



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR UMWELT,
ENERGIE, ERNÄHRUNG
UND FORSTEN

WALDZUSTANDS- BERICHT 2019



Landesforsten
Rheinland-Pfalz

Impressum

Herausgeber

Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten

Kaiser-Friedrich-Straße 1

55116 Mainz

Telefon: 06131 16-0, Fax: 06131 165926

www.mueef.rlp.de

www.wald-rlp.de

Mainz, November 2019

Durchführung, Auswertung und Gestaltung

Zentralstelle der Forstverwaltung

Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz

Hauptstraße 16

67705 Trippstadt

Telefon: 06306 911-0, Fax: 06306 911-200

zdf.fawf@wald-rlp.de

www.fawf.wald-rlp.de

nur als Download

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

Titelbild:

Borkenkäferflächen an der B413 bei Sayn / Westerwald

Foto: F. Frank

WALDZUSTANDS- BERICHT 2019

	Seite
Vorwort	4
Waldzustand 2019 im Überblick	6
Ist der Klimawandel angekommen?	8
Waldzustandserhebung (WZE)	28
Einflüsse auf den Waldzustand	46
Anhänge	
■ Entwicklung der Waldschäden	54
■ Probestaumkollektiv 2019	60
■ Witterung	61
■ Abkommen und gesetzliche Regelungen zur Luftreinhaltung	66

VORWORT

Jeder Ast im vollen Licht, der im Frühjahr nicht mehr austreibt oder über Sommer abstirbt, ist ein Zeichen dafür, dass etwas aus den Fugen geraten ist. Häufen sich diese Zeichen in ungewöhnlichem Ausmaß, wird daraus ein Alarmsignal. Wer in diesem Jahr in unseren Wäldern, aber auch in den Fluren und auch in unseren Städten und Dörfern mit aufmerksamem Blick unterwegs war, dem konnte dieses Alarmsignal nicht entgehen.

Das Absterben von Ästen, ja ganzen Bäumen, hat in diesem Jahr eine geradezu erschreckende Dimension erreicht. Diese steht in Zusammenhang mit lang anhaltender Hitze und Trockenheit, die mit ihren fatalen Wechselwirkungen unser Land nun schon im zweiten Jahr in Folge mit voller Wucht getroffen haben. Der menschengemachte Klimawandel zeigt unverkennbar seine lebensschädigenden Wirkungen. Schlimmer noch, mit dem vorzeitigen Absterben in der Pflanzenwelt wird die Bindung von Kohlendioxid aus der Atmosphäre gemindert und ein wichtiges natürliches Regulativ geschwächt.

Die Zeit, die zur Abwendung von katastrophalen Folgen des menschengemachten Klimawandels bleibt, droht uns davonzulaufen. Uns alle fordert Fridays for future als weltweite Bewegung, die von der Jugend ausgeht, zum Handeln. Auf unsere Wälder bezogen hat die Landesregierung mit der Mainzer Walderklärung vom 11. Juni 2019 im breiten Konsens aller wichtigen Akteure wichtige Festlegungen getroffen, wie wir diese Aufgabe in unserem Land mit konkreten Maßnahmen anpacken wollen.

Entscheidend für die Sicherung unserer Zukunft sind umfassende Maßnahmen zur Abwendung

der Klimakatastrophe. Windenergieanlagen auch in den Wäldern und der verstärkte Einsatz des klimafreundlichen Rohstoffs Holz sind wichtige, den Wald und seine Bewirtschaftung betreffende Handlungsfelder im Sinne einer durchgreifenden Energie- und Rohstoffwende.

Allem voran zeigt die Walderklärung vom 11. Juni 2019 den Handlungsbedarf für den aktiven Klimaschutz auf. Nur mit einer Reduzierung der Treibhausgase haben unsere Wälder eine Überlebenschance.

Weiter steht die Stärkung der Anpassungsfähigkeit unser Wälder im Klimawandel im Vordergrund. Wiederbewaldung und behutsamer Waldbau zu artenreichen Mischwäldern erfordern vielerorts die Anpassung der Schalenwildbestände. Die Waldbesitzenden müssen unterstützt werden.

Rheinland-Pfalz hat schon frühzeitig die Förderung durch den Bund in einer Bundesratsinitiative eingefordert und stellt seinerseits die Kofinanzierung sicher. Der Nationale Waldgipfel vom 25.09.2019 kann nur der Auftakt einer gezielten, bundes-, ja europaweiten Initiative zu Erhaltung unserer Wälder sein.

Seit nunmehr 35 Jahren wird in Rheinland-Pfalz nach einem bundeseinheitlichen Verfahren die jährliche Waldzustandserhebung durchgeführt. Die diesjährigen Ergebnisse und Auswertungen werden im vorliegenden Waldzustandsbericht 2019 dargestellt. Sie geben Anlass zu großer Besorgnis. Nach dem sprunghaften Anstieg der Schäden 2018, zeigen nun auch 2019 82 % der Bäume Schadmerkmale.



Wer nach dem starken Fruchten der meisten Baumarten im letzten Jahr auf eine Erholung gehofft hatte, wird enttäuscht. Im Gegenteil ist gerade die Eiche 2019 sogar noch von einem Schadensanstieg betroffen. Durch den Hitze- und Trockensommer 2018, gefolgt von dem Dürreherbst, der sich bis weit in den November 2018 erstreckte, wurde die Lebenskraft nahezu aller Bäume auf eine harte Probe gestellt. Bis Ende September 2019 war die diesjährige Vegetationszeit abermals von verbreitetem Hitze- und Dürrestress geprägt. Das kann von unseren Wäldern nicht spurlos verkraftet werden. Es betrifft nicht nur die Bäume, sondern die Waldökosysteme insgesamt in ihrer ganzen verflochtenen Vielfalt der Lebewesen.

Der menschengemachte Klimawandel hat viele unserer Wälder in eine schwere Krise geführt. Die nunmehr im zweiten Jahr voranschreitende Massenvermehrung der Borkenkäfer rafft Fichten in einem Umfang dahin, dass inzwischen nicht allein in weiten Bereichen des Westerwaldes das Wald- und Landschaftsbild mit seiner Vertrautheit und Identität stiftenden Wirkung beeinträchtigt ist.

Seit dem Spätherbst 2018 wird mit Schwerpunkt in der Rheinebene, aber auch in anderen trockenen Lagen des Landes, das Absterben von Kiefern festgestellt. Aber auch Laubbäume, vor allem auch Buchen, Eichen und Hainbuchen, die das Rückgrat unserer natürlichen Waldgesellschaften darstellen, ja selbst die Birke, haben im Frühjahr 2019 den Blattaustrieb nicht mehr geschafft und sind nun abgestorben. Dabei handelte es sich zu einem erheblichen Teil um Bäume, die zuvor keine Schwächung oder Befall durch Gegenspieler erkennen ließen. Ein derartiges Versagen des Aus-

triebs von Laubbäumen war zuvor nicht beobachtet worden.

Naturnahe Bewirtschaftung, auf der natürlichen Dynamik aufbauende Wiederbewaldung, behutsame Überführung naturferner Nadelbaumbestockungen in Mischwälder sind wichtige Elemente in unserem Handeln im Wald gegen den Klimawandel. Wir können den Wald nicht anpassen, wir müssen aber den Wald in seiner Anpassungsfähigkeit als Lebensgemeinschaft nach Kräften stützen und stärken.

Dabei darf der gesellschaftliche Dialog nicht zu kurz kommen. In Waldforen will ich diesen Dialog nach vorne bringen. Die Ursachen des Klimawandels können nur dann wirkungsvoll bekämpft werden, wenn dies viele Menschen in einem breiten gesellschaftlichen Konsens zu ihrer persönlichen Sache machen.

Dazu ist verlässliche, wertvolle Information wichtig. Der Waldzustandsbericht wurde auch 2019 auf der Grundlage umfangreicher Aufnahmen und Auswertungen in sehr gründlicher und sorgfältiger Arbeit durch engagierte Fachleute erstellt. Dafür möchte ich mich bei den beteiligten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern von Landesforsten Rheinland-Pfalz, insbesondere bei der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft in Trippstadt, herzlich bedanken.

Ulrike Höfken
Ministerin für Umwelt, Energie, Ernährung,
und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz

WALDZUSTAND 2019



EIN ÜBERBLICK

Trockenheit und Hitze in 2018 und 2019 haben die Vitalität der Bäume stark geschwächt und sie damit für Schaderreger anfälliger gemacht. Aufgrund der deutschlandweit hohen Schäden wurde der Begriff „Waldsterben 2.0“ erfunden. Auch wenn die aktuellen Probleme nichts mit den Ursachen des Waldsterbens in den 1980er Jahren gemeinsam haben – damals Säureeinträge, heute Klimawandel – ist die momentane Entwicklung besorgniserregend. Nicht nur in großem Umfang infolge Borkenkäferbefall absterbende Fichten, nein auch andere Baumarten wie die von Natur aus in Rheinland-Pfalz dominante Buche bekommen Probleme. Da die Stichprobenergebnisse der Waldzustandserhebung lokal begrenzte Schadflächen nicht ausreichend widerspiegeln können, wurden verschiedene Zusatzerhebungen durchgeführt und in den vorliegenden Bericht eingebettet. Zunächst zu den Ergebnissen der Waldzustandserhebung:

Der Anteil an Bäumen mit deutlichen Schäden ist gegenüber dem Vorjahr unverändert und bleibt damit auf höchstem Niveau seit Beginn der Waldzustandserhebung im Jahre 1984. Lediglich das Jahr 2003 wies vergleichbar hohe Anteile deutlich geschädigter Bäume auf. Der Anteil an Bäumen ohne Schadmerkmale liegt aktuell bei 18 %. Merklich höher ist allerdings der Anteil stark geschädigter oder abgestorbener Bäume. Vor allem der Zustand der Eiche hat sich gegenüber dem Vorjahr deutlich verschlechtert, sie hat nun wieder das hohe Schadniveau der Jahre 2003 bis 2010 erreicht. Das Schadniveau der Fichte ist geringfügig angestiegen. Bei Fichte sind jedoch der Ausfall und die Sterblichkeit infolge der Schäden durch Borkenkäfer erschreckend hoch. Die Buche hat sich, nach der starken Fruktifikation im Vorjahr, leicht erholt, konnte den Schadanstieg des Vorjahres aber nicht vollständig ausgleichen. Bei der Kiefer sind keine wesentlichen Verände-

rungen zu beobachten. Bei den weniger häufigen Baumarten war eine gewisse Erholung bei Douglasie und Esche zu beobachten, wobei beide Baumarten nach wie vor durch verbreitet auftretende Pilzinfektionen geschädigt werden. Die Trockenheit der Jahre 2018 und 2019 hat alle Baumarten mehr oder minder belastet, im Kollektiv der Waldzustandserhebung sind aber nur vereinzelt Probestämme mit akuten Trockenschäden oder gar infolge Trockenheit abgestorbene Probestämme zu beobachten.

Die Zusatzerhebungen verdeutlichen lokal drastische Schäden. Nicht nur Fichten, auch Kiefern und Laubbäume zeigen besorgniserregende Absterberscheinungen auf. Die größten Schäden sind in wärmebegünstigten Gebieten zu verzeichnen. Von Natur aus trockenere Böden weisen die höchsten Schäden auf. Deutlich wird auch: es gibt keine Wunderbaumarten – alle Bäume können Probleme bekommen.

Wesentlich sind eine weitere Vitalisierung der Wälder und Minderung der menschengemachten Belastungen. Hierzu gehören auch eine weitere Reduktion der Luftschadstoffbelastung und die Durchführung von Bodenschutzkalkungen zur Stabilisierung des Bodenzustandes. Im Staatswald verbindlich umgesetzt wurde bereits eine „Nährstoffentzugsrichtlinie“, die regelt, inwieweit auf nährstoffarmen Standorten zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit auf Holznutzung verzichtet wird. Es besteht ein erheblicher Forschungsbedarf zu Baumartenempfehlungen in Zeiten des Klimawandels. Jedoch ist die Basis zum Verständnis waldökologischer Prozesse und waldbaulicher Entscheidungen ein detailliertes Wissen über die jeweiligen Waldböden. Hierzu wird seit 2018 das Projekt „Fertigstellung der Standortstypenkartierung RLP“ durchgeführt, um die noch fehlenden waldbesitzarten-übergreifenden ca. 50 % der Landeswaldfläche zu kartieren.

