018	11	25,4	7,07
1580	2018	12	86	4,89

1580	2019	1	45,9	2,52
1580	2019	2	16,1	4,86
1580	2019	3	29,4	8,35
1580	2019	4	40,7	11,33
1580	2019	5	64,7	13,01
1580	2019	6	20,9	21,24
1580	2019	7	41,9	21,25
1580	2019	8	40,8	20,75
1580	2019	9	30,2	15,77
1580	2019	10	46,7	11,86
1580	2019	11	40,5	6,14
1580	2019	12	53,1	4,53
1580	2020	1	11,6	4,41
1580	2020	2	78,4	6,53
1580	2020	3	38,7	7,63
1580	2020	4	11,6	12,91
1580	2020	5	34,2	14,38
1580	2020	6	37,8	18,47
1580	2020	7	11,4	20,39
1580	2020	8	47,7	22,2
1580	2020	9	20,9	17,15
1580	2020	10	45,7	11,29
1580	2020	11	11,2	6,77
1580	2020	12	69,3	4,48
1580	2021	1	50,4	2,6
1580	2021	2	52,1	3,68
1580	2021	3	21,8	6,67
1580	2021	4	25,1	8,19
1580	2021	5	44,5	11,93
1580	2021	6	62,6	20,71
1580	2021	7	81	19,22
1580	2021	8	39,2	18,12
1580	2021	9	30,1	16,76
1580	2021	10	26,3	10,22
1580	2021	11	8,8	8,65

Saatguterntebestand Johanniskreuz 1

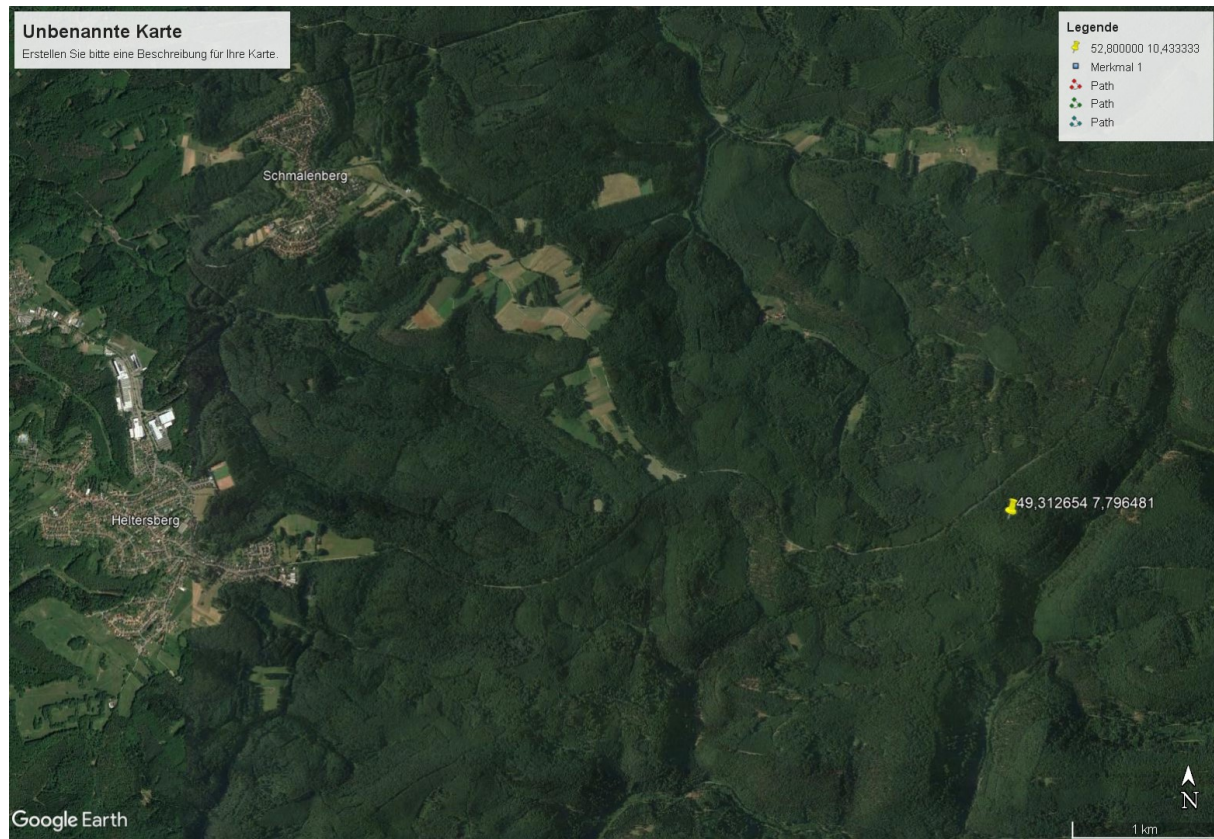


Abbildung 8. Geografische Lage des Erntebestandes Johanniskreuz 1.

