Schlussbericht

zum Vorhaben

Thema:

Anlage einer Nachkommenschaftsprüfung von reliktischen Vorkommen heimischer Eichenarten mit hohem Trockenanpassungspotential (Akronym: AQUAREL_II)

Zuwendungsempfänger:

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt BW

Förderkennzeichen:

2221WK43X4

Laufzeit:

01.11.2022 – 31.01.2024

Monat der Erstellung:

02/2024

Datum der Veröffentlichung:

21.8.2024

Waldklimafonds

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) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorenschaft.

Inhaltsverzeichnis

I. Kurzbericht 1

1. Aufgabenstellung 1
2. Planung und Ablauf des Vorhabens 1
3. Resümee der wesentlichen Ergebnisse 2
   a) Arbeitspakete und Meilensteine 2
   b) Zusammenfassung 3

II. Ausführliche Darstellung der Ergebnisse 4

1. Erzielte Ergebnisse 4

Arbeitspaket 16: Auswahl von Standorten für die Anlage von Versuchsflächen 4

Arbeitspaket 17: Anzucht der Baumschul- bzw. Containerpflanzen 9

Arbeitspaket 18: Phänotypische und Phänologische Aufnahmen 12

Arbeitspaket 19: Bereitstellung der Pflanzen und Anlage der Versuchsflächen 19

2. Verwertung 24
   a) Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen 24
   b) Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende 24
   c) Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende 25
   d) Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit 25
3. Erkenntnisse von Dritten 25
4. Veröffentlichungen 25

I. Kurzbericht

1. Aufgabenstellung

Das AQUAREL-Projekt verfolgt das Ziel, die Anpassung von Reliktvorkommen der Eiche auf teils sehr trockenen Standorten in Süddeutschland und im französischen Elsass zu erforschen. Dabei stehen einerseits die Adaption der Eiche aus genetischer, genomischer und physiologischer Sicht und andererseits der Reliktcharakter der Untersuchungsbestände im Vordergrund. In Bezug auf den ersten Schwerpunkt (Anpassung der Eichen) werden Maßnahmen zur Vorbereitung einer Nachkommenschaftsprüfung, um die Wuchseigenschaften der Herkünfte überprüft. Da 2020 ein Vollmastjahr für die Eichen in Süddeutschland war, fand bereits eine Eichelernte für die Anlage einer Nachkommenschaftsprüfung statt. Ziel des Projektes ist die Förderung von Aktivitäten in Bezug auf die Nachkommenschaftsprüfung im Zeitraum vom 01.11.2022 bis zum 31.01.2024 im Rahmen des Folgevorhabens AQUAREL II (TV1).

2. Planung und Ablauf des Vorhabens

Jahr	2021		2022				2023			
Quartal	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
AP 12 - Auswahl der zu beerntenden Flächen										
AP 13 - Ernte, Behandlung und Bereitstellung der Eicheln										
AP 14 - Containersaat										
AP 15 - Freilandsaat in der Baumschule										
AP 16 - Auswahl von Standorten für die Anlage von Versuchsflächen										
AP 17 - Anzucht der Baumschul- bzw. Containerpflanzen										
AP 18 - Phänotypische und Phänologische Aufnahmen und										
AP 19 - Bereitstellung der Pflanzen und Anlage der Versuchsflächen										

Abbildung 1: Arbeitsplan für die Durchführung der Arbeiten für die Einleitung einer Nachkommenschaftsprüfung im Folgevorhaben AQUAREL II (TV1). Grau hinterlegt sind die Arbeiten, die bereits erfolgt sind. Schwarz schraffiert sind die Maßnahmen, die durch die hier beantragten Aufstockungsmittel finanziert wurden.

Aufbauend auf des Erstprojekt AQUAREL steht im Kern des Folgeprojektes AQUAREL II die Anlage einer Nachkommenschaftsprüfung (AP 19) mit ausgewählten Herkünften (AP 17) sowie der Findung geeigenter Flächen (AP 16). Die Anwendung von Feldversuchen, um anpassungsrelevante Merkmale der Waldbäume zu erforschen, ist trotz bisheriger Fortschritte im Fachgebiet der molekularen Genetik und Genomik nach wie vor unverzichtbar. Das liegt unter anderem an dem polygenen Charakter adaptiver Merkmale (Signaturen polygener Selektion sind komplex, so dass eine genomische Untersuchung nur teilweise aufschlussreich ist), an Interaktionen zwischen Genotyp und Umwelt (der gleiche Genotyp kann je nach Umwelt eine unterschiedliche Umweltreaktion aufweisen) sowie an unterschiedlichen Anpassungsstrategien, die nicht unbedingt eine Selektion bestimmter allelischer Varianten voraussetzen (z.B. phänotypische Plastizität der Genotypen, epigenetische Effekte; de Villemereuil et al. 2016, Lind et al. 2018).

In AP 18 stehen phänotypische und phänologische Aufnahmen im Mittelpunkt. Höhenbonituren von repräsentativen Einzelpflanzen sollen dabei Daten liefern zur Homogenitätsbestimmung innerhalb des Bestandes, Vergleiche liefern der feuchten und trockenen Bestandsprüfglieder sowie den Bestandespaaren, Erblichkeit als Verhältnis der additiven mit der gesamten phänotypischen Varianz und den Faktoren der Varianz. Des Weiteren soll der Blattaustrieb der repräsentattiven Einzelpflanzen aufgenommen werden mit Angliederung der Bachelorarbeit: „Blattaustrieb und Etablierung einjähriger Sämlinge von Traubeneichen aus Reliktstandorten in Baden-Württemberg und dem Elsass“. Hauptsächliches Ziel dieser Abschlussarbeit ist die Untersuchung eines möglichen Zusammenhanges zwischen Samengewicht und der Etablierungsrate sowie der Unterschiede im Startzeitpunkt und der Dauer des Blattaustriebs zwischen Herkünften und zwischen

Mutterbäumen innerhalb von Herkunftsbeständen. Des Weiteren wird die Fragestellung untersucht, ob es einen Effekt der Umweltbedingungen auf den Startzeitpunkt und die Dauer des Blattaustriebs der Eichennachkommenschaft gibt.

3. Resümee der wesentlichen Ergebnisse

a) Arbeitspakete und Meilensteine

Arbeitspakete (AP) **(lt. Planung im Antrag)**	**Bearbeitungszeitraum** **(lt. Balkenplan im Antrag)**	**Zielerreichung**
AP 16 Auswahl von Standorten für die Anlage von Versuchsflächen	11/2022 bis 06/2023	Ziel des Arbeitspaketes war die Anlage von vier unterschiedlichen Versuchsflächen, die einen Gradienten in Bezug des Wasserhaushaltes abbilden. Im Berichtszeitraum konnten vier Flächen gesichert werden: Walldorf, Durmersheim, Tengen und Leibertingen.
AP 17 Anzucht der Baumschul- bzw. Containerpflanzen	11/2020 bis 01/2024	5000 Containerpflanzen wurden bereits im Herbst 2020 im Gewächshaus angezogen, unter Verwendung keimender Eicheln. Die heranwachsenden Pflanzen wurden im Frühjahr im Freiland verschult und im Berichtszeitraum gegen Mehltau behandelt. Der Anwuchserfolg war sehr gut. Herkunftstypische Unterschiede des juvenilen Wachstums waren ersichtlich. Die ca. 12500 Pflanzen der Freilandsaat entwickelten sich differenzierter. Herkunftstypische Unterschiede machten sich noch stärker bemerkbar. Vor der Saat wurden Vorbereitungsarbeiten in der Baumschule vorgenommen (Pflügen und Fräsen). Maßnahmen zur Bekämpfung von Schädlingen und Mäusen wurden regelmäßig ergriffen. Es konnten ausreichend alle Herkünfte zur Nachkommenschaftsprüfung damit bedient werden.
AP 18 Phänotypische und Phänologische Aufnahmen	03/2022 bis 11/2023	Eine Bonitur der Höhen an repräsentativen 2500 Einzelpflanzen wurde im Berichtszeitraum durchgeführt. Dabei wurde die Trieblänge des längsten Triebes (und nicht der lotrechten Höhe) per Zollstock abgenommen. Die erhobenen Daten wurden ausgewertet auf: Homogenitätsbestimmung innerhalb des Bestandes, Vergleich feuchter mit trockenen Bestandsprüfglieder sowie den Bestandespaaren, Erblichkeit als Verhältnis der additiven mit der gesamten phänotypischen Varianz und den Faktoren der Varianz. Des Weiteren wurde der Blattaustrieb an diesen markierten 2500 Einzeljungpflanzen dokumentiert. Angegliedert wurde eine Bachelorarbeit mit dem Thema: „Blattaustrieb und Etablierung einjähriger Sämlinge von Traubeneichen aus Reliktstandorten in Baden-Württemberg und dem Elsass“. Hauptsächliches Ziel dieser Abschlussarbeit war die Untersuchung eines möglichen Zusammenhanges zwischen Samengewicht und der Etablierungsrate sowie der Unterschiede im Startzeitpunkt und der Dauer des Blattaustriebs zwischen Herkünften und zwischen Mutterbäumen innerhalb von Herkunftsbeständen. Des Weiteren wurde die Fragestellung untersucht, ob es einen Effekt der Umweltbedingungen auf den Startzeitpunkt und die Dauer des Blattaustriebs der Eichennachkommenschaft gab. Eine weitere Bachelorabschlussarbeit widmete sich dem Ziel, die genetische Variation der Blattseneszenz und der Vegetationsperiode zu quantifizieren, bei der die innerartlichen Variationen Hinweise auf die Anpassung von Arten an den Klimawandel darstellen sollten. Dafür wurden die im Rahmen der ersten Bachelorarbeit zum Thema Blattaustrieb markierten Eichenjungpflanzen verwendet.
AP 19 Bereitstellung der Pflanzen und Anlage der Versuchsflächen	11/2022 bis 01/2024	Anlage von 12.500 Eichensämlinge, davon 10.300 geeignet aus Container- (4200 Stk) und Freilandsaat (6100 Stk) Verzögerte Rodung der 2-jährigen Pflanzen durch warme Witterung im Herbst. Anschließend herkunftsgerechte

Arbeitspakete (AP) **(lt. Planung im Antrag)**	**Bearbeitungszeitraum** **(lt. Balkenplan im Antrag)**	**Zielerreichung**
		Zuordnung im Einschlag der Pflanzen. Erfolgreiche Pflanzungsmaßnahmen auf den vier ausgewiesenen Flächen.

Meilensteine (M) **(lt. Planung im Antrag)**	**Fälligkeit** **(lt. Balkenplan im Antrag)**	**Zielerreichung**
M 1 …	xx/20xx	
M 2 …	xx/20xx	
M xx …	xx/20xx	

b) Zusammenfassung

Im Folgeantrag AQUAREL II sind im Kern die oben genannten Arbeitspakete 16-19 beinhaltet und bearbeitet worden. Die Auswahl der zu beerntenden Flächen, die Ernte sowie der Beginn der Anzucht war Teil des Erstprojektes AQUAREL. Im ersten Quartal 2023 konnten vier adequate Flächen zur Anlage der Nachkommenschaftsprüfung in Walldorf, Leibertingen, Durmersheim und Tengen gefunden werden. Parallel wurden die ausgewiesenen Herkünfte im eigenen Pflanzgarten herangezogen und der Flächenanlage zur Verfügung gestellt. Übrige Pflanzen wurden weiterhin beibehalten und in einem zweiten Pflanzungsschritt im letzten Quartal als Ergänzung bereitgestellt für ausgefallene Einzelherkünfte. Eine Bonitur der Höhen an repräsentativen 2500 Einzelpflanzen sowie deren Blattaustrieb wurde im Berichtsraum ebenfalls durchgeführt. Daran angegliedert konnte eine Bachelorarbeit mit Titel: „Blattaustrieb und Etablierung einjähriger Sämlinge von Traubeneichen aus Reliktstandorten in Baden-Württemberg und dem Elsass“ werden. Eine weitere Bachelorabschlussarbeit widmete sich dem Ziel, die genetische Variation der Blattseneszenz und der Vegetationsperiode zu quantifizieren, bei der die innerartlichen Variationen Hinweise auf die Anpassung von Arten an den Klimawandel darstellen sollten. Dafür wurden die im Rahmen der ersten Bachelorarbeit zum Thema Blattaustrieb markierten Eichenjungpflanzen verwendet.