Absterbende Kiefer in der Rheinebene bei Lustadt

Foto: M. Greve

IST DER KLIMAWANDEL ANGEKOMMEN?



Das Jahr 2018 war in Deutschland und in Rheinland-Pfalz das wärmste und in einigen Regionen von Deutschland auch das trockenste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881. Es folgte 2019 der drittwärmste und in Rheinland-Pfalz der sonnenreichste Sommer seit 1881 mit erheblichen Auswirkungen auf unsere Wälder.

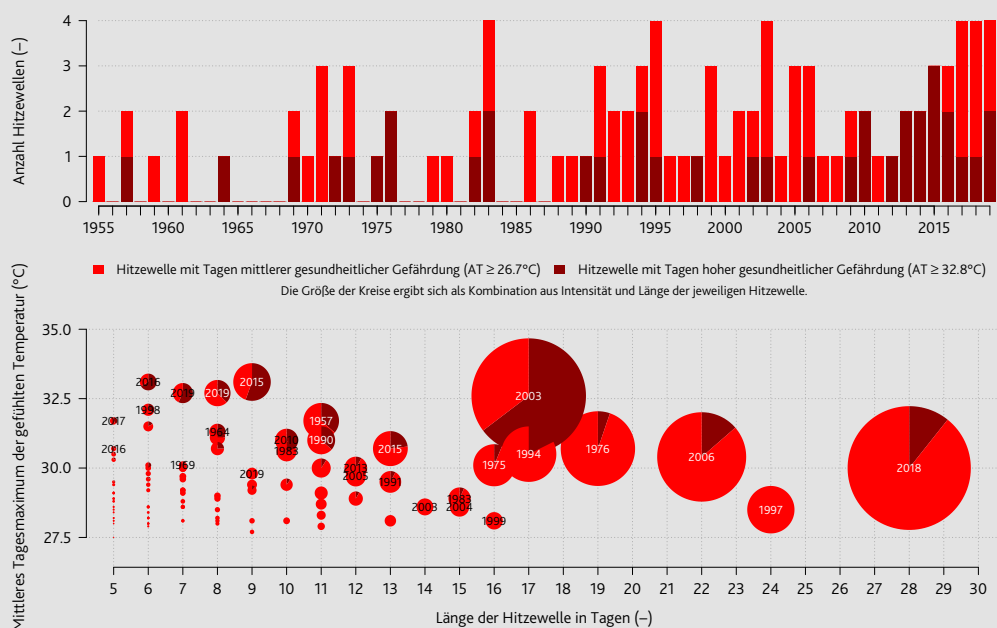
Bodentrockenheit in Deutschland

Zu Beginn der Vegetationsperiode 2018 war der Boden infolge der Winterniederschläge zumeist gut mit Wasser versorgt. Bis Ende August 2018 entwickelte sich jedoch aufgrund ausbleibender Niederschläge eine starke, teilweise regional auch extreme, Trockenheit, die bis November andauerte. Zu Beginn der Vegetationsperiode im April 2019 waren die Böden vielfach noch trocken, da die Winterniederschläge nicht ausgereicht hatten um das Wasserdefizit aus 2018 auszugleichen. Die Trockenheit verschärfte sich im Laufe des Jahres bundesweit. Die Bundesländer Rheinland-Pfalz und Saarland gehörten im deutschlandweiten

Vergleich mit zu den Regionen, die zumindest weitgehend von „außergewöhnlicher Dürre“ verschont blieben (siehe Abb. nächste Seite).

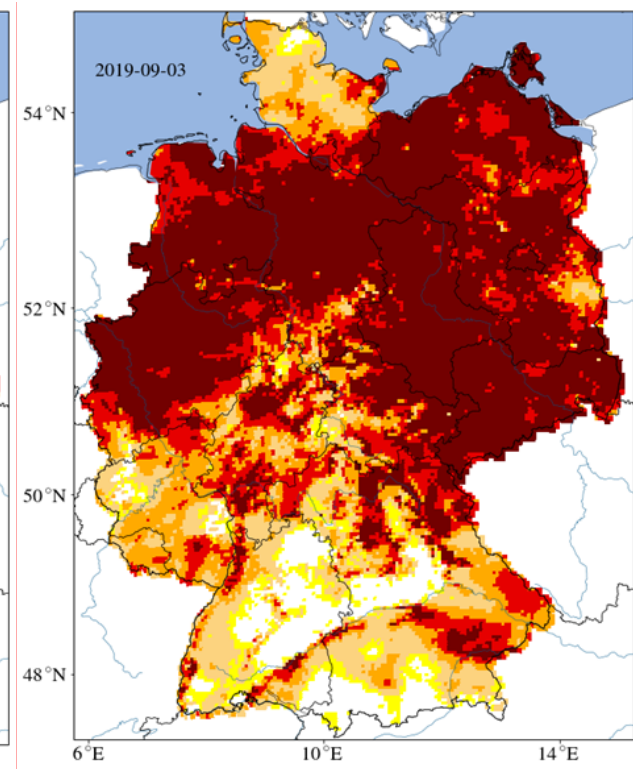
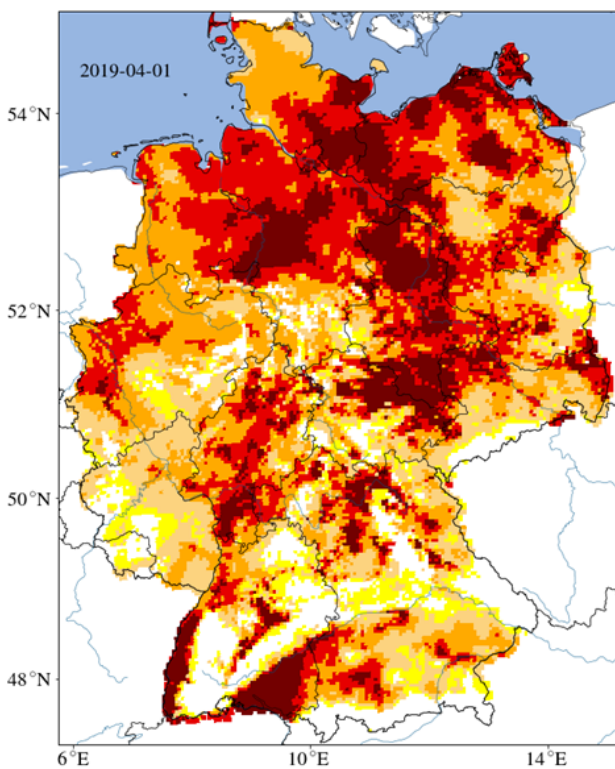
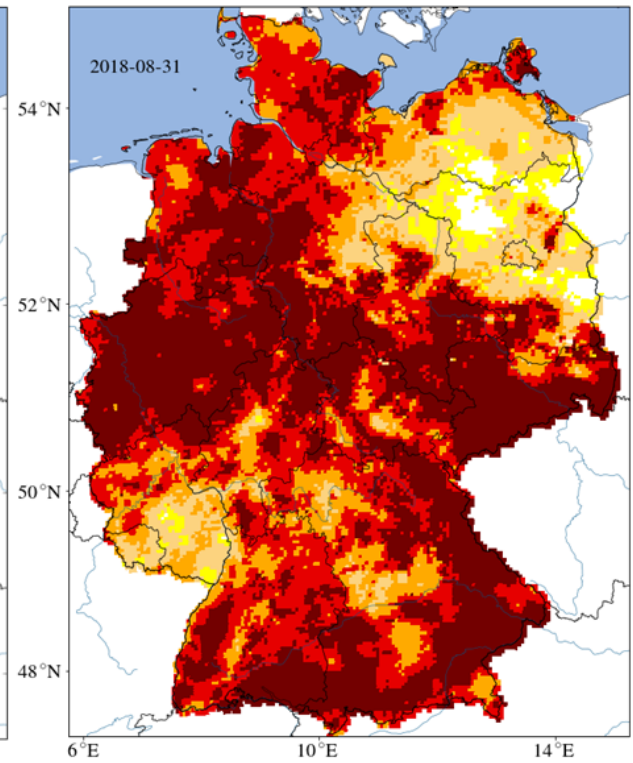
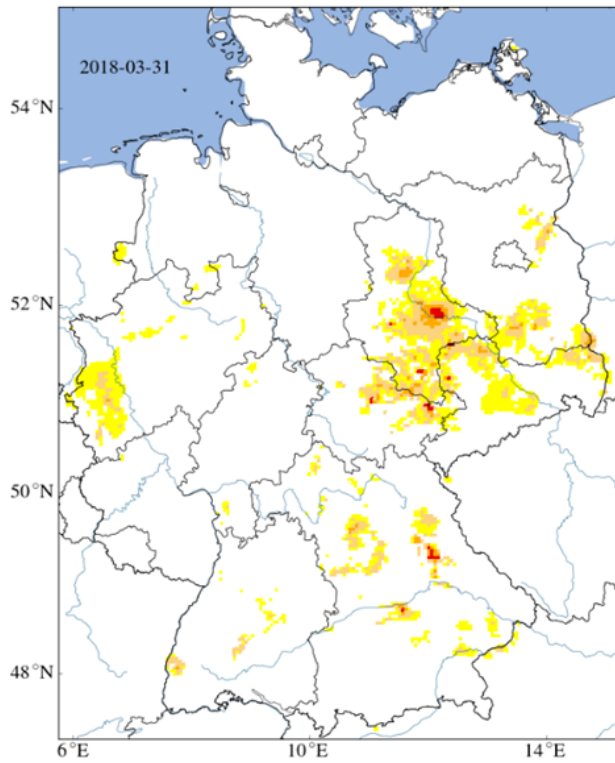
Dennoch herrschten auch in Rheinland-Pfalz Witterungsverhältnisse vor, wie sie im Zuge des fortschreitenden Klimawandels in der Zukunft vermehrt zu erwarten sind. Die in den letzten Jahren beobachtete Häufung von Hitzewellen setzt sich fort. Wenn auch keine so lang andauernde Hitzewelle wie im Jahr 2018 auftrat, so wurden in diesem Jahr dennoch mehrere Hitzewellen und an nahezu allen Klimastationen neue

Hitzewellen an der DWD-Klimastation Trier-Petrisberg



Infolge Trockenheit abgestorbene Buchen im Eichenwald am Donnersberg Foto: H.W. Schröck

Der Dürremonitor verdeutlicht die in den Jahren 2018 und 2019 innerhalb Deutschlands unterschiedlich intensive Trockenheit bis in 1,8 m Bodentiefe im Vergleich zum Referenzzeitraum 1951-2015



Quelle: Helmholtz Zentrum für Umweltforschung (UFZ)

Rekordtemperaturen, teilweise mit deutlichem Abstand, verzeichnet. Von Mai bis Oktober 2018 war die wärmste Periode seit 1881. Nach durchschnittlichen Winterniederschlägen begann das Jahr 2019 relativ kühl und feucht. Von Mai bis September war das Jahr 2019 anschließend trocken und weit überdurchschnittlich warm. Die absolute Rekord-Temperaturwoche trat Mitte Juli auf.

Extreme Starkniederschlagsereignisse waren, wenn auch nicht in dem Umfang wie 2018, auch in diesem Jahr regional wieder zu beobachten. Beispielsweise musste am 6. August 2019 im Donnersbergkreis die Bahnstrecke Winnweiler wegen umgestürzter Bäume gesperrt werden.

Wie passen die Jahre 2018 und 2019 zum sich abzeichnenden Klimawandel?

Im langjährigen Vergleich heben sich die Jahre 2018 und 2019 durch deutlich wärmere Sommer hervor, die zudem geprägt sind von extremen Wetterereignissen wie Hitzewellen, Trockenperioden und punktuell Starkregen mit Hagel und Sturm. Die beobachteten Ereignisse passen zum globalen, durch den menschengemachten Klimawandel verursachten Muster.

