

# ANHALTENDE SCHAD- PHÄNOMENE BEI DER BUCHE?



Die Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) ist die von Natur aus dominierende Baumart in den Wäldern Mitteleuropas, wächst auf den unterschiedlichsten Standorten und weist eine hohe genetische Vielfalt auf. Rheinland-Pfalz liegt im Zentrum des natürlichen Buchenverbreitungsgebietes. Die Schwächung der Buche im Kerngebiet ihrer Verbreitung ist daher sehr beunruhigend.

Die Waldzustandserhebung (WZE) zeigt keine Entspannung der Schadsituation bei Buche. Die ermittelte Absterberate ist wie im Vorjahr deutlich erhöht, der Anteil stark geschädigter Buchen ebenso. An vielen Buchen sind stärkere Äste abgestorben und dürr geworden. Auch wenn etliche Buchen aus dem Kroneninneren heraus eine Sekundär-Belaubung bilden und so ihre Kronenschäden teilweise auch regenerieren können, stellen die toten Äste ein schwerwiegendes Problem für die Sicherheit derer dar, die im Wald arbeiten oder dort Erholung suchen. Die im Vorjahr initiierten, ergänzenden Untersuchungen werden daher fortgeführt.

Zunehmende Schäden waren der Anlass für ein im September 2020 erlassenes Buchenmoratorium. Dies beinhaltete einen grundsätzlichen Einschlagsstopp im Landeswald für über 100-jährige noch geschlossene Buchenwälder. Auf der breiten Basis mehrerer Untersuchungen (Waldzustandserhebung, Buchenaustriebsbonitur, Intensivuntersuchungsflächen mit zusätzlichen Beobachtungen) wird abgeschätzt, welche Faktoren einen Einfluss auf die Vitalität der Buchen haben. Besondere Aufmerksamkeit gilt den Dürreschäden. Es soll geprüft werden, welche Stressfaktoren durch Bewirtschaftungsmaßnahmen beeinflussbar sind und wie die sich die bisher übliche Bewirtschaftung auf die Vitalität der Buchenbestände auswirkt. Daraus können dann wiederum Konsequenzen für das weitere waldwirtschaftliche Vorgehen abgeleitet werden.

### Buchen-Intensivuntersuchungsflächen

Die Buchen-Intensivuntersuchungsflächen erweitern die Vitalitätserhebung um die Entwicklung der Verzweigungsstruktur und das Zuwachsverhalten und ermöglichen zudem den Blick auf den Stoffhaushalt von Buchenwaldökosystemen. Zu Beginn des Umweltmonitorings wurden dafür gezielt stabile, mittelalte Bestände ausgewählt, um kontinuierliche Messreihen erzeugen zu können und das Risiko für starke Störungen gering zu halten. Mittlerweile sind diese Buchenbestände zwischen 100 und 180 Jahre alt und damit teilweise auch an der Grenze des Beginns der Zerfallsphase.

Die Zeitreihe seit Beginn des Untersuchungsprogrammes 1984 zeigt für alle diese Dauerbeobachtungsflächen einen Anstieg der Kronenverlichtung und eine Verschlechterung der Verzweigungsstruktur, also durchweg einen Anstieg der Schäden, wenn auch auf unterschiedlichem, bestandesspezifischem Niveau. In der Vergangenheit kam es in Jahren mit stärkerem Fruchtbehang oder mit fröhsommerlichen Trockenphasen zu Schüben in der Kronenverlichtung und auch zu Zuwachseinbrüchen. Bis 2018 konnten sich die Buchen jedoch in den günstigen Zwischenjahren von den Zuwachseinbrüchen erholen und auch die Minderbelaubung zumindest teilweise regenerieren. Absterbeprozesse beschränkten sich auf einzelne Sonderfälle. Die Entwicklung wurde im Waldzustandsbericht 2021 ausführlich beschrieben. Diese Entwicklung trat auf im Gefolge des,

**S. 44: Der Soonwald bei Ippenschied im August 2020 (Bild oben) und 2022 (Bild unten); Fotos: Frank Schmidt**

für das Wachstum der Buche günstigen, Jahres 2021 in der ersten Hälfte der Vegetationszeit 2022 eindrucksvoll in Erscheinung. Die Buchen waren aus großen Winterknospen mit einer dichten Belaubung aus vergleichsweise großen Blättern gestartet.

### Temperaturmessungen in Buchenbeständen

Infolge der neuen Schadsituation bei Buche wurde das Programm der Intensivuntersuchungen für neue Fragestellungen gezielt erweitert. Ein wichtiger Punkt ist die Temperaturentwicklung im Buchenwald und zwar nicht nur allgemein die Temperaturentwicklung im Bestandesinneren im Vergleich zum Freiland, sondern gezielt die Temperaturentwicklung im Kronenraum und an der Blattoberfläche, da hier ein wichtiger Ort des Gas- und den Stoffwechsels lokalisiert ist, dazu die Temperaturentwicklung an der Bodenoberfläche, da sich in diesem Bereich die empfindlichen Keimlinge entwickeln und Jungpflanzen etablieren müssen. Exemplarisch wurde der Buchenbestand der Intensivuntersuchungsfläche Neuhäusel ausgewählt.

Die Temperatur beeinflusst viele Abläufe im Waldökosystem. Das beginnt im Kleinen mit Reaktionsgeschwindigkeit von Enzymen bis hin zum großflächigen Wasser- und Stoffhaushalt. Für Bäume bedeuten hohe Umgebungstemperaturen zumeist eine hohe Verdunstung. Wenn in Dürreperioden der Boden nicht mehr ausreichend Wasser zur Verfügung stellen kann, entsteht Trockenstress. Die Pflanze schließt die Spaltöffnungen, um den Wasserverlust zu begrenzen, was aber an heißen Tagen zu Hitzestress führt, denn Pflanzen schützen ihre Blätter vor dem Überhitzen indem sie Wasser verdunsten. Treten hohe Temperaturen zusammen mit einer geringen Wasserverfügbarkeit über mehrere Tage oder Wochen auf, ist dies eine hohe Belastung. Die Bäume haben Schwierigkeiten, gleichzeitig für eine ausreichende Kühlung zu sorgen, ihre Wasserversorgung und den damit verbundenen Nähr-

stofftransport aufrecht zu erhalten, sowie mit der Photosynthese genug Kohlenstoff zu binden, der für das Wachstum aber auch zur Bildung von Abwehrstoffen gegenüber Schädlingen benötigt wird.