II. Ausführliche Darstellung der Ergebnisse

1. Erzielte Ergebnisse

Arbeitspaket 16: Auswahl von Standorten für die Anlage von Versuchsflächen

Die Auswahl von passenden Standorte zur Anlage der Versuchsflächen erfolgte einerseits anhand eines Gradienten in Bezug des Wasserhaushaltes, andererseits an der Verfügbarkeit ausreichend großer Flächen (min 1 Hektar). Es konnten im Berichtszeitraum vier Nachkommenschaftsprüfflächen ausgewiesen werden, die im folgenden Kapitel vorgestellt werden:

Erste Fläche: Walldorf mit Lageplan und schematischer Darstellung.

Abbildung 2 Lageplan der Nachkommenschaftsprüfung des AQUAREL-Projekts II; Versuchsfläche bei Walldorf; Koordinaten: 49.307351, 8.601871 (Google Maps) bzw. 471027.8, 5461679.4 (EPSG: 25832)

Schema der Versuchsfläche bei Walldorf:

Abbildung 3: Schematische Darstellung Versuchsfläche Walldorf; die gelben Nummern finden sich auch auf dem „Versuchsdesign“ und sollen die Orientierung / Ausrichtung auf der Fläche erleichtern; Maße der Fläche nach Augenmaß (Ausdehnung Versuchsdesign AQUAREL-Eichen

Zweite Fläche: Durmersheim mit Lageplan und schematischer Darstellung.

Lage der Nachkommenschaftsprüfung bei Durmersheim:

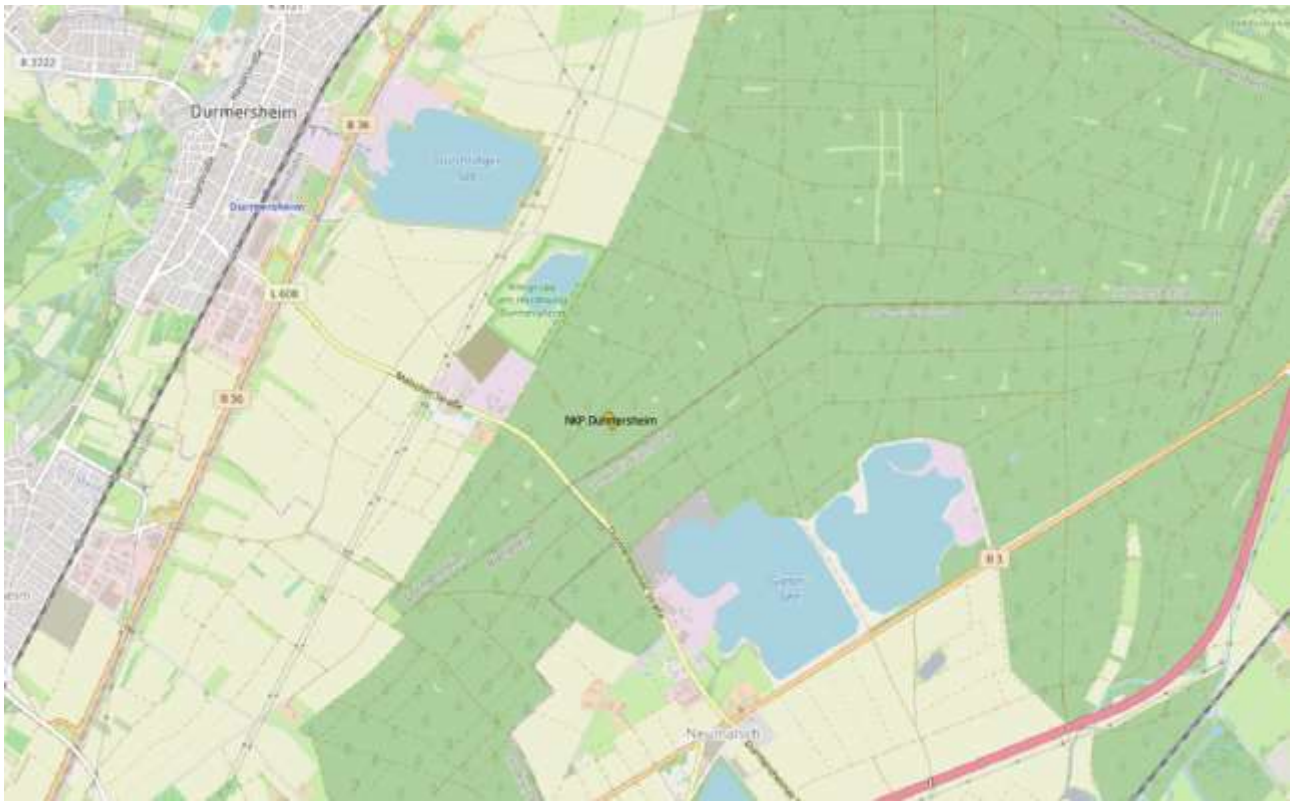

Abbildung 4 : Lageplan der Nachkommenschaftsprüfung des AQUAREL-Projekts; Versuchsfläche bei Durmersheim; Koordinaten: 48.917261, 8.299387 (Google Maps) bzw. 448695.3, 5418465.8 (EPSG:25832)

Schema der Versuchsfläche bei Durmersheim:

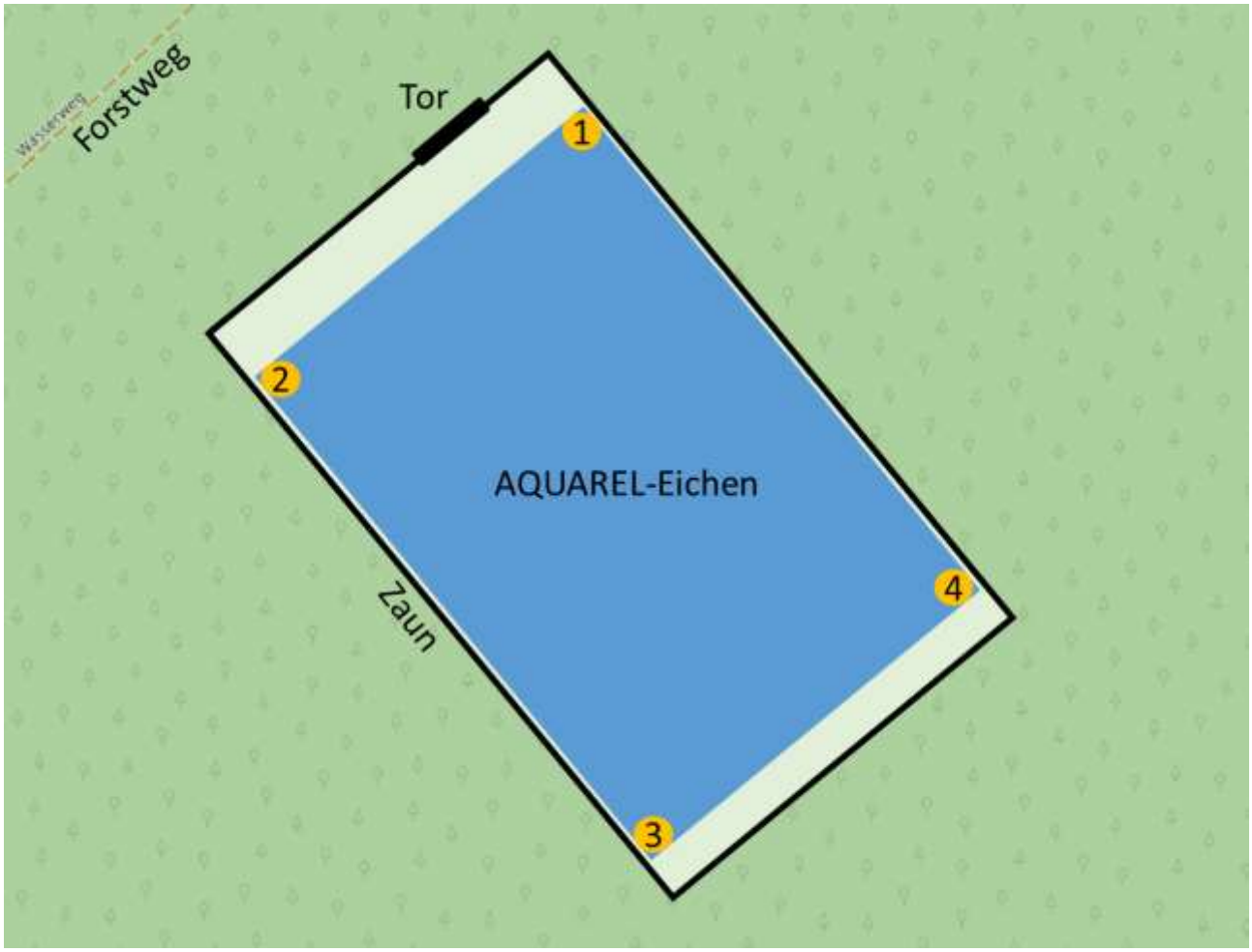

*Abbildung 5: Schematische Darstellung Versuchsfläche bei Durmersheim; die gelben Nummern finden sich auch auf dem „Versuchsdesign“ und sollen die Orientierung / Ausrichtung auf der Fläche erleichtern; Flächengröße der Darstellung nach Augenmaß (Ausdehnung Versuchsdesign AQUAREL-Eichen: 60 m * 84 m)*

Dritte Fläche: Leibertingen mit Lageplan und schematischer Darstellung.

Lage der Fläche bei Leibertingen:

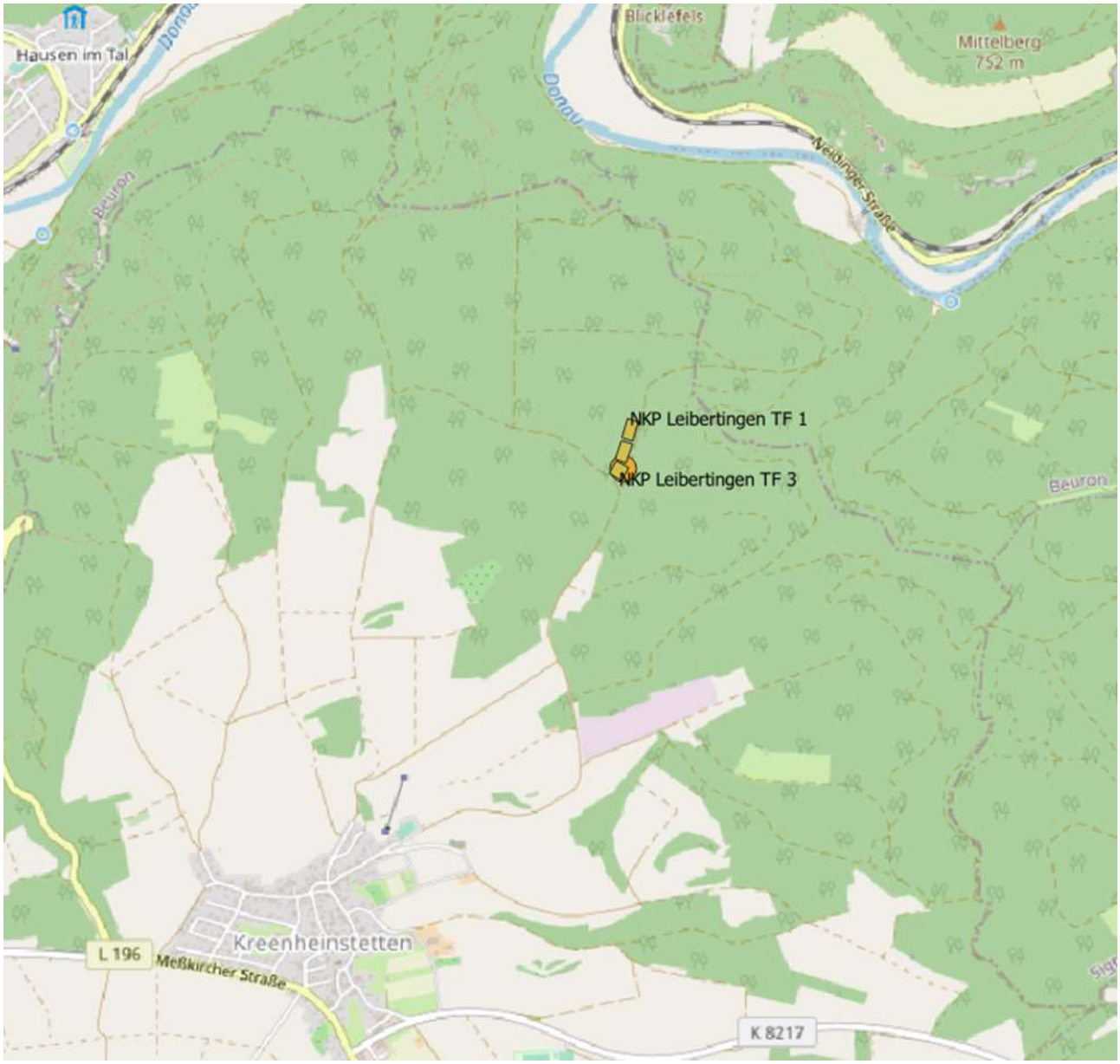

Abbildung 6: : Lageplan der Nachkommenschaftsprüfung des AQUAREL-Projekts bei Kreenheinstetten nordöstlich von Leibertingen: Koordinaten: 48.073068, 9.067413 (GoogleMaps) bzw. 505014.8, 5324438.5 (EPSG 25832).

