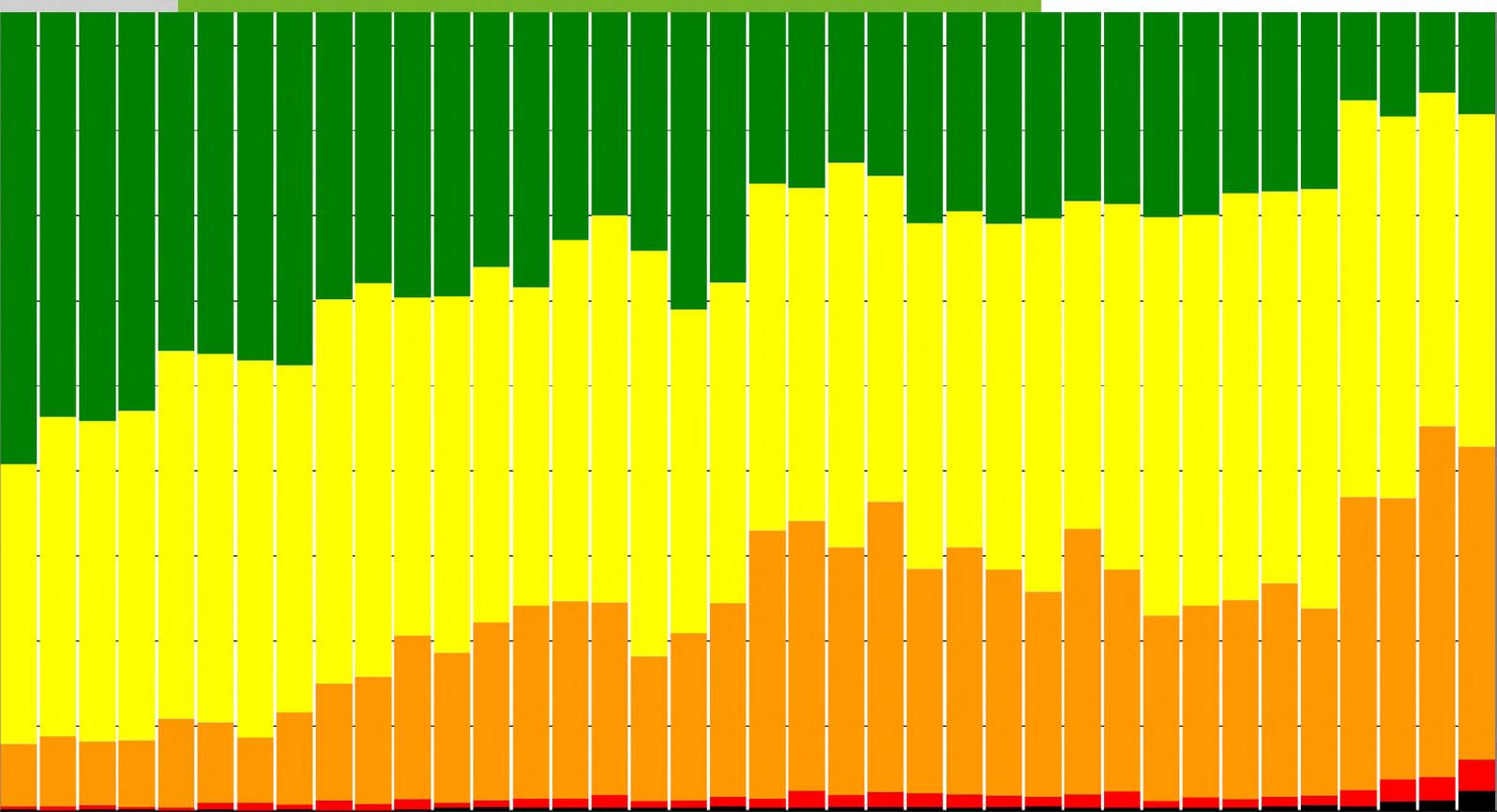




# WALDZUSTANDS- BERICHT 2021



## Impressum

### Herausgeber

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität  
Kaiser-Friedrich-Straße 1  
55116 Mainz  
Telefon: 06131 16-0, Fax: 06131 165926  
[www.mkuem.rlp.de](http://www.mkuem.rlp.de)  
[www.wald.rlp.de](http://www.wald.rlp.de)

Mainz, Dezember 2021

### Durchführung, Auswertung und Gestaltung

Zentralstelle der Forstverwaltung  
Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz  
Hauptstraße 16  
67705 Trippstadt  
Telefon: 06131-884-268-0, Fax: 06131-884-22-268-300  
[zdf.fawf@wald-rlp.de](mailto:zdf.fawf@wald-rlp.de)  
[www.fawf.wald.rlp.de](http://www.fawf.wald.rlp.de)

nur als Download

<https://fawf.wald.rlp.de/de/veroeffentlichungen/waldzustandsbericht/>

# WALDZUSTANDS- BERICHT 2021

---

|   | Seite |
|---|-------|
| Vorwort   | 4     |
| Waldzustand 2021 im Überblick   | 6     |
| Waldzustandserhebung (WZE)  | 8     |
| Einflüsse auf den Waldzustand<br>Klimawandel und Witterungsverhältnisse | 28    |
| Einflüsse auf den Waldzustand<br>Luftschadstoffe                        | 34    |
| Einflüsse auf den Waldzustand<br>Waldschutz                             | 42    |
| In Sorge um die Buche?  | 50    |
| Entscheidungsunterstützungssystem zur<br>Baumartenwahl im Klimawandel   | 60    |
| <b>Anhänge</b>  |       |
| ■ Entwicklung der Waldschäden   | 64    |
| ■ Kronenstrukturstufen nach ROLOFF                                      | 70    |
| ■ Probestaumkollektiv 2021  | 71    |
| ■ Witterung   | 72    |
| ■ Abkommen und gesetzliche Regelungen zur Luftreinhaltung               | 77    |

# VORWORT



Der Waldzustandsbericht 2021 steht in einer inzwischen 38-jährigen Reihe von fundiert erhobenen und ausführlich erläuterten Befundmeldungen zur Fitness der rheinland-pfälzischen Wälder. In der Vergangenheit boten diese Berichte weniger Anlass zu Erleichterung als zu Besorgnis. Nun waren die Witterungsbedingungen in diesem Jahr für das Gedeihen der Pflanzenwelt durchaus günstig. Weder fehlte es an Feuchtigkeit, noch gaben Hitzewellen oder längere Dürreperioden Anlass zu Stress.

Wer auf die Dokumentation einer spürbaren Erholung unserer Wälder von den Wirkungen der Hitze- und Dürrejahre 2018 – 2020 gehofft hat, wird durch den vorliegenden Bericht enttäuscht. Die Nachwirkungen der langanhaltenden schweren Belastungen dieser Jahre überlagern weithin die positiven Effekte einer vermeintlichen Rückkehr zu eher durchschnittlichen Witterungsbedingungen. Man muss sich nicht die verheerenden Folgen der Flutkatastrophe im Nordteil unseres Landes ins Gedächtnis rufen, um darüber im Klaren zu bleiben, dass der menschengemachte Klimawandel voranschreitet. Es genügt, sich mit offenen Augen in unseren Wäldern umzuschauen, um zu empfinden, dass es ihnen nicht gut geht. Gleichwohl war es erneut der Mühen wert, nach dem bewährten bundeseinheitlichen Verfahren den Gesundheitszustand der Waldbäume in Rheinland-Pfalz sorgfältig aufzunehmen und die Ergebnisse unter Einbeziehung aller als wesentlich bekannten Einflussfaktoren im Einzelnen zu bewerten. So befassen sich spezielle Abhandlungen



Bildquelle: MKUEM/Heike Rost

mit den Wirkungen von Klimawandel und Witterungsverhältnissen, von Luftschadstoffen, schließlich auch von Schadorganismen, die gerade in der zunehmenden Anzahl von Neuankömmlingen (Neobiota) den Waldschutz vor immer größere Herausforderungen stellen.

In einem weiteren, auf wissenschaftlich unterstützten Erhebungen beruhenden Kapitel wird die Sorge um die Buche zur Sprache gebracht. Erschreckende Bilder alter Buchen mit schütterten oder gar absterbenden Kronen, die gleichwohl nicht selten über einer geschlossenen Schicht vitaler Nachwuchsbuchen stehen, bedürfen der Ausdeutung. Die Buche kann als die seit Jahrtausenden bei uns weithin bestimmende Baumart der meisten natürlichen Waldgesellschaften in ihrer gesamtökologischen Bedeutung nicht genug geschätzt werden. Sie verdient die besondere Aufmerksamkeit der Fachleute, wenn ihr bisher so überaus großes natürliches Behauptungsvermögen in Zweifel gerät.

Schließlich wird über ein Entscheidungsunterstützungssystem zur Baumarteneignung berichtet, das nunmehr der Waldbewirtschaftungspraxis zur Verfügung gestellt werden konnte. Dieses neue Werkzeug beruht auf dem landeseigenen forstlichen Geoinformationssystem WaldIS. Bäume sind die größten und damit auffälligsten Organismen in den Waldökosystemen, aber doch nur Teil eines reichen und vielfältigen Netzes einer außerordentlich großen Zahl von Organismen, die mit den natürlichen Ressourcen in einem

komplexen Wirkungsgefüge stehen. Dieses Netz ist in Gefahr. Der Klimawandel, das Eindringen von Neobiota und nicht zuletzt das dramatisch beschleunigte Artensterben wirken fatal zusammen und haben eine gemeinsame Ursache. Der Waldzustandsbericht 2021 zeigt den dringenden Handlungsbedarf beim Klimaschutz und sollte alle aufrütteln, konkret zur Ursachenbeseitigung der Bedrohungen beizutragen. Sonst haben nicht nur unsere Wälder keine gute Zukunft.

Zur Erstellung dieses Waldzustandsberichtes haben sich auch in diesem Jahr wieder zahlreiche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von Landesforsten Rheinland-Pfalz in gutem Zusammenwirken sehr engagiert. Ihnen gilt mein ganz besonderer und herzlicher Dank. Eine wichtige Säule bei der Auswertung des Waldzustandes und bei der Erstellung des Berichtes war in bewährter Weise die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft in Trippstadt, der ich auch danke!

Katrin Eder  
Ministerin für Klimaschutz, Umwelt, Energie  
und Mobilität des Landes Rheinland-Pfalz

# WALDZUSTAND 2021



# EIN ÜBERBLICK

Das Schadniveau bleibt wie im Vorjahr unverändert hoch. Der Anteil deutlich geschädigter Waldbäume ist gegenüber dem Vorjahr zwar um 2 Prozentpunkte zurückgegangen und der Anteil an Probestämmen ohne sichtbare Schadmerkmale liegt um 2 Prozentpunkte höher, doch die mittlere Kronenverlichtung blieb nahezu unverändert. Viele der im Vorjahr mittelstark geschädigten Bäume haben sich in ihrem Kronenzustand weiter verschlechtert und zeigen nun starke Kronenschäden, einige sind sogar abgestorben. Die Absterberate ist definiert als der Anteil an Probestämmen, die im Jahr der Erhebung tot (100 % Nadel-/Blattverlust) angetroffen werden, nachdem sie im Vorjahr noch gelebt hatten. Ab dem Jahr 2019 führten hier die extremen Borkenkäferschäden bei der Fichte zu wesentlich höheren Werten und 2021 ist auch die Absterberate bei Kiefer und Buche auffällig erhöht. Zuvor war die Absterberate in der Zeitreihe der Waldzustandserhebung seit 1984 unauffällig und auf einem unbedeutend niedrigen Niveau.

Nach den drei vergleichsweise zu trockenen und zu warmen Jahren 2018 - 2020 war im Jahr 2021 der Witterungsverlauf in der Vegetationszeit günstig für den Wald. Die Niederschläge fielen gleichmäßiger verteilt über das Jahr, ausgeprägte Trockenphasen traten in Rheinland-Pfalz bis Ende August nicht auf. Eine durchgreifende Erholung im Kronenzustand der Waldbäume, wie es bei dem günstigen Witterungsverlauf und dem ausgebliebenen Fruchtbehang zu erwarten gewesen wäre, ist jedoch nicht eingetreten.

Unsere Wälder leiden stärker und langfristiger unter den Folgen der Dürrejahre, als bisher beobachtet wurde. Auch wurde in den letzten Jahren keine durchgreifende Verbesserung bei den Luftschadstoffen mehr erreicht. Die Säure- und Schadstoffbelastung übersteigt trotz der Reduktionserfolge bei Schwefeldioxid und Schwer-

metallen weiterhin das Pufferpotential vieler Waldstandorte. Die Stickstoffeinträge liegen weiter über dem Schwellenwert der Ökosystemverträglichkeit. Ozon, dessen Verträglichkeitsgrenzen für Waldbäume an allen Messstandorten überschritten werden, wirkt weiterhin waldschädigend.

Bei der Fichte schreitet die mit der Trockenheit der Vorjahre verbundene Borkenkäferkalamität fort. Die hohe Ausgangspopulation im Frühjahr und Vorschädigungen aus dem Vorjahr führten insbesondere im Westerwald zu anhaltend hohen Mengen an Kalamitätsholz. Dank der häufigeren Niederschläge in der Vegetationsperiode konnten die Fichten etwas bessere Widerstandskraft aufbauen. Die kühlere Witterung verzögerte den Schwärmflug und die Entwicklung der Larven, so dass sich im Jahr 2021 nur zwei Käfergenerationen entwickeln konnten. So besteht jetzt die Chance befallene Fichten noch vor dem Ausflug der Käfer zu fällen, die Stämme aus dem Wald zu entfernen und so die überwinterte Buchdruckerpopulation effektiv zu reduzieren.

Die aktuelle Schwächung der Buche als der von Natur aus dominierenden Baumart in Mitteleuropa ist sehr beunruhigend. Auch wenn die ermittelten Absterberaten im Vergleich zur Fichte sehr gering sind, liegen sie doch um ein Vielfaches höher als in der gesamten Zeitreihe der bisherigen Waldzustandserhebung. Erste Ergebnisse begonnener Zusatzuntersuchungen bestätigen die Trockenstresssensitivität der Buche. Neben im Klimawandel zu erwartende Arealverschiebungen führen natürliche und anthropogen verursachte Störungen des Bestandesgefüges geschlossen aufgewachsener älterer Buchenwälder zu zusätzlichen Belastungen der Buche, die diese in Stressjahren wie 2018 - 2020 nicht immer kompensieren kann.

**S. 6: Stark geschädigte Altbuchen über vitaler Waldverjüngung (aus Buche, Eiche und Lärche im Pfälzerwald)**

Foto: Th. Wehner

# WALDZUSTANDS- ERHEBUNG (WZE)



**Die jährliche Waldzustandserhebung stützt sich auf den Kronenzustand als Indikator für die Vitalität der Waldbäume. Veränderungen des Kronenzustands sind eine Reaktion auf Belastungen durch natürliche und durch menschenverursachte Stresseinflüsse. Die Gewichtung der einzelnen Einflüsse im Schadkomplex variiert zwischen den einzelnen Baumarten und von Jahr zu Jahr.**

Im Jahr 2021 hat sich der Kronenzustand über alle Baumarten im Schnitt kaum verändert. Doch gibt es im Berichtsjahr bedeutsame Entwicklungen, weniger zwischen den verschiedenen Baumarten, sondern besonders innerhalb einzelner Baumarten durch eine stärkere Aufspreitung der Kronenzustände hin zu den Extremen bis zum vermehrten Absterben.

### Durchführung

Die Waldzustandserhebung erfolgt seit 1984 auf einem systematischen, landesweiten Stichprobenraster. Die Stichprobe umfasst insgesamt 167 Aufnahmepunkte. An 10 Aufnahmepunkten war schon im Vorjahr kein für die Erhebung geeigneter Waldbestand vorhanden. Dort fanden sich noch keine neuen Probestämme für eine Bewertung. An 2 weiteren Aufnahmepunkten wurde der Waldbestand infolge von Sanierungshieben zur Borkenkäferbekämpfung gefällt. In 2021 ist damit an 12 Aufnahmepunkten kein geeigneter Waldbestand vorhanden, um Probestämme auszuwählen. Die Waldzustandserhebung ruht an diesen Punkten bis die nächste Baumgeneration etabliert ist. In 2021 wurden 3720 Stichprobenbäume an 155 Aufnahmepunkten begutachtet. Die Außenaufnahmen, einschließlich Abstimmungsübung und Kontrollaufnahmen, erfolgten in der Zeit vom 12. Juli bis 02. August, ein Aufnahmepunkt war wegen Hochwassers erst am 14. August für die Erhebung zugänglich.

Ausführliche Informationen zum Verfahren und insbesondere zur Definition der Schadstufen finden Sie auf den Webseiten der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft: <https://fawf.wald.rlp.de/de/forschung-und-monitoring-unsere-aufgaben/forstliches-umweltmonitoring/waldzustandserhebung/>

26 Aufnahmepunkte sind zugleich Teil des europaweiten Level I-Monitoringnetzes zum Waldzustand. Die an diesen Punkten erhobenen Daten gehen in die bundesdeutsche und europäische Waldzustandserhebung ein. Weitere Informationen finden Sie im Internet unter <https://www.thuenen.de/de/wo/projekte/bodenschutz-und-waldzustand/projekte-bodenzustandserhebung/bundesweite-bodenzustandserhebung-im-wald/>

Mit der Stichprobe sind statistisch abgesicherte Aussagen zur Schadensentwicklung auf Landesebene für den Wald allgemein und die häufigsten Baumarten Fichte, Buche, Eiche und Kiefer möglich. Für die weniger häufigen Baumarten Douglasie, Lärche, Hainbuche und Esche erlaubt sie ebenfalls Aussagen, jedoch bei geringerer statistischer Sicherheit.

### Waldzustand allgemein

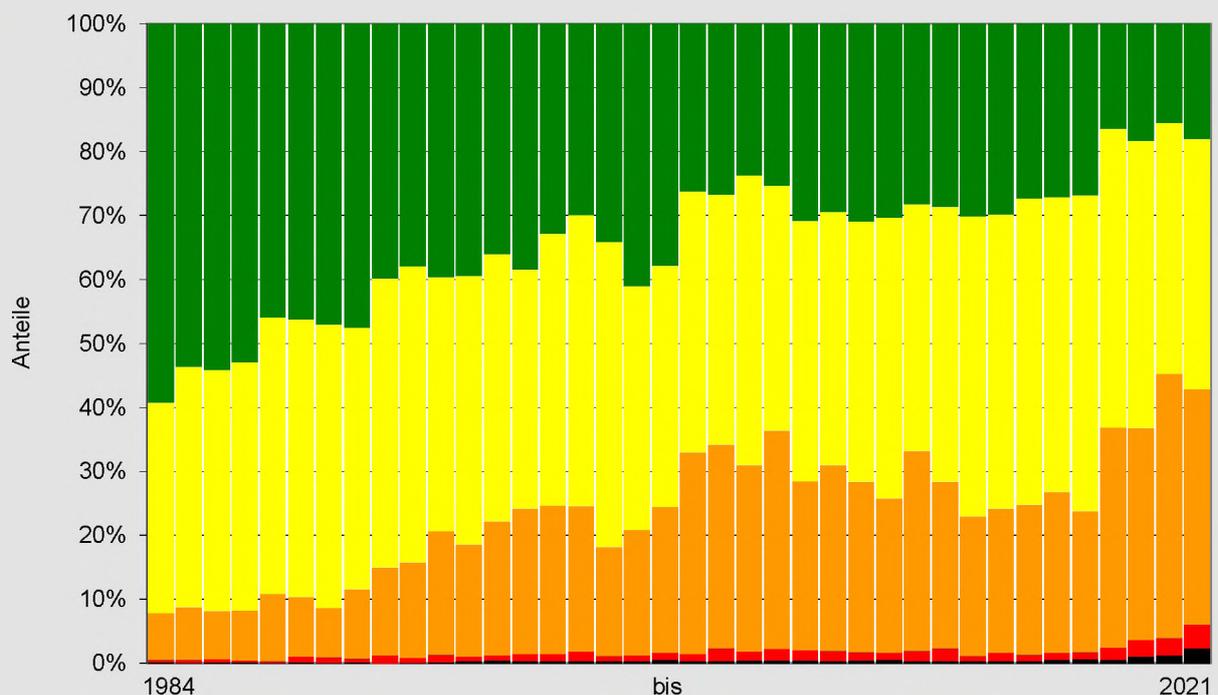
Der Anteil deutlich geschädigter Waldbäume ist gegenüber dem Vorjahr um 2 Prozentpunkte zurückgegangen, der Anteil an Probestämmen ohne sichtbare Schadmerkmale liegt um 2 Prozentpunkte höher. Die mittlere Kronenverlichtung blieb nahezu unverändert. Das Schadniveau über alle Waldflächen von Rheinland-Pfalz, über alle Baumarten und Altersstufen hinweg bleibt damit auf dem sehr hohen Niveau des Vorjahres. Wie schon in den Vorjahren ist auch der Anteil starker Kronenschäden, abgestorbener Probestämme und

infolge biotischer Schäden vorzeitig entnommener Probestämme überdurchschnittlich hoch. Nach drei vergleichsweise zu trockenen und zu warmen Jahren war in 2021 der Witterungsverlauf günstig für den Wald. Die Niederschläge fielen gleichmäßiger verteilt über das Jahr, ausgeprägte Trockenphasen traten in Rheinland-Pfalz nicht auf. Die Winterniederschläge reichten aus, um die Bodenwasservorräte aufzufüllen. Der Austrieb im Frühjahr konnte somit ungehindert erfolgen. Die Frühjahrs- und Sommerniederschläge waren ungleichmäßig verteilt und kamen häufig als Starkregenereignisse, so dass zwar die Bodenwasservorräte ergänzt wurden, hohe Anteile aber durch Oberflächenabfluss verloren gingen und an Waldwegen und insbesondere in den Tallagen teilweise zu extremen Schäden führten. Lokale Gewitter verursachten neben Starkregen auch Schäden durch Sturmböen oder Hagel. Im Vorjahr war bei vielen Baumarten eine starke Fruchtbildung zu

Analysen der Daten und eine Darstellung des Ursache-Wirkungsgeschehens sind auf den Webseiten der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft zu finden: <https://fawf.wald.rlp.de/de/forschung-und-monitoring-unsere-aufgaben/forstliches-umweltmonitoring/waldzustandserhebung/>

beobachten, im Berichtsjahr dagegen kaum. Mit dem Wegfall dieser natürlichen Belastung wäre 2021 unter sonst günstigen Bedingungen nun eine Erholung zu erwarten gewesen. Die starke Trockenheit der Vorjahre hat bei einigen Baumarten jedoch offensichtlich erhebliche Nachwirkungen. So musste dieses Jahr beobachtet werden, dass etliche Bäume verschiedener Arten nicht normal austreiben konnten. Einzelne Bäume, auf extremen Standorten auch ganze Waldbestände, sind abgestorben. Die Absterberate unter den Probestämmen ist in 2021 auffällig hoch. Etliche Bäume

### Entwicklung der Schadstufenverteilung über alle Baumarten



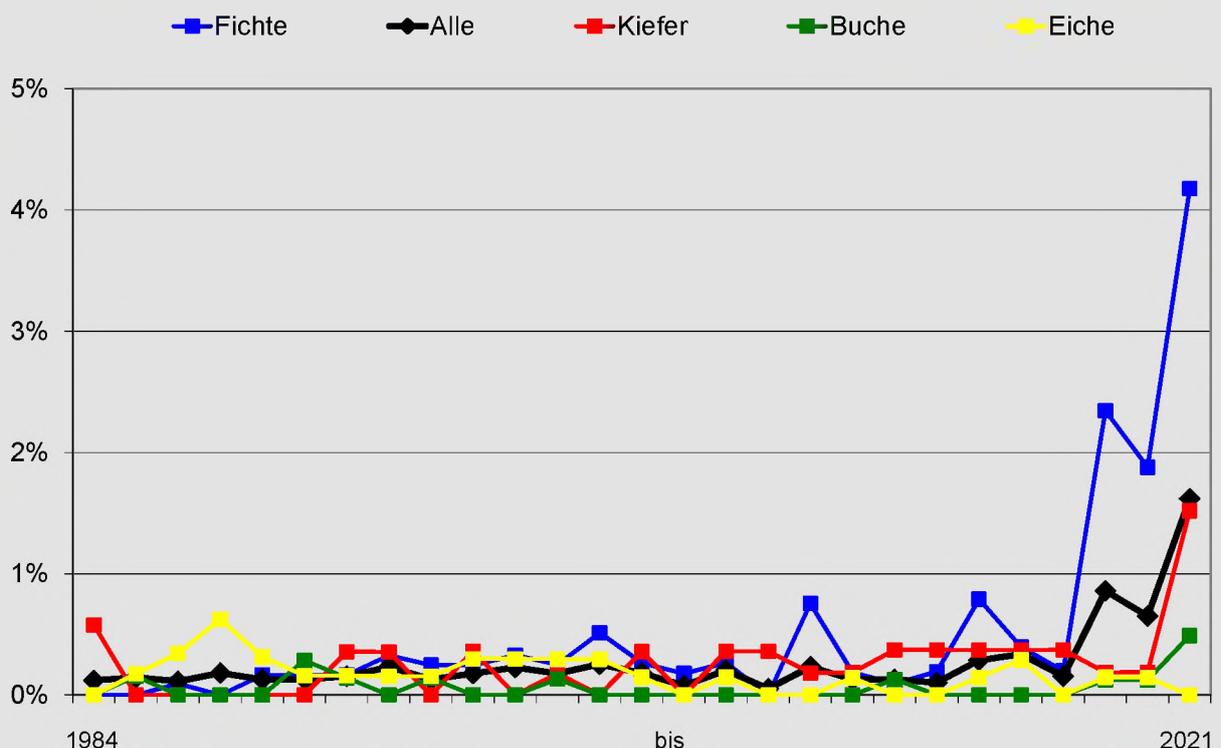
trieben nur in den Bereichen der Unterkrone oder im Kroneninneren aus und wiesen in der Kronenperipherie hohe Anteile abgestorbener Zweige, Äste oder ganzer Kronenpartien auf. Andere Bäume bildeten nur auffallend kleine Blätter oder kurze Triebe aus. Dies alles sind Zeichen eines Rückganges der Baumvitalität. Auf günstigen Standorten, wo die Knospenbildung normal erfolgen konnte, war jedoch auch gute Blatt- und Triebbildung zu beobachten und entsprechend eine Erholung gegenüber dem Vorjahr zu verzeichnen.

### Absterberate

Die Absterberate ist der Anteil an Probestämmen, der im Jahr der Erhebung tot (100 % Nadel-/Blattverlust) angetroffen wird, nachdem er im Vorjahr noch gelebt hatte. Im bewirtschafteten Wald ist eine natürliche oder durch Schädigungen

bedingte Absterberate jedoch nicht in allen Fällen zuverlässig abzuleiten. Da die Mehrzahl der betreffenden Probestämme planmäßig oder außerplanmäßig zur Holznutzung entnommen wird, ist nicht zu erkennen, ob sie ohne den menschlichen Eingriff tatsächlich abgestorben wären oder überlebt hätten. Bisher sind nur ausnahmsweise mehr als einzelne wenige Probestämme frisch abgestorben. Bei Betrachtung der Zeitreihe ab 1995 zeigen sich nur einzelne Jahre mit höheren Werten, ansonsten Werte nahe der Null-Linie. Für die Buche wurde die Absterberate auch zurückverfolgend bis in das Jahr 1985 berechnet. Es waren immer nur maximal 2 Probestämme betroffen. Die Absterberate war bis dato also unauffällig und unbedeutend. Ab dem Jahr 2019 ändert sich das Bild. Die extremen Borkenkäferschäden bei der Fichte führen zu wesentlich höheren Werten. Im Jahr 2021 ist dann auch die Absterberate bei Kiefer und Buche auffällig erhöht.

Jährliche Absterberaten im Kollektiv der Waldzustandserhebung



## Fichte

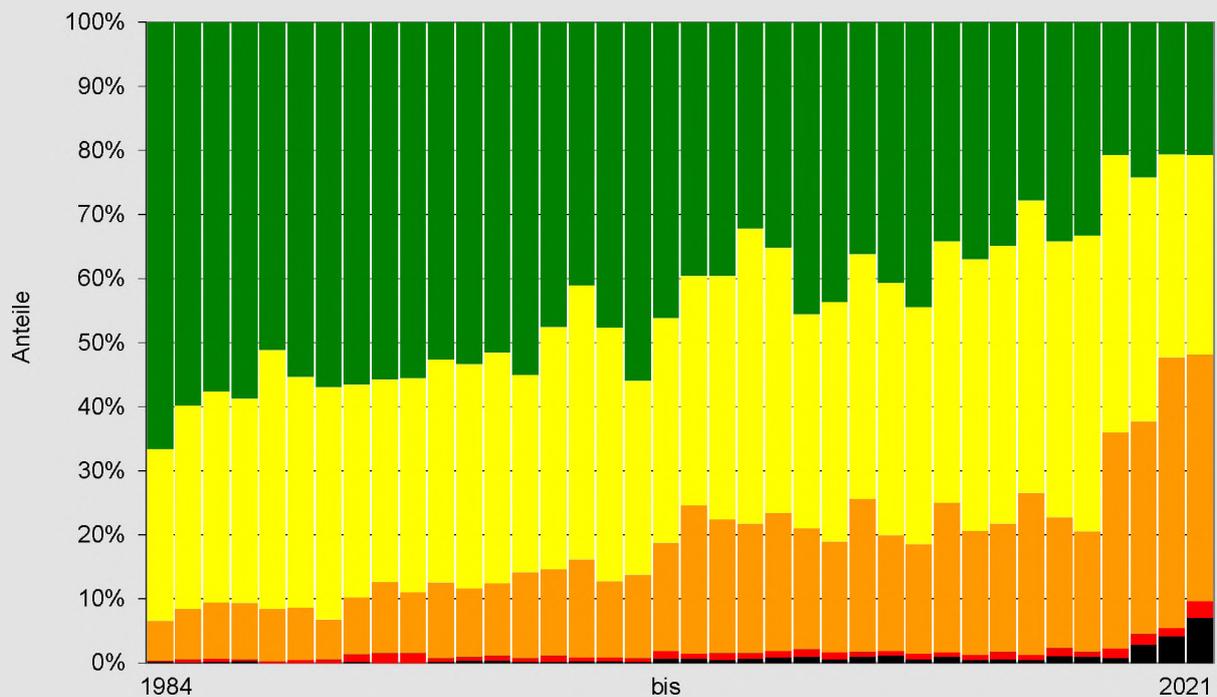
In 2021 wird die Schadsituation der Fichte weiter durch den Borkenkäferbefall bestimmt. 13 % der Probestämme sind infolge Borkenkäferbefalls vorzeitig entnommen worden oder waren zum Zeitpunkt der Erhebung frisch abgestorben. Bei den verbliebenen, noch lebenden Probestämmen hat sich das Niveau der Kronenschäden gegenüber dem Vorjahr kaum verändert. Merklich höher ist der Anteil abgestorbener Probestämme (Schadstufe 4, Anstieg um 3 Prozentpunkte auf jetzt 7 %), aber auch der Anteil stark geschädigter Fichten (Schadstufe 3, Anstieg um 2 Prozentpunkte auf jetzt 3 %). Der Anteil mittelstark geschädigter Fichten ging um 4 Prozentpunkte zurück. Die Anteile schwach geschädigter Probestämme und solcher ohne sichtbare Schäden sind nahezu unverändert. Die mittlere Kronenverlichtung liegt um 1 Prozentpunkt höher, was jedoch

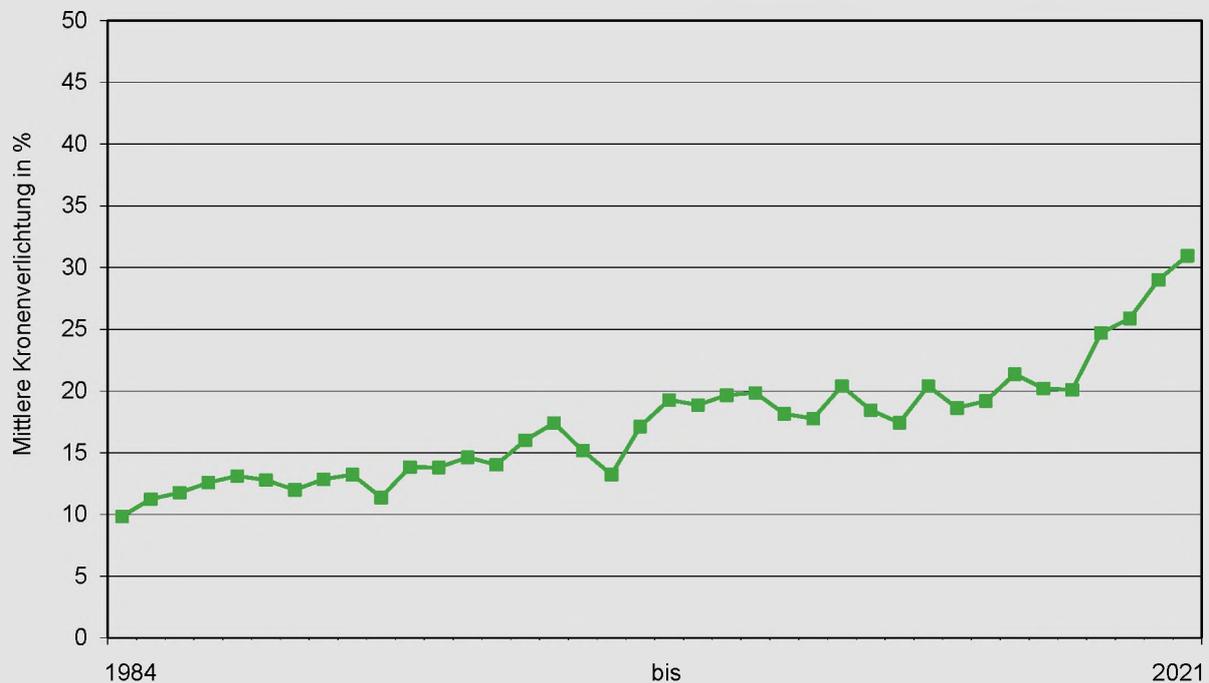
auf den höheren Anteil abgestorbener Probestämme zurückzuführen ist. Frisch abgestorben waren 35 Probestämme, weitere 20 waren schon in den Vorjahren tot. Die Veränderungen bei den noch lebenden Probestämmen sind dagegen nicht signifikant.

Von 2020 auf 2021 sind 92 Probestämme ausgeschieden. Mit 11,0 % ist die Ausscheiderate das dritte Jahr in Folge überdurchschnittlich hoch. Hauptursache (vier Fünftel der Fälle) ist die vorzeitige Entnahme nach Borkenkäferbefall, so auch an zwei kompletten Aufnahmepunkten, an denen sämtliche Fichten-Probestämme gefällt wurden. Für 58 der noch stehenden Probestämme (7,3 %) wurde Borkenkäferbefall festgestellt, wovon 10 zum Zeitpunkt der Erhebung noch nicht abgestorben waren. Seit 2017 ist die Anzahl der Fichten im Probestammkollektiv um fast ein Viertel zurück-

## Fichte

### Entwicklung der Schadstufenverteilung





gegangen. Ursächlich waren 2018 zunächst vor allem Sturmwürfe und in den folgenden Jahren Schäden durch Borkenkäfer.