Im forstlichen Umweltmonitoring werden an den Waldklimastationen die Witterungsbedingungen sowohl im Wald als auch auf einer nahe gelegenen Freifläche aufgezeichnet, um den Zustand des Waldes und die einwirkenden Stresseinwirkungen beschreiben zu können. Auf der Dauerbeobachtungsfläche Neuhäusel wird die Lufttemperatur in 2 m Höhe zudem in verschiedenen Bestandssituationen mit belüfteten Sensoren in einer Strahlenhütte (Modell Galtec) gemessen.

Standort 1 ist eine stark aufgelichtete Stelle, wo noch wenige alte Buchen über einem geschlossenem Buchennachwuchs stehen. Der Standort 2 liegt im geschlossenen Buchenbestand, wo eine Lücke im Kronendach so viel Licht auf den Boden lässt, dass auch hier junge Buchen wachsen. Der Standort 3 liegt im geschlossenen Buchenbestand ohne Lücken im Kronendach, sodass sich hier bisher kein Buchennachwuchs etablieren konnte. Die drei Bestandssituationen zeigen insgesamt einen ähnlichen Tagesgang der Lufttemperatur, weisen aber auch klar erkennbare Unterschiede auf. Die lichte Situation (Standort 1) erwärmt sich morgens deutlich früher und schneller als die anderen beiden Standorte, die im geschlossenen Buchenbestand liegen. Gegen 10 Uhr fällt ein kurzer Temperaturrückgang auf, der durch die Beschattung der Messstelle von einer der verbliebenen Altbuchen verursacht wird. Sobald die Sonne wieder hinter der Baumkrone hervorkommt, setzt sich die Erwärmung fort. Um die Mittagszeit werden hier die höchsten Lufttemperaturen gemessen, die über den Werten der beiden anderen Standorte liegen.

Der Standort mit der Lücke im Kronendach (Standort 2) erwärmt sich langsamer, aber so-



Die Dauerbeobachtungsfläche Neuhäusel ist eine Schwerpunktläche des intensiven forstlichen Umweltmonitorings an der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft und ist in das EU-weite Level II Monitoring-Netz zur Überwachung von Waldökosystemen eingebunden. Sammelgefäße erfassen die Deposition und den Streufall. Auch die Bodenvegetation, der Kronenzustand, die Nährstoffversorgung, der Bodenzustand und das Bodenwasser werden regelmäßig untersucht. (Foto: Martin Greve)

bald am Mittag die Sonne in der Lücke steht und direkt hindurchscheinen kann, steigt auch hier die Lufttemperatur schnell an. Im geschlossenen Bestand (Standort 3) erwärmt sich die Luft am langsamsten und erreicht erst gegen Nachmittag die Werte der anderen Situationen. In der Nacht kühlt die Luft im geschlossenen Bestand aber langsamer ab, sodass die Lufttemperatur bis zum frühen Morgen über der der beiden lichterem Standorte liegt.

An den heißen Sommertagen lagen die bisher im Jahr 2022 höchsten gemessenen Temperaturen der lichten Situation an wenigen Tagen bis zu

6 °C über und nachts bis zu 4 °C unter den Messwerten im geschlossenen Buchenbestand. Der deutlichste Unterschied innerhalb eines Tages wurde am eher kühlen 10. Juli aufgezeichnet. Das Tagesmaximum unterschied sich um 4,6 °C (18,0 °C gegenüber 13,4 °C) und das Tagesminimum um 4,3 °C (7,8 °C gegenüber 12,1 °C). Das Beispiel zeigt, dass starke Auflichtungen (Standort 1), aber auch schon kleinere Lücken (Standort 2) Effekte auf den Tagesverlauf der Lufttemperatur haben. Die Auswirkungen kleiner Lücken bleiben aber kleinräumig auf die durch den Bestand wandernden Sonnenflecken beschränkt (Standort 3). Der stark aufgelichtete Bestandes-

Hemisphärische Fotos des Kronenraums an den drei unterschiedlich übershirmten Standorten der Buchen-dauerbeobachtungsfläche Neuhäusel, in die für den Zeitraum vom 1. Mai bis 30. September der Verlauf des Sonnenstandes eingezeichnet und der Anteil der Freilandstrahlung, die den Punkt erreicht, aufgeführt ist.