Schema der Versuchsfläche bei Leibertingen:

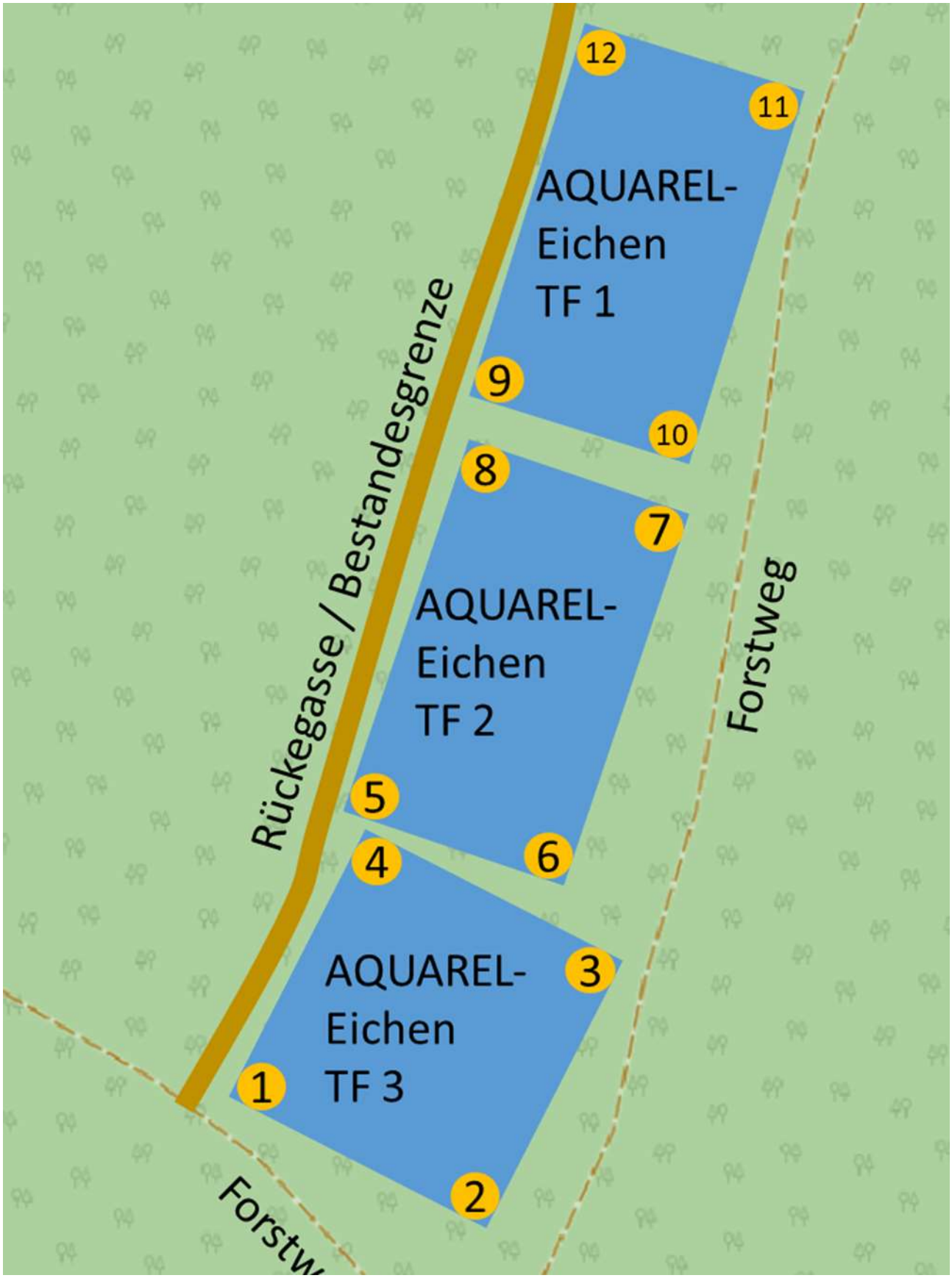

*Abbildung 7: Schematische Darstellung der Nachkommenschaftsprüfung bei Leibertingen;TF = Teilflächen 1 bis 3 mit jeweils 2 Wiederholungen; die gelben Nummern finden sich auch auf dem „Versuchsdesign" und sollen die Orientierung / Ausrichtung auf der Fläche erleichtern; Maße der Fläche nach Augenmaß (Ausdehnung TF 1 & 2: 42 m * 75 m, TF 3: 54 m * 57 m)*

Vierte Fläche: Tengen mit Lageplan und schematischer Darstellung.

Lage der Fläche bei Tengen:

Abbildung 8: Lageplan der Nachkommenschaftsprüfung des Aquarel-Projekts, Versuchsfläche südlich von Tengen an der Deutsch-Schweizerischen Grenze, Koordinaten: 47.767633, 8.644044 (Google Maps) bzw. 473348.46, 5290549.49 (EPSG: 25832)

Schema der Versuchsfläche bei Tengen.

*Abbildung 9: : Schematische Darstellung der Versuchsfläche bei Tengen; die gelben Nummern finden sich auf dem "Versuchsdesign" wieder (s. Abbildung 3) und sollen die Orientierung / Ausrichtung auf der Fläche erleichtern; Maße der Fläche nach Augenmaß (Ausdehnung AQUAREL-Eichen 122 m * 75 m); drumherum befindet sich Acker, welcher demnächst ebenfalls erstaufgeforstet werden soll*

Arbeitspaket 17: Anzucht der Baumschul- bzw. Containerpflanzen

Die Anzucht der Baumschul- bzw. Containerpflanzen erfolgte anhand des gewonnenen Saatgutes des Erstprojektes (230 kg Saatgut) bestehend aus 58 Einzelbaum- und 13 Bestandesabsaaten. Die Saat wurde aufgrund der Verteilung des Anbaurisikos auf zwei verschieden Anzuchtmethoden verteilt. Zusammen konnten im Pflanzgarten der FVA-BW ca. 12.500 Pflanzen herangezogen werden, davon erreichten ca. 10.300 eine entsprechende Größe sowie Vitalität, um ausgepflanzt werden zu können (siehe folgende Tabelle). Die Anlagenplanung von 4 Nachkommenschaftsprüfflächen wurde so organisiert, dass ein Überschuss an Pflanzen zur Verfügung stand, um etwaige Einzelausfälle ergänzen zu können. Bei den Pflanzkulturen (Container, Freiland) wurden im Berichtszeitraum jeweils einmal gegen den falschen Mehltau mit Praevikur sowie gegen den echten Mehltau mit Vision behandelt. Der Containerkultur wurde regelmäßig Wuchsal

(Flüssigdünger) verabreicht. Alle 5-stelligen Prüfgliednummern sind Einzelbaumabsaaten (schwarz). Alle 3-stelligen Prüfgliednummern sind dagegen Bestandesabsaaten (Grün: Baden-Württemberg und Elsass. Rot: Rheinland-Pfalz).

		Anzucht Container		Anzucht Freiland		Gesamt	
Prüfglied	***Ursprung***	***Gesamt***	***Geeignet***	***Gesamt***	***Geeignet***	***Gesamt***	***Geeignet***
116	Badenweiler	76	65	139	125	215	190
117	Staufen trocken	63	50	101	91	164	141
140	Staufen frisch	82	74	70	62	152	136
209	Linthal trocken	97	82	94	75	191	157
215	Le Stauffen trocken	78	62	103	93	181	155
217	Uffholtz trocken	65	55	172	155	237	210
220	Linthal frisch	85	72	49	44	134	116
10315	Tauberbischofsheim	53	45	95	86	148	131
10342	Tauberbischofsheim	51	44	284	198	335	242
10347	Tauberbischofsheim	89	76	74	67	163	143
10349	Tauberbischofsheim	119	102	113	102	232	204
10350	Tauberbischofsheim	36	32	79	67	115	99
10403	Impfingen	50	43	115	98	165	141
10417	Impfingen	111	97	52	47	163	144
10441	Impfingen	32	29	74	63	106	92
10749	Heidelberg	77	69	110	78	187	147
10750	Heidelberg	119	101	210	109	329	210
10751	Heidelberg	52	47	104	49	156	96
10752	Heidelberg	108	97	123	75	231	172
10753	Heidelberg	117	105	111	78	228	183
11102	Schriesheim	124	105	167	150	291	255
11103	Schriesheim	82	70	38	34	120	104
11119	Schriesheim	75	66	64	54	139	120
11149	Schriesheim	90	77	94	80	184	157
11150	Schriesheim	72	63	99	84	171	147
11302	Freiburg	105	89	216	194	321	283
11304	Freiburg	105	95	165	87	270	182
11305	Freiburg	79	69	101	91	180	160
11316	Freiburg	75	63	50	40	125	103
11324	Freiburg	79	64	45	41	124	105
11504	Buchenbach	69	56	66	33	135	89
11507	Buchenbach	38	34	104	94	142	128
11508	Buchenbach	32	32	57	51	89	83
11515	Buchenbach	37	33	139	125	176	158
11518	Buchenbach	87	78	112	101	199	179
12204	Welschdorf	26	23	60	54	86	77
12207	Welschdorf	28	20	4	4	32	24

		Anzucht Container		Anzucht Freiland		Gesamt	
Prüfglied	***Ursprung***	***Gesamt***	***Geeignet***	***Gesamt***	***Geeignet***	***Gesamt***	***Geeignet***
12208	Welschdorf	90	84	56	50	146	134
12209	Welschdorf	71	60	133	120	204	180
12227	Welschdorf	65	48	134	114	199	162
12309	Falkensteig-Schramberg	57	46	80	72	137	118
12311	Falkensteig-Schramberg	94	73	151	136	245	209
12346	Falkensteig-Schramberg	45	41	65	59	110	100
12347	Falkensteig-Schramberg	63	52	61	52	124	104
12348	Falkensteig-Schramberg	68	59	165	149	233	208
12502	Schönau Utzenfluh	98	83	146	131	244	214
12528	Schönau Utzenfluh	103	86	158	142	261	228
12529	Schönau Utzenfluh	115	104	310	225	425	329
12531	Schönau Utzenfluh	61	55	116	104	177	159
12537	Schönau Utzenfluh	66	59	102	92	168	151
12712	Wehratal Bannwald	63	55	181	163	244	218
12749	Wehratal Bannwald	81	73	118	106	199	179
12750	Wehratal Bannwald	92	78	77	62	169	140
12751	Wehratal Bannwald	53	45	139	125	192	170
12752	Wehratal Bannwald	64	49	90	77	154	126
14103	Schriesheim frisch	62	56	65	48	127	104
14104	Schriesheim frisch	82	70	91	64	173	134
14140	Schriesheim frisch	83	75	95	50	178	125
14141	Schriesheim frisch	53	48	106	68	159	116
14142	Schriesheim frisch	83	71	128	115	211	186
15039	Kandern Referenz	98	83	236	212	334	295
15040	Kandern Referenz	87	76	324	183	411	259
15041	Kandern Referenz	76	68	71	64	147	132
15042	Kandern Referenz	112	98	152	78	264	176
15045	Kandern Referenz	84	76	154	139	238	215
Summe		***4932***	***4255***	***7557***	***6079***	***12489***	***10334***
301	Bäckertälchen	0	0	144	144	144	144
302	Bräuninger Fels	0	0	168	168	168	168
303	Jockers	0	0	156	156	156	156
304	Gehennes	0	0	168	168	168	168
305	Naßdell	0	0	128	128	128	128
306	Woogbach	0	0	156	156	156	156
Summe		***0***	***0***	***920***	***920***	***920***	***920***

		Anzucht Container		Anzucht Freiland		Gesamt	
Prüfglied	***Ursprung***	***Gesamt***	***Geeignet***	***Gesamt***	***Geeignet***	***Gesamt***	***Geeignet***
Herkünfte des Rheinland-Pfälzischen Partner FAWF							

Tabelle 1: Gesamtdarstellung der Pflanzzahlen/Eichensämlinge aus Container- und Freilandpflanzung der FVA-BW und der FAWF aus Rheinland-Pfalz (rot: Bestandesabsaat aus Rhein-Land Pfalz). Herkünfte aus Einzelbaumabsaaten (5-stellige Nummer). Grün: 3-stellige Nummer = Absaaten aus Bestand.