Im Jahr 2020 hatte die Fichte reichlich Zapfen gebildet (77 % der Probestämme). Diese vorjährigen Zapfen waren häufig noch vorhanden, frische diesjährige Zapfen aus 2021 waren dagegen nur selten (5 % der Probestämme) festzustellen. Starke Fruchtbildung verändert das Erscheinungsbild des Baumes und bedeutet eine zusätzliche Belastung für die Fichten, ein Einfluss der Fruktifikation auf die Entwicklung der Kronenverlichtung ist aus den Daten aber nicht abzuleiten.

Insekten oder Pilze, die unmittelbar die Nadeln befallen, waren 2021 nicht beobachtet worden. Nadelvergilbungen waren bis in die 1980er Jahre besonders in den Höhenlagen der Mittelgebirge ein weitverbreitetes Phänomen bei Fichten. Seit Mitte der 1990er Jahre ist die Vergilbung jedoch stark zurückgegangen. Im Jahr 2021 wurde an 19 Probestämmen geringfügige Vergilbung beobachtet. Als eine wesentliche Ursache für den

Rückgang der Vergilbung kann die verbesserte Magnesiumversorgung durch Bodenschutzkalkung auf stark versauerten Standorten angenommen werden.

### Buche

Das Schadniveau der Buche bleibt hoch, der Kronenzustand der Buchen hat sich gegenüber dem Vorjahr allerdings in der Verteilung verändert. Bei etlichen Buchen ist die Kronenverlichtung weiter fortgeschritten, andere konnten sich dagegen etwas erholen. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 0,3 Prozentpunkte angestiegen, diese Veränderung ist aber nicht signifikant. Der Anteil an Probestämmen ohne sichtbare Schadmerkmale ist unverändert, der Anteil schwacher Schäden ist um 8 Prozentpunkte höher als im Vorjahr, der Anteil deutlicher Schäden um 8 Prozentpunkte zurückgegangen. Dies geht auf den erheblich geringeren Anteil mittelstark geschädigter Probestämme zurück, wohingegen der Anteil stark geschädigter und abgestorbener Probestämme weiter angestiegen ist und einen neuen Maximalwert erreicht hat.

Die jüngeren Buchen (Alter bis einschließlich 60 Jahren) machen 22 % der Probebäume bei Buche aus. Ihr Schadniveau ist zwar wesentlich niedriger als bei den älteren Buchen ab 61 Jahren, doch in der Schadentwicklung gegenüber dem Vorjahr unterscheiden sie sich nicht. Auch die jüngeren Buchen konnten ihren Kronenzustand im Berichtsjahr nicht verbessern.

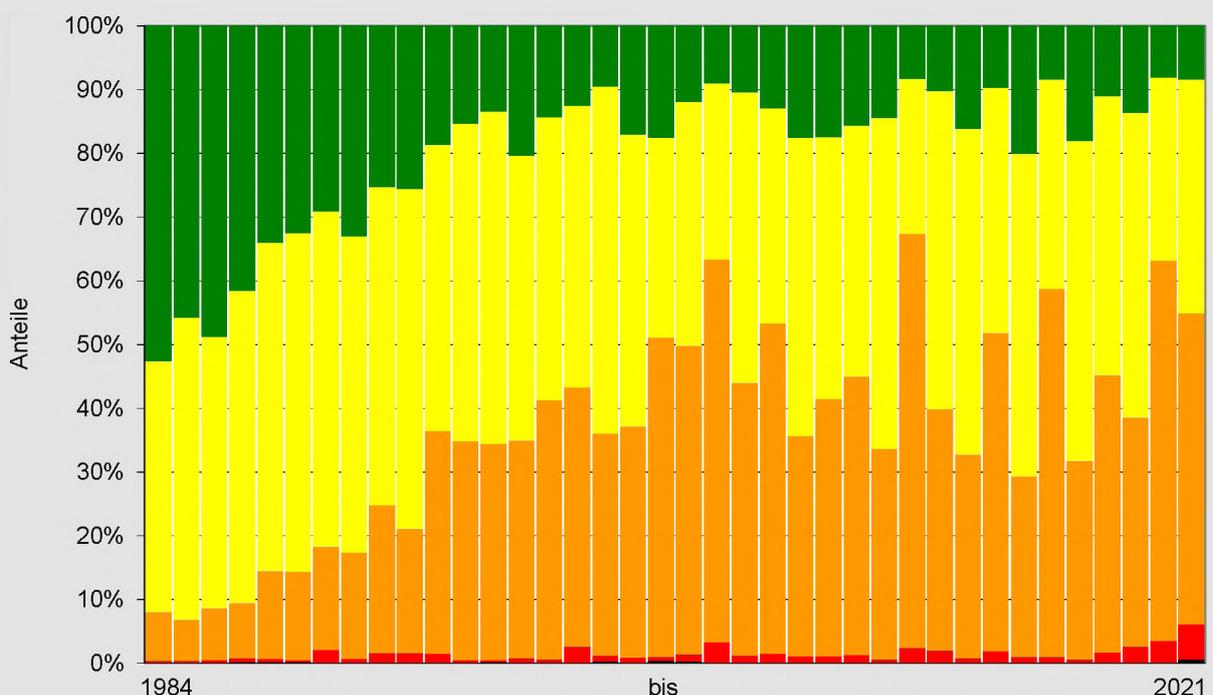
Frisch abgestorben waren 4 Probebäume (0,5 %). Das sind zwar nur wenige Einzelbäume, im Rückblick auf die Zeitreihe ist das jedoch ein auffallend hoher Wert. Aus dem Stichprobenkollektiv ausgeschieden sind ebenfalls 4 Probebäume, davon zwei vorzeitig unplanmäßig. Der Anteil ausgeschiedener Probebäume ist mit 0,5 % unauffällig gering. An 3 Probebäumen (0,4 %) wurde Schleimfluss an der Rinde beobachtet, der auf Borkenkäfer- oder Pilzbefall hindeuten kann.

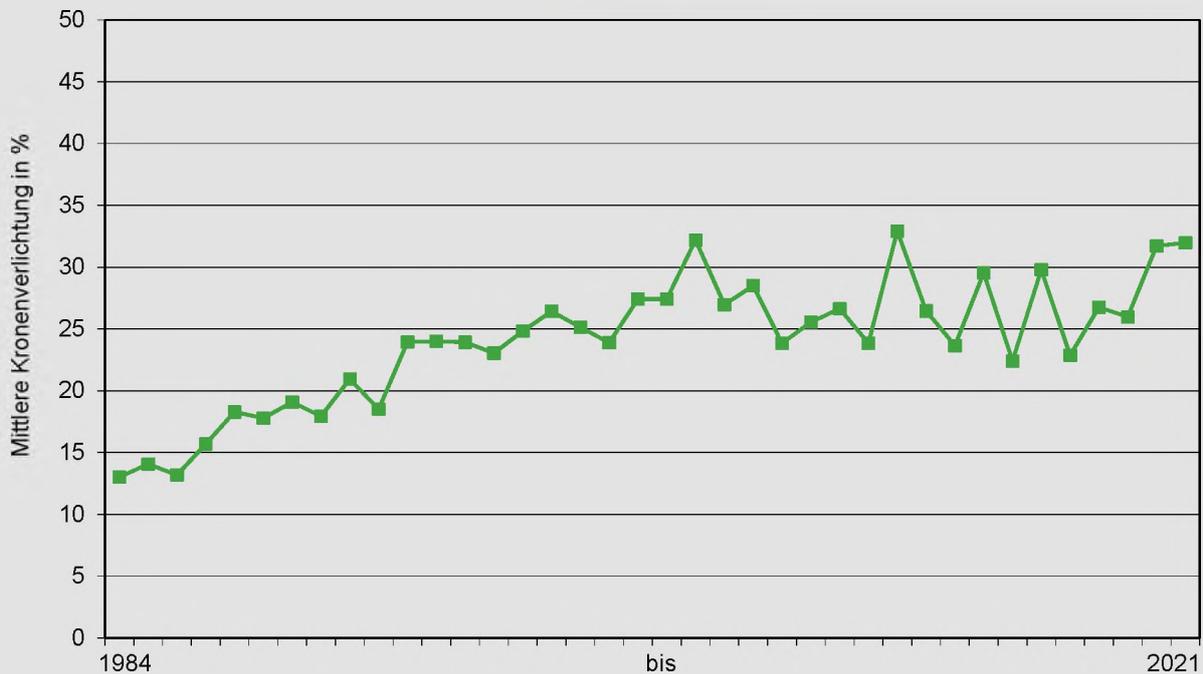
Im letzten Jahrzehnt trugen die Buchen nahezu jedes zweite Jahr Bucheckern. Nach dem starken Fruchtbehang des Vorjahres (83 % der Probe-

bäume) trugen in 2021 nur wenige Buchen Früchte (5 % der Probebäume). Dieser Rückgang des Fruchtbehanges wurde so erwartet. In der Vergangenheit war mit dem Wegfall dieser natürlichen Belastung immer auch eine entsprechende Erholungsreaktion der Buchen verbunden. Treten jedoch andere Stressfaktoren für die Buchen in den Vordergrund, so sind die Buchen nicht in der Lage ihren Kronenzustand wieder zu verbessern. Schon im Jahr 2019 hatte der im Verlauf des Jahres zunehmende Trockenstress eine durchgreifende Erholung nach dem Fruchtjahr 2018 verhindert. In 2021 war der Witterungsverlauf zwar durchaus günstig, die vorangegangenen Trockenjahre, verbunden mit dem starkem Fruchtbehang 2020, haben aber vermutlich vielerorts die Anlage ausreichend versorgter Blattknospen und die Bildung von Reservestoffen behindert. In der Folge blieben Neuaustrieb und Blattentwicklung 2021 hinter den Hoffnungen einer deutlichen Erholung vielfach zurück.

## Buche

### Entwicklung der Schadstufenverteilung





Teilweise sind feine Seitenzweige der Kronenperipherie auch gänzlich abgestorben. In 2021 wurde bei 29 % der Probebäume, und damit vergleichsweise häufig, Dürreisig beobachtet. Der Anteil an Buchen an denen Dürreisig in größerem Ausmaß (mehr als 5 % Anteil) beobachtet wurden und auch die Stärke der abgestorbenen Äste ist merklich höher als zuvor. Dürres Feinreisig und abgestorbene Äste im Lichtkronenbereich werden seit Beginn der Erhebung 1984 bei der Bewertung der Kronenverlichtung berücksichtigt und gehen anteilmäßig in die Beurteilung des Blattverlustes mit ein. Der Anteil variiert in der Zeitreihe recht stark und zeigt keinen gerichteten Trend. Da bei der Buche das dürre Reisig in der Regel im Laufe eines Jahres herausbricht, ist das beobachtete dürre Feinreisig überwiegend seit der letzten Erhebung neu dazugekommen.

Schäden durch blattfressende Insekten, insbesondere Loch- und Minierfraß durch den Buchenspringrüssler (*Rhynchaenus fagi*), war an rund 23 % der Probebäume aufgetreten und damit genauso häufig wie im Vorjahr zu beobachten. Meist handelt es sich jedoch um leichten Fraß (bis zu 5 % der Blattmasse betroffen), der ohne Einfluss auf den Kronenzustand blieb.

Befall durch Blattpilze, wie der Blattbräune (*Apiognomonina errabunda*), wurde zwar gelegentlich (an 2 Probebäumen) beobachtet, jedoch meist nur im Bereich der Schattenkrone. Damit blieb die Blattbräune ohne Einfluss auf den bewerteten Kronenzustand. Vergilbungen waren insgesamt an 19 Probebäumen, davon 2 mit nennenswertem Umfang notiert worden.

## Eiche

Der Kronenzustand der Eichen hat sich im Jahr 2021 verschlechtert. Der Anteil deutlich geschädigter Probestämme ist gegenüber dem Vorjahr um 10 Prozentpunkte, die mittlere Kronenverlichtung um 3,2 Prozentpunkte angestiegen. Diese Veränderung ist signifikant. Die Eiche zeigt damit weiterhin ausgeprägte Schwankungen in der Entwicklung der Kronenverlichtung und bleibt auf einem hohen Schadniveau, aber unterhalb des Niveaus maximaler Schäden der Periode von 1996 bis 2010. Stark geschädigt oder abgestorben waren 5,4 % der Probestämme. Frisch abgestorben war keiner der Probestämme. Die Ausscheiderate ist mit 1,8 % zwar etwas überdurchschnittlich im Vergleich der Zeitreihe, doch handelt es sich hier überwiegend um einzelne Eichen, die noch lebend am Aufnahmepunkt vorhanden sind, verfahrenstechnisch jedoch nicht mehr aufgenommen werden konnten, da der Hauptbestand des betreffenden Aufnahmepunktes ausgeschieden ist und keine 24 Probestämme mehr vorhanden sind. An einem Probestamm wurde Befall durch den Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus*) festgestellt, an drei weiteren Schleimfluss, der unspezifisch auf eine Schädigung der Rinde und des Kambiums hindeutet.

Die Eichen erleiden regelmäßig mehr oder minder starke Schäden durch blattfressende Insekten. Häufig wird der Wiederaustrieb durch den neobiotischen Eichenmehltau (*Microsphaera alphitoides*) befallen. Insektenfraß aber auch Mehлтаubefall haben sich als bedeutsame Einflussfaktoren auf die Entwicklung des Kronenzustandes bei der Eiche erwiesen. Der Anstieg des Schadniveaus in 2021 betrifft zwar alle Eichen, diejenigen, an denen Insektenfraß oder Pilzbefall zu beobachten war jedoch in ausgeprägterem Umfang.

Aktuell wurden an 17 % der Probestämme Fraßschäden beobachtet. Damit ist der Anteil gegenüber dem Vorjahr (10 %) etwas höher, die Fraßintensität blieb aber überwiegend gering. Der Mehлтаupilz ist allgegenwärtig und befällt regel-

mäßig die Eiche, besonders betroffen ist meist der zweite Austrieb. Ausmaß und Intensität des Befalls sind jedoch sehr unterschiedlich und nicht immer zuverlässig zu erkennen. Zum Zeitpunkt der Erhebung 2021 war Mehltau an 31 Probestämmen (4,5 %) festzustellen. Beobachtungen gegen Ende der Erhebung lassen jedoch vermuten, dass Mehltau wesentlich häufiger verbreitet war und intensiver auftrat, als zu Beginn erkannt werden konnte. Der Befall durch den Mehлтаupilz wurde also mutmaßlich unterschätzt.

Der Eichen-Prozessionsspinner ist in den wärmebegünstigten Wuchsgebieten Saar-Nahe Bergland, Mittelrhein- und Moseltal an insgesamt 7 Aufnahmepunkten festgestellt worden. Es treten aber nur unbedeutende Fraßschäden auf.

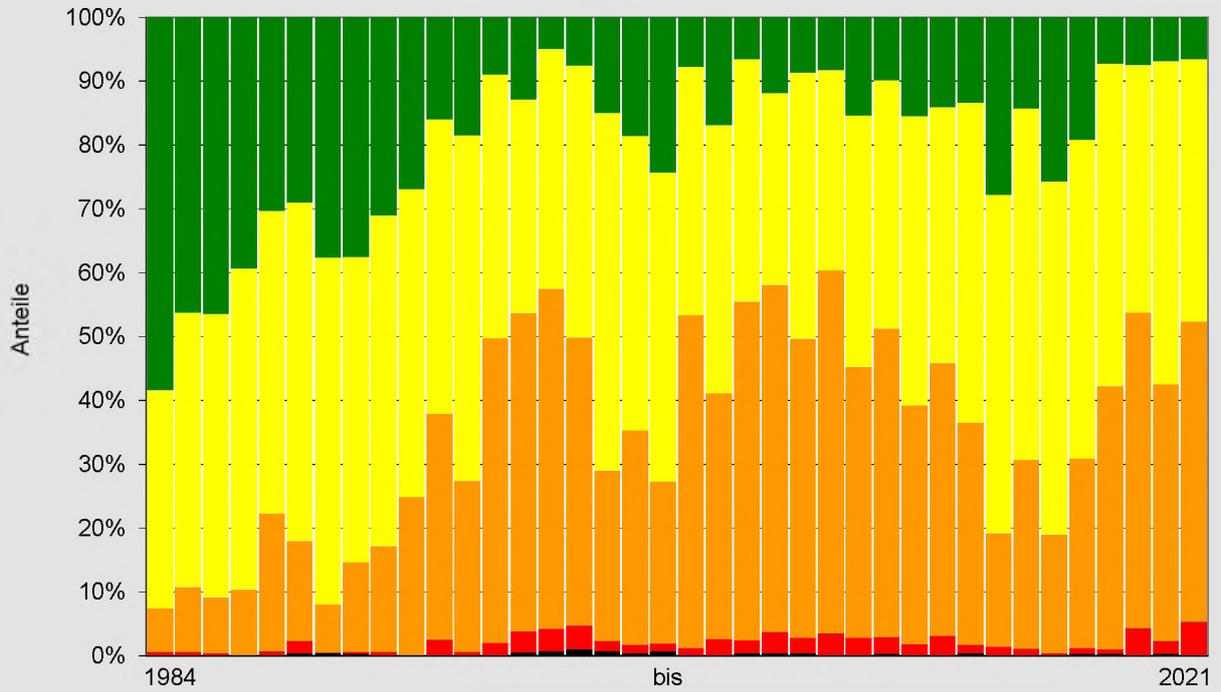
In 2021 war kaum Fruchtbehang an Eichen (5 % der Probestämme) erkennbar. Die Früchte der Eiche sind zum Zeitpunkt der Waldzustandserhebung aber meist noch zu klein, um den Fruchtbehang sicher abschätzen zu können. Bisher war nur in wenigen Jahren der Fruchtbehang gut erkennbar, doch auch mit diesen Daten war es nicht möglich abzuschätzen, ob die Fruchtbildung bei der Eiche einen Einfluss auf die Entwicklung der Kronenverlichtung hat.

Explizite Ursachen für die Schwankungen im Schadniveau der letzten Jahre bei den Eichen sind allein aus den Daten der Waldzustandserhebung nicht erkennbar oder abzuleiten.

An einigen Eichen werden ins Gelblich gehende Verfärbungen der Blätter oder hellgrüne bis gelbe Partien zwischen den Blattrippen beobachtet. Die genaue Ursache hierfür ist nicht bekannt. Es könnte sich um Virenbefall oder Pilzinfektionen oder Störungen der Nährstoffversorgung handeln. Stärkere Blattvergilbungen wurden 2021 an 2 Probestämmen beobachtet, unbedeutende Vergilbungen an 21 Probestämmen.

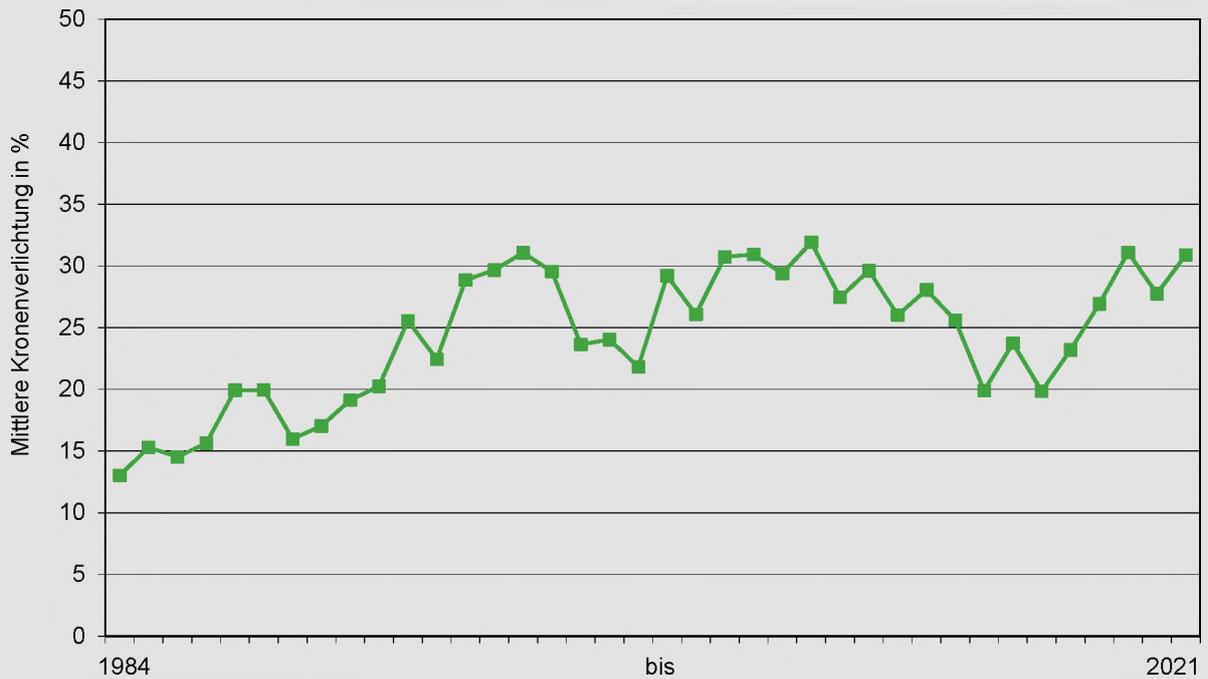
### Eiche

### Entwicklung der Schadstufenverteilung



### Eiche

### Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



## Kiefer

Bei der Kiefer hat sich der Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr verbessert. Der Anteil an Probestämmen mit deutlichen Schäden liegt um 11 Prozentpunkte, die mittlere Kronenverlichtung um 4,1 Prozentpunkte niedriger. Diese Veränderung ist signifikant. Das Schadniveau ist damit in den Rahmen der Streuung der Zeitreihe zurückgekehrt.

Stark geschädigt oder abgestorben sind 2,6 % der Probestämme. Dieser Wert bleibt damit im Verlauf der Zeitreihe, wie schon im Vorjahr, unverändert hoch. Frisch abgestorben waren 8 Probestämme (Absterberate 1,5 %), was der höchste Wert in der Zeitreihe ist. Wie schon im Vorjahr waren landesweit immer wieder abgestorbene Kiefern zu beobachten, meist nur einzelne Bäume oder Gruppen, in der Rheinebene aber auch bestandesweise. Der Anteil der nutzungsbedingt ausgeschiedenen Probestämme liegt mit 0,8 % jedoch unter dem langjährigen Durchschnitt.

Vergilbung in nennenswertem Umfang wurde in 2021 nicht beobachtet, geringfügige Vergilbungen an einem Probestamm. Mit nur 3 Nadeljahrgängen reagiert die Kiefer in Rheinland-Pfalz vergleichsweise flexibel mit variabler Benadelungsdichte und kann Verluste aus dem Vorjahr, die sich auf den ältesten Nadeljahrgang beschränken, sehr schnell ausgleichen.

Die Kiefern zeigen regelmäßig Zapfenbehang und haben in 2021 normal getragen. Ein Zusammenhang zwischen der Intensität des Zapfenbehanges und der Entwicklung der Kronenverlichtung ist nicht erkennbar.

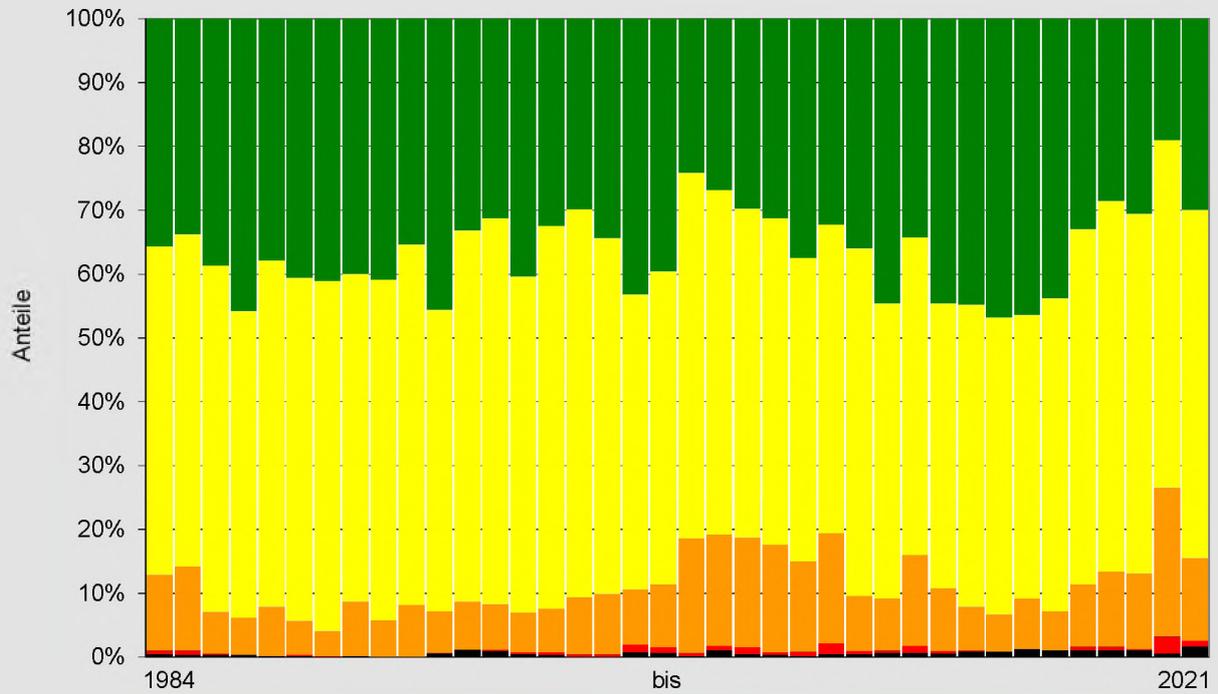
Bei 11 % der Kiefern war Reifefraß durch den Großen oder Kleinen Waldgärtner (*Tomicus piniperda* oder *T. minor*) zu beobachten. Durch den Reifefraß dieser auf Kiefern spezialisierten Borkenkäfer sterben einjährige Triebe ab. Bei wiederholtem Befall kann es dadurch zu Störungen in der Verzweigung kommen, die dann zu einem schlechteren Kronenzustand führen.

An 19 % der Probestämme wurde Mistelbefall festgestellt. Extrem ist der Mistelbefall in der Rheinebene, wo mehr als drei Viertel (78 %) aller Kiefern-Probestämme betroffen sind. Im Pfälzerwald wurden vereinzelt Kiefernmisteln beobachtet, hier sind knapp 5 % der Probestämme befallen. In allen übrigen Wuchsgebieten wurden Kiefernmisteln nicht festgestellt. Die Kiefernmistel verdrängt die Nadeln des Baumes und sorgt für eine erhöhte Wasserverdunstung. In Trockenzeiten verstärkt sich damit der Trockenstress des Baumes. Starker Mistelbefall äußert sich daher in der Regel in einem schlechteren Kronenzustand und kann im Extremfall auch zum Absterben des Baumes führen.

Im Wuchsgebiet „Oberrheinisches Tiefland“ (der Rheinebene) ist die Schadsituation für die Kiefer besonders schlecht. Der Anteil deutlich geschädigter Probestämme liegt mit 28 % um 13 Prozentpunkte über dem Landesmittel, ist also fast doppelt so hoch. Die mittlere Kronenverlichtung ist mit 28,3 % ebenfalls merklich (8,6 Prozentpunkte) über dem Landesschnitt. Entgegen dem landesweiten Trend konnte sich die Kiefer in der Rheinebene auch nicht in ihrem Kronenzustand verbessern, sondern verharrte auf dem Schadniveau des Vorjahres. Es ist zu vermuten, dass die Kiefernmistel hier eine entscheidende Rolle im Schadgeschehen spielt. Die wenigen nicht mistelbefallenen Kiefern im Wuchsgebiet haben sich jedoch nicht günstiger entwickeln können als die befallenen. Daher ist davon auszugehen, dass die Standortbedingungen in der Rheinebene die Vitalität der Kiefer ebenfalls ungünstig beeinflusst haben.

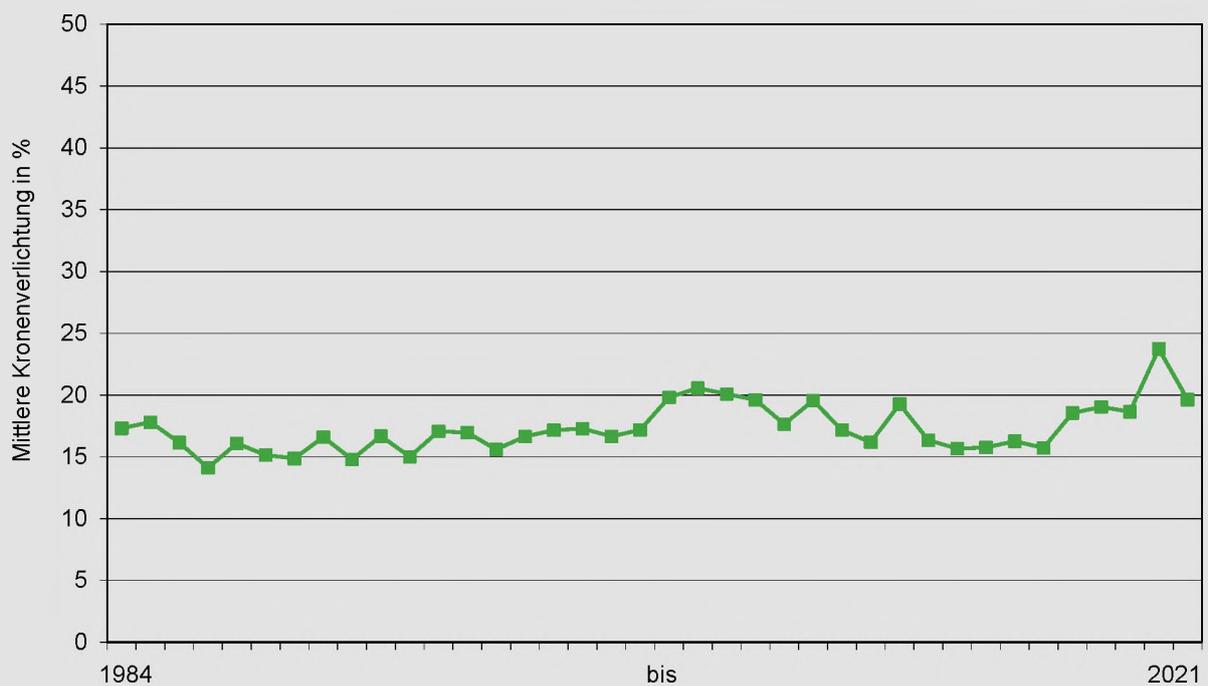
## Kiefer

### Entwicklung der Schadstufenverteilung



## Kiefer

### Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



## Douglasie

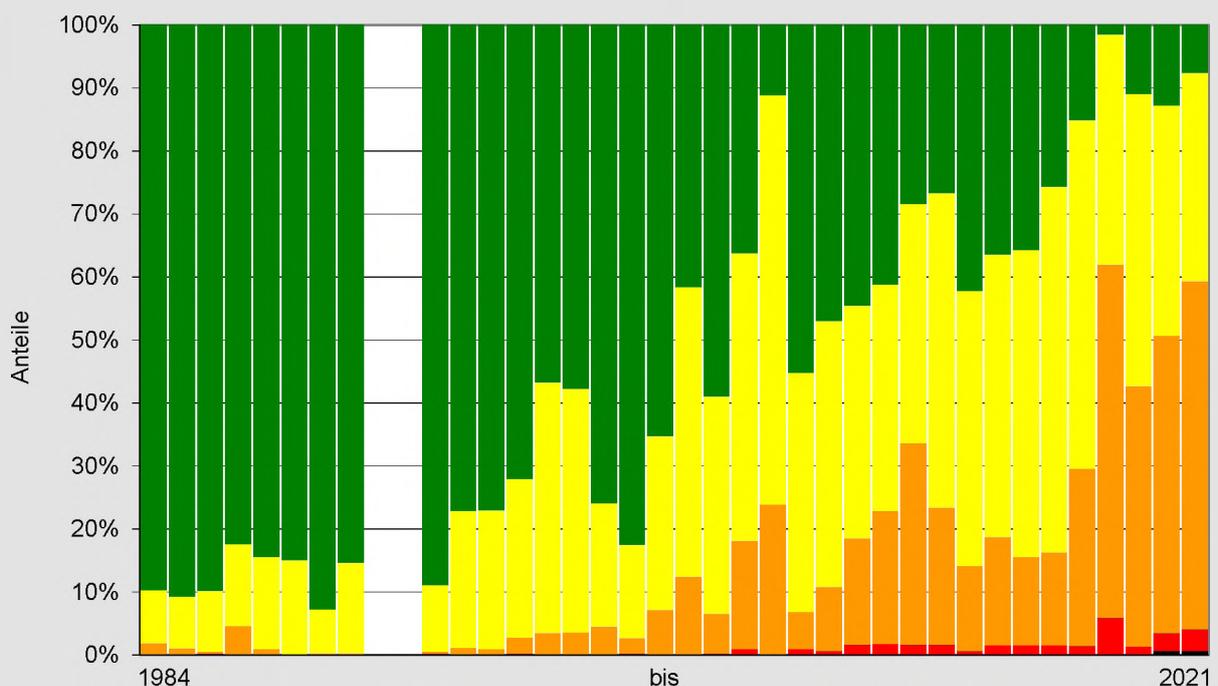
Bei der Douglasie hat sich der Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr verschlechtert. Der Anteil deutlich geschädigter Probestämme ist um 8 Prozentpunkte angestiegen. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 1,4 Prozentpunkte höher. Diese Veränderung ist allerdings nicht signifikant. Stark geschädigt oder abgestorben waren 4,1 % der Probestämme, frisch abgestorben war keiner der Probestämme (Absterberate 0,0 %). Unplanmäßig vorzeitig ausgeschieden war ein Probestamm.