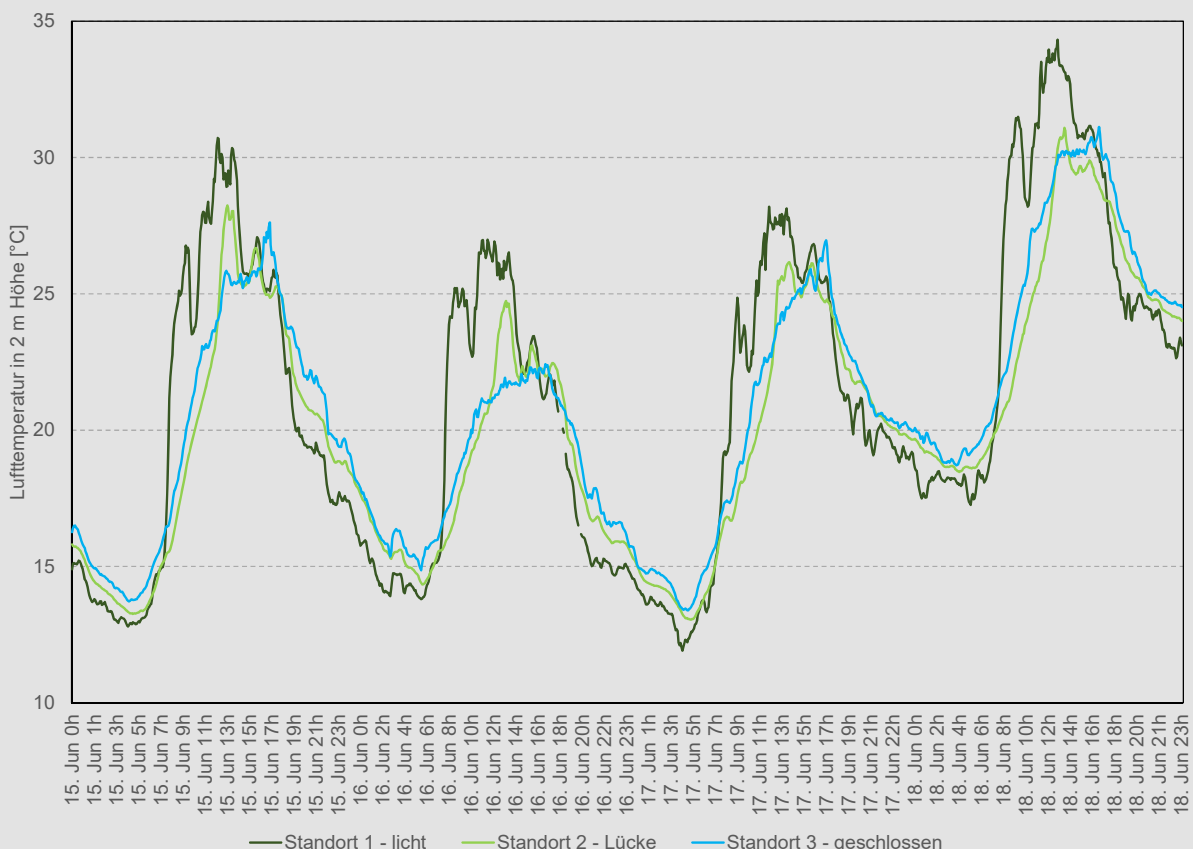


teil kühlt abends schneller aus und erwärmt sich in der Mittagszeit stärker.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Temperatur von Oberflächen zu messen. An einem heißen Sommertag (03.08.2022, ca. 13 Uhr) wurden mittels einer mit Wärmebildkamera ausgestatteten Drohne die Dauerbeobachtungsfläche Neuhäusel und eine nahe gelegene Freifläche zur Temperaturmessung überflogen. Diese Art der Messung stellt eine Momentaufnahme der Oberflächentemperaturen im Sichtbereich der Kamera dar, die sich aufgrund der unterschiedlichen Albedo- bzw. Rückstrahlungseigenschaften der Oberflächen relativ rasch ändern können. Je nach Oberfläche schwanken die gemessenen Temperaturen zwischen ca. 20 und 70 °C.

Der Vergleich der Messmethoden zeigt, dass die Oberflächentemperaturen von Blättern der Buchen teils über, teils unter der zum Zeitpunkt der Aufnahme herrschenden Lufttemperatur liegen. Die Oberflächentemperaturen beschatteter Buchenblätter liegen mit 15 - 25 °C unterhalb der im Zeitraum des Drohnenflugs herrschenden Lufttemperatur. Besonnte Blätter weisen Oberflächentemperaturen im Bereich von 30 - 40 °C auf und liegen damit tendenziell oberhalb der Lufttemperatur. Hier ist die Kühlung durch die Transpiration merklich, denn an Stellen, an denen die Sonne direkt den Boden oder Totholz bescheint und wenig oder kein Wasser verdunsten kann, steigen die Temperaturen auf bis zu 60 °C. Im Extremfall, wie im Fall eines zur Messtechnik gehörenden schwarzen Koffers, können auch

Tagesgang der Lufttemperatur für drei Standorte mit unterschiedlich dichtem Kronendach der Buchendauerbeobachtungsfläche Neuhäusel an vier aufeinanderfolgenden Tagen im Juni 2022



um die 70 °C erreicht werden. Welche bedeutende Rolle auch kleine Pflanzen bei der Kühlung spielen, sieht man an der im Wärmebild dunkel hervortretenden Vegetation am Boden. Deren Oberfläche weist, wie die der besonnten Buchenblätter, Temperaturen von 30 - 40 °C auf.

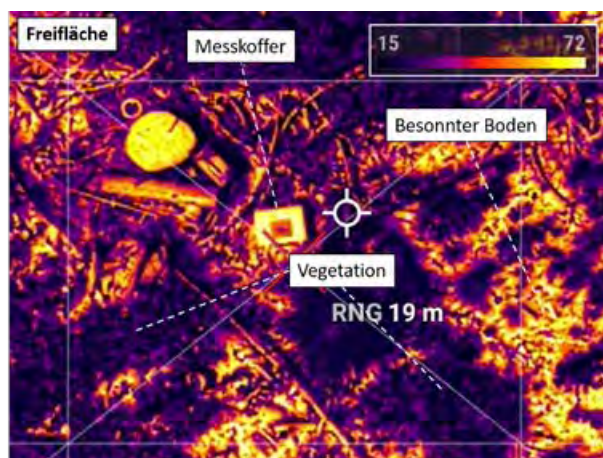
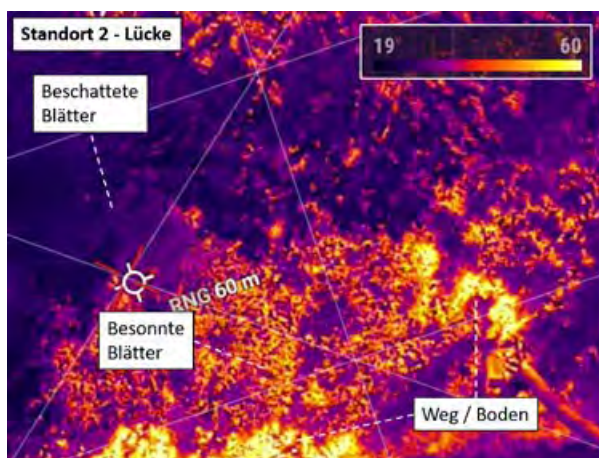
Ausreichend Licht ist für eine ausgeprägte Bodenvegetation und flächig heranwachsenden Baumnachwuchs unverzichtbar. Standort 2 (Lücke im Kronendach) ist ein positives Beispiel dafür, wie sich unter ausreichendem Licht ein dichter Buchennachwuchs einstellt. Da der Tagesgang der Lufttemperatur im Bereich der Lücke mit geschlossenen Bestandesteilen vergleichbar bleibt, ist die Verjüngung vor starker Hitzeeinwirkung und Frostschäden besser geschützt als bei der stärkeren Auflichtung am Standort 1. Gleichzeitig bleibt das Risiko für einen Sonnenbrand an den Stämmen der alten Buchen gering. Die Wärmebilder der Drohnenbefliegung zeigen deutlich, wie wichtig eine Bodenbedeckung mit Pflanzen ist, falls der Altbestand großflächig absterben sollte.