Die Zunahme von Extremwetterereignissen kann mit veränderten Großwetterlagen erklärt werden. Der sich in etwa 10 km Höhe bewegendes Jetstream, ein Windsystem, das durch aufsteigende Luft am Äquator und absteigende Luft an den Polen bestimmt wird, wird langsamer. Der Grund dafür ist, dass sich die Pole stärker als die Äquatorregion erwärmen, wodurch die Temperaturunterschiede zwischen Pol und Äquator abnehmen. Als Folge schwächt sich der Jetstream ab, was auch Auswirkungen auf Windsysteme der unteren Atmosphäre hat: Sommerliche Wetterlagen wie feucht-warme oder warm-trockene Perioden ziehen langsamer weiter. Die Extreme nehmen weiter zu.

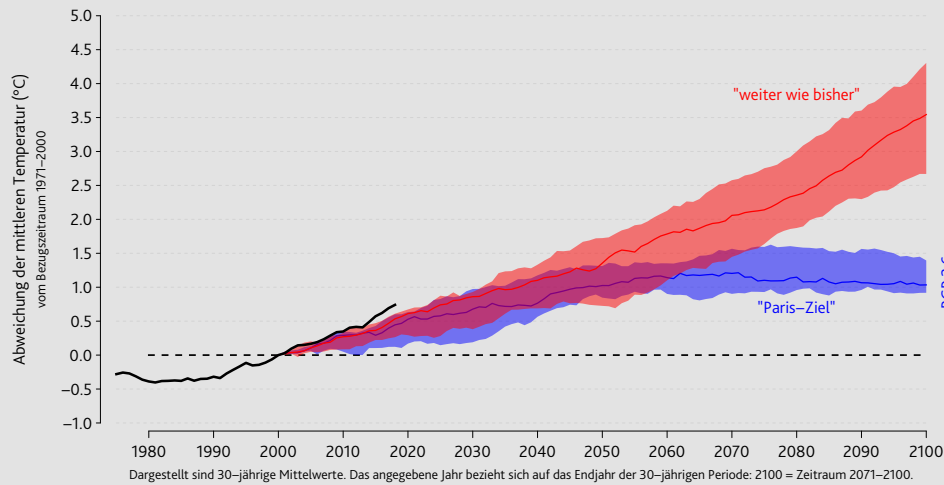
Die Daten der rheinland-pfälzischen Waldklimastationen und vieler weiterer Messstationen in Rheinland-Pfalz finden Sie im Landesportal www.wetter-rlp.de.

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

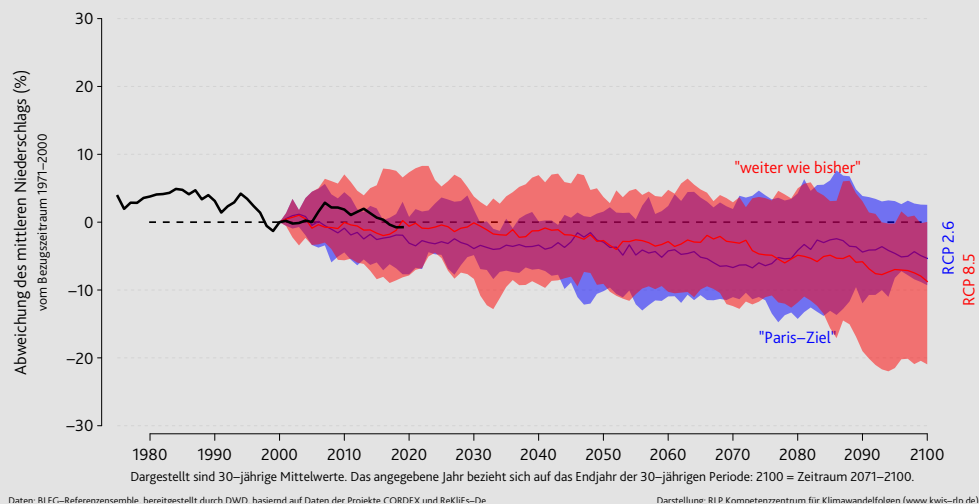
Informationen zum gegenwärtigen Klima, dem detaillierten Witterungsverlauf seit 1951, zu Projektionen des möglichen, zukünftigen Klimas in Rheinland-Pfalz, den möglichen Folgen des Klimawandels und Hintergrundinformationen zu den Themen Klima, Klimawandel und Klimawandelfolgen sowie Forschungsprojekten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

Für die Zukunft zeigen regionale Klimaprojektionen größtenteils ein Fortschreiten der bereits beobachteten Entwicklungen. Je nach Szenario projizieren die Klimamodelle für Rheinland-Pfalz eine weitere Erwärmung gegenüber dem Zeitraum 1971–2000 von 1,0 bis 1,5 °C (Emissionsszenario RCP2.6: „starker Klimaschutz“) beziehungsweise 2,5 bis 4,5 °C (Emissionsszenario RCP8.5: „weiter wie bisher“). Hinsichtlich der möglichen zukünftigen Niederschlagsentwicklung sind die Unsicherheiten in den Klimaprojektionen noch recht groß. Es deutet sich in den Projektionen sowohl eine Abnahme der Niederschlagsmengen im Sommer und der forstlichen Vegetationszeit als auch eine Zunahme der Niederschlagsmengen im Winter an. Bezogen auf den Niederschlag im Gesamtjahr sowie in den Übergangsjahreszeiten zeigen die Projektionen keine eindeutige Richtungstendenz.

Projektionen der Entwicklung der mittleren Temperatur im Kalenderjahr in Rheinland-Pfalz bis Ende des 21. Jahrhunderts



Projektionen der Entwicklung des mittleren Niederschlags in der forstlichen Vegetationszeit in Rheinland-Pfalz bis Ende des 21. Jahrhunderts



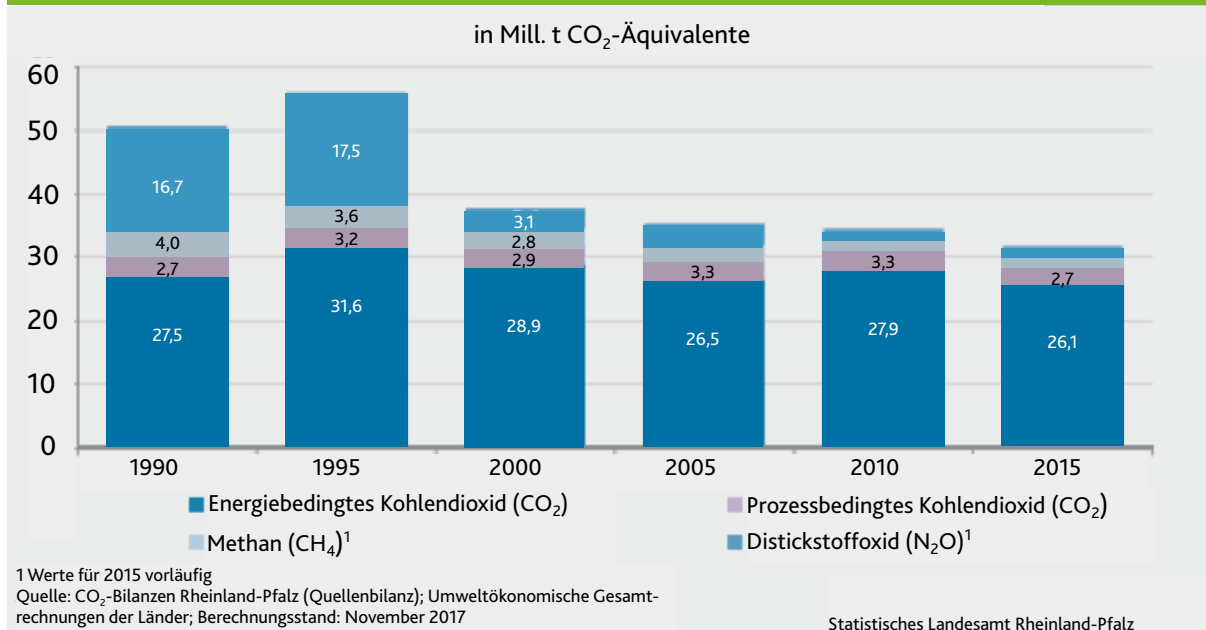
Daten: RIFC-Referenzensmble bereitgestellt durch DWD, basierend auf Daten der Projekte CORDEX und ReKIF-De

Darstellung: RLP Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen (www.kwic-rlp.de)

Die einzige Möglichkeit dieser Entwicklung substanziell gegenzusteuern, ist eine drastische Reduktion anthropogen verursachter Treibhausgase. Hier sind v.a. Kohlendioxid (CO₂) Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) zu nennen. Auch wenn dies nur gemeinsam als Weltgemeinschaft gestemmt werden kann, ist es doch von enormer Wichtigkeit, dass gerade technologisch führende Industriestaaten hier mit Vorbildcharakter vorangehen.

Erste Erfolge sind sichtbar, aber bei weitem nicht ausreichend. Im Klimaschutzbericht des Landes wurden Entwicklungen im Lande aufgezeigt, Klimaschutzmaßnahmen beschrieben und Ziele gesetzt (https://mueef.rlp.de/fileadmin/mulewf/Themen/Klima-_und_Ressourcenschutz/Klimaschutz/Monitoring/Klimaschutzbericht_2017_web_1.5.pdf).

Treibhausgasemissionen 1990 - 2015 nach Art der Gase



Der Klimawandel wird erlebbar

Entwicklung des Schadgeschehens in Mitteleuropa

Massive Sturmschäden führten zu Beginn des Jahres 2018 in ganz Mitteleuropa zu einer Überversorgung am Holzmarkt und zu einem riesigen Brutraumangebot, insbesondere für Borkenkäfer an Fichte. Betroffen war der Alpenraum von Italien bis Kroatien/Österreich, der Osten Europas v.a. Tschechien und Polen, Deutschland und auch der Süden Skandinaviens.

Diese großräumig angefallenen Holzmassen verdeutlichten grundsätzliche Probleme der Forstwirtschaft Mitteleuropas in Katastrophensituationen: Zu geringe Arbeitskapazitäten, zu geringe Maschinenkapazitäten, zu geringe Lagerkapazitäten, zu geringe Transport- und Sägekapazitäten. Die zur Verhinderung einer Borkenkäfermassenvermehrung unbedingt notwendige rechtzeitige Aufarbeitung und Vermarktung der mit Borkenkäfern befallenen Bäume konnte nicht vollständig umgesetzt werden. Bereits erhöhte Borkenkäfer-Ausgangspopulationen aus dem Jahr 2017 trafen auf ein hohes Brutraumangebot 2018 und – ganz entscheidend – mit einer langandauernden Hitze- und Trockenperiode in weiten Teilen Nord- und Mitteleuropas

zusammen. Deutlich wurde: die Fichte kommt in vielen Regionen Mitteleuropas im Klimawandel zunehmend unter Druck – wir werden uns in weiten Teilen von der Fichte als Hauptbaumart verabschieden müssen.

Der Buchdrucker als wichtigster Borkenkäfer an der Fichte konnte 2018 aufgrund der für ihn günstigen Witterungssituation statt ein bis zwei in den meisten Regionen von Rheinland-Pfalz drei Generationen nebst Geschwisterbruten anlegen. Die Käferpopulation erreichte zum Start 2019 einen Hochstand, was zu erheblichen Absterbevorgängen führte. Hierdurch entstanden Kahlflächen, die dringend wiederbewaldet werden müssen, auch um die Funktion des Waldes als CO₂-Senke zu erhalten.

Die beobachteten Schäden an Laubbäumen waren 2018 noch begrenzt, auf deren Sichtbarwerden 2019 wurde jedoch bereits hingewiesen – auf die Unsicherheit solcher Prognosen ebenfalls. Jedoch bewahrheiteten sich diese befürchteten Negativszenarien. Insbesondere aus den Bundesländern mit den höchsten Niederschlagsdefiziten 2018,

wie z.B. Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen, werden drastische Schäden an Buchen und Kiefern gemeldet.