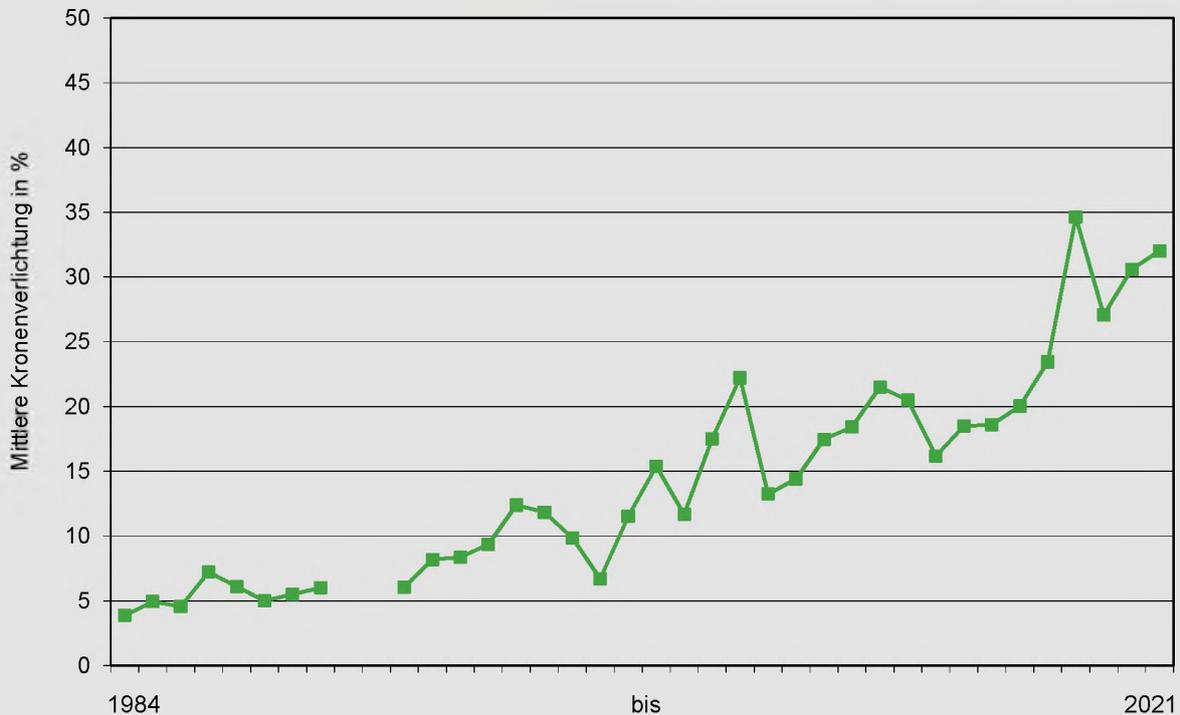
Die Rußige Douglasienschütte (*Phaeocryptopus gaeumannii*) ist landesweit in allen Douglasienbeständen gegenwärtig. Sie betrifft die älteren Nadeljahrgänge. Je nach Disposition der Douglasien und Witterungsverlauf treten die Symptome unterschiedlich stark in Erscheinung. Seit einigen

Jahren prägt die Schütte das Erscheinungsbild der Douglasie. In 2021 wurde sie an 26 Probestämmen (18 %) notiert. Infektionen weiterer Pilze betrafen die diesjährigen Triebe und können sie gänzlich zum Absterben bringen. Dieses Triebsterben wurde in 2021 an 2 Probestämmen festgestellt und stellt eine erhebliche zusätzliche Belastung dar. Die durch diese Pilzkrankungen betroffenen Douglasien sind zum Teil sehr stark verlichtet. Zu einem vorzeitigen Ausfall oder Absterben von Probestämmen ist es bisher aber nur im Ausnahmefall gekommen. Die Douglasiengallmücke (*Contarinia pseudotsugae*) wurde bisher an den Probestämmen der Waldzustandserhebung nicht festgestellt. Auch andere Schäden durch Insektenbefall oder abiotische Schäden wurden an den Aufnahmepunkten der Waldzustandserhebung nicht festgestellt.

## Douglasie

### Entwicklung der Schadstufenverteilung





Nach dem reichlichen Fruchtbehang im Vorjahr (57 %) war in 2021 kaum Fruchtbehang (6 %) zu beobachten. Bei Sturmereignissen werden bei der Douglasie regelmäßig in erheblichem Umfang Zweige aus der Oberkrone herausgebrochen. Die Baumkronen älterer Douglasien erhalten so ein typisch zerzaustes Aussehen. Vergilbung ist ohne Bedeutung und wurde in 2021 nur an sieben Probestämmen, meist in unbedeutendem Ausmaß, beobachtet.

#### Andere Baumarten

In unseren Wäldern finden sich neben den bereits genannten noch eine Vielzahl anderer Baumarten. Die Waldzustandserhebung erfasst mit ihrer Stichprobe insgesamt 32 verschiedene Baumarten. Einige werden nur mit einzelnen Exemplaren, andere aber auch mit mehr als 100 Probestämmen erfasst, sodass eine baumarten-spezifische Aussage zum Kronenzustand möglich

ist. Wegen des geringeren Stichprobenumfangs sind die Aussagen hier jedoch mit höheren Unsicherheiten behaftet und die Veränderungen sind häufig nicht signifikant. Im Jahr 2021 ist das Schadniveau der Nebenbaumarten insgesamt zurückgegangen.

Bei den Lärchen ist der Anteil der deutlichen Schäden gegenüber dem Vorjahr um 8 Prozentpunkte, die mittlere Kronenverlichtung um 2,3 Prozentpunkte zurückgegangen. Diese Veränderung ist nicht signifikant. Stark geschädigt oder abgestorben waren 7,1 % der Probestämme, frisch abgestorben sind 6 Probestämme (Absterberate 4,3 %). An den meisten dieser Bäume war Befall durch Lärchen-Borkenkäfer zu beobachten, ob ursächlich für das Absterben oder als Sekundärbefall im Zuge des Absterbeprozesses bleibt aber spekulativ, waren diese Bäume bis auf einen doch schon im Vorjahr stark geschädigt.

Im Jahr 2021 wurde an 41 % der Probestämme frischer Zapfenbehang beobachtet. Schon im Vorjahr war sehr starker Fruchtbehang (77 % der Probestämme) festgestellt worden. Die Beobachtungen im Laufe der Zeitreihe zeigen, dass die Lärche in den Bereichen der Zweige, an denen sehr viele Zapfen gebildet werden, nur noch wenige benadelte Seitentriebe (Lang- und Kurztriebe) ausbildet. Auch bleiben ältere, bereits geöffnete Zapfen noch im Folgejahr am Zweig hängen. In der Folge sind teilweise gänzlich unbenadelte Partien im Bereich der Lichtkrone sichtbar. Offensichtliche Schäden durch Insektenfraß oder Pilzbefall an den Nadeln waren 2021 nicht erkennbar.

Bei der Esche ist das Schadniveau weiterhin extrem hoch, auch wenn sich die Schadsituation etwas entspannt hat. Der Anteil deutlich geschädigter Probestämme ist um 16 Prozentpunkte, die mittlere Kronenverlichtung um 3,4 Prozentpunkte gegenüber dem Vorjahr zurückgegangen. Diese Veränderung ist signifikant. Eschen ohne sichtbare Schadmerkmale sind wieder häufiger im Kollektiv der Probestämme zu finden. Allerdings sind auch die Anteile stark geschädigter oder abgestorbener Probestämme etwas höher als im Vorjahr. Frisch abgestorben sind vier Probestämme (Absterberate 3,4 %), die schon im Vorjahr stark geschädigt waren. Ausgeschieden sind drei Eschen-Probestämme. Es wurde nur eine Esche neu als Probestamm ausgewählt, die Anzahl der Eschen im Kollektiv der Waldzustandserhebung ging weiter zurück.

Das Eschentriebsterben ist in allen Landesteilen und allen Altersstufen gegenwärtig. Diese Pilzinfektion ist für das Schadniveau der Esche prägend. An rund 49 % aller Eschen (im Vorjahr 46 %) wurden Symptome des Eschentriebsterbens notiert. Die infolge der Erkrankung abgestorbenen Triebe oder Blätter gehen in die Bewertung der Kronenverlichtung mit ein. Die Esche regeneriert dann, soweit sie es vermag, über neu gebildete Triebe aus dem Kroneninneren heraus. Auch wenn an den Probestämmen keine frischen Symptome

Eine ausführliche Darstellung der Auswertungen der Waldschäden - differenziert nach Altersklassen für die Baumarten Fichte, Buche, Eiche und Kiefer - findet sich in der Internetpräsentation der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft:

<https://fawf.wald.rlp.de/de/forschung-und-monitoring-unsere-aufgaben/forstliches-umweltmonitoring/waldzustandserhebung/befunde-neueste-ergebnisse-einflussfaktoren-und-bewertung-der-schadentwicklung-ab-1984/>

des Eschentriebsterbens erkennbar sind, ist der Pilz im Wald doch gegenwärtig. An allen Aufnahmepunkten mit Eschen unter den Probestämmen wurden im Verlauf der letzten Jahre Eschen mit Schadsymptomen beobachtet.

An 8 % der Probestämme wurden geringfügige Blattschäden durch Insektenfraß beobachtet. In 2021 trugen 4 % der Eschen Früchte. Die büschelartige Anordnung der Früchte, anstelle normaler Blätter, führt tendenziell zu einer geringeren Belaubungsdichte bei fruchttragenden Bäumen. Blattvergilbungen wurde an keinem Probestamm festgestellt.

Die Vitalität der Hainbuche hat sich gegenüber dem Vorjahr verschlechtert. Der Anteil der deutlichen Schäden ist um 4 Prozentpunkte, die mittlere Kronenverlichtung um 3,4 Prozentpunkte angestiegen. Diese Veränderung ist signifikant. Stark geschädigt und abgestorben sind 5,7 % der Probestämme, frisch abgestorben sind keine (Absterberate 0,0 %).

Die Hainbuche wächst vergleichsweise häufig in den Gebieten alter Niederwälder in den Seitentälern von Rhein und Mosel und ist an die dort herrschenden Standortverhältnisse gut angepasst.

Im Jahr 2021 wurde an 85 % der Hainbuchen Fruchtbehang festgestellt und damit häufiger und auch in höherer Intensität als im Vorjahr. Die Fruchtstände der Hainbuche sind durch grüne

| Baumart<br>(bzw. Gattung)    | Jahr        | Anzahl an<br>Probebäumen | Anteile der Schadstufen (in %) |           |           | mittlere<br>Kronenverlichtung |
|------------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------------|-----------|-----------|-------------------------------|
|                              |             |                          | 0                              | 1         | 2-4       |                               |
| Lärche                       | <b>2021</b> | <b>141</b>               | <b>17</b>                      | <b>42</b> | <b>41</b> | <b>28,1</b>                   |
|                              | 2020        | 140                      | 6                              | 45        | 49        | 30,4                          |
|                              | 2019        | 145                      | 6                              | 55        | 39        | 27,4                          |
|                              | 2018        | 144                      | 6                              | 54        | 40        | 27,5                          |
|                              | 2013        | 355                      | 34                             | 52        | 14        | 18,0                          |
|                              | 2004        | 357                      | 20                             | 49        | 31        | 24,3                          |
|                              | 1994        | 357                      | 50                             | 35        | 15        | 15,8                          |
|                              | 1984        | 349                      | 75                             | 21        | 4         | 7,7                           |
| Esche                        | <b>2021</b> | <b>119</b>               | <b>17</b>                      | <b>34</b> | <b>49</b> | <b>34,1</b>                   |
|                              | 2020        | 121                      | 6                              | 30        | 64        | 37,5                          |
|                              | 2019        | 125                      | 5                              | 50        | 45        | 33,0                          |
|                              | 2018        | 125                      | 2                              | 27        | 71        | 42,4                          |
|                              | 2013        | 198                      | 24                             | 51        | 25        | 20,5                          |
|                              | 2004        | 152                      | 26                             | 54        | 20        | 21,1                          |
|                              | 1994        | 103                      | 63                             | 31        | 6         | 12,2                          |
|                              | 1984        | 96                       | 92                             | 7         | 1         | 4,6                           |
| Hainbuche                    | <b>2021</b> | <b>105</b>               | <b>10</b>                      | <b>57</b> | <b>33</b> | <b>27,7</b>                   |
|                              | 2020        | 104                      | 22                             | 49        | 29        | 24,3                          |
|                              | 2019        | 96                       | 8                              | 33        | 59        | 35,0                          |
|                              | 2018        | 96                       | 12                             | 55        | 33        | 24,3                          |
|                              | 2013        | 328                      | 37                             | 54        | 9         | 16,9                          |
|                              | 2004        | 291                      | 13                             | 31        | 56        | 30,4                          |
|                              | 1994        | 241                      | 37                             | 49        | 14        | 17,8                          |
|                              | 1984        | 224                      | 63                             | 29        | 8         | 11,9                          |
| Andere<br>Laubbaum-<br>arten | <b>2021</b> | <b>349</b>               | <b>40</b>                      | <b>36</b> | <b>24</b> | <b>19,3</b>                   |
|                              | 2020        | 334                      | 36                             | 36        | 28        | 22,3                          |
|                              | 2019        | 299                      | 26                             | 52        | 22        | 20,8                          |
|                              | 2018        | 295                      | 27                             | 48        | 25        | 22,1                          |
|                              | 2013        | 947                      | 48                             | 40        | 12        | 15,2                          |
|                              | 2004        | 786                      | 39                             | 38        | 23        | 19,9                          |
|                              | 1994        | 619                      | 60                             | 27        | 13        | 13,5                          |
|                              | 1984        | 498                      | 76                             | 17        | 7         | 9,1                           |

Hochblätter getragen, die zur Photosynthese des Baumes beitragen. Damit führt der Fruchtbehang bei der Hainbuche nicht direkt zu einer höheren Kronenverlichtung, obgleich die Fruchtstände in der oberen Baumkrone an der Stelle normaler Blätter stehen. Die Hochblätter der Fruchtstände neigen zu früher Verfärbung, entsprechend wird auch immer wieder Vergilbung beobachtet, in 2021 jedoch nur an einem Probebaum in geringer Intensität.

Eine eingehende Beschreibung der Methodik (Auswahl und Anlage der Probepunkte, Auswahl und Ersatz der Probebäume) finden Sie auf den Webseiten der FAWF:

<https://fawf.wald.rlp.de/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/FUM/UM/methoden.pdf>

Schäden durch Insektenbefall wurden an 8 % der Probebäume beobachtet, etwas häufiger als im Vorjahr, aber nur in geringer Intensität ohne erkennbaren Einfluss auf den Kronenzustand. Bei Ahorn, Birke, Erle und Tanne war 2021 ein Rückgang des Schadniveaus gegenüber dem Vorjahr zu verzeichnen. Bei Ahorn war vereinzelt die Teerfleckenkrankheit, ein Blattpilz (*Rhytisma acerinum*) zu beobachten, an Erle Lochfrass durch den Erlenblattkäfer (*Agelastica alni*), in beiden Fällen jedoch ohne merklichen Einfluss auf den Kronenzustand. Frisch abgestorben waren ein Ahorn und eine Erle.

Die Edelkastanie, Roteiche, Kirsche, Aspe und Linde tendieren ebenfalls zu einer Verbesserung ihres Kronenzustandes.

Die Pappel und Vogelbeere tendierten zu einer Verschlechterung ihres Kronenzustandes. Die Eberesche (Vogelbeere) war auch wieder häufig durch leichten Insektenfraß geschädigt. Bei der Kirsche waren häufig leichte Schäden durch die „Schrotschusskrankheit“ oder die „Sprühfleckenkrankheit“ zu erkennen. Diese Blattpilze (*Wilsonomyces carpophilus* und *Phloeosporrella padi*) führen zu einer vorzeitigen Verfärbung und Blattfall, was aber erst nach dem Abschluss der Erhebung zu beobachten war. Die Edelkastanien-Gallwespe (*Dryocosmus kuriphilus*) ist zwar in den Beständen vorhanden, bisher aber in einem so geringen Ausmaß, sodass keine wesentliche Schädigung der Baumkronen erfolgt.

### Einfluss ausgeschiedener und ersetzter Probebäume

Von den markierten Stichprobenbäumen scheiden jedes Jahr einige aus dem Beobachtungskollektiv aus. Die Waldteile, in denen die Aufnahmepunkte der Waldzustandserhebung angelegt und die Stichprobenbäume markiert sind, werden meist regulär forstlich bewirtschaftet. Maßgeblich sind dabei die Ziele der jeweiligen

Eine ausführlichere Darstellung zum Ausscheiden und Ersatz von Probebäumen finden Sie auf den Webseiten der FAWF:

<https://fawf.wald.rlp.de/de/forschung-und-monitoring-unsere-aufgaben/forstliches-umweltmonitoring/waldzustandserhebung/befunde-neueste-ergebnisse-einflussfaktoren-und-bewertung-der-schadentwicklung-ab-1984/ausscheiden-und-ersatz-von-probebaeumen/>

Waldbesitzenden. Einzelne Probebäume werden daher im Zuge von Pflege- oder Ernteeingriffen gefällt. Zudem werden durch Sturmwurf, Schneebruch oder Insektenbefall betroffene Bäume entnommen. Probebäume scheiden aber auch, ohne dass sie im Rahmen von Hiebsmaßnahmen entnommen wurden, nach Sturmwurf, einem Kronenbruch oder wenn sie von Nachbarbäumen überwachsen wurden aus dem Stichprobenkollektiv aus. Ein Ersatz ausgeschiedener Probebäume ist notwendig, damit die Waldzustandserhebung den aktuellen Zustand des Waldes widerspiegelt. Im Jahr 2021 sind insgesamt 126 Probebäume ausgeschieden, von denen 78 ersetzt werden konnten. Insgesamt sind 2 Aufnahmepunkte komplett ausgeschieden. Bis zur Etablierung des Baumnachwuchses ruht die Erhebung an diesen Punkten. Von den im Jahr 1984 angelegten 148 Aufnahmepunkten und den damals ausgewählten 3.480 Probebäumen sind noch 1.249 im Kollektiv der Stichprobe erhalten, das sind 35,9 % des ursprünglichen Gesamtkollektivs.

Stehende, abgestorbene Probebäume verbleiben mit 100 % Nadel-/Blattverlust als bewertbare Probebäume im Aufnahmekollektiv, bis das feine Reisig aus der Krone herausgebrochen ist. Danach werden sie aus dem Probebaumkollektiv entfernt. Insgesamt wurden 88 abgestorbene Probebäume im Kollektiv vermerkt, davon waren 27 bereits beim letzten Erhebungstermin 2020 tot. Im Jahr 2021 selbst waren 61 Probebäume frisch abgestorben, das entspricht einer Absterberate von

1,6 %. Von den in 2020 bereits abgestorbenen Probebäumen wurden 18 ersetzt, da das Feinreisig herausgebrochen war, sie im Zuge einer regulären Holzernte mit entnommen wurden, sie umgefallen waren oder von Nachbarbäumen deutlich überwachsen worden waren.

Insgesamt ist der Einfluss des Ersatzes oder der Neuaufnahme von Probebäumen auf die Entwicklung der Schadstufenverteilung des gesamten Stichprobenkollektivs nach wie vor als gering zu bewerten. In 2021 war der Anteil der deutlich geschädigten Ersatzbäume merklich geringer als unter den ausgeschiedenen Probebäumen im Vorjahr. Die absolute Anzahl der betroffenen Probebäume würde sich bei dem Anteil deutlicher Schäden in der Art bemerkbar machen, dass er um einen Prozentpunkt höher liegen würde. Bisher, über die gesamte Zeitreihe hinweg betrachtet, unterschied sich die Schadstufenverteilung der Ersatzbäume nicht wesentlich von der ihrer Vorgänger zum letzten Bonitierungstermin. Lediglich stark geschädigte oder abgestorbene Bäume (Schadstufen 3 und 4) waren schon immer eher aus dem Stichprobenkollektiv ausgeschieden, wohingegen die Ersatzbäume nur selten in diese beiden Schadstufen fielen. Wegen der geringen absoluten Anzahl ausgeschiedener und ersetzter Probebäume machte sich dieser Effekt im Gesamtkollektiv der Probebäume nicht bemerkbar.

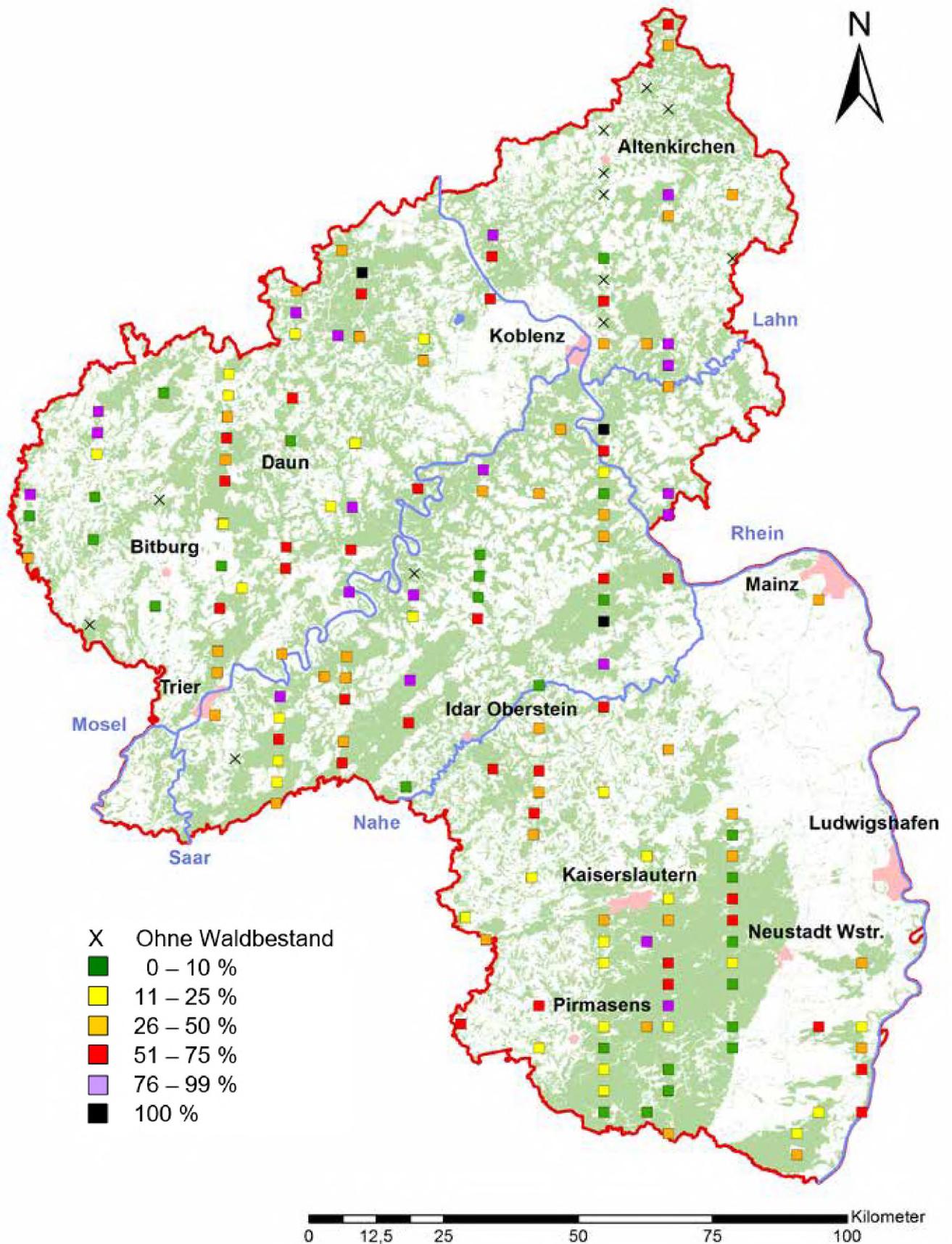
Die Ausscheiderate von 2020 auf 2021 liegt mit 3,3 % des Kollektivs der Stichprobe niedriger als im Vorjahr (6,5 %), hält sich aber weiter über der im Laufe der gesamten Zeitreihe seit 1984 beobachteten durchschnittlichen jährlichen Ausscheiderate von 2,7 %. Auch in 2021 ist dies dem hohen Anteil ausgeschiedener Fichten geschuldet, bei Eiche liegt die Ausscheiderate im langjährig beobachteten Schnitt, bei Buche und Kiefer darunter.

## Regionale Verteilung der Waldzustandsbefunde

Der am einzelnen Aufnahmepunkt festgestellte Grad der Schädigung sagt unmittelbar nur etwas über die Probebäume selbst und allenfalls über den in Artenszusammensetzung und Alter entsprechend umgebenden Waldbestand aus. Das Schadniveau der einzelnen Aufnahmepunkte variiert erheblich. Punkte, die keine oder nur wenige deutlich geschädigte Probebäume aufweisen, liegen in direkter Nachbarschaft von solchen, an denen über die Hälfte oder fast alle Probebäume deutlich geschädigt sind. Erst die Zusammenfassung einer gewissen Anzahl an Aufnahmepunkten erlaubt eine repräsentative Aussage für eine Region. Je höher dabei die Zahl der Stichprobenbäume ist, umso zuverlässiger ist die gewonnene Aussage.

Eine ausführliche Darstellung der Regionalisierung der Kronenverlichtung für den Wald insgesamt und die Baumarten Fichte, Buche, Eiche und Kiefer findet sich in der Internetpräsentation der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft:

<https://fawf.wald.rlp.de/de/forschung-und-monitoring-unsere-aufgaben/forstliches-umweltmonitoring/waldzustandserhebung/befunde-neueste-ergebnisse-einflussfaktoren-und-bewertung-der-schadentwicklung-ab-1984/regionale-verteilung/>





Eiche Nr. 4/8 am Aufnahmepunkt 347 südlich von Gerolstein  
Foto: F. Engels

# EINFLÜSSE AUF DEN WALDZUSTAND KLIMAWANDEL UND WITTERUNGSVERHÄLTNISSE



**Die Witterung in Rheinland-Pfalz war in den letzten Jahren in mehrfacher Hinsicht außergewöhnlich: nasser Winter, hohe Niederschläge im Februar, drei Mal langanhaltende Trocken-Perioden in den Vegetationszeiten mit überdurchschnittlichen Temperaturen, dann ein Winter mit Nass-Schnee, ein kühl-feuchtes Frühjahr und Sommerhochwasser.**

Die Witterungsbedingungen wirken in vielfältiger Weise auf den Wald ein. Zum einen können unmittelbar Schäden an den Bäumen entstehen, beispielsweise durch sommerliche Trockenheit, Früh- oder Spätfrost, Nassschnee, Sturm oder Hagel. Zum anderen beeinflusst die Witterung die Ozonentstehung, den Bodenchemismus, die Bildung von Blütenknospen, die Fruktifikation und viele andere Abläufe in den Waldökosystemen. Von besonderer Bedeutung, auch wenn sie sich der unmittelbaren Wahrnehmbarkeit entzieht, ist die Wirkung der Witterung auf das hochvernetzte tierische, pflanzliche, pilzliche und bakterielle Bodenleben, speziell mit Blick auf die Wurzelsysteme mit den Mykorrhizapartnern der Bäume und anderer Pflanzen. Großen Einfluss hat die Witterung auch auf Massenvermehrungen von Schadinsekten und Pilzkrankheiten. Daher ist auch der Witterungsverlauf für die von Jahr zu Jahr auftretenden Veränderungen im Kronenzustand der Bäume mitverantwortlich.

Der Vitalitätszustand der Bäume wird nicht nur von der Witterung des aktuellen Jahres, sondern auch von den Witterungsverläufen der Vorjahre beeinflusst. Seit 1997 waren die forstlichen Vegetationszeiten (Mai bis September) im Vergleich

zum langjährigen Mittel der Periode 1971 bis 2000 fast ausnahmslos zu warm. In diesen Daten werden die Auswirkungen des Klimawandels sichtbar. Regionale Klimamodelle projizieren für Rheinland-Pfalz bis zum Ende des Jahrhunderts einen Temperaturanstieg von ca. 1,5 bis 5° C gegenüber dem Vergleichszeitraum 1971 bis 2000. Bei der möglichen zukünftigen Niederschlagsentwicklung sind die Unsicherheiten in den Klimaprojektionen noch groß. Es deutet sich

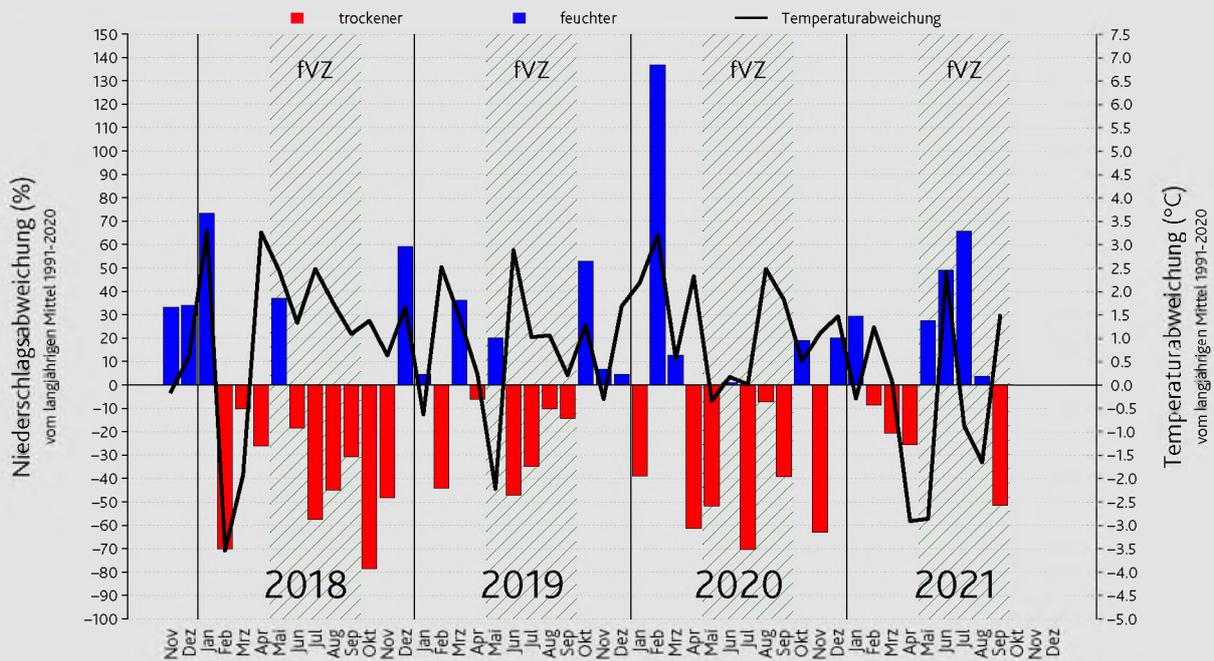
Die Daten der rheinland-pfälzischen Waldklimastationen und vieler weiterer Messstationen in Rheinland-Pfalz finden Sie im Landesportal [www.wetter-rlp.de](http://www.wetter-rlp.de).

Neben aktuellen und vergangenen Messwerten können für alle Stationen auch Wettervorhersagen abgefragt werden.

Informationen zum gegenwärtigen Klima, dem detaillierten Witterungsverlauf seit 1951, zu Projektionen des möglichen, zukünftigen Klimas in Rheinland-Pfalz, den möglichen Folgen des Klimawandels und Hintergrundinformationen zu den Themen Klima, Klimawandel und Klimawandelfolgen sowie Forschungsprojekten finden Sie im Internet unter [www.kwis-rlp.de](http://www.kwis-rlp.de)

**S. 28: Flächige Erosion der Bodenstreu an dem Level I Aufnahmepunkt 109 der Waldzustandserhebung, im Hintergrund die Probebäume der Aufstellung 4. Der Punkt liegt im Bereich des Oberhanges in einem Seitental der Ahr bei Altenahr. Damit zeigt sich, dass auch ein naturnaher, geschlossener älterer Buchenwald derartig extrem hohe Regenmengen, wie sie am 14. Juni niedergingen, nicht mehr zurückhalten kann.**

Foto: Sonja Blum



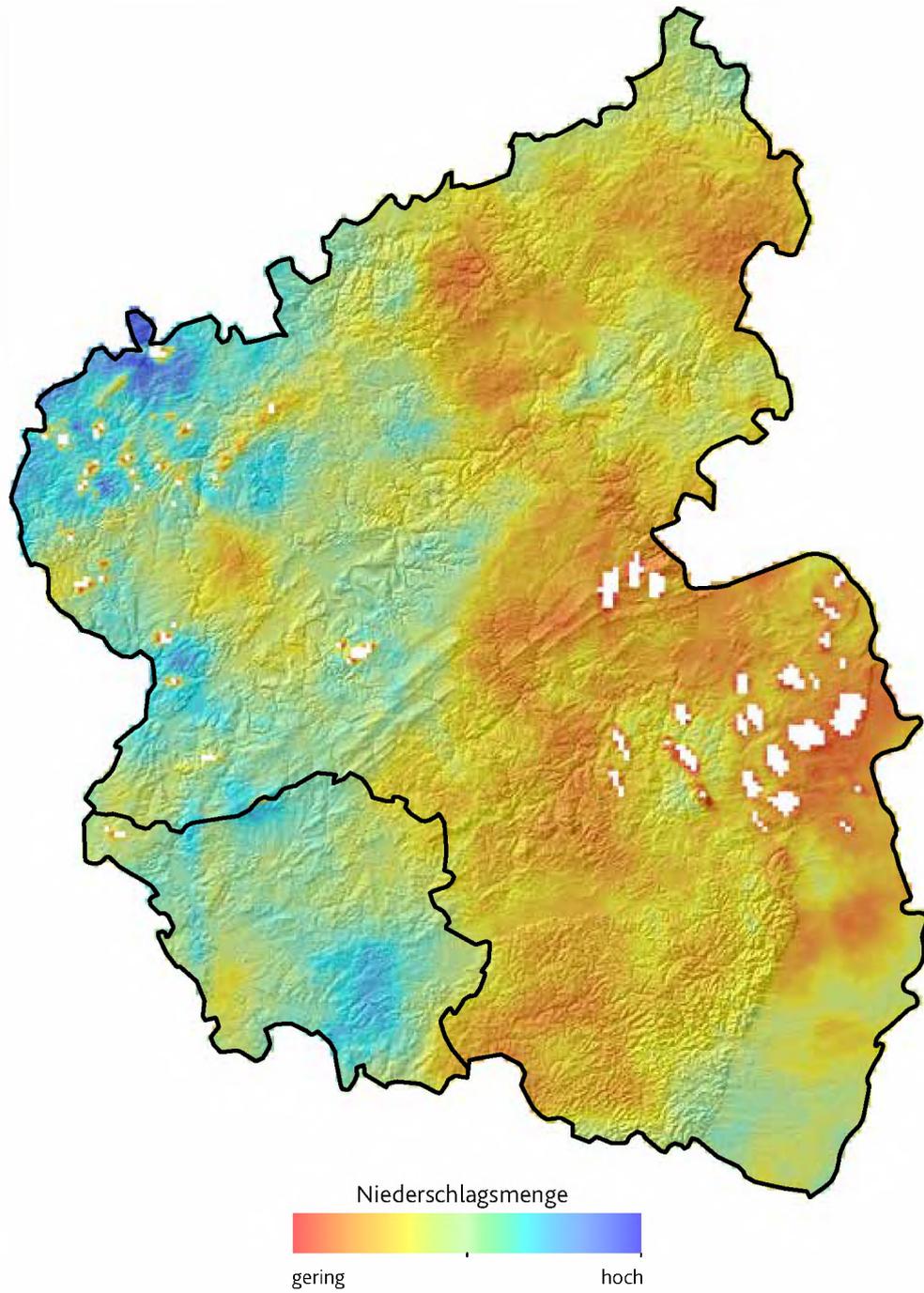
Datenquelle: Deutscher Wetterdienst

Darstellung: Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen (www.kwis-rlp.de)

sowohl eine Abnahme der Niederschlagsmengen im Sommer und in der forstlichen Vegetationszeit als auch insbesondere eine weitere Zunahme der Niederschlagsmengen im Winter an. Bezogen auf den Niederschlag im Gesamtjahr sowie in den Übergangsjahreszeiten zeigen die Projektionen keine eindeutige Richtung. Die letzten Jahre zeigten eine sehr ungleichmäßige Verteilung der Niederschläge sowohl im Jahresverlauf als auch zwischen den Regionen. Daher ist eine Zunahme der direkten und indirekten witterungsbedingten Schäden in den Waldökosystemen zu befürchten.