Die Bodenvegetation beschattet den Boden und kühlt zusätzlich durch die Verdunstung über ihre Blattoberfläche, was sich auf die bodennahe Lufttemperatur und die Bodentemperatur auswirkt.

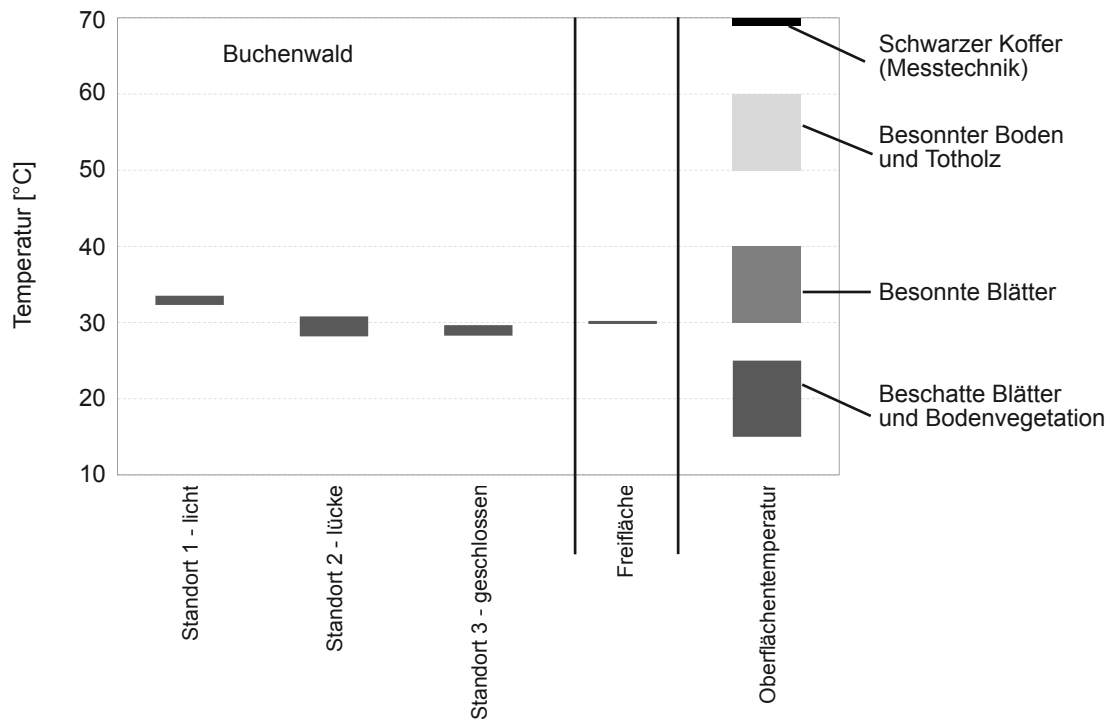
Dies unterstreicht die Wichtigkeit, mit der Entwicklung ungleichaltriger, reich gemischter Dauerwälder möglichst frühzeitig zu beginnen und im Falle einer naturfernen Reinbestockung, beispielsweise mit Fichte, auch die Entwicklung der nächsten Baumgeneration frühzeitig schon vor einem möglichen Absterben der alten Bäume einzubringen. Nur dadurch können die beim plötzlichen Entstehen von Freilagungen ohne vorhandene Bodenvegetation auftretenden ökologischen Schäden weitgehend vermieden werden.

Die vorgestellten Temperaturmessungen wurden im Rahmen der Begleitforschung zum Buchenmoratorium begonnen. Im frisch gestarteten Landesprojekt „Klimawald 2100“ sollen sie nun unter anderem mit einer Versuchsreihe erweitert

Messung der Oberflächentemperatur (blau = kühl, gelb = warm) mittels Drohne und Wärmebildkamera an einem heißen Sommertag (03.08.2022, ca. 13 Uhr). Deutlich sind sowohl im Wald (links) als auch auf der Freifläche (rechts) die von der Oberfläche abhängigen Temperaturunterschiede zu erkennen. Achtung: Die beiden Fotos weisen eine unterschiedliche Temperaturskala auf.



Spanne der am 03.08.2022 gegen 13 Uhr gemessenen Lufttemperatur an drei Stellen der Buchen-Dauerbeobachtungsfläche Neuhäusel mit unterschiedlichem Kronenschluss und auf einer nahegelegenen Freifläche. Gleichzeitig fand eine Messung der Oberflächentemperaturen mittels Drohne und Wärmebildkamera statt. Die Oberflächentemperatur variiert aufgrund der unterschiedlichen Albedo- bzw. Rückstrahlungseigenschaften der Oberflächen und kann sich relativ rasch ändern.



werden, um Oberflächen-, Luft- und Bodentemperatur sowie Bodenfeuchte auf unterschiedlich behandelten Schadflächen (vollständig geräumt; Belassen von Mikrostrukturen; Belassen von stehendem Schadholz) mit unterschiedlich strukturierten vitalen Waldbeständen zu vergleichen. Diese Erhebungen liefern wichtige Eingangsgrößen, auch um die Auswirkungen der Waldbehandlung auf die Biodiversität sowie den Stoff- und Wasserhaushalt zu bewerten und weitere Handlungsempfehlungen abzuleiten. Als ein Schwerpunkttraum ist die Region Westerwald vorgesehen.

### Entwicklung in ausgewählten Buchen-Naturwaldreservaten

In den Naturwaldreservaten Wüsttal und Wildensteinertal waren unmittelbar vor dem ersten Trockenjahr 2018 Erhebungen durchgeführt worden.

Mit den Folgerhebungen 2021 und 2022 konnte damit ein sehr genauer Einblick in die durch die wiederholten Trockenperioden verursachten Absterbeprozesse gewonnen werden. Die Gegenüberstellung der Ergebnisse auf den schon seit Jahrzehnten nicht mehr bewirtschafteten Naturwaldreservaten mit solchen von bewirtschafteten Vergleichsbeständen in unmittelbarer Nachbarschaft oder auf vergleichbarem Standort erlaubt einen Eindruck, welchen Einfluss die Bewirtschaftung der Buchenwälder auf das in den letzten Jahren beobachtete Schädgeschehen hat. Bei dem NWR Wüsttal und den zugehörigen Vergleichsbeständen handelt es sich um weitgehend reine Buchenwälder auf mäßig nährstoffversorgten Böden des mittleren Buntsandsteins im Pfälzerwald. Im NWR Wildensteinertal handelt es sich um einen Laub-Mischbestand aus dominierender Buche (62 %) mit Bergahorn, Linde, Traubeneiche, Esche, Bergulme, Hainbuche, Mehlbeere und Vogelbeere

auf vergleichsweise nährstoffarmen und meist nur gering wasserversorgten skelettreichen Böden aus Melaphyr und Porphyrit.

