

# FichtePLUS

**Erhaltung und Verbesserung der genetischen Ressourcen der Fichte  
unter Berücksichtigung klimarelevanter Schadfaktoren zur  
langfristigen Steigerung der Stressresilienz**

**Endbericht Projekt FichtePlus**

LE 14-20 / 8.5.2-III4-04/18

F. Irauschek, C. Trujillo-Moya, H. Konrad, T. Geburek, J.P. George, M. van Loo

# IMPRESSUM

ISBN: 978-3-903258-86-0

© 2024 by Bundesforschungszentrum für Wald

Wien, Dezember 2024

Der Bericht „FichtePLUS - Erhaltung und Verbesserung der genetischen Ressourcen der Fichte unter Berücksichtigung klimarelevanter Schadfaktoren zur langfristigen Steigerung der Stressresilienz“ wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus erstellt (Projekt LE 14-20 / Antragsnummer 8.5.2-III4-04/18).

## Projektleitung:

**MMag. Dr. Marcela van Loo** (04.03.2020-31.12.2024)

DI Dr. Heino Konrad (01.11.2019-03.03.2020)

DI Dr. Jan-Peter George (15.10.2018-31.10.2019)

## Projektmitarbeiter\*innen:

### Bundesforschungszentrum für Wald: Abteilung Herkunftsforschung und Züchtung

Fachinstitut für Waldwachstum, Waldbau und Genetik

*Dr. Muhammad Ahmad, BSc Michaela Breuer, DI Dr. Benno Eberhard, DI Dr. Sophie Jana Ette, Eva Floriantsits, Univ.-Prof. Dr. Dr. Thomas Geburek, MSc Martin Gollobich, DI Dr. Florian Irauschek, Jasmin Jaganjac, Ing. Michael Kober-Eberhardt, Dominik Lorenschitz, Lenka Polonyova, Richarda Schuller, MSc Erik Szamosvari, Ing. Thomas Thalmayr, Dr. Carlos Trujillo-Moya, Dr. Roman Ufimov, Ing. Lambert Weißenbacher, BSc Simon Wimmer, MSc Anna Zöchner*

### Bundesforschungszentrum für Wald: Abteilung Herkunftsforschung und Züchtung

Fachinstitut für Waldbiodiversität und Naturschutz,

Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW)

*Rosemarie Berger, Michael Eckart, Patrick Fassl, Erich Hainisch, Florian Henninger, Franz Henninger, Vanessa Keppert, Marian Klich, Vasile Moholea, Peter Muckenhuber, Ing. Wilfried Nebenführ, Julia Rode*

### Bundesforschungszentrum für Wald: diverse Abteilungen/Institute

*Eszter Buchert, BSc Astrid Bygge, Andreas Daxer, Mag. Karl Gartner, DI Günther Gollobich, Thomas Hirzi, Ing. Marcus Hödl, Johann Lengauer, Bernhard Mayr, Sebastian Riedel, MSc Viktoria Valenta, Lilya Weisgrab, Alois Wunderer, Ing. Wernfried Zainer*

### Bundesamt für Wald:

*Ing. Gerald Golesch, Ing. Christian Wurzer*

---

**Zitierung:** Irauschek, F.; Trujillo-Moya, C.; Konrad, H.; Geburek, T.; George, JP; van Loo, M. (2024): FichtePLUS - Erhaltung und Verbesserung genetischer Ressourcen der Fichte (*Picea abies* KARST) unter Berücksichtigung klimarelevanter Schadfaktoren zur langfristigen Steigerung der Stressresilienz. Projekt LE 14-20 / 8.5.2-III4-04/18, unterstützt von Bund, Ländern und Europäischer Union, Bundesforschungszentrum für Wald (BFW), Wien, 42 Seiten, ISBN: 978-3-903258-86-0

# INHALTSVERZEICHNIS

Kurzdarstellung des Projektes .....	4
Zusammenfassung der Ergebnisse .....	5
Ergebnisse und Schlussfolgerungen .....	8
AP 0: Projektkoordination, Steuerung, Kommunikation und Berichtlegung .....	9
Kommunikationstätigkeiten .....	9
Projektänderungen .....	9
AP 1: Auswahl und Beerntung von Plusbäumen .....	11
AP 2: Anlage des Klonarchivs .....	14
Anlage Klonarchivflächen (zwei Hauptflächen) .....	15
Anlage Schaufläche Lamnitz (Zusatzfläche) .....	16
AP 3: Nachkommenschaftsprüfungen .....	19
NK-Test1: Anlage und Methodik phänotypischer Trockentoleranztest .....	20
NK-Test1: Ergebnisse 2021 .....	23
NK-Test2: Vergleich der Genexpression nach systematischer Gruppierung .....	26
NK-Test1: Weiterführung 2022 .....	28
NK-Test1: Ergebnisse 2022 .....	29
Cavitronanalysen von Holzproben .....	31
Abschluss Nachkommenschaftstests und Anlage von Dauerversuchsflächen .....	31
Versuchsfläche 1: Weitersfelden, Robischbauer-Kapelle .....	33
Versuchsfläche 2: Kranichberg, Haiderhof .....	35
AP 4: Aufbau einer Zuchtpopulation .....	37
AP 5: Aufbau eines Österreichweiten Plusbaumnetzes .....	41
Literaturverzeichnis: .....	42

## KURZDARSTELLUNG DES PROJEKTES

In den letzten Jahren sind in Österreich beispiellose Schadh Holz mengen in Fichtenwäldern durch Massenvermehrungen der Borkenkäfer entstanden. Obwohl sich seit den 1990er Jahren ein stetiger Anstieg der Borkenkäferschäden in Österreich abgezeichnet hat (DFW, 2023) und wissenschaftliche Modelle diese Risiken schon länger voraussagen (Baier et al. 2007, Lexer et al. 2002), waren viele WaldbesitzerInnen überrascht, wie großflächig und heftig sich die Schadsituation in den letzten Jahren entwickelt hat. Diese Borkenkäferschäden sind eine der vielen Manifestationen des Klimawandels und ein erneuter Weckruf für aktive Klimawandelanpassungsmaßnahmen. Aus den aktuellen Klimaszenarien lässt sich gut ableiten, dass durch klimawandelbedingte erhöhte Temperaturen Extremwetterereignissen mit Trockenheit zunehmen und somit die Borkenkäferprobleme eher zur Regel als zur Ausnahme werden. Die Fichte wird auch im zukünftigen Klima eine bedeutende wirtschaftliche Rolle in Österreich spielen. Klimamodelle prognostizieren jedoch, dass bis zum Ende dieses Jahrhunderts etwa 40 % des aktuellen Fichtenvorkommens in Österreich vom Klimawandel betroffen sein wird (Schweinzer K.-M. & Starlinger F., 2013). Besonders die derzeit großflächig mit Fichten bestockten Rand- und Zwischenalpen werden stärker beeinflusst sein.

Das Projekt FichtePLUS verfolgte das Ziel, die genetischen Ressourcen der Fichte langfristig zu verbessern und zukünftige Fichtenbestände toleranter gegenüber Wetterextremen wie Trockenheit und den damit verbundenen Kalamitäten durch Borkenkäfer zu machen. Dabei sollte der, in Fichtenbeständen herrschende, hohe natürliche Selektionsdruck infolge von Trockenheit und Borkenkäferbefall genutzt werden, um widerstandsfähigere Fichten (sogenannte Plusfichten) zu identifizieren. Diese sollten als Grundlage für weitere Züchtungsaktivitäten verwendet werden.

Ausgangspunkt für dieses Projekt war die Beobachtung von einzelnen überlebenden Fichten, inmitten von hektarweise abgestorbenen Fichtenbeständen in den großen Kalamitätsgebieten im Waldviertel, im Jahr 2018. *Warum konnten diese einzelnen Bäume überleben und die Attacken der Borkenkäfer abwehren?* Die Hypothese war, dass die Ursache der Vitalität einzelner Bäume in speziellen Anpassungen des Erbgutes liegt, die in diesem Projekt untersucht und für eine gezielte Züchtung genutzt werden sollten. Im Rahmen des Projektes „Nadelholz für die Zukunft“ (FWF 10.55776/TRP122) konnte bereits gezeigt werden, dass Variation im Trockenstress bei der Fichte genetisch bedingt ist (Trujillo-Moja et al. 2018). Dies bedeutet, dass selektierte Elitefichten ihre Resistenz zum Teil auch an die nächste Generation weitergeben können.

Im Projekt FichtePLUS wurden solche einzeln überlebende Plusbäume durch systematische Suche identifiziert und von ihnen Edelreiser und Samen beerntet (AP1). Die Edelreiser wurden auf Unterlagen gepfropft und auf zwei Klonarchiv-Flächen ausgepflanzt (AP2). Aus dem Saatgut der Plusbäume wurden Sämlinge angezogen, die auf ihre Trockenresistenz getestet wurden (AP3). Schließlich wurden die Nachkommen der Plusfichten auf zwei Versuchsflächen gepflanzt, die hier eine Zuchtpopulation repräsentieren (AP4), und Plusbäume durch den Aufbau eines Plusbaumnetzes für weitere Beerntungen verfügbar gemacht (AP5).

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Das Projekt FichtePLUS hatte zum Ziel, den in Fichtenbeständen aufgrund von Trockenheit und Borkenkäfern herrschenden hohen natürlichen Selektionsdruck zu nützen, um widerstandsfähigere Fichten (Plusfichten) zu identifizieren, welche für zukünftige Züchtungszwecke verwendet werden können. Durch intensive Außendiensttätigkeit mit systematischer Begehung von Kalamitätsflächen und Informationskampagnen mit Forstbetrieben wurden zwischen 2018 und 2021 insgesamt 315 Plusbäume in den Bundesländern Niederösterreich (N=283), Oberösterreich (N=12) und Kärnten (N=17) identifiziert und dokumentiert. Durch wiederholte Beerntung von Reisern durch Baumkletterer und ihre nachfolgende Pfropfung auf dreijährige Fichtenunterlagen konnten insgesamt 225 dieser Plusfichten als Veredelungen langfristig gesichert werden. Die Veredelungen wurden schließlich im Jahr 2023 auf zwei Klonarchiv-Flächen (Rittenloser und Unter-Hitzelberger, in Pernegg, Bezirk Bruck-Mürzzuschlag) ausgepflanzt.

Von einem Teil der Plusbäume konnten im Jahr 2018/2019 auch Zapfen gewonnen werden. Aus dem Saatgut wurden Pflanzen angezogen, die dann in Nachkommenschaftstests untersucht wurden, um Rückschlüsse auf die Trockentoleranz der Plusfichten zu gewinnen. Beim ersten Trockenexperiment (NK-Test1) wurde das Wachstumsverhalten von insgesamt 4.450 zweijährigen Nachkommen von 85 Plusbäumen und fünf Vergleichsherkünften -bei kontrollierter Bewässerung unter einem transparenten Dach im Freien - getestet. Der Terminaltrieb und ein Seitentrieb der Pflanzen wurden wiederholt gemessen, auftretende Nadelverfärbungen dokumentiert und eine Bonitur des Austriebsverhaltens durchgeführt (spät- oder frühtriebende Knospen). Die Ergebnisse zeigten, dass die Nachkommenschaft von Plusbäumen sowohl unter optimalen Wachstumsbedingungen (mit ausreichender Bewässerung) als auch unter Trockenstress (bei Wassermangel) eine hohe Variabilität in der Triebwuchsleistung bei Trockenheit aufwies. Als Reaktion auf die Trockenheit verringerte sich die Trieblänge um bis zu 30 % im Vergleich zur Kontrollgruppe. Besonders wuchsfreudige Plusbäume zeigten dabei eine stärkere Wachstumsreduktion. Statistische Vergleichstests der Triebängen unter kontrollierten und trockenen Bedingungen ergaben jedoch, dass sich die Plusbäume nicht signifikant von den Vergleichsherkünften (Referenzherkünften) unterschieden. Vier von fünf Referenzherkünften befanden sich im mittleren Bereich bezüglich der Triebängen sowohl unter Kontrollbedingungen als auch unter Trockenstress. Die Herkunft Neudorf (Fi 24 (5.2/tm)) zeichnete sich dabei durch eine überdurchschnittliche Trockentoleranz aus. Die Untersuchung der Nadelschäden ergab eine leichte Tendenz zu höheren Nadelschäden unter Trockenheitsbedingungen bei den Vergleichsherkünften. Die Gruppierung nach dem Austriebsverhalten hatte keinen Einfluss auf die Veränderung des Triebwachstums über die gesamte Wachstumsperiode.

Im Allgemeinen schnitten die Nachkommen der Plusfichten unter den im Experiment (NK-Test1) getesteten Trockenheitsbedingungen nicht besser ab als handelsübliche Fichtenherkünfte. Dieses Bild änderte sich, als mögliche Wachstumsstrategien der Plusbäume im Hinblick auf die Trockenheit berücksichtigt wurden. Die große Streuung der Ergebnisse der Plusbäume im phänotypischen Trockenexperiment ließ vermuten, dass diese Bäume möglicherweise mit unterschiedlichen Wachstumsstrategien auf die Trockenheit reagieren. Um diese Strategien zu überprüfen, wurde zunächst eine Gruppierung in vier Wachstumsgruppen (Toleranzgruppen) vorgenommen. Diese Gruppen waren: hohe Trockentoleranz bei kurzer Trieblänge unter Kontrollbedingungen (1 HS), hohe Trockentoleranz bei langer Trieblänge (2 HL), geringe Trockentoleranz bei kurzer Trieblänge (3 LS) und geringe Trockentoleranz bei langer Trieblänge (4 LL). Das Merkmal Trieblänge (kurz oder lang) wurde

unter guten Bewässerungsbedingungen (Kontrollbedingungen) definiert, und die Trockentoleranz (hoch oder gering) wurde als relatives Triebwachstum unter Trockenheit bestimmt.

In einem zweiten Experiment (NK-Test2) wurden diese vier Gruppen vertiefend untersucht. An einer Auswahl an Plusbäumen (Nachkommen von insgesamt 16 Plusbäumen aus den vier Gruppen) wurden Gewebeproben zuerst bei feuchten Bodenverhältnissen (Kontrollgruppe) und nach 22 Tagen Trockenheit (trockengestresste Gruppe) genommen und mithilfe der RNA-Sequenzierung untersucht. Diese Methode erlaubt, das Transkriptom – die Gesamtheit aller RNA-Moleküle, die zu einem bestimmten Zeitpunkt (hier nach 22 Tagen) in einem Gewebe (hier in den Feinwurzeln) exprimiert wurden – qualitativ und quantitativ zu charakterisieren. Die Gruppierung nach den Ergebnissen des NK-Test1 wurde durch die Ergebnisse im NK-Test 2 auf genetischer Ebene bestätigt: Die Nachkommen von Plusbäumen, die als „gering trocken tolerant“ eingestuft wurden (3-LS, 4-LL), reagierten stärker auf den Trockenstress als die Trockentoleranten (1-HS und 2-HL) und aktivierten Gene z.B. im Bereich der generellen Stressreaktionen und zur Bekämpfung von oxidativem Stress. Die Nachkommen der trocken tolerantanten Gruppen (Gruppen 1-HS und 2-HL) zeigten hingegen ähnliche RNA-Expression wie die Nachkommen unter Kontrollbedingungen, d.h. sie aktivierten zum Zeitpunkt der Probennahme nur wenige Stressgene. Interessantes Ergebnis dabei war, dass Plusbäume, die generell wenig Wachstum zeigten (unter guter Bewässerung) und als trocken anfällig eingestuft wurden (Gruppe LS), die höchste differenziale Genexpression zeigten. Das bedeutet, dass bei der Selektion von Individuen mit höherer Trockentoleranz das gesamte Spektrum des Wachstums abgedeckt werden kann und ein geringes, zurückhaltendes Wachstum unter den im Experiment getesteten Bedingungen keinen generellen Vorteil bietet.

Diese vielschichtigen Erkenntnisse und die spezifisch für die einzelnen getesteten Plusbäume ausgewerteten Versuche stellen eine wertvolle Grundlage für die Selektion von klimafitten Fichten dar. Zwar wurde keine allgemein höhere Trockentoleranz der Plusfichten festgestellt, die Ergebnisse zeigten jedoch, dass unter den bereits im Feld sehr streng selektierten Plusbäumen solche mit einem hohen Maß an Trockentoleranz vorhanden sind, was auch durch die genetischen Untersuchungen bestätigt wurde. Eine endgültige Selektion für eine Samenplantage, die klimafitte (trockentolerante und borkenkäfertolerante) Fichten abdecken würde, ist jedoch derzeit noch nicht möglich. Zum einen liegen für nur einen Teil (16 %) der gesicherten Klone Daten aus der Nachkommenschaftsprüfung vor. Zum anderen ist die Resistenz der Plusbäume gegen den Borkenkäfer noch nicht experimentell überprüft und bestätigt worden. Mit dem Anlegen von insgesamt fünf Versuchsflächen wurden jedoch Voraussetzungen für weitere kontrollierte Messungen und experimentelle Testverfahren geschaffen. Die Pflanzen auf den Klonarchiv-Flächen könnten schon in wenigen Jahren zur Produktion von Pflanzgut durch Stecklingsvermehrung verwendet werden, was bald eine experimentelle Prüfung aller Plusbäume und schließlich eine Selektion der geeigneten Genotypen ermöglichen würde.

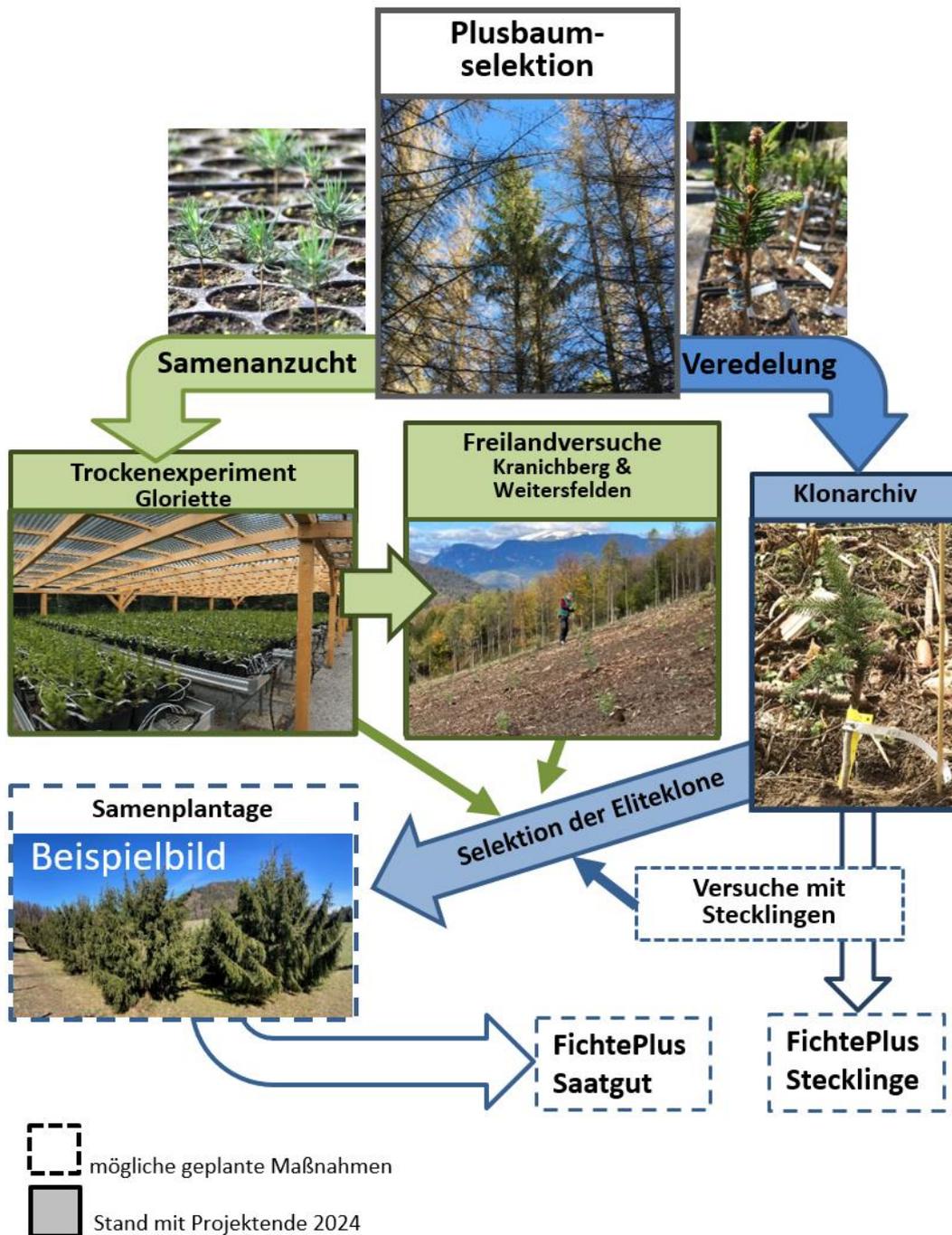


ABBILDUNG 1: SCHEMATISCHE AUFSTELLUNG DER ABLÄUFE IM PROJEKT FICHTEPLUS UND ZUKÜNFTIG MÖGLICHE MAßNAHMEN.

## ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

- Es konnte gezeigt werden, dass in Borkenkäfer-Kalamitätsflächen selten aber doch, einzelne vitale Fichten gefunden werden können. Eine nähere Begutachtung ergab, dass das Überleben von einem Teil dieser Bäume auf keine äußerlich feststellbaren Ursachen wie Stamm- und Kronenverletzungen, einen besseren Kleinstandort oder spezielle Konkurrenzsituation (z.B. unterständige Individuen oder Überhälter) zurückzuführen ist. Diese Bäume stellen eine wertvolle Ressource für Züchtungsmaßnahmen dar. Sie müssen jedoch gesichert werden, da sie bei Räumung der Schadflächen meist entfernt werden und selbst bei einem Belassen auf der Fläche einem sehr hohen Windwurfisiko ausgesetzt sind.
- Im Projekt wurden 225 Plusbäume erfolgreich durch die Veredelung von Reisermaterial auf Unterlagspflanzen gesichert und in zwei Klonarchiv-Flächen ausgepflanzt. Dadurch besteht die Möglichkeit, in den nächsten Jahren mit der Produktion von Stecklingen zu beginnen und aus den Plusbäumen die bestgeeigneten Genotypen für eine Saatgutplantage auszuwählen.
- Der erste (phänotypische) Nachkommenschaftstest der Plusbäume mit Vergleichsherkünften (NK-Test 1) zeigte eine große Variabilität im Wachstumsverhalten der Plusbäume unter Trockenstress. Bei den Plusbäumen konnten verschiedene Wuchsstrategien beobachtet und gemessen werden. Sie zeigten, im generellen, keine größere Trockenresistenz als die getesteten handelsüblichen Vergleichsherkünfte.
- Ein zweiter Nachkommenschaftstest (NK-Test 2), bei dem die RNA-Expression unter Trockenheit untersucht wurde, konnte zeigen, dass die als „resistent“ eingestuften Plusbäume aus dem ersten Trockentest in ihrer differentiellen RNA-Expression weniger stark auf Trockenheit reagieren als die „empfindlichen“ (trockensensitiven) Gruppen. Damit konnte die Gruppierung, die auf der phänotypischen Ansprache basierte, durch die genetische Expression der RNA bestätigt werden. Dies deutet darauf hin, dass zumindest ein Teil der hier ausgewählten Plusbäume Anpassungen aufweisen, die es ihnen ermöglichen, besser mit Trockenheit umzugehen und Angriffe durch den Borkenkäfer abzuwehren.
- Die Nachkommen der Plusbäume wurden nach den Tests auf zwei Flächen als Feldversuche auf Einzelbaumbene ausgepflanzt. Ergebnisse zum weiteren Wachstum der Bäume und wie sie während möglicher Trockenperioden reagieren können in fünf Jahren erwartet werden.
- In diesem europaweit bisher einzigartigen Projekt wurden die Voraussetzungen für die Selektion von klimafitten Fichten-Plusbäumen geschaffen. Da nur von einem Teil der als Veredelung gesicherten Plusbaum-Individuen Saatgut gesammelt werden konnte und deshalb nicht alle Plusbäume einem nachfolgenden Test unterzogen werden konnten, ist eine finale Auswahl züchterisch besonders wertvoller Individuen für eine gezielte Saatgutproduktion derzeit noch nicht möglich. Durch die Anlage der insgesamt fünf Versuchsflächen in den Bundesländern Niederösterreich, Oberösterreich, Steiermark und Kärnten wurden dennoch alle Voraussetzungen für weitere Selektionsschritte und für die Produktion von Vermehrungsgut aus den Plusbäumen geschaffen. Zukünftige Tests müssen noch bestätigen, ob die auf Borkenkäferschadflächen selektierten Plusbäume tatsächlich besser mit Trockenheit umgehen können und ob sie spezielle Anpassungen gegenüber Borkenkäferattacken aufweisen.
- Die Präsenz des FichtePLUS-Projekts in verschiedenen Veranstaltungen und Medien verdeutlicht dessen Relevanz im Kontext des Klimawandels und der Waldgesundheit. Die Veröffentlichungen und Online-Aussendungen trugen zur Verbreitung von wichtigen Erkenntnissen bei und unterstreichen die Bedeutung des Projekts für die Fachgemeinschaft und die Öffentlichkeit.

# AP 0: PROJEKTKOORDINATION, STEUERUNG, KOMMUNIKATION UND BERICHTLEGUNG

## KOMMUNIKATIONSTÄTIGKEITEN

- Vorstellung des Projekts FichtePlus und Besichtigung der Versuchsfläche Kranichberg im Rahmen der Fachexkursion „ARGE Wechselforst“ für lokale Waldbesitzer und Bezirksförster, 25.7.2024
- Bericht zur Anlage der Versuchsfläche bei der Robischbauernkapelle in der Lokalzeitung „Weitersfeldner Rundschau“, Ausgabe 140, 12/2023, Seite 4-5, Fotos/Text: OSR Ludwig Riepl.
- Vortrag: „Verbesserung der genetischen Ressourcen der Fichte (*Picea abies*) durch Plusbaumselektion in Schadflächen zur langfristigen Steigerung der Stressresilienz“, 12.-14.9.2022, 7. Sektionstagung Forstgenetik/Pflanzenzüchtung, Ahrensburg, Deutschland.
- Posterpräsentation am 22. Österreichischen Klimatag mit Projektergebnissen aus FichtePLUS: „Erhaltung und Verbesserung genetischer Ressourcen der Fichte (*Picea abies*) unter Berücksichtigung klimarelevanter Schadfaktoren zur langfristigen Steigerung der Stressresilienz“ (20-22.April 2022, Universität für angewandte Kunst Wien & TU Wien)
- Projektvorstellung am Stand des BFW bei der Holzmesse AUSTROFOMA in Klagenfurt 31.8. bis 3.9.2022
- Vortrag: "Waldland Österreich in Zeiten des Klimawandels – Chance oder Worst Case?“, im Rahmen der Veranstaltung "Wie mache ich meinen Wald klimafit“ der Modellregion "KLAR! Leithaland" (30.9.2021).
- Videobeitrags zu FichtePlus am BFW Youtube-Kanal: "Ist die Fichte noch zu retten? Erklärvideo zum Projekt Fichte Plus" <https://www.youtube.com/watch?v=yMBDk3XOJgs> (14.12.2021)
- "Fichte - Eine Baumart im Klimawandel", Bericht über die Plusbaumsuche am Truppenübungsplatz und das Projekt FichtePlus. TÜPL Rundschau - Truppenzeitung des Truppenübungsplatzes Allentsteig, 1-2021 (102)
- Projektvorstellung am Stand des BFW bei Informationsstand bei der Austrofoma 2019, im Oktober 2019 in Forchtenstein (<https://www.austrofoma.at/news.html>)
- Vortrag bei der Konferenz „Paper & Biorefinery“ in Graz im Juni 2019 (<https://paper-biorefinery.com/>)

## PROJEKTÄNDERUNGEN

Dem Antrag vom 8.11.2020 (Geschäftszahl 2020-0.730.502) bezüglich einer kostenneutralen Budgetverschiebung wurde stattgegeben. Darin wurde eine Verschiebung der Geldmittel von AP1 und AP2 hin zum AP3 beantragt. Nachstehend wird die im Antrag angeführte Begründung der Änderungen angeführt.

**AP1:** Hier wurde ursprünglich angenommen, dass von allen Plusfichten Saatgut gewonnen werden kann und dieses dann für die Anlage der Nachkommenschaftsprüfung aufbereitet wird. Tatsächlich konnten nur von den im Winter 2018 beernteten Plusbäumen (91 Individuen) Zapfen geerntet werden. Im Reifejahr 2019 wurden, nach dem starken Mastjahr 2018, keine Zapfen auf den Plusbäumen vorgefunden. Nachfolgende Beerntungen von Plusbäumen zur Reiserernte wurden auf das Frühjahr gelegt, da hier der Anwuchserfolg der Veredelungen besser verlief. Aufgrund des geringeren Aufwandes und des zeitlich begrenzten Anfalls der Samen, wurden die Kosten durch interne Kostenträger übernommen und nicht im Projekt verrechnet.

**AP2:** Viele Plusbäume wurden aufgrund ihrer hohen Exponiertheit vom Wind geworfen. Eine erneute Beerntung von Reisern war bei nicht erfolgreicher Veredelung (lt. Projektantrag: Annahme 50%) daher nur bei einem Teil der Plusbäume möglich (etwa 10%). Die geplanten Kosten für Personal und Sachkosten wurden entsprechend deutlich reduziert.

**AP3:** Die geringe Anzahl samentragender Plusbäumen (91 statt der geplanten 300) führte zu einer reduzierten Stückzahl bei der Anzucht (nur ca. 8.000 statt 25.000). Im Projektantrag war vorgesehen, die Nachkommenschaft der Plusbäume im Glashaus der Firma LIECO GmbH & Co KG zu testen (wiederholte Messung und Bonitierung der Pflanzen bei vollständigem Aussetzen der Bewässerung). Aufgrund der geringen Stückzahl der zu testenden Individuen konnte der Trockentoleranztest auf eine angemietete Fläche in unmittelbarer Nähe des BFW in Schönbrunn („Gloriette“) verlegt werden. Dies hatte viele Vorteile: Durch eine Testung der Pflanzen in einer eigens errichteten Versuchsanlage konnte die Trockenheitstoleranz der Pflanzen über einen längeren Zeitraum und unter ständiger Beobachtung getestet werden. Dank einer transparenten Dachkonstruktion, einer kontrollierten Tröpfchenbewässerung sowie der Messung von Temperatur und Bodenfeuchte konnten die Umweltparameter im Versuch präzise kontrolliert werden. Ein großer Vorteil bestand darin, dass die Pflanzen über zwei Austriebsjahre hinweg beobachtet werden konnten und nach sehr trockenen Phasen gezielt und gleichmäßig bewässert wurden. Durch den Versuch am BFW entfielen auch die Reisekosten für die Aufnahme der Parameter bei der Firma LIECO GmbH & Co KG in Kalwang. Da die Pflanzen zu einem früheren Zeitpunkt direkt in den Setzcontainern abgenommen wurden, reduzierten sich die Kosten für die Pflanzen um etwa zwei Drittel. Die Kosten, die nicht mehr wie geplant in AP1 und AP2 verwendet werden konnten, wurden in AP3 verlagert, um damit die erhöhten Personalkosten für die wiederholten Aufnahmen der Pflanzen, die Sachkosten für die Errichtung der Dachkonstruktion, die Bewässerung, und das Monitoring des Versuchsklimas und der Bodenfeuchte in den Pflanztöpfen sowie für genetische Analysen, zu decken.

## AP 1: AUSWAHL UND BEERNTUNG VON PLUSBÄUMEN

Zu Projektbeginn wurden die Auswahlkriterien für die Plusbäume festgelegt. Plusbäume sollten ausschließlich in fichtendominierten und möglichst gleichaltrigen Waldgebieten selektiert werden (Abbildung 2). Die überlebenden Fichten sollten ringförmig von abgestorbenen Bäumen umgeben sein und durften nicht auf vergleichsweise besseren Mikrostandorten (Bestandesrand, Forststraßenrand, Bachbegleitend) wachsen. Die Plusbäume mussten mindestens der „mitherrschenden“ Bestandesschicht gemäß Kraft (1884) angehören. Das bedeutet, dass keine Bäume aus der Unterschicht oder der Verjüngung ausgewählt werden durften. Deutlich ältere Bäume und Überhälter waren ebenfalls von der Auswahl ausgeschlossen. Außerdem durften die ausgewählten Bäume keine sichtbaren Schäden wie Wipfelbrüche oder Stammschäden aufweisen, die sie von den sie umgebenden Bäumen unterscheidet. Bei optimaler Erfüllung aller anderen Kriterien wurden auch paarweise überlebende Plusbäume akzeptiert, die ringförmig umschlossen waren, sowie Plusbäume, bei denen ein einzelner Nachbarbaum eine andere Baumart war (z.B. einzelne Kiefer oder Laubholz).

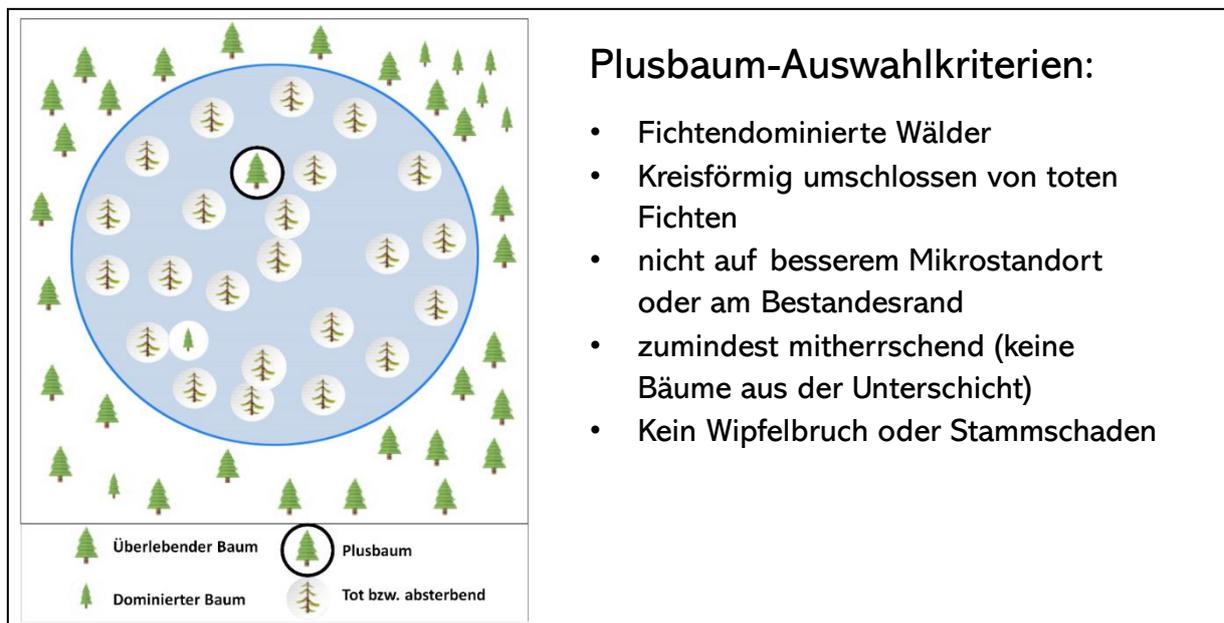


ABBILDUNG 2: AUSWAHLKRITERIEN FÜR EINZELN ÜBERLEBENDE FICHTEN IN BORKENKÄFER-KALAMITÄTSFLÄCHEN (PLUSBÄUME).

Bereits im Oktober 2018, zum Zeitpunkt der Antragstellung des Projekts, begann die Suche nach Plusfichten. Diese wurde von Außendienstmitarbeitern des BFW in bekannten Schadgebieten durchgeführt. Zudem gingen durch einen großangelegten Aufruf bei den Landesforstdirektionen von Niederösterreich und Oberösterreich externe Meldungen zu zusätzlichen Schadgebieten beim BFW ein, die ebenso von Interesse waren. Die Kerngebiete der Auswahl im Winter 2018/19 lagen vor allem in den großflächigen Schadgebieten im nördlichen und östlichen Waldviertel sowie im Weinviertel. Da das Jahr 2018 ein intensives Mastjahr war, konnten neben Reisigmaterial für Veredelungen auch ausreichenden Mengen von Saatgut von fast jeder Plusfichte (91 Bäume) gewonnen werden.

Die Suche nach Plusfichten wurde 2019 durch Veröffentlichungen in diversen Printmedien, die Projekthomepage [www.fichtepius.at](http://www.fichtepius.at), Informationstätigkeit bei betroffenen Bezirksforstdienststellen sowie durch Kontaktaufnahme mit betroffenen größeren Forstbetrieben nochmals intensiviert. Dadurch konnte die Anzahl der Plusbäume bis zum Frühjahr 2020 auf 268 erhöht werden. Das geographische Herkunftsgebiet konnte durch mehrere Bäume aus Kärnten, Oberösterreich und dem Wienerwaldgebiet entscheidend vergrößert werden. Ein Großteil der geplanten Beerntungen von Edelreisern konnte noch bis 13.03.2020 vor Verkündung des COVID-19-Lockdowns abgeschlossen werden. Nach Evaluierung der Lage wurden vom 26.3. bis 1.4.2020 noch mit einem kleinen Aufnahmeteam unter Einhaltung der Abstandsregeln, 12 Proben mit längerer Anfahrtszeit gewonnen. Die weiter entfernten Plusbäume in Kärnten und im westlichen Oberösterreich konnten aufgrund der

betrieblichen COVID-19-Auflagen (Verbot von auswärtigen Nächtigungen) nicht mehr durchgeführt werden. Im Herbst 2020 wurde nochmals eine Suche nach Plusbäumen gestartet und im Frühjahr 2021 schließlich die letzten Bäume erstmals beerntet.

Insgesamt konnten 312 Plusbäume identifiziert werden, davon 283 in Niederösterreich, 17 in Kärnten und 12 in Oberösterreich (Abbildung 3 und 4).

Bei den umfangreichen Außendienstseinsätzen zur Suche nach Plusbäumen hat sich herausgestellt, dass eine Auswahl in frisch befallenen Beständen in den Sommermonaten, wenn die Baumnadeln noch grün sind und die Borkenkäfer noch schwärmen, nicht möglich ist. Der Grund dafür ist, dass der Befall jederzeit weiter fortschreiten kann und Bäume, die noch vital erscheinen oder die Einbohrversuche durch Harzproduktion abwehren konnten, innerhalb weniger Tage bei weiteren Ausbreitungswellen der Käfer so geschwächt werden können, dass es durch das Einbohren der Käfer schließlich zu einer Unterbrechung des Saftstromes im Phloem kommt und damit der Baum in weiterer Folge abstirbt. Eine definitive Auswahl von Plusbäumen kann daher erst ab der Vegetationsruhe bzw. Ende der Schwärmphase der Käfer im Herbst erfolgen oder, wenn der Befall bereits früh im Jahr aufgetreten ist und die Schwärmfront der Borkenkäfer weiter fortgeschritten ist. Als besonders vielversprechend für die Plusbaumsuche erwiesen sich dabei Waldgebiete, wo die Borkenkäferschäden aus verschiedenen Gründen noch nicht aufgearbeitet wurden. Dies war der Fall nach den katastrophalen Borkenkäferjahren 2018/2019, in denen im nordöstlichen Waldviertel Fichtenwälder großflächig abgestorben sind und die Forstbetriebe mit der Aufarbeitung nicht mehr Schritt halten konnten. Darüber hinaus ergaben sich auch vielversprechende Möglichkeiten zur Plusbaumsuche: (i) in kleinstrukturierten Waldgebieten mit "waldfernen" Besitzstrukturen, (ii) bei inselartigem Vorkommen von Fichten im Laubholz und (iii) bei von der Nutzung ausgenommenen Waldgebieten, wie Naturwaldreservaten und im speziellen Fall des Truppenübungsplatzes Allentsteig. Hier war über Jahre hinweg aufgrund spezieller Auflagen zum Schutz vor Munitionsblindgängern keine maschinelle Aufarbeitung der Borkenkäferschäden möglich. Aktuelles Luftbildmaterial erwies sich teilweise hilfreich für die Vorselektion von Beständen und weiteren Untersuchungsgebieten. Sehr effektiv war zudem die direkte Zusammenarbeit mit größeren Forstbetrieben und Waldbewirtschaftern.

Um die Anzahl der Veredelungen pro Plusbaum zu erhöhen (teilweise war nur eine Veredelung pro Plusbaum vorhanden), wurden im Frühjahr 2022 erneut bei 36 Plusbäumen mit Kletterpersonal Edelreiser geworben und veredelt. Außerdem wurden bei diesen Bäumen Zweigproben für Messungen der holzphysiologischen Trockenheitsresistenz (Cavitronanalysen) genommen.



ABBILDUNG 3: LINKS: PLUSBAUM NR. 167, RECHTS: PLUSBAUM 243 MIT DEUTLICHEM HARZFLUSS NACH BORKENKÄFER-ATTACKEN, BEIDE STANDORT UNTERTHÜRNAU BEI DROSENDORF (© IRAUSCHEK, BFW).