Das Vorjahr 2020 brachte hohe Niederschläge im Februar, dann eine trockene Periode im Frühjahr bis in den Mai, weitgehend ausgeglichene Niederschläge im Juni, gefolgt von einem extrem trockenen Juli und einer Trockenperiode bis Ende September. Meist überdurchschnittliche Temperaturen verstärkten den klimatischen Trocken-

stress für die Waldbäume. Im Winter konnten sich die Bodenwasservorräte wieder auffüllen. In der letzten Woche des Jahres 2020 kam es in Hunsrück und Eifel zu nassem Schneefall, der besonders bei den Nadelbäumen zu erheblichen Schneedruck- und -bruchschäden führte. Schäden durch Winterstürme blieben dafür nahezu aus. Im März und April 2021 war es im Mittel zwar wieder zu trocken, doch durch die guten Winterniederschläge kam es nicht zu Bodenwasserdefiziten. Die niedrigen Temperaturen sorgten im Vergleich zu den Vorjahren für einen verzögerten Vegetationsbeginn. Spätfröste führten lokal zu Schäden an der Obstblüte, jedoch kaum an den Waldbäumen. Ab Mai gab es wieder überdurchschnittliche Niederschlagsmengen und abgesehen von einer kurzen Hitzeperiode im Juni blieb es eher zu kühl. Die Niederschläge fielen zu einem erheblichen Anteil bei Starkregenereignissen und waren lokal ungleichmäßig verteilt. Alles in allem stand der



Vegetation weithin genügend Wasser zur Verfügung, wenn auch nicht alle Regenmengen vom Boden aufgenommen werden konnten. Hohe Anteile gingen durch Oberflächenabfluss verloren und haben an Waldwegen und insbesondere in den Tallagen teilweise zu extremen Schäden geführt. Das katastrophale Starkregenereignis vom 14.07.2021 mit schwersten Flutschäden im Ahrtal und weit darüber hinaus im Nordwesten von Rheinland-Pfalz wird im Gedächtnis der Menschen eingebrannt bleiben. Durch den fortschreitenden Klimawandel ist künftig vermehrt mit lokal auftretenden Starkregenereignissen und hohen Niederschlagsmengen zu rechnen. Daher kommt dem vorsorgenden Bodenschutz zum

Erhalt des Wasserrückhaltevermögens im Boden (z. B. über die Vermeidung von Bodenverdichtungen) und wirksamen Erosionsschutzmaßnahmen eine zunehmende Bedeutung zu und ist auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen durch Maßnahmen und Bewirtschaftungsweisen nach guter fachlicher Praxis umzusetzen. Die Waldböden können hierdurch hohe Wassermengen besser zwischenspeichern, zur Grundwasserneubildung oder durch eine verzögerte Abgabe ausgleichend zur Wasserversorgung der Waldökosysteme beitragen sowie Bodenverluste durch Wassererosion abmildern. Die Abbildungen verdeutlicht aber auch, dass sich Schädigungen bei Extremereignissen dennoch nicht verhindern lassen.

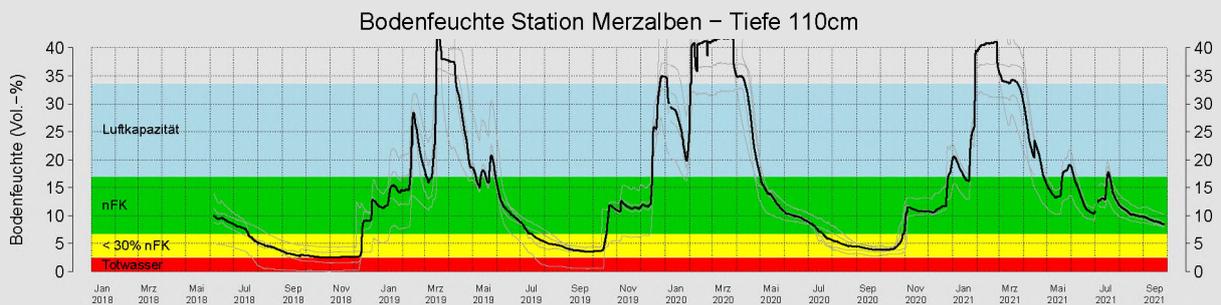
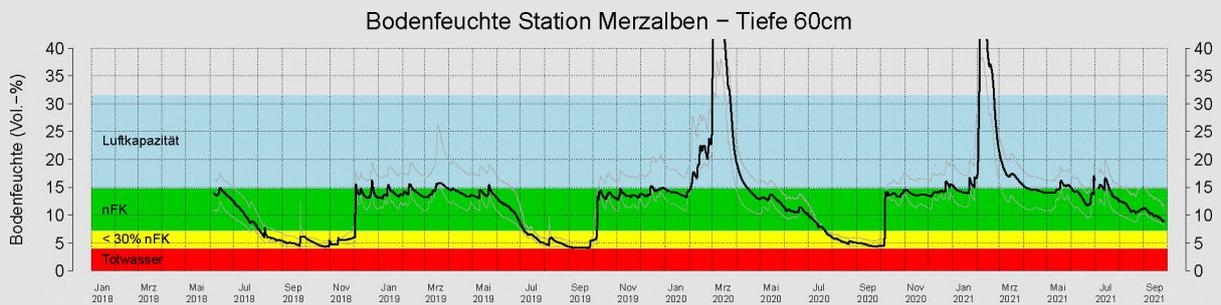
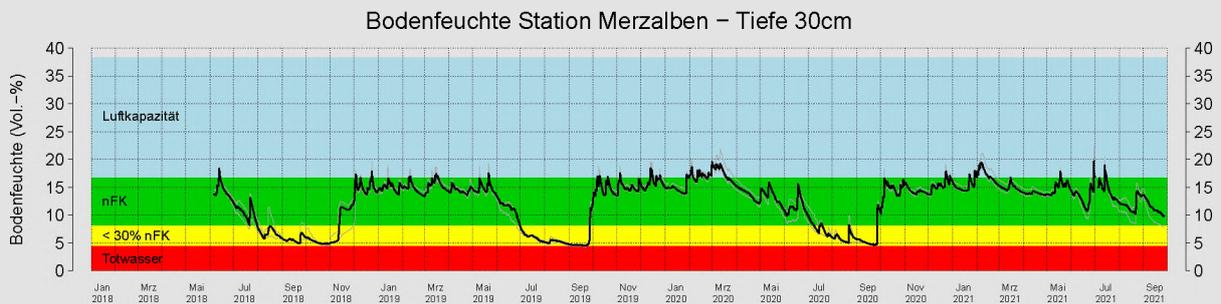
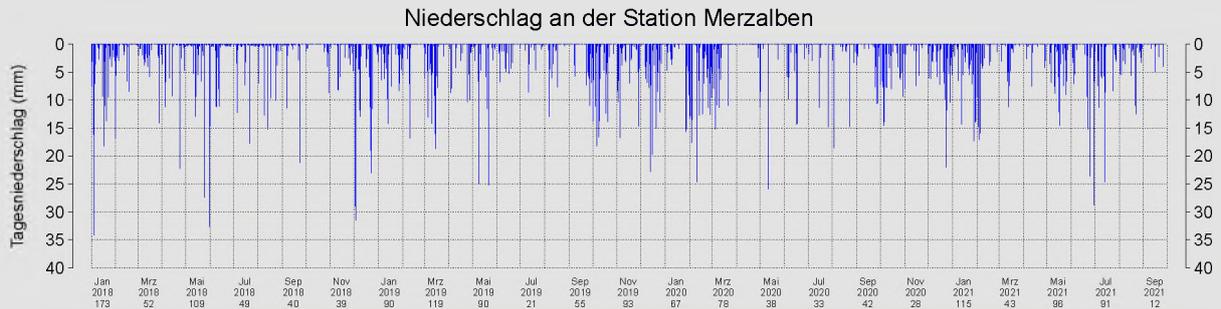


Die Umweltmessstationen im Wald verdeutlichen mit ihren Ergebnissen die günstigere Wasserversorgung der Waldbäume im Jahr 2021 im Vergleich zu den Vorjahren. Das Beispiel der Messstation in einem Eichenwald im Pfälzerwald bei Merzalben bestätigt, dass die Bodenwasservorräte den gesamten Sommer über in allen Tiefenstufen in dem für die Waldbäume nutzbaren Bereich (nutzbare Feldkapazität, nFK) blieben. In den Vorjahren waren dagegen die Bodenwasservorräte ab Juli durchgehend in den Mangelbereich (unter 30 % der nFK) gesunken, der für die Waldbäume Trockenstress bedeutet. Im Jahr 2018 hielt diese Dürre sogar ungewöhnlich lange bis in den Monat November an.

**Rinnen-Erosion in der Sohle eines auch als Rückeweg genutzten V-Tales in der Nähe des Aufnahmepunktes 148 der Waldzustandserhebung. Der Punkt liegt in mittlerer Höhe in einem Seitental der Ahr bei Schuld. Bei Starkniederschlägen sammelt sich das Wasser auch in mehrstufigen Mischwäldern mit Bodenvegetation im normalerweise trockenen Talgrund und führt zum Fortschreiten der Vertiefung, auf diese Weise entstand und entwickelt sich ein V-Tal.** Foto: Sonja Blum

## Bodenfeuchte-Messungen an der Umweltkontrollstation Merzalben; Trauben-Eiche

(Dargestellt sind 3 Einzelmessungen (grau) sowie der Mittelwert (Median, schwarz) der Einzelmessungen)



- Luftkapazität (blau):** Wasseranteil, den der Boden nicht gegen die Schwerkraft halten kann (in den Grobporen)
- nutzbare Feldkapazität:** Wassergehalt, den der Boden gegen die Schwerkraft halten kann (pflanzenverfügbares Wasser)
- (grün, gelb):** < 30 % der nutzbaren Feldkapazität: Bereich beginnenden Trockenstress (noch pflanzenverfügbares Wasser)
- Totwasser (rot):** nicht pflanzenverfügbares Wasser (Feinporen)

# EINFLÜSSE AUF DEN WALDZUSTAND LUFTSCHADSTOFFE



**Der Zustand unseres Waldes wird von einer Vielzahl natürlicher und menschenverursachter Faktoren beeinflusst.**

**Die mehr als drei Jahrzehnte zurückreichenden Messreihen des Forstlichen Umweltmonitorings belegen die Erfolge der Luftreinhaltemaßnahmen, zeigen aber auch noch bestehende Defizite auf. Der Eintrag an Schwefel und Schwermetallen ist deutlich zurückgegangen. Die Stickstoffeinträge sind demgegenüber nur wenig reduziert und übersteigen die Schwellenwerte der Ökosystemverträglichkeit. Zudem liegt die Säurebelastung - ohne gezielte Gegenmaßnahmen, wie vor allem die Bodenschutzkalkung - noch über dem Pufferpotenzial vieler Waldstandorte. Auch Ozon wirkt sich nach wie vor waldschädigend aus.**

Im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings werden alle wesentlichen Einflussfaktoren auf den Waldzustand erfasst und die Reaktionen der Waldökosysteme auf die komplexen Stresswirkungen untersucht. Nachfolgend sind die wichtigsten Befunde zusammengefasst. Eine detaillierte Darstellung der Zeitreihen zur Luftschadstoffbelastung und der natürlichen Stresseinflüsse sowie ihrer vielfältigen Wechselbeziehungen findet sich auf den Webseiten der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz: <https://fawf.wald.rlp.de/de/forschung-und-monitoring-unsere-aufgaben/forstliches-umweltmonitoring/dauerbeobachtungsflaechen/forschung-an-dauerbeobachtungsflaechen/>

### Entwicklung der Luftschadstoffbelastung

Die Einwirkungen von Luftverunreinigungen auf die Waldökosysteme erfolgen sowohl über den Luftpfad als auch über den Bodenpfad. Über den Luftpfad wirken vor allem gasförmige Luftverunreinigungen wie Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Ammoniak und Ozon unmittelbar auf die Nadeln und Blätter der Bäume ein und verursachen physiologisch-biochemische Stressreaktionen. Luftverunreinigungen, die von Wolken- und Regentropfen aufgenommen oder von den Baumkronen ausgefiltert werden und dann mit den nachfolgenden Niederschlägen auf den Boden gelangen, beeinflussen die Waldökosysteme über den Bodenpfad. Sie verändern das chemische Bodenmilieu insbesondere über Versauerung und Eutrophierung und können durch Veränderungen

im Nährelementangebot und Schädigung der Baumwurzeln den Wasser- und Nährstoffhaushalt der Bäume beeinträchtigen. Nicht zuletzt beeinträchtigen sie das hochvernetzte tierische, pflanzliche, pilzliche und bakterielle Bodenleben. In dem Stressorenkomplex, der auf den Wald einwirkt, stellen Luftschadstoffe meist eine chronische Belastung dar, die langfristig destabilisierend wirkt. Die Waldökosysteme werden hierdurch anfälliger gegenüber kurzfristig einwirkenden Stressfaktoren wie Witterungsextreme, Insektenfraß, Pilzbefall oder starke Fruchtbildung.

### Schwefel

Schwefelverbindungen werden insbesondere bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe in Kraftwerken, Industriefeuerungsanlagen und Heizungen freigesetzt. Durch Rauchgasentschwefelung in Kraftwerken, Altanlagenanierung und Einsatz schwefelarmer bzw. schwefelfreier Kraft- und Brennstoffe im Kraftfahrzeug- und Hausbrandbereich konnte die Schwefeldioxidemission überaus wirksam reduziert werden. Aktuell werden in Deutschland noch etwa 263.000 Tonnen SO<sub>2</sub> ausgestoßen, gegenüber fast 5,5 Millionen Tonnen im Jahr 1990. Dies entspricht einer Reduktion um 95 %. Die Emissionsminderung hat sich auch in einer erheblichen Verringerung der Belastung der Waldökosysteme ausgewirkt: Mitte der 1980er Jahre lagen die Jahresmittelwerte der Schwefeldioxidkonzentrationen an den Waldstationen des Zentralen Immissionsmessnetzes (ZIMEN) noch zwischen 25 und 40 µg/m<sup>3</sup>. Aktuell werden dagegen nur noch Jahresmittelwerte von 1 µg/m<sup>3</sup> ermittelt. Selbst bei austauschbaren

## Entwicklung der Schadstoffemissionen in Deutschland

| Schadstoffe in Kilotonnen                               | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2019 | Veränderung in % 1990 - 2019 |
|---|------|------|------|------|------|------------------------------|
| Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )                       | 7514 | 5473 | 650  | 405  | 263  | - 95 %                       |
| Stickoxide (NO <sub>x</sub> )                           | 3334 | 2887 | 1912 | 1473 | 1133 | - 60 %                       |
| Ammoniak (NH <sub>3</sub> )                             | 835  | 760  | 667  | 641  | 587  | - 18 %                       |
| Flüchtige organische Verbindungen [ohne Methan] (NMVOC) | 3224 | 4033 | 1841 | 1384 | 1121 | - 71 %                       |

Quelle: Umweltbundesamt (Dezember 2019): <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland>; für 1980: NECE 2012: [www.emep.int](http://www.emep.int)

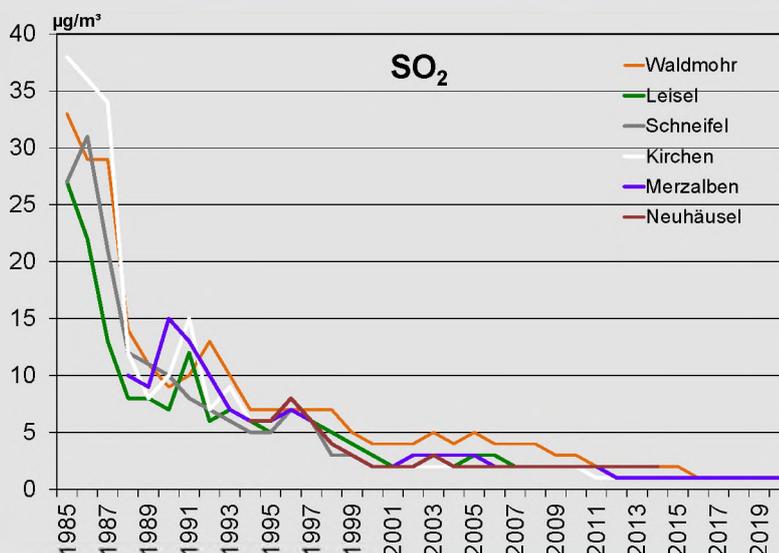
Wetterlagen im Winter steigen die SO<sub>2</sub>-Gehalte kaum mehr über 10 µg/m<sup>3</sup> im Tagesmittel an. Der Grenzwert für den Schutz von Ökosystemen von 20 µg/m<sup>3</sup> im Kalenderjahr und im Wintermittel wird seit vielen Jahren eingehalten.

Entsprechend der merklichen Abnahme der Schwefeldioxidemission und -immission ist auch die Belastung der Waldökosysteme über den Bodenpfad deutlich zurückgegangen. Während der Schwefeleintrag in Fichtenbeständen zu Beginn der Messreihen Mitte der 1980er Jahre meist zwischen 40 und 70 kg/ha lag, gelangen aktuell meist nur noch 3-7 kg Schwefel auf den Waldboden. Allerdings wurden in Zeiten hoher Einträge große Schwefelvorräte in den Waldböden aufgespeichert, was heute immer noch zu Nährstoffverlusten führt und zur Bodenversauerung beiträgt.

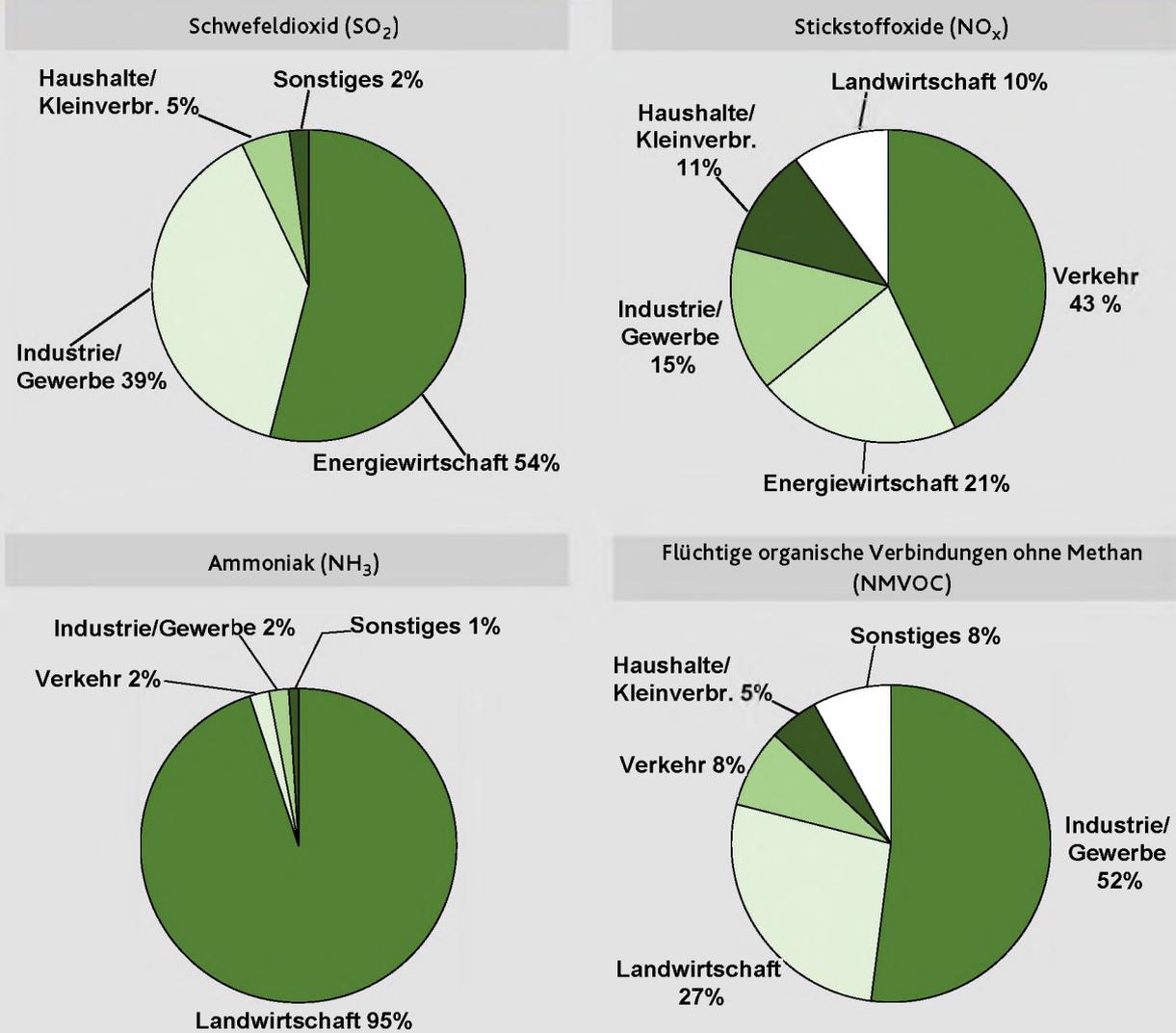
## Stickstoff

Stickstoff in oxidierter Form wird bei Verbrennungsprozessen durch Reaktion des im Brennstoff und in der Verbrennungsluft enthaltenen Stickstoffs, in reduzierter Form hingegen beim mikrobiellen Abbau von Harnstoffen, Proteinen oder ähnlichen biogenen Ausscheidungsprodukten sowie durch Zersetzung ammoniumhaltiger Dünger freigesetzt. Hauptquelle der Stickoxide ist der Straßenverkehr, gefolgt von Kraft- und Heizwerken. Reduzierter Stickstoff (Ammoniak) stammt überwiegend aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung und in geringem Umfang auch aus der Herstellung und Anwendung stickstoffhaltiger Mineraldünger, der Rauchgasstickung und dem Kraftfahrzeugverkehr.

## Jahresmittelwerte der Schwefeldioxidkonzentrationen in Waldgebieten



## Verteilung der Emissionsquellen wichtiger Luftschadstoffe in Deutschland



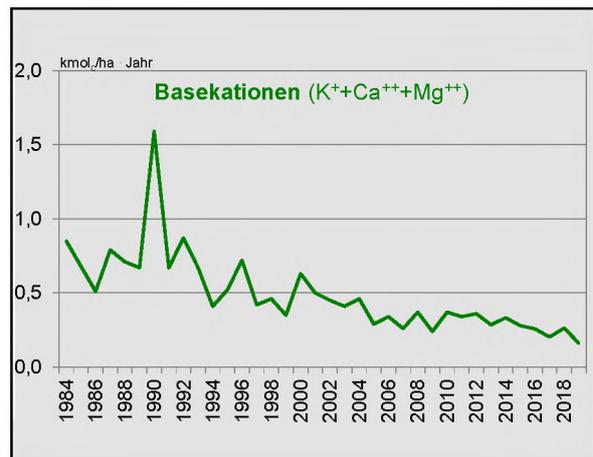
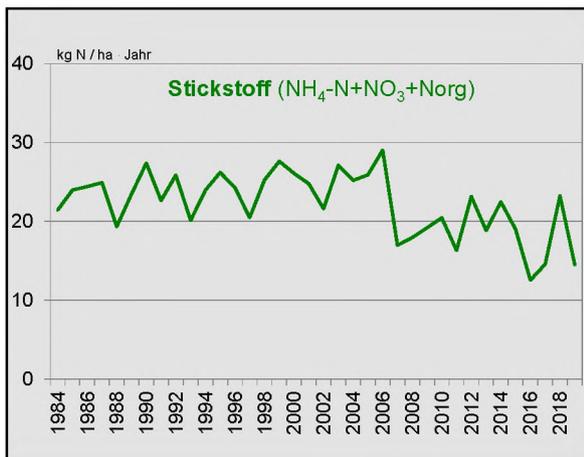
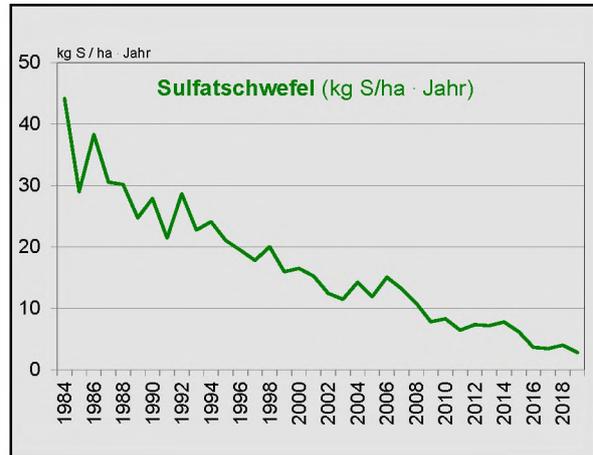
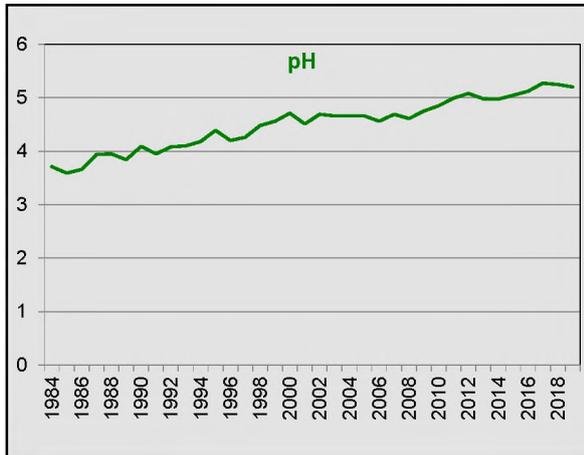
Quelle: Umweltbundesamt 2021: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland>

## Verlauf der NO<sub>2</sub>-Spitzenkonzentration (98 %-Wert) an der ZIMEN-Waldstation Leisel



**Langzeitmessreihe des pH-Wertes im Kronentraufwasser und der Einträge an Sulfatschwefel, Stickstoff (Summe Nitrat-N, Ammonium-N, organisch gebundener N) und Basekationen (Summe K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>) in einem Fichtenökosystem im Forstamt Birkenfeld, Hunsrück.**

Daten weiterer Messstationen des forstlichen Umweltmonitorings: <https://fawf.wald.rlp.de/de/forschung-und-monitoring-unsere-aufgaben/forstliches-umweltmonitoring/dauerbeobachtungsflaechen/forschung-an-dauerbeobachtungsflaechen>



Die Emission der Stickoxide (NO und NO<sub>2</sub> kalkuliert als NO<sub>2</sub>) ist in Deutschland insbesondere durch den Einsatz von Katalysatoren in Kraftfahrzeugen und Entstickungsanlagen in Kraft- und Heizwerken seit 1990 um 60 % zurückgegangen. Dementsprechend sind auch die Stickstoffdioxidkonzentrationen in der bodennahen Luft, vor allem die NO<sub>2</sub>-Spitzenwerte in den rheinland-pfälzischen Waldgebieten, merklich gesunken.

Bei den reduzierten Stickstoffverbindungen (Ammoniak) konnte die Emission demgegenüber nur sehr wenig (von 1990 auf 2019 um 18 %) reduziert werden. Die in der EU-Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen (NEC-Richtlinie 2001/81/EG) für das Jahr 2010 für Deutschland festgelegte Ammoniak-Emissionshöchstmenge von 550 kt je Jahr wird mit aktuell 587 kt deutlich verfehlt. Die Ende 2016 verabschiedete Nachfolgerichtlinie (EU 2016/2284) sieht für Deutschland bei Ammoniak eine Emissionsminderungsverpflichtung.

tung für 2020 bis 2029 von nur 5 % vor. Erst ab 2030 sollen die Emissionen um 29 % gegenüber dem Jahr 2005 gesenkt werden. Die Projektionen des im Mai 2019 veröffentlichten Nationalen Luftreinhaltprogramms gehen allerdings davon aus, dass die  $\text{NH}_3$ -Emissionen bis 2030 lediglich um 8 % vermindert werden können, wenn kein umfangreiches Maßnahmenpaket eingeführt wird. Die schwerwiegende Belastung unseres Waldes durch überhöhte Stickstoffeinträge bereitet daher wegen ihrer schädigenden Wirkung in allen Bereichen des Ökosystems, insbesondere durch die besorgniserregende Schwächung der Bodenlebensgemeinschaften, weiterhin große Sorge.

Auf den Stickstoffeintrag in den Waldboden (Deposition) hat sich die bislang vornehmlich bei  $\text{NO}_x$  erreichte Emissionsminderung nur sehr verhalten ausgewirkt. An der Mehrzahl der Messstationen des Forstlichen Umweltmonitorings im Wald ist kein signifikant abwärts gerichteter Trend der Stickstoffdeposition zu erkennen.

### **Säureeinträge**

Aufgrund der beträchtlichen Reduktion der Emission von Schwefeldioxid sind die pH-Werte im Niederschlagswasser deutlich angestiegen. Mitte der 1980er Jahre wurden im Freilandniederschlag meist pH-Werte zwischen 4 und 4,5 und im Kronentraufwasser der Fichtenbestände sogar zwischen 3,5 und 3,8 gemessen. Heute liegen die pH-Werte sowohl im Freilandniederschlag als auch in der Kronentraufe meist über 5, also mehr als eine pH-Einheit höher. Trotz des mit dem pH-Anstieg im Niederschlagswasser verbundenen Rückgangs der Säureeinträge in den Waldboden ist die Säurebelastung der Waldökosysteme nach wie vor vielfach zu hoch. Dies ist vor allem auf die hohen Eintragsraten des aus der Landwirtschaft stammenden Ammoniums und „Altlasten“ in Form von im Boden gespeicherten Sulfaten zurückzuführen. Letztere stammen aus dem bis in die 1990er Jahre hinein hohen Eintrag an Schwefelverbindungen aus der Emission von Luftverunreinigungen. Auch der Basenentzug mit der Holzernte und die Auswaschung organischer Anionen tragen zur Bodenversauerung

bei. Auf den in Rheinland-Pfalz häufig basenarmen Waldböden reichen die Basenfreisetzung aus der Mineralverwitterung und der Basekationeneintrag aus der atmosphärischen Deposition meist nicht aus, diese Säurebelastungen ökosystemverträglich zu puffern. Daher sind zum Schutz unserer Waldökosysteme nach wie vor weitere Anstrengungen zur Verringerung der Emission der Säurevorläufer und eine Fortsetzung der Bodenschutzkalkungen, wo sie für die Ökologie und den jeweiligen Standort notwendig und sinnvoll sind, erforderlich. Einen wesentlichen Beitrag leistet auch die systematische standortdifferenzierte Belassung von Holzbiomasse in den Wäldern zur Gewährleistung der Nährstoffnachhaltigkeit der Waldböden. Dieser ist auch die konsequente Umsetzung der Biotopbaum-Altbaum-Totholz-Richtlinie (BAT-Richtlinie) zuträglich. Sie sichert mit besonderem Augenmerk auf Vernetzung die existenziellen Grundlagen der stofflichen, aber auch der energetischen und der lebensraumbezogenen Ausstattung zur Aufrechterhaltung der Biodiversität.

### **Ozon**

Ozon ist eine sehr reaktionsfreudige Form des Sauerstoffs mit drei O-Atomen ( $\text{O}_3$ ). Das in der bodennahen Atmosphäre befindliche Ozon kann über die Spaltöffnungen ins Blattinnere von Pflanzen gelangen. Hohe Ozonbelastungen beeinträchtigen das Pflanzenwachstum und reduzieren die Kohlenstoffspeicherung. In der Stratosphäre befindliches Ozon schützt uns demgegenüber vor schädlicher ultravioletter Strahlung.

Ozon entsteht als sekundäre Luftverunreinigung aus Vorläufersubstanzen, im Wesentlichen aus Luftsauerstoff ( $\text{O}_2$ ), Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ ) und flüchtigen Kohlenwasserstoffen (NMVOC), unter der Einwirkung der Sonneneinstrahlung. Die Ozonvorläufersubstanzen gelangen aus natürlichen und anthropogenen Quellen in die Atmosphäre. In Mitteleuropa entstammt das waldbelastende Ozon im Wesentlichen der photochemischen Ozonbildung aus anthropogenen Vorläufersubstanzen.

Entscheidend für die Ozonkonzentration ist nicht nur die Konzentration der Vorläufersubstanzen, sondern insbesondere auch der Witterungsverlauf. Hohe Ozonkonzentrationen sind daher vor allem in sonnenscheinreichen Sommern zu erwarten. Trotz der bereits erheblichen Verringerung der Emission der Ozonvorläufersubstanzen Stickoxide und flüchtige Kohlenwasserstoffe ist das Ozonbildungspotenzial nach wie vor hoch.

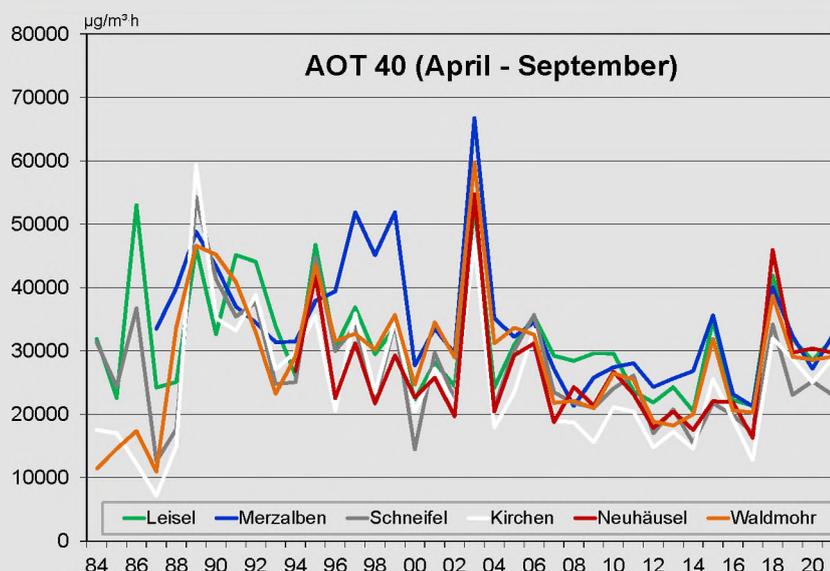
Ozonmessungen erfolgen im Rahmen des rheinland-pfälzischen Forstlichen Umweltmonitorings an 6 ZIMEN-Waldstationen sowie an zwei weiteren Standorten mit Passivsammlern. Die Befunde werden nach der MPOC (Maximum Permissible Ozone Concentration)-Methode, dem AOT 40 (Accumulated Ozone exposure over a Threshold of 40 parts per billion) und dem Ozonfluss basierten PODy (Phytotoxic Ozone Dose) bewertet. Alle Bewertungsverfahren belegen, dass unsere Wälder trotz des Rückgangs bei den kurzfristigen Ozonspitzenwerten nach wie vor einer erheblichen Ozonbelastung ausgesetzt sind. An allen Standorten werden die Verträglichkeitsgrenzen deutlich überschritten. Dies belegt die Notwen-

Eine detaillierte Darstellung der Luftschadstoffbelastung der rheinland-pfälzischen Wälder und eine Bewertung der Befunde finden Sie auf den Webseiten der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft: <https://fawf.wald.rlp.de/de/forschung-und-monitoring-unsere-aufgaben/forstliches-umweltmonitoring/luftschadstoffe/luftschadstoffbelastung-des-waldes/> Tagesaktuelle Luftschadstoffdaten enthält die Internetpräsentation [www.luft.rlp.de](http://www.luft.rlp.de)

digkeit weiterer Maßnahmen zur Reduktion der Emission der Ozonvorläufersubstanzen Stickstoffoxide und flüchtige Kohlenwasserstoffe.