Arbeitspaket 18: Phänotypische und Phänologische Aufnahmen

Höhenbonitur und Auswertung: Bonituren der Höhen an repräsentativen 2500 Einzelpflanzen wurden zu unterschiedlichen Zeiten der Wachtumsphase (April, Juli und Dezember 2022) durchgeführt. Ziel war es eine Homogenitätsbestimmung innerhalb des Bestandes zu erhalten sowie Bestandespaare der trockenen und feuchten Standorte zu vergleichen. Ausgewertet wurde auch die Erblichkeit als Verhältnis der additiven mit der gesamten phänotypischen Varianz und den Faktoren der Varianz.

Abbildung 10: Gekennzeichnete Traubeneichen-Sämlinge im Pflanzgarten der FVA-BW zu Beginn der Bonitur im April 2022 (Foto: B. Dudschuss)

Die Datenauswertung ergab Unterschiede i) zwischen Nachkommenschaften von Eichen aus feuchten und trockenen (Abbildung 11), ii) zwischen den trockenen Standorten innerhalb einer Kategorie (frisch oder trocken/reliktisch) (Abbildung 12), iii) zwischen Mutterbäumen innerhalb von Herkünften (Abbildung 6). Im Durchschnitt waren Nachkommen aus frischen Standorten wüchsiger. Allerdings wiesen Herkünfte aus trockenen Standorten teilweise auch deutlich überdurchschnittliche Wuchsleistung (z.B. Herkunft 125 – Schönau trocken).

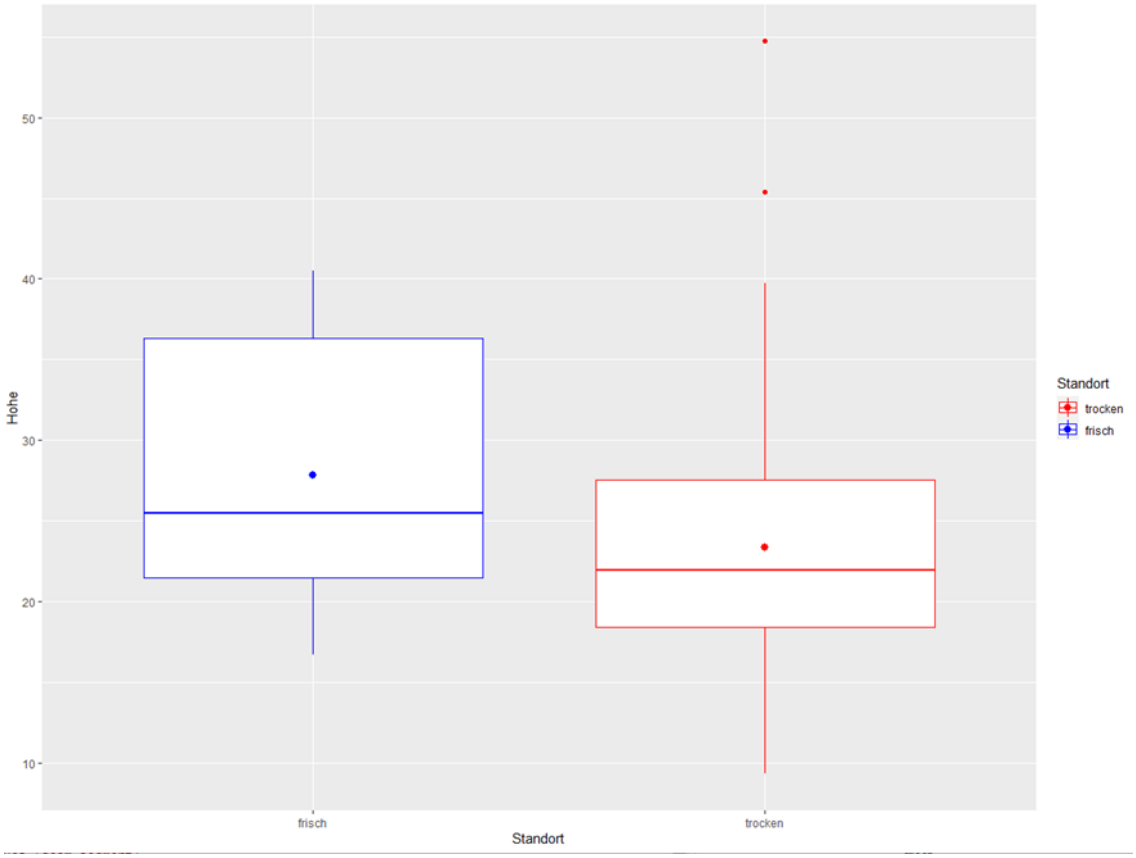

Abbildung 11: Höhe der Eichensämlinge in der Baumschule in cm nach der Aufnahme im Juli 2022: Vergleich aller Nachkommen aus frischen Standorten links mit allen Nachkommen aus trockenen Standorten rechts.

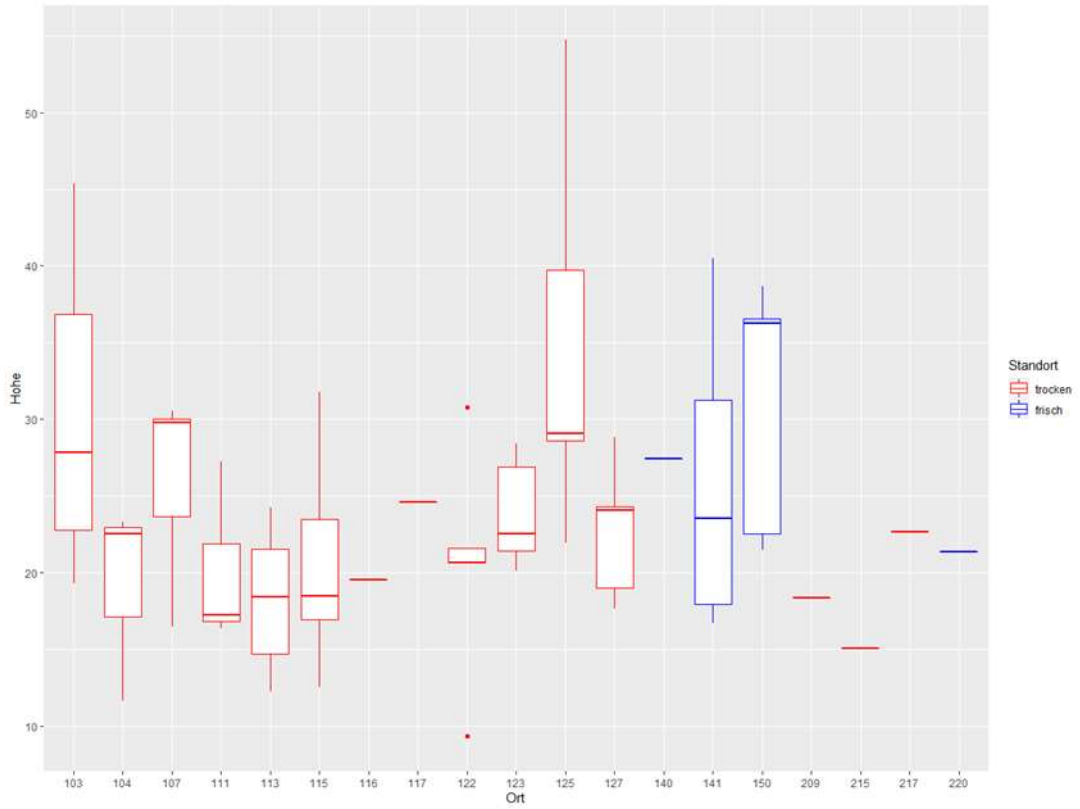

Abbildung 12: Höhe der Eichensämlinge in der Baumschule (X-Achse) nach der Aufnahme im Juli 2022: Vergleich der Nachkommen nach Herkunft (Herkünfte entlang der Y-Achse).

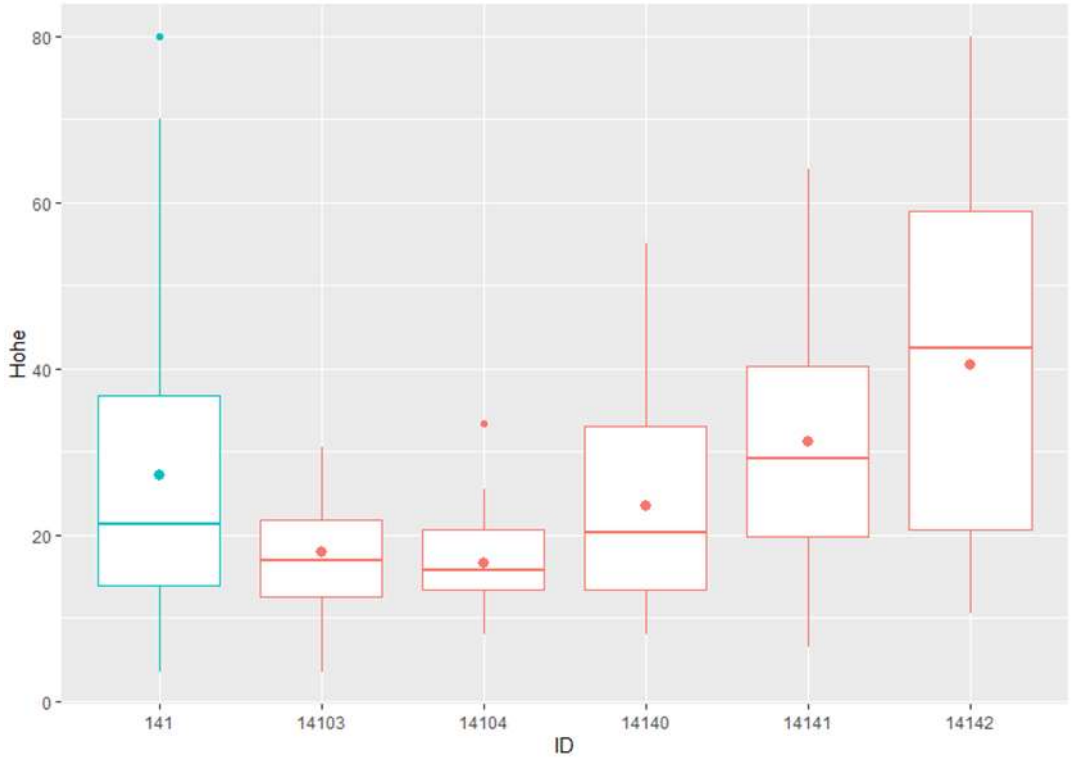

Abbildung 13 Höhe der Eichensämlinge in der Baumschule in cm nach der Aufnahme im Juli 2022: Vergleich zwischen Mutterbäumen (Y-Achse) eines Bestandes (in diesem Fall 141 – Schriesheim frisch).

Das Samengewicht scheint einen positiven Einfluss auf das Wachstum des 1. Jahres (Trieblänge 2021) zu üben (Abbildung 14). Ein Effekt des Samengewichts auf den Trieb des 2. Jahres (Trieblänge bis Juli 2022) ist weniger eindeutig (Abbildung 15).

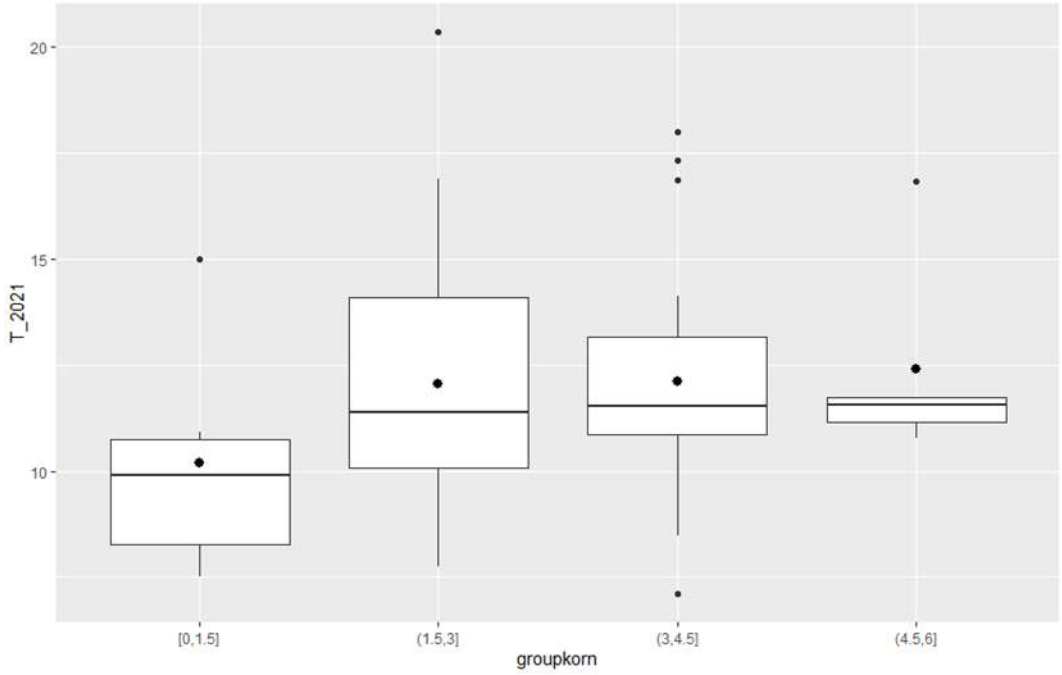

Abbildung 14: Einfluss des Tausendkorngewichtes (vier Klassen in kg, X-Achse) auf die Trieblänge im ersten Wuchsjahr (T_2021 in cm, Y-Achse).