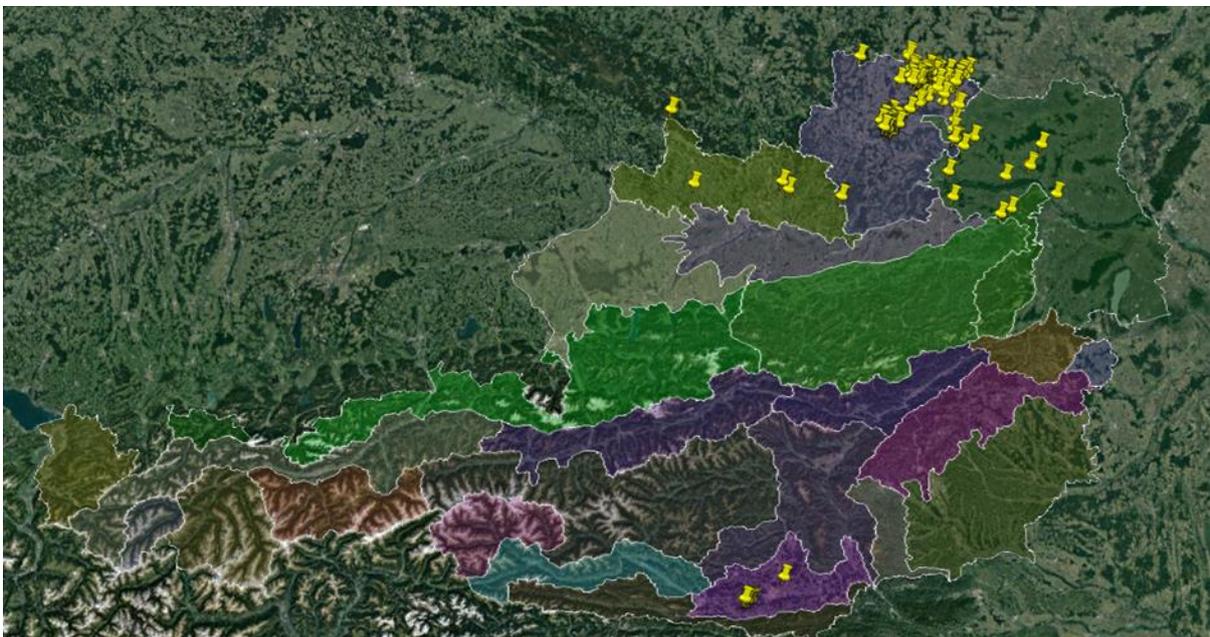


ABBILDUNG 4: 312 IDENTIFIZIERTE PLUSFICHTEN (GELBE MARKIERUNG) IN DEN WUCHSGEBIETEN ÖSTERREICHS (VERSCHIEDENE FARBEN).

## AP 2: ANLAGE DES KLONARCHIVS

Für die Vorbereitung des Klonarchivs wurde das gewonnene Edelreisermaterial unmittelbar nach der Beerntung in den Versuchsgarten Tulln gebracht. Von jeder Plusfichte wurden 20 Edelreiser auf die hierfür bereitgestellten dreijährigen Unterlagspflanzen gepfropft. Zusätzlich wurden - je nach Verfügbarkeit von geeigneten Reisern - bis zu 50 Stecklinge angesetzt (Kampagnen 2019).

Der Anwuchs der Veredelungen wurde für größere Kampagnen (2019-2020) in den ersten drei Jahren detailliert dokumentiert, um die Veredelungsmethodik und die Überlebensrate der Pflanzen zu optimieren. Dabei traten große Unterschiede auf (siehe Abbildung 5). Die Verwachsung der Triebe mit der Unterlage ist der ersten wichtigen Schritt bei der Veredelung (siehe mittlere Spalte der Tabelle 1, bzw. die Häufigkeitsverteilung in Abbildung 5). Treibt der verwachsene Trieb erfolgreich aus, ist davon auszugehen, dass der Klon langfristig überleben kann. Hier ist besonders der ausgezeichnete Anwuchserfolg der letzten Veredelungskampagne hervorzuheben, wo ein sehr hoher Anteil der Veredelungen (91 %) schon einige Wochen später ausgetrieben hat (Abbildung 5). Es ist davon auszugehen, dass die veredelten Pflanzen nach zweimaligem Austrieb nur noch ein sehr geringes Ausfallsrisiko haben.

Die Faktoren für den Anwuchserfolg waren vielschichtig. Sie sind sicherlich spezifisch im Zusammenhang mit dem Projekt und den infrastrukturellen Voraussetzungen im Versuchsgarten Tulln zu sehen und daher nur eingeschränkt generalisierbar. Einige mögliche Einflussfaktoren des Anwuchserfolges waren: (1) Verwendung wüchsiger Pflanzenunterlagen (ein Unterschied zwischen wurzelnackten und Topfpflanzen konnte nicht festgestellt werden), (2) trockene und kühle Witterung bei der Ernte und Lagerung des Reisermaterials, (3) optimale Behandlung und Wuchsverhältnisse der Veredelungen, einschließlich des Rückschnittes der Pflanzenunterlagen nach der Verwachsung sowie die Verhinderung von Schimmelbildung im Gewächshaus, (4) Eignung der Einzelpflanze für die Veredelung - genotypische Unterschiede (einige Plusbäume wurden dreimal beerntet, da bei Veredelungen ein unzureichender Anwuchs festgestellt wurde).

Die vegetative Vermehrung der Plusbäume aus Stecklingen war hingegen nur bei einzelnen Individuen erfolgreich. Hierfür wurden aber nur wenig zusätzliche Ressourcen eingesetzt, da von den Beerntungen zum Teil nicht genug vom überschüssigen Reisermaterial vorhanden war. Bezüglich der Veredelungen zeigte sich, dass die Herbstbeerntung der Reiser mehr Risiko und Pflegeaufwand mit sich bringt. Dies liegt daran, dass die Zeitspanne zwischen der Veredelung und dem ersten Austrieb im Frühjahr länger ist, wodurch Schimmelbildung in diesem Zeitfenster zu Ausfällen führen kann.

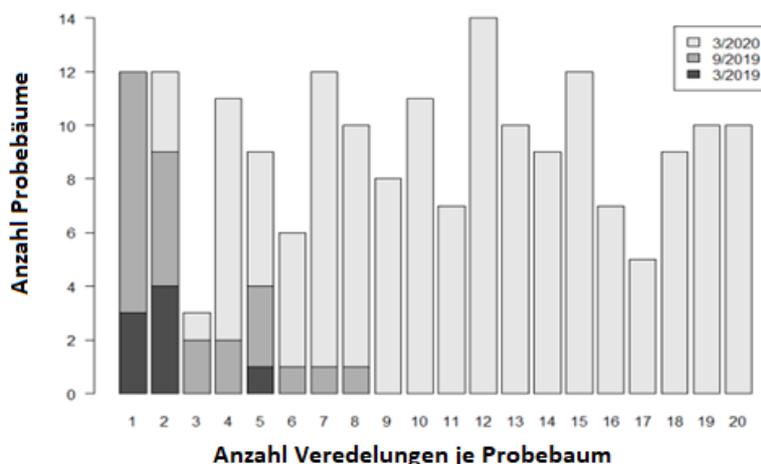


ABBILDUNG 5: STATISTIK DES ANWUCHSERFOLGES FÜR 187 VEREDELTE PLUSBÄUME MIT JE 20 VEREDELUNGEN JE BAUM ALS AUSGANGSZAHL, STAND 7/2020.

**TABELLE 1: ZWISCHENAUSWERTUNG DES ANWUCHSERFOLGES BEI DEN VEREDELUNGSKAMPAGNEN (STAND 7/2020).**

Veredelungskampagne	Plusbäume beerntet	Anzahl der Plusbäume mit angewachsenen Veredelungen (Anteil der beernteten Bäume)	Anzahl der Plusbäume mit ausgetriebenen Veredelungen (Anteil der beernteten Bäume)
Stecklinge aus 2019	161	6 (4%)	0 (0%)
Veredelung 3/2019	97	8 (8%)	8 (8%)
Veredelung 9/2019	64	23 (36%)	16 (25%)
Veredelung 3/2020	158	155 (98%)	144 (91%)
Veredelungen gesamt	240	172 (72%)	158 (66%)

Als Ergebnis der Veredelungskampagnen wurden im Frühjahr 2023 insgesamt 1.944 Veredelungen von allen 225 Plusbäumen vorgenommen. Die Anzahl der Veredelungen pro Plusbaum lag zwischen einem und 22 Stück, wobei von 30 Plusbäumen nur ein oder zwei Veredelungen überlebten. Die Veredelungen aus den Jahren 2019-2021 wurden im Versuchsgarten Tulln in größere Töpfe (2.5l) umgetopft, um die Pflanzen für die Anlage des Klonarchivs im Frühjahr 2023 vorzubereiten (Abbildung 6).



**ABBILDUNG 6: GETOPFTE PLUSBAUM-VEREDELUNGEN IM HERBST 2022 VOR DER ANLAGE DER KLONARCHIVFLÄCHEN (© IRAUSCHEK, BFW).**

## ANLAGE KLONARCHIVFLÄCHEN (ZWEI HAUPTFLÄCHEN)

Die veredelten Plusfichten wurden auf Klonarchivflächen ausgepflanzt. Ziel war es, das genetische Material der Plusfichten langfristig zu sichern und die Voraussetzungen für die Gewinnung von Vermehrungsgut (primär durch Stecklinge) zu schaffen, um weitere Untersuchungen an den Plusfichten durchführen zu können und schließlich klimafittes Vermehrungsgut für die Praxis zu produzieren.

Zur Auspflanzung im Jahr 2023 wurden ausschließlich Veredelungen verwendet, die mindestens einmal „durchgetrieben“ hatte, d.h. bei denen Knospen auf dem veredelten Reiser ausgetrieben hatten. Die Bäume wurden in Kooperation mit dem Forstbetrieb Mayr-Melnhof Frohnleiten auf zwei Flächen im Forstrevier Laufnitz, Pernegg a.d. Mur, in der Katastralgemeinde Traföb angelegt. Es handelt sich dabei um die Fläche Unter-Hitzelberger, Seehöhe 736m (Lat: 47.3246, Lon: 15.3490), und die Fläche Rittenloser, Seehöhe 634m (Lat: 47.3386, Lon: 15.3254). Auswertungen von Klimadaten (E-Obs Datensatz skaliert, Cruz-Alonso et.al 2023), zeigen für die Fläche Unter-Hitzelberger eine Jahresmitteltemperatur von 8.6°C bei mittlerem Jahresniederschlag von 936mm für die Periode 2008-2019. Zur Auspflanzung gelangten in Summe 1.132 Veredelungen von 182 Plusbäumen. Die Pflanzen wurden von Mitarbeitern des Forstbetriebes Mayr-Melnhof im groben Raster 3m x 2m gepflanzt (Abbildung 7). Als Umrandung wurden Lärchen gepflanzt, um Fegeschäden durch das Wild zu mindern.

Die Fläche wurde nicht eingezäunt. Verbissschäden durch Rotwild und die zu erwartenden Schäden durch Rüsselkäfer werden fortlaufend mit Streichmittel bzw. chemischen Maßnahmen bekämpft.



**ABBILDUNG 7: LINKS: VERSUCHSFLÄCHE UNTER-HITZELBERGER WÄHREND DER AUSPFLANZUNG DER VEREDELUNGEN IM APRIL 2023. RECHTS: VEREDELUNGSPFLANZE VON PLUSBAUM NR. 269, AUFGENOMMEN NACH 1 JAHR AM 3.5.2024 AUF DER GLEICHEN FLÄCHE (© IRAUSCHEK, BFW).**

Im Juni 2023 wurde der Anwuchererfolg kontrolliert und die Position der einzelnen Klone im Raster auf den beiden Fläche aufgenommen. Das Ergebnis ist in den Abbildungen 8 und 9 dargestellt. Es wurden zwischen April und Juni insgesamt auf beiden Flächen nur drei Ausfälle registriert. Die Fehlstellen (gelb markiert, Abbildung 8 und 9), ergeben sich durch größere Schlagrücklasshaufen und Ungenauigkeiten im Setzraster aufgrund von Terrainänderungen. Im Mai 2024 wurden die Pflanzen nochmals einzeln kontrolliert und Ausfälle nachgebessert (Abbildung 7 rechts). Es wurden 55 Ausfälle (8%) auf der Fläche Unter-Hitzelberger und 18 Ausfälle (4%) Fläche Rittenloser nochmals nachgebessert.

Bei einer geringen Anzahl an Veredelungen (1-2 Stück) wurde jeweils ein Exemplar als Reserve im BFW-Versuchsgarten Tulln belassen (31 Veredelungen von 31 Plusbäumen). Weiters wurden 96 Veredelungen von 24 Plusbäumen im BFW-Versuchsgarten Tulln belassen, um sie für die Stecklingsvermehrung und weitere Untersuchungen zu verwenden.

### **ANLAGE SCHAUFLÄCHE LAMNITZ (ZUSATZFLÄCHE)**

Nach Anlage und Nachbesserung der Klonarchivflächen wurden die nicht benötigten Veredelungen (591 Veredelungen von 159 Plusbäumen) an den Forstbetrieb FV Gruber abgegeben und von diesem im November 2024 auf einer Fläche im Kärtner Mölltal (Seehöhe 1.020m, Lat: 46.8533, Lon: 12.9812) ausgepflanzt. Diese Fläche dient als zusätzliches Klonarchiv. Außerdem wurden auch Setzlinge (N=465 Plusbaumnachkommen, sowie N=307 Vergleichspflanzen) aus AP3 an die FV Gruber übergeben. Die Flächen wurden in Abstimmung mit dem BFW, aber ohne Betreuung und Flächenmarkierung gepflanzt und dienen als zusätzliche Schauflächen.

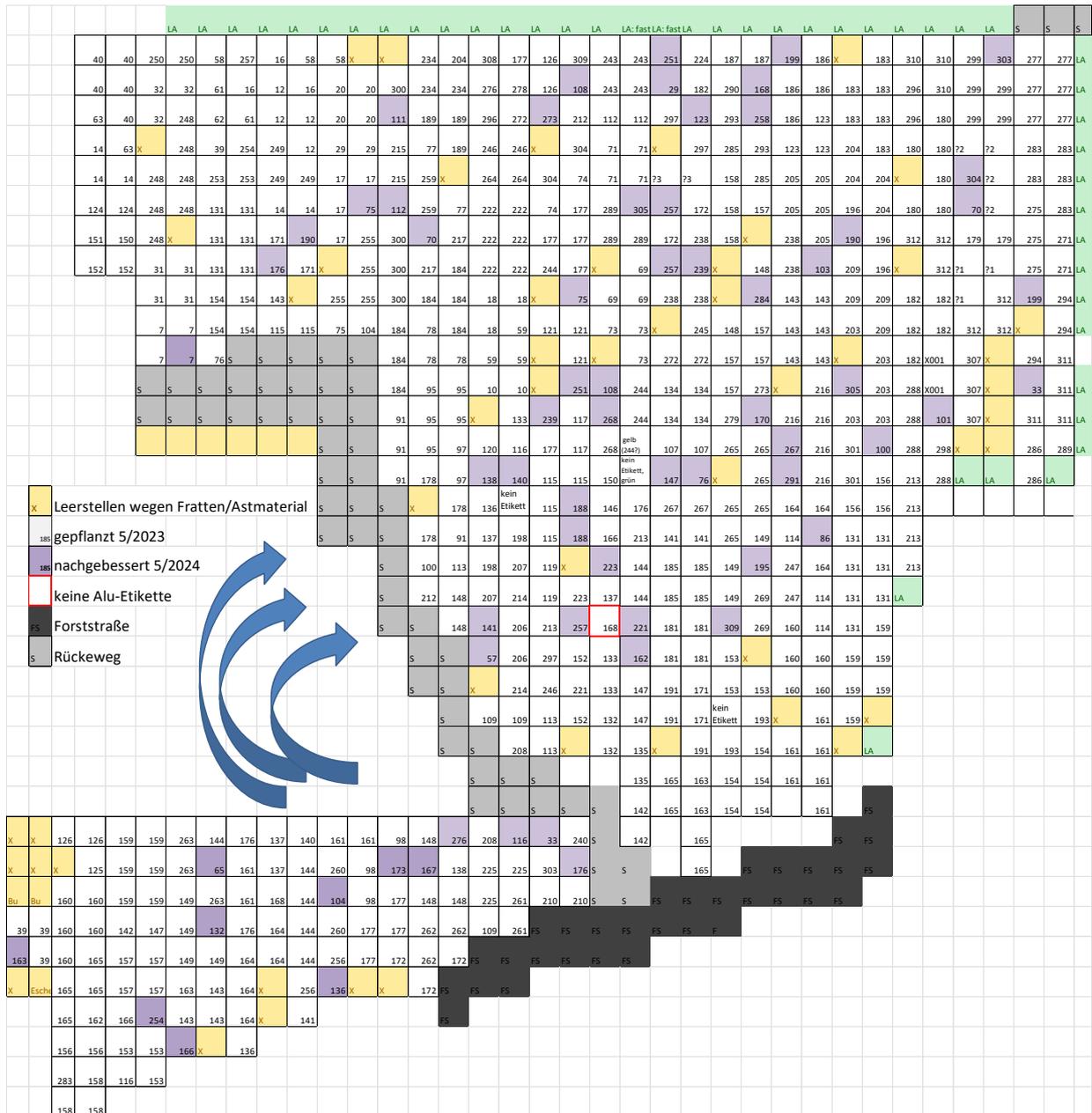


ABBILDUNG 8: EINZELBAUMPOSITIONEN UND NACHGEBESSERTE INDIVIDUEN 5/2024 DER KLONARCHIVFLÄCHE UNTER-HITZELBERGER.

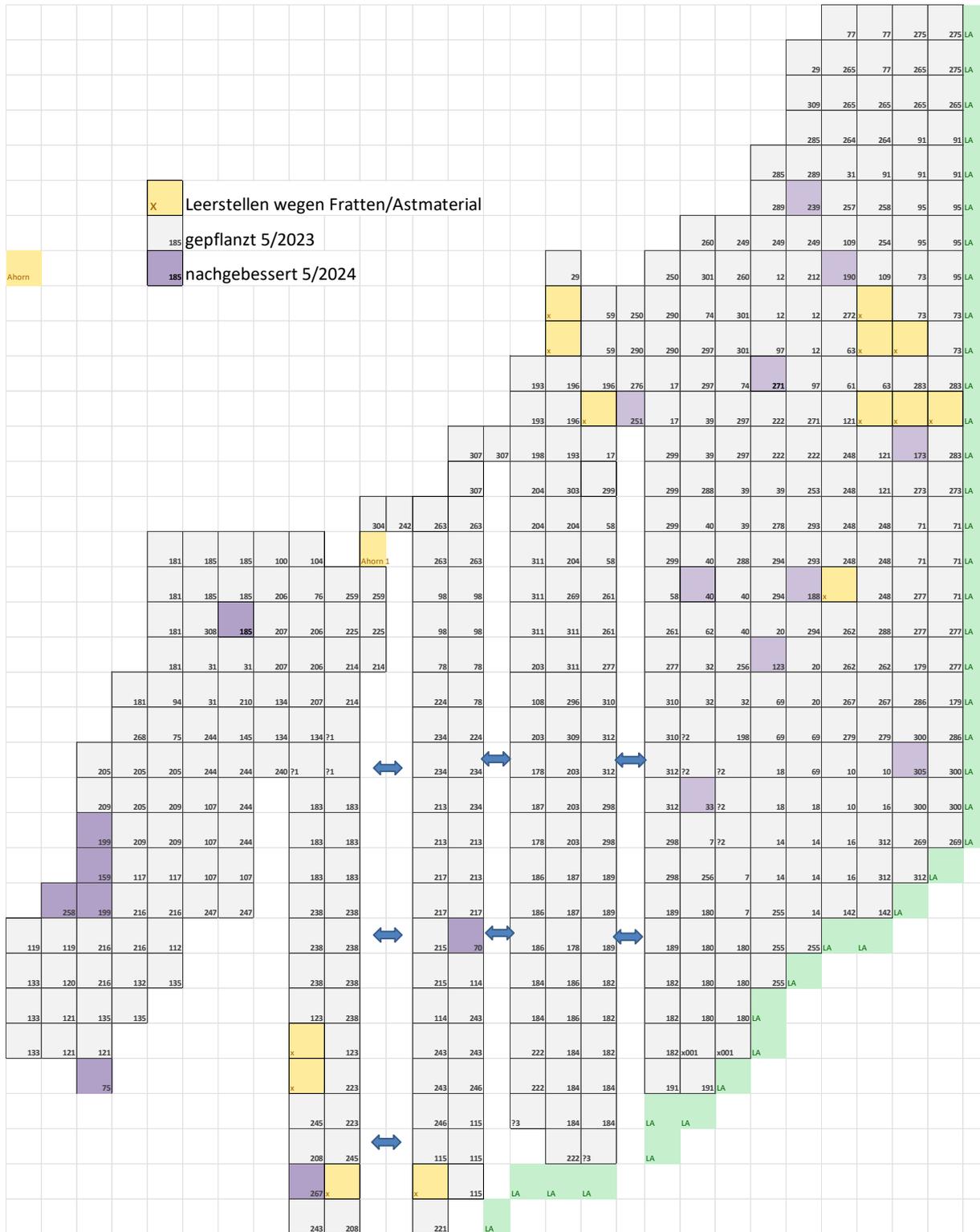


ABBILDUNG 9: EINZELBAUMPOSITIONEN UND NACHGEBESSERTE INDIVIDUEN 5/2024 DER KLONARCHIVFLÄCHE RITTENLOSER.