Wie ist die Lage in Rheinland-Pfalz? Ergebnisse durchgeführter Zusatzerhebungen

Grundlage der Stichprobe der Waldzustandserhebung sind 168 gleichmäßig über das Land verteilte Stichprobenpunkte mit jeweils 24 Bäumen. Die Ergebnisse sind repräsentativ für die Hauptbaumarten und den Zustand des gesamten Waldes. Regionale Sondersituationen/Schadenschwerpunkte können, methodisch bedingt, jedoch nicht erfasst werden.

Da Informationen über Umfang und Lage abgestorbener Fichten aus anderen Erhebungen vorliegen (siehe Waldschutz und Klimastress) lag der Schwerpunkt in diesem Jahr auf der zusätzlichen Erfassung aller abgestorbenen oder absterbenden Individuen anderer Baumarten. Hierzu fanden folgende Zusatzerhebungen statt:

- **Zur Verbesserung der Aussagegenauigkeit über den Anteil absterbender/frisch abgestorbener Bäume wurde jeder Stichprobenpunkt der WZE auf 1 ha erweitert.**

Von den 168 Stichprobenpunkten der Waldzustandserhebung ruhen 8, hier hat keine Erhebung stattgefunden. Bei 58 von 160 Probenpunkten gab es vorzeitig ausgeschiedene, tote oder absterbende Bäume (Kronenverlichtung >75 %). Die Beobachtungen aus dem Umfeld der Probenpunkte zeigten ein ähnliches Ausmaß von Absterbscheinungen. Der Schwerpunkt liegt hierbei bei der Fichte in Folge der Borkenkäferschäden. Auch die Esche liefert in Folge des Eschentriebsterbens an vergleichsweise vielen Aufnahmepunkten vorzeitig ausgeschiedene, tote oder absterbende Probenbäume. Abgestorbene Eichen und Buchen waren eher die Ausnahme. Wobei an 7 Probenpunkten bereits absterbende Eichen und Buchen (Kronenverlichtung > 75%) erfasst werden konnten. An wenigen Extremstandorten auf sehr flachgründigen, steilen Oberhanglagen in Mosel-

seitentälern waren je Probenpunkt mehrere Bäume betroffen.

- **Die Aufnahmeteams wurden beauftragt, während der Anfahrt alle beobachteten größeren Schäden zu dokumentieren.**

Durch die Aufnahmeteams wurden auf Landesebene gesehen nur in geringem Umfang deutlich sichtbare Schäden gemeldet. Größere Schäden konzentrierten sich vor allem auf südexponierte skelettreiche/flachgründige Hänge und Kuppen sowie entlang von Straßen und Wegen. Weiterhin wurden Schadflächen in der Rheinebene gemeldet. Zu berücksichtigen ist, dass bei dieser Erhebung die Schäden in ebenen Lagen kaum erfasst werden können. Auch wenn die Ergebnisse keine dramatische Schadenslage ergeben, ist zu beachten, dass es sich hierbei häufig um Steilhänge unserer Flusstäler handelt und dort eine künftige Gefährdung von Straßen und Siedlungen durch mangelnden Erosionsschutz nicht ausgeschlossen werden kann.

- **Bereits im Vorfeld der Erhebung wurde eine Abfrage bei den Forstämtern durchgeführt, um Schadensschwerpunkte zu identifizieren.**

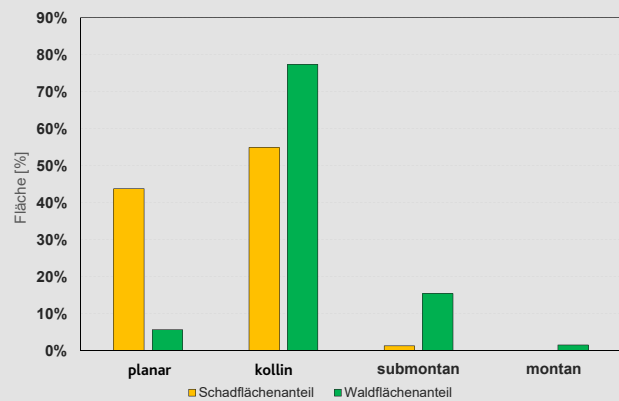
Abgefragt wurden bei den Forstämtern Waldorte in denen mindestens 5 % einer hauptständigen Baumart (außer Fichte) abgestorben sind. Eingeteilt wurden die Schadflächen in 3 Schadstufen. Einzelne Bäume oder Kleingruppen blieben bei dieser Meldung außer Betracht. Falls mehrere Baumarten pro Waldort betroffen waren, wurden diese separat notiert. Die gemeldeten Flächenangaben beziehen sich auf die zusammengefasste Schadfläche pro Waldort und wurde geschätzt.

Insgesamt wurde eine Fläche von 2.096 ha gemeldet, Schwerpunkte waren die Forstämter Pfälzer Rheinauen, Koblenz, Donnersberg, Adenau und Rheinhessen. Buchen, Kiefern und Eichen weisen die höchsten Schadflächen auf. Allerdings werden auch bei anderen, sogar als vergleichsweise trockenresistent eingestufte Baumarten wie Robinie, Weißtanne oder Schwarzkiefer größere Schadflächen gemeldet.

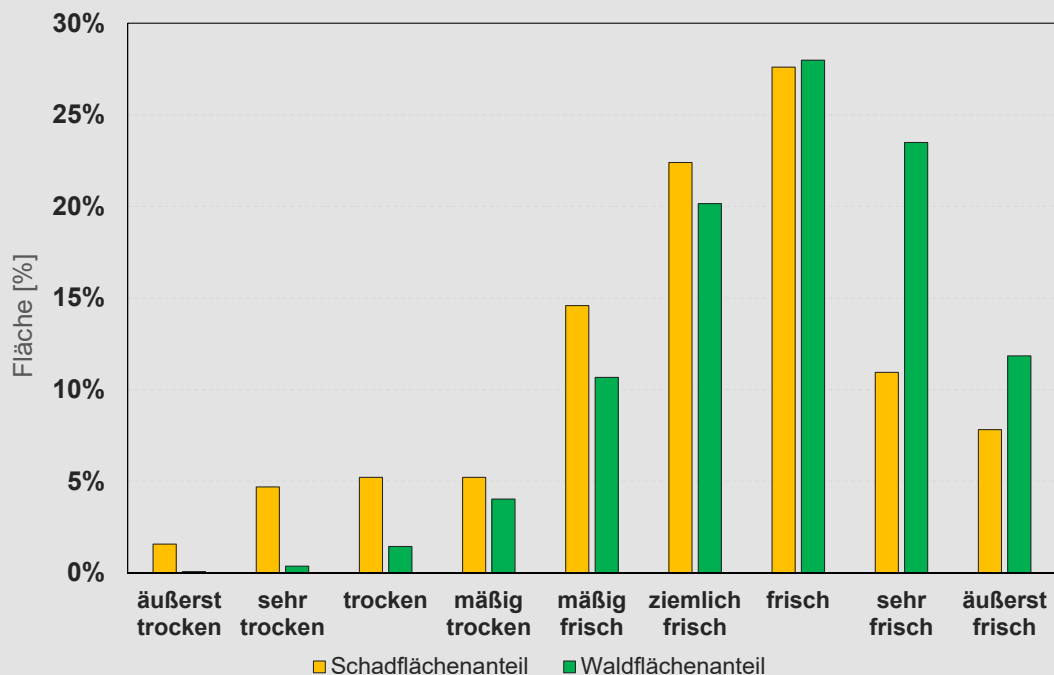
Verteilung der gemeldeten Schadflächen [ha] auf drei Schadstufen, die den Anteil abgestorbener Bäume einer hauptständigen Baumart angeben

Baumart	5-25 %	25-75 %	> 75 %	Gesamt
Abies Grandis		3	2	5
Abies nobilis	1	1	1	3
Ahorn	4	8	0	12
Birke	7			7
Buche	497	107	30	634
Douglasie	24	2	0	27
Edelkastanie	1	10	1	12
Eiche	178	53	1	231
Erle	1			1
Esche	1	3	5	9
Hainbuche	7	1		8
Kiefer	317	638	133	1088
Lärche	5	7	2	14
Pappel	3			3
Robinie	1	1		2
Schwarzkiefer	3	3		6
Tanne	2			2
keine Angaben	20	14		
Gesamt- ergebnis	1071 (51 %)	849 (41 %)	175 (8 %)	2096

Prozentuale Verteilung der gemeldeten Schadflächen und der rheinland-pfälzischen Waldfläche auf die Wärmestufen



Prozentuale Verteilung der gemeldeten Schadflächen und der rheinland-pfälzischen Waldfläche auf die Frischestufen. Frischestufen beschreiben die Wasserversorgung einer Waldfläche



In einem zweiten Schritt wurden diese Meldungen soweit möglich mit Standortinformationen (Bodenart, Wasserspeicherkapazität, Höhenlage und Exposition) verknüpft, dies war mit 60 % der Schadflächenmeldungen möglich.

Vergleicht man die Verteilung dieser Schadflächen mit der Verteilung der landesweiten Waldfläche, zeigt sich deutlich eine Verschiebung der Schadflächen hin zu trockeneren Standorten. 99 % der Schadflächen wurden in tieferen, „wärmebegünstigten“ Lagen des Landes (planare und kolline Vegetationsstufe) gemeldet. Bei der Buche zeigt sich, dass sie auf trockeneren Standorten, in Bereichen in der sie von Natur aus an ihre Grenzen stößt, abstirbt. Diese Flächen werden für die Buche als wichtige Mischbaumart möglicherweise verloren gehen. Flächenmäßig bedeutender sind jedoch die Verluste auf besser wasserversorgten (frischeren) Standorten. Das sind Standorte auf denen die Buche bisher die ökologische Hauptbaumart war. Möglicherweise müssen wir uns auf diesen Standorten von Buchenreinbeständen verabschieden.

- **Begutachtung von Fallbeispielen durch die FAWF**

Unter den betrachteten Fallbeispielen liefert das Donnersberggebiet ein anschauliches Bild. Im Donnersberggebiet sind standörtliche Extreme auf engstem Raum vergesellschaftet. Die Baumart Buche kommt in vielen Teilbereichen an ihre natürliche Grenze, vielfach gibt es lediglich Eichen und verschiedene trocken-tolerante Mischbaumarten wie Mehlbeere, Französischer Ahorn etc. oder im Extremfall Strauchvegetation.

Während eine seit 1991 unter Beobachtung stehende Buchenversuchsfläche keine Veränderungen gegenüber letztem Jahr aufzeigt, können in anderen Bereichen beginnende Baumartenverschiebungen belegt werden. So sind aktuell Buchen, die in zurückliegenden Trockenjahren immer als erste bereits im August ihre Blätter verloren, infolge Trockenheit abgestorben.

Zu beobachten sind Absterbeerscheinungen bei Buchen an Bestandesrändern und auf trockeneren Bereichen im südöstlichen Donnersberg nahe Steinbach.



Absterbende Eichen Donnersberg Foto: H.W. Schröck

Hier gibt es auch Areale mit dramatischen Schäden an Eichen. Dort ist der Kronenzustand so schlecht, dass unklar ist, wie viele Bäume überleben. Die Eichen dieses von Natur aus relativ trockenen Waldortes zeigen länger zurückliegende Absterbeprozesse in ihren Kronen auf. Bisher hatten sie sich nach Trockenjahren wie beispielsweise 2003 und 2015 weitgehend erholt. Die in diesem Jahr beobachteten Schäden sind jedoch so stark, dass die weitere Entwicklung unklar ist und seitens der FAWF beobachtet wird.

Möglicherweise war die aktuelle Entwicklung auch durch Fraßschäden mitverursacht. Zur Klarstellung: In diesem Beispiel dienen die Anstrengungen zur Walderhaltung nicht der Holzproduktion, sondern der Vermeidung von Bodenerosion und den damit verbundenen Gefahren.