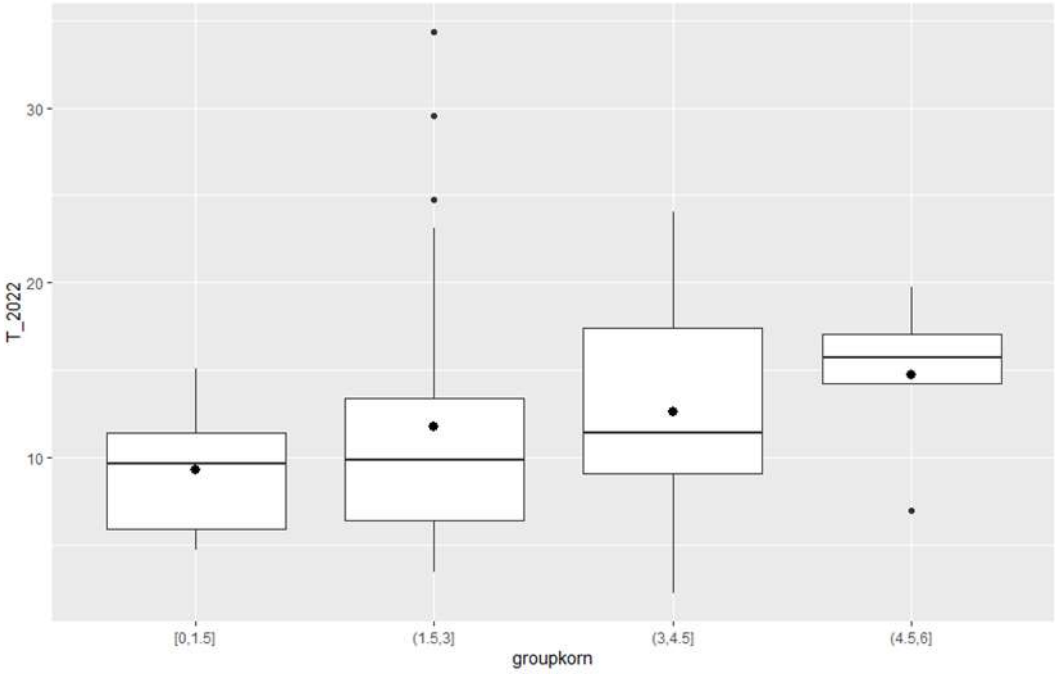

Abbildung 15: Einfluss des Tausendkorngewichtes (vier Klassen in kg, X-Achse) auf die Trieblänge im zweiten Wuchsjahr bis Juli 2022 (T_2022 in cm, Y-Achse).

Phänologie des Blattaustriebes:

Mit der eng getakteten Bonitur der Blattaustriebsphänologie der einjährigen Sämlinge in hoher Auflösung wurde durch die Ansprache durch die immer selbe Person in sieben Durchgängen mit zeitlichem Abstand von maximal 72 Stunden ein hochwertiger Datensatz gewonnen.

Vor allem bezüglich der Fragestellung zu den Unterschieden im Startzeitpunkt und der Dauer des Blattaustriebes sowie bezüglich der Fragestellung, ob es einen Effekt der Umweltbedingungen auf den Startzeitpunkt und die Dauer des Blattaustriebes gibt, konnten bei der Untersuchung im Rahmen der o.g. Bachelorarbeit Erkenntnisse gewonnen und Zusammenhänge in Form einer signifikanten Korrelation nachgewiesen werden.

Auf visuell-deskriptiver Ebene waren Unterschiede in der Austriebsphänologie sowohl bezüglich der Dauer als auch des Startzeitpunktes erkennbar, wobei die Unterschiede bei der Austriebsdauer geringer waren als bei den Startzeitpunkten (Abbildungen 16, 17 und 18).

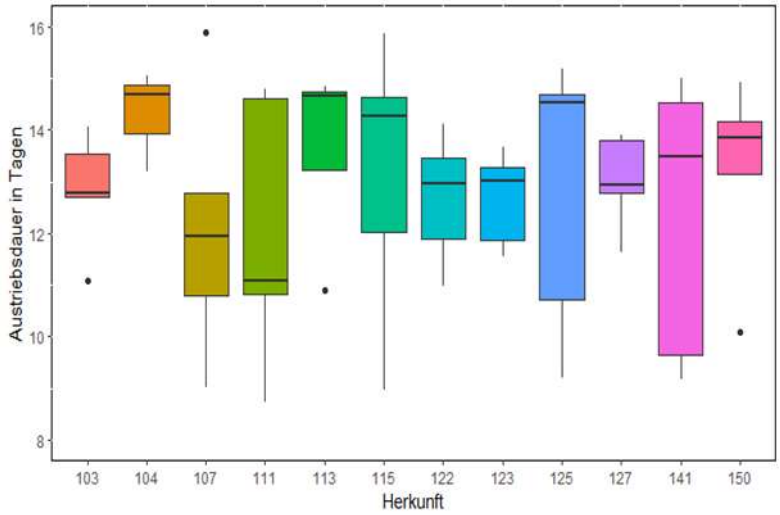

Abbildung 16: Durchschnittliche Austriebsdauer der Herkünfte aus Einzelbaumabsaat.

Deutlicher als bei den Herkunftsbeständen variierte die Dauer des Blattaustriebes auf der Ebene einzelner Mutterbäume. So vollzog z.B. die Nachkommenschaft von Mutterbaum 19 aus Schriesheim (Prüfglied 11119) den Blattaustrieb im Mittel in 8,73 Tagen, während die Nachkommenschaft von Mutterbaum 40 aus Heidelberg (Prüfglied 10749) im Mittel 15,88 Tage dafür benötigte.

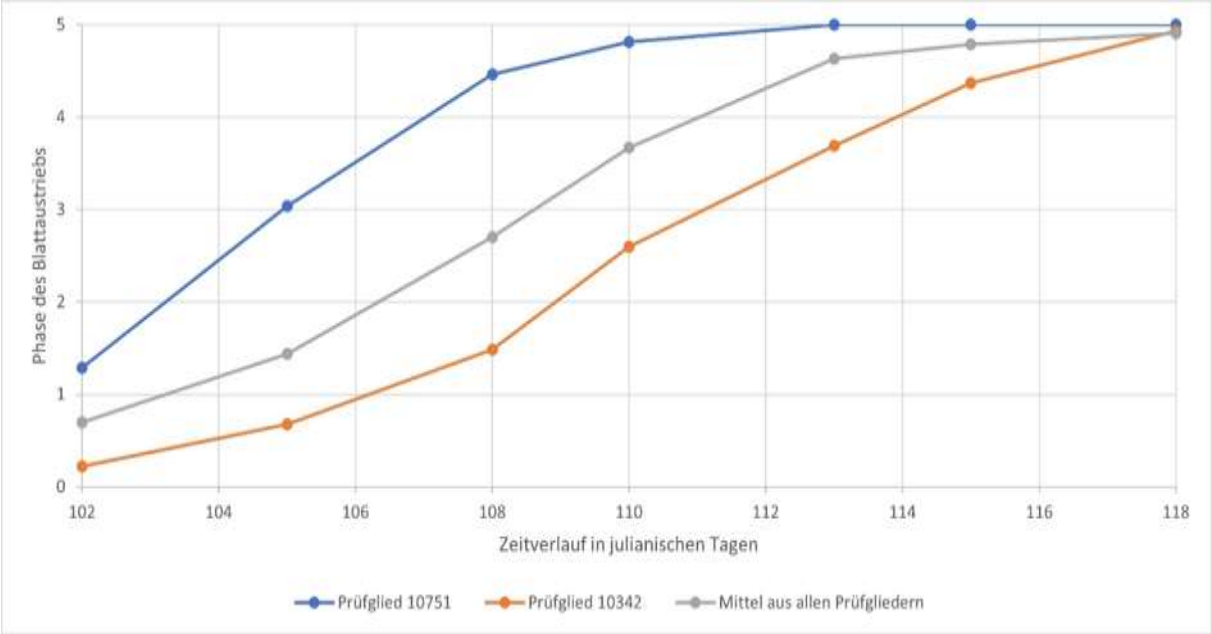

Abbildung 17: Verlauf des Blattaustriebes zweier einzelner Prüfglieder (Absaat des Mutterbaums 10751 aus Heidelberg und 10342 aus Tauberbischofsheim) sowie der gemittelte Verlauf von allen bonitierten Prüfgliedern. Jeder Punkt stellt ein Bonitierungsereignis dar.

Die Graphen zu den Verläufen des Blattaustriebs (Abbildungen 17 und 18) zeigen sich zum Zeitpunkt des ersten Bonitierungsdurchgangs und vor allem zum Zeitpunkt des letzten Bonitierungsdurchgangs relativ homogen in ihrem Fortschritt des Blattaustriebes. Jedoch vor allem in der mittleren Phase des Blattaustriebes unterscheiden sich die Herkünfte sowohl auf Mutterbaumebene (Abbildung 19) als auch auf Ebene der ganzen Herkunftsgruppe (Abbildung 20) deutlich in ihrem Fortschritt.

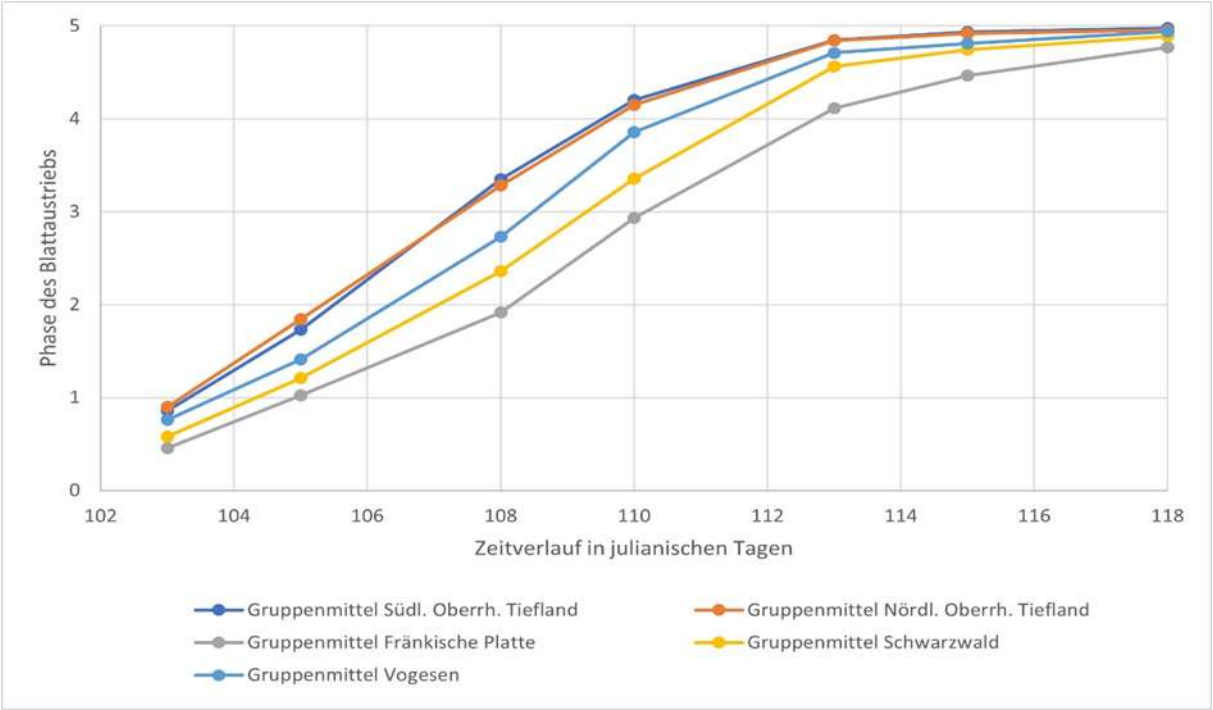

Abbildung 18: Verlauf des Blattaustriebs aller Herkunftsgruppen im Mittel.