Unterschieden wurde bei dieser Aufnahme nach Bäumen der Oberschicht und der nachrückenden Mittelschicht. Die einzelbaumweise durchgeführte langfristige Beobachtung der Bäume in Naturwaldreservaten erfolgt auf 1 ha großen Kernflächen.

Für die Buchenwälder des Pfälzerwaldes lassen sich aus diesen Erhebungen keine Hinweise ableiten, dass unbehandelte Buchenwälder geringere Schäden aufweisen als regulär bewirtschaftete Wälder. Die zusätzlich durchgeführten Begehungen der gesamten Reservatsfläche bestätigten die Ergebnisse aus den Kernflächen. Das Wildensteinertal stellt einen vergleichsweise extremen Standort dar, die flächige Begehung des relativ inhomogenen Reservates ergab ein ausgeprochen inhomogenes Bild. Auffällig war insbesondere

ein hoher Anteil frisch abgestorbener Buchen in einem Teilareal auf einer Rhyolith-Blockhalde. Die Erkenntnisse aus diesem NWR bestätigen damit die Beobachtungen auf den ebenfalls teilweise extrem schlecht nährstoff- und wasserversorgten, exponierten Hangstandorten der Mosel-, Mittelrhein- oder Nahetalandschaft.

### Neu angelegte Beobachtungsflächen

Lokal wurden teils extreme Schäden auf besonderen Standorten beobachtet. Im bestehenden Beobachtungsnetz der Waldzustandserhebung und auf Intensivuntersuchungsflächen traten solche Schadbilder nicht auf. So konnte zum einen der Schluss gezogen werden, dass sich die extremen Schäden auch nur auf extreme Standorte beschränken und nicht typisch für den gesamten Wald in Rheinland-Pfalz sind. Zum anderen ist aber auch der Schluss geboten, dass die Entwicklung dieser Sonder-Standorte durch das bestehende Beobachtungsnetz nicht erfasst wird und

## Flächengröße, Absterberate

Rate absterbender Buchen und Klimadaten untersuchter Naturwaldreservate und Vergleichsflächen

Fläche	Alter	Ha <sup>1)</sup>	Anzahl	Absterberate <sup>2)</sup> in %				aktuell absterbend <sup>2)</sup> in %				Jahres-Nieder-schlag mm <sup>3)</sup>	Jahres-Mittel-Tem- peratur °C <sup>3)</sup>
				Ober-schicht		Mittel-schicht		Ober-schicht		Mittel-schicht			
				2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022		
NWR Wüsttal	274	2	354	2	0,3	5	0,0	7	2	17	1,7	935	9,26
Wüsttal Ver- gleichs- bestände	180 bzw. 218	2	269	0	0 %	3	0	4	0,4	4	1,1	935	9,26

<sup>1)</sup> Kernfläche: ha einzelbaumweise erfasste Fläche

<sup>2)</sup> Wüsttal: Bezugszeitraum NWR 2018-2021, Wildensteinertal sowie Vergleichsbestand Wüsttal 2019-2021

<sup>3)</sup> Datengrundlage: Monatsraster des DWD 1991 bis 2020



daher eine gezielte Ergänzung erforderlich war. Die Beobachtung der Standorte mit massiven Schäden soll Hinweise auf die Ursache-Wirkungsbeziehungen und damit auch auf mögliche Gegenmaßnahmen liefern. So wurden im Lennebergwald und am Donnersberg jeweils eine Versuchsfläche mit je zwei Parzellen neu angelegt. Eine weitere Beobachtungsfläche ohne explizit ausgewiesene Versuchsfläche liegt im Soonwald. An den Versuchsflächen wurden Blattproben genommen, um den Ernährungsstatus der Bäume zu analysieren und Informationen zum Status der Blattflächengröße und Knospenbildung zu gewinnen.

### Lennebergwald

Der Lennebergwald wurde ausgewählt, da er in einer der wärmsten und trockensten Regionen von Rheinland-Pfalz liegt und weil für diesen Naturraum aktuell eine große Unsicherheit zur künftigen Waldentwicklung besteht. In den Jahren 2018 bis 2021 sind bereits 5 % der Buchen

abgestorben. Weitere 6 % wurden als mutmaßlich absterbend klassifiziert. In Anbetracht des hohen Totholzanteiles sind alle Arbeiten hier mit äußerster Vorsicht und Sorgfalt durchzuführen, um unnötige und unkalkulierbare Risiken für das Forstpersonal zu vermeiden. Einige der stark betroffenen Waldflächen sind aus Sicherheitsgründen für Erholungssuchende abseits der Wege gesperrt. Die Fläche im Lennebergwald wurde in das langfristige Versuchsflächenprogramm aufgenommen und mit Messeinrichtungen ausgestattet. An Buchen unterschiedlicher Vitalität wurden Durchmesser und Höhe gemessen und Zuwachsmessbänder installiert. In den Waldboden wurden Saugkerzen für die Entnahme von Sickerwasserproben und Tensiometer zur Messung der Saugspannung, also der Kraft, die die Bäume aufwenden müssen um Wasser aufzunehmen, sowie SMT-Sonden zur Messung von Bodentemperatur und Bodenfeuchte eingebaut. Diese Messgeräte liefern im Jahr des Einbaus noch keine zuverlässigen Messwerte, sondern sind Voraussetzung für das Langzeit-Monitoring.