Fazit

Die durchgeführten Zusatzuntersuchungen und Fallbeispiele liefern gemeinsam betrachtet ein einheitliches Bild: Treten Witterungsextreme gehäuft auf, möglicherweise mehrere Jahre hintereinander, steigt das Risiko für massive Vitali-

tätsverluste, selbst bei bisher als vergleichsweise klimastabil eingestuften Baumarten wie Buche, Eiche und Kiefer. Durch die Zunahme von Gegenspielern wie beispielsweise Prachtkäfern und dem Auftreten von Schwammspinnern oder anderen blattfressenden Raupen kann die Situation noch deutlich verschärft werden. Kommen flächige Absterbeerscheinungen in Rheinland-Pfalz aktuell noch regional begrenzt vor, zeigt der Blick in angrenzende Bundesländer, welches Ausmaß kurzfristig erreicht werden kann.

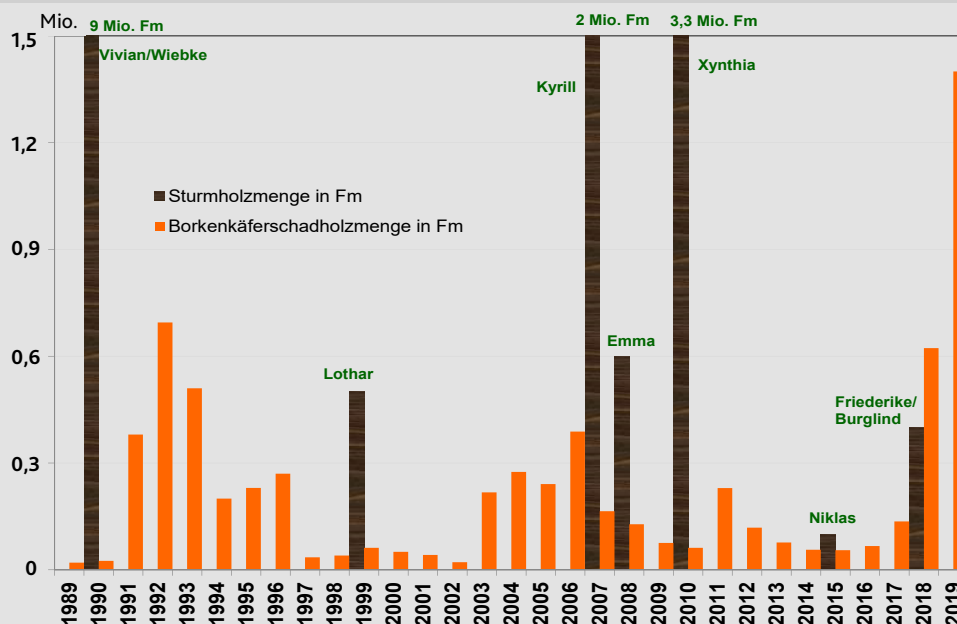
Waldschutz und Klimastress

Trockenheit und Hitze 2018 und 2019 führten zu einer Vitalitätsschwächung der Bäume. Geschwächte Bäume werden anfälliger für Antagonisten (Gegenspieler/Schaderreger), zudem beschleunigen die außergewöhnlich langandauernden, hohen Temperaturen die Entwicklung zahlreicher Insektenarten. Die Kombination dieser Entwicklung führt zu Problemen in einem bisher nicht gekannten Ausmaß, was nachfolgend baumartenweise erläutert wird:

Fichte

Ausgangspunkt von Buchdrucker Massenvermehrungen sind geschwächte Fichten. Dies kann durch Sturmwurf, durch Trockenheit oder der Kombination beider Einflussfaktoren geschehen. Beim Sturmwurf umgefallene Fichten mit eingeschränktem Wurzelkontakt können nur eingeschränkt Wasser aufnehmen. Bei Trockenheit führt Wassermangel direkt zu einer reduzierten Wasseraufnahme. In beiden Fällen oder gar in Kombination beider Fälle wird der Harzfluss im Baum, d. h. die Abwehrmöglichkeit gegenüber sich einbohrender Käfer, reduziert. Erfolgreiche Brutanlagen der Käfer unterbinden den Saftfluss und führen zum Absterben der Bäume. Können nun mit Buchdrucker befallene Fichten rechtzeitig aufgearbeitet und abgefahren werden, kann die Vermehrung des Käfers gestoppt werden. Dies war in den Sturmwurfjahren 1999, 2007, 2008 und 2010 der Fall. Der heiße Sommer 2003 führte zu einem Anstieg der Käferholzmengen bis 2006. Das Extremwetter, verbunden mit vergleichsweise geringen Sturmschäden 2018 führte zu einer Massenvermehrung. Diese konnte, bedingt durch organisatorische Probleme in der Umsetzung der notwendigen forstlichen Maßnah-

Schadholzanfall Fichte infolge Sturmwurf und Borkenkäferbefall (Stand Ende Oktober 2019)



men (rechtzeitige Aufarbeitung und Abfuhr des Holzes), nicht ausreichend eingedämmt werden. Es kam zu einem massiven Anstieg der Schäden im aktuellen Jahr. 2018 und 2019 fielen historisch gesehen die höchsten Mengen an Fichten-Käferholz in Rheinland-Pfalz an. Vor 1990 wurden die höchsten Mengen in der Nachkriegszeit zwischen 1947 und 1950 mit dem Höhepunkt im Jahre 1948 mit ca. 500.000 Festmeter verzeichnet. Ob damit der Höhepunkt der Schäden bereits erreicht ist, wird neben den Witterungsbedingungen im Frühjahr 2020 (günstige Bedingungen wären: kein Windwurf, eine lang anhaltende kühle und feuchte Witterung im Frühjahr und ein regenreicher Sommer) v. a. davon abhängen, inwieweit es gelingt die enormen Schadholzmengen rechtzeitig aufzuarbeiten. Auch bei solchen günstigen Witterungsverhältnissen könnten bei der derzeitigen Lage, diese Entwicklung noch mehrere Jahre andauern.

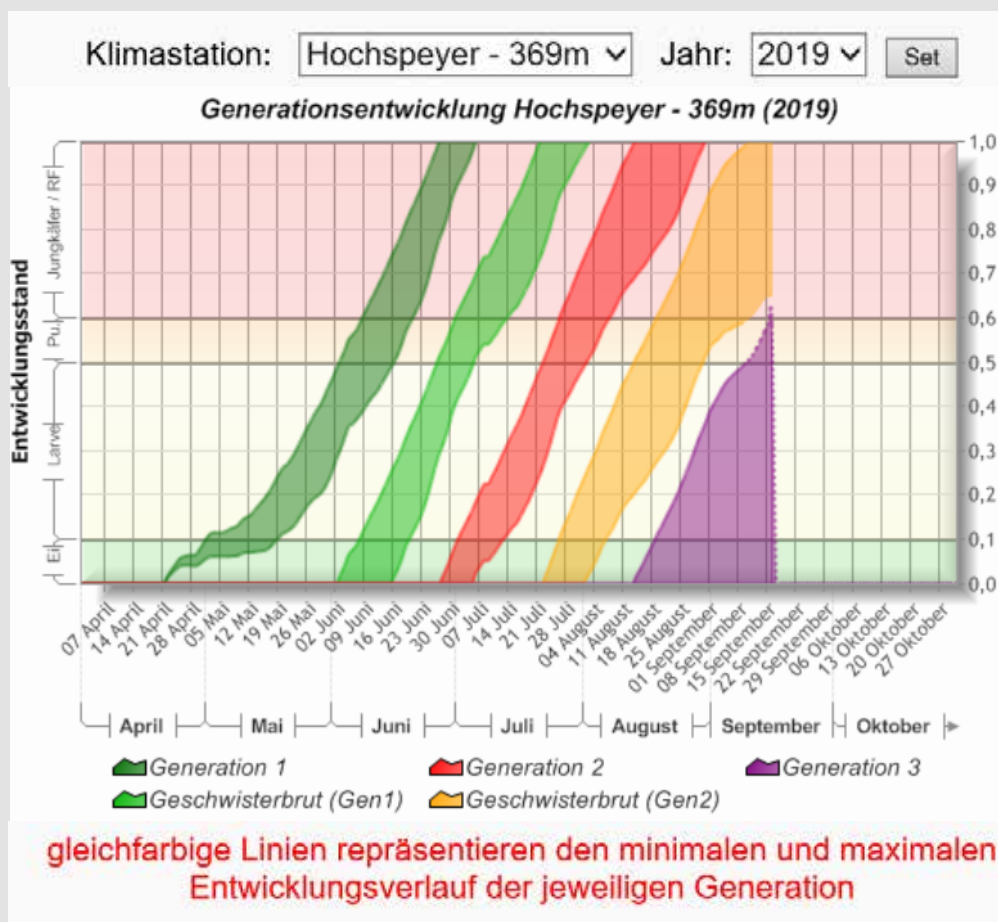
Phenips:

Der aktuelle Entwicklungsstand der Buchdruckerpopulation in verschiedenen Regionen kann auch auf Grundlage eines Computermodells (PHENIPS) der Universität für Bodenkultur Wien verfolgt werden. Damit werden tagesaktuell der Schwärmflug und das Brutgeschehen des Buchdruckers differenziert anhand der Daten von 40 Klimastationen in Rheinland-Pfalz unter Einbindung einer 7-Tagesprognose eingeschätzt:

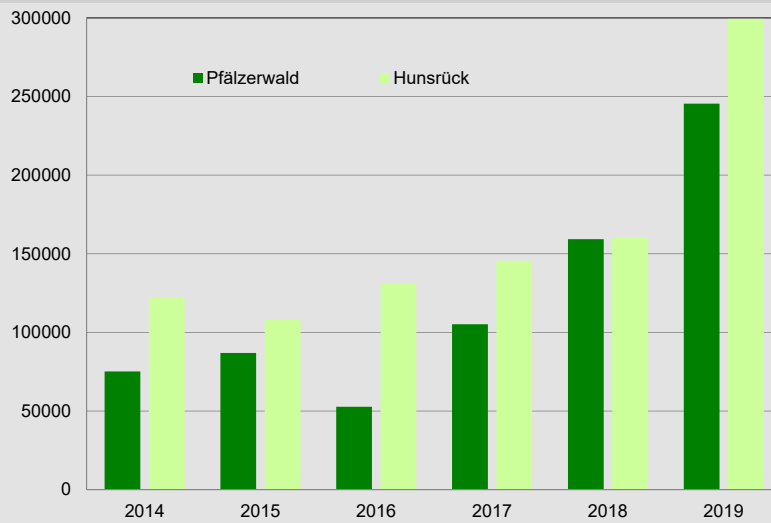
http://iff-server.boku.ac.at/wordpress/index.php/language/de/phenips-online-monitoring/phenips-online-deutschland/phenips-baden-rheinland-pfalz-saarland/agrarmeteorologische-stationen-dwd_rlp/generationsentwicklung-2/

Der Buchdrucker wird an jeweils drei Standorten im Pfälzerwald und im Hunsrücker Hochwald überwacht. Auf Grundlage dieser Daten werden fortlaufend Empfehlungen zur effektiven Kontrolle der Fichtenwälder auf Stehendbefall für