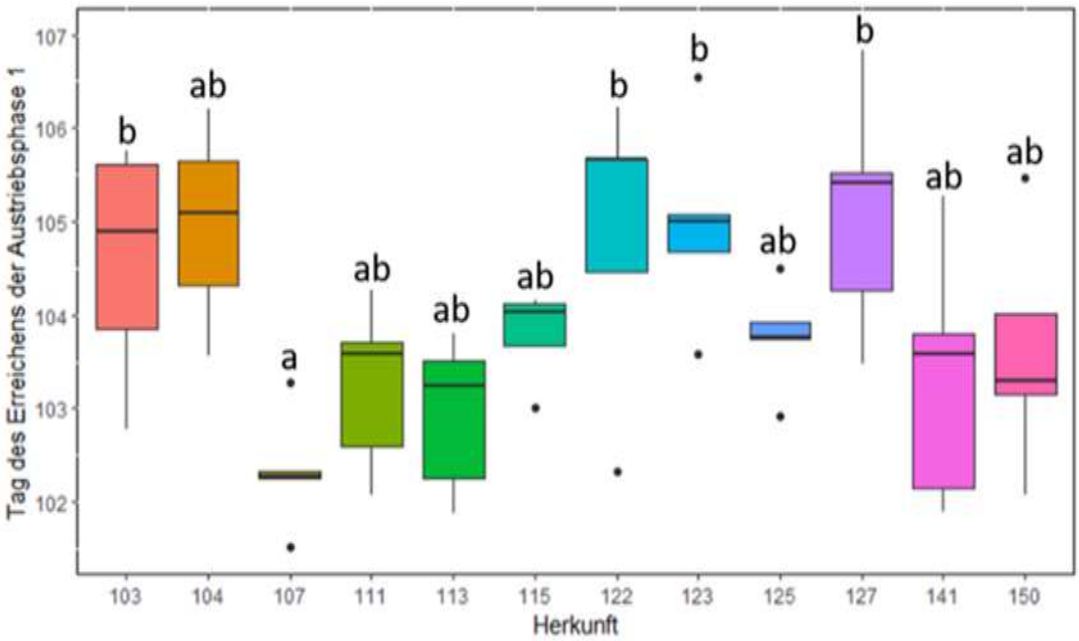

Abbildung 19: Durchschnittlicher Startzeitpunkt des Blattaustriebes der Herkünfte aus Einzelstammabsaat mit Signifikanzbuchstaben. Die „b"-Herkünfte unterscheiden sich signifikant von Herkunft „a". (ANOVA, p = 0,000753 und Tukey HSD)

Bei den Startzeitpunkten des Blattaustriebes wurde neben der deutlichen Variation zwischen den verschiedenen Herkünften auch ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der früh austreibenden Herkunft 107 – Heidelberg und den spät austreibenden Herkünften aus dem Schwarzwald (122 – Welschdorf, 123 – Falkenstein-Schramberg und 127 – Wehratal) sowie der Herkunft 103 – Tauberbischofsheim gefunden.

Ebenso statistisch signifikant war die Korrelation zwischen dem Startzeitpunkt des Blattaustriebes der Nachkommen und der Höhenlage der Herkunftsbestände. Hier zeigte sich, dass niedrig gelegene Herkünfte früher austreiben als höher gelegene. Zudem wurde eine Korrelation zwischen der Höhenlage und der beim Herkunftsbestand herrschenden durchschnittlichen Temperatur im langjährigen Mittel gefunden, weshalb sich sowohl die Höhenlage als auch die Temperatur als Umweltfaktor herausstellte, welcher in besonderem Maße Einfluss auf die Blattaustriebsphänologie nimmt.

Phänologie der Blattseneszenz:

Die Farbe der Blätter der Nachkommen wurde im Herbst 2022 wöchentlich in fünf Phasen von 1 bis 5 eingeteilt. Die erste Phase beschreibt Sämlinge mit grünen Blättern, während die fünfte Phase braune Blätter, die bei

Berührung abfallen oder bereits abgefallen sind, beschreibt. Die Datenaufnahme dauerte von Anfang September bis Mitte Dezember, den ersten Frosttagen.

Es wurden statistisch nicht signifikante Unterschiede in der Blattseneszenz (Abbildung 20) und der Vegetationsperiode (Abbildung 21) zwischen den Eichenpopulationen beobachtet. Es konnte kein Zusammenhang zwischen der Höhenlage der Reliktstandorte und der Blattseneszenz der Sämlinge nachgewiesen werden. Auch in anderen Literaturquellen bleibt die Beziehung zwischen Höhenlage und Blattseneszenz unklar (im Gegensatz zur Blattaustriebsphänologie!). Ebenso konnte in dieser Arbeit kein Zusammenhang zwischen dem Breitengrad und der Blattseneszenz festgestellt werden. Der fehlende Zusammenhang könnte auf die geringe Nord-Süd-Spanne der Reliktstandorte zurückzuführen sein. Es wurde ein Zusammenhang zwischen dem Mehltaubefall und der Blattseneszenz festgestellt. Je mehr Nachkommen eines Mutterbaums befallen waren, desto früher setzte bei diesen Nachkommen die Blattseneszenz ein.

Gestützt von Erkenntnissen aus früheren Studien wurde die beobachtete Variation in der Phänologie der Blattseneszenz, insbesondere des Startzeitpunktes, auf genetisch gesteuerte Anpassung an standortspezifische Bedingungen zurückgeführt. Diese Anpassungsfähigkeit könnte es Populationen ermöglichen, mit dem derzeitigen Klimawandel umzugehen. Darüber hinaus unterstützen die Ergebnisse die Findung und Auswahl von resilientem Saatgut für zukünftige Wälder.

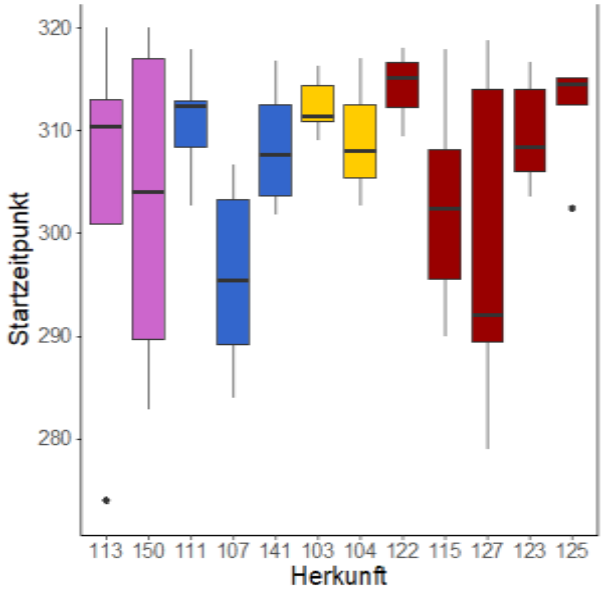

Abbildung 20: Boxplot-Diagramm des Startzeitpunktes der Seneszenz der Traubeneichenherkünfte aus Einzelstammabsaat. Die Unterschiede waren nicht signifikant (Kruskal-Wallis, $\chi 2$= 13,894, df = 11, p = 0,2389).

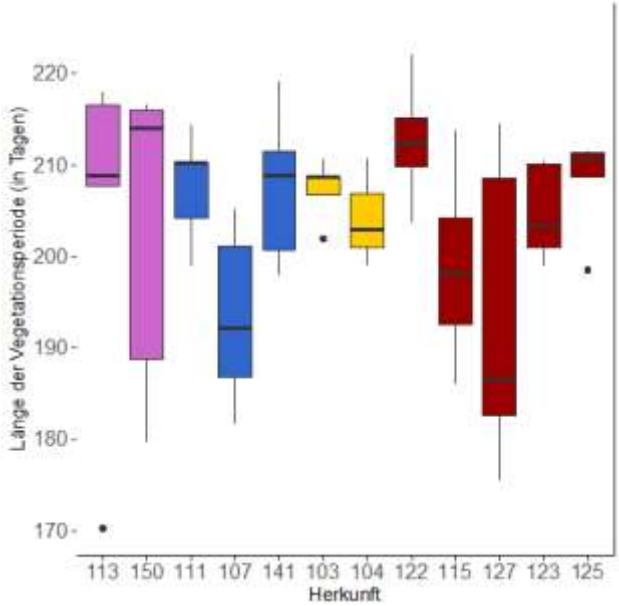

Abbildung 21: Boxplot-Diagramm der Vegetationsperiode der Herkünfte aus Einzelstammabsaat. Die Unterschiede zwischen den Herkünften waren nicht signifikant (Kruskal-Wallis: $\chi 2$ = 13,706, df = 11, p = 0,2497).

Bonitur im Herbst 2023:

Alle vier Versuchsflächen wurden im Berichtszeitraum regelmäßig angefahren und begutachtet. Zum Abschluss der Vegetationsperiode wurde eine Bonitierung durchgeführt mit Bestimmung der vitalen Pflanzen sowie deren Höhenwachstum.

Fläche	Gesamt	Vital	Ausfall	Höhe Mittel	Höhe Max	Höhe Min
Walldorf	2592	2342 (90,3%)	250 (9,7%)	43,6 cm	176 cm	4 cm
Leibertingen	2592	2139 (82,5%)	453 (17,5%)	67,4 cm	200 cm	10 cm
Durmersheim	1296	635 (49%)	661 (51%)	39,4 cm	124 cm	5 cm
Tengen	2592	686 (26,5 %)	1906 (73,5%)	x	x	x

Tabelle 2: Herbstbonitierung der Versuchsflächen

Die Versuchsflächen in Walldorf, Leibertingen und Durmersheim konnten mit den gleichaltrigen Reservepflanzen aus dem FVA-Pflanzgarten wiederbestockt und deren Ausfallquote ausgeglichen werden. Die Versuchsfläche in Tengen jedoch musste aufgegeben werden, da die Ausfallquote von 73,5% zu hoch und eine Fortführung des Anpflanzversuches nicht mehr realisierbar war. Der hohe Ausfall lässt sich auf anhaltend trockene Witterung im Sommer 2023 in Verbindung mit lehmigen Oberboden des Standorts erklären. Bei der Fläche in Tengen handelt es sich zudem um eine Ackererstaufforstung mit geringem Schutz durch umliegende Waldflächen. Die Nachpflanzungen auf den anderen Flächen von 1364 Prüfgliedern wurden im Dez.2023 – Jan. 2024 erfolgreich durchgeführt. Die Pflanzungen der Randbereiche sowie Trennungen unter den Blöcken wurde ebenfalls aufgenommen und gegebenfalls nachgebessert mit Traubeneichen (Herkunft 81813).

Arbeitspaket 19: Bereitstellung der Pflanzen und Anlage der Versuchsflächen

In Arbeitspaket 17 wurde die Anzucht der einzelnen Prüfglieder erläutert. Diese Eichensämlinge fanden Verwendung bei der Anlage der vier Versuchflächen.

Versuchsfläche Walldorf:

Die Anlage über sandigem Boden erfolgte in 72 Parzellen/Block (432 Parzellen gesamt) und erstreckt sich über eine Fläche von 122x75m. Jede Parzelle beinhaltet 6 Prüfglieder mit einem Abstand von 1,5m. Dies entspricht einer Gesamtanzahl von 2592 Pflanzen inklusiv der Referenzherkunft 13 (blau markierte Parzellen im Plan des Versuchsdesigns, Abb. 3). Der Randbereich sowie die 5 Trennungen zwischen den Blöcken erfolgte mit Traubeneichen (Herkunfts 818 13) der Baumschule Haage. Dieses Pflanzmaterial ist Züf zertifiziert mit der Zertifikatsnummer: 364585 und der ID-Nummer: 11002009700004. Zukünftig werden die Trennreihen als Rückegassen dienen.