Größe, Absterberate und Klimapartner der Untersuchungsflächen

Fläche	Alter	Hektar	Bäume gesamt	davon Buchen	Absterberate		aktuell absterbend <sup>1)</sup>		Jahres- Nieder- schlag <sup>2)</sup>	Jahres- Mittel- Tempera- tur <sup>2)</sup>
					2018 - 2021	2021 - 2022	2021	2022		
Lenneberg	95	19,1	1941	1284	5,22 %	3,35 %	5,76 %	5,76 %	576,2	11,01
Soonwald	160	21,7	1669	1663	0,3 %	0,9 %	1,56 %	nicht erho- ben	726,7	8,9
Kirch- heim- bolanden	170	7,8	390	220	5,91 %	3)	17,3 %	3)	672,9	9,83

1) Definition: Lebend, Kronenverlichtung > 60 % und Dürrastanteil > 40 %

2) Datengrundlage: Monatsraster des DWD 1991 bis 2020

3) Im Jahr 2022 war eine Erhebung nicht möglich, da ein hoher Anteil starker Totäste in den Braunkronen eine zu große Gefahr bei einem Begang darstellten.

## **Fazit: Mischwald und stabile Einzelbäume**

Die Abfolge der trocken-warmen Jahre zeigt, dass die bisher als potentielle, natürliche Vegetation eingeschätzten Waldgesellschaften in Anbetracht des aktuell ablaufenden Klimawandels unter dem künftig zu erwartenden Klimaregime nicht überall Bestand haben werden. Gleich welche Reaktionen von Bäumen und überhaupt den vielfältigen Organismen auf die prognostizierten klimatischen Veränderungen erwartet werden, die Unsicherheiten hinsichtlich der künftigen Lebensbedingungen sind sehr groß. Das gilt für die Beziehungen verschiedener Baumarten zueinander und auch für die empfindlichen Gleichgewichte zwischen den Bäumen und den mit, von oder an ihnen lebenden Wirbeltieren, Insekten, Pilzen und Mikroorganismen. Das betrifft insbesondere die Mykorrhiza-Symbiosen und auch die Wirt-Parasit-Verhältnisse. Resiliente Waldökosysteme setzen eine möglichst breite Vielfalt auf allen Ebenen bis hin zu den Genen voraus, wie sie mit der naturnahen Waldwirtschaft angestrebt wird. Durch baumartengemischte Naturverjüngung wird eine vorhandene hohe innerartliche Breite in die Folgegeneration übernommen. Wo dies nicht gegeben ist, sollte die Vielfalt durch entsprechend ausgewählte Pflanzen und gesicherte Herkünfte erweitert werden. Für die waldbauliche Entwicklung der einzelnen Bäume eines Waldes gilt es die optimale Wachstumsphase zu nutzen, damit die Bäume eine stabile, große Krone und ein entsprechendes Wurzelsystem aufbauen können.

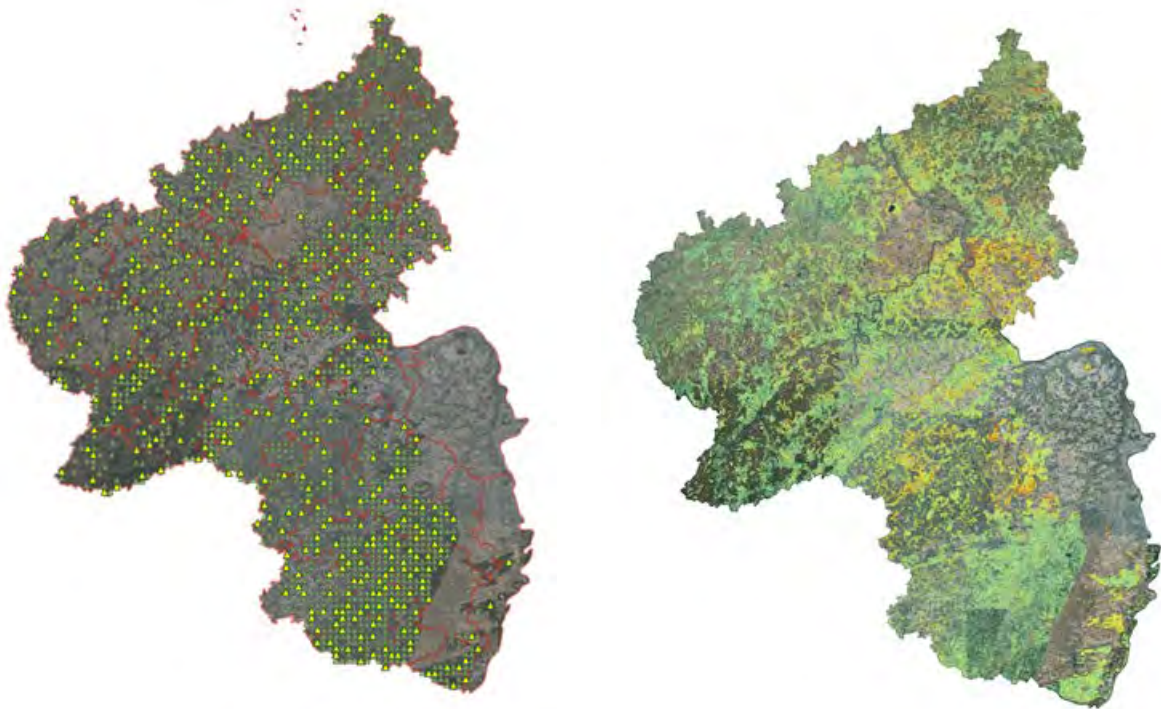
Starke Auflichtungen in alten Buchenwäldern können eine Risikophase einleiten. Dagegen können früh einsetzende, wiederholte und kräftig fördernde Eingriffe zugunsten junger und mittelalter Buchen deren Vitalität unterstützen.

Auf Basis der Erkenntnisse aller Erhebungen zur Buche werden die Möglichkeiten der Handlung in alten Buchenwäldern aufgezeigt und an die Waldbesitzer und vor Ort Wirtschaftenden vermittelt. Im erforderlichen Fall hin bis zu einer individuellen Betreuung und Beratung in der konkreten Fläche durch besonders fortgebildete Waldbautrainer.