Eine eingehendere Darstellung der Ozonbelastung unserer Wälder mit Kalkulationen der für die Entstehung von Ozonschäden an Bäumen entscheidenden Ozonaufnahme über die Spaltöffnungen der Blätter oder Nadeln enthält der Beitrag „Ozonbelastung rheinland-pfälzischer und saarländischer Waldökosysteme“ im Waldzustandsbericht 2015 (<https://fawf.wald.rlp.de/de/veroeffentlichungen/waldzustandsbericht/>).

AOT 40-Werte - April bis September - an den ZIMEN-Waldstationen (Messhöhe 3 m)





Blick in die Umweltkontrollstation Buche, Merzalben. Im Vordergrund Stammabflussmessung, im Hintergrund Depositions- und Streufallsammler

Foto: H. W. Schröck

# EINFLÜSSE AUF DEN WALDZUSTAND WALDSCHUTZ



**Trockenheit und Hitze führten in den Vorjahren zu einer Vitalitätsschwächung der Bäume, deren Nachwirkungen in diesem Jahr trotz eines für die Bäume günstigen Witterungsverlaufs sichtbar wurden. In den rheinland-pfälzischen Wäldern waren abgestorbene Bäume nahezu aller Baumarten zu sehen. Geschwächte Bäume werden anfälliger für den Befall durch Schaderreger. Der kühlere und feuchtere Witterungsverlauf dieses Jahres bremste jedoch die Entwicklung vieler Insektenarten, vor allem auch der Borkenkäfer.**

## Fichte

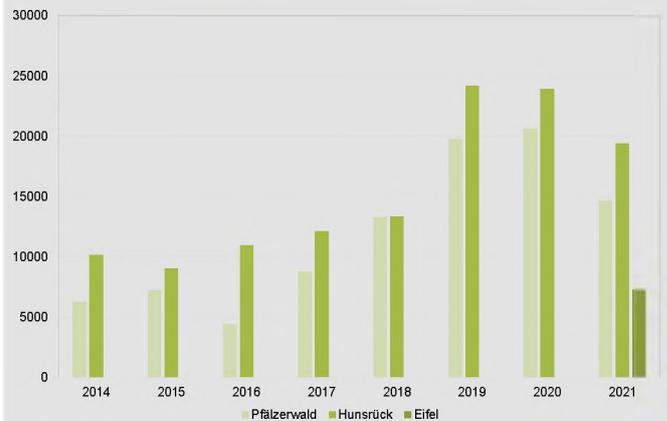
Je drei Borkenkäfergenerationen in den drei vorangegangenen Jahren führten, zumindest in tieferen Lagen von Rheinland-Pfalz, zu einem Ausmaß an Schäden in bisher nicht erreichtem Ausmaß. Der Bestand an überwinternden Fichten-Borkenkäfern war dadurch zu Anfang des Jahres 2021 extrem hoch. Die Wälder blieben zwar von größeren Winterstürmen verschont, allerdings kam es in der Silvesterwoche 2020/2021 zu starken Nassschneefällen, die vor allem in den nordwestlichen Landesteilen zu erheblichen Schäden führte. Vor allem Fichten waren von Bruch- und Druckschäden betroffen. Dabei fielen mehr als 250.000 Festmeter an. In der Regel kam es dabei zu zerstreutem Anfall von Kronenbrüchen, verteilt über große Flächen. Solcherart geschwächte Fichten bieten ideale Brutbedingungen

für Fichten-Borkenkäfer und lassen zu Beginn des Schwärmfluges eine schnelle Verbreitung der Käfer auch in bisher nicht befallene Waldbestände befürchten. Durch gezieltes forstliches Management konnte innerhalb weniger Monate dieses potenzielle Brutmaterial zum überwiegenden Teil rechtzeitig aufgearbeitet und entfernt werden. Auf diese Weise konnte einem weiteren Anstieg der Massenvermehrung entgegengewirkt werden. Förderlich für die gebremste Entwicklung namentlich des Buchdruckers, dessen Schwärmbeginn um mehrere Wochen verzögert war, waren vor allem die überwiegend kühl-feuchten Witterungsverhältnisse über die Frühjahrs- und Sommermonate.

### Monitoring Buchdrucker

Der Buchdrucker wird an jeweils drei Standorten im Pfälzerwald und Hunsrück und seit diesem Jahr auch an einem weiteren Standort in der Eifel überwacht. Auf Grundlage dieser Daten werden fortlaufend Empfehlungen zur effektiven Kontrolle der Fichtenwälder auf Stehendbefall für die Waldbesitzenden abgeleitet und wöchentlich aktualisiert (<https://fawf.wald.rlp.de>). Die Entwicklung der Käferfangzahlen pro Falle verdeutlichte in diesem Jahr die langsamere und gedämpftere Entwicklung der Population im Vergleich zu den Vorjahren. In 2021 entwickelten sich auch in den wärmsten Landesteilen nur zwei Generationen des Buchdruckers.

Durchschnittliche Fangzahlen Buchdrucker je Region und Jahr (12 Fallen je Region; Eifel: 3 Fallen)



Monitoring Buchdrucker mit Schlitzfallen und Fanghölzern, typisches Fraßbild mit Larven und fertig entwickelten Käfern.

Fotos: T. Stubenazy

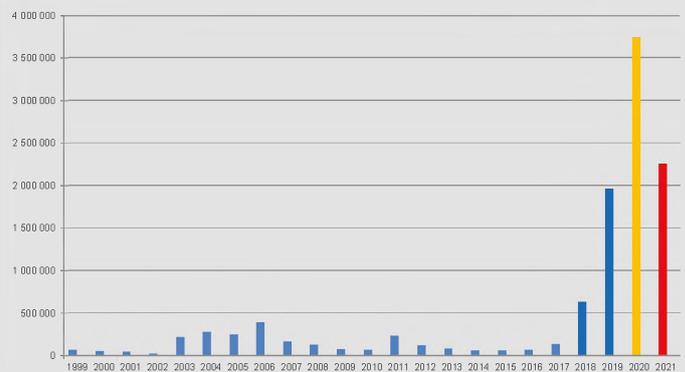
### Menge an Kalamitätsholz

Aufgrund des hohen Ausgangsbestandes an Buchdruckern und Schäden aus dem Vorjahr kam es in manchen Regionen zu anhaltend hohen Mengen an Kalamitätsholz. Flächenweise Absterbeprozesse in Fichtenbestockungen gab es auch weiterhin und dies besonders im nördlichen Westerwald.

### Eiche

Viele Eichen zeigten aufgrund der günstigen Witterung eine zweite, teilweise sogar dritte Triebbildung in den Sommermonaten. Die Blätter dieser Triebe werden jedoch bevorzugt von dem neobiotischen Eichenmehltau (*Erysiphe [Microsphaera] alphitoides*) befallen. Bei stärkerem Befall entwickeln sich die Blätter nicht vollständig, bleiben klein und rollen sich an den Rändern ein. Intensiver Befall führt zu Blattrandnekrosen

### Jährliche Käferholzmengen 1999 - 2021 [fm]



Quelle: Landesforsten ZdF, Axel Berens nach WinforstPRO

oder vollständig absterbenden Blättern, die dann vorzeitig abgeworfen werden. Häufig wird in diesem Wirkzusammenhang die Verholzung der Sommertriebe behindert, sodass diese über Winter durch Fröste absterben können. Die durch den



Intensiver Zweitaustrieb an junger Eiche, der stark durch Mehltau befallen ist.

Foto: H.W. Schröck

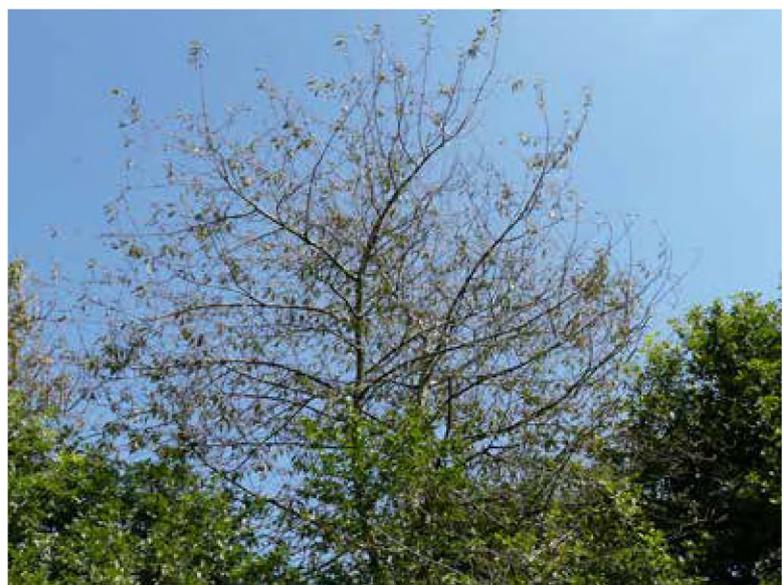
neobiotischen Pilz verursachte Beeinträchtigung des Höhenwachstums schwächt insbesondere die Behauptungsfähigkeit der jungen Eichen im Wettbewerb mit anderen Baumarten empfindlich.

Der Eichenprozessionsspinner ist ein wärmeliebender Profiteur der Klimaerwärmung. Diese Art hat sich in Rheinland-Pfalz über die letzten Jahrzehnte weiter ausgebreitet und neue Lebensräume besiedelt. In den trocken-heißen Jahren von 2019 und 2020 waren jeweils rund 500 Hektar Wald mit spürbaren Fraßschäden betroffen. Viel bedeutsamer ist aber die gesundheitliche Gefahr für den Menschen. Die Raupen besitzen Brennhaare, in denen das Nesselgift Thaumetopoein enthalten ist. Zusätzlich sind die Haare mit Widerhaken besetzt und lassen sich nicht von der Haut und aus der Kleidung entfernen. Die Symptome reichen von Hautentzündungen über Atemwegserkrankungen bis hin zu Fieber. Daher sind auch kleinere Vorkommen, die an Eichen keine ernsthaften Fraßschäden verursachen, im Fokus. Häufig anzutreffen ist der Eichenprozessionsspinner an solitärstehenden, lichtumfluteten Eichen entlang von Wegen oder Waldrändern, die auch für Erholungssuchende attraktiv sind. Konzentrierte Vorkommen befinden sich in den niedrigen Lagen entlang der Fluss- und Seitentäler von Rhein, Nahe und Mosel. Aber auch in höheren Lagen hat sich das Verbreitungsgebiet in den letzten Jahren weiter ausgedehnt.

Über gesundheitliche Gefahren und Hinweise im Umgang informiert ein fünfminütiger Beitrag von dem Südwestrundfunk: <https://www.swrfernsehen.de/landesschau-rp/gutzuwissen/av-o1134124-100.html>.

## Vogelkirsche

Im Verlauf des Sommers wurden in allen Landesteilen verfärbte und verlichtete Baumkronen der Vogelkirsche sichtbar. Ursächlich sind Pilzinfektionen der Blätter mit *Wilsonomyces carpophilus*, dem Erreger der sogenannten Schrotschusskrankheit oder *Blumeriella jaapii* (Nebenfruchtform *Phloeospora padi*), dem Erreger der sogenannten Sprühfleckenkrankheit. Beide Blatt- und Triebpilze werden durch kühlfeuchte Frühjahrs- und Frühsommerwitterung begünstigt. In der Regel treiben die befallenen Kirschen im Folgejahr aber wieder normal aus, sodass keine schwerwiegenden Folgeschäden auftreten.



Durch den Befall mit Blattpilzen vorzeitig verlichtete Vogelkirsche.

Foto: H.W. Schröck

## Weißtanne

Es waren im ganzen Land auch einzelne oder kleine Gruppen von absterbenden Tannen zu beobachten, häufig in tieferen, exponierten und oftmals flachgründigen Lagen. Die Bäume wurden durch auf Tannen spezialisierte Borkenkäfer oder Rüsselkäfer befallen, nachdem sie durch Trockenheit oder Wurzelschäden geschwächt waren.



**Abgestorbene Tanne in der Nähe von Otterberg.**  
Foto: H.W. Schröck

## Kiefer

Lange anhaltende Trockenheit oder Hitze führten auch bei Kiefern zu Vitalitätsverlusten. Hinzu kommt ein in der Rheinebene inzwischen generell verbreiteter Befall durch die Mistel (*Viscum album subsp. austriacum*), der sich inzwischen auch zunehmend in den Pfälzerwald ausdehnt. Dieser immergrüne Halbschmarotzer beeinträchtigt seine Wirtsbäume hauptsächlich durch die Störung des Wasserhaushalts.

Die durch Hitze und Dürre geschwächten Kiefern werden in zunehmendem Umfang durch Pilzer-

krankungen, wie das durch *Sphaeropsis sapinea* hervorgerufene Diplodia-Triebsterben, oder auch durch Kiefernborckenkäfer und den Kiefernprachtkäfer befallen und zum Absterben gebracht. In den letzten Jahren verschärfte sich dieses Phänomen. In der Rheinebene kam es zum Teil zum flächenweisen Absterben von Kiefern, aber auch in anderen Landesteilen wurden frisch abgestorbene Kieferngruppen beobachtet.

**Frisch abgestorbene Kiefergruppe an einem Waldrand in der Eifel, südlich Gerolstein**  
Foto: F. Engels



## Esche

Das von dem aus Ostasien stammenden, neobiotischen Pilz *Hymenoscyphus fraxineus* verursachte Eschentriebsterben hat landesweit zu einem verbreiteten Absterben unzähliger, vor allem junger Eschen sowie zu erheblichen Störungen in den Wäldern geführt, die von dieser Baumart geprägt waren. Betroffen ist insbesondere die Rheinaue mit ihren zahlreichen Fluss- und Bachtalwäldern und ihren eschenreichen Wäldern der nährstoffreichen Waldstandorte. Es besteht allerdings die begründete Hoffnung, dass ein sehr geringer Teil der Eschen diesem neuen Schaderreger natürliche Resistenz oder Toleranz entgegen setzen kann, sodass ein völliges Verschwinden der Eschen nicht zu befürchten ist. Die ökologischen Störungen mit Blick auf die zahlreichen mit der Esche vergesellschafteten oder gar an sie gebundenen Organismen, aber auch die wirtschaftlichen Einbußen durch den Ausfall dieser hochwertigen Holz liefernden Baumart sind beträchtlich.

## Ahorn

Ein weiterer neobiotischer Pilz, *Cryptostroma corticale*, der aus Nordamerika eingeschleppt wurde, hat in den vergangenen Jahren erhebliche Schäden vor allem an Bergahornen verursacht und auch Bäume zum Absterben

gebracht. Bei dem Erreger handelt sich um einen weiteren Schwächeparasiten, der von den Hitze- und Dürrejahren profitiert. Er löst die sogenannte Rußrindenkrankheit aus. Dabei können die Sporen dieses Pilzes auch beim Menschen zu Atemwegsbeschwerden führen. Der Befallsfortschritt dieses Schadpilzes könnte sich dank der diesjährigen Witterungsverhältnisse etwas abgeschwächt haben.

## Birke

Landesweit sind vermehrt absterbende Birken in allen Altersklassen zu beobachten. Auch diese Erscheinung ist wesentlich mit den vergangenen Dürre- und Hitzejahren in Zusammenhang zu bringen, in denen selbst diese als widerstandsfähig geltende Pionierbaumart an vielen Stellen empfindlich geschwächt wurde. Als sehr wichtige Erstbesiedlerin der landesweit über 30.000 ha umfassenden Freiflächen nach Borkenkäferbefall kommt den Birken (Sandbirke, aber auch Moorbirke) eine sehr große waldökologische und waldwirtschaftliche Bedeutung zu.



Esche in den Rheinauewäldern, infolge des Eschentriebsterbens sind etliche Äste abgestorben, im inneren der Krone wurden Regenerationstriebe gebildet  
Foto: T. Stubenazy



Abgestorbene Birke bei Trippstadt

Foto: F. Engels

# IN SORGE UM DIE BUCHE?



**Die Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) ist die von Natur aus dominierende Baumart in den Wäldern Mitteleuropas. Sie hat ein riesiges Verbreitungsgebiet, wächst auf den unterschiedlichsten Standorten und weist eine hohe genetische Vielfalt auf. Rheinland-Pfalz liegt im Zentrum des natürlichen Buchenverbreitungsgebietes. Die Schwächung der Buche nach den drei trockeneren Sommern 2018 bis 2020 – sogar im Kerngebiet ihrer Verbreitung – ist demnach sehr beunruhigend.**

Die in der Waldzustandserhebung (WZE) ermittelten Absterberaten mögen in absoluten Zahlen im Vergleich zur Fichte gering erscheinen. Sie liegen jedoch um Faktor 10 höher als im gesamten Zeitraum seit Beginn der WZE im Jahre 1984. Hinzu kommen zahlreiche Meldungen der Forstämter, die über, zumindest auf Einzelflächen und an Bestandesrändern auftretende, höhere Absterberaten und starke Totastbildung in diesem Jahr berichten. Die Buche ist als trockenheitssensitiv bekannt, die letzten drei Sommer können demnach als ein Stresstest hinsichtlich ihrer Risiken im Klimawandel angesehen werden.

Aus diesem Grund wurde die Auswertung der Stichprobenerhebung der WZE gezielt um die Ergebnisse weitergehender Untersuchungen ergänzt:

1. Lange Messreihen auf Buchen-Intensivuntersuchungsflächen erweitern die Vitalitätserhebung um die Entwicklung der Verzweigungsstruktur und das Zuwachsverhalten und ermöglichen zudem den Blick auf den gesamten Stoffhaushalt von Buchenwaldökosystemen.
2. Eine Bewertung der Entwicklung in Naturwaldreservaten kann zur Versachlichung der Diskussion über die Auswirkungen der Bewirtschaftung von Buchenwäldern beitragen.
3. Die gezielte Ergänzung der regulären Intensivuntersuchungsflächen um Standorte mit massiven Schäden liefert Hinweise auf Ursache-Wirkungsbeziehungen und mögliche Gegenmaßnahmen.

### Ergebnisse aus den Buchen-Intensivuntersuchungsflächen

Die Intensivuntersuchungsflächen liegen in aktuell zwischen 100 und 180 Jahre alten Buchenbeständen. Zu Beginn des Umweltmonitorings wurden stabile, mittelalte Bestände ausgewählt, um insbesondere in den Anfangsjahren kontinuierliche Messreihen erzeugen zu können und das Risiko für starke Störungen gering zu halten. Über den gesamten Untersuchungszeitraum sind lediglich einzelne Buchen auf diesen Flächen abgestorben. Die Kronenverlichtung hat, auch altersbedingt, ein vergleichsweise hohes Niveau erreicht. Die häufigen hohen jährlichen Schwankungen können in erster Linie auf das zunehmende Auftreten von Fruktifikationsjahren zurückgeführt werden. Diese werden, ausreichende Reservestoffe vorausgesetzt, maßgeblich durch frühsummerliche Trockenphasen im Vorjahr gesteuert (witterungsbedingte Blühinduktion) und sind somit eng mit sich häufenden sommerlichen Trockenphasen verbunden (WZE-Bericht 2018). Für den Baum stellen das Blühen und Fruktifizieren eine zusätzliche energetische Belastung dar. Häufige Fruktifikationen verändern die Kro-

Einen umfassenden Überblick über den aktuellen Wissensstand zeigt eine von Christoph Leuschner mit Überprüfung von mehr als 400 Studien in einer Ende 2020 veröffentlichten Literaturrecherche (Drought response of European beech (*Fagus sylvatica* L.) – A review).

nenstruktur (z.T. werden Blütenknospen statt Blattknospen gebildet), bedingen Verlagerungsprozesse begrenzt vorhandener Nährstoffreserven und verstärken insbesondere in Kombination mit sommerlichen Trockenperioden den Stress der Bäume.

Die mit weitem Abstand am stärksten geschädigten Buchen sind auf der Versuchsfläche 208 zu finden. Diese durch zahlreiche abiotische Störungen (v. a. Sturm) aufgelichtete Fläche weist nicht nur die höchsten Kronenverlichtungen auf, hier finden sich auch einzelne abgestorbene Buchen.

Parallel zu der Erhebung der Kronenverlichtung hat sich auch die anfangs periodisch und seit 1989 jährlich durchgeführte Erfassung der Kronenstruktur entwickelt. Die 1990 noch sehr gut verzweigte Kronenstruktur hat sich im Zeitverlauf deutlich verschlechtert. Dies kann auf das Alter und v. a. auch auf die häufige, die Verzweigungsstruktur beeinflussende Fruktifikation zurückgeführt werden (Abbildung im Anhang 2, S. 70).

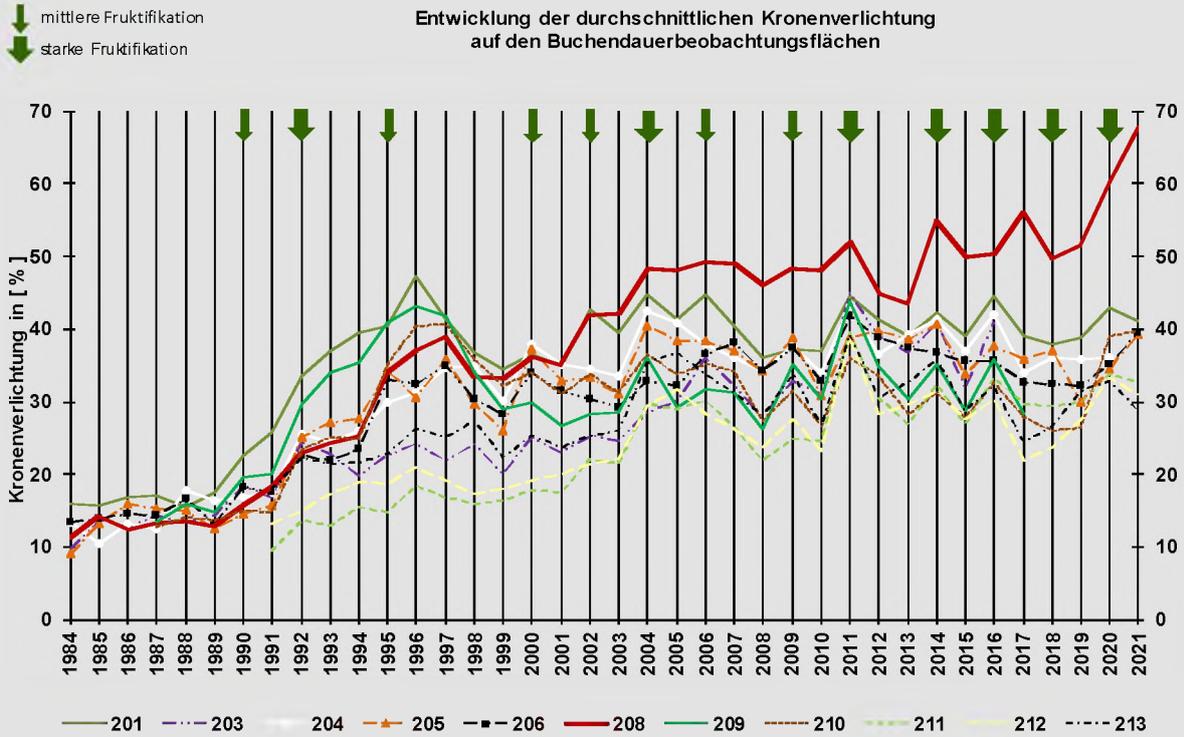
Die Entwicklung des seit 1990 bzw. 1994 jährlichen Durchmesserzuwachses zeigt zunehmend größere und häufigere Schwankungen. Die Buchen waren nach fruktifikations- und trockenstressbedingten Zuwachseinbrüchen bisher jedoch immer in der Lage, sich wieder zu erholen. Dies deutet auf eine vergleichsweise hohe Resilienz hin. Da der Hauptzuwachs bis Ende Juli abgeschlossen ist, werden sommertrockenheitsbedingte Auswirkungen meist erst mit Zeitverzögerung im nächsten Jahr sichtbar. Insgesamt geht der Gesamtzuwachs durch die häufigen Fruktifikationsjahre und die zunehmende Sommer-trockenheit tendenziell zurück.

Die Intensivuntersuchungsfläche am Donnersberg zeigt als Fallbeispiel, wie die Buchen ihre Nährstoffe (-reserven) verlagern. Statt in den Zuwachs wird in die Fruchtbildung umgesteuert. Die Blattstreufallmengen verändern sich hierbei meist nur unwesentlich.

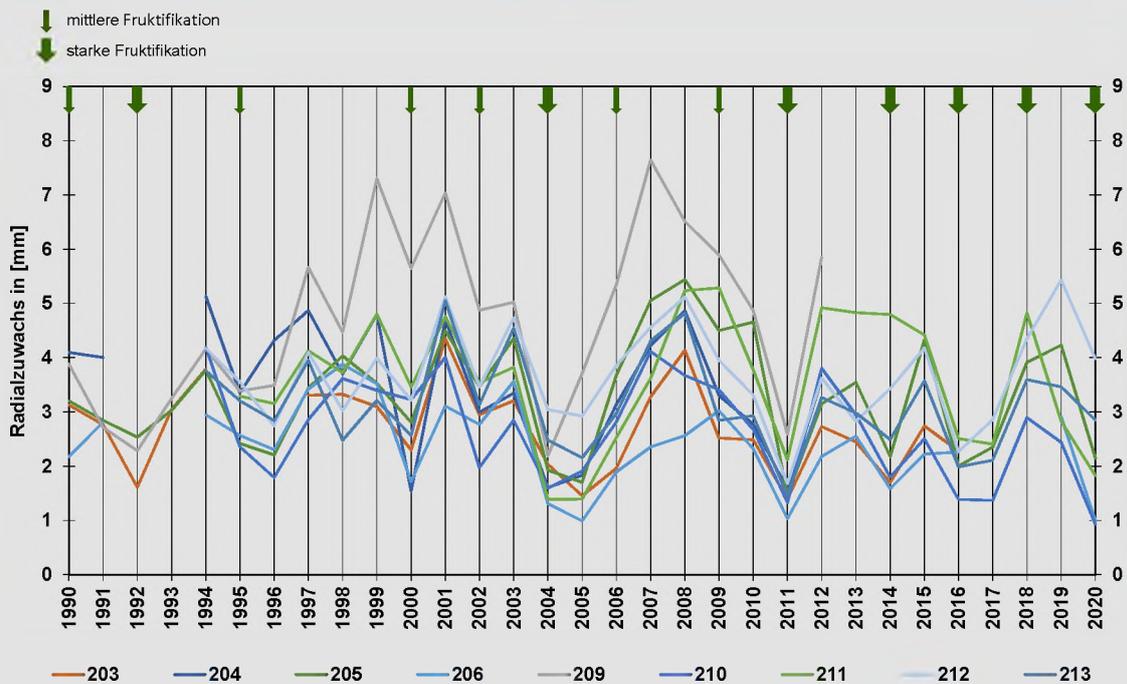
Mit Beginn der beobachteten Trockenschäden wurde bereits im Jahr 2019 - zusätzlich zu den Standard-Erhebungen - eine Aufnahme von Schadflächen (außer Fichte) bei den Forstämtern durchgeführt (WZE-Bericht 2019). Zunehmende Schäden waren der Anlass für ein im September 2020 erlassenes Buchenmoratorium. Dies beinhaltet einen grundsätzlichen Einschlagsstopp im Landeswald für über 100-jährige noch geschlossene Buchenwälder. Wesentliches Ziel war es, die Wirkungen der aktuellen Bewirtschaftung anhand durchgeführter Begleituntersuchungen zu prüfen. Mit der Analyse des Schadgeschehens wurde 2020 begonnen. Erste Ergebnisse werden hier vorgestellt, ein umfassender Bericht ist in Bearbeitung. Eine abschließende Bewertung wird erst auf der Basis der Erkenntnisse aus weiteren Beobachtungsjahren möglich sein.

**Fazit:** Auch wenn die Buchen hinsichtlich der Vitalitätsweiser Kronenverlichtung und Kronenstruktur nicht als sehr vital bezeichnet werden können, sind sie dennoch in der Lage, bei Belastungen zu reagieren und sich von fruktifikations- und trockenstressbedingten Zuwachseinbrüchen zu erholen. Absterbeprozesse waren bisher lediglich auf einer durch Störungen (Windwurf) bereits seit 1990 auf der Nord-Seite völlig freistehenden Buchenfläche zu beobachten.

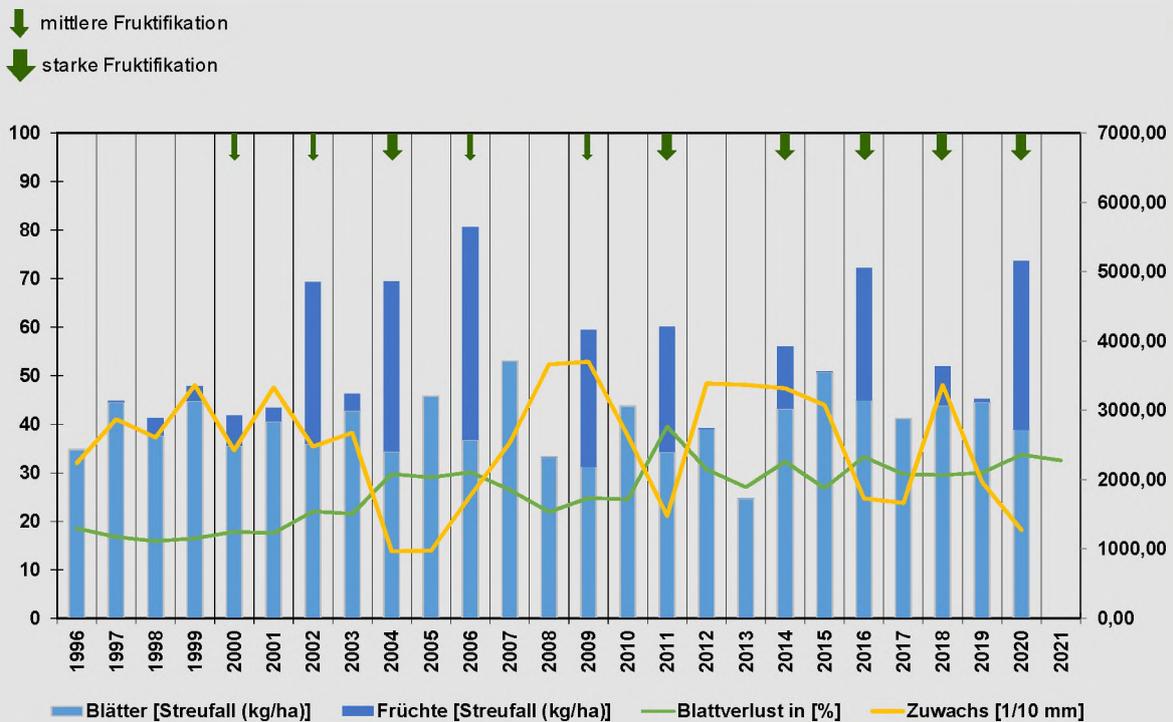
Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung der Einzelflächen sowie Kennzeichnung von Jahren mit starker Fruktifikation (Fläche 208 = rot)



Zuwachs der Buchen auf Dauerbeobachtungsflächen - jährlich plausible Messbänderdaten -



## Entwicklung von Streufallmengen (Blätter und Früchte), Kronenverlichtung und Durchmesserzuwachs im Vergleich; Buchen-Dauerbeobachtungsfläche 211, Forstamt Bad Dürkheim



### Entwicklung in ausgewählten Buchen-Naturwaldreservaten

Zur Prüfung, ob seit Jahrzehnten nicht mehr bewirtschaftete Buchenwälder in gleicher Weise durch Absterbeerscheinungen betroffen sind, wurden die zwei Naturwaldreservate Wüsttal und Wildensteinertal in die Untersuchung mit einbezogen. Das Naturwaldreservat Wüsttal besitzt zudem zwei bewirtschaftete Vergleichsareale, die ebenfalls betrachtet wurden. Diese Buchenflächen wurden deswegen ausgewählt, weil ihr Baumbestand unmittelbar vor den Trockenjahren 2018 und 2019 zuletzt erfasst worden war. Im Jahr 2021 wurde die Aufnahme nochmals gezielt wiederholt. Damit war sicher gewährleistet, dass die frisch abgestorbenen Bäume klar als solche identifiziert werden konnten. Unterschieden wurde bei dieser Aufnahme nach Bäumen der Oberschicht und der nachrückenden Mittel-

schicht. Die einzelbaumweise durchgeführte langfristige Beobachtung der Bäume in Naturwaldreservaten erfolgt auf 1 ha großen Kernflächen. Zusätzlich zu den Einzelbaumerhebungen in der Kernfläche fand eine flächige Begehung des gesamten Reservates statt, um einen Gesamteindruck der Baumvitalitäten zu bekommen.

#### Wüsttal

Die mit 274 Jahren sehr alten Buchen der Kernflächen im Naturwaldreservat Wüsttal weisen im Zeitraum von 2018 bis 2021 eine Absterberate von 2 % in der Ober- und 5 % in der Mittelschicht auf. Auf ein möglicherweise bevorstehendes stärkeres Absterben deuten beginnende Absterbeprozesse (Kronenschäden > 75 %) von 7 % der Buchen in der Oberschicht und 17 % in der Unterschicht hin. Hier verspricht die weitere Beobachtung interessante Erkenntnisse.