### AP 3: NACHKOMMENSCHAFTSPRÜFUNGEN

Das Saatgut von insgesamt 91 Plusfichten (Ernte von den Plusbäumen im Herbst 2018) wurde am BFW Standort Schönbrunn gereinigt, abgewogen und schließlich beim Werkvertragsnehmer LIECO GmbH & Co KG im Juni 2019 am Standort Kalwang (Steiermark) ausgesät. Im November 2019 wurde eine Erhebung der gekeimten Sämlinge pro Mutterbaum durchgeführt (Abbildung 10). Die durchschnittliche Keimungsrate betrug 33%, wobei erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Bäumen beobachtet wurden. Zehn Mutterbäume wiesen Keimraten von unter 10% auf, während die höchste Keimungsrate 79% erreichte. Für die geplanten Tests an den Nachkommen wurde ein Zielwert von 40 Stück je Plusfichte festgelegt. Dieser Wert wurde bei 72 der 91 ausgesäten Plusbäume erreicht. Zusätzlich wurden noch 13 Plusbäumen mit Stückzahlen zwischen neun und 40 getestet. Obwohl von einigen Plusbäumen noch Samen vorrätig waren, wurde auf eine weitere Aussaat im Frühjahr verzichtet, da durch das unterschiedliche Alter der Sämlinge die Testergebnisse nicht mehr vergleichbar gewesen wären.



ABBILDUNG 10: KEIMLINGSSTADIUM DER PLUSFICHTEN IM GEWÄCHSHAUS BEI LIECO GMBH & CO KG AM STANDORT KALWANG (11/2019) © THALMAYR, BFW).

Für die Testung der Nachkommenschaft wurden schließlich rund 3.600 Nachkommen von 85 Plusbäumen sowie rund 900 Sämlinge von fünf Referenzherkünften ausgewählt (siehe Tabelle 2). Sie wurden alle unter identischen Bedingungen bei der Firma LIECO GmbH & Co KG aufgezogen. Um Unterschiede im Austriebsverhalten aufgrund der Höhenlage zu vermeiden, wurden als Referenzherkünften ausschließlich mittelmontane und tiefmontane Herkünfte berücksichtigt. Außerdem wurden die Bedingungen, unter denen ihre Samenreife stattfand bewertet, um epigenetische Effekte im Vergleich zu den Plusbaumsamen, die unter sehr trockenen und heißen Bedingungen gereift sind, zu minimieren. Dafür wurden die klimatischen Bedingungen der nächstgelegenen Wetterstationen während der Samenreife (April – September) mit dem Klimamittelwerten (1981-2010) verglichen (Abbildung 11).

TABELLE 2: VERGLEICHSHERKÜNFTE MIT STANDORTINFORMATION UND REIFEJAHR.

Herkunft	Wuchsgebiet	Höhenstufe	Seehöhe	Reifejahr
Wörschachwald (167/IIA/3)	2.2 Nördliche Randalpen - Westteil	mittelmontan	1150	1988
Riepl (55/3.1/mm)	3.1 Östliche Zwischenalpen - Nordteil	mittelmontan	1135	2003
Gaisstall (176/4.2/tm)	4.2 Nördliche Randalpen - Ostteil	tiefmontan	690	2015
Steyrtal (34/4.2/mm)	4.2 Nördliche Randalpen - Ostteil	mittelmontan	1020	2003
Neudorf (24/5.2/tm)	5.2 Bucklige Welt	tiefmontan	590	2015

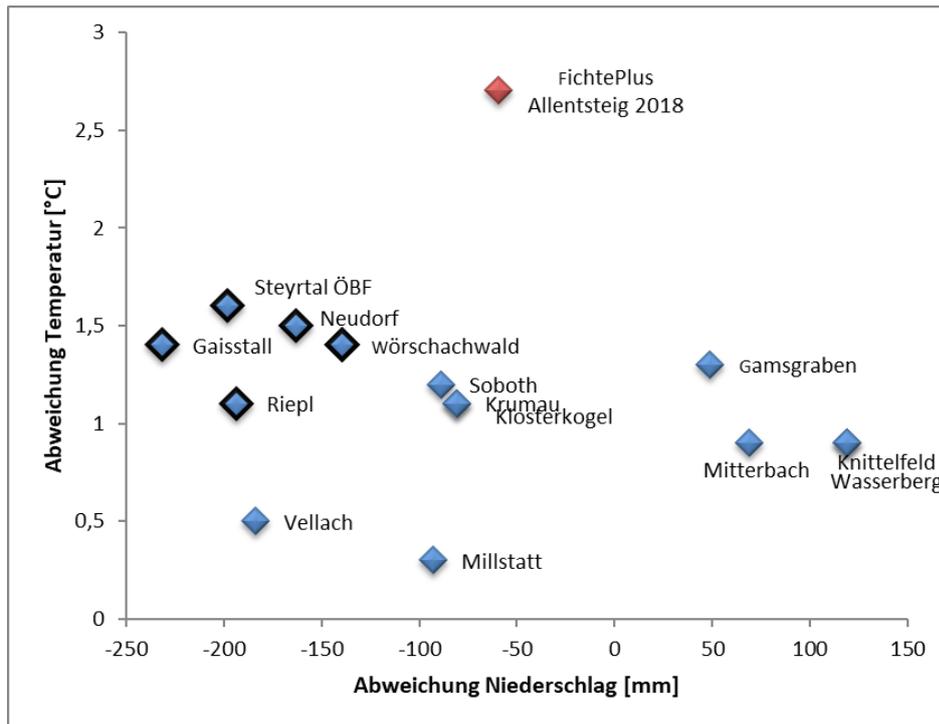


ABBILDUNG 11: HERKÜNFTEN (BLAU) DIFFERENZIIERT NACH DER ABWEICHUNGEN DES WETTERS WÄHREND DER SAMENREIFE VOM LANGJÄHRIGEM MITTEL (1981-2010). AUSGEWÄHLTE VERGLEICHHERKÜNFTEN SCHWARZ UMRANDET. FÜR DIE FICHTEPLUS-SÄMLINGE WURDEN DIE DATEN DER WETTERSTATION ALLENTSTEIG ANGEFÜGT (ROT).

## NK-TEST1: ANLAGE UND METHODIK PHÄNOTYPISCHER TROCKENTOLERANZTEST

Für die Nachkommenschaftsprüfung wurde eine Versuchsanlage mit einem Bewässerungssystem und einer Dachkonstruktion mit transparenten Acrylglasplatten errichtet (Abbildung 8). Die Sämlinge wurden im September 2020 von der Fa. LIECO GmbH & Co KG (Standort Kalwang) in den BFW-Versuchsgarten Tulln transportiert. Dort wurden sie aus den Kleincontainern (L67 mit ca. 50 cm<sup>3</sup>) entnommen und in drei Liter große Töpfe umgesetzt, die jeweils mit einer abgewogenen, einheitlichen Menge (900g) des Substrates T6 der Franz Kranzinger GmbH (Inhaltsstoffe siehe Box rechts) befüllt wurden. Im April 2021 wurden sie dann bei der Versuchsanlage als zweijährige Pflanzen aufgestellt. Eine kontrollierte Bewässerung wurde durch das System mit Einzeltropfern für jeden Topf (Abbildung 12) gewährleistet. Ein Datalogger erfasste die Lufttemperatur, Luftfeuchte und Strahlung unter dem Dach und durchgehend Messwerte der Wassersättigung für neun Pflanzentöpfe des Versuchs. Die Pflanzen wurden in 21 Tischreihen angeordnet, welche durch das Bewässerungssystem einzeln regelbar waren. Für das Experiment wurden die Fichtenpflanzen in drei Gruppen, je nach Bewässerung aufgeteilt:

### Substrat T6 [Vol%]

36% Weißtorfe  
 21% Toresa Holzfaser  
 20% Perlite  
 10% Rindenkompost  
 7% Grüngutkompost  
 6% Ton

- 1) **Kontrollgruppe (Control)** mit 1.456 Pflanzen: Diese wurde regelmäßig gegossen, sobald die Bodenfeuchte unter 20% fiel.
- 2) **Trockengruppe 1 (DRY14)** mit 1.486 Pflanzen: Diese wurde erst bei trockenen Bodenverhältnissen (Bodenfeuchte 14%) bewässert. Bei dieser Bodenfeuchte wurde kein Absterben der Pflanzen erwartet.
- 3) **Trockengruppe 2 (DRY8)** mit 1.512 Pflanzen: Diese wurde erst bewässert, als die Bodenfeuchte unter 8% sank. Dadurch war diese Gruppe bei jedem Gießzyklus 3-4 Tage länger starkem Trockenstress ausgesetzt als Trockengruppe 1 (DRY14). Bei dieser Gruppe wurden erste Welke-Symptome und möglicherweise Nadelschäden erwartet.

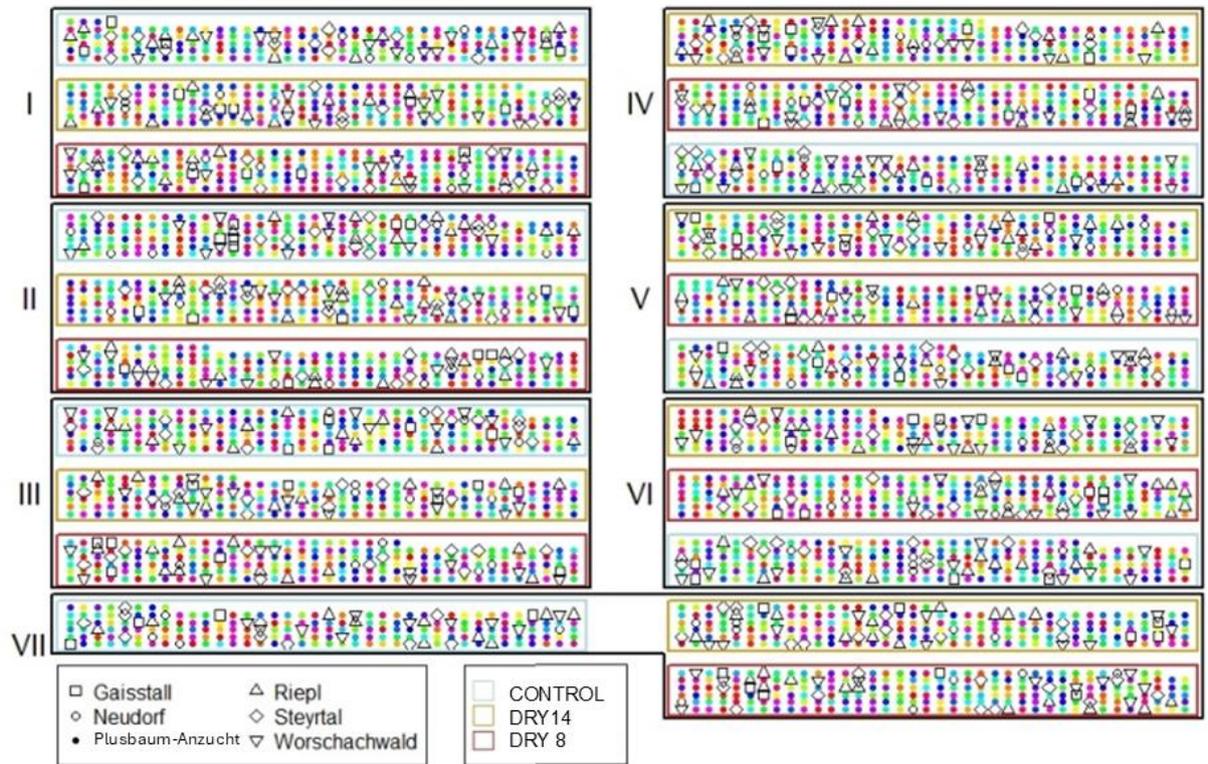
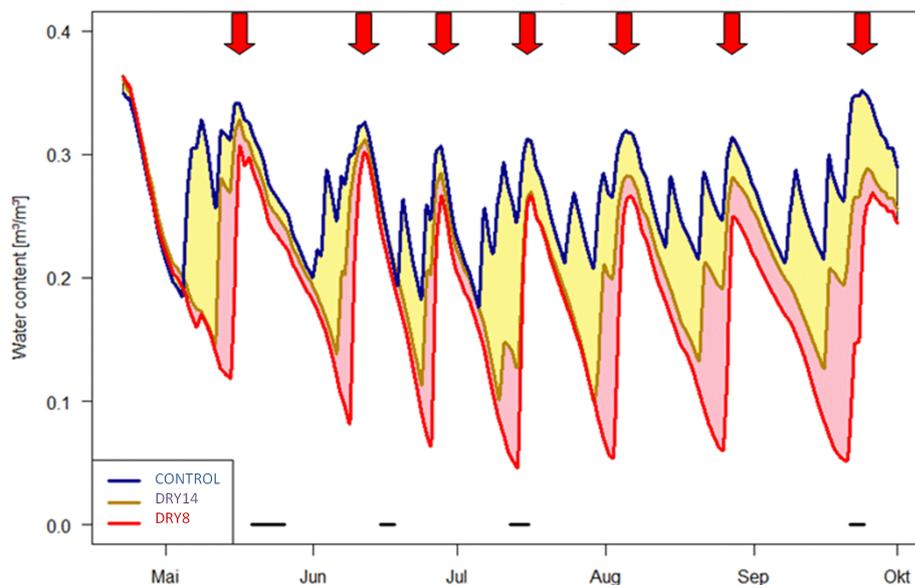


ABBILDUNG 12: OBEN LINKS: EINZELTOPFBEWÄSSERUNG DER PFLANZEN, OBEN RECHTS: DACH UND TISCHE, MITTE: GESAMTKONSTRUKTION NACH FERTIGSTELLUNG AM 20.4.2021 (© IRAUSCHEK, BFW), UNTEN: ANORDNUNG DER PFLANZEN IN DEN BEWÄSSERUNGSGRUPPEN.

Im Jahr 2021 wurde von Mai bis Oktober die erste Runde der Nachkommenschaftsprüfung (Trockenversuch Gloriette, NK-Test1) zur Untersuchung der Trockenheitsresistenz der Plusbäume durchgeführt. Die Nachkommen der Plusbäume und Pflanzen von fünf Vergleichsherkünften wurden auf drei Bewässerungsgruppen (Control, DRY14, DRY8) aufgeteilt, die entsprechend den definierten Wassergehaltsgrenzen (20%, 14% und 8%) bewässert wurden (Abbildung 13). Die Gruppen wurden jeweils beim Erreichen des festgelegten Limits einzeln bewässert. Sobald die Gruppe mit der größten Trockenheit (Gruppe DRY8) das Limit erreichte, wurden alle Versuchsgruppen synchronisiert (d.h. bis zur Wassersättigung 2 Tage lang wiederholt bewässert). Dadurch wurde eine periodische Trockenheit erreicht, die jedoch im Verlauf weitgehend synchronisiert war.

Die Pflanzen wurden nach dem Umtopfen und dann während des Experiments monatlich gemessen (fünf Inventurtermine: Sept. 2020, Mai 2021, Juni 2021, Juli 2021, Sept. 2021). Bei den Pflanzen wurde jeweils drei Wuchsmerkmale gemessen: (1.) die Gesamthöhe, (2.) die Länge des Terminaltriebes und (3.) die Länge eines Seitentriebes. Zusätzlich wurden fünf phänologische Merkmale erfasst: (1.) Zwieselbildung, (2.) Triebsschäden, (3.) Nadelbräune (Juli/Sept.), (4.) Nadelfärbung (Sept.) und (5.) Johannistriebe (Juli).

Während der Versuchsphase im Jahr 2021 wurde die DRY8-Gruppe siebenmal, die DRY14-Gruppe vierzehnmal und die Kontrollgruppe 21-mal bewässert. Der Verlauf des Wassergehalts in den Töpfen ist in Abbildung 13 dargestellt.



**ABBILDUNG 13: VERLAUF DES WASSERGEHALTS IN DEN TÖPFEN DER VERSUCHSPFLANZEN „TROCKENVERSUCHS GLORIETTE“ IM ZEITRAUM ZWISCHEN 22.4.2021 UND 25.9.2021. 24H MITTELWERTE, 3 SENSOREN JE BEWÄSSERUNGSGRUPPEN (CONTROL = LIMIT BEI 20%, DRY14 = LIMIT BEI 14%, DRY8 = LIMIT BEI 8% (ROTE PFEILE) HIER WURDEN ALLER GRUPPEN SYNCHRONISIERT.**

## NK-TEST1: ERGEBNISSE 2021

Zu Beginn des Versuchs betrug die durchschnittliche Gesamthöhe der Bäume 161 mm (Standardabweichung (SD)  $\pm 34$  mm). Die Referenzherkünfte (Mittelwert 193 mm, SD  $\pm 41$  mm) waren dabei größer als die Nachkommen der Plusbäume (153 mm SD  $\pm 32$  mm). Von den ursprünglich 4.452 Bäumen zu Beginn des Versuchs wurden 4.270 für die Wachstumsstatistik berücksichtigt. Zwei Bäume starben aufgrund eines Versagens des Bewässerungssystems, zwei weitere aus unbekanntem Gründen. 82 Bäume wurden aufgrund von abnormalem Endtriebwachstums (Zwieselbildung, beschädigte Triebe, Insektenschäden) nicht berücksichtigt. Zudem wurden 96 Bäume aussortiert, da ihre Wurzeln und Nadeln im Juli 2021 für den Folgeversuch (NK-Test2, RNA-Expression) beprobt wurden. Die beobachteten allgemeinen Wachstumsmuster waren bei allen getesteten Gruppen und Behandlungen sehr ähnlich. Das stärkste Triebwachstum (sowohl für Terminal- als auch für Seitentriebe) wurde zu Beginn des Versuchs, zwischen Ende Mai und Mitte Juni, beobachtet; danach verlangsamte sich das Wachstum oder kam ganz zum Stillstand (Abbildung 14 unten), und zwischen Juli und September (3. und 4. Messung) wurde kein Wachstum beobachtet.

Für den Vergleich der Ergebnisse zwischen den Bewässerungsgruppen und den Herkunftsgruppen und Plusbaum-Nachkommen wurde das Triebwachstum (d. h. die Summe aus dem Terminaltrieb und einem Seitentrieb) herangezogen (siehe Abbildung 14)). Zunächst wurden die Unterschiede zwischen den Bewässerungsgruppen für alle Messzeitpunkte getestet, um einen signifikanten Einfluss der Behandlung zu bestätigen. Welsh-ANOVA-Tests und anschließende Dunnett-Tests zeigten signifikante Unterschiede zwischen allen Gruppen (CONTROL, DRY14 und DRY8) für alle Messdaten (Mai, Juni, Juli und September 2021).

Bei der Wachstumsbewertung im September 2021 unter CONTROL-Bewässerung betrug das durchschnittliche Triebwachstum bei guter Bewässerung für die Plusbaum-Nachkommen 163 mm (CONTROL-Gruppe), mit einer Spanne von 115 bis 224 mm für die 85 Plusbaum-Nachkommenschaftsgruppen. Die Referenzherkünfte wiesen dabei Werte auf, die in der Nähe des durchschnittlichen Wachstums der Plusbaum-Nachkommen lagen (Wörschachwald: 159 mm, Gaisstall 164 mm) oder leicht darüber (Steyrtal & Riepl: 170 mm und Neudorf: 173 mm) (siehe Abbildung 15, Tabelle 6).

Die Trockenbehandlungen führten im Vergleich zu den CONTROL-Bedingungen zu einer durchschnittlichen Wachstumsverringerung der Plusbaum-Nachkommen um 12,7 mm (7 %) bei DRY14 und 21,9 mm (12 %) bei DRY8. Es gab eine große Variabilität zwischen den 85 Plusbaum-Nachkommenschaftsgruppen. Einige waren von der Trockenheit kaum betroffen, mit einem Rückgang von weniger als 5 % (29 von 85 in DRY14 und 10 von 85 in DRY8), während bei anderen ein drastischer Wachstumsrückgang gemessen wurde (maximal -58 mm oder 32 %). Das relative Wachstum in beiden Trockengruppen nahm mit der Zunahme des Kontroll-Wachstums ab, mit Regressionssteigungen von -0,0016 (DRY14) und -0,0021 (DRY8) je Millimeter Kontroll-Wachstum. Die Referenzherkünfte zeigten in beiden Bewässerungsgruppen durchschnittliche (Wörschachwald, Gaisstall, Riepl, Steyrtal) bzw. leicht überdurchschnittliche (Neudorf) relative Wachstumsreaktionen (Abbildung 15).