Eckdaten des Bestandes:

Nummer Herkunftsgebiet: 81808
 Name Herkunftsgebiet: Pfälzerwald
 Registernummer: 074 81808 009 4
 Name der Staatsdarre: Genressourcenzentrum Trippstadt
 Bundesland: Rheinland Pfalz

Koordinaten:

Latitude	Longitude
49,312654	7,796481

Tabelle 4. Klimadaten von Januar 2018 bis Dezember 2021 für den Erntebestand Johanniskreuz 1.

station_key	m_year	m_month	m_precipitation	m_temperature
2486	2018	1	128,4	5,49
2486	2018	2	13,7	-0,77
2486	2018	3	41,7	4,03
2486	2018	4	30,5	13,21
2486	2018	5	108,9	15,89
2486	2018	6	81,5	18,8
2486	2018	7	41,6	21,31
2486	2018	8	40,7	20,23
2486	2018	9	27	15,43
2486	2018	10	11,1	10,9
2486	2018	11	30,3	6,35
2486	2018	12	111,5	4,16

2486	2019	1	52,9	1,19
2486	2019	2	23,5	4,43
2486	2019	3	75,4	7,28
2486	2019	4	46,9	9,84
2486	2019	5	76,6	11,83
2486	2019	6	31,4	20,15
2486	2019	7	35,1	20,46
2486	2019	8	27,7	19,99
2486	2019	9	43,6	14,78
2486	2019	10	95,5	11,69
2486	2019	11	74,8	5,25
2486	2019	12	95,5	4,16
2486	2020	1	34,4	4,02
2486	2020	2	134,5	6,12
2486	2020	3	49,4	6,4
2486	2020	4	14,2	12,09
2486	2020	5	49,2	13,39
2486	2020	6	49,7	17,35
2486	2020	7	34,4	19,63
2486	2020	8	50,6	20,98
2486	2020	9	33,9	16,12
2486	2020	10	71,5	10,66
2486	2020	11	26,8	6,17
2486	2020	12	91,6	4,28
2486	2021	1	64,3	1,74
2486	2021	2	56,9	3,68
2486	2021	3	50,4	5,72
2486	2021	4	20,6	7,15
2486	2021	5	93,3	11,23
2486	2021	6	68	19,61
2486	2021	7	97,8	18,42
2486	2021	8	55,5	17,27
2486	2021	9	28,4	15,8
2486	2021	10	57,3	9,77
2486	2021	11	14,6	8,75