## Flächengröße, Absterberate

Rate absterbender Buchen und Klimadaten untersuchter Naturwaldreservate und Vergleichsflächen

| Fläche                                     | Alter              | Ha <sup>1)</sup> | Anzahl<br>Bu | Absterberate <sup>2)</sup> |                    | aktuell absterbend <sup>2)</sup> |                    | Jahres-<br>Niederschlag<br>mm <sup>3)</sup> | Jahres-Mittel-<br>Temperatur<br>°C <sup>3)</sup> |
|--|--------------------|------------------|--------------|----------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|---|--|
|  |                    |                  |              | Ober-<br>schicht           | Mittel-<br>schicht | Ober-<br>schicht                 | Mittel-<br>schicht |   |  |
| NWR Wüsttal                                | 274                | 2                | 354          | 2 %                        | 5 %                | 7 %                              | 17 %               | 935   | 9,26   |
| Wüsttal<br>Vergleichs-<br>bestände         | 180<br>bzw.<br>218 | 2                | 269          | 0 %                        | 3 %                | 4 %                              | 4 %                | 935   | 9,26   |
| NWR<br>Wildensteiner-<br>tal <sup>4)</sup> | 224                | 1                | 381          | 0,7 %                      | 2,6 %              | 6 %                              | 6,5 %              | 693   | 9,72   |

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

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

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

<sup>4)</sup> Aus Stichprobe berechnet

Die etwas jüngeren, jedoch mit 180 und 218 Jahren auch schon sehr alten, regulär bewirtschafteten Buchenvergleichsareale (Kernflächen) weisen keine abgestorbenen Bäume in der Oberschicht auf, jedoch 3 % abgestorbene Buchen in der Mittelschicht. Absterbend waren 4 % in der Ober- und 4 % in der Mittelschicht.

Aktuell lassen sich aus diesen Erhebungen daher keine Hinweise ableiten, dass unbehandelte Buchenwälder auf mäßig nährstoffversorgten Buntsandsteinböden im Pfälzerwald geringere Schäden aufweisen als regulär bewirtschaftete Wälder. Die zusätzlich durchgeführten Begänge der gesamten Reservatsfläche bestätigten die Ergebnisse aus den Kernflächen.

### Wildensteiner-tal

Von den mit 224 Jahren ebenfalls sehr alten Buchen auf der Kernfläche des Naturwaldreservates sind zwischen 2019 und 2021 jeweils 0,7 % der Buchen in der Oberschicht und 2,6 % in der Mittelschicht abgestorben. Der Buchenanteil dieser sehr struktur- und baumartenreichen Fläche beträgt 62 %. Weitere Baumarten sind Bergahorn,

Linde, Traubeneiche, Esche, Bergulme, Hainbuche, Mehlbeere und Vogelbeere. Je etwa 6 % der Buchen aus Ober- bzw. Mittelschicht weisen so große Kronenschäden auf, dass deren Absterben in den Folgejahren befürchtet werden muss. Der flächige Begang des relativ inhomogenen Reservates ergab ein ähnliches Bild. Auffällig war insbesondere ein hoher Anteil frisch abgestorbener Buchen in einem 63 – 84-jährigen Teilareal. Die Buchen wachsen auf sauren, vergleichsweise nährstoffarmen und in weiten Bereichen nur gering wasserversorgten Rhyolith-Blockhalden. Die teilweise hohen Absterberaten in diesem Naturwaldreservat sind vermutlich v. a. auf Wassermangel in den Jahren 2018 – 2020 zurückzuführen.

### Neu angelegte Beobachtungsflächen mit grösseren Absterbeerscheinungen bzw. Schäden.

Geringe Absterberaten an den Stichprobenpunkten der Waldzustandserhebung sowie bei den Fallbeispielen der Intensivuntersuchungsflächen in den Jahren 2018 bis 2020, bei gleichzeitig lokal auftretenden größeren Schäden, verdeutlichten die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen. Um

Hypothesen und Ursache-Wirkungsbeziehungen zu prüfen und vorhandene Fragen aus der Praxis zu beantworten, wurden u. a. Fallbeispiele aus verschiedenen Regionen unter jeweils verschiedenen Fragestellungen und unterschiedlichen Ausgangsbedingungen in ausgesprochenen Problembereichen ausgesucht. Grundlage der Flächenauswahl waren Hinweise aus dem Waldschutzmeldesystem von Landesforsten sowie Meldungen aus einzelnen Revieren. Hierbei wurde darauf geachtet, unterschiedliche Klimabereiche auszuwählen, sowie unterschiedliche waldwirtschaftliche Behandlungssituationen zu berücksichtigen. Zum Ausschluss konkurrenzbedingten Absterbens wurden nur mindestens mitherrschende Bäume im Hauptbestand erfasst. Die Naturverjüngung wurde beschreibend aufgenommen. Buchen mit mehr als 60 % Kronenverlichtung wurden nummeriert, georeferenziert und hinsichtlich ihrer Vitalität beschrieben. Hierzu wurde die Kronenverlichtung, Blattverfärbungen, Dürreisig in der Lichtkrone, Pilzbefall, Rindenbrand oder andere sichtbare Schäden festgehalten. Bei abgestorbenen Bäumen wurde eingeschätzt zu welchem Zeitpunkt sie abgestorben waren. Nachfolgend werden erste Ergebnisse von drei Untersuchungsbereichen vorgestellt.

### **Soonwald**

Der Soonwald wurde ausgewählt, da hier die landesweit auffälligsten Blattverfärbungen bereits ab Anfang August 2020 innerhalb von 14 Tagen flächig verbreitet auftraten. In dieser Region wird, nach derzeitigem Wissensstand, auch künftig die Buche als dominierende Baumart eine Rolle spielen. Der Soonwald ist ein Gebiet mit einem hohen Anteil staunasser Standorte und einem insgesamt hohen Anteil an Altbuchen. Diese sind aktuell in großem Umfang im Generationenwechsel.

Die 22 ha große Untersuchungsfläche besteht nahezu ausschließlich aus 160-jährigen Buchen und wies, entgegen den Befürchtungen 2020, im August 2021 lediglich eine Absterberate von 0,3 % auf. Weitere ca. 1,6 % der Buchen wurden als mutmaßlich absterbend (lebend, Kronen-

**Staunässe:** Staunässe führt je nach Intensität zu einer Verkleinerung des Wurzelraumes in der Tiefe, da Buchenwurzeln keinen Sauerstoffmangel vertragen und deswegen diese Bereiche nicht durchwurzeln können. Diese Wurzelraumbegrenzung kann einerseits die Sommer-trockenheit aufgrund geringer durchwurzelter Bodentiefe verschärfen, andererseits in sehr feuchten Jahren auch zum höherreichenden Absterben von Feinwurzeln aufgrund von Staunässe führen.

verlichtung > 60 % und Dürreanteil > 40 %) klassifiziert. Der Wald ist in Teilbereichen bereits natürlich verjüngt. Die Nachwuchs-Buchen zeigen sich sehr vital.

Der Standort, ein nährstoffarmer devonischer Quarzschuttlehm, ist im Gegensatz zu vielen anderen Waldbereichen in diesem Gebiet, nicht durch Staunässe beeinflusst.

### **Kirchheimbolanden / Nordpfälzer Berg- und Hügelland**

Diese Fläche wurde ausgewählt, da aus diesem Revier mit einem hohen Anteil von Buchenwäldern im Generationenwechsel ein sehr hoher Anteil geschädigter Buchen gemeldet wurde. Bei der Beobachtungsfläche handelt sich um einen 170-jährigen, überwiegend aus Überhältern bestehenden Buchenaltbestand auf einem auf 50 % der Fläche staunassen Standort. Flächendeckend ist teils mehrere Meter hoher Nachwuchs von Buchen mit einzelnen Aspen, Eichen, Birken und Tannen vorhanden. Bei dem Bodensubstrat handelt es sich um Schlufflehme des Rotliegenden, das zumindest im Oberboden eher nährstoffarme Standortverhältnisse ergibt. Die Naturverjüngung begann bereits Anfang der 1990er Jahre. Es handelt sich somit um einen sehr langen, den natürlichen Abläufen in einem Buchenwald nachempfundenen Verjüngungszeitraum. Zwischen 2018 und 2021 sind 6 % der Buchen abgestorben, weitere 17 % wurden als mutmaßlich absterbend klassifiziert. Klare Unterschiede bezüglich des

Absterbeumfangs zwischen staunassen und nicht-staunassen Standortsbereichen sind bisher nicht erkennbar. Bemerkenswert ist auch der Umfang, in dem auf dieser Fläche bereits in den zurückliegenden Jahren Buchen abgestorben sind. So wurden 5 % der Buchen als vor 2018 abgestorben erfasst. Die nachwachsenden Buchen wiesen eine gute Vitalität auf.

Klimatisch gesehen befinden wir uns in einem Bereich für den die Buche, abgesehen von auch in dieser Waldfläche auftretenden staunassen Teilflächen, in Zukunft als Wirtschaftsbaumart gesehen wird.

### Lennebergwald

Der Lennebergwald wurde ausgewählt, da er in einer der wärmsten und trockensten Regionen von Rheinland-Pfalz liegt und da für diesen Naturraum aktuell eine große Unsicherheit zur künftigen Waldentwicklung besteht. 2019 wurde dieser 19 ha große, 95-jährige, geschlossene Buchenwald aufgrund absterbender Buchen aus Sicherheitsgründen für die Öffentlichkeit ge-

sperret, was in diesem stark frequentierten Naherholungswald zu vielen Diskussionen geführt hat. Auf eine Fällung absterbender Buchen wurde zur Vermeidung weiterer Destabilisierung durch zusätzliche Lichtstellung verzichtet. Der zu etwa 65 % aus Buchen bestehende Waldbestand (weitere Baumarten sind v. a. Stiel- und Traubeneichen sowie Winterlinde) ist im Gegensatz zu den anderen Beispielflächen sehr dicht. Forstliche Bewirtschaftungsmaßnahmen wurden in den letzten Jahren nicht durchgeführt.

Bei dem Standort handelt es sich um einen Luvisol über Tertiärkalk. Dies sind in Rheinland-Pfalz seltene Böden mit vergleichsweise hoher Nährstoffkraft und gutem Wasserspeichervermögen.

In den Jahren 2018 bis 2021 sind bereits 5 % der Buchen abgestorben, aktuell wurden zusätzlich weitere 6 % als mutmaßlich absterbend klassifiziert. Dies könnte ein Beispiel dafür sein, wie die Buche im Klimawandel ihre Dominanz in bestimmten Regionen, unabhängig von Art und Weise forstlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen, verliert.

### Größe, Absterberate und Klimapartner der Untersuchungsflächen

| Fläche                 | Alter | Hektar | Bäume<br>gesamt | davon<br>Buchen | Absterbe-<br>rate<br>2018-2021 | aktuell<br>absterbend <sup>1)</sup> | Jahres-<br>Niederschlag <sup>2)</sup> | Jahres-Mittel-<br>Temperatur <sup>2)</sup> |
|------------------------|-------|--------|-----------------|-----------------|--------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--|
| Lenneberg              | 95    | 19,1   | 1941            | 1284            | 5,22 %                         | 5,76 %                              | 576,2                                 | 11,01                                      |
| Soonwald               | 160   | 21,7   | 1669            | 1663            | 0,3 %                          | 1,56 %                              | 726,7                                 | 8,9  |
| Kirchheim-<br>bolanden | 170   | 7,8    | 390             | 220             | 5,91 %                         | 17,3 %                              | 672,9                                 | 9,83                                       |

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

2) Datengrundlage: Monatsraster des DWD 1991 bis 2020

## Aktuelles Fazit:

### Veränderung der Waldgesellschaften im Klimawandel

Drei trockene Vegetationsperioden in Folge stellen für die Buche einen Stresstest hinsichtlich ihrer Trockenheitsresistenz bzw.-resilienz dar. Steigende Temperaturen und geringere Niederschlagsmengen in den Vegetationsperioden führen womöglich zu Veränderungen in der Artenzusammensetzung von Waldgesellschaften. Zu erwarten ist, dass die bis vor kurzem noch mehr oder weniger flächendeckende Dominanz der Buche zugunsten anderer, wärmeliebender und trockenstress-resistenter Baumarten zurückgehen könnte.

### Trockenstresssensitivität der Buche

Die Buche ist eine Baumart, die ohne menschlichen Einfluss in vergleichsweise dichten Wäldern mit überwiegend baumweisem bis kleinflächigem Generationenwechsel in Mosaikzyklen wächst. Natürliche (Sturm, Schneebruch) oder anthropogen (starke Nutzungen) verursachte starke Störungen ihres Bestandesgefüges können zur Schwächung alter Buchen führen. Wasserleitbahnen und Kronenaufbau (Licht-/Schattblätter) sind auf Dichtschluss programmiert. Plötzliche Freistellungen bedeuten somit eine Belastung für die Bäume, deren Anpassungsfähigkeit mit fortschreitendem Alter abnimmt. Der Anpassungsdruck steigt insbesondere dann, wenn zusätzliche Stressoren, wie die aktuelle Änderung der klimatischen Bedingungen, hinzukommen. Die Vitalität der Buchen wird geschwächt, es kann durch Wassermangel, aber auch durch sehr hohe Temperaturen zu Embolien in den Leitgefäßen kommen, sekundäre Schaderreger (Schwächeparasiten / Gegenspieler) wie Pilze und Käfer, die sich erst bei einer deutlichen Schwächung ihres Wirtes vermehren können, nehmen zu und Bäume sterben ab.

### Waldbewirtschaftung als zusätzliche Belastung im Klimawandel – Ursachen und Lösungsmöglichkeiten

Während natürliche Störungen kaum beeinflussbar sind, muss diskutiert werden, wie die zusätzlichen, anthropogen verursachten negativen Einflüsse auf die Vitalität der Buchen so gering wie möglich gehalten werden können, ohne Nutzungen grundsätzlich in Frage zu stellen, nicht zuletzt auch, um auf eine CO<sub>2</sub>-Speicherung in langlebigen Holzprodukten zum Erreichen der Klimaziele nicht verzichten zu müssen. Obwohl es für jedes beobachtete Phänomen auch Gegenbeispiele gibt, scheinen sich folgende Eingriffe tendenziell negativ auszuwirken:

- starke Eingriffe in über 100-jährige Buchen, die bereits deutlich über 80 % ihrer Baumhöhen- und Kronenausbreitungsmöglichkeit erreicht haben, zumal nach Stressjahren aufgrund biotischer (z.B. Fruktifikation, starker Buchenspringrüsslerbefall) oder abiotischer Störungen (Sturm, Trockenheit, Hitze etc.);
- Neuanlage von Rückegassen in älteren Buchenwäldern in Verbindung mit gleichzeitigen flächenwirksamen Eingriffen;
- sehr lange Zeiträume in flächiger Schirmstellung mit dauerhaft freistehenden, hierauf nicht vorbereiteten Altbuchen.

Wie die Befunde der Beobachtungsflächen und Erhebungen zeigen, konnte mit der im Buchenmoratorium getroffenen Entscheidung, innezuhalten, zusätzlicher Stress durch flächige Eingriffe in Buchenbeständen vermieden werden. Generell sollte erwogen werden, nach ausgesprochenen Stressjahren den Einschlag in gefährdeten Wäldern zunächst auszusetzen. Hinweise auf Stresssituationen könnten, basierend auf den Daten der verschiedenen Monitoringsysteme erfolgen. Häufigere, mäßigere Eingriffe in den Bestand könnten diese Belastungen vermutlich reduzieren.

### **Naturverjüngung**

Die aus ökologischen Gründen seit 1990 etablierte naturnahe Waldbewirtschaftung beinhaltet bei der Buche eine deutliche Verlängerung des Nutzungszeitraumes der Altbuchen während der flächenweisen natürlichen Verjüngung der Buchen in zunächst altersgleichen Waldverfassungen (bis über 40 Jahre). Dies zeitigte unter den extremen klimatischen Bedingungen der Jahre 2018 bis 2020 einen beträchtlichen Anteil zurücksterbender und sogar absterbender Altbuchen. Häufigere starke Fruktifikation führt zu einer zusätzlichen Schwächung dieser Bäume durch den hiermit verbundenen hohen Nährstoffverbrauch. Die aus ökologischen Gründen eingeführte deutliche Verlängerung der Naturverjüngungszeiträume kann entweder unter veränderten Verfahrensweisen fortgeführt werden oder das Risiko des Absterbens eines höheren Anteils von Altbuchen muss akzeptiert werden. Ein positiver Effekt wäre eine Zunahme des Totholzanteils, der die Biodiversität in den Wäldern fördert. Negative Folgen wären die Inkaufnahme einer geringeren CO<sub>2</sub>-Bindung in langlebigen Holzprodukten, verschärfte Probleme hinsichtlich der Verkehrs- und der Arbeitssicherheit verbunden mit finanziellen Einbußen durch verringerte Holznutzung und Mehraufwendungen.

### **Buchennachwuchs**

Der Nachwuchs unter den Altbuchen zeigt sich sehr vital. Dies gilt auch in Bereichen mit starken Schäden bis hin zu Absterbeerscheinungen im Altbestand. Ebenso sind in den jüngeren Buchenwäldern kaum Schäden aufgetreten. Da in diesen in den letzten Jahren zur Förderung besonders vitaler Bäume ebenfalls stärker eingegriffen wurde, scheinen jüngere, reaktionsfähige Bäume auch in Stressjahren in der Lage zu sein, davon zu profitieren. Als Konsequenz hieraus muss dringend die Pflege der jüngeren Wälder intensiviert werden. Zudem stimmt diese Beobachtung dahingehend hoffnungsfroh, dass die jungen Buchen sich aufgrund ihrer hohen genetischen Vielfalt besser an geänderte Bedingungen anpassen können. Sorge

bereitet jedoch die im Bereich des Hunsrücks im Rahmen der Saatgutgewinnung 2020 beobachtete extrem geringe Keimfähigkeit der Buchen. Als Ursache kann die sehr starke Trockenheit in dieser Region angenommen werden.

Aktuelle Untersuchungen über genetische Unterschiede unterschiedlich stark geschädigter Buchen liefern erste Hinweise auf genetisch bedingte unterschiedliche Trockenheitsempfindlichkeit der Buchen. Dies könnte auf einen ablaufenden Anpassungsprozess der Buchenpopulation hinsichtlich Trockenheitsresistenz hinweisen.

### **Wissensdefizite**

Die Untersuchungen zeigen jedoch auch erhebliche Wissensdefizite auf, die nur durch langjährige, interdisziplinär angelegte Forschungsprojekte beseitigt werden können. Insofern stellen die aktuellen Ergebnisse lediglich eine Momentaufnahme dar.



# ENTSCHEIDUNGS- UNTERSTÜTZUNGSSYSTEM ZUR BAUMARTENWAHL IM KLIMAWANDEL



**Seit Juli 2021 steht den Forstämtern innerhalb des landeseigenen Geo-Informationssystems (WaldIS) ein neues Tool zur Unterstützung der Baumartenwahl im Klimawandel zur Verfügung.**

**Grundlage sind für den gesamten Wald aktuell aufgearbeitete Standortinformationen. Diese ergeben zusammen mit regionalisierten Klimaprojektionen Hinweise auf die Ausgangslage und zu erwartende klimatischen Veränderungen.**

Auf Basis der Standortdaten stehen flächenscharfe Informationen über Bodenwasser- und Nährstoffversorgung zur Verfügung. Unter Einbeziehung von Klimadaten und -szenarien wird die Standortssituation für drei Klimazeiträume heute (Basiszeitraum), für eine wahrscheinliche Veränderung in naher Zukunft und in ferner Zukunft zur Verfügung gestellt:

1. der Basiszeitraum 1961 - 2000: dies ist die Basis unseres forstlichen Erfahrungswissens und Grundlage in den Standortkartierungen
2. die nahe Zukunft 2021 - 2050: in die wir durch die Klimaentwicklung des letzten Jahrzehnts bereits voll eingetreten sind
3. die ferne Zukunft 2071 - 2100: bei der anhand eines mittleren Szenarios ein Bild für eine vorausschauende Orientierung - mit allen bekannten Unsicherheiten - vermittelt werden soll.

Aus diesen Daten werden nach aktuellem Wissensstand folgende Informationen für die drei Klimazeiträumen abgeleitet:

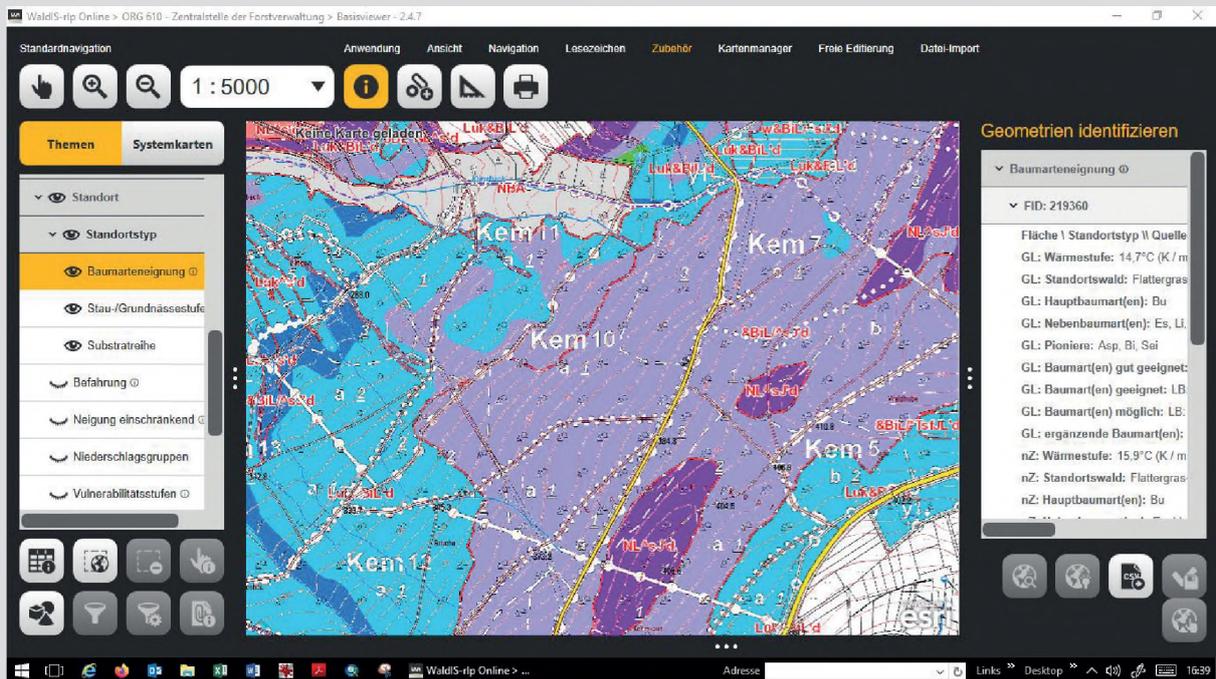
**Standortswald:** Der Standortswald entspricht in etwa der heutigen potenziell natürlichen Vegetation unter besonderer Wichtung der klimatischen Bedingungen sowie der Bodenwasser- und Nähr-

stoffversorgung des Standortes. Diese Einschätzung liegt für Haupt- und Nebenbaumarten sowie Pionierbaumarten vor.

**Forstliche Baumartenempfehlungen:** Unter dieser Rubrik finden sich gut geeignete, geeignete und mögliche Baumarten, getrennt nach Laub- und Nadelbäumen auf der Basis einer ökologischen Eignungs- und Risikoeinschätzung.

Aktuell ist die Datenqualität der Bodendaten noch unterschiedlich: flächig standortskartierter Wald, auf Basis von gezielt kartierten „Lerngebieten“ hergeleitete geostatistische Prognosedaten, durch Spezialistinnen und Spezialisten interpretierte Bodenübersichtskarten sowie ältere Standortsschätzungen bzw. Kartierungen wurden zu einem landesweiten Datensatz zusammengefasst. Die Qualität der Bodendaten wird in dem laufenden Projekt „Fertigstellung der Standortstypenkartierung“ bis Ende 2025 vereinheitlicht und flächig auf ein hohes Qualitätsniveau gehoben.

S. 60: Das Wachstum und Risiko von Bäumen wird vom Standort, dem Zusammenwirken von Boden und Klima, bestimmt. Links ein im Untergrund basenhaltiger, mäßig trockener Schuttlehm aus Tonschiefer des Devon, rechts ein im Mittelboden basenreicher, äußerst frischer (tief staunasser) Bimslehm über Lösslehm, beide liegen zur Zeit noch in der kollinen oder mäßig kühlen Wärmestufe. Die Klimafaktoren verändern sich durch den Klimawandel. Fotos: J. Gauer



Das Standortinformationssystem liefert Basisinformationen, die als eine Entscheidungshilfe in die notwendige forstliche Gesamtbeurteilung vor Ort durch Betrieb und Forsteinrichtung einfließen. Für die tatsächliche Entscheidung hinsichtlich Baumartenwahl und Baumartenmischung vor Ort müssen weitere Informationen wie z. B. die aktuelle Baumartenzusammensetzung, das Bestandesgefüge, die vorhandene Naturverjüngung und örtliche Besonderheiten mit einbezogen werden. Auch wenn aktuelle Entscheidungen unter Unsicherheiten getroffen werden müssen, sollten diese immer auf der Basis des aktuell besten

Wissens getätigt werden. Die Grundlagen zur Baumartenwahl werden ständig überarbeitet und die Entscheidungshilfe aktualisiert. Aktuell fehlen noch die standörtliche und ökologische Einstufung von neuen Baumarten sowie Ökogramme für bisher bei uns noch unbekannte Wärmestufen in unseren wärmsten Gebieten, v. a. in der Rheinebene. Für diese warmen Gebiete bestehen aktuell noch keine gesicherten Vorstellungen über die Baumartenentwicklung im Klimawandel. Das Verfahren wird in einem ersten Schritt durch die Forstämter geprüft und soll dann künftig allen Nutzerinnen und Nutzern zur Verfügung gestellt werden.

Hier ein Beispiel aus dem Westerwald für die kleinräumigen Empfehlungen für die aktuellen Standortverhältnisse (GL), die nahe Zukunft (nZ) und ferne Zukunft (fZ). Die Baumartenkürzel stammen aus der Forsteinrichtung und sind mit Abkürzungen zur deren Ökologie und Dominanz ergänzt. Die Baumartenempfehlungen werden getrennt in LB: (Laubbäume) und NB: (Nadelbäume) gegeben.

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| FL_HA \ Standortstyp \ Dattyp    | 100,3 ha \ zfr t & BiL/^sJ'd \ StOProg                                 |
| GL Wärmestufe (1961-2000)        | 14,7 °C (K / mäßig kühl)   |
| GL Standortswald (Basis)         | Flattergras-Buchen-Wald  |
| GL Hauptbaumart(en)              | Bu   |
| GL Nebenbaumarten                | Es, Li, Tei, Hbu, Sah, Kir, Vbe, Fah, Wbi, Wapf, Eib                   |
| GL Pioniere                      | Asp, Bi, Sei   |
| GL BA; gut geeignet              | LB: Bu:a5, Tei:b5, Sei:b5, Rei:b5, Wli:b5, NB: -                       |
| GL BA; geeignet                  | LB: Hbu:c5, Bah:c4, Sah:c5, Fah:c4, Kir:c4, Els:c4, Wnu:c4, NB: Ki:c4, |
| GL BA; möglich                   | LB: Vbe:c4, Bi:c4, NB: Dou:c3,   |
| GL ergänzende Baumarten          | Offen  |
| nZ Wärmestufe (nahe Zukunft)     | 15,9 °C (K / mäßig kühl)   |
| nZ Standortswald (nahe Zukunft)  | Flattergras-Buchen-Wald  |
| nZ Hauptbaumart(en)              | Bu   |
| nZ Nebenbaumarten                | Es, Li, Tei, Hbu, Sah, Kir, Vbe, Fah, Wbi, Wapf, Eib                   |
| nZ Pioniere                      | Asp, Bi, Sei   |
| nZ BA; gut geeignet              | LB: Bu:a5, Tei:b5, Sei:b5, Rei:b5, Wli:b5, NB: -                       |
| nZ BA; geeignet                  | LB: Hbu:c5, Bah:c4, Sah:c5, Fah:c4, Kir:c4, Els:c4,                    |
| nZ BA; möglich                   | LB: Vbe:c4, Bi:c4, NB: Dou:c3,   |
| nZ ergänzende Baumarten          | offen  |
| fZ Wärmestufe (ferne Zukunft)    | 17,6 °C (P / mäßig warm)   |
| fZ Standortswald (ferne Zukunft) | Majglöckchen-Traubeneichen-Linden-Buchen-Wald                          |
| fZ Hauptbaumart(en)              | Bu, Li, Tei  |
| fZ Nebenbaumarten                | Hbu, Sah, Kir, Vbe, Ebe, Spe, Fah, Wbi, Wapf, Eib                      |
| fZ Pioniere                      | Asp, Bi, Sei   |
| fZ BA; gut geeignet              | LB: Bu:b5, Tei:a5, Sei:b5, Hbu:b5, Wli:a5, NB: -                       |
| fZ BA; geeignet                  | LB: Rei:c5, Sah:c5, Fah:c4, Kir:c4, Els:c4, Wnu:c4,                    |
| fZ BA; möglich                   | LB: Vbe:c4, Bi:c4, NB: Ki:c3,  |
| fZ ergänzende Baumarten          | offen  |

## Anhang 1

Entwicklung der Waldschäden nach Baumarten im Vergleich der Jahre 1984 bis 2019 über alle Alter

| Alle Baumarten |                     | Anteile der Schadstufen [in %] |                      |                                   |                          |                    |               | Mittlere Kronenverlichtung |
|----------------|---------------------|--------------------------------|----------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------|---------------|----------------------------|
| Jahr           | Anzahl Probebäume N | ohne Schadmerkmale 0           | schwach geschädigt 1 | Summe deutlich geschädigt 2 bis 4 | mittelstark geschädigt 2 | stark geschädigt 3 | abgestorben 4 |                            |
| 2021           | 3720                | 18,0                           | 39,2                 | 42,9                              | 36,8                     | 3,7                | 2,4           | 28,2                       |
| 2020           | 3768                | 15,5                           | 39,3                 | 45,3                              | 41,3                     | 2,7                | 1,3           | 28,1                       |
| 2019           | 3840                | 18,3                           | 44,9                 | 36,8                              | 33,1                     | 2,6                | 1,1           | 25,9                       |
| 2018           | 3840                | 16,4                           | 46,7                 | 36,9                              | 34,4                     | 1,9                | 0,6           | 25,4                       |
| 2017           | 3864                | 26,8                           | 49,4                 | 23,8                              | 22,0                     | 1,1                | 0,7           | 21,3                       |
| 2016           | 3864                | 27,1                           | 46,1                 | 26,8                              | 25,1                     | 1,1                | 0,6           | 21,6                       |
| 2015           | 3864                | 27,4                           | 48,0                 | 24,8                              | 23,4                     | 1,0                | 0,4           | 21,2                       |
| 2014           | 3912                | 29,8                           | 45,9                 | 24,2                              | 22,6                     | 1,2                | 0,4           | 20,8                       |
| 2013           | 11328               | 30,1                           | 46,9                 | 23,0                              | 21,8                     | 0,8                | 0,4           | 20,2                       |
| 2012           | 3936                | 28,6                           | 43,0                 | 28,4                              | 26,1                     | 1,9                | 0,4           | 22,0                       |
| 2011           | 3864                | 28,2                           | 38,6                 | 33,2                              | 31,2                     | 1,6                | 0,4           | 22,9                       |
| 2010           | 3888                | 30,3                           | 43,9                 | 25,8                              | 24,1                     | 1,1                | 0,6           | 21,1                       |
| 2009           | 3912                | 30,9                           | 40,7                 | 28,4                              | 26,6                     | 1,3                | 0,5           | 21,7                       |
| 2008           | 11136               | 29,4                           | 39,6                 | 31,0                              | 29,0                     | 1,6                | 0,4           | 22,2                       |
| 2007           | 3912                | 30,8                           | 40,7                 | 28,5                              | 26,4                     | 1,6                | 0,5           | 21,5                       |
| 2006           | 3936                | 25,3                           | 38,4                 | 36,4                              | 34,1                     | 1,8                | 0,5           | 23,9                       |
| 2005           | 3960                | 23,7                           | 45,3                 | 31,0                              | 29,1                     | 1,4                | 0,5           | 23,0                       |
| 2004           | 11160               | 26,7                           | 39,1                 | 34,1                              | 31,7                     | 2,0                | 0,4           | 23,4                       |
| 2003           | 3960                | 26,2                           | 40,8                 | 33,0                              | 31,5                     | 1,1                | 0,4           | 22,6                       |
| 2002           | 3912                | 37,8                           | 37,7                 | 24,5                              | 22,8                     | 1,1                | 0,6           | 19,5                       |
| 2001           | 11136               | 41,0                           | 38,1                 | 20,9                              | 19,6                     | 0,9                | 0,4           | 17,6                       |
| 2000           | 3888                | 34,1                           | 47,7                 | 18,2                              | 17,0                     | 0,8                | 0,4           | 18,6                       |
| 1999           | 3888                | 29,9                           | 45,5                 | 24,5                              | 22,6                     | 1,5                | 0,4           | 20,6                       |
| 1998           | 3888                | 32,8                           | 42,5                 | 24,7                              | 23,2                     | 1,1                | 0,4           | 20,1                       |
| 1997           | 11016               | 38,4                           | 37,5                 | 24,2                              | 22,7                     | 1,1                | 0,4           | 19,0                       |
| 1996           | 3528                | 36,0                           | 41,8                 | 22,2                              | 20,9                     | 0,8                | 0,5           | 19,2                       |
| 1995           | 3456                | 39,4                           | 42,0                 | 18,6                              | 17,6                     | 0,6                | 0,4           | 17,7                       |
| 1994           | 9912                | 39,6                           | 39,7                 | 20,7                              | 19,3                     | 1,2                | 0,2           | 18,0                       |
| 1993           | 1440                | 37,9                           | 46,3                 | 15,8                              | 14,9                     | 0,8                | 0,1           | 16,3                       |
| 1992           | 1440                | 39,8                           | 45,2                 | 15,0                              | 13,7                     | 1,3                | 0,0           | 16,9                       |
| 1991           | 9192                | 47,5                           | 40,8                 | 11,6                              | 10,8                     | 0,6                | 0,2           | 14,9                       |
| 1990           | 9192                | 47,0                           | 44,3                 | 8,7                               | 7,7                      | 0,9                | 0,1           | 14,5                       |
| 1989           | 3408                | 46,2                           | 43,4                 | 10,4                              | 9,4                      | 0,8                | 0,2           | 15,1                       |
| 1988           | 3432                | 45,9                           | 43,2                 | 10,9                              | 10,5                     | 0,3                | 0,1           | 15,1                       |
| 1987           | 3432                | 52,9                           | 38,8                 | 8,3                               | 7,8                      | 0,3                | 0,2           | 12,6                       |
| 1986           | 10080               | 54,1                           | 37,7                 | 8,2                               | 7,5                      | 0,5                | 0,2           | 12,9                       |
| 1985           | 10128               | 53,6                           | 37,6                 | 8,8                               | 8,2                      | 0,5                | 0,1           | 13,1                       |
| 1984           | 10248               | 59,2                           | 32,9                 | 7,9                               | 7,3                      | 0,4                | 0,2           | 11,9                       |