## **Ergebnisse der Buchenaustriebsinventur 2021**

Ergänzend zur jährlichen WZE wurde im Juni 2021 durch die Abteilung 4 der Zentralstelle der Forstverwaltung unter Leitung der Fachgruppe Stichprobeninventuren eine landesweite und speziell auf das Buchenschadgeschehen ausgelegte Stichprobenerhebung- und Auswertung durchgeführt. Über die Ermittlung des Schadausmaßes hinausgehend sollte in dieser Studie untersucht werden, ob und in welchen Regionen von Rheinland-Pfalz Buchenschäden besonders häufig auftreten, und in welchem Maße baumindividuelle Faktoren wie das Baumalter, der Dichtstand (Kronenschluss) und die Konkurrenzkraft das Schadrisko positiv oder negativ beeinflussen. Um Aussagen auf der Ebene dieser Beobachtungsstraten zu ermöglichen, wurde ein wesentlich höherer Stichprobenumfang als bei der WZE realisiert (2500 Buchenindividuen an 445 Aufnahmetrakten). Die Aufnahmen wurden dabei an einem Unterstichprobennetz der Bundeswaldinventur (BWI) durchgeführt. Durch Nutzung von Vorinformationen der dritten Bundeswaldinventur und abgeleiteten Vegetations-Vitalitätsindikatoren aus Satellitendaten konnte durch Auswahl entsprechender Stichprobenpunkte (Balanced-Sampling-Verfahren) die Repräsentativität der erhobenen Daten bzgl. räumlicher Verteilung und Altersstruktur der Buche sowie deren Stressdisposition der Jahre 2018 bis 2020 in Rheinland-Pfalz sichergestellt werden.

Links: Verteilung der 445 BWI-Trakte, an welchen die Erhebung der Buchenaustriebsinventur durchgeführt wurde. Hintergrund: BWI-Trakte mit mindestens einer Buche. Rechts: Vegetations-Vitalitätsindex des Jahres 2020 aus Sentinel-2-Satellitendaten.

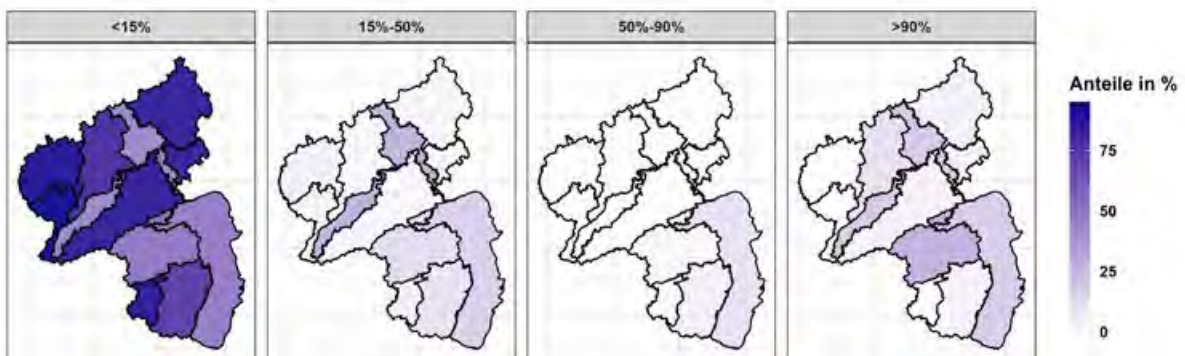


### Warme und trockene Regionen stärker betroffen

Die räumliche Auswertung der beobachteten Schadanteile zeigt ein erhöhtes Auftreten der Schadphänomene in den Wuchsregionen Saar-Nahe-Bergland, Mosel- und Mittelrheintal, Ahr-eifel sowie Oberrhein- und Mainebene.

Ein Vergleich mit den räumlichen Niederschlägen und Temperaturverläufen der Jahre 2018 bis 2020 verdeutlicht, dass besonders warme und trockene Regionen in Rheinland-Pfalz häufiger und von schwereren Schäden betroffen sind.

Anteile (lila) der prozentualen Kronenverlichtung in den Wuchsgebieten von Rheinland-Pfalz.

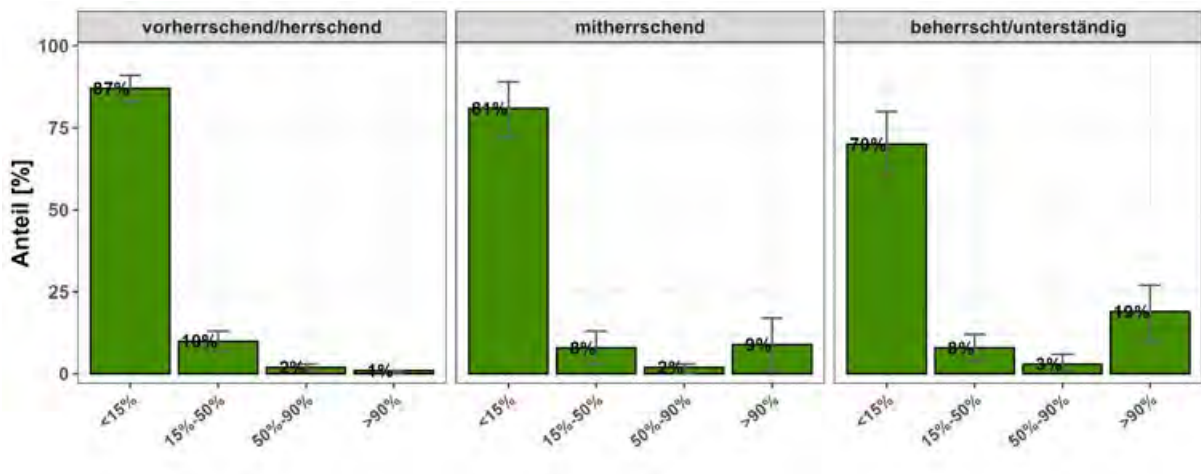


## Konkurrenzstarke Buchen im Vorteil

Neben dem räumlichen Auftreten konnte die soziologische Stellung als Indikator für die Konkurrenzkraft und Vitalität eines Buchenindividuums als wichtiger Einflussfaktor auf die Schadanfälligkeit identifiziert werden. Konkurrenzstarke Buchen (vorherrschende und herrschende Baumschicht) sind im Vergleich zu konkurrenzschwächeren Buchen (Unter- oder Zwischenstand) grundsätzlich seltener von Schäden betroffen.

Darüber hinaus sind starke Schäden bis hin zum kompletten Absterben in diesem Kollektiv bisher selten. Diese Effekte zeigen sich auch bei Hinzunahme zusätzlicher schadensbegünstigender Faktoren, wie der Wasserverfügbarkeit (Frischestufe) und unterstreichen den Vorteil vitaler Individuen im Konkurrenzkampf um limitierte Ressourcen unter verschärften klimatischen Bedingungen.