Saatguterntebestand Liebenburg

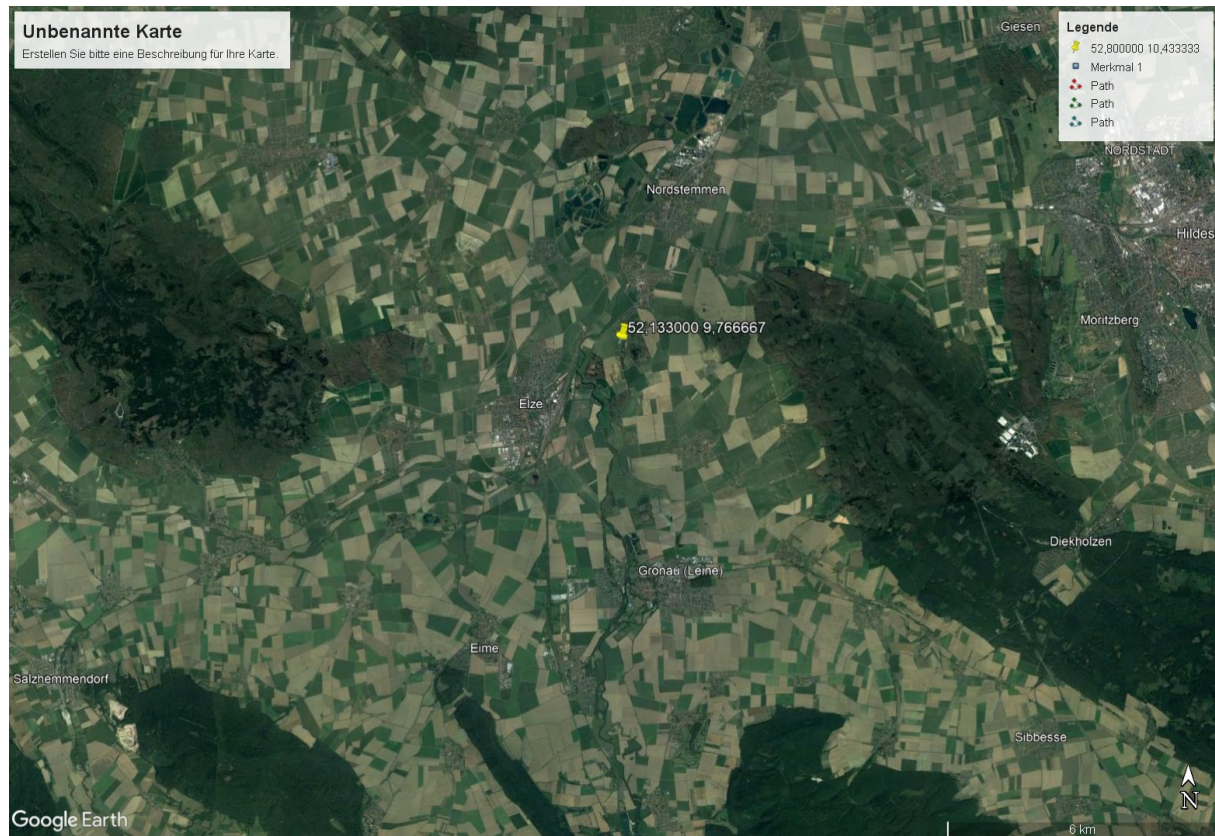


Abbildung 9. Geografische Lage des Erntebestandes Liebenburg.

Eckdaten des Bestandes:

Nummer Herkunftsgebiet: 81807
 Name Herkunftsgebiet: Harz, Weser- und hessisches Bergland außer Spessart
 Registernummer: 31818070014
 Name der Staatsdarre: Oerrel
 Bundesland: Niedersachsen

Koordinaten:

Latitude	Longitude
52,133000	9,766667

Tabelle 5. Klimadaten von Januar 2018 bis Dezember 2021 für den Erntebestand Liebenburg.

station_key	m_year	m_month	m_precipitation	m_temperature
7099	2018	1	72,4	3,91
7099	2018	2	14,7	-1,44
7099	2018	3	52,2	2,21
7099	2018	4	45,5	12,81
7099	2018	5	44,1	16,19
7099	2018	6	21,1	17,66
7099	2018	7	29,5	20,7
7099	2018	8	20,6	20,29
7099	2018	9	37,1	15,67
7099	2018	10	14,3	11,53
7099	2018	11	15,7	5,8
7099	2018	12	86,3	4,87

7099	2019	1	67,4	1,21
7099	2019	2	14,5	5,79
7099	2019	3	58,7	7,15
7099	2019	4	33,4	9,48
7099	2019	5	95,3	11,04
7099	2019	6	65,7	19,74
7099	2019	7	80,7	18,34
7099	2019	8	35,8	19,91
7099	2019	9	35,1	14,29
7099	2019	10	85,5	11,65
7099	2019	11	34,1	5,52
7099	2019	12	34,3	5,06
7099	2020	1	22,1	4,86
7099	2020	2	112,9	5,98
7099	2020	3	51,3	5,55
7099	2020	4	17,3	10,52
7099	2020	5	36,5	11,66
7099	2020	6	76,6	17,25
7099	2020	7	28,4	17,27
7099	2020	8	36,5	20,65
7099	2020	9	39,1	15,48
7099	2020	10	66,7	11,23
7099	2020	11	3,3	7,39
7099	2020	12	22,9	4,41
7099	2021	1	54,6	1,03
7099	2021	2	57,2	2,26
7099	2021	3	37	5,38
7099	2021	4	39,5	5,99
7099	2021	5	71,2	11,28
7099	2021	6	79,4	19,18
7099	2021	7	12,7	-9999
7099	2021	8	94,8	16,75
7099	2021	9	10,5	15,5
7099	2021	10	0,2	16,73

Saatguterntebestand Dassel



Abbildung 10. Geografische Lage des Erntebestandes Dassel.

Eckdaten des Bestandes:

Nummer Herkunftsgebiet: 81807
 Name Herkunftsgebiet: Harz, Weser- und hessisches Bergland außer Spessart
 Registernummer: 34818070122
 Name der Staatsdarre: Oerrel
 Bundesland: Niedersachsen

Koordinaten:

Latitude	Longitude
51,766667	9,733333

Tabelle 6. Klimadaten von Januar 2018 bis Dezember 2021 für den Erntebestand Dassel.

station_key	m_year	m_month	m_precipitation	m_temperature
3348	2018	1	139,3	3,29
3348	2018	2	12,5	-2,09
3348	2018	3	53,9	2,13
3348	2018	4	32,2	12,13
3348	2018	5	23,5	15,87
3348	2018	6	12,5	17,38
3348	2018	7	68,1	19,99
3348	2018	8	30,4	19,24
3348	2018	9	32,7	14,42
3348	2018	10	24,9	10,15
3348	2018	11	19,6	4,9
3348	2018	12	137,4	3,89