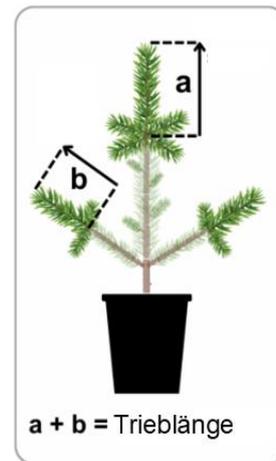
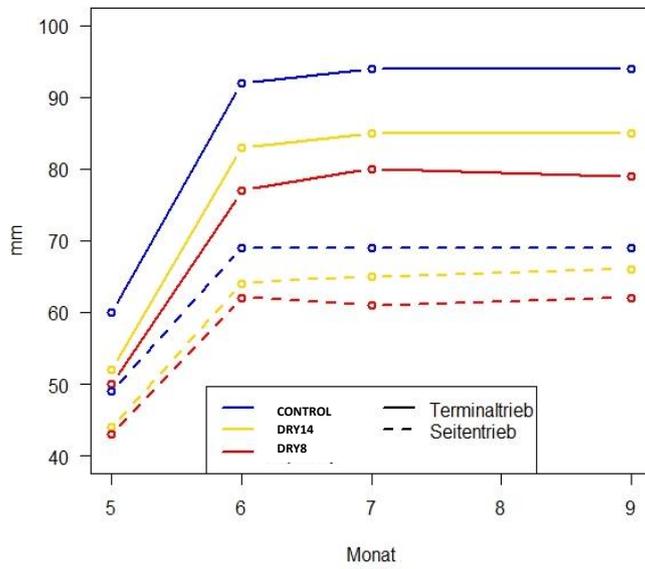
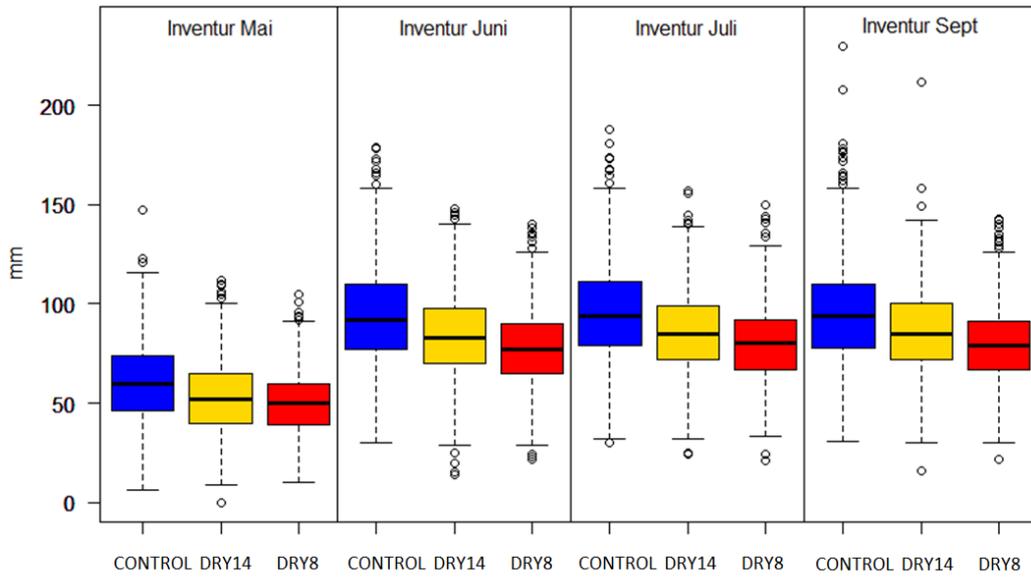
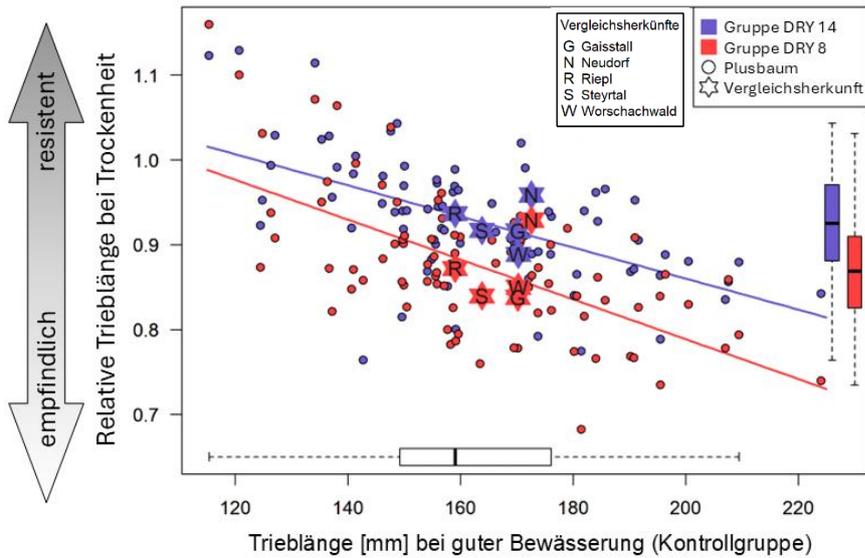
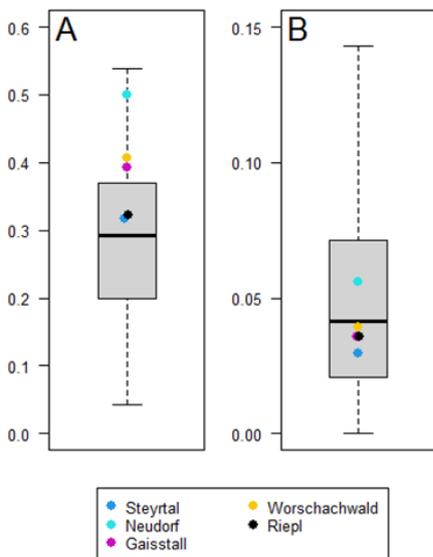


ABBILDUNG 14 OBEN: TERMINALTRIEBLÄNGEN DER FICHTENPFLANZEN IN DEN BEWÄSSERUNGSGRUPPEN (CONTROL – DRY14 – DRY8) ZU DEN VIER AUFNAHMEZEITPUNKTEN IM JAHR 2021. UNTEN: ZEITLICHER VERLAUF DES AUSTRIEBES (MEDIANWERTE).



**ABBILDUNG 15: RELATIVE TRIEBLÄNGE UNTER TROCKENHEIT (DRY8 UND DRY14) IN ABHÄNGIGKEIT DER TRIEBLÄNGE UNTER CONTROL-BEDINGUNGEN. DIE LINIEN STELLEN LINEARE REGRESSIONEN DER GRUPPEN DAR.**



**ABBILDUNG 16: LINKS (A): ANTEIL DER BÄUME MIT NADELSCHÄDEN (CHLOROSE) ÄLTERE NADELJAHRGÄNGE GEBILDET VOR 2021. RECHTS (B): ANTEIL DER BÄUME MIT NADELSCHÄDEN AN DEN NEUE GEBILDETEN NADELN 2021.**

Die Auswertung der Nadelschäden ergab eine leichte Tendenz zu vermehrten Schäden in Form von Chlorosen bei älteren Nadeljahrgängen der Vergleichsherkünfte (Abbildung 16A). Bei den diesjährigen Nadeln, die sich während des Experiments entwickelt haben, war dieser Trend nicht mehr erkennbar (Abbildung 16B). Auch hier war eine große Variabilität zwischen den Plusbäumen zu beobachten und bei 19 von 85 Plusbäumen wurde kein einziger Nachkomme mit chlorotischen Schäden an den diesjährigen Nadeln entdeckt.

Insgesamt wurde bei 37 Pflanzen (0,8 %) wurde im Juli ein sekundäres Triebwachstum (Johannistrieb) beobachtet. Pflanzen aus allen Bewässerungsgruppen zeigten Johannistriebe – 15 Individuen aus der Gruppe CONTROL, 13 Individuen aus der Gruppe DRY14 und 9 Individuen aus der Gruppe DRY8.

## NK-TEST2: VERGLEICH DER GENEXPRESSION NACH SYSTEMATISCHER GRUPPIERUNG

Die große Streuung der Ergebnisse der Plusbäume im phänotypischen Trockenexperiment (NK-Test1) ließ vermuten, dass diese Bäume womöglich mit unterschiedlichen Wachstumsstrategien auf die Trockenheit reagieren. Um diese Strategien zu überprüfen, wurde zunächst eine Gruppierung in vier Wachstumsgruppen durchgeführt. Diese Gruppen sind in der untenstehenden Abbildungen 17 schematisch anhand repräsentativer Individuen (links) und analytisch gemäß der Gruppenbildung (rechts) dargestellt. Im ersten Schritt erfolgte eine Gruppierung der Nachkommen anhand des Triebwachstums unter Kontrollbedingungen (Trennung am Median 158 mm, als vertikale Linie), wodurch 50% der Plusbäume in die Gruppe mit kürzerem (Short) und 50% zur Gruppe mit längerem (Large) Triebwachstum zugeordnet wurden. Anschließend, im zweiten Schritt erfolgte eine weitere Gruppierung der Bäume anhand des relativen Triebwachstums unter Trockenstress in Gruppen mit hohem (High) und geringem (Low) relativem Wachstum. Hierbei wurde die Trennung an der linearen Regression auf der Grundlage des relativen Triebwachstums unter Trockenstress (DRY8) relativ zur Kontrollgruppe (Control) durchgeführt. Dieser Ansatz ergab vier Gruppen: High-Large (also hohe relative Triebblänge unter Trockenheit bei großer Triebblänge bei guter Bewässerung), Low-Large, High-Small und Low-Small (geringe relative Triebblänge unter Trockenheit bei kleiner Triebblänge bei guter Bewässerung).

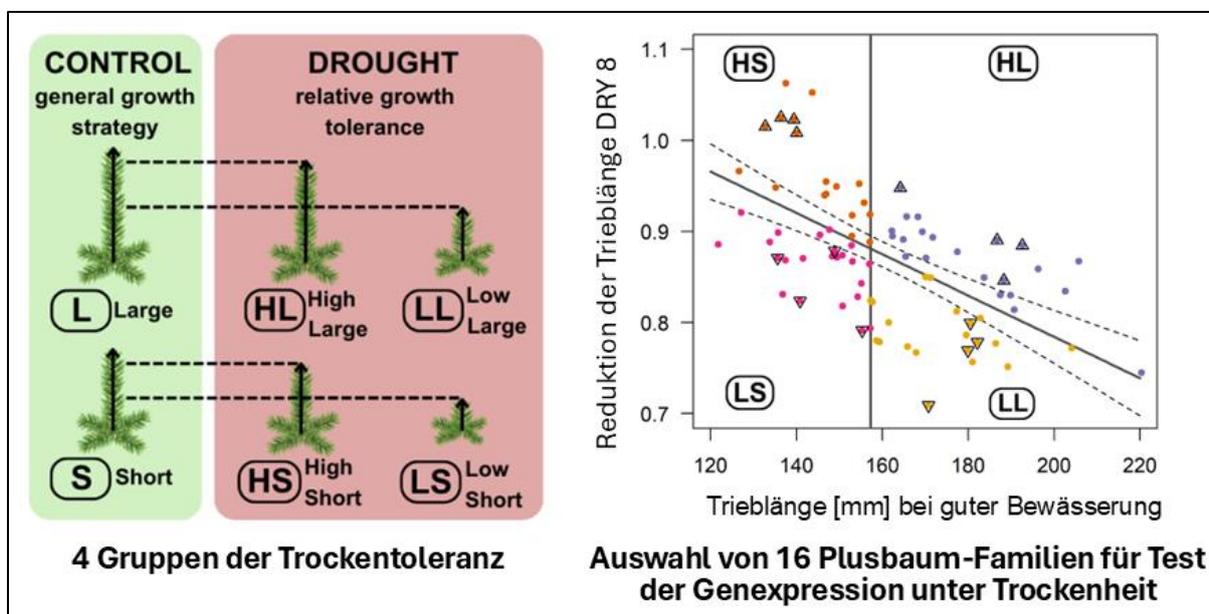
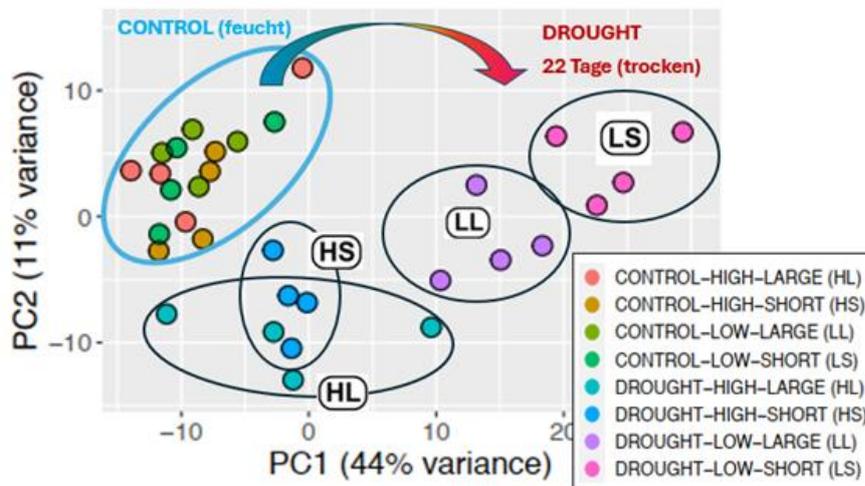


ABBILDUNG 17: GRUPPIERUNG DER FICHTEN-NACHKOMMEN ANHAND DER ERGEBNISSE DES TROCKENTESTS (NK-TEST1). LINKS: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG ANHAND REPRESENTATIVER INDIVIDUEN, RECHTS: ANALYTISCHE GRUPPENBILDUNG ANHAND MEDIANWERT (VERTIKALE LINIE) UND LINEARER REGRESSION (DIAGONALE LINIE). DREIECKE MARKIEREN JEWEILS DIE VIER AUSGEWÄHLTEN PLUSBÄUME FÜR NK-TEST 2.

Für den zweiten Test (NK-Test2) wurden aus jeder Gruppe vier Plusbäume ausgewählt (Abbildung 17 rechts). Referenzherkünfte wurden nicht in diesen Versuch einbezogen, da sie aus einer Mischung aus mehreren beernteten Bäumen und nicht aus der Nachkommenschaft eines einzelnen Baumes stammten. Pro Plusbaum wurden im Juli 2021 je sechs Nachkommen aus dem ersten Trockentest (NK-Test1) aus der Gruppe CONTROL entnommen (dadurch wurde eine Vorschädigung durch die Trockenphasen im Experiment ausgeschlossen). Das Versuchsdesign wurde dabei in Anlehnung an die Publikation von Haas et al. (2021) durchgeführt. Die sechs Nachkommen je Plusbaum wurden zunächst bis zur Wassersättigung gegossen. Am nächsten Tag wurden dann jeweils bei drei Nachkommen Proben von Feinwurzeln entnommen (RNA-CONTROL). Nach drei Wochen ohne Gießen wurden schließlich die übrigen drei Nachkommen für die Gruppe „RNA-Stress“ beprobt (Abbildung 18 links). Zur Sequenzierung der mRNA (RNA Seq) wurde der QuantSeq-Pool Sample Barcoded 3' Kit als Vorbereitung für die Illumina –Methode (RNA Seq) verwendet. Die differentielle Gen-Expression zwischen den Proben wurde mit dem DESq2-Softwarepaket analysiert. Durch eine Hauptkomponentenanalyse (PCA) wird die differentielle Gen-Expression auf die zwei Hauptkomponenten vereinfacht dargestellt (Abbildung 18).



**ABBILDUNG 18 OBEN: PROBENNAHME VON FEINWURZELN FÜR DIE RNA-EXPRESSIONSANALYSE (© IRAUSCHEK, BFW). JEWEILS DREI PFLANZEN ALS KONTROLLE (BEI WASSERSÄTTIGUNG (RNA-KONTROLLE)) UND DREI PFLANZEN NACH DREI WOCHEN TROCKENSTRESS (RNA-STRESS). UNTEN: DARSTELLUNG DER ZWEI HAUPTKOMPONENTEN DER PCA-ANALYSE ZUR RNA-EXPRESSION.**

Bei der RNA-Seq-Analyse der Seitenwurzeln wurden beim Vergleich der Kontrollgruppe (RNA-CONTROL) mit den trockenheitsgestressten Pflanzen (RNA-Stress) Unterschiede in den allgemeinen differentiellen Genexpressionsprofilen gefunden. Die ausgewählten Individuen mit geringem relativem Wachstum unter Trockenstress aus NK-Test1 („Low“- Gruppen LS und LL) differenzierten sich entlang der Hauptkomponente 1 (PC1) (44 % Varianz) (Abbildung 18). Für die Nachkommensgruppen mit hohem relativem Wachstum unter Trockenstress (High: Gruppen HS, HL) wurden deutlich geringere Unterschiede zu den Kontrollproben in der Komponente 1 (PC1, 44% Varianz) festgestellt. Entlang der Komponente 2 (PC2, 11 % Varianz) wurden außerdem die beiden Wachstumsgruppen (Small/Large) aufgeteilt, wodurch eine Trennung aller vier Gruppen erkennbar wurde (Abbildung 18). Eine Analyse der hier (für die LOW-Gruppen) angesteuerten biologischen Signalwege zeigte verstärkt u.a. Prozesse zur Verarbeitung von oxidativem Stress (Radikale), generelle Stress-Prozesse und geänderte Expression in Bezug auf Proteinfaltung. Der Vergleich der RNA-Expression bestätigte somit die Ergebnisse der phänotypischen Trockenstressuntersuchungen bei den Fichtenpflanzen und die darauf aufbauende Gruppierung gemäß der generellen Wuchsleistung und der relativen Trockentoleranz.

## NK-TEST1: WEITERFÜHRUNG 2022

Im Jahr 2022 wurde der Nachkommenschaftstest (Trockenversuch Gloriette, NK-Test1) weitergeführt. Im Beobachtungsjahr 2022 wurde die Intensität der Trockenheit erhöht, um die Reaktion der Plusbaum-Nachkommen zu beobachten. Dabei wurden die Bewässerungsuntergrenzen für die Vergleichsgruppe (Control) bei 20% (relativer Wasseranteil im Substrat) gleich gehalten, die Gruppe DRY14 wurde nun statt bei 14% bei 5% und die Gruppe DRY8 erst bei 2.5% wiederbewässert. Nachfolgend wurde die Trockenheit in den Töpfen als pF-Wert angegeben. Dieser dimensionslose Wert beschreibt die Energie, mit der das Bodenwasser entgegen der Schwerkraft in der Bodenmatrix gehalten wird. Je höher der pF-Wert, desto trockener ist der Boden bzw., desto geringer ist das für die Pflanzen verfügbare Wasser. Durch Umrechnung des relativen Wasseranteils in den pF-Wert lässt sich eine allgemeine Aussage über die Wasserverfügbarkeit und somit über Trockenheit im Substrat treffen. Eine Substratprobe wurde im Labor analysiert, und die gemessenen Werte des relativen Wasseranteils wurden anschließend mithilfe von Umrechnungsformeln in die pF-Werte umgerechnet.

TABELLE 3: PF-WERT ZUR BESCHREIBUNG DER BODENFEUCHTE.

pF-Wert	Bodenfeuchte
1	nass
2	feucht
3	frisch
4	trocken
5	dürr

Der Pflanzenaustrieb (Terminaltrieb und 1 repräsentativer Seitentrieb) sowie etwaige Schäden an den Nadeln (Kategorisierung siehe Tabelle 2) wurden an drei Terminen aufgenommen (Mitte Mai, Mitte Juni und Mitte Juli 2022). Als zusätzliches Merkmal wurde bei den Messungen im Mai und Juni 2024 das Austriebsverhalten der einzelnen Fichtenpflanzen erhoben (Kategorisierung siehe Tabelle 5 und Abbildung 19).

TABELLE 4: KATEGORISIERUNG DER NADELSCHÄDEN.

Kategorie	Schaden
0 keine	Keine oder nur einzelne Nadeln (<5) verfärbt
1 gering	<30% der Nadeln verfärbt
2 mittel	30-60% der Nadeln verfärbt
3 stark	>60% der Nadeln verfärbt
4 tot	Pflanze tot (Nadeln fallen ab, Knospen trocken)

TABELLE 5: KATEGORISIERUNG DES NADELAUSTRIEBES NACH KRUTSCH (MALMQVIST 2017).

Austrieb	Beschreibung
0	Knospen ruhen
1	Knospen leicht angeschwollen
2	Knospen geschwollen, graugrün
3	Knospenschuppen aufgebrochen, Nadeln sichtbar als grüner Kreis
4	Nadeln verlängert ca. 2xKnospenlänge, Knospenhülle fehlt, Nadelkreis nicht mehr sichtbar
5	Erstes Spreizen der Nadeln, Maler / Rasierpinsel, Zweig noch nicht zu sehen
6	Sprossverlängerung, Basalnadeln noch nicht gespreizt, grüner Zweig jetzt sichtbar
7	Differenzierung des Triebs, Basalnadeln spreizen
8	Alle Nadeln entwickelt, neue Knospen entwickeln sich



ABBILDUNG 19: KATEGORISIERUNG DES NADELAUSTRIEBES NACH KRUTSCH, ABBILDUNG AUS MALMQVIST 2017.