Versuchsdesign NKP Walldorf:

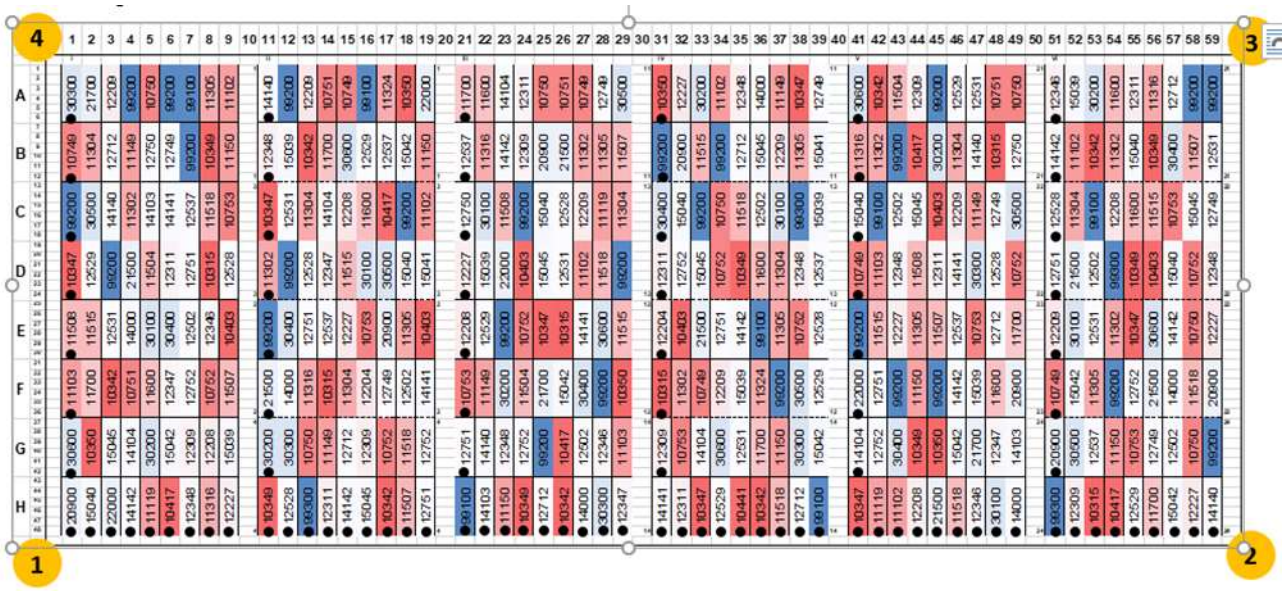

Abbildung 22: Versuchsdesign der Nachkommenschaftsprüfung bei Walldorf im Rahmen des AQUAREL-Projekts II; Orange Eckpunkte: Orientierung auf der Versuchsfläche. Sie finden sich auf der schematischen Darstellung der Versuchsfläche wieder (s. Abbildung 3); Schwarze Punkte: zu Beginn jeder 6er-Parzelle der ersten Reihe und Spalte einer Wiederholung befinden sich graue Plastikpressstäbe mit Aluminiumplaketten, auf welche die Herkunftsnummer der

folgenden 6 Pflanzen steht; Reihenabstand 2 m, Pflanzabstand 1,5 m; Blaue Felder: Vergleichsherkunft Traubeneiche aus Herkunftsgebiet 818.13; Rand- und Trennreihe: Traubeneichen der Herkunft 818.13. Trennreihen werden zukünftige Rückegassen.

Im Januar 2024 wurden 250 ausgefallene Prüfglieder ersetzt durch Reservepflanzen des FVA-Internen Pflanzgartens. Die Fläche ist somit wieder vollständig mit allen Herkünfte belegt.

Versuchsfläche Durmersheim:

Im Frühjahr 2023 erfolgte die Anlage der Versuchsfläche in Durmersheim mit 72 Parzellen/Block (insgesamt 216 Parzellen) und erstreckt sich über eine Fläche von 54x86m. Jede Parzelle beinhaltet 6 Prüfglieder mit einem Abstand von 1,5m. Dies entspricht einer Gesamtanzahl von 1296 Pflanzen inklusiv der Referenzherkunft 13 (blau markierte Parzellen im Plan des Versuchsdesigns, Abb. 3). Der Randbereich sowie die 2 Trennungen zwischen den Blöcken erfolgte mit Traubeneichen (Herkunfts 818 13) der Baumschule Haage. Dieses Pflanzmaterial ist ZüF-zertifiziert mit der Zertifikatsnummer: 364585 und der ID-Nummer: 11002009700004. Zukünftig werden die Trennreihen als Rückegassen dienen.

Versuchsdesign Durmersheim:

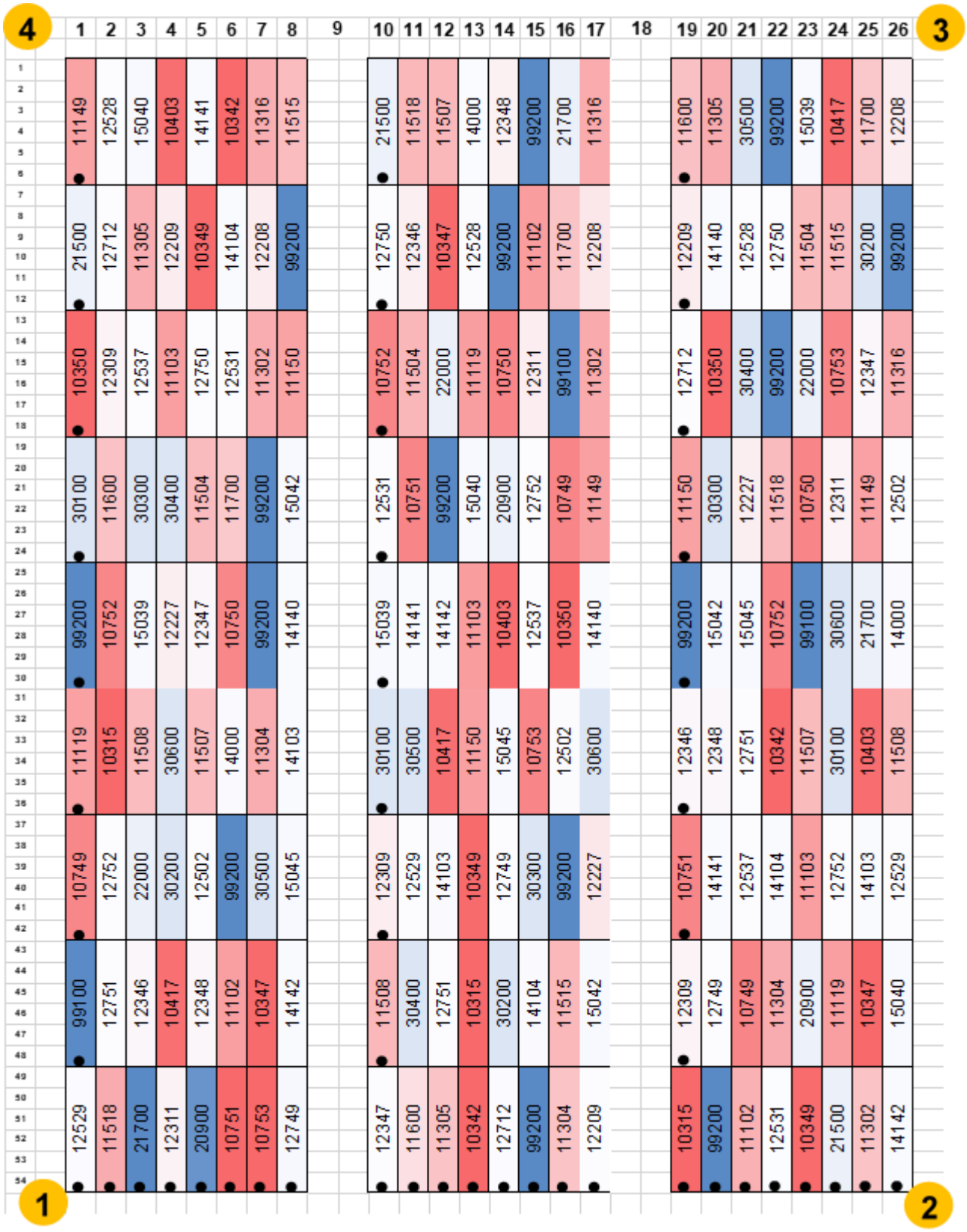

Abbildung 23: Versuchsdesign der Nachkommenschaftsprüfung bei Durmersheim im Rahmen des AQUAREL-Projekts; orange hinterlegte Zahlen an den Ecken: sollen die zweifelsfreie Orientierung / Ausrichtung des Versuchsdesigns auf der Versuchsfläche ermöglichen, sie finden sich auf der schematischen Darstellung der Versuchsfläche wieder (s. Abbildung 5); schwarze Punkte: zu Beginn jeder 6er-Parzelle der ersten Reihe und Spalte einer Wiederholung befinden sich graue Plastikpressstäbe mit Aluminiumplaketten, auf welchen die Herkunftsnummer der folgenden 6 Pflanzen steht; im Gegensatz zu den anderen drei NKPs wurden nur 3 Wiederholungen gepflanzt und zwischen den Wiederholungen 2 Reihen pro Rückegasse gesetzt; Reihenabstand 2 m, Pflanzabstand 1,5 m, alle blau hinterlegten Herkünfte mit einer 9 beginnend sind die gleiche Herkunft (Vergleichsherkunft Traubeneiche aus dem Herkunftsgebiet 13); um die Versuchseichen herum eine Reihe Traubeneichen als Randpflanzen, zwischen den Wiederholungen zwei Rückegassen mit jeweils zwei Reihen Traubeneiche

Der Ausfall von 661 Pflanzen konnte im Januar 2024 wieder rekompensiert werden mit der Pflanzung von Reservepflanzen aus dem FVA-Internen Pflanzgarten. Die Versuchsfläche ist somit wieder komplett.

Versuchsfläche Leibertingen:

Die Anlage erfolgte in 72 Parzellen/Block (432 Parzellen gesamt) und erstreckt sich über eine Fläche von 132x209m. Die drei Blockwiederholungen sind getrennt voneinander geprflanzt worden. Jede Parzelle beinhaltet 6 Prüfglieder mit einem Abstand von 1,5m. Dies entspricht einer Gesamtanzahl von 2592 Pflanzen inklusiv der Referenzherkunft 13 (blau markierte Parzellen im Plan des Versuchsdesigns, Abb. 3). Die Randbereiche sowie die 3 Trennungen in den Blockwiederholungen erfolgte mit Traubeneichen (Herkunfts 818 13) der Baumschule Haage. Dieses Pflanzmaterial ist Züf zertifiziert mit der Zertifikatsnummer: 364585 und der ID-Nummer: 11002009700004. Zukünftig werden die Trennreihen als Rückegassen dienen.

Versuchsdesign Leibertingen:

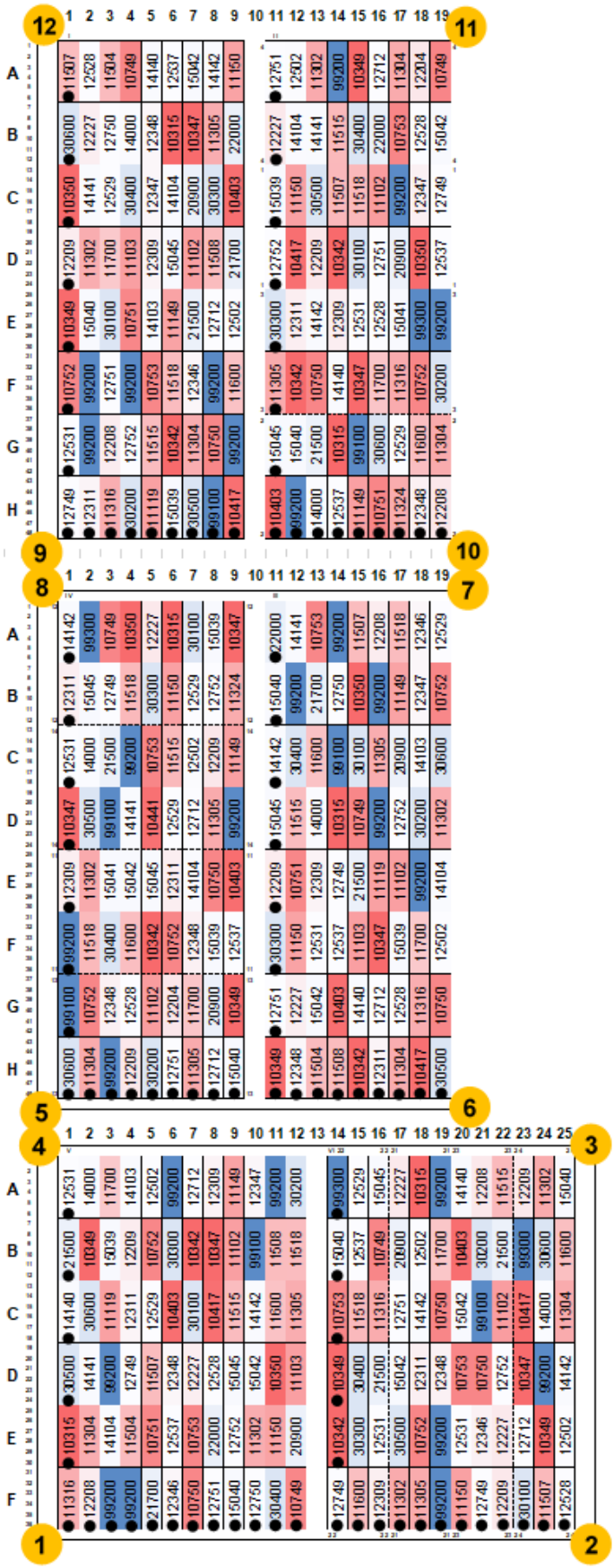

Abbildung 24: Versuchsdesign der Nachkommenschaftsprüfung bei Leibertingen im Rahmen des AQUAREL-Projekts; orange hinterlegte Zahlen an den Ecken: sollen die zweifelsfreie Orientierung / Ausrichtung des Versuchsdesigns auf der Versuchsfläche ermöglichen, sie finden sich auf der schematischen Darstellung der Versuchsfläche wieder; schwarze Punkte: zu Beginn jeder 6er-Parzelle der ersten Reihe und Spalte einer Wiederholung befinden sich graue Plastikpresspressstäbe mit Aluminiumplaketten, auf welchen die Herkunftsnummer der folgenden 6 Pflanzen steht; Reihenabstand 2 m, Pflanzabstand 1,5 m; alle blau hinterlegten Herkünfte mit einer 9 beginnend sind die gleiche Herkunft (Vergleichsherkunft Traubeneiche aus Herkunftsgebiet 13); um die Versuchseichen herum sowie zwischen den Wiederholungen befinden jeweils eine Reihe Traubeneichen als Randpflanzen bzw. zukünftige Rückegassen; drei Teilflächen (TF) mit jeweils 2 Wiederholungen, von oben nach unten TF Nr. 1, 2 & 3.