3348	2019	1	87,9	0,59
3348	2019	2	25	3,71
3348	2019	3	96,3	6,27
3348	2019	4	36,7	8,92
3348	2019	5	98,9	10,51
3348	2019	6	59,5	18,32
3348	2019	7	no value	no value
3348	2019	8	no value	no value
3348	2019	9	no value	no value
3348	2019	10	no value	no value
3348	2019	11	no value	no value
3348	2019	12	no value	no value
3348	2020	1	no value	no value
3348	2020	2	no value	no value
3348	2020	3	no value	no value
3348	2020	4	no value	no value
3348	2020	5	no value	no value
3348	2020	6	no value	no value
3348	2020	7	19,4	no value
3348	2020	8	85,8	19,31
3348	2020	9	22,1	no value
3348	2020	10	85,9	10,12
3348	2020	11	12,5	5,95
3348	2020	12	no value	3,47
3348	2021	1	77	0,48
3348	2021	2	66	0,41
3348	2021	3	55,3	4,55
3348	2021	4	53,9	5,62
3348	2021	5	78,5	10,4
3348	2021	6	49,7	18,48
3348	2021	7	73,5	17,59
3348	2021	8	80,8	15,9
3348	2021	9	13,4	14,73
3348	2021	10	31,7	9,27
3348	2021	11	0,8	8,15

Etablierung des Trockenstressversuchs:

Während des Projekttreffens am 28.10.2021 in Hann. Münden zwischen der NW-FVA und der Arbeitsgruppe um Prof. Dr. Wildhagen, wurde beschlossen, die Pflanzen in einer Mischung aus 50 % Baumschulsubstrat und 50 % Sand (zusammengesetzt aus 50 % 0,4-0,8 mm Filtersand und 50 % 0,71-1,25 mm Filtersand) in Töpfe zu verpflanzen und zur Lagerung über den Winter an den Standort der HAWK zu transportieren.

Die Auswahl der Töpfe fiel auf das Format 16x16x23 cm der Firma Bamaplast (<https://www.bamaplast.it/en/product-details/nursery/quadro-with-grid-bottom>; quadratischer Topf mit Antispiralsystem und Gitterboden, geeignet für den Anbau von Forstpflanzen und Obstpflanzen; verfügbare Farben: schwarz).

Das Verpflanzen der Prüfglieder wurde am 22.11.2021 in Hann. Münden durchgeführt. Es wurde entschieden, die Pflanzen vor dem Austrieb einem Düngeverfahren zu unterziehen. Ende März 2022 wurde vor dem Austrieb eine Düngung mit Blaukorn vorgenommen (NPK 12-12-17 + 2 MO). Durch die Zugabe von 5 g Triferto-Blaukorn-Düngemittel wurden jedem Topf 600 mg N/l, 600 mg P205/l, 850 mg K20/l und 100 mg Mg/l zugeführt. Diese Maßnahme sollte die durch die Sandmischung dezimierte Nährstoffverfügbarkeit des Substrates ausgleichen und ein ungestörtes Austriebsverhalten der Pflanzen sichern.

Das Ausheben der Pflanzen aus den Beetkästen erfolgte am 19.11.2021, die Pflanzen wurden in Pflanztüten von Vaake nach Hann. Münden transportiert und dort bis zum Topfen im Kühlraum gelagert.

Das Umtopfen der Versuchspflanzen in die Substrat-Sandmischung erfolgte am 22.11.2021 und 23.11.2021. Vor dem Topfen wurden die wurzelnackten Pflanzen gesichtet und repräsentative Exemplare ausgewählt (Abbildung 11). Die Wurzeln wurden bei Überlänge (die Größe des Topfes übersteigend) mit einer scharfen Astschere (Bypass) eingekürzt.



Abbildung 11. Repräsentative Auswahl je Herkunft, kurz vor dem Topfen.

Eckdaten zur Sand- /Substratmischung:

- Bedarf Quarzsand für Topfungen Eichen DroughtMarkers
- 325 Pflanzen, 5 L Töpfe → 1.625 L
- 50% „Erde“
- 50% „Sand“, i.e. 820 L
- Schüttdichte ~ 1.7 kg/L (Schätzungen aus Polle-Zeit) → 820 L * 1.7 kg/L = 1.400 Kg,
- davon 700 kg Filtersand 0.4 – 0.8 mm, 700 kg/25 Kg Sack-1 = 30 Säcke

Nährstoffgehalte Topfsubstrat Kleeschulte:

- pH-Wert (Ca Cl₂): 6,0
- Salzgehalt: 1,5 g/l
- N ges.: 320 mg/l
- P₂O₅: 120 mg/l
- K₂O: 350 mg/l
- Mg: 120 mg

Arbeits-/Materialliste für das Topfen der Kamp-Pflanzen:

- Topfmenge = 65 Pflanzen/Herkunft x 5 Herkünfte → 325 Pflanzen = 325 Töpfe
- Topftyp = Antispiralling Quadro ; 16x16x23; 4,8 Liter
- Topfsubstrat: 4,5 l x 325 Töpfe = 1462,5 l → 1,46 m³
- Filtersand zwei unterschiedlicher Schüttdichten (Korngrößen)
- 325 Schlaufen-Etiketten (5 Herkünfte, 5 Farben)
- Transportboxen (ca. 55 Stk.)
- Schubkarre
- Arbeitstisch
- Gießkanne oder Wasserschlauch
- Astschere (Wurzelschnitt Bypass)
- Betonmischer zum Anfertigen der Sand-Substrat-Mischung
- Speiskübel
- Eimer
- Messbecher



Abbildung 12. Arbeitsplatzvorbereitung für die Herstellung der Substratmischung.