Auswertung Phenips Hochspeyer Oktober 2019



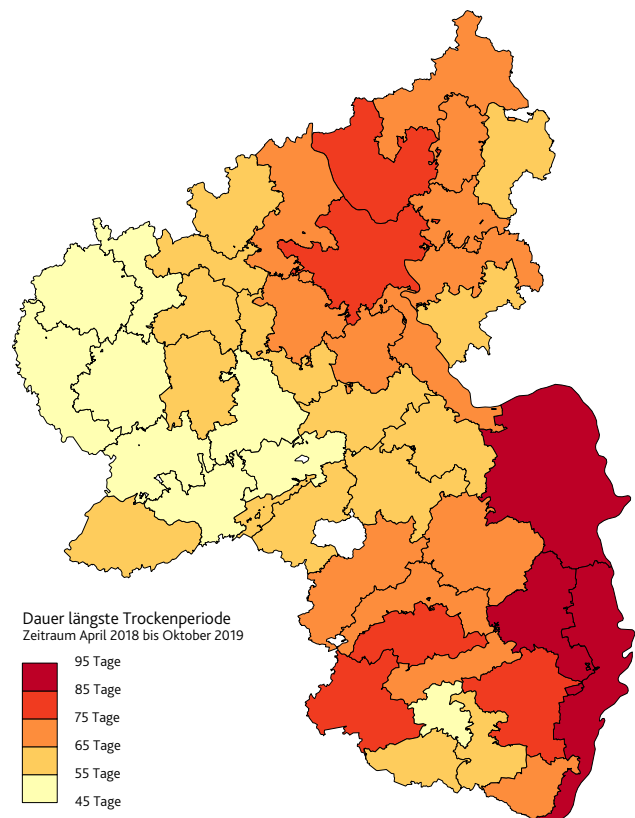
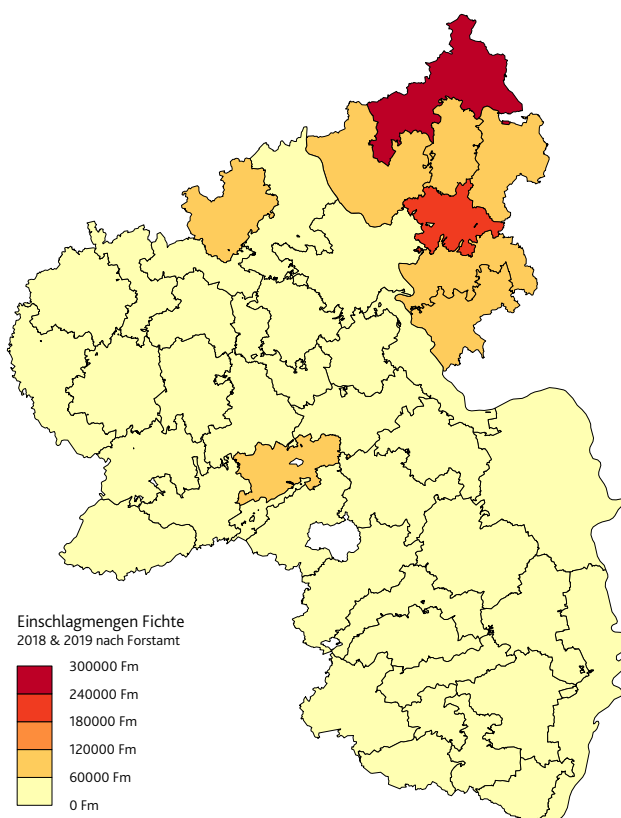
Durchschnittliche Fangzahlen Buchdrucker je Falle und Jahr (12 Fallen je Region)



die Waldbesitzenden abgeleitet und wöchentlich veröffentlicht (<https://fawf.wald-rlp.de/>). Die günstigen Witterungsbedingungen führten 2018 bis in mittlere Höhenlagen zur Ausbildung von drei Borkenkäfergenerationen nebst Geschwisterbruten. Auch 2019 konnte, zumindest in tieferen Lagen, die 3. Generation angelegt werden. Die Entwicklung der Käferfangzahlen pro Falle ver-

deutlicht den Anstieg der Käferpopulation im aktuellen Jahr.

Den Zusammenhang zwischen absterbenden Fichten und Trockenheit verdeutlicht auch die Darstellung des nach Forstämtern getrennt aufgeführten Einschlags toter Fichten in Verbindung mit der in den letzten beiden Vegetationsperio-



den beobachteten Trockenheit. Die auf Grundlage der Radolan-Daten (Radardaten des DWD, Daten in die auch die Messungen der Waldklimastationen einfließen) berechneten unterschiedlich langen Trockenperioden zeigen, dass in Bereichen mit geringerer Trockenheit, z. B. im westlichen Hunsrück, weniger tote Fichten gefällt werden als in Bereichen mit höherer Trockenheit wie z.B. im Westerwald.

Buche

Absterbeerscheinungen bei der Buche waren bisher lediglich in Verbindung mit der sogenannten Buchenkomplexkrankheit aufgetreten. Dies führte zu regional im Einzelfall drastischen, jedoch insgesamt eher geringen Schäden.

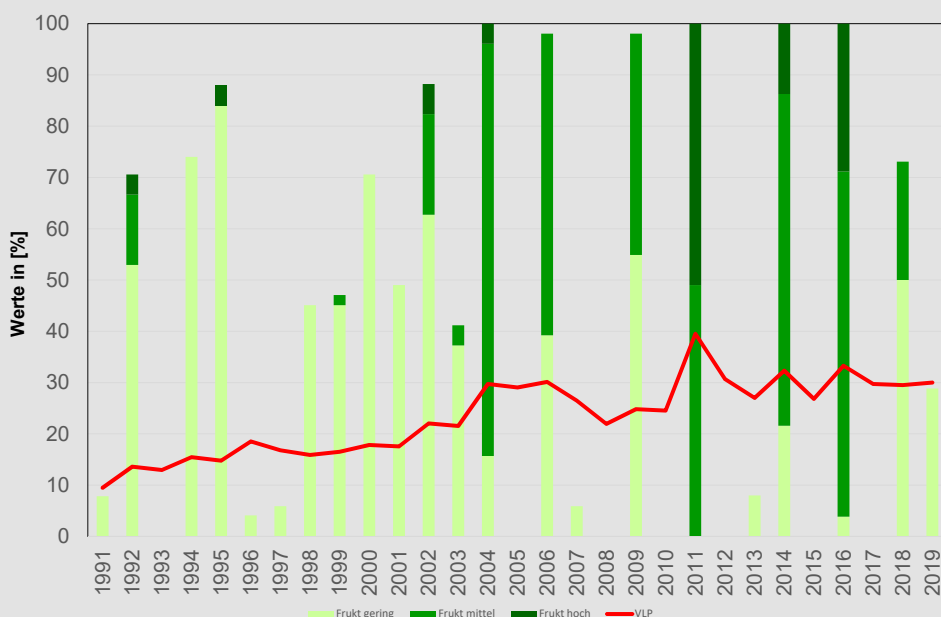
Primäre Ursache der aktuell zu beobachtenden Buchenschäden sind die langanhaltende Trockenheit und Wärme. Die Bäume sind geschwächt und werden anfällig gegenüber anderen Schadern. Zusätzlich geschwächt wurden Buchen, die 2018 starke Fruchtbildung aufwiesen. Die durchgeführten Untersuchungen zeigen den Befall durch nahezu alle bekannten, bisher nur in Einzelfällen oder im Zuge von Buchenkomplexerkrankung

Buchenkomplexkrankheit

Diese im Sommer 2000 insbesondere in der deutsch-luxemburgisch-belgischen Grenzregion aufgetretene Erkrankung der Buche wurde durch die FAWF im Rahmen eines durch die EU geförderten Interreg-Projektes ausführlich untersucht. Die Ergebnisse des Projektes „Entwicklung von Strategien zur Sicherung von Buchenwäldern“ sind unter: <http://www.interreg-buche.de> zu finden.

nachgewiesenen Schadern an Buchen. Durch Sonnenbrand verursachte Rindennekrosen führen zu einem Auftreten von Rindenpilzen. Dem folgen Holzfäulepilze oder Hallimasch. Buchenborckenkäfer und Buchenprachtkäfer profitieren von geschwächten Buchen und den warmen Temperaturen, können sich gut vermehren und verursachen weitere Schäden an den Buchen https://www.fva-bw.de/fileadmin/publikationen/wsinfo/wsinfo2019_03.pdf und https://www.nw-fva.de/fileadmin/user_upload/Abteilung/Waldschutz/Waldschutz-Infos_2019/Waldschutzinfo_06-2019_Komplexe_Schaeden_an_Buche.pdf.

Anteile gering, mittel und stark fruktifizierender Buchen sowie die Entwicklung der Kronenverlichtung auf der Intensivuntersuchungsfläche Donnersberg



Die Daten der Kronenzustandserhebung der Intensivmonitoringfläche am Donnersberg verdeutlichen sehr gut die Zunahme der Kronenverlichtung d. h. die Schwächung der Buchen in Jahren starker Fruktifikation. Bisher waren die Bäume auf dieser Fläche ausreichend vital, um dies zu kompensieren.

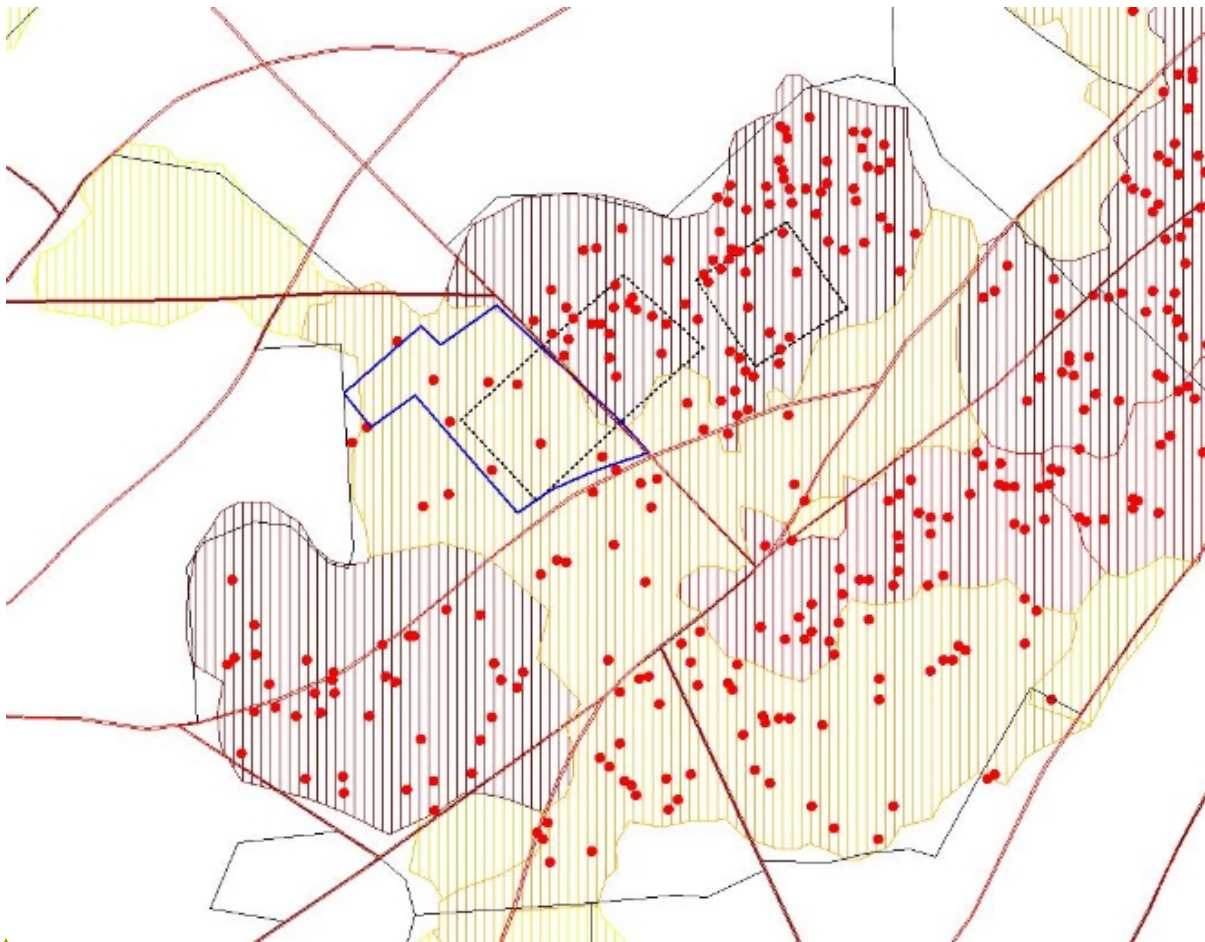
Eiche

Wenn mehrere Schaderreger gleichzeitig auftreten, gerät auch die häufig als vergleichsweise trockenresistent bezeichnete Traubeneiche in Bedrängnis. Gut belegt und dokumentiert sind die Zusammenhänge zwischen Blattfraß durch Schmetterlingsraupen, nachfolgendem Pilzbefall (Mehltau) des Wiederaustriebes und Absterbevorgängen infolge Eichen-Prachtkäferbefalls der bereits geschwächten Bäume. Auf und im Umfeld

der Intensivuntersuchungsfläche Merzalben sind durch diese Schaderregerkombination in den Folgejahren 20% der damals 190-jährigen Alteichen abgestorben. Ein gleichzeitig auftretendes Trockenjahr führt zu dramatischen Absterbevorgängen. Aktuell erwarten wir eine Zunahme von Schwammspinnerfraß, was in bereits durch Trockenheit vorgeschädigten Eichenwäldern das Risiko einer Schadenszunahme erhöht.