Der Ausfall von 453 Pflanzen konnte im Dezember 2023 wieder rekompensiert werden mit der Pflanzung von Reservepflanzen aus dem FVA-Internen Pflanzgarten. Die Versuchsfläche ist somit wieder komplett.

Versuchsfläche Tengen:

Die Anlage über lehmigem und skelettreichem Oberboden erfolgte in 72 Parzellen/Block (432 Parzellen gesamt) und erstreckt sich über eine Fläche von 122x75m. Jede Parzelle beinhaltet 6 Prüfglieder mit einem Abstand von 1,5m. Dies entspricht einer Gesamtanzahl von 2592 Pflanzen inklusiv der Referenzherkunft 13 (blau markierte Parzellen im Plan des Versuchsdesigns, Abb. 3). Der Randbereich sowie die 5 Trennungen zwischen den Blöcken erfolgte mit Traubeneichen (Herkunfts 818 13) der Baumschule Haage. Dieses Pflanzmaterial ist Züf zertifiziert mit der Zertifikatsnummer: 364585 und der ID-Nummer: 11002009700004. Zukünftig werden die Trennreihen als Rückegassen dienen.

Versuchsdesign NKP Tengen:

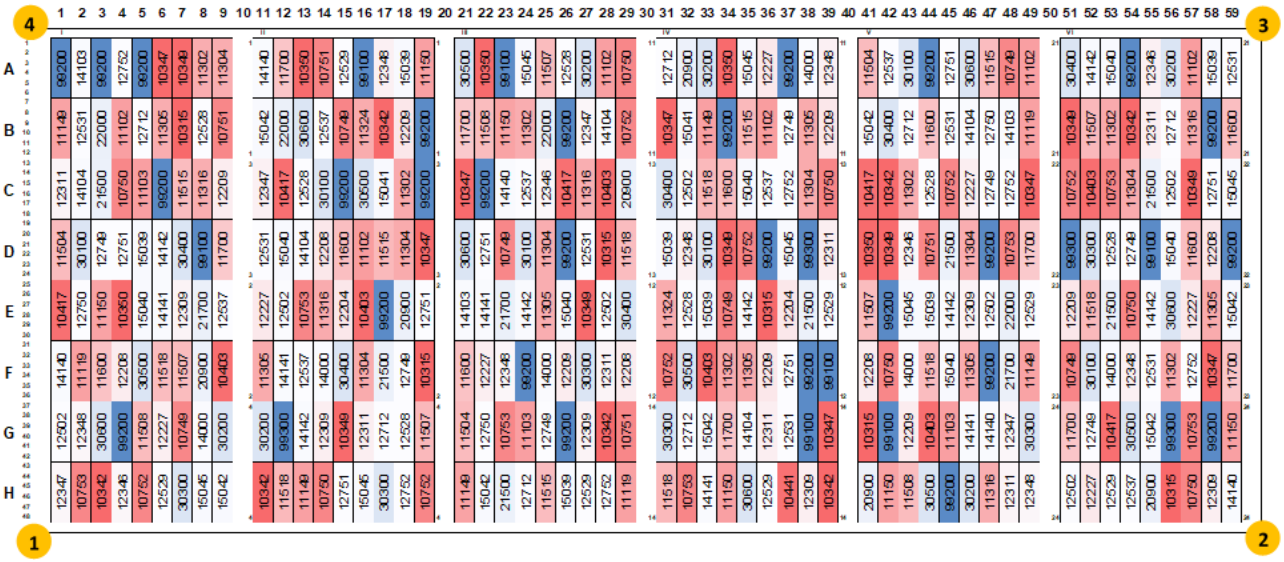

*Abbildung 25: : Versuchsdesign der Nachkommenschaftsprüfung bei Tengen im Rahmen des AQUAREL-Projekts; orange hinterlegte Zahlen an den Ecken: sollen die zweifelsfreie Orientierung / Ausrichtung des Versuchsdesigns auf der Versuchsfläche ermöglichen, sie finden sich auf der schematischen Darstellung der Versuchsfläche wieder; schwarze Punkte: zu Beginn jeder 6er-Parzelle der ersten Reihe und Spalte einer Wiederholung befinden sich graue Plastikpressspressstäbe mit Aluminiumplaketten, auf welchen die Herkunftsnummer der folgenden 6 Pflanzen steht; Reihenabstand 2 m, Pflanzabstand 1,5 m, Gesamtmaße der Kulturfläche 122 m * 75 m = 0,91 ha; alle blau hinterlegten Herkünfte mit einer 9 beginnend sind die gleiche Herkunft (Vergleichsherkunft Traubeneiche aus Herkunftsgebiet 13); um die Versuchseichen herum sowie zwischen den Wiederholungen befinden jeweils eine Reihe Traubeneiche als Randpflanzen bzw. zukünftige Rückegassen.*

Die hohe Ausfallquote von 73,5% war zu hoch, um eine Nachpflanzung bewerkstelligen zu können aus dem Pool der Reservepflanzen. Somit musste die Fläche aufgegeben werden.

2. Verwertung

a) Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen

Es sind keine Schutzrechtsanmeldungen geplant oder durchgeführt worden.

b) Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende

Für die Forstpraxis, insbesondere für den Waldumbau sowie der Pflanzenproduktion in Forstbaumschulen, sind Kenntnisse über Angepassheit und Anpassungsfähigkeit aus den angelegten Nachkommenschaftsprüfungen in Zeiten des Klimawandels von großer Bedeutung. So können die hier verwendeten Eichenvorkommen, die bereits über eine lange Zeit bzw. eine hohe Anzahl an Generationen an trockenen Standorten überlebt haben, zukünftig zur Saatgutversorgung verwendet werden. Die genetische Diversität der Eichenprüfglieder ist dabei Voraussetzung zur zukünftigen Zusammenstellung des Saatgutes. Langfristig können hierdurch erhebliche Vorteile für Waldbesitzer und Baumschulen entstehen sowie weitere erfolgreiche Züchtungen umgesetzt werden. Aber auch per Gesetz müssen z.B. in Deutschland bei Eiche mindestens 20 Jahre lang die Nachkommen eines Erntebestandes oder Mutterbaums in Feldversuchen

getestet werden, bevor das Ausgangsmaterial als Quelle zur Erzeugung geprüften Vermehrungsguts zugelassen wird (BLE, 2016).

c) Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende

Die Projektergebnisse dienen unmittelbar als Grundlage für weitere Maßnahmen im Hinblick auf den Waldnaturschutz, darüber hinaus beeinflussen sie die Waldgenetik und die Waldpflanzenzüchtung. In dieser Funktion sind sie ein Beitrag zur Sicherung der Ökosystemdienstleistungen des Waldes mit überregionaler Wirkung. Gleichermaßen leisten die Ergebnisse einen wichtigen Beitrag für die Anpassung der Herkunftsempfehlungen an die Anforderungen des sich wandelnden Klimas. Die langfristige Beobachtung der Wuchseigenschaften auf unterschiedlichen Standorten im Rahmen der Nachkommenschaftsprüfung erfüllt dazu eine wichtige Voraussetzung, um Anbausicherheit bei Verwendung von Saatgut aus den zu prüfenden Eichenvorkommen zu gewährleisten.

d) Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Die Ergebnisse der Nachkommenschaftsprüfung sind in dem Sinne von großer Bedeutung, als dass sie Aussagen über die Anbauwürdigkeit der hier verwendeten Eichenherkünfte an verschiedenen Standorten treffen können. Wie bereits erwähnt, nehmen Feldversuche auch aus fachlicher Sicht trotz der Innovation im Bereich der Genomik an Bedeutung zu, wenn es sich um die Erforschung der Anpassung bei Waldbäumen handelt (González-Martínez, 2021, weitere Details in I.2).

Schließlich soll die Anschlussfähigkeit des Projektes mit Erkenntnisse zu den vererbbaren Wuchseigenschaften der Reliktvorkommen die Grundlage für die zukünftige Verwendung von Vermehrungsgut mit Trockenheitsresistenz schaffen. Ferner stellen die Versuchsflächen eine ausgezeichnete Basis für weitere Untersuchungen (z.B. im Bereich der Physiologie) dar. Zusätzlich dienen diese Flächen als ex-situ Generhaltungsmaßnahmen für die dort zu prüfenden Eichenpopulationen.

3. Erkenntnisse von Dritten

Neophytou, C. (2012): Genetische Differenzierung innerhalb von und zwischen Beständen der Stiel- und Traubeneiche im Oberrheingraben. Forstarchiv 83, Heft I (2012), S.34-40

Liesebach, M. Ahrenhövel, W., Janßen, A., Karopka, M., Rau, H., Rose, B., Schirmer, R., Schneck, D., Schneck, V., Steiner, W., Schüler, S., Wolf, H. (2017): Planung, Anlage und Betreuung von Versuchsflächen der Forstpflanzenzüchtung. Handbuch für die Versuchsanstellung. Thünen Report 49

Creyaufmüller, F., Chassignet, I., Delb, H., Dounavi, A., Gailing, O., Leinemann, L., Kreuzwieser, J., Teply-Szymanski, J., Vornam, B. (2018): Terpene Synthase Genes in Quercus robur – Gene Characterization, Expression and Resulting Terpenes Due to Cockchafer Feeding. Frontiers in Plant Science, Volume 9, Article 1753, S. 1-15.

Forst-BW (2019): Herkunftsempfehlungen für forstliches Vermehrungsgut in Baden-Württemberg. 2. Auflage, August 2019.

Neophytou, C, Semizer-Cuming, D, Braun, A, Fussi, B, Mück, I, Schlosser, F, Seegmüller, S, Michiels, HG (2020). Angepasste Eichen auf Reliktstandorten. Eine zukünftige Quelle für forstliches Vermehrungsgut? 6. Sektionstagung Forstgenetik/Forstpflanzenzüchtung im Verband der Deutschen Forstlichen Forschungsanstalten (DVFFA): „Forstpflanzenzüchtung für die Praxis“, Dresden, Deutschland, Sep 16-18, 2019. In: Liesebach, M (Hrsg.), Forstpflanzenzüchtung für die Praxis: 6. Tagung der Sektion Forstgenetik/Forstpflanzenzüchtung vom 16. bis 18. September 2019 in Dresden, S. 37-48; ISBN: 978-3-86576-209-2

Neophytou, C, Semizer-Cuming, D, Fussi, B, Mück, I, Schlosser, F, Seegmüller, S, Braun, A, Michiels, HG (2021). Autochthone Eichen auf Reliktstandorten: an Trockenstress angepasst? Forstwissenschaftlicher Tagung 2021. Wald: Wie weiter? #ScienceForFuture, Freising, Sep 13-15, 2021. In: Knoke, T; Holzer, D (Hrsg.), Forstwissenschaftliche Tagung 2021. Freising, 13. bis 15. September 2021. Wald: Wie weiter? #ScienceForFuture. Programm und Abstracts

4. Veröffentlichungen

Neophytou, C., Semizer-Cuming, D., Michiels, H.G., Kremer, A., Jansen, S., & Fussi, B. (2024). Relict stands of Central European oaks: Unravelling autochthony and genetic structure based on a multi-population study. Forest Ecology and Management, 551, 121554.