Abbildung 13. Unbehandeltes Substrat (links) und daraus erzeugtes Mischsubstrat mit 50 % Sandanteil (rechts).

Düngung am Standort der HAWK:

Die Versuchspflanzen wurden vor dem Austrieb einem Düngeverfahren unterzogen. Ende März 2022 erfolgte vor dem Austrieb eine Düngung in Form von Blaukorn (NPK 12-12-17 + 2 MO) nach folgender Empfehlung der Baumschule.

Nährstoffgehalte für 1 Liter Topfsubstrat nach Tabelle KleeSchulte:

- pH-Wert: 6,0
- Salzgehalt: 1,5 g/l
- N ges: 320,0 mg/l
- P₂O₅: 120,0 mg/l
- K₂O: 350,0 mg/l
- Mg: 120,0 mg/l

Nährstoffgehalte für 4,5 Liter Topfsubstrat nach Tabelle KleeSchulte (empfohlene Menge):

- pH-Wert: 6,0
- Salzgehalt: 6,8 g/l
- N ges: 1440,0 mg/l
- P₂O₅: 540,0 mg/l
- K₂O: 1575,0 mg/l
- Mg: 540,0 mg/l

Nährstoffgehalte für 4,5 Liter Topfsubstrat in 50% Sandmischung:

- pH-Wert: 6,0
- Salzgehalt: 3,4 g/l
- N ges: 720,0 mg/l
- P₂O₅: 270,0 mg/l
- K₂O: 787,5 mg/l
- Mg: 270,0 mg/l

Zunächst wurde die Nährstoffverfügbarkeit der fertigen Sand-Substrat-Mischung kalkuliert. Aus der Hochrechnung der Nährstoffgehalte des Baumschulsubstrates in Reinform und dem ermittelten Nährstoff-Defizit der Sand-Substrat-Mischung konnte eine Düngemittelmenge abgeleitet werden.

In 1 g Blaukorn (NPK 12-12-17 + 2 MO) sind 12 % N enthalten, also 0,12 g. Das entspricht 120 mg N/g Blaukorn. Um auf die Düngeempfehlung der Baumschule zu kommen wurde eine Blaukornmenge von 4,5 g zzgl. 10 % (wegen erhöhter Auswaschungsprozesse aufgrund des Sandes (0,5 g)), d.h. insgesamt 5 g pro Topf zugeführt.

Zugeführte Nährstoffe in 5 g Blaukorndünger:

- 600 mg N/l
- 600 mg P₂O₅/l
- 850 mg K₂O/l
- 100 mg Mg/l

Zum Zeitpunkt der Düngung am Standort der HAWK am 11.04.2022, befanden sich die Knospen noch im geschlossenen Stadium.

Wasserspeicherkapazitätsmessung:

Vom 03.11.2021 bis zum 18.11.2021 wurde ein Wasserspeicherkapazitätsversuch für das verwendete Baumschulsubstrat durchgeführt. Ziel war es, das Substrat auf seine Wasserspeicherkapazität in drei unterschiedlichen Topfgrößen zu testen. Die Leergewichte der drei Töpfe (5 Liter, 2 Liter, 2 Liter Gitter) betrugen 130 g, 85 g und 80 g. Durchgeführt wurde der Versuch mit dem Trime Pico Feuchtemessgerät in Kombination mit dem Pico BT (Bluetooth) Empfänger.



Abbildung 14. Trime Pico Feuchtemessgerät (links) und Pico BT (Bluetooth) Empfänger (rechts). Quellen: <https://www.directindustry.de/prod/imko-micromoduletechnik/product-41337-422558.html>; https://www.imko.de/wp-content/uploads/2021/02/2020_08_14_Manual_TRIME-PICO64-32_final.pdf

Tabelle 7. Wasserspeicherkapazitätsdaten: Gewicht (kg) der Töpfe T1 (5l), T2 (2l) und T3 (2l, Gitter).

Datum	Uhrzeit	T1 Gewicht, kg (5l)		T2 Gewicht, kg, (2l)		T3 Gewicht, kg (2l, Gitter)	
03.11.2021	14:50	T1.1/	2,575	T2.2/	1,365	T3.1/	1,325
03.11.2021	14:50	T1.2/	2,475	T2.2/	1,410	T3.2/	1,370
03.11.2021	14:50	T1.3/	2,585	T2.3/	1,425	T3.3/	1,330
04.11.2021	12:00	T1.1/	2,320	T2.2/	1,200	T3.1/	1,100
04.11.2021	12:00	T1.2/	2,210	T2.2/	1,220	T3.2/	1,105