Der Schwammspinner ist eine wärmeliebende Schmetterlingsart, deren letzte Massenvermehrung Anfang der 1990er Jahre zu verzeichnen war. Damals traten insbesondere auf stauwasserbeeinflussten Standorten im Bienwald größere Schäden auf <https://fawf.wald-rlp.de/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=40328&token=2fa420fb9ec8c578c924e610a51468d976b137d0>

Intensivuntersuchungsfläche Merzalben. Die roten Punkte markieren seit 1995 abgestorbene Eichen gelbschraffiert sind Flächen mit geringen und rotschraffiert sind Flächen mit stärkeren Fraßschäden



Kiefer

Lang anhaltende Trockenheit führt auch bei Kiefern zu einem Vitalitätsverlust. Pilzkrankungen wie Diplodia-Triebsterben breiten sich insbesondere nach Trockenjahren aus. Der diese Erkrankung hervorrufende Pilz, *Sphaeropsis sapinea* ist ein Schwächeparasit, der nach Hagelschlag oder auch nach Trockenstress auftreten kann. Mistelbefall kann, da die Mistel bei Trockenheit weiter das Wasser des Wirtsbaumes verbraucht, zu einer deutlichen Verschärfung des Trockenstress führen. Der Befall durch Kiefernmisteln hat in der Rheinebene stark zugenommen. Auf einer seit 1984 untersuchten Kiefernversuchsfläche im Gemeindewald Dudenhofen bei Speyer stieg der Anteil durch Misteln befallener Kiefern von 6 % auf aktuell 80 % an. Hinzu kommt, dass diese Misteln mittlerweile sehr deutlich gewachsen sind und die Kiefern somit erheblich belasten. Zudem hat sich die Mistel in den letzten Jahren auch im Pfälzerwald weiter verbreitet. All diese Schwächungen der Kiefer bieten Kiefernborckenkäfern und Kiefernprachtkäfern optimale Möglichkeiten, sich zu verbreiten.

In der Kronenspitze stark mit Misteln befallene Kiefer auf der Versuchsfläche im Gemeindewald Dudenhofen

Foto: H.W. Schröck



Weitere Baumarten

Der erstmals 2008 im Forstamt Sobernheim nachgewiesene Erreger der Rußrindenkrankheit *Cryptostroma corticale* wurde dieses Jahr nicht nur in verschiedenen Grünbereichen außerhalb des Waldes, sondern auch im Wald, z. B. im Forstamt Donnersberg nachgewiesen, wo die Schäden lokal bereits ein beträchtliches Ausmaß erreicht haben. Der vermutlich ständig im Baum vorhandene Pilz breitet sich erst nach starker Vorschwächung, beispielsweise durch Trockenheit, aus.

Nadelpilz und Gallmückenprobleme sind bei der Douglasie, wie im letztjährigen Waldzustandsbericht beschrieben, weiterhin vorhanden. Hinzugekommen sind vorher in diesem Ausmaß nicht bekannte Absterbeerscheinungen. Erstmals in Rheinland-Pfalz nachgewiesen wurden erfolgreiche abgeschlossene Bruten einheimischer Borckenkäfer.

Durch Rußrindenkrankheit abgestorbene Ahornbäume im Donnersberg

Foto: H.W. Schröck



Walderhaltung und Waldumbau im Klimawandel

Sowohl hinsichtlich ökologischer als auch ökonomischer Auswirkungen stehen in Rheinland-Pfalz die Waldflächenverluste der Fichte durch Borkenkäfer an vorderster Stelle. Gerne wird die aktuelle Situation argumentativ als eigenverursacht, z.B. durch die großflächige Anpflanzung der Fichte außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebietes, anprangert (s. auch FRITZ HABEKUSS; Die Zeit 33/2019). Allerdings werden hierbei auch grundlegende geschichtliche Zusammenhänge vergessen oder waren nicht bekannt. Waldbewirtschaftung unterliegt immer dem Zeitgeist der jeweiligen Generation. Heute absterbende Fichten wurden unter völlig anderen Bedingungen und aufgrund anderer Probleme angepflanzt.

So war z. B. der Hunsrück Mitte des 19. Jahrhunderts weitgehend durch Übernutzung entwaldet und wurde damals gegen den Willen großer Bevölkerungsteile durch „die Preußen“ mit Fichten aufgeforstet. Das war eine kulturelle Leistung mit dem Ziel, vorhandene Freiflächen schnellstmöglich wieder zu bewalden, Erosionsschäden vorzubeugen und die Bevölkerung schnellstmöglich wieder mit dem Rohstoff Holz zu versorgen. Die Baumart Fichte wurde deswegen ausgewählt, weil sie schnell zu vermehren und vergleichsweise einfach zu pflanzen war. Erklärtes Ziel der damaligen Förster war, die nächste Waldgeneration wieder verstärkt in Laubwälder umzuwandeln. Dieses damals formulierte Ziel wurde nach dem 2. Weltkrieg in Zeiten des Wirtschaftswachstums, also in Zeiten, in denen es vor allem um Wachstum und Rohstoffproduktion ging, zeitweilig aus dem Auge verloren. Seit 1990 findet jedoch in Rheinland-Pfalz ein Waldwandel in einem zuvor nicht für möglich erachteten Ausmaße statt. Der Anteil der Fichten wurde, das zeigen die Ergebnisse der Bundeswaldinventuren von 27 % im Jahre 1987 auf 19 % im Jahre 2012 reduziert, der Mischwaldanteil im gleichen Zeitraum auf nunmehr 82 % erhöht sowie der Anteil alter Bäume und Totholz vergrößert (Bundeswaldinventur). Die heute von Vielen geforderte Waldwende findet bereits seit 30 Jahren statt.

Kahlschläge wurden verboten, Grundsätze naturnaher Waldbewirtschaftung, natürliche Waldverjüngung, hoher Anteil gemischter Wälder, möglichst hohe Ungleichaltrigkeit und Vorausverjüngung der Buche in Fichtenwälder verändert und verändern die Wälder in Rheinland-Pfalz seit 1990.

Das Thema Klimawandel und der Umgang der Forstleute mit diesem Thema findet seit mehr als 10 Jahren in der Praxis Beachtung (s.a. WSE-Bericht, Sonderthemen 2007) und war Inhalt zahlreicher Weiterbildungsveranstaltungen der FAWF, insbesondere im Rahmen des EU-Großprojektes ForeStClim, das durch die FAWF als Projektträger koordiniert wurde. Die seinerzeit tätige Enquetekommission Klimawandel des Landes bestätigte Landesforsten 2011 ein großes Problembewusstsein und hohes Engagement in diesem Thema.



Enquetekommission Klimawandel beim Besuch der Forschungsstation Merzalben Foto: J. Block

Die Bedeutung des Waldes für Klimaschutz, Biodiversität, Grundwasser, als Rohstoff und Erholungsraum kann nicht hoch genug eingeschätzt werden. In Zeiten fortschreitenden Klimawandels muss sehr viel mehr als bisher in einen klimastabilen Wald investiert werden. Hierzu sind bereits verschiedene Aktionen begonnen worden, weitere müssen folgen.

Vitalisierung der Wälder

Gesunde Bäume können nur in einem gesunden Umfeld wachsen. Grundvoraussetzung hierfür ist eine weitere Reduktion der auch heute noch zu hohen Schadstoffbelastung. Nur gesunde Böden mit einer ausreichenden und ausgewogenen Nährstoffausstattung und einem guten Humuszustand gewährleisten vitale Waldökosysteme.

Zur Unterstützung und Stabilisierung des Bodenzustandes wurden und werden in Rheinland-Pfalz Bodenschutzkalkungen vorgenommen. Zur Analyse der Notwendigkeit dieser Maßnahme wurde an der FAWF ein auf bodenchemischen und standortkundlichen Grundlage basiertes Bewertungssystem entwickelt.

Noch immer schreitet durch die hohen Stickstoffeinträge und Säurelasten die Bodenversauerung voran, wodurch die Böden irreversibel in ihrer Fähigkeit Nährstoffe zu speichern eingeschränkt werden. Eine weitere Folge dieser großflächigen, anthropogen bedingten Überprägung der Standorte, ist die Freisetzung von toxischem Aluminium, wodurch nicht nur die biologische Aktivität der Waldböden abnimmt, sondern auch angrenzende aquatische Ökosysteme wie Quellen, Bäche oder das Grundwasser belastet werden. In solchen stark sauren Böden und Gewässern wird die Biodiversität auf säureertragende Arten reduziert.

Weiterhin wurden durch die FAWF in einem mehrjährigen Projekt Grundlagen zur Bewertung von Nährstoffentzügen durch die Holzernte erarbeitet und veröffentlicht (<https://fawf.wald-rlp.de/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=26811&token=5b480ff8c662060088d1858042fb866611901c2b>). Daraus resultierende Handlungsanweisungen sind, nach erfolgreicher Schulung aller Forstämter, nun im Staatswald verbindlich festgeschrieben. Wälder sollen damit vor einem Verlust von Nährstoffen durch die Holzernte geschützt werden, um Nährstoffmängel und ein Nährstoffungleichgewicht zu verhindern.

Gewöhnungsbedürftig: Hiebsreste verbleiben auf armen Standorten zur Sicherung der Nährstoffnachhaltigkeit im Wald Foto: J. Schuck



Eine detaillierte Darstellung der Langzeitbefunde des Forstlichen Umweltmonitorings in Rheinland-Pfalz enthalten die Webseiten der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft: <http://www.fawf.wald-rlp.de/index.php?id=3017>. Dort finden Sie auch Angaben zur Lage und eine differenzierte Beschreibung der Messprogramme für die in den nachfolgenden Karten aufgeführten Messstationen.

Zur Erhaltung der Wälder gehört auch die Abmilderung der Borkenkäferkalamität. Hierzu hat Landesforsten im Sommer 2018 eine Taskforce Borkenkäfer gegründet. Ziel war es, Strategien im Umgang mit der Kalamität zu entwickeln und klare Hilfestellungen für die „Forstleute vor Ort“ zu liefern. Ergebnis war eine Handlungsanleitung für den praktischen Umgang mit dieser Herausforderung.

Ein großes Problem stellt die sehr arbeitsintensive Suche nach durch Borkenkäfer frisch befallenen Fichten dar. Da bekannt ist, dass ca. 70 % des Buchdruckerneubefalls im Umfeld von ca. 100 Meter des Altbefalls stattfinden, wurden Helikopterbefliegungen aller größeren Fichtenwälder in öffentlicher Hand durchgeführt und georeferenziert der Altbefall erfasst. Diese Information erleichtert die Suche nach aktuellem Borkenkäferbefall erheblich.