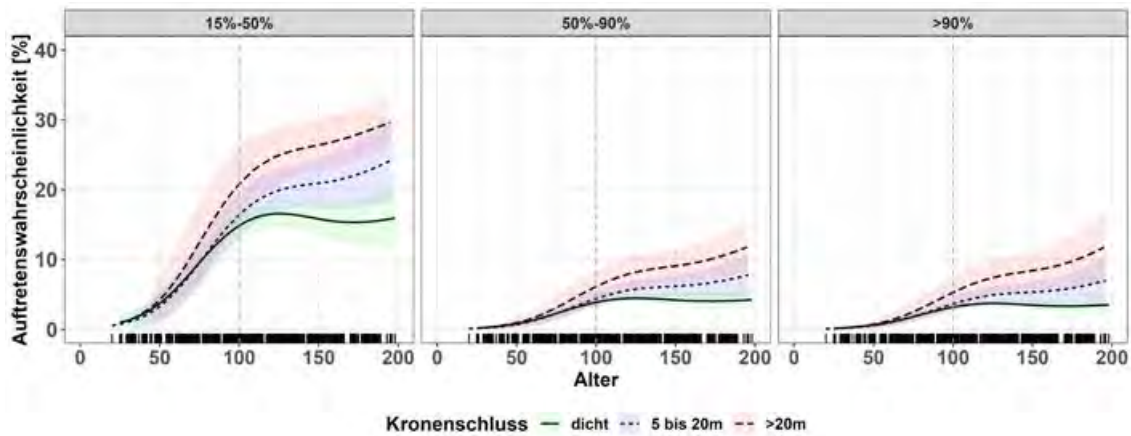
Anteil Schadgrade stratifiziert nach hoher, mittlerer und niedriger Konkurrenzstärke (Vitalität).



## Alterstrend und Kronenschluss

Über generell-additive Modellierungsmethoden (GAM) war es zudem möglich, die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Schäden und deren Stärke in Abhängigkeit der erhobenen baumindividuellen Merkmale und deren Ausprägungskombinationen zu bewerten. So kann festgestellt werden, dass in allen soziologischen Klassen und Kronenschluss-Kategorien die Schadwahrscheinlichkeit für alle Schadgrade bis zum Alter 100 grundsätzlich altersbedingt zunimmt. Ein zusätzlicher Einfluss des Kronenschlusses auf die Schadwahrscheinlichkeit zeigt sich für herrschende und vorherrschende Buchen, welche meist in der oberen Baumschicht vertreten sind. Ein Frei-

stand bis zum doppelten Kronendurchmesser (20 Meter) hat für dieses Buchenkollektiv bis zum Alter 100 keinen feststellbaren Einfluss auf das Schadgeschehen. Während das Schadrisko für dichtstehende Buchen (Kronenberührung, keine Zwischenräume) ab dem Alter 100 allerdings nicht weiter zunimmt, steigt das Schadrisko für Buchen in Freistand bis zum doppelten Kronendurchmesser ab dem Alter 100 mit fortschreitendem Alter weiter an. Für extrem freistehende Buchen (Kronenabstand über 20 Meter) deutet sich sogar bereits ab dem Alter 60 ein erhöhtes Schadrisko an. Diese Effekte sind in allen Schadgraden zu beobachten.



### Fazit der Buchenaustriebsinventur

Die Buchenaustriebsinventur ermöglicht nicht nur eine objektive Bewertung des Schadausmaßes und der regionalen Verteilung, sondern liefert auch erste auf wissenschaftlicher Basis hergeleitete Hinweise zu Einflussfaktoren (geoklimatische Lage, Baumalter, Konkurrenzkraft und Dichtstand) der Schadwahrscheinlichkeit. Die Ergebnisse bestätigen die Annahme der Gefährdung älterer Buchen und der erhöhten Vitalitätsschwächung älterer Buchen durch starke Freistellung. Die Befunde zeigen aber auch, dass entscheidende Handlungsoptionen für aktive Maßnahmen zur Anpassung der Buchenwälder an den Klimawandel bestehen:

- Die Resilienz der Buche gegenüber Trockenheit kann durch eine frühzeitig begonnene (idealer Beginn 35 Jahre) und kontinuierlich betriebene Ausformung großer Kronen und Wurzelsysteme und dadurch erreichte Stärkung ihrer Konkurrenzkraft erhöht werden. Die dazu notwendige systematische Kronenfreistellung erfolgt in der Dimensionierungsphase bis zum Alter 80 nachweislich ohne Erhöhung des Schadrisikos. Durch Nutzung dieser Vitalisierungschancen werden zudem gute Ausgangsbedingungen für eine frühzeitig einsetzende Naturverjüngung gebildet. Im Mittelpunkt der Behandlung sollte dabei der Aufbau resilienter Mischwälder stehen.
- In der Reifephase sind die Einflussmöglichkeiten auf die Resilienz der Einzelbäume begrenzt. Da ab dem Alter 100 das Schadrisiko auch konkurrenzstarker Buchen durch Freistellung nachweislich deutlich zunimmt, sollte die Entwicklung auch weiterhin mit ganz gezielten und damit beschränkten Eingriffen ins Kronendach (Patches) erfolgen. Die Schaffung und Förderung der Verjüngungsansätze zur Entwicklung zukünftig angepasster Mischbaumarten sollte dabei bevorzugt über die Lichtsteuerung durch Entnahme von Schattern erfolgen und weniger durch Eingriffe in den Hochschirm der Altbäume.
- In Bereichen des fortgeschrittenen Generationenwechsels steht die Sicherung und Förderung des Nachwuchses durch angepasste Lichtdosierung bei gleichzeitiger Sicherung der Hochschirmwirkungen der Altbäume im Vordergrund. Da außerdem auch regelmäßig Pflegemaßnahmen des Nachwuchses insbesondere zur Sicherung der Mischbaumarten notwendig werden, muss in dieser Entwicklungsphase besonderes Augenmerk der Beachtung der Arbeitssicherheit mit der Folge ggf. notwendiger Entnahmen gefährdender Altbäume gelten.



**Im Lennebergwald am 25. Mai, der Blick von oben zeigt das enge Nebeneinander von Buchen, die stark geschädigt oder abgestorben sind und Buchen, die vergleichsweise gut ausgetrieben haben. Aufnahme der Firma Drohnen Service Pro im Auftrag der FAWF.**