04.11.2021	12:00	T1.3/	2,270	T2.3/	1,330	T3.3/	1,080
05.11.2021	12:00	T1.1/	2,065	T2.2/	1,000	T3.1/	0,880
05.11.2021	12:00	T1.2/	1,950	T2.2/	1,035	T3.2/	0,890
05.11.2021	12:00	T1.3/	1,975	T2.3/	1,065	T3.3/	0,855
08.11.2021	11:00	T1.1/	1,375	T2.2/	0,655	T3.1/	0,515
08.11.2021	11:00	T1.2/	1,320	T2.2/	0,710	T3.2/	0,535
08.11.2021	11:00	T1.3/	1,310	T2.3/	0,645	T3.3/	0,525
09.11.2021	14:40	T1.1/	1,220	T2.2/	0,580	T3.1/	0,475
09.11.2021	14:40	T1.2/	1,165	T2.2/	0,630	T3.2/	0,500
09.11.2021	14:40	T1.3/	1,170	T2.3/	0,570	T3.3/	0,500
11.11.2021	14:50	T1.1/	1,035	T2.2/	0,510	T3.1/	0,465
11.11.2021	14:50	T1.2/	0,995	T2.2/	0,550	T3.2/	0,495
11.11.2021	14:50	T1.3/	1,025	T2.3/	0,510	T3.3/	0,500
12.11.2021	08:45	T1.1/	0,985	T2.2/	0,505	T3.1/	0,465
12.11.2021	08:45	T1.2/	0,950	T2.2/	0,540	T3.2/	0,495
12.11.2021	08:45	T1.3/	1,005	T2.3/	0,505	T3.3/	0,495
18.11.2021	08:00	T1.1/	0,915	T2.2/	/	T3.1/	/
18.11.2021	08:00	T1.2/	0,915	T2.2/	/	T3.2/	/
18.11.2021	08:00	T1.3/	0,990	T2.3/	/	T3.3/	/

Tabelle 8. Wasserspeicherkapazitätsdaten: Feuchtemessung (%) der Töpfe T1 (5l), T2 (2l) und T3 (2l, Gitter).

Datum	Uhrzeit	T1 Feuchtemessung, % (5l)		T2 Feuchtemessung, % (2l)		T3 Feuchtemessung, % (2l, Gitter)	
08.11.2021	12:00	T1.1/	7,20	T2.2/	5,99	T3.1/	2,84
08.11.2021	12:00	T1.2/	8,08	T2.2/	6,54	T3.2/	3,81
08.11.2021	12:00	T1.3/	7,53	T2.3/	5,26	T3.3/	1,81
09.11.2021	15:15	T1.1/	6,23	T2.2/	4,77	T3.1/	0,00
09.11.2021	15:15	T1.2/	9,37	T2.2/	4,87	T3.2/	0,00
09.11.2021	15:15	T1.3/	6,73	T2.3/	3,49	T3.3/	0,00
11.11.2021	15:00	T1.1/	4,49	T2.2/	0,00	T3.1/	0,00
11.11.2021	15:00	T1.2/	5,50	T2.2/	0,00	T3.2/	0,00
11.11.2021	15:00	T1.3/	0,00	T2.3/	0,00	T3.3/	0,00
12.11.2021	08:30	T1.1/	0,00	T2.2/	0,00	T3.1/	0,00
12.11.2021	08:30	T1.2/	0,00	T2.2/	0,00	T3.2/	0,00
12.11.2021	08:30	T1.3/	0,00	T2.3/	0,00	T3.3/	0,00

Am 18.11.2021 konnte die Wasserspeicherkapazitätsmessung abgeschlossen werden. Die so gewonnenen Daten wurden dem Projektpartner für die folgende Auswertung des Trockenstressversuches zur Verfügung gestellt. Mit der Übergabe der Versuchspflanzen in das Winterlager der HAWK im Dezember 2021, endeten die Arbeiten im Teilbereich der NW-FVA. Unterstützt wurde die HAWK weiterhin bei aufkommenden Fragestellungen und abschließend bei der Düngung der Versuchspflanzen im April 2022.

AP 3b: Trockenstressexperimente Rot-Buche (GAUG)

Die NW-FVA war an AP 3b nicht beteiligt.

1.4 AP 4: Vergleichende Analyse von genetischer Differenzierung, SNP-Phänotyp-Assoziationen und phänotypischer Plastizität zwischen Rot-Buchen und Trauben-Eichen (HAWK)

Die NW-FVA war an AP 4 nicht beteiligt

2. Verwertung

Die Ergebnisse des Projektes können dazu beitragen, geeignete Herkünfte zur Steigerung der Anpassungsfähigkeit und Ertragsleistung von Wäldern auszuwählen. Sie können für weiterführende Forschungen an Herkünften, deren Eigenschaften auf eine höhere Trockenheitstoleranz hindeuten, verwendet werden.