## NK-TEST1: ERGEBNISSE 2022

Der Austrieb startete durch die kühlere Witterung im Jahr 2022 später als 2021. Die durchschnittlichen Triebblängen blieben bis zum Abschluss der Triebentwicklung im Juli 2021 mit 54mm (Terminaltrieb Gruppe Control) deutlich hinter den Messungen im Jahr 2022 (95mm) zurück. Eine Begründung dafür kann nicht abschließend gegeben werden. Die Bedingungen, bezogen auf die Wasserversorgung waren für die Kontrollgruppe in den Jahren 2021 und 2022 vergleichbar und lagen zwischen zwei und knapp über drei pF (siehe Abbildung 20), für die Trockengruppen Dry14 und Dry8 entsprechend höher. Offenbar wurde das Wachstum durch eine schlechtere Nährstoffversorgung im Topf (die Pflanzen wurden einmalig im Frühjahr 2022 gedüngt) generell gebremst. Ein weiterer Grund könnten die Auswirkungen der für die Fichtenpflanzen relativ warmen Bedingungen unter dem Plexiglasdach sein, die sich offenbar erst längerfristig manifestiert haben und den ersten Austrieb im Jahr 2021 noch weniger stark beeinflusst haben.

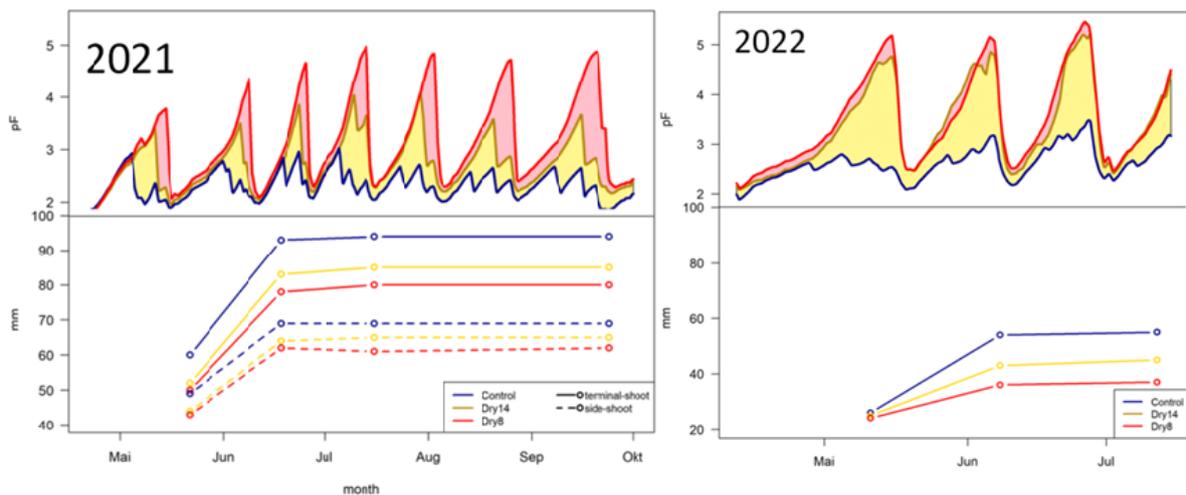
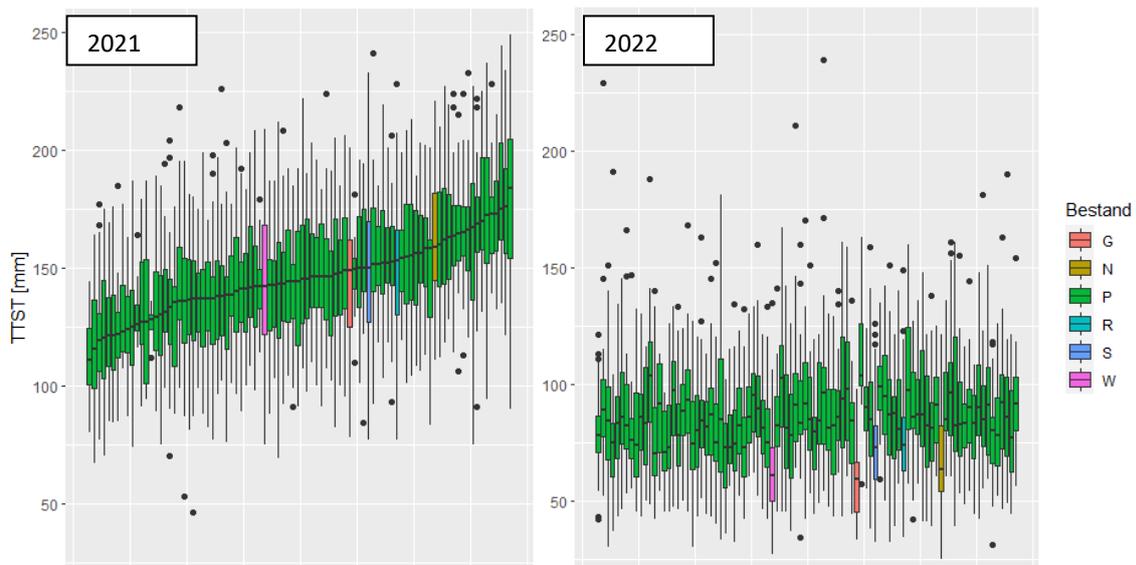


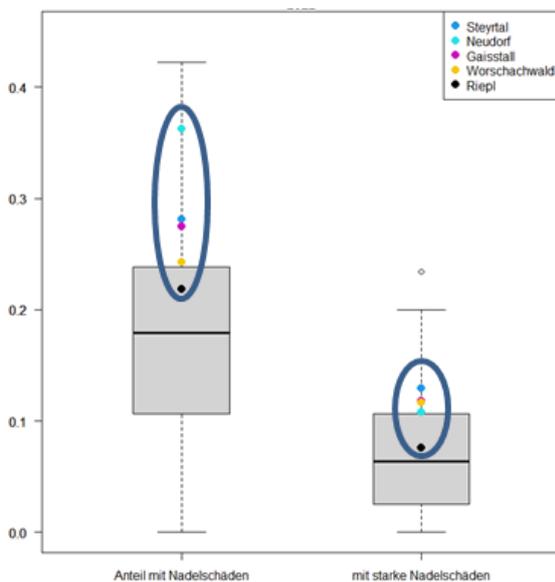
ABBILDUNG 20: VERGLEICH 2021 (LINKS) UND 2022 (RECHTS) OBEN: TROCKENHEITSVERLAUF IM EXPERIMENT IN DEN BEWÄSSERUNGSGRUPPEN (CONTROL, DRY14, DRY8). UNTEN: VERLAUF DES AUSTRIEBES.

In untenstehender Abbildung 21 wurde der Austrieb der einzelnen Plusbaumfamilien mit den Vergleichsherkünften verglichen. Der Unterschied zwischen den Gruppen Dry8 und Dry14 war gering, deshalb wurden diese Gruppen für die Abbildung 21 zusammengefasst. Hier fällt zuerst wieder das deutlich geringere Wachstum im Versuchsjahr 2022 auf. Darüber hinaus ist interessant, dass die Vergleichsherkünfte, die im Jahr 2021 noch im Mittelfeld der Plusbäume lagen, im Jahr 2022 am unteren Ende zu liegen kommen. Während die Ergebnisse aus 2021 eine gute Differenzierung im Zuwachs zwischen den einzelnen Plusbäumen zulässt, zeigt sich im Jahr 2022 eine gute Differenzierung zwischen den Plusbäumen (als Gesamtgruppe) und den Vergleichsherkünften.



**ABBILDUNG 21: VERGLEICH DES ZUWACHSES (TTST = TERMINALTRIEB + SEITENTRIEBLÄNGE) UNTER TROCKENEN VERSUCHSBEDINGUNGEN (DRY8 UND DRY14 ALS GESAMTGRUPPE) DER EINZELNEN PLUSBÄUME (P) IM VERGLEICH MIT DEN VERGLEICHSHERKÜNFTEN (G=GAISSTALL, N=NEUDORF, R=RIEPL, S=STEYRTAL, W=WORSCHACHWALD).**

Ein Vergleich der Nadelschäden zeigte, dass die Vergleichsherkünfte tendenziell stärker von Nadelschäden betroffen waren als die Plusbaum-Nachkommen. Bei den Vergleichsherkünften wurden bei zwischen 23% (Riepl) und 37% (Neudorf) der Bäume Schadsymptome bei den Nadeln festgestellt. Die Nadelschäden lagen bei den Plusbaum-Familien zwischen 0% und 43%, wobei der Medianwert bei 18% lag. Ein ähnliches Bild ergab sich, wenn man nur die Baumindividuen mit starken Nadelschäden betrachtete (Abbildung 22).



**ABBILDUNG 22: ANTEIL BÄUME MIT NADELSCHÄDEN (JULI 2022) JE PLUSBAUM-FAMILIE BZW. VERGLEICHSHERKUNFT (BLAU MARKIERT).**

Es wurde zudem analysiert, ob die zusätzlich aufgenommenen phänologischen Merkmale, wie der Nadelaustrieb im Frühjahr oder eine visuell eher bläulich erscheinende Färbung der Nadeln einen Einfluss auf das Baumwachstum hat. Für beide Merkmale wurde keine Korrelation mit dem Wachstum festgestellt.

Unter den Individuen, die unter trockenen Bedingungen besonders gut abschnitten, befanden sich sowohl spät- als auch frühtreibende Individuen. Auch für die im Jahr 2021 nur visuell aufgenommenen Farbunterschiede in der Nadelmorphologie („normaler Nadeltyp“, „bläuliche“ Nadeln, „gelbliche“ Nadeln) konnten keine Zusammenhänge festgestellt werden. Die Unterschiede im Austrieb (siehe Abbildung 23) sind jedoch für die weitere Selektion von Individuen ein wertvolles Unterscheidungsmerkmal.

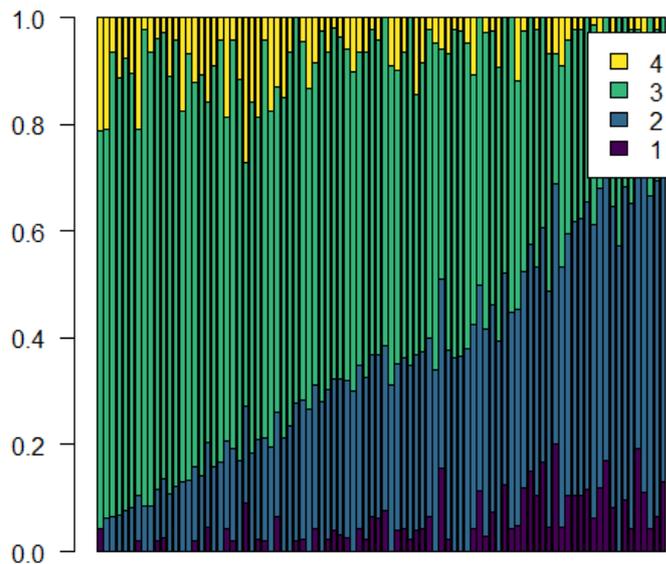


ABBILDUNG 23: ANTEIL DER INDIVIDUEN JE PLUSBAUM-FAMILIE, BZW. VERGLEICHSHERKUNFT JE AUSTRIEBSKATEGORIE, AUFNAHME 5/2022.

## CAVITRONANALYSEN VON HOLZPROBEN

Im Zuge der letzten Veredelungen im Frühjahr 2022 wurden von 36 Plusbäumen zusätzlich Zweigproben für Cavitronanalysen genommen und an der Universität Würzburg von Prof. Bernhard Schuldt analysiert. Bei Cavitronmessungen werden frische Zweigproben in einer Zentrifuge eingespannt. Durch die Rotation wird ein Unterdruck erzeugt, welcher vergleichbar ist mit den Verhältnissen unter großer Trockenheit. Bei steigendem Unterdruck wird dann gemessen, wann im Holz Embolien (Luftblasen) auftreten und der Wassertransport abnimmt und schließlich abreißt. Als Indikator gilt dabei der P50 Wert, der den Xylem-druck bei 50 % Verlust der hydraulischen Leitfähigkeit angibt.

Der gemessene P50-Wert der 36 untersuchten Bäume lag im erwarteten Bereich für Fichte ( $-3,65 \pm 0,20$  MPa; Mittelwert  $\pm$  SD). Es wurden keine extrem resistenten Werte registriert. Als Vergleich: In Norddeutschland wurden bei ausgewachsenen Bäumen sehr vergleichbare Werte gemessen ( $-3,61 \pm 0,11$  MPa). Aufgrund der stichprobenartigen Auswertung gibt es also keine Hinweise, dass die Xylemsicherheit für das Überleben der Plusbäume verantwortlich war.

## ABSCHLUSS NACHKOMMENSCHAFTSTESTS UND ANLAGE VON DAUERVERSUCHSFLÄCHEN

Die Tests zur Trockenresistenz der Nachkommen, durchgeführt mit dem Versuchsaufbau bei der Gloriette (NK-Test1 und NK-Test2) unter kontrollierter Bewässerung, wurden im Herbst 2022 abgeschlossen. Die Pflanzen

verblieben bis zum Frühjahr 2023 auf den Versuchstischen und wurden in dieser Zeit gleichmäßig mit Wasser versorgt und gedüngt. Im April 2023 wurde eine letzte Bonitur der Pflanzen durchgeführt, bei der die Nadelschädigungen begutachtet wurden (Abbildung 24). Anschließend wurden die Pflanzen in den Versuchsgarten Tulln überstellt.



**ABBILDUNG 24: VITALITÄTSBONITUR (4/2023) VOR TRANSPORT DER PFLANZEN IN DEN VERSUCHSGARTEN TULLN (© IRAUSCHEK, BFW).**

Im Juni 2023 konnten zwei geeignete Flächen für die Pflanzen aus dem Gloriette-Experiment (NK-Test1 und NK-Test2) für Freilandversuche gefunden werden. Eine dieser Flächen war in der Nähe von Weitersfelden in Oberösterreich, und ist im Eigentum des Forstguts Czernin-Kinsky Rosenhof. Sie liegt auf 720m Seehöhe und weist ein durchschnittliches Jahresklima (2008-2019) von 8,0°C sowie jährliche Niederschlagssumme von 734mm auf. Die zweite Fläche wurde am Kranichberg im Wechselgebiet beim Erzbischöflichen Forstamt Molzegg auf 740m Seehöhe gefunden. Hier sind aufgrund der historischen Klimastatistiken etwas höhere Temperaturen (9,4°C Jahresmittel) bei gleichzeitig etwas höheren Niederschlagsmengen (834mm) zu erwarten. Die Flächen wurden über die Sommermonate vom Bewuchs geräumt. Dann wurden die Stöcke und Verjüngungsreste flächig gefräst und ein wilddichter Zaun errichtet. Im September wurden die Flächen von Mitarbeitern des BFW vermessen und die einzelnen Punkte für die Pflanzungen im Raster markiert. Von Oktober bis Ende November 2023 wurden die Pflanzen schließlich gesetzt. Auf beiden Flächen erscheint die Bewirtschaftung mit Fichte derzeit noch möglich, in den nächsten Jahren werden jedoch auch trockene Perioden erwartet.

Diese Versuchsflächen bieten die Möglichkeit, die Entwicklung der Pflanzen über einen langen Zeitraum zu beobachten. Die Versuchsdauer wurde auf 15 Jahre festgelegt. Besonders im Hinblick auf physiologische Reaktionen und das Wachstumsverhalten während sowie nach Trockenperioden wären zusätzliche Beobachtungen auf diesen Flächen von besonderem Interesse.

## VERSUCHSFLÄCHE 1: WEITERSFELDEN, ROBISCHBAUER-KAPELLE

Die Anlage der Fläche erfolgte im Herbst 2023. Die Pflanzen wurden zwischen dem 19.10. und 25.10. 2023 und in vorgeborte Pflanzlöcher gesetzt. Art der Anlage: randomisierter Einzelbaum-Blockversuch – die Position jedes einzelnen Nachkommens auf der Fläche ist bekannt und kann mit den Ergebnissen aus dem Trockenversuch bei der Gloriette verknüpft werden. Die Blöcke entsprechen den Versuchstischen und Bewässerungsgruppen beim Versuch bei der Gloriette. Es soll dadurch gesichert werden, dass Nachkommen der einzelnen Plusbäume gleichmäßig über die Fläche verteilt sind. Pflanzverband: 3 m x 2 m, Anzahl der Blockwiederholungen: 20, Pflanzenanzahl: 1.728 Fichten (Block 1 mit 56 Fichten, Block 2-20 mit jeweils 88 Fichten), Pflanzen zur Umrandung des Versuches: jeweils zwei Stieleichen (St.Ei 12(7.1/sm)) als Randpflanzen und jeweils 1 Stieleiche als Abgrenzung zum durchschneidenden Traktorweg. In Summe wurden 520 Randpflanzen gesetzt. Eine Übersicht zur Lage der Fläche ist in Abbildung 25, ein detaillierter Versuchsplan in Abbildung 26 dargestellt.

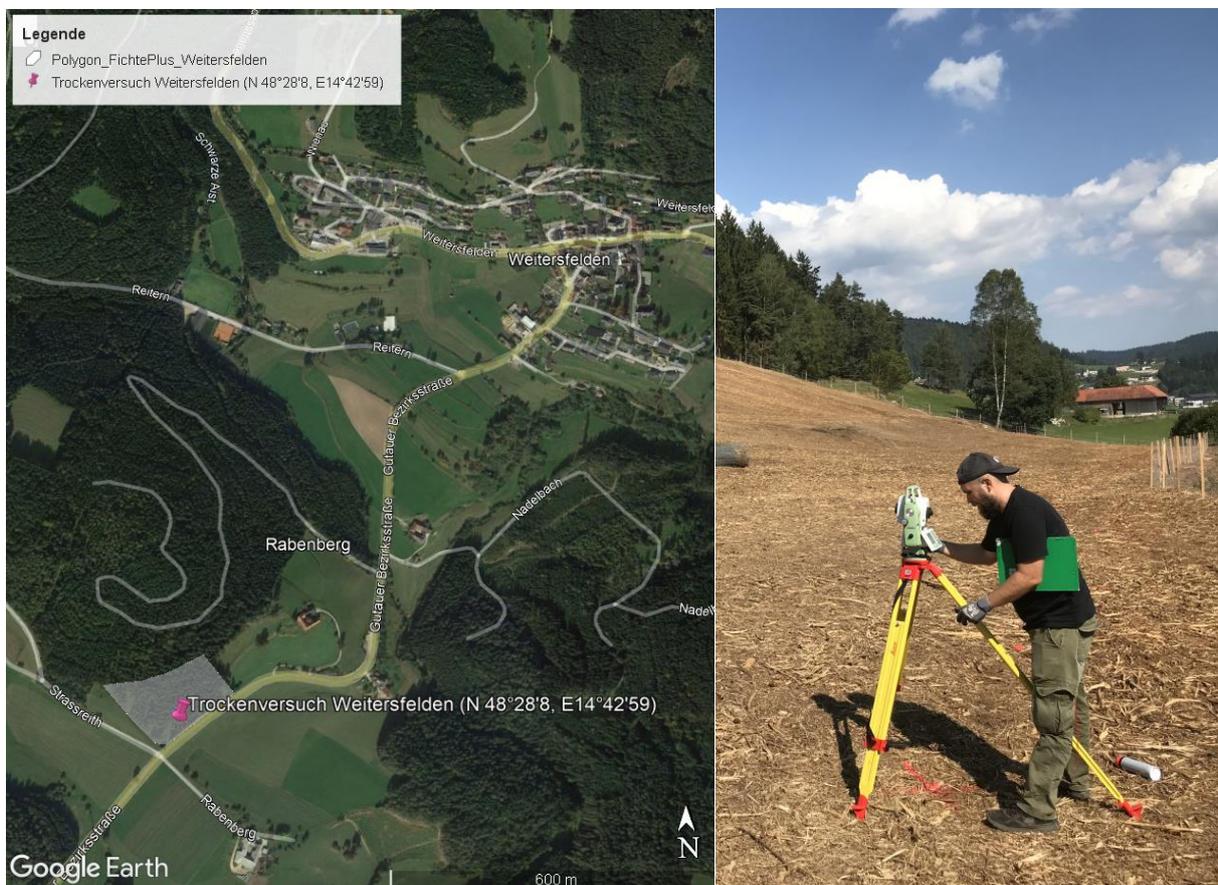


ABBILDUNG 25: LINKS: ÜBERSICHTSPLAN VERSUCHSFLÄCHE WEITERSFELDEN, RECHTS: VEMESSUNG DER VERSUCHSFLÄCHE UND EINZELPOSITIONEN 9/2023 (© IRAUSCHEK, BFW).