| <b>Fichte</b> |                            | <b>Anteile der Schadstufen [in %]</b> |                                 |  |                                     |                               |                          | <b>Mittlere Kronenverlichtung</b> |
|---------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| <b>Jahr</b>   | <b>Anzahl Probebäume N</b> | <b>ohne Schadmerkmale<br/>0</b>       | <b>schwach geschädigt<br/>1</b> | <b>Summe deutlich geschädigt<br/>2 bis 4</b> | <b>mittelstark geschädigt<br/>2</b> | <b>stark geschädigt<br/>3</b> | <b>abgestorben<br/>4</b> |                                   |
| 2021          | 772                        | 20,7                                  | 31,1                            | 48,2   | 38,5                                | 2,6                           | 7,1                      | 31,0                              |
| 2020          | 838                        | 20,5                                  | 31,7                            | 47,7   | 42,2                                | 1,3                           | 4,2                      | 29,0                              |
| 2019          | 958                        | 24,2                                  | 38,1                            | 37,7   | 33,1                                | 1,7                           | 2,9                      | 25,9                              |
| 2018          | 981                        | 20,6                                  | 43,3                            | 36,0   | 33,7                                | 1,5                           | 0,8                      | 24,7                              |
| 2017          | 1011                       | 33,3                                  | 46,2                            | 20,5   | 18,7                                | 0,8                           | 1,0                      | 20,1                              |
| 2016          | 1009                       | 34,1                                  | 43,1                            | 22,8   | 20,4                                | 1,3                           | 1,1                      | 20,2                              |
| 2015          | 1013                       | 27,3                                  | 45,7                            | 27,0   | 25,7                                | 0,8                           | 0,5                      | 21,4                              |
| 2014          | 1039                       | 34,8                                  | 43,5                            | 21,7   | 19,9                                | 1,2                           | 0,6                      | 19,2                              |
| 2013          | 2865                       | 36,9                                  | 42,5                            | 20,6   | 19,3                                | 0,8                           | 0,5                      | 18,6                              |
| 2012          | 1071                       | 34,1                                  | 40,9                            | 25,0   | 23,3                                | 0,7                           | 1,0                      | 20,4                              |
| 2011          | 1061                       | 44,4                                  | 37,0                            | 18,6   | 17,1                                | 0,9                           | 0,6                      | 17,4                              |
| 2010          | 1086                       | 40,6                                  | 39,5                            | 19,9   | 18,0                                | 0,7                           | 1,2                      | 18,5                              |
| 2009          | 1129                       | 36,1                                  | 38,3                            | 25,6   | 23,8                                | 0,8                           | 1,0                      | 20,4                              |
| 2008          | 3011                       | 43,6                                  | 37,5                            | 18,9   | 17,2                                | 1,1                           | 0,6                      | 17,8                              |
| 2007          | 1136                       | 45,5                                  | 33,5                            | 21,0   | 18,8                                | 1,2                           | 1,0                      | 18,2                              |
| 2006          | 1170                       | 35,1                                  | 41,5                            | 23,4   | 21,5                                | 1,0                           | 0,9                      | 19,9                              |
| 2005          | 1197                       | 32,1                                  | 46,2                            | 21,7   | 20,1                                | 0,9                           | 0,7                      | 19,7                              |
| 2004          | 3133                       | 39,5                                  | 38,1                            | 22,4   | 20,8                                | 1,1                           | 0,5                      | 18,9                              |
| 2003          | 1229                       | 39,5                                  | 35,7                            | 24,6   | 23,1                                | 0,8                           | 0,7                      | 19,3                              |
| 2002          | 1220                       | 46,1                                  | 35,1                            | 18,8   | 16,9                                | 1,2                           | 0,7                      | 17,1                              |
| 2001          | 3168                       | 55,9                                  | 30,3                            | 13,7   | 12,9                                | 0,6                           | 0,2                      | 13,2                              |
| 2000          | 1222                       | 47,6                                  | 39,6                            | 12,8   | 11,9                                | 0,6                           | 0,3                      | 15,2                              |
| 1999          | 1226                       | 41,0                                  | 42,8                            | 16,2   | 15,3                                | 0,6                           | 0,3                      | 17,4                              |
| 1998          | 1221                       | 47,5                                  | 37,8                            | 14,7   | 13,5                                | 1,0                           | 0,2                      | 16,0                              |
| 1997          | 3142                       | 54,9                                  | 30,9                            | 14,1   | 13,3                                | 0,6                           | 0,2                      | 14,0                              |
| 1996          | 1089                       | 51,5                                  | 36,0                            | 12,5   | 11,3                                | 0,8                           | 0,4                      | 14,6                              |
| 1995          | 1076                       | 53,3                                  | 35,1                            | 11,6   | 10,6                                | 0,6                           | 0,4                      | 13,8                              |
| 1994          | 2838                       | 52,6                                  | 34,8                            | 12,6   | 11,8                                | 0,6                           | 0,2                      | 13,8                              |
| 1993          | 317                        | 55,5                                  | 33,4                            | 11,1   | 9,5                                 | 1,6                           | 0,0                      | 11,4                              |
| 1992          | 316                        | 55,7                                  | 31,6                            | 12,7   | 11,1                                | 1,6                           | 0,0                      | 13,2                              |
| 1991          | 2722                       | 56,5                                  | 33,2                            | 10,3   | 8,9                                 | 1,2                           | 0,2                      | 12,9                              |
| 1990          | 2731                       | 56,9                                  | 36,3                            | 6,8  | 6,2                                 | 0,6                           | 0,0                      | 12,0                              |
| 1989          | 1190                       | 55,4                                  | 36,0                            | 8,7  | 8,2                                 | 0,5                           | 0,0                      | 12,8                              |
| 1988          | 1188                       | 51,2                                  | 40,4                            | 8,5  | 8,2                                 | 0,3                           | 0,0                      | 13,1                              |
| 1987          | 1190                       | 58,7                                  | 31,9                            | 9,4  | 8,8                                 | 0,3                           | 0,3                      | 12,6                              |
| 1986          | 3316                       | 57,6                                  | 32,9                            | 9,5  | 8,8                                 | 0,5                           | 0,2                      | 11,8                              |
| 1985          | 3320                       | 59,8                                  | 31,7                            | 8,5  | 7,9                                 | 0,5                           | 0,1                      | 11,3                              |
| 1984          | 3371                       | 66,5                                  | 26,8                            | 6,6  | 6,2                                 | 0,2                           | 0,2                      | 9,9                               |

| <b>Kiefer</b> |                            | <b>Anteile der Schadstufen [in %]</b> |                                 |  |                                     |                               |                          | <b>Mittlere Kronenverlichtung</b> |
|---------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| <b>Jahr</b>   | <b>Anzahl Probebäume N</b> | <b>ohne Schadmerkmale<br/>0</b>       | <b>schwach geschädigt<br/>1</b> | <b>Summe deutlich geschädigt<br/>2 bis 4</b> | <b>mittelstark geschädigt<br/>2</b> | <b>stark geschädigt<br/>3</b> | <b>abgestorben<br/>4</b> |                                   |
| 2021          | 528                        | 29,9                                  | 54,5                            | 15,5   | 12,9                                | 0,9                           | 1,7                      | 19,6                              |
| 2020          | 527                        | 19                                    | 54,5                            | 26,6   | 23,3                                | 2,7                           | 0,6                      | 23,7                              |
| 2019          | 535                        | 30,5                                  | 56,4                            | 13,1   | 11,8                                | 0,2                           | 1,1                      | 18,7                              |
| 2018          | 537                        | 28,5                                  | 58,1                            | 13,4   | 11,7                                | 0,6                           | 1,1                      | 19,0                              |
| 2017          | 538                        | 32,9                                  | 55,8                            | 11,4   | 9,7                                 | 0,6                           | 1,1                      | 18,6                              |
| 2016          | 540                        | 43,7                                  | 49,1                            | 7,2  | 6,1                                 | 0,0                           | 1,1                      | 15,7                              |
| 2015          | 541                        | 47,0                                  | 44,0                            | 9,2  | 7,9                                 | 0,0                           | 1,3                      | 16,3                              |
| 2014          | 539                        | 46,8                                  | 46,6                            | 6,7  | 5,8                                 | 0,0                           | 0,9                      | 15,8                              |
| 2013          | 1567                       | 44,8                                  | 47,4                            | 7,9  | 6,8                                 | 0,2                           | 0,9                      | 15,7                              |
| 2012          | 540                        | 44,6                                  | 44,6                            | 10,8   | 9,8                                 | 0,4                           | 0,6                      | 16,4                              |
| 2011          | 550                        | 34,2                                  | 49,8                            | 16,0   | 14,2                                | 1,1                           | 0,7                      | 19,3                              |
| 2010          | 556                        | 44,6                                  | 46,2                            | 9,2  | 8,1                                 | 0,4                           | 0,7                      | 16,2                              |
| 2009          | 555                        | 35,9                                  | 54,4                            | 9,6  | 8,6                                 | 0,5                           | 0,5                      | 17,2                              |
| 2008          | 1620                       | 32,2                                  | 48,3                            | 19,5   | 17,3                                | 1,7                           | 0,5                      | 19,6                              |
| 2007          | 559                        | 37,4                                  | 47,6                            | 15,0   | 14,1                                | 0,7                           | 0,2                      | 17,7                              |
| 2006          | 562                        | 31,3                                  | 51,1                            | 17,7   | 16,9                                | 0,4                           | 0,4                      | 19,6                              |
| 2005          | 559                        | 29,7                                  | 51,5                            | 18,8   | 17,2                                | 1,1                           | 0,5                      | 20,1                              |
| 2004          | 1653                       | 26,8                                  | 54,0                            | 19,2   | 17,4                                | 0,7                           | 1,1                      | 20,6                              |
| 2003          | 552                        | 24,1                                  | 57,2                            | 18,6   | 17,9                                | 0,5                           | 0,2                      | 19,8                              |
| 2002          | 564                        | 39,5                                  | 49,1                            | 11,4   | 9,8                                 | 0,9                           | 0,7                      | 17,2                              |
| 2001          | 1683                       | 43,2                                  | 46,2                            | 10,6   | 8,6                                 | 1,2                           | 0,8                      | 16,7                              |
| 2000          | 562                        | 34,3                                  | 55,7                            | 9,9  | 9,4                                 | 0,5                           | 0,0                      | 17,3                              |
| 1999          | 561                        | 29,8                                  | 60,8                            | 9,4  | 8,9                                 | 0,5                           | 0,0                      | 17,2                              |
| 1998          | 562                        | 32,4                                  | 60,1                            | 7,6  | 6,8                                 | 0,4                           | 0,4                      | 16,7                              |
| 1997          | 1685                       | 40,4                                  | 52,7                            | 7,0  | 6,2                                 | 0,3                           | 0,5                      | 15,6                              |
| 1996          | 522                        | 31,2                                  | 60,5                            | 8,3  | 7,1                                 | 0,2                           | 1,0                      | 17,0                              |
| 1995          | 519                        | 33,1                                  | 58,2                            | 8,7  | 7,5                                 | 0,0                           | 1,2                      | 17,1                              |
| 1994          | 1627                       | 45,5                                  | 47,3                            | 7,2  | 6,5                                 | 0,1                           | 0,6                      | 15,0                              |
| 1993          | 329                        | 35,3                                  | 56,5                            | 8,2  | 8,2                                 | 0,0                           | 0,0                      | 16,7                              |
| 1992          | 328                        | 40,9                                  | 53,4                            | 5,8  | 5,8                                 | 0,0                           | 0,0                      | 14,8                              |
| 1991          | 1545                       | 39,9                                  | 51,3                            | 8,7  | 8,5                                 | 0,0                           | 0,2                      | 16,6                              |
| 1990          | 1545                       | 41,1                                  | 54,9                            | 4,1  | 3,9                                 | 0,1                           | 0,1                      | 14,9                              |
| 1989          | 524                        | 40,5                                  | 53,8                            | 5,7  | 5,3                                 | 0,2                           | 0,2                      | 15,2                              |
| 1988          | 547                        | 37,8                                  | 54,3                            | 7,9  | 7,7                                 | 0,0                           | 0,2                      | 16,1                              |
| 1987          | 548                        | 45,8                                  | 48,0                            | 6,2  | 5,8                                 | 0,0                           | 0,4                      | 14,1                              |
| 1986          | 1620                       | 38,6                                  | 54,3                            | 7,1  | 6,5                                 | 0,2                           | 0,4                      | 16,2                              |
| 1985          | 1614                       | 33,7                                  | 52,2                            | 14,2   | 13,1                                | 0,7                           | 0,4                      | 17,8                              |
| 1984          | 1633                       | 35,6                                  | 51,6                            | 12,9   | 11,8                                | 0,6                           | 0,5                      | 17,3                              |

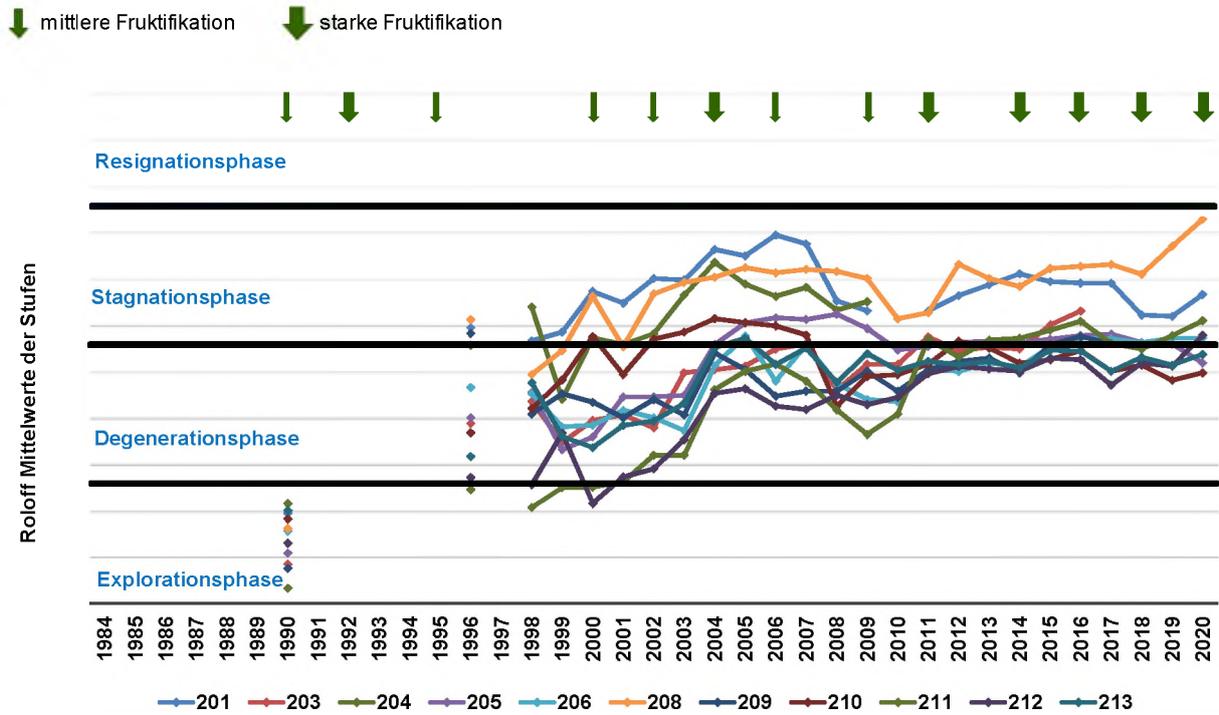
| <b>Buche</b> |                     | <b>Anteile der Schadstufen [in %]</b> |                         |                                      |                             |                       |                  | Mittlere Kronenverlichtung |
|--------------|---------------------|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------|----------------------------|
| Jahr         | Anzahl Probebäume N | ohne Schadmerkmale<br>0               | schwach geschädigt<br>1 | Summe deutlich geschädigt<br>2 bis 4 | mittelstark geschädigt<br>2 | stark geschädigt<br>3 | abgestorben<br>4 |                            |
| 2021         | 829                 | 8,4                                   | 36,6                    | 55,0                                 | 48,9                        | 5,5                   | 0,6              | 32,0                       |
| 2020         | 819                 | 8,1                                   | 28,7                    | 63,2                                 | 59,7                        | 3,4                   | 0,1              | 31,7                       |
| 2019         | 815                 | 13,6                                  | 47,9                    | 38,6                                 | 36,0                        | 2,5                   | 0,1              | 26,0                       |
| 2018         | 806                 | 11,0                                  | 43,7                    | 45,2                                 | 43,5                        | 1,7                   | 0,0              | 26,8                       |
| 2017         | 802                 | 18,0                                  | 50,2                    | 31,8                                 | 31,2                        | 0,5                   | 0,1              | 22,9                       |
| 2016         | 786                 | 8,4                                   | 32,8                    | 58,8                                 | 57,8                        | 0,9                   | 0,1              | 29,8                       |
| 2015         | 785                 | 20,0                                  | 50,6                    | 29,4                                 | 28,4                        | 0,9                   | 0,1              | 22,4                       |
| 2014         | 784                 | 9,7                                   | 38,5                    | 51,8                                 | 49,9                        | 1,8                   | 0,1              | 29,5                       |
| 2013         | 2388                | 16,1                                  | 51,1                    | 32,7                                 | 31,9                        | 0,8                   | 0,0              | 23,7                       |
| 2012         | 783                 | 10,2                                  | 49,8                    | 39,9                                 | 37,9                        | 2,0                   | 0,0              | 26,5                       |
| 2011         | 781                 | 8,3                                   | 24,3                    | 67,3                                 | 64,9                        | 2,4                   | 0,0              | 32,9                       |
| 2010         | 783                 | 14,4                                  | 52,0                    | 33,6                                 | 33,0                        | 0,6                   | 0,0              | 23,8                       |
| 2009         | 769                 | 15,6                                  | 39,4                    | 45,0                                 | 43,7                        | 1,3                   | 0,0              | 26,6                       |
| 2008         | 2308                | 17,4                                  | 41,1                    | 41,5                                 | 40,4                        | 1,0                   | 0,1              | 25,6                       |
| 2007         | 770                 | 17,5                                  | 46,8                    | 35,6                                 | 34,5                        | 1,0                   | 0,1              | 23,9                       |
| 2006         | 760                 | 12,9                                  | 33,7                    | 53,3                                 | 51,8                        | 1,4                   | 0,1              | 28,5                       |
| 2005         | 761                 | 10,4                                  | 45,6                    | 44,0                                 | 42,8                        | 1,2                   | 0,0              | 27,0                       |
| 2004         | 2244                | 9,0                                   | 27,6                    | 63,3                                 | 60,0                        | 3,3                   | 0,0              | 32,2                       |
| 2003         | 742                 | 11,9                                  | 38,3                    | 49,9                                 | 48,5                        | 1,1                   | 0,3              | 27,4                       |
| 2002         | 718                 | 17,5                                  | 31,3                    | 51,1                                 | 50,1                        | 0,6                   | 0,4              | 27,4                       |
| 2001         | 2187                | 17,0                                  | 45,8                    | 37,2                                 | 36,3                        | 0,8                   | 0,1              | 23,9                       |
| 2000         | 705                 | 9,5                                   | 54,5                    | 36,1                                 | 34,9                        | 0,9                   | 0,3              | 25,1                       |
| 1999         | 705                 | 12,5                                  | 44,3                    | 43,3                                 | 40,7                        | 2,6                   | 0,0              | 26,4                       |
| 1998         | 701                 | 14,3                                  | 44,5                    | 41,3                                 | 40,7                        | 0,6                   | 0,0              | 24,8                       |
| 1997         | 2139                | 20,3                                  | 44,7                    | 35,0                                 | 34,2                        | 0,7                   | 0,1              | 23,1                       |
| 1996         | 659                 | 13,4                                  | 52,2                    | 34,5                                 | 34,0                        | 0,3                   | 0,2              | 23,9                       |
| 1995         | 655                 | 15,3                                  | 49,9                    | 34,9                                 | 34,4                        | 0,5                   | 0,0              | 24,0                       |
| 1994         | 1939                | 18,6                                  | 44,9                    | 36,4                                 | 34,9                        | 1,5                   | 0,0              | 24,0                       |
| 1993         | 375                 | 25,6                                  | 53,3                    | 21,1                                 | 19,5                        | 1,6                   | 0,0              | 18,5                       |
| 1992         | 375                 | 25,3                                  | 49,9                    | 24,8                                 | 23,2                        | 1,6                   | 0,0              | 21,0                       |
| 1991         | 1777                | 33,0                                  | 49,6                    | 17,4                                 | 16,7                        | 0,6                   | 0,1              | 17,9                       |
| 1990         | 1775                | 29,1                                  | 52,6                    | 18,3                                 | 16,2                        | 2,0                   | 0,1              | 19,1                       |
| 1989         | 624                 | 32,5                                  | 53,0                    | 14,4                                 | 13,9                        | 0,3                   | 0,2              | 17,8                       |
| 1988         | 624                 | 34,0                                  | 51,6                    | 14,5                                 | 13,8                        | 0,5                   | 0,2              | 18,3                       |
| 1987         | 626                 | 41,5                                  | 49,0                    | 9,4                                  | 8,6                         | 0,6                   | 0,2              | 15,7                       |
| 1986         | 1880                | 48,8                                  | 42,6                    | 8,7                                  | 8,2                         | 0,4                   | 0,1              | 13,2                       |
| 1985         | 1902                | 45,8                                  | 47,4                    | 6,8                                  | 6,4                         | 0,3                   | 0,1              | 14,1                       |
| 1984         | 1918                | 52,6                                  | 39,4                    | 8,0                                  | 7,6                         | 0,4                   | 0,0              | 13,0                       |

| <b>Eiche</b> |                            | <b>Anteile der Schadstufen [in %]</b> |                    |                           |                        |                  |             | <b>Mittlere Kronenverlichtung</b> |
|--------------|----------------------------|---------------------------------------|--------------------|---------------------------|------------------------|------------------|-------------|-----------------------------------|
| <b>Jahr</b>  | <b>Anzahl Probebäume N</b> | ohne Schadmerkmale                    | schwach geschädigt | Summe deutlich geschädigt | mittelstark geschädigt | stark geschädigt | abgestorben |                                   |
|              |                            | 0                                     | 1                  | 2 bis 4                   | 2                      | 3                | 4           |                                   |
| 2021         | 969                        | 6,5                                   | 41,1               | 52,4                      | 47,0                   | 5,3              | 0,1         | 30,9                              |
| 2020         | 706                        | 6,8                                   | 50,6               | 42,6                      | 40,2                   | 2,1              | 0,3         | 27,8                              |
| 2019         | 693                        | 7,4                                   | 38,8               | 53,8                      | 49,4                   | 4,3              | 0,1         | 31,1                              |
| 2018         | 685                        | 7,2                                   | 50,5               | 42,3                      | 41,3                   | 0,7              | 0,3         | 26,9                              |
| 2017         | 672                        | 19,2                                  | 49,9               | 30,9                      | 29,6                   | 1,0              | 0,3         | 23,2                              |
| 2016         | 691                        | 25,6                                  | 55,3               | 19,0                      | 18,5                   | 0,4              | 0,1         | 19,9                              |
| 2015         | 688                        | 15,3                                  | 54,2               | 30,6                      | 29,4                   | 1,2              | 0,0         | 23,6                              |
| 2014         | 711                        | 27,7                                  | 53,0               | 19,2                      | 17,7                   | 1,4              | 0,1         | 19,9                              |
| 2013         | 2151                       | 13,3                                  | 50,1               | 36,6                      | 34,8                   | 1,4              | 0,4         | 25,6                              |
| 2012         | 708                        | 14,0                                  | 40,1               | 45,9                      | 42,7                   | 3,1              | 0,1         | 28,1                              |
| 2011         | 685                        | 15,5                                  | 45,3               | 39,3                      | 37,4                   | 1,8              | 0,1         | 26,0                              |
| 2010         | 683                        | 9,8                                   | 38,9               | 51,2                      | 48,3                   | 2,6              | 0,3         | 29,6                              |
| 2009         | 680                        | 15,4                                  | 39,3               | 45,3                      | 42,4                   | 2,8              | 0,1         | 27,5                              |
| 2008         | 2061                       | 8,2                                   | 31,4               | 60,4                      | 56,8                   | 3,4              | 0,2         | 31,9                              |
| 2007         | 678                        | 8,6                                   | 41,7               | 49,7                      | 46,8                   | 2,5              | 0,4         | 29,4                              |
| 2006         | 676                        | 11,8                                  | 30,0               | 58,1                      | 54,3                   | 3,4              | 0,4         | 30,9                              |
| 2005         | 676                        | 6,5                                   | 38,0               | 55,5                      | 53,0                   | 2,1              | 0,4         | 30,7                              |
| 2004         | 2038                       | 16,8                                  | 42,0               | 41,1                      | 38,4                   | 2,5              | 0,2         | 26,1                              |
| 2003         | 673                        | 7,7                                   | 38,9               | 53,3                      | 52,0                   | 1,2              | 0,1         | 29,2                              |
| 2002         | 653                        | 24,3                                  | 48,4               | 27,3                      | 25,3                   | 1,2              | 0,8         | 21,8                              |
| 2001         | 1991                       | 18,6                                  | 46,1               | 35,3                      | 33,5                   | 1,3              | 0,5         | 24,0                              |
| 2000         | 631                        | 14,9                                  | 56,1               | 29,0                      | 26,6                   | 1,6              | 0,8         | 23,7                              |
| 1999         | 630                        | 7,5                                   | 42,7               | 49,9                      | 45,1                   | 3,7              | 1,1         | 29,6                              |
| 1998         | 634                        | 4,9                                   | 37,7               | 57,5                      | 53,2                   | 3,5              | 0,8         | 31,1                              |
| 1997         | 1984                       | 12,9                                  | 33,4               | 53,8                      | 49,9                   | 3,3              | 0,6         | 29,7                              |
| 1996         | 581                        | 9,0                                   | 41,3               | 49,8                      | 47,7                   | 1,9              | 0,2         | 28,9                              |
| 1995         | 572                        | 18,4                                  | 54,2               | 27,4                      | 26,7                   | 0,7              | 0,0         | 22,4                              |
| 1994         | 1774                       | 15,9                                  | 46,1               | 38,0                      | 35,4                   | 2,5              | 0,1         | 25,6                              |
| 1993         | 309                        | 26,9                                  | 48,2               | 24,9                      | 24,9                   | 0,0              | 0,0         | 20,3                              |
| 1992         | 303                        | 31,0                                  | 51,8               | 17,2                      | 16,5                   | 0,7              | 0,0         | 19,1                              |
| 1991         | 1634                       | 37,5                                  | 47,7               | 14,7                      | 14,0                   | 0,4              | 0,3         | 17,0                              |
| 1990         | 1627                       | 37,6                                  | 54,4               | 8,1                       | 7,5                    | 0,2              | 0,4         | 16,0                              |
| 1989         | 517                        | 29,0                                  | 53,0               | 18,0                      | 15,7                   | 1,9              | 0,4         | 20,0                              |
| 1988         | 521                        | 30,3                                  | 47,4               | 22,3                      | 21,5                   | 0,6              | 0,2         | 19,9                              |
| 1987         | 522                        | 39,3                                  | 50,4               | 10,4                      | 10,2                   | 0,0              | 0,2         | 15,6                              |
| 1986         | 1710                       | 46,4                                  | 44,4               | 9,2                       | 8,7                    | 0,4              | 0,1         | 14,5                              |
| 1985         | 1718                       | 46,2                                  | 43,0               | 10,8                      | 10,1                   | 0,6              | 0,1         | 15,3                              |
| 1984         | 1718                       | 58,4                                  | 34,2               | 7,5                       | 6,8                    | 0,6              | 0,1         | 13,0                              |

| sonstige Baumarten |                     | Anteile der Schadstufen [in %] |                      |                                   |                          |                    |               | Mittlere Kronenverlichtung |
|--------------------|---------------------|--------------------------------|----------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------|---------------|----------------------------|
| Jahr               | Anzahl Probebäume N | ohne Schadmerkmale 0           | schwach geschädigt 1 | Summe deutlich geschädigt 2 bis 4 | mittelstark geschädigt 2 | stark geschädigt 3 | abgestorben 4 |                            |
| 2021               | 895                 | 26,3                           | 38,1                 | 35,6                              | 30,4                     | 3,2                | 2,0           | 25,2                       |
| 2020               | 878                 | 22,6                           | 38,2                 | 39,3                              | 34,7                     | 3,9                | 0,7           | 26,8                       |
| 2019               | 839                 | 17,3                           | 47,4                 | 35,3                              | 30,4                     | 3,9                | 1,0           | 25,9                       |
| 2018               | 831                 | 16,4                           | 43,2                 | 40,4                              | 35,1                     | 4,3                | 1,0           | 27,7                       |
| 2017               | 841                 | 29,7                           | 48,0                 | 22,2                              | 19,0                     | 2,4                | 0,8           | 21,5                       |
| 2016               | 838                 | 27,0                           | 52,9                 | 20,2                              | 17,5                     | 2,3                | 0,4           | 20,9                       |
| 2015               | 837                 | 32,0                           | 43,7                 | 23,9                              | 21,6                     | 1,9                | 0,4           | 20,9                       |
| 2014               | 839                 | 33,3                           | 49,2                 | 17,5                              | 15,6                     | 1,4                | 0,5           | 18,8                       |
| 2013               | 2357                | 41,8                           | 44,6                 | 13,6                              | 12,6                     | 0,7                | 0,3           | 16,5                       |
| 2012               | 834                 | 40,8                           | 40,8                 | 18,4                              | 15,0                     | 3,2                | 0,2           | 18,6                       |
| 2011               | 787                 | 33,2                           | 41,4                 | 25,5                              | 23,4                     | 1,7                | 0,4           | 20,3                       |
| 2010               | 780                 | 39,6                           | 44,4                 | 16,0                              | 14,0                     | 1,4                | 0,6           | 18,1                       |
| 2009               | 779                 | 48,3                           | 37,2                 | 14,5                              | 12,6                     | 1,4                | 0,5           | 16,7                       |
| 2008               | 2136                | 41,0                           | 42,3                 | 16,8                              | 15,3                     | 1,2                | 0,3           | 17,4                       |
| 2007               | 769                 | 36,9                           | 39,4                 | 23,6                              | 20,5                     | 2,6                | 0,5           | 20,1                       |
| 2006               | 768                 | 29,8                           | 36,5                 | 33,8                              | 30,5                     | 3,0                | 0,3           | 22,6                       |
| 2005               | 767                 | 34,7                           | 45,4                 | 19,9                              | 17,2                     | 2,2                | 0,5           | 19,7                       |
| 2004               | 2092                | 36,0                           | 38,6                 | 25,3                              | 22,4                     | 2,5                | 0,4           | 20,4                       |
| 2003               | 763                 | 36,4                           | 41,2                 | 22,4                              | 20,0                     | 2,1                | 0,3           | 19,3                       |
| 2002               | 757                 | 54,0                           | 30,0                 | 15,9                              | 14,0                     | 1,5                | 0,4           | 15,5                       |
| 2001               | 2107                | 63,0                           | 28,0                 | 9,2                               | 8,1                      | 0,9                | 0,2           | 12,2                       |
| 2000               | 768                 | 51,0                           | 42,0                 | 7,5                               | 6,4                      | 0,7                | 0,4           | 14,7                       |
| 1999               | 766                 | 47,0                           | 42,0                 | 11,0                              | 9,3                      | 1,2                | 0,5           | 15,6                       |
| 1998               | 770                 | 50,0                           | 39,0                 | 11,3                              | 10,1                     | 0,4                | 0,8           | 15,5                       |
| 1997               | 2066                | 55,0                           | 31,0                 | 13,9                              | 12,2                     | 1,0                | 0,7           | 14,9                       |
| 1996               | 677                 | 60,0                           | 27,0                 | 13,3                              | 11,4                     | 0,9                | 1,0           | 15,1                       |
| 1995               | 634                 | 65,0                           | 21,0                 | 13,8                              | 12,1                     | 1,1                | 0,6           | 13,9                       |
| 1994               | 1734                | 61,0                           | 28,0                 | 10,9                              | 9,4                      | 1,2                | 0,3           | 13,2                       |
| 1993               | 110                 | 74,0                           | 20,0                 | 5,7                               | 4,0                      | 0,5                | 1,2           | 10,9                       |
| 1992               | 118                 | 62,0                           | 32,0                 | 6,4                               | 2,6                      | 3,8                | 0,0           | 13,6                       |
| 1991               | 1514                | 67,0                           | 26,0                 | 7,1                               | 6,4                      | 0,4                | 0,3           | 11,0                       |
| 1990               | 1515                | 66,0                           | 28,0                 | 6,4                               | 4,7                      | 1,7                | 0,0           | 11,5                       |
| 1989               | 553                 | 67,0                           | 26,0                 | 6,5                               | 4,7                      | 1,0                | 0,8           | 12,6                       |
| 1988               | 552                 | 74,0                           | 22,0                 | 4,3                               | 3,6                      | 0,4                | 0,3           | 10,4                       |
| 1987               | 546                 | 76,0                           | 19,0                 | 4,6                               | 4,1                      | 0,4                | 0,1           | 9,7                        |
| 1986               | 1554                | 78,0                           | 17,0                 | 4,8                               | 4,0                      | 0,8                | 0,0           | 8,6                        |
| 1985               | 1574                | 78,0                           | 18,0                 | 4,1                               | 3,5                      | 0,5                | 0,1           | 8,2                        |
| 1984               | 1608                | 76,5                           | 17,3                 | 6,2                               | 5,2                      | 0,6                | 0,4           | 8,3                        |

## Anhang 2

Entwicklung der Kronenstruktur der Buchendauerbeobachtungsflächen. Kronenstrukturstufen nach ROLOFF jeweils in drei Stufen unterteilt



### Entwicklung des Probebaumkollektives nach Baumarten

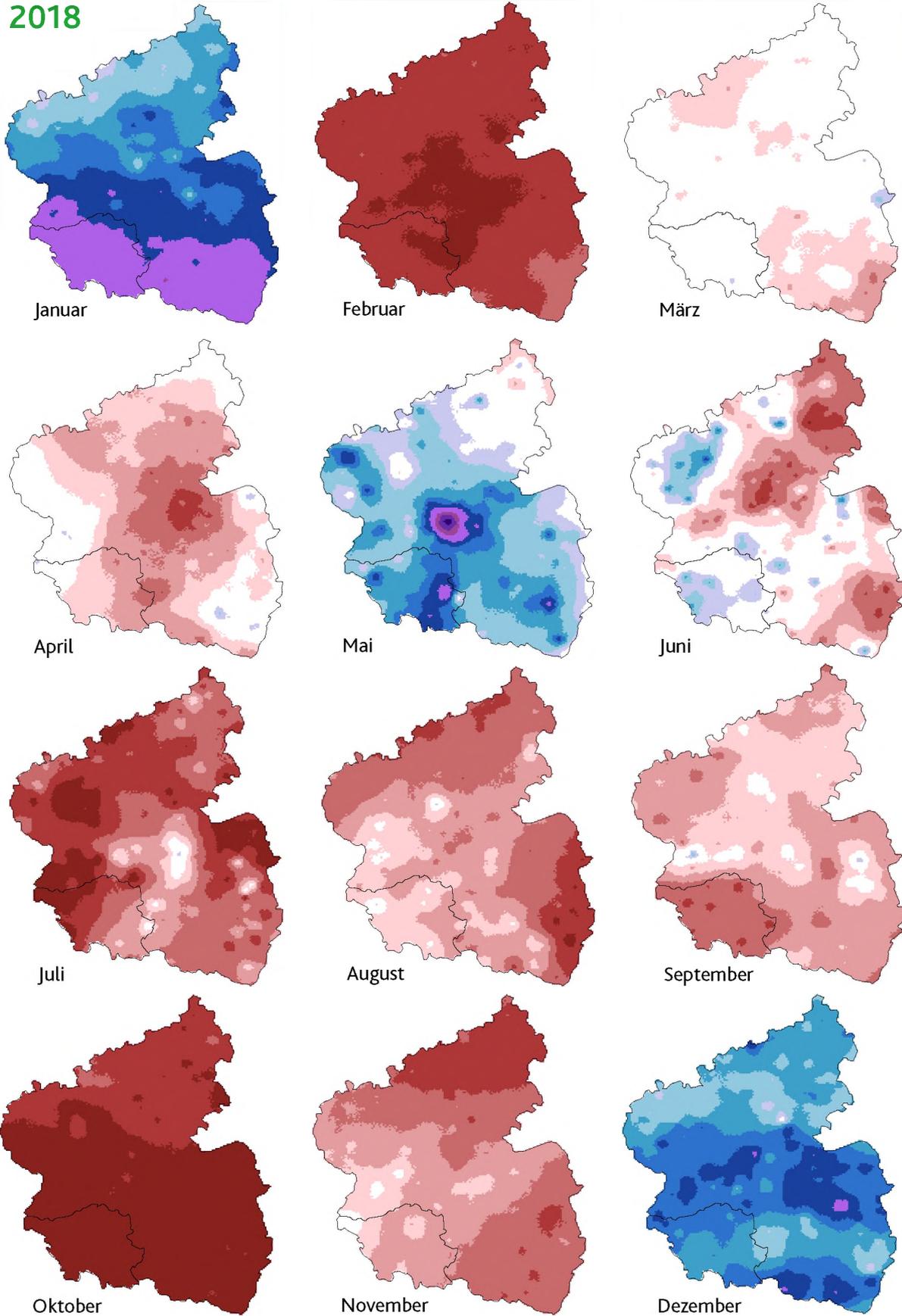
Im Jahr 1984 wurde das Stichprobenraster angelegt und die Ausgangslage zum Beginn der Zeitreihe dokumentiert. Alle folgenden Erhebungen erfolgten auf dem gleichen Grundraster, damit sind Veränderungen im Vergleich zur Ausgangslage zu erkennen. Die Zusammensetzung des Probebaumkollektives hat sich im Laufe der Jahre verändert. Der Anteil an Fichte ist geringer geworden. Die Fichtenbestände waren durch die Sturmwürfe und Käferkalamitäten der vergangenen Jahre besonders betroffen; die Wiederaufforstungen erfolgten mit höheren Laubholzanteilen. Die Zahl der Probepunkte ist größer geworden, bei der Überprüfung des Rasters sind etliche Stichprobenpunkte, die in Wald fallen, neu angelegt worden. Diese Punkte ergaben sich aus Erst-aufforstungen nach 1984 und solchen Punkten die bei der Anlage des Rasters 1984 übersehen wurden (z.B. in kartographisch nicht erfasstem Kleinprivatwald), hierbei waren überproportional die sonst weniger häufigen Laubbaumarten vertreten. Im Vergleich zu anderen Inventuren zeigt sich, dass der Fichtenanteil noch geringer, der Buchenanteil jedoch höher ist, hier sind jedoch auch Baumartenanteile unter Schirm, die von der WZE verfahrensbedingt nicht erfasst werden von Bedeutung. In den Daten der Forsteinrichtung fehlt der Privatwald. Douglasie ist vom Raster der WZE mit einem zu geringem Anteil erfasst.