Eine weitere sehr interessante Möglichkeit der waldbaulichen Verwertung der Ergebnisse zur Trauben-Eiche kann darin bestehen, die in den letzten Jahren im Rahmen der WKF-Projekte FitForClim und AdaptForClim ausgewählten und gesicherten Plusbäume mit den hier zu entwickelnden Markern zu charakterisieren. Darauf aufbauend ist der Aufbau von Samenplantagen aus Bäumen mit besonders hohen Anteilen an Trockenstressmarkern möglich. Mit den im Rahmen dieses Projekts zu untersuchenden Beständen und zu entwickelnden Markern wird auch die Option für die Anlage neuer Nachkommenschaftsprüfungen (NKP) geschaffen.

3. Erkenntnisse von Dritten

Es liegen keine Erkenntnisse (die Auswahl des Versuches oder die Anzucht der Pflanzen betreffend) vor.

4. Veröffentlichungen

Im Rahmen von Veranstaltungen an der NW-FVA werden mögliche Ergebnisse der Forstpraxis im direkten Austausch vermittelt bzw. mitgeteilt. Diese können verwendet werden, um die Auswahl von Genotypen und Herkünften, die besonders an bestimmte Umweltbedingungen angepasst sind, zu erleichtern und die Entwicklung von Strategien für das Management und die Bewahrung von Eichenwäldern zu unterstützen

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Saatgut von 2020, gefunden am Standort Lauterberg Ende August 2021.	6
Abbildung 2. Nährstofftabelle Baumschulsubstrat (Kleeschulte)	8
Abbildung 3. Vergleich der Prüfglieder Dassel, Johanniskreuz 1 & 2, Main-Taunus-Kreis und Kändern (Sämlinge aus dem Kamp, Vaake).	9
Abbildung 4. Vergleich der Prüfglieder Reutlingen, Rüdesheim, Unterlüß, SP Berkel (Liebenburg) und Wasgau (Sämlinge aus dem Kamp, Vaake).	9
Abbildung 5. Übersicht über die Herkunftsgebiete der Trauben-Eiche und deren Zahlencode (links) sowie die geografische Lage der Saatguterntebestände Unterlüß, Liebenburg, Dassel, Rüdesheim und Johanniskreuz (rechts).	10
Abbildung 6. Geografische Lage des Erntebestandes Unterlüß.	11
Abbildung 7. Geografische Lage des Erntebestandes Rüdesheim.	13
Abbildung 8. Geografische Lage des Erntebestandes Johanniskreuz 1.	15
Abbildung 9. Geografische Lage des Erntebestandes Liebenburg.	17
Abbildung 10. Geografische Lage des Erntebestandes Dassel.	19
Abbildung 11. Repräsentative Auswahl je Herkunft, kurz vor dem Topfen.	21
Abbildung 12. Arbeitsplatzvorbereitung für die Herstellung der Substratmischung.	22
Abbildung 13. Unbehandeltes Substrat (links) und daraus erzeugtes Mischsubstrat mit 50 % Sandanteil (rechts).	23
Abbildung 14. Trime Pico Feuchtemessgerät (links) und Pico BT (Bluetooth) Empfänger (rechts). Quellen: https://www.directindustry.de/prod/imko-micromodultechnik/product-41337-422558.html ; https://www.imko.de/wp-content/uploads/2021/02/2020_08_14_Manual_TRIME-PICO64-32_final.pdf	24

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zustandserfassung der Eichensämlinge, Stand 01.09.2020.	8
Tabelle 2. Klimadaten von Januar 2018 bis Dezember 2021 für den Erntebestand Unterlüß.	11
Tabelle 3. Klimadaten von Januar 2018 bis Dezember 2021 für den Erntebestand Rüdesheim.	13
Tabelle 4. Klimadaten von Januar 2018 bis Dezember 2021 für den Erntebestand Johanniskreuz 1.	15
Tabelle 5. Klimadaten von Januar 2018 bis Dezember 2021 für den Erntebestand Liebenburg.	17
Tabelle 6. Klimadaten von Januar 2018 bis Dezember 2021 für den Erntebestand Dassel.	19
Tabelle 7. Wasserspeicherkapazitätsdaten: Gewicht (kg) der Töpfe T1 (5l), T2 (2l) und T3 (2l, Gitter).	24
Tabelle 8. Wasserspeicherkapazitätsdaten: Feuchtemessung (%) der Töpfe T1 (5l), T2 (2l) und T3 (2l, Gitter).	25