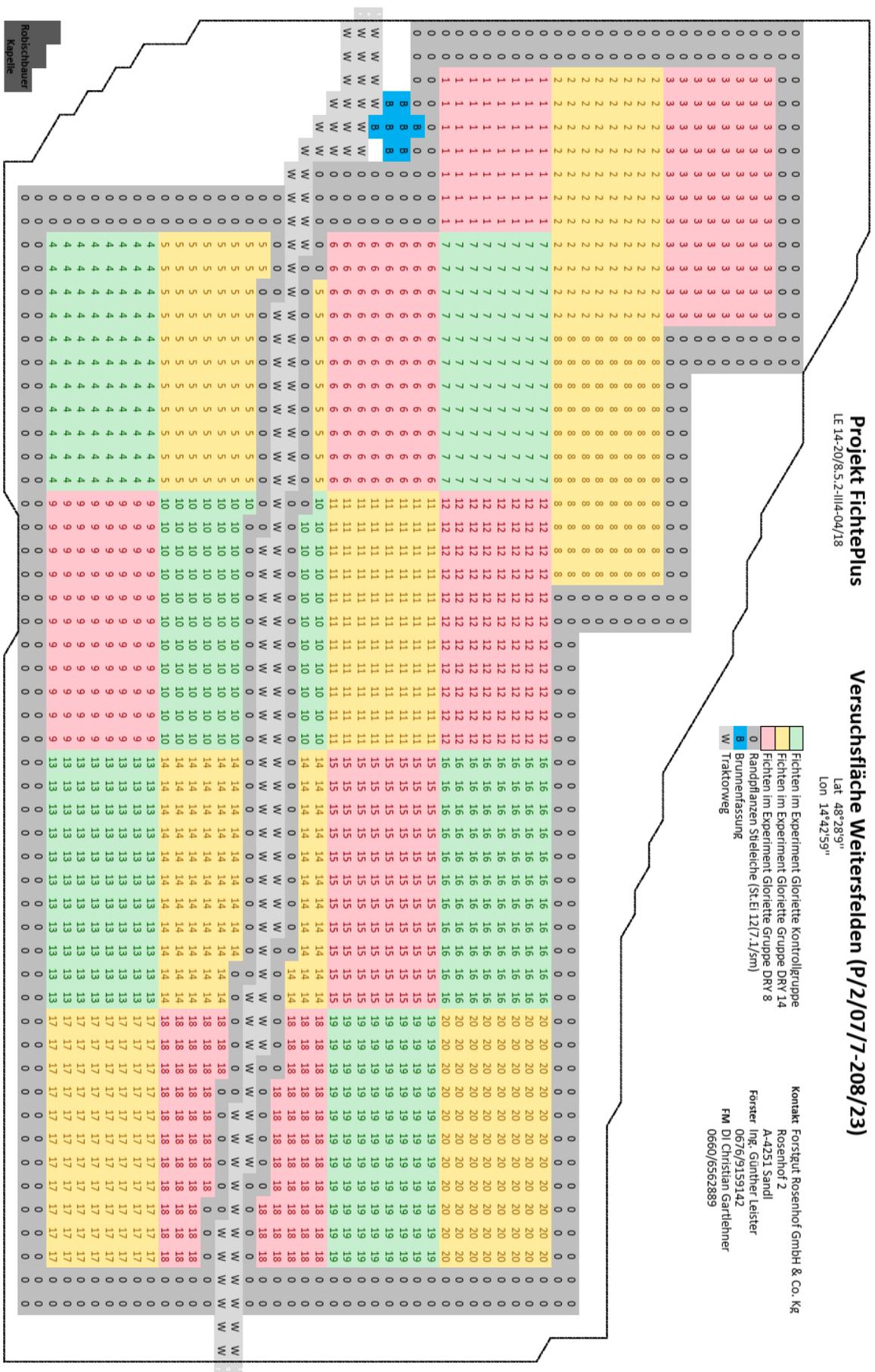
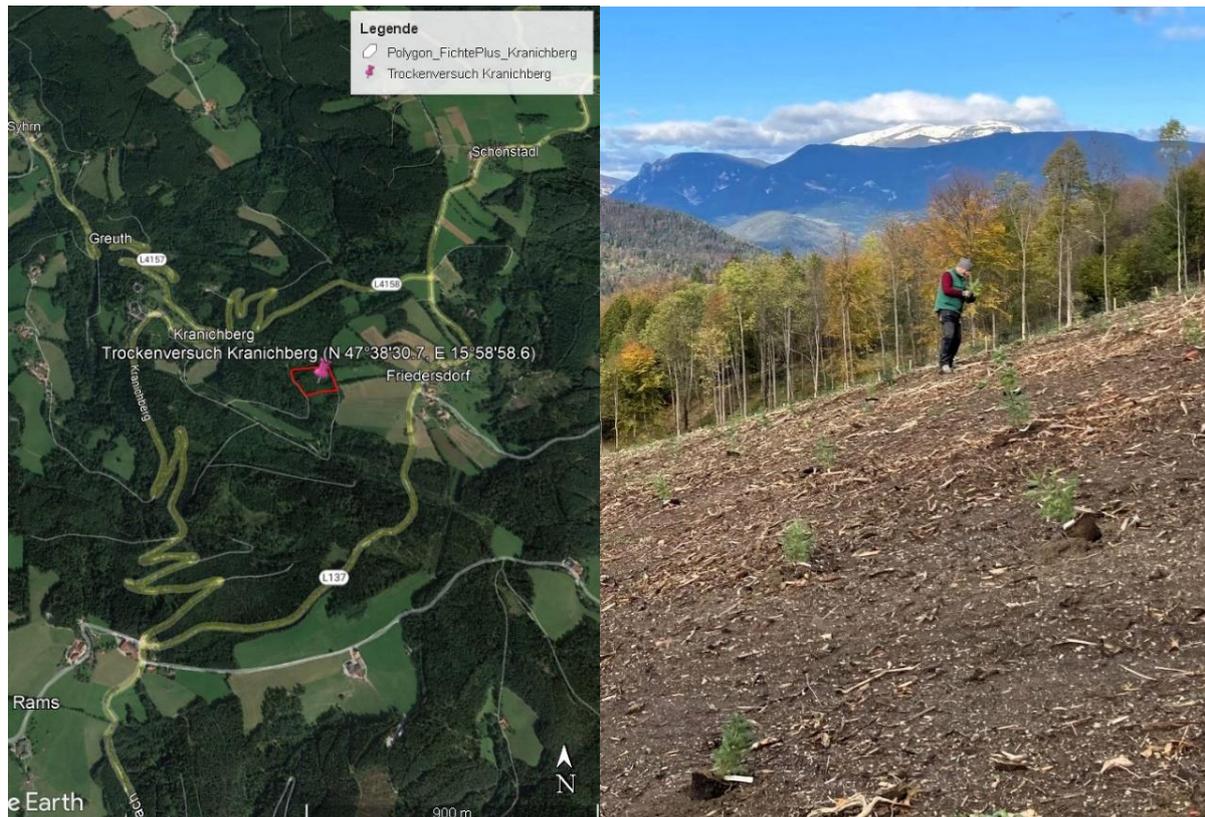


ABBILDUNG 26: PARZELLENPLAN DER VERSUCHSFLÄCHE WEITERSFELDEN, SCHWARZ UMRANDET IST DIE EINGEZÄUNTE FLÄCHE DARGESTELLT, DIE ZELLEN MIT NUMMERIERUNG 1 – 20 STELLEN DIE VERSUCHSPARZELLEN DAR, 0 SIND DIE RANDPFLANZEN.

## VERSUCHSFLÄCHE 2: KRANICHBERG, HAIDERHOF

Die Fläche wurde mit demselben Konzept wie die Fläche Weitersfelden angelegt. Die Fichtenpflanzen wurden zwischen dem 2.11.2023 und dem 9.11.2023 gesetzt, die Randpflanzen am 22.11.2023 und 28.11.2023. Art der Anlage: randomisierter Einzelbaum-Blockversuch. Pflanzverband: 3 m x 2 m, Anzahl der Blockwiederholungen: 21, Pflanzenanzahl: 1.920 Fichten (Block 1-8 sowie 9-22 mit je 88 Fichten, Block 9 mit 72 Fichten), Pflanzen zur Umrandung des Versuches: jeweils zwei Stieleichen St.Ei 12(7.1/sm) als Randpflanzen. In Summe wurden 400 Randpflanzen gesetzt. Eine Übersicht zur Lage der Fläche ist in Abbildung 27, ein detaillierter Versuchsplan in Abbildung 28 dargestellt.



**ABBILDUNG 27: LINKS: ÜBERSICHTSPLAN VERSUCHSFLÄCHE KRANICHBERG. RECHTS: EINSETZEN DER FICHTEN IN DIE VORGEBOHRTEN PFLANZLÖCHER, IM HINTERGRUND DER SCHNEEBERG (© IRAUSCHEK, BFW).**

Projekt FichtePlus

Versuchsfläche Kranichberg (P/2/07/7-209/23)

LE 14-20/8.5.2-III4-04/18

Lat 47°38'31"

Lon 15°58'58"

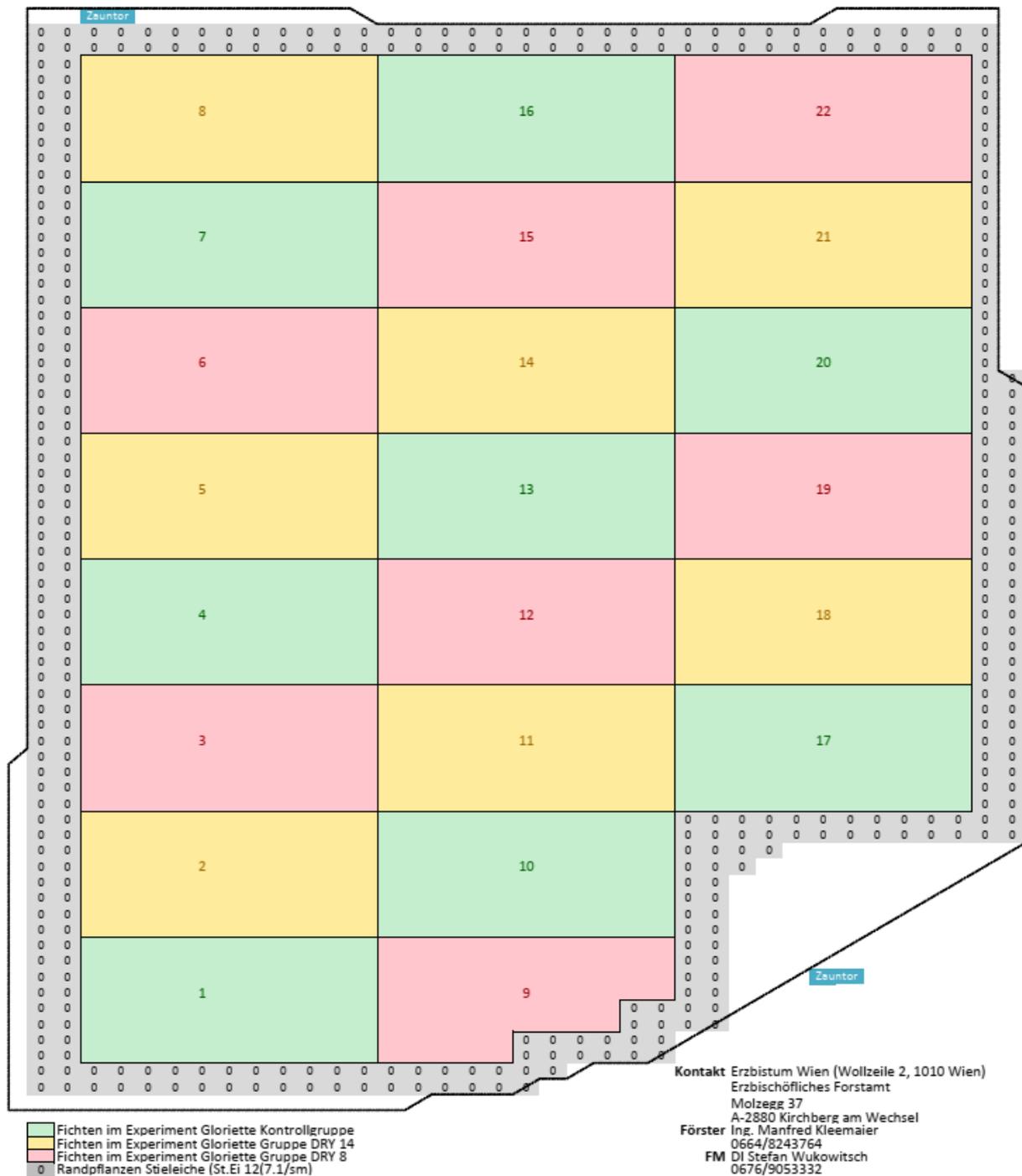


ABBILDUNG 28: PARZELLENPLAN DER VERSUCHSFLÄCHE KRANICHBERG, SCHWARZ UMRANDET IST DIE EINGEZÄUNTE FLÄCHE DARGESTELLT, DIE ZELLEN MIT NUMMIERUNG 1 – 20 STELLEN DIE VERSUCHSPARZELLEN DAR, 0 SIND DIE RANDPFLANZEN.

## AP 4: AUFBAU EINER ZUCHTPOPULATION

Von den 312 aufgefundenen selektierten Plusfichten befinden sich 97 im Plusbaumnetz (siehe AP5), 225 im Klonarchiv, und von 85 Plusfichten konnten Nachkommen angezogen worden. Von diesen 85 waren 75 mit mindestens 12 Individuen in der Nachkommenschaftsprüfung vertreten. In Abbildung 29 sind die Anzahlen der Plusbäume aller drei Gruppen sowie ihre Überschneidungen dargestellt. Von den 225 Bäumen im Klonarchiv waren lediglich 36 (16%) durch Nachkommen im Trockentest vertreten. Dies bedeutet, dass die Ergebnisse (der Nachkommen für die anderen 49 Plusbäume) nicht auf die gesicherte Erbinformation der Plusbäume im Klonarchiv angewendet werden können. Für 189 Bäume im Klonarchiv konnte kein Samenmaterial gesammelt werden (siehe AP1). Obwohl wir diese Bäume im Projekt nicht über ihre Nachkommenschaft testen können, stellen sie eine wichtige Basis für zukünftige Studien und genetische Untersuchungen dar.

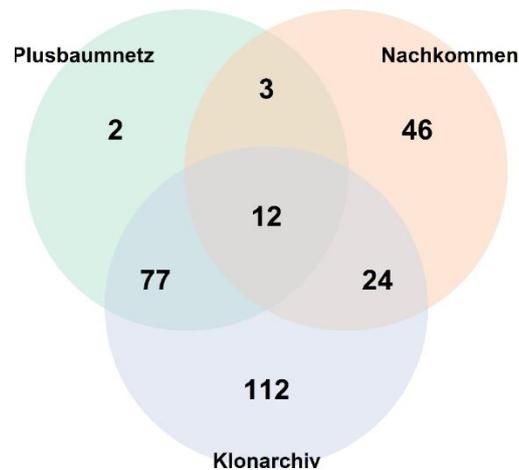


ABBILDUNG 29: ANZAHL DER PLUSBÄUME UND ÜBERLAPPUNGEN IN DEN GRUPPEN.

In diesem europaweit bisher einzigartigen Projekt wurden die Voraussetzungen für die Selektion von klimafitten Fichten-Plusbäumen geschaffen. Da nur von einem Teil der als Veredelung gesicherten Plusbaum-Individuen Saatgut gesammelt werden konnte und deshalb nicht alle Plusbäume einem nachfolgenden Test unterzogen werden konnten, ist eine finale Auswahl züchterisch besonders wertvoller Individuen für eine gezielte Saatgutproduktion derzeit noch nicht möglich. Durch die Anlage der insgesamt fünf Versuchsflächen in den Bundesländern Niederösterreich, Oberösterreich, Steiermark und Kärnten wurden dennoch alle Voraussetzungen für weitere Selektionsschritte und für die Produktion von Vermehrungsgut aus den Plusbäumen geschaffen. Zukünftige Tests müssen noch bestätigen, ob die auf Borkenkäferschadflächen selektierten Plusbäume tatsächlich besser mit Trockenheit umgehen können und ob sie spezielle Anpassungen gegenüber Borkenkäferattacken aufweisen.

Untenstehend angeführt sind die detaillierten Ergebnisse des Trockentests für alle 85 vertretenen Plusbäume und die Vergleichsherkünfte sowie die Klassifizierung gemäß den Triebhöhen bei guter Bewässerung und der relativen Reduktion unter Trockenheit (siehe Tabellen 6.1, 6.2, 6.3, sowie Abbildung 15).

**Tabelle 6.1:** Statistik für die 85 Plusbäume im Trockentest (Ergebnisse 2021), sortiert nach der Differenz des mittleren Wachstums zu den Vergleichsherkünften **Gaisstall**, **Neudorf**, **Riepl**, **Steyrtal** und **Wörschachwald**: mittlere Anfangshöhe der Bäume in mm [height\_01] und Standardabweichung (#SD), Anzahl der Bäume im Trockentest 2021 [N Trockentest], Triebwachstum (TW) im Juni und September [06 und 09], in den Bewässerungsgruppen [CONTROL, DRY14, DRY8]. Einstufung als Gruppen für relatives Wachstum bei Trockenheit, Plusbäume in RNS-Versuch grau markiert. Absolute Differenzen der Mittelwerte für Ref. Provenienzen (diff), signifikante Dunnetts-Tests (<0,05) markiert: positive Diff. grün, negative Diff. rot.

Bezeichnung	Höhe_01		N Trockentest	TW_06			Klassifikation	TW_09		TW rel_09_DRY14					TW rel_09_DRY8				
	mm	# SD		CONTROL	DRY14	DRY8		CONTROL	# SD	diff. Gaisstall	diff. Neudorf	diff. Riepl	diff. Steyrtal	diff. Wörschach	diff. Gaisstall	diff. Neudorf	diff. Riepl	diff. Steyrtal	diff. Wörschach
GNRSW Mittel	192,5	40,7	173	164,9	0,91	0,85		167,0	38,1	0,92									0,86
Plusbaum Mittel	152,7	31,5	42	160,9	0,92	0,87		162,6	36,2	0,93									0,88
Gesamt Mittel	161,1	34,3	49	162,4	0,91	0,86		164,0	36,6	0,92									0,86
G	242,6	32,6	102	161,9	0,91	0,85	LL	163,8	39,3	0,92	-12	-4	0	2	0,84	-22	-4	-6	0
N	237,7	30,8	102	167,9	0,98	0,92	HL	172,6	38,8	0,96	12		9	13	0,93	22		18	16
R	172,1	30,9	224	167,2	0,91	0,84	LL	170,2	35,7	0,92	4	-9		4	0,84	4	-18		-2
S	182,8	33,3	224	170,6	0,87	0,84	LL	170,3	40,0	0,89	0	-13	-4		0,85	6	-16	2	6
W	178,1	31,8	215	156,3	0,94	0,86	LS	159,0	37,3	0,94	-2	-14	-6	-2	0,87	0	-22	-4	-6
52	177,6	26,0	46	205,7	0,86	0,87	HL	207,6	29,6	0,86	36	23	32	36	0,86	45	23	41	39
40	174,1	27,5	46	186,7	0,95	0,89	HL	191,0	30,8	0,95	34	22	31	35	0,91	43	21	39	38
34	171,5	31,2	38	192,5	0,91	0,88	HL	196,4	63,9	0,89	32	20	28	32	0,86	31	9	27	25
21	166,0	17,5	33	196,3	0,90	0,86	HL	200,5	25,3	0,88	30	17	26	30	0,83	28	6	24	22
53	160,3	26,6	44	202,6	0,91	0,83	HL	209,5	25,5	0,88	28	16	25	29	0,79	28	6	24	22
38	166,5	22,2	47	220,4	0,85	0,75	HL	224,1	33,8	0,84	28	15	24	28	0,74	27	5	23	21
82	144,5	20,5	46	188,3	0,94	0,85	HL	179,0	37,2	1,04	27	15	23	27	0,92	26	4	22	20
30	167,1	23,0	47	189,9	0,85	0,83	HL	195,5	26,4	0,86	25	13	22	26	0,84	25	3	21	20
22	165,2	23,3	37	204,1	0,81	0,77	LL	207,1	42,3	0,84	24	12	21	24	0,78	22	0	18	17
39	158,3	24,3	43	171,7	0,87	0,89	HL	170,6	29,6	0,88	22	10	18	22	0,93	21	-1	17	15
32	148,5	22,9	38	183,7	0,91	0,85	HL	184,4	17,1	0,93	21	9	18	21	0,86	20	-2	16	14
70	160,9	14,2	46	177,5	0,87	0,88	HL	176,1	27,1	0,89	21	8	17	21	0,90	20	-2	16	14
37	156,4	25,8	45	190,7	0,89	0,81	HL	191,6	20,8	0,91	20	7	16	20	0,83	20	-3	16	14
42	144,4	19,5	45	164,1	1,02	0,95	HL	171,6	28,7	0,99	19	6	15	19	0,91	19	-3	15	13
36	139,5	18,6	44	168,3	0,90	0,92	HL	169,6	19,7	0,90	19	6	15	19	0,93	18	-4	14	13
28	146,5	21,1	25	187,5	0,93	0,83	HL	185,8	27,1	0,97	18	5	14	18	0,83	16	-6	12	10
31	153,7	15,0	45	169,3	0,98	0,90	HL	170,8	34,5	1,02	15	3	12	15	0,91	16	-6	12	10
15	157,9	20,0	45	165,7	0,92	0,92	HL	170,6	31,5	0,91	14	2	10	14	0,90	15	-7	11	9
43	179,6	21,4	28	143,7	1,05	1,05	HS	147,7	28,3	1,03	13	0	9	13	1,04	15	-7	11	9
66	185,8	27,0	45	162,3	0,91	0,89	HL	168,9	21,6	0,91	12	0	9	12	0,89	14	-8	10	8
09	151,7	34,5	46	180,5	0,85	0,80	LL	180,7	37,6	0,87	5	-8	1	5	0,84	13	-9	9	7
84	130,8	19,7	21	170,2	0,89	0,87	HL	173,8	22,6	0,89	5	-8	1	5	0,87	13	-9	9	7
54	150,6	19,8	41	182,8	0,93	0,80	LL	182,0	23,6	0,94	4	-8	1	4	0,82	12	-10	8	6

**Tabelle 6.2:** Statistik für die 85 Plusbäume im Trockentest (Ergebnisse 2021), sortiert nach der Differenz des mittleren Wachstums zu den Vergleichsherkünften **Gaisstall**, **Neudorf**, **Riepl**, **Steyrtal** und **Wörschachwald**: mittlere Anfangshöhe der Bäume in mm [height\_01] und Standardabweichung (#SD), Anzahl der Bäume im Trockentest 2021 [N Trockentest], Triebwachstum (TW) im Juni und September [06 und 09], in den Bewässerungsgruppen [CONTROL, DRY14, DRY8]. Einstufung als Gruppen für relatives Wachstum bei Trockenheit, Plusbäume in RNS-Versuch grau markiert. Absolute Differenzen der Mittelwerte für Ref. Provenienzen (diff), signifikante Dunnetts-Tests (<0,05) markiert: positive Diff. grün, negative Diff. rot.