In 2021 sind 2 Aufnahmepunkte mit überwiegend Fichte ausgefallen. An keinem der derzeit ruhenden Aufnahmepunkte hatte sich im letzten Jahr die Waldverjüngung soweit entwickelt, dass sich eine gesicherte Waldverjüngung etabliert hatte. Es konnten daher an keinem der ruhenden Punkte neue Probebäume ausgewählt werden.

| Art (Gattung)    | 2021<br>Anzahl | 2021<br>Anteil | 1984<br>Anteil | Anteil nach<br>Forsteinrichtung<br>2017 | Anteil nach<br>Bundeswaldinventur<br>2012 |
|------------------|----------------|----------------|----------------|---|---|
| Buche            | 829            | 22,4%          | 18,7%          | 30,9%                                   | 23,6%                                     |
| Fichte           | 772            | 20,8%          | 32,9%          | 18,9%                                   | 20,5%                                     |
| Eiche            | 696            | 18,7%          | 16,8%          | 16,5%                                   | 16,3%                                     |
| Kiefer           | 528            | 14,2%          | 15,9%          | 11,6%                                   | 6,9%                                      |
| Douglasie        | 145            | 3,9%           | 3,5%           | 6,3%                                    | 5,0%                                      |
| Lärche           | 141            | 3,8%           | 3,4%           | 2,3%                                    | 1,5%                                      |
| Esche            | 119            | 3,2%           | 0,9%           | 1,0%                                    | 1,1%                                      |
| Hainbuche        | 105            | 2,8%           | 2,2%           | 3,6%                                    | 8,9%                                      |
| Ahorn            | 70             | 1,9%           | 0,6%           | 1,5%                                    | 2,4%                                      |
| Birke            | 65             | 1,7%           | 1,2%           | 2,0%                                    | 4,5%                                      |
| Erle             | 46             | 1,2%           | 0,3%           | 0,9%                                    | 1,6%                                      |
| Edelkastanie     | 34             | 0,9%           | 0,5%           | 0,3%                                    | 0,4%                                      |
| Kirsche          | 34             | 0,9%           | 0,3%           | 0,6%                                    | 1,4%                                      |
| Tanne            | 32             | 0,9%           | 0,6%           | 0,8%                                    | 0,6%                                      |
| Kulturpappel     | 25             | 0,7%           | 0,5%           | 0,3%                                    | 0,1%                                      |
| Eberesche        | 23             | 0,6%           |                | 0,2%                                    | 0,7%                                      |
| Linde            | 13             | 0,3%           | 0,4%           | 0,2%                                    | 0,6%                                      |
| Roteiche         | 12             | 0,3%           | 0,3%           | 0,4%                                    | 0,8%                                      |
| Aspe             | 11             | 0,3%           | 0,3%           | 0,1%                                    | 0,8%                                      |
| Salweide         | 7              | 0,2%           |                | 0,0%                                    | 0,8%                                      |
| Strobe           | 4              | 0,1%           | 0,2%           | 0,1%                                    | 0,1%                                      |
| Elsbeere         | 3              | 0,1%           |                | 0,0%                                    | 0,1%                                      |
| Robinie          | 2              | 0,1%           | 0,1%           | 0,2%                                    | 0,3%                                      |
| Faulbaum         | 1              | 0,0%           |                |   |   |
| Mehlbeere        | 1              | 0,0%           |                | 0,0%                                    | 0,3%                                      |
| Schwarznuss      | 1              | 0,0%           |                | 0,0%                                    | 0,0%                                      |
| Ulme             | 1              | 0,0%           | 0,1%           | 0,0%                                    | 0,0%                                      |
| <b>Insgesamt</b> | <b>3720</b>    | <b>100,0 %</b> | <b>99,7%</b>   | <b>98,7 %</b>                           | <b>99,3 %</b>                             |

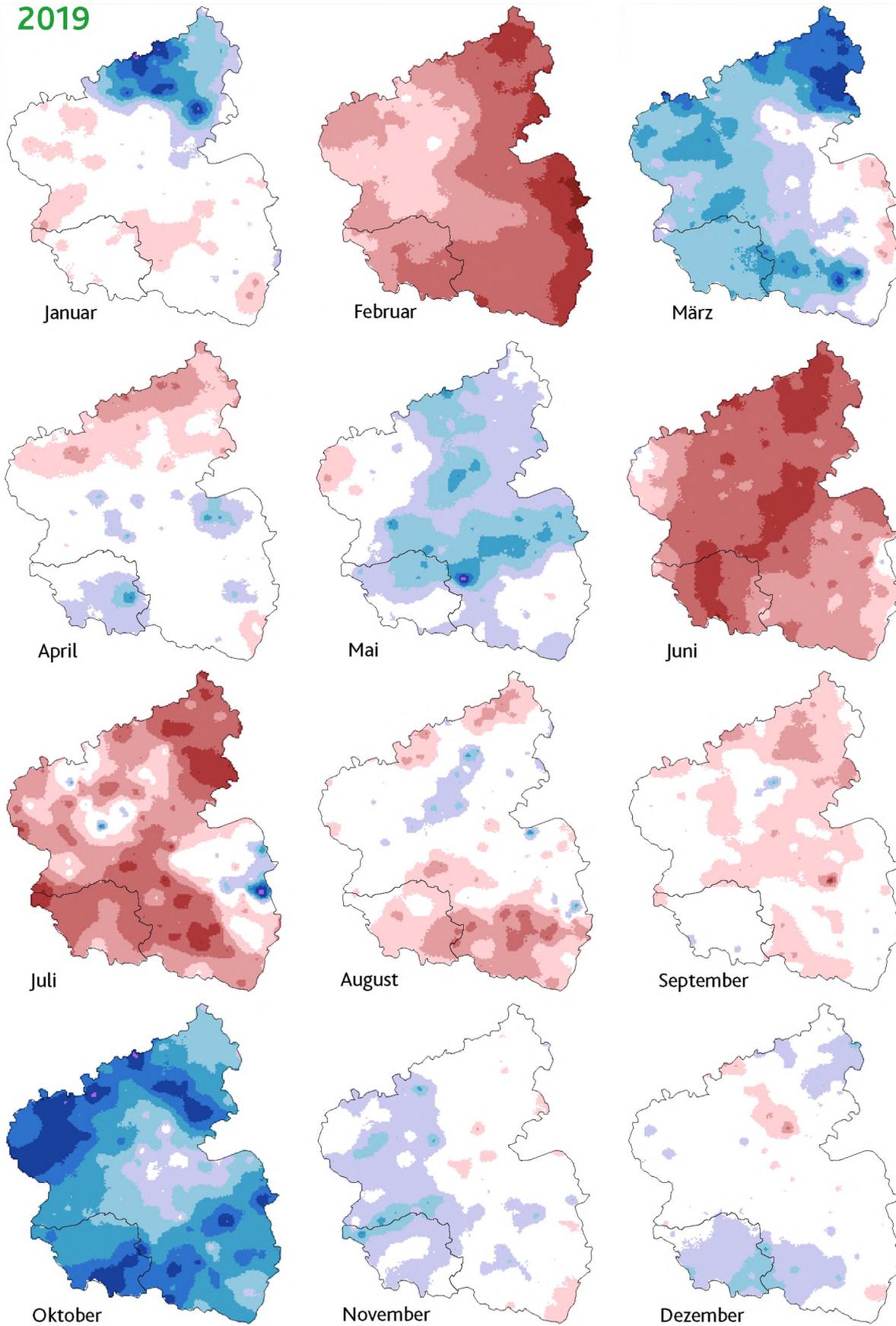
Den Fehlbetrag zu 100 % bilden mit leeren Feldern be-lassene Bauarten bzw. Baumarten, die nicht im Kollektiv der WZE vertreten, aber von der Forsteinrichtung oder der Bundeswaldin-ventur erfasst sind.

2018



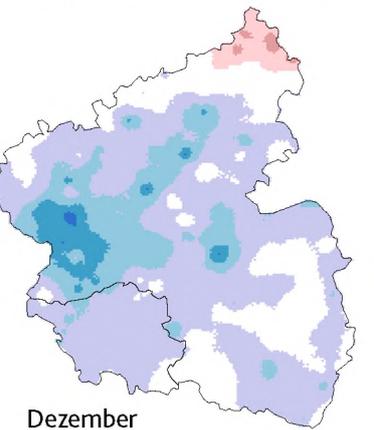
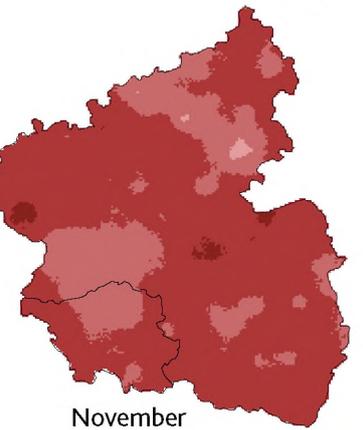
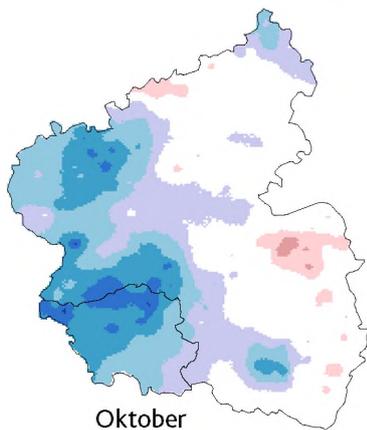
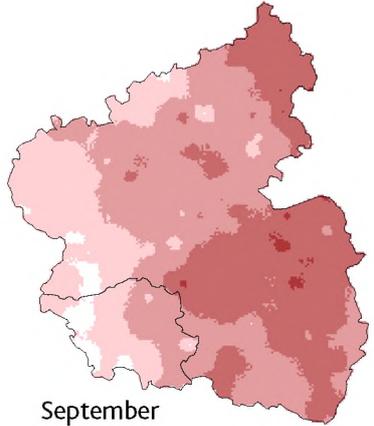
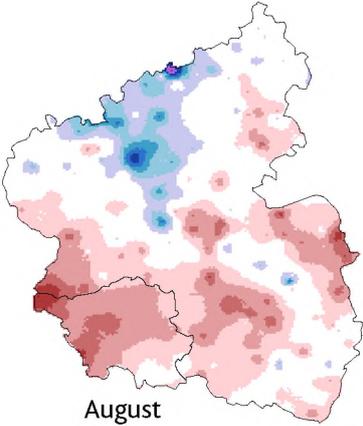
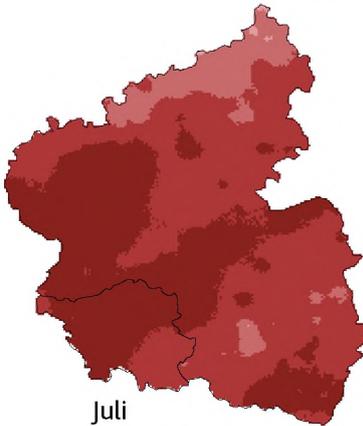
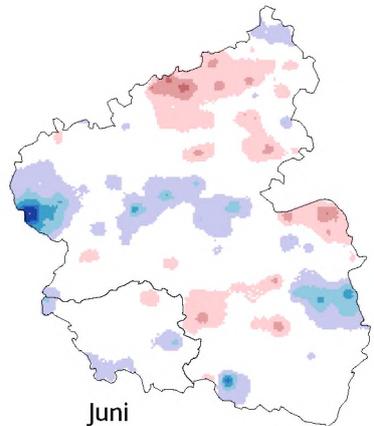
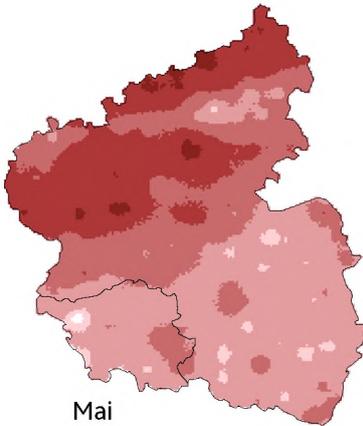
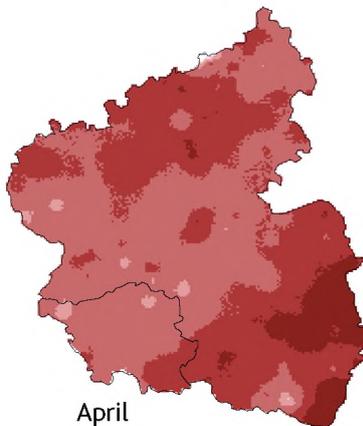
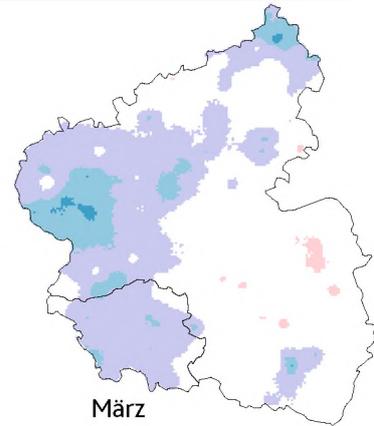
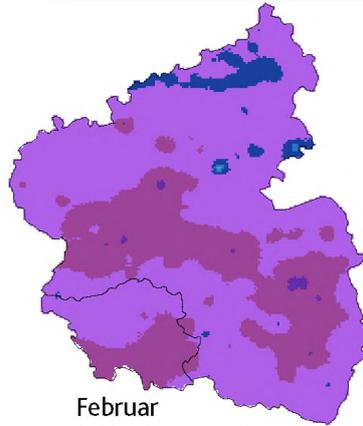
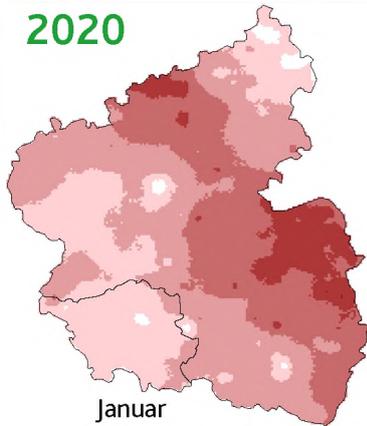
Regionale Abweichung vom Monatsniederschlag in Prozent (Januar bis Dezember)

2019



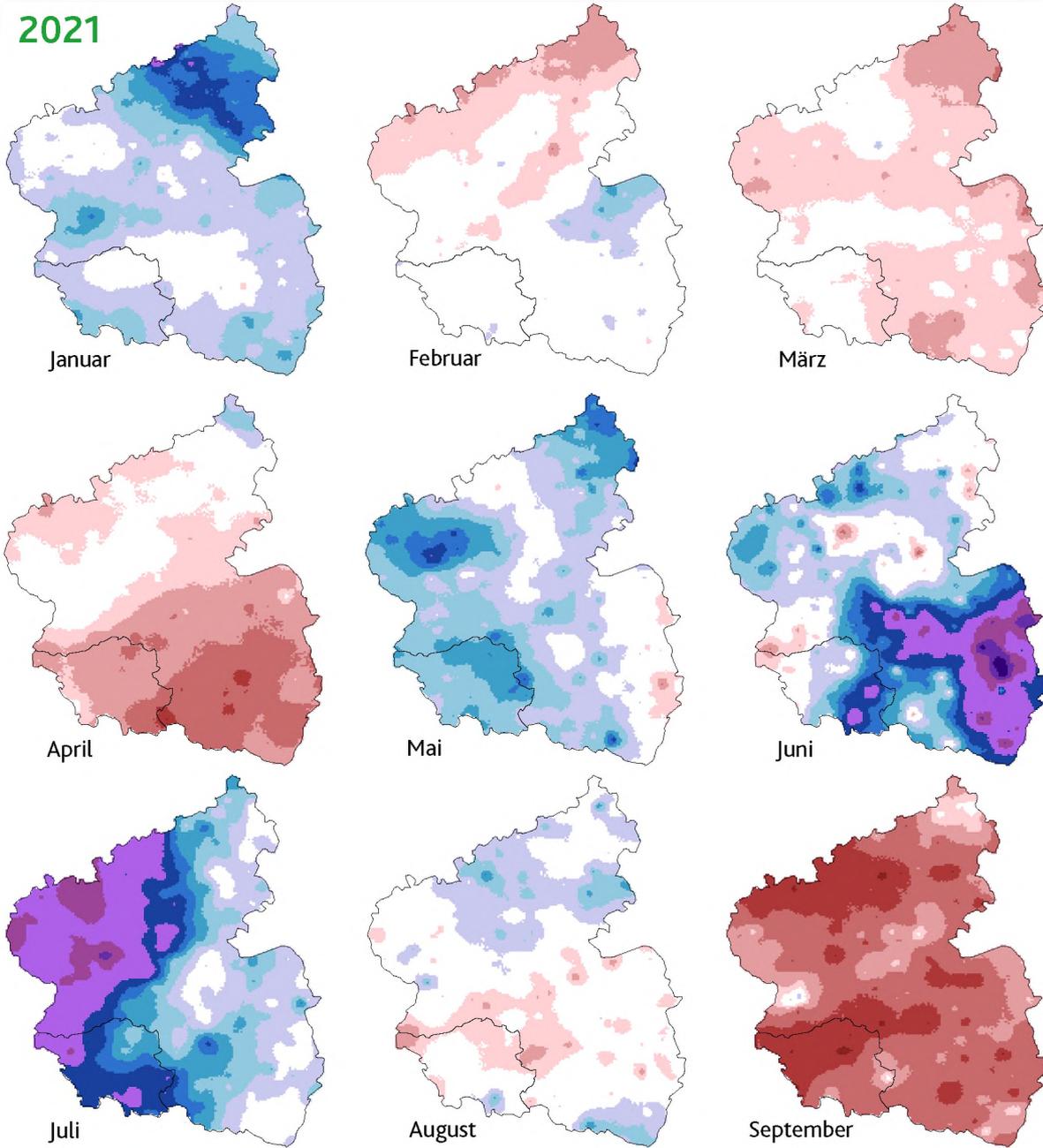
Regionale Abweichung vom Monatsniederschlag in Prozent (Januar bis Dezember)

2020

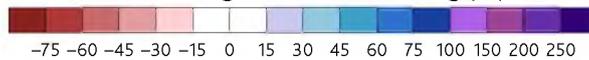


Regionale Abweichung vom Monatsniederschlag in Prozent (Januar bis August)

2021



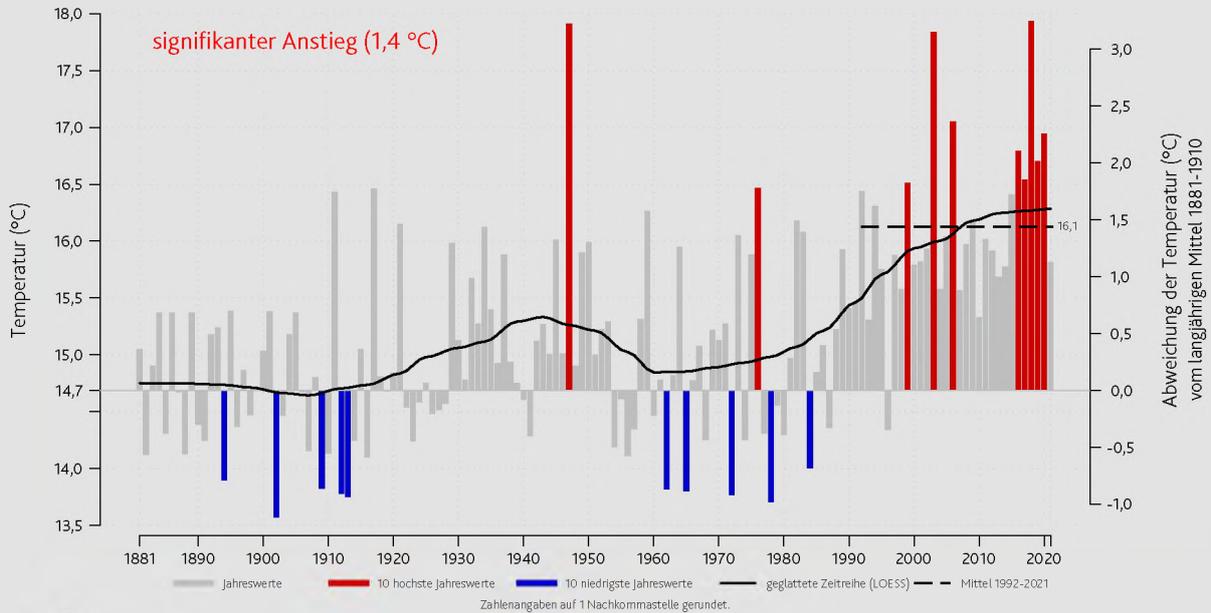
Abweichung Monatsniederschlag (%)



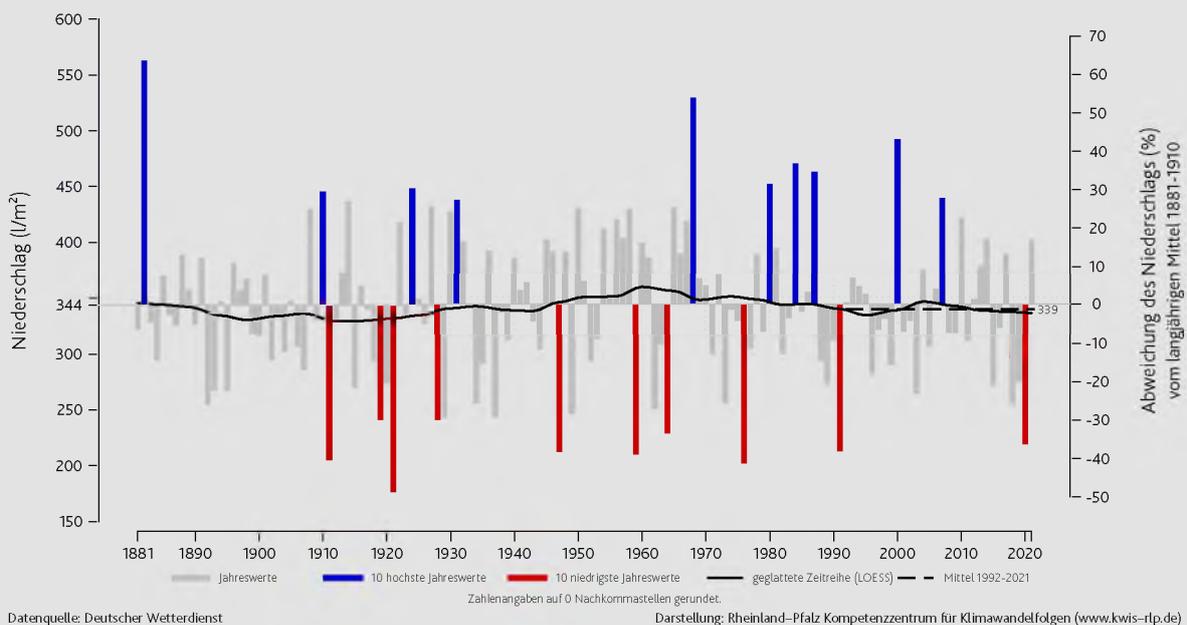
Datenquelle: Deutscher Wetterdienst

Darstellung: Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen ([www.kwis-rlp.de](http://www.kwis-rlp.de))

## Entwicklung der Temperatur in der forstlichen Vegetationszeit (Mai-Sep) im Bundesland Rheinland-Pfalz im Zeitraum 1881-2021



## Entwicklung des Niederschlags in der forstlichen Vegetationszeit (Mai-Sep) im Bundesland Rheinland-Pfalz im Zeitraum 1881-2021



| Maßnahme  | Jahr | Ziel   |
|---|------|--|
| <b>Internationale Abkommen und Richtlinien</b>  |      |  |
| Montreal-Protokoll  | 1987 | Schutz der stratosphärischen Ozonschicht   |
| <b>Europäische Abkommen zur Luftreinhaltung im Rahmen der UN-ECE-Verhandlungen:</b>   |      |  |
| Helsinki-Protokoll  | 1985 | 1. und 2. Schwefel-Protokoll zur Rückführung der Stickstoffoxidemissionen  |
| Sofia-Protokoll   | 1988 |  |
| Genfer-Protokoll  | 1991 | Rückführung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen   |
| Oslo-Protokoll  | 1994 | Reduzierung der Schwefelemissionen   |
| Aarhus-Protokoll  | 1998 | Rückführung von Schwermetallen und persistenten organischen Verbindungen   |
| Göteborg-Protokoll  | 1999 | Bekämpfung von Versauerung, Eutrophierung und bodennahem Ozon  |
| VOC-Richtlinie<br>(VOC = Volatile Organic Compounds)  | 1999 | Begrenzung von Emissionen flüchtiger, organischer Verbindungen   |
| Abfallverbrennungsrichtlinie  | 2000 | Emissionsbegrenzung bei der Verbrennung und Mitverbrennung von Abfällen  |
| Großfeuerungsanlagen-Richtlinie   | 2001 | Begrenzung von Schadstoffemissionen von Großfeuerungsanlagen in die Luft   |
| Richtlinie über nationale Emissionshöchstgrenzen für bestimmte Luftschadstoffe (NEC = National Emissions Ceilings)  | 2002 | Festsetzen von nationalen Emissionshöchstgrenzen für die Mitgliedstaaten bei den Schadstoffen SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> und VOC)   |
| Richtlinie über Arsen, Cadmium, Quecksilber, Nickel und PAK in der Luft   | 2004 | Zielwerte in der Luft, die bis 2012 eingehalten werden sollen  |
| Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa   | 2008 | Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität<br>EU-Immissionsgrenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Benzol Partikel (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> ) und Blei sowie Ozon in der Luft   |
| Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung von Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie)  | 2008 | Genehmigungspflicht für bestimmte industrielle und landwirtschaftliche Tätigkeiten mit einem hohen Verschmutzungspotential   |
| Richtlinie über Industrieemissionen (IED-Richtlinie)  | 2012 | Neufassung der IVU-Richtlinie<br>Verstärkte Berücksichtigung der "besten verfügbaren Technik" (BVT)  |
| Thematische Strategie zur Luftreinhaltung (Clean Air Policy Package mit dem Programm „Saubere Luft für Europa“)<br>Novellierung der Richtlinie über die Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe (NEC = National Emission Ceilings) | 2013 | Kurz- und Langfristmaßnahmen im Bereich Anlagen, Verkehr, Hausbrand und Landwirtschaft zur weiteren Senkung der Emissionen und Immissionsbelastungen<br>Festsetzung von nationalen Emissionshöchstgrenzen für die Mitgliedsstaaten für SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , NMVOC, CO, NH <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> |

| Maßnahme   | Jahr | Ziel   |
|--|------|--|
| <b>Nationale Regelungen</b>  |      |  |
| Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)                                      | 2005 | Neufassung vom September 2002  |
| 1. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchV) | 2010 | Neufassung der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen  |
| 2. BImSchV   | 2013 | Neufassung der Verordnung über die Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen organischen Verbindungen   |
| Nationales Luftreinhalteprogramm   | 2019 | Aktuelle Emissionsprognosen sowie Strategien und Maßnahmen zur Erfüllung der Emissionsreduktionsverpflichtungen  |
| 10. BImSchV  | 2013 | Verordnung über die Beschaffenheit und Auszeichnung der Qualitäten von Kraftstoffen  |
| 13. BImSchV  | 2013 | Neufassung der Verordnung über Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen   |
| 17. BImSchV  | 2013 | Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen  |
| 20. BImSchV  | 2013 | Neufassung der Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen beim Umfüllen und Lagern von Ottokraftstoffen  |
| 21. BImSchV  | 2013 | Neufassung der Verordnung zur Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen bei der Betankung von Kraftfahrzeugen   |
| 28. BImSchV  | 2013 | Verordnung über Emissionsgrenzwerte bei Verbrennungsmotoren  |
| 31. BImSchV  | 2013 | Neufassung der Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen                              |
| 35. BImSchV  | 2007 | Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung   |
| 36. BImSchV  | 2012 | Verordnung zur Durchführung der Regelungen der Biokraftstoffquote  |
| 39. BImSchV  | 2010 | Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen   |
| 43. BImSchV  | 2018 | Verordnung zur Emissionsreduktion und Emissionshöchstmengen  |
| 44. BImSchV  | 2020 | Verordnung über mittelgroße Feuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen (1-50 MW Feuerungswärmeleistung).<br>Nationale Umsetzung der "Medium Combustion Plant Directive" (MCP) |

| Maßnahme  | Jahr | Ziel   |
|---|------|--|
| Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung                             | 2009 | Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige (Biokraft-NachV) Herstellung von Biokraftstoffen                                 |
| TA Luft   | 2002 | Neufassung der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft, Emissionsbegrenzung bei Industrieanlagen nach dem Stand der Technik |
| Änderungen der Kfz-Steuerregelung                                   | 2009 | Ausrichtung der Kfz-Steuer für Pkw nach dem Emissionsverhalten und CO <sub>2</sub> -Emissionen                                     |
| EURO 1 Norm für Pkw   | 1991 | Verschärfung der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 1992/93  |
| EURO I Norm für Lkw   | 1991 | Verschärfung der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 1992/93  |
| EURO II Norm für Lkw  | 1991 | 2. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 1995/96  |
| EURO 2 Norm für Pkw   | 1994 | 2. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 1996/97  |
| EURO 3 Norm für Pkw   | 1998 | 3. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 2000/2001  |
| EURO 4 Norm für Pkw   | 1998 | 4. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 2005/2006  |
| EURO 5 Norm für Pkw   | 2006 | 5. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 2009/2010  |
| EURO III Norm für Lkw   | 1999 | 3. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 2000   |
| EURO IV Norm für Lkw  | 1999 | 4. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 2005   |
| EURO V Norm für Lkw   | 1999 | 5. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw (NO <sub>2</sub> ) ab 2008  |
| EURO 6 Norm für Pkw   | 2007 | 6. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 2014/2015  |
| EURO VI Norm für Lkw  | 2007 | 6. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 2013/2014  |
| Verordnung über Erhebungen zum forstlichen Umweltmonitoring, ForUmV | 2013 | Datengrundlage für forst- und umweltpolitische Entscheidungen sowie Berichterstattung  |



---

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Landesregierung Rheinland-Pfalz herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerberinnen und Wahlwerbern oder Wahlhelferinnen und Wahlhelfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einer politischen Gruppe verstanden werden könnte.

Das Waldmonitoring in Rheinland-Pfalz ist eingebunden in das deutsche und europäische Forstliche Umweltmonitoring.

Die Kronenzustandserhebungen auf dem 16 x 16 km-EU-Raster und die Intensivuntersuchungen auf den rheinland-pfälzischen Level-II-Flächen wurden bis 2006 im Rahmen des EU-Forest Focus-Programms und von 2009 bis Juni 2011 im Rahmen des LIFE+-FutMon-Projekts ([www.futmon.org](http://www.futmon.org)) von der Europäischen Union finanziell unterstützt.





Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR  
KLIMASCHUTZ, UMWELT,  
ENERGIE UND MOBILITÄT

Kaiser-Friedrich-Straße 1  
55116 Mainz

[www.mkuem.rlp.de](http://www.mkuem.rlp.de)  
[www.wald.rlp.de](http://www.wald.rlp.de)