Literaturverzeichnis

- Aitken SN, Yeaman S, Holliday JA, Wang T, Curtis-McLane S (2008) Adaptation, migration or extirpation: climate change outcomes for tree populations. *Evol Appl* 1:95-111.
- Allwright MR, Payne A, Emiliani G, Milner S, Viger M, Rouse F, Keurentjes JJ, Bérard A, Wildhagen H, Faivre-Rampant P, Polle A, Morgante M, Taylor G (2016) Biomass traits and candidate genes for bioenergy revealed through association genetics in coppiced European *Populus nigra* (L.). *Biotechnol Biofuels* 9:195.
- Arend M, Kuster T, Gunthardt-Goerg MS, Dobbertin M (2011) Provenance-specific growth responses to drought and air warming in three European oak species (*Quercus robur*, *Q. petraea* and *Q. pubescens*). *Tree Physiol* 31:287-297.
- Bazakos C, Hanemian M, Trontin C, Jiménez-Gómez JM, Loudet O (2017) New strategies and tools in quantitative genetics: how to go from the phenotype to the genotype. *Annu Rev Plant Biol* 68:435-455.
- Bolte A, Ibisch P, Menzel A, Rothe A (2008) Was Klimahllen uns verschweigen. *AFZ-DerWald* 15:800-803.
- Burghardt LT, Young ND, Tiffin P (2017) A Guide to Genome-Wide Association Mapping in Plants. *Curr Protoc Plant Biol*:22-38.
- Guerra FP, Wegrzyn JL, Sykes R, Davis MF, Stanton BJ, Neale DB (2013) Association genetics of chemical wood properties in black poplar (*Populus nigra*). *New Phytol* 197:162-176.
- Hallingbäck HR, Berlin S, Nordh N-E, Weih M, Rönnerberg-Wästljung A-C (2019) Genome Wide Associations of Growth, Phenology, and Plasticity Traits in Willow [*Salix viminalis* (L.)]. *Front Plant Sci* 10:753.
- Hu B, Simon J, Rennenberg H (2013) Drought and air warming affect the species-specific levels of stress-related foliar metabolites of three oak species on acidic and calcareous soil. *Tree Physiol* 33:489-504.
- Lesur J, Le Provost G, Bento P, Da Silva C, Leple J-C, Murat F, Ueno S, Bartholome J, Lalanne C, Ehrenmann F, Noirot C, Burban C, Leger V, Amselem J, Belser C, Quesneville H, Stierschneider M, Fluch S, Feldhahn L, Tarkka M, Herrmann S, Buscot F, Klopp C, Kremer A, Salse J, Aury J-M, Plomion C (2015) The oak gene expression atlas: insights into Fagaceae genome evolution and the discovery of genes regulated during bud dormancy release. *BMC Genomics* 16.
- Palle SR, Seeve CM, Eckert AJ, Wegrzyn JL, Neale DB, Loopstra CA (2013) Association of loblolly pine xylem development gene expression with single-nucleotide polymorphisms. *Tree Physiol* 33:763—774.
- Peng Y, Liu H, Chen J, Shi T, Zhang C, Sun D, He Z, Hao Y, Chen W (2018) Genome-Wide Association Studies of Free Amino Acid Levels by Six Multi-Locus Models in Bread Wheat. *Front Plant Sci* 9:1196.
- Plomion C, Aury J-M, Amselem J, Alaeitabar T, Barbe V, Belser C, Berges H, Bodenes C, Boudet N, Boury C, Canaguier A, Couloux A, Da Silva C, Duplessis S, Ehrenmann F, Estrada-Mairey B, Fouteau S, Francillonne N, Gaspin C, Guichard C, Klopp C, Labadie K, Lalanne C, Le Clainche J, Leple J-C, Le Provost G, Leroy T, Lesur J, Martin F, Mercier J, Michotey C, Murat F, Salin F, Steinbach D, Faivre-Rampant P, Wincker P, Salse J, Quesneville H, Kremer A (2016) Decoding the oak genome: public release of sequence data, assembly, annotation and publication strategies. *Mol Ecol Resour* 16:{254-265}.
- Plomion C, Aury J-M, Amselem J, Leroy T, Murat F, Duplessis S, Faye S, Francillonne N, Labadie K, Le Provost G, Lesur J, Bartholome J, Faivre-Rampant P, Kohler A, Leple JC, Chantret N, Chen J, Dievart A, Alaeitabar T, Barbe V, Belser C, Berges H, Bodenes C, Bogeat-Triboulot M-B, Bouffaud M-L, Brachi B, Chancerel E, Cohen D, Couloux A, Da Silva C, Dossat C, Ehrenmann F, Gaspin C, Grima-Pettenati J, Guichoux E, Hecker A, Herrmann S, Hugueney P, Hummel J, Klopp C, Lalanne C, Lascoux M, Lasserre E, Lemainque A, Desprez-Loustau M-L, Luyten J, Madoui M-A, Mangenot S, Marchal C, Maumus F, Mercier J, Michotey C, Panaud O, Picaut N, Rouhier N, Rue O, Rustenholz C, Salin F, Soler M, Tarkka M, Velt A, Zanne AE, Martin F, Wincker P, Quesneville H, Kremer A, Salse J (2018) Oak genome reveals facets of long lifespan. *Nat Plants* 4:{440-452}.
- Riedelsheimer C, Lisec J, Czedik-Eysenberg A, Sulpice R, Flis A, Grieder C, Altmann T, Stitt M, Willmitzer L, Melchinger AE (2012) Genome-wide association mapping of leaf metabolic profiles for dissecting complex traits in maize. *Proc Nati Acad Sci* 109:8872-8877.