Bezeichnung	Höhe_01		N Trockentest	TW_06			Klassifikation	TW_09		TW rel_09_DRY14						TW rel_09_DRY8					
	mm	# SD		CONTROL	DRY14	DRY8		CONTROL	# SD	diff. Gaisstall	diff. Neudorf	diff. Riepl	diff. Steyrtal	diff. Wörschach	diff. Gaisstall	diff. Neudorf	diff. Riepl	diff. Steyrtal	diff. Wörschach		
05	125,9	30,0	11	149,3	0,95	0,95	HS	156,7	6,1	0,92	4	-8	0	4	6	0,96	12	-10	8	6	12
33	144,7	21,6	47	154,6	0,95	0,95	HS	156,1	38,0	0,95	3	-10	-1	3	5	0,95	12	-10	8	6	12
29	160,0	21,3	47	171,2	0,96	0,85	LL	175,7	30,2	0,94	3	-10	-1	3	5	0,85	11	-11	7	6	11
48	154,2	27,6	26	162,3	0,93	0,90	HL	172,8	25,0	0,89	3	-10	-1	3	5	0,86	10	-12	6	5	10
41	178,5	32,5	50	164,9	0,92	0,89	HL	165,6	23,9	0,95	2	-11	-2	2	4	0,91	9	-13	5	3	8
87	133,8	26,0	40	137,5	0,98	1,06	HS	138,1	30,7	0,99	2	-11	-2	2	4	1,06	8	-14	4	2	8
49	162,9	20,6	42	189,2	0,86	0,75	LL	190,9	33,1	0,87	2	-11	-2	2	3	0,77	8	-14	4	2	7
20	169,8	19,5	41	179,9	0,79	0,77	LL	172,1	53,5	0,86	1	-11	-2	2	3	0,85	8	-15	4	2	7
25	143,3	23,2	47	186,4	0,89	0,78	LL	190,3	28,1	0,87	1	-11	-2	2	3	0,77	7	-15	3	2	7
81	138,3	22,5	51	165,5	0,89	0,87	HL	166,3	27,6	0,91	1	-11	-2	2	3	0,88	7	-15	3	1	7
58	167,2	26,7	48	155,8	0,93	0,93	HS	156,8	31,2	0,95	0	-12	-3	1	2	0,93	7	-15	3	1	7
27	149,8	22,7	48	177,3	0,90	0,81	LL	176,2	27,8	0,93	0	-12	-3	1	2	0,82	6	-16	2	0	6
72	153,5	21,5	47	139,4	1,08	1,02	HS	159,0	34,0	0,97	0	-13	-4	0	2	0,91	6	-16	2	0	6
69	137,8	18,8	46	157,1	0,90	0,92	HS	160,0	34,9	0,90	0	-13	-4	0	2	0,91	6	-16	2	0	6
64	183,2	36,2	47	140,0	1,04	1,01	HS	134,2	23,5	1,11	-1	-13	-4	0	1	1,07	5	-17	1	-1	5
07	167,6	30,3	48	182,1	0,84	0,78	LL	195,6	37,3	0,79	-1	-13	-4	-1	1	0,73	5	-17	1	-1	5
03	178,9	23,8	49	170,1	0,79	0,85	LL	173,8	20,4	0,79	-1	-13	-5	-1	1	0,82	4	-18	0	-2	4
71	168,0	20,5	43	136,4	1,01	1,03	HS	141,4	33,5	1,00	-1	-14	-5	-1	1	1,00	3	-19	-1	-3	3
76	148,5	16,9	47	146,9	0,94	0,95	HS	146,1	19,7	0,95	-1	-14	-5	-1	0	0,97	3	-19	-1	-3	3
17	154,8	22,4	36	153,0	1,01	0,92	HS	159,1	29,0	0,99	-3	-15	-7	-3	-1	0,89	3	-19	-1	-3	3
63	171,8	19,2	42	146,9	1,04	0,94	HS	148,8	49,2	1,04	-3	-16	-7	-3	-2	0,95	3	-19	-1	-3	2
46	159,6	21,4	49	180,9	0,96	0,76	LL	184,1	42,6	0,96	-4	-16	-7	-4	-2	0,77	2	-20	-2	-4	2
88	129,0	26,5	44	157,1	0,86	0,89	HS	154,9	23,8	0,88	-4	-16	-8	-4	-2	0,91	2	-20	-2	-4	1
24	143,4	22,9	45	179,5	0,82	0,79	LL	180,2	23,9	0,84	-5	-17	-9	-5	-3	0,77	1	-21	-3	-4	1
13	140,4	19,8	46	157,0	0,87	0,86	LS	155,3	25,1	0,91	-6	-18	-10	-6	-4	0,89	-1	-23	-5	-7	-1
86	139,7	26,8	41	152,8	0,98	0,88	LS	150,1	30,7	0,99	-7	-19	-11	-7	-5	0,91	-2	-24	-6	-8	-2
75	140,6	25,3	47	147,7	0,92	0,90	LS	149,8	40,5	0,94	-7	-19	-11	-7	-5	0,91	-3	-25	-7	-9	-3
04	185,7	22,7	48	152,9	0,94	0,89	HS	154,3	34,9	0,94	-8	-21	-12	-8	-6	0,88	-4	-26	-8	-9	-4
35	163,1	23,6	47	146,5	0,92	0,94	HS	149,9	29,3	0,92	-8	-21	-12	-8	-6	0,90	-4	-26	-8	-10	-4
80	133,6	18,6	46	155,1	0,99	0,84	LS	155,8	44,9	0,98	-8	-21	-12	-8	-7	0,87	-4	-26	-8	-10	-4
14	150,1	19,1	47	148,9	0,88	0,88	LS	154,1	32,1	0,87	-9	-21	-13	-9	-7	0,86	-4	-26	-8	-10	-4

**Tabelle 6.3:** Statistik für die 85 Plusbäume im Trockentest (Ergebnisse 2021), sortiert nach der Differenz des mittleren Wachstums zu den Vergleichsherkünften Gaisstall, Neudorf, Riepl, Steyrtal und Wörschachwald: mittlere Anfangshöhe der Bäume in mm [height\_01] und Standardabweichung (#SD), Anzahl der Bäume im Trockentest 2021 [N Trockentest], Triebwachstum (TW) im Juni und September [06 und 09], in den Bewässerungsgruppen [CONTROL, DRY14, DRY8]. Einstufung als Gruppen für relatives Wachstum bei Trockenheit, Plusbäume in RNS-Versuch grau markiert. Absolute Differenzen der Mittelwerte für Ref. Provenienzen (diff), signifikante Dunnetts-Tests (<0,05) markiert: positive Diff. grün, negative Diff. rot.

Bezeichnung	Höhe_01		N Trockentest	TW_06			Klassifikation	TW_09		TW rel_09_DRY14					TW rel_09_DRY8						
	mm	# SD		CONTROL	DRY14	DRY8		CONTROL	# SD	diff. Gaisstall	diff. Neudorf	diff. Riepl	diff. Steyrtal	diff. Wörschach	diff. Gaisstall	diff. Neudorf	diff. Riepl	diff. Steyrtal	diff. Wörschach		
08	148,7	28,8	44	153,1	0,90	0,87	LS	155,6	27,7	0,90	-9	-21	-13	-9	-7	0,86	-5	-27	-9	-10	-5
59	155,8	24,2	48	135,2	0,94	0,95	HS	136,4	26,1	0,97	-11	-23	-14	-11	-9	0,97	-5	-27	-9	-11	-5
62	166,8	17,9	47	150,7	0,93	0,87	LS	157,1	38,6	0,92	-11	-24	-15	-11	-10	0,85	-5	-27	-9	-11	-5
68	127,9	23,7	13	113,3	1,09	1,17	HS	115,3	47,5	1,12	-12	-24	-15	-11	-10	1,16	-5	-27	-9	-11	-5
78	141,2	19,0	45	149,5	0,90	0,87	LS	148,4	25,4	0,94	-12	-24	-15	-11	-10	0,90	-5	-27	-9	-11	-5
47	165,2	26,3	51	157,7	0,95	0,82	LS	155,9	25,5	0,97	-12	-24	-15	-12	-10	0,85	-6	-28	-10	-12	-6
65	150,5	23,3	46	132,8	1,02	1,02	HS	120,7	37,3	1,13	-12	-25	-16	-12	-11	1,10	-6	-28	-10	-12	-6
06	141,5	20,4	48	165,9	0,90	0,77	LL	170,2	27,2	0,91	-13	-26	-17	-13	-11	0,78	-6	-28	-10	-12	-7
11	154,0	25,9	35	126,7	0,90	0,97	HS	124,8	18,8	0,95	-14	-26	-17	-13	-12	1,03	-7	-29	-11	-13	-7
85	142,2	23,5	45	167,9	0,91	0,77	LL	169,5	31,6	0,90	-14	-26	-17	-13	-12	0,78	-7	-29	-11	-13	-7
26	152,2	23,9	48	157,3	0,97	0,82	LS	158,8	32,8	0,96	-14	-26	-17	-13	-12	0,83	-8	-30	-12	-14	-8
44	136,5	29,0	10	141,3	1,05	0,91	LS	139,7	38,8	1,05	-14	-26	-17	-13	-12	0,92	-8	-30	-12	-14	-8
77	148,9	18,9	51	145,4	0,98	0,90	LS	146,3	20,5	0,98	-15	-27	-18	-14	-13	0,88	-10	-32	-14	-15	-10
45	133,8	19,0	24	135,8	0,96	0,90	LS	135,4	37,9	1,02	-15	-27	-18	-14	-13	0,95	-10	-32	-14	-16	-10
90	154,9	23,0	47	148,4	0,81	0,87	LS	149,7	26,5	0,81	-15	-27	-19	-15	-13	0,86	-11	-33	-15	-17	-11
02	151,1	16,6	42	135,6	0,81	0,87	LS	142,8	35,3	0,76	-15	-28	-19	-15	-13	0,86	-12	-34	-16	-18	-12
83	129,8	15,7	48	158,7	0,95	0,78	LS	159,7	25,9	0,96	-15	-28	-19	-15	-14	0,79	-12	-34	-16	-18	-12
50	162,0	29,4	41	154,3	0,91	0,83	LS	150,0	25,1	0,97	-18	-30	-21	-17	-16	0,85	-12	-34	-16	-18	-13
67	171,0	28,9	45	157,2	0,84	0,79	LS	157,7	19,8	0,85	-18	-30	-22	-18	-16	0,80	-13	-35	-17	-18	-13
51	131,5	27,5	47	155,3	0,79	0,79	LS	159,2	40,7	0,80	-19	-31	-22	-18	-17	0,79	-14	-36	-18	-19	-14
79	119,7	21,4	47	150,8	0,93	0,82	LS	150,5	23,9	0,94	-20	-33	-24	-20	-19	0,83	-14	-36	-18	-20	-15
19	143,9	13,4	13	161,5	0,83	0,80	LL	163,5	28,5	0,84	-21	-34	-25	-21	-19	0,76	-15	-37	-19	-20	-15
57	160,4	17,9	48	170,8	0,81	0,71	LL	181,5	35,1	0,77	-23	-35	-27	-23	-21	0,68	-15	-37	-19	-21	-15
18	157,3	26,6	24	159,4	0,87	0,78	LS	158,3	36,1	0,88	-23	-35	-26	-23	-21	0,78	-15	-37	-19	-21	-15
91	143,5	20,6	47	141,5	0,99	0,87	LS	141,0	33,9	0,98	-25	-37	-29	-25	-23	0,87	-16	-38	-20	-22	-16
97	140,3	24,2	46	133,8	1,01	0,89	LS	136,7	29,5	1,03	-27	-39	-30	-27	-25	0,87	-18	-40	-22	-24	-18
56	162,1	19,4	47	137,4	0,94	0,87	LS	140,7	21,8	0,92	-30	-43	-34	-30	-29	0,85	-20	-42	-24	-25	-20
89	127,7	20,0	41	140,8	0,86	0,82	LS	126,3	22,9	0,99	-33	-46	-37	-33	-32	0,94	-20	-42	-24	-26	-21
93	152,1	21,6	48	127,1	1,00	0,92	LS	127,1	26,9	1,03	-37	-50	-41	-37	-36	0,91	-23	-45	-27	-29	-24
10	132,7	27,7	49	136,8	0,92	0,83	LS	137,2	26,7	0,96	-40	-53	-44	-40	-39	0,82	-26	-48	-30	-32	-26
12	138,0	21,4	46	121,8	0,93	0,89	LS	124,5	28,6	0,92	-43	-56	-47	-43	-41	0,87	-31	-53	-35	-36	-31

## AP 5: AUFBAU EINES ÖSTERREICHWEITEN PLUSBAUMNETZES

Ein Projektziel war es, die in Österreich selektierten Plusbäume für zukünftige Zwecke (Erntebäume, Forschung, etc.) zu erhalten. Dies ist insbesondere wichtig, da die an physiologisch jungen Bäumen gewonnenen Erkenntnisse nicht immer auf Individuen im erwachsenen Baumalter übertragbar sind. Es hat sich jedoch gezeigt, dass Plusbäume einem hohen Windwurfisiko ausgesetzt sind, vor allem nachdem die umliegenden toten Bäume geräumt wurden. Im Rahmen des Projekts wurde außerdem festgestellt, dass es trotz deutlicher Markierung der Plusbäume nicht immer möglich war, die versehentliche Entfernung der Plusbäume bei einer vollmechanisierten Bestandesräumung zu verhindern. Darüber hinaus wurden einige Plusbäume von den Eigentümern genutzt oder für das zur Veredelung benötigte der Reiser gefällt, wenn sie eine schlanke Wuchsform hatten und ihre Äste nicht tragfähig waren, wodurch sie von Baumkletterern nicht bestiegen werden konnten. Von 2021 mit 141 verbleibenden Plusbäumen, über 2022 mit 106 Plusbäumen, waren mit Stand 3/2023 noch 97 Plusbäume vorhanden. Die Anzahl der Bäume nahm immer weniger ab, da sich das Wurzelwerk und die Kronen im Laufe der Jahre an die neuen Bedingungen anpassen konnten und besonders windexponierte Bäume bereits gefällt wurden (Abbildung 30). Zur dauerhaften Markierung der Plusbäume, wurden Alumarken mit der fortlaufenden Plusbaumnummer und dem Hinweis auf das Projekt „BFW – FichtePlus“ mit einem Aluminiumnagel am Stammfuß befestigt (Abbildung 31).

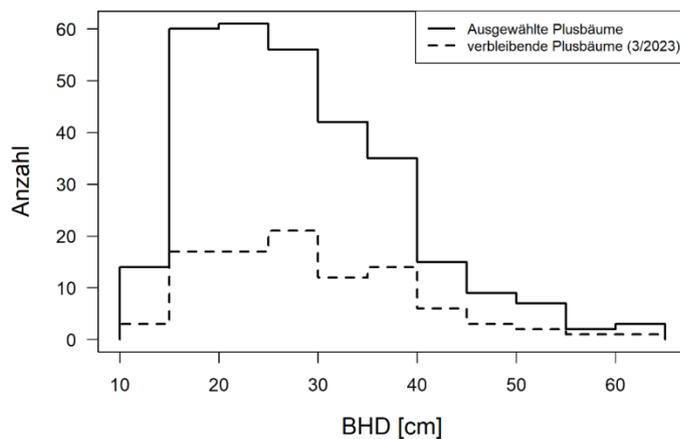


ABBILDUNG 30: BHD-VERTEILUNG DER PLUSBÄUME (DURCHGEZOGENE LINIE) UND DER NOCH VERBLEIBENDEN PLUSBÄUME IM WALD (STRICHLIERTE LINIE)



ABBILDUNG 31: BEGUTACHTUNG DER PLUSBÄUME UND MARKIERUNG IM JÄNNER 2023 (© IRAUSCHEK, BFW).

## LITERATURVERZEICHNIS:

- Baier, P., Pennerstorfer, J., Schopf, A. (2007). PHENIPS—A comprehensive phenology model of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytinae) as a tool for hazard rating of bark beetle infestation. *For. Ecol. Manage.* 249, 171–186. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.05.020>
- Cruz-Alonso, V., Pucher, C., Ratcliffe, S., Ruiz-Benito, P., Astigarraga, J., Neumann, M., Hasenauer, H., & Rodríguez-Sánchez, F. (2023). The easyclimate R package: Easy access to high-resolution daily climate data for Europe. *Environmental Modelling & Software*, 161, 105627. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2023.105627>
- DWF (2023): Dokumentation der Waldschädigungsfaktoren (DWF), Bundesforschungszentrum für Wald, Abteilung Entomologie und Walschutzverfahren: [https://www.bfw.gv.at/wp-content/uploads/BK SturmSchnee bis2023 Oe ai rgb rot.jpg](https://www.bfw.gv.at/wp-content/uploads/BK_SturmSchnee_bis2023_Oe_ai_rgb_rot.jpg) (abgerufen 3.12.2024)
- Haas, J. C., Vergara, A., Serrano, A. R., Mishra, S., Hurry, V., & Street, N. R. (2021). Candidate regulators and target genes of drought stress in needles and roots of Norway spruce. *Tree Physiology*, 41(7), 1230–1246. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpaa178>
- Kraft, G., 1884. Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungshieben. Klindworth's, Hannover.
- Lexer, M.J., Hönninger, K., Scheifinger, H., Matulla, C., Groll, N., Kromp-Kolb, H., Schadauer, K., Starlinger, F., Englisch, M. (2002). The sensitivity of Austrian forests to scenarios of climatic change: a large-scale risk assessment based on a modified gap model and forest inventory data. *For. Ecol. Manage.* 162, S.53-72.
- Malmqvist, C., Wallin, E., Lindström, A. *et al.* (2017). Differences in bud burst timing and bud freezing tolerance among interior and coastal seed sources of Douglas fir. *Trees* 31, 1987–1998. <https://doi.org/10.1007/s00468-017-1603-x>
- Schweitzer, K.-M. & Starlinger, F. (2013). Natürliche und sekundäre Fichtenvorkommen in Österreich, BFW Praxisinformation Nr 31: Die Fichte – Brotbaum oder Problemkind?
- Trujillo-Moya, C., George, J.P., Fluch, S., Geburek, T., Grabner, M., Karanitsch-Ackerl, S., Konrad, H., Mayer, K., Sehr, E.M., Wischnitzki, E., Schueler, S. (2018). Drought sensitivity of Norway spruce at the species' warmest fringe: Quantitative and molecular analysis reveals high genetic variation among and within provenances. *G3 Genes, Genomes, Genet.* 8, 1225–1245. <https://doi.org/10.1534/g3.117.300524>

Mit Unterstützung von Bund, Ländern und Europäischer Union

 Bundesministerium  
Landwirtschaft, Regionen  
und Tourismus

  
LE 14-20  
Entwicklung für den Ländlichen Raum

Europäischer  
Landwirtschaftsfonds für  
die Entwicklung des  
ländlichen Raums:  
Hier investiert Europa in  
die ländlichen Gebiete.