Ergebnisse des forstlichen Umweltmonitorings sind zentraler Bestandteil wissenschaftlich basierter Politik- und Betriebsberatung. Ursache-Wirkungszusammenhänge werden in Rheinland-Pfalz seit Anfang der 1980er Jahre intensiv untersucht. Während der Beginn der Untersuchungen vor allem der Erfassung der Belastung der Wälder durch gasförmige Luftschadstoffe (Immission) diente, erlangen heute die an Waldklimastationen erfassten Daten zur Witterung immer größere Bedeutung. Der große Vorteil des Messnetzes des Forstlichen Umweltmonitorings liegt darin, dass von Beginn an ergebnisoffen geforscht wurde. Keine einseitige Ausrichtung z.B. nur auf SO₂-Einträge (Schwefeldioxid) etc., sondern eine

ganzheitliche Betrachtung ökosystemarer Zusammenhänge stand im Vordergrund. In diesem Vorteil verbirgt sich gleichzeitig die größte Gefahr für das forstliche Umweltmonitoring, denn auch in „ruhigen“ Zeiten für den Wald bleibt der hohe finanzielle und personelle Aufwand für den Betrieb der Dauerbeobachtungsflächen bestehen. Der Aufbau des heute für Rheinland-Pfalz vorhandenen Datensatzes, der bei der Bewertung klimabedingter Veränderungen im Zeitverlauf immer wertvoller wird, war möglich, weil bisher nur wenige Flächen aufgegeben wurden.

In der Walderklärung der Landesregierung vom 11. Juni 2019 zu „Klimaschutz für den Wald – unser Wald für den Klimaschutz“ (<https://mueef.rlp.de/fileadmin/mulewf/Startseite/pdf-Dateien/Walderklaerung-RLP-11062019.pdf>) steht die Stärkung der Anpassungsfähigkeit des Waldes durch eine weitere Erhöhung des Anteils gemischter Wälder, Regulierung der Schalenwildbestände und Stärkung wald- und klimabezogener Forschung an erster Stelle. Ohne eine deutliche Verbesserung unseres Wissens können wir unseren Waldökosystemen nur begrenzt helfen. Zur Unterstützung des Beitrages der Waldbesitzenden zum Klimaschutz wurde ein „Sofortprogramm Borkenkäferschäden“ gestartet, der Kofinanzierungsanteil von Fördermaßnahmen des Bundes verbindlich zugesagt, generell eine Unterstützung in vielen weiteren Bereichen in Aussicht gestellt. In einem dritten Handlungsfeld wurden zusätzliche umweltpolitische Initiativen zur Förderung von erneuerbaren Energien, Holzverwendung sowie die Verbesserung rechtlicher Rahmenbedingungen für ein effizienteres Krisenmanagement aufgestellt.

Stand, Aufbau und Ziel des Standortinformationssystems Rheinland-Pfalz

Basis zum Verständnis waldökologischer Prozesse und jedweder waldbaulicher Entscheidung sind detaillierte und belastbare Standortinformationen. Ohne ein tiefgreifendes Wissen über Nährstoffversorgung, Wasserhaushalt und Wärmeversorgung eines jeden Waldstandorts können keine wissenschaftlich belastbaren Empfehlungen

Bodenprofilansprache und chemische Analyse als Grundlage der Standortkartierung

Foto: J. Gauer

zu Baumartenwahl, Bewirtschaftungsintensität oder Bodenschutzmaßnahmen gemacht werden. Für Rheinland-Pfalz liegen, geschichtlich bedingt, unterschiedlich umfangreiche Informationen zu den jeweiligen Waldstandorten vor. Von nicht kartierten Waldböden über unterschiedlich ausgereifte Schätzverfahren bis hin zu einer den heutigen Erfordernissen adäquaten Standortstypenkartierung gibt es alle Übergänge. Da eine flächige Umsetzung der Standortstypenkartierung aus finanziellen und zeitlichen Gründen unrealistisch ist, wurde im Rahmen des Interreg-Projektes „ForeStClim“ ein geostatistisches Prognoseverfahren entwickelt, das hinreichend genaue Daten liefert. Das Verfahren arbeitet mit Lerngebieten und sogenannten Prognosegebieten. Eine detaillierte Verfahrensbeschreibung wurde von GAUER et al. 2016 veröffentlicht (Forstarchiv 87: 121-131).

2018 wurde durch Landesforsten das Projekt „Fertigstellung der Standortstypenkartierung RLP“ gestartet, um die noch fehlenden ca. 50 % der Landeswaldfläche zu erfassen.

Fertiggestellt sind vorläufige Kartengrundlagen zur Empfehlung von Kompensationskalkung sowie zur Nährstoffnachhaltigkeit der Holznutzung. Erarbeitet werden Baumartenempfehlungen für die jeweiligen Standorte (Waldböden und Klima) in Abhängigkeit von heutiger und künftiger Klimaentwicklung.

All diese Daten sind Grundlagen für den Einstieg in eine kleinräumigere, ökologisch nachhaltigere Bewirtschaftung unseres Waldes.



Braunerde auf
Buntsandstein
im Pfälzerwald

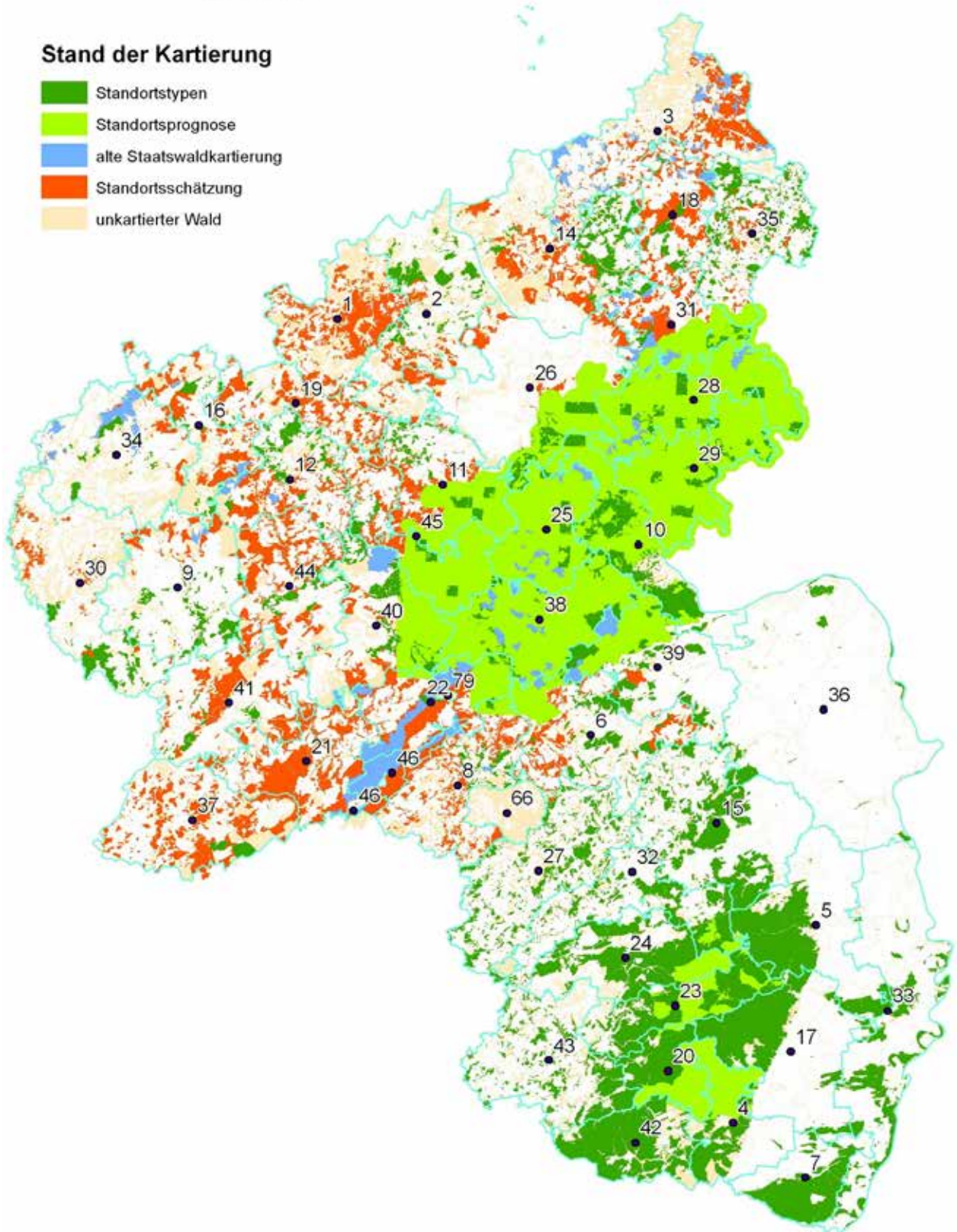
Erhöhte Temperaturen und Niederschlagsdefizite steigern das Risiko für biotische Schäden im Ökosystem Wald. Diese Entwicklung muss als sehr kritisch eingestuft werden. Es besteht ein erheblicher Informations- und Forschungsbedarf.

Eine Vielzahl grundsätzlicher Aspekte und Zusammenhänge zur Anpassung der Wälder in Rheinland-Pfalz an den Klimawandel ist ohne experimentelle Beobachtung und ein mittel- bis langfristiges Monitoring nicht zu klären. So sind z. B. wissenschaftliche Untersuchungen zur Trockenheitsgrenze der heimischen Buche, zum genetischen Anpassungsvermögen der Eichenarten und zu künftigen Wirt-Parasit-Verhältnissen etc. Grundvoraussetzungen wissenschaftlicher Empfehlungen.

Standortskartierung Rheinland-Pfalz Stand 2017

Stand der Kartierung

- Standortstypen
- Standortsprognose
- alte Staatswaldkartierung
- Standortsschätzung
- unkartierter Wald



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 2019 hat sich der Kronenzustand über alle Baumarten kaum verändert. Die Kronenverlichtung der verschiedenen Baumarten hat sich recht unterschiedlich entwickelt. Zwar blieb in 2019 eine Belastung durch stärkere Fruchtbildung aus, doch der Witterungsverlauf führte wie im Vorjahr zu stärkerem Trockenstress.

Durchführung

Die Waldzustandserhebung erfolgt seit 1984 auf einem systematischen, landesweiten Stichprobenraster. Die Stichprobe umfasst insgesamt 168 Aufnahmepunkte. Derzeit stockt an insgesamt 8 Aufnahmepunkten kein geeigneter Waldbestand um Probestämme auszuwählen. An diesen Punkten kann erst wieder eine Aufnahme erfolgen, sobald die nächste Baumgeneration etabliert ist. Damit wurden an 160 Aufnahmepunkten 3840 Stichprobenbäume begutachtet. Die Außenaufnahmen, einschließlich Abstimmungsübung und Kontrollaufnahmen, erfolgten in der Zeit vom 22. Juli bis 09. August.

Mit dieser 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 wie Douglasie, Lärche, Hainbuche und Esche erlaubt sie ebenfalls Aussagen, jedoch bei geringerer statistischer Sicherheit.

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-umwelt-monitoring/waldzustandserhebung-wze/>

26 Aufnahmepunkte sind zugleich Teil des europaweiten Level I-Monitoringnetzes zum Waldzustand. Die auf 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/waldressourcen-und-klimaschutz/projekte-waldzustandserhebung/bundesweite-waldzustandserhebung/?l=1&cHash=ee4b2593b50166a9567f9beaa93e5ff5>

Waldzustand allgemein

Der Anteil deutlich geschädigter Waldbäume ist gegenüber dem Vorjahr unverändert, die mittlere Kronenverlichtung liegt um 0,4 Prozentpunkte höher. Dies gilt in der Gesamtschau über alle Waldflächen von Rheinland-Pfalz, über alle Baumarten und Altersstufen hinweg betrachtet. Der Witterungsverlauf des Jahres 2019 war ungünstig für den Wald. Die Bäume litten je nach Standort und örtlichen Besonderheiten in unterschiedlichem Maße unter Trockenstress und Gewitter mit Sturmböen, Starkregen oder Hagel. Baumartenspezifisch und regional sind

gegenläufige Entwicklungen zu beobachten. Nur unwesentliche Veränderungen gab es bei Kiefer und Lärche. Bei der Buche hat sich das Schadniveau geringfügig verbessert. Bei Douglasie und Esche zeigt sich eine merkliche Verbesserung, das Schadniveau bleibt bei diesen Baumarten jedoch hoch. Eine Verschlechterung des Kronenzustandes war bei den Eichen und der Hainbuche festzustellen. Nur geringfügig ist das Schadniveau bei Fichte angestiegen, doch hier wird die Entwicklung durch eine hohe Mortalitäts- und Ausscheiderate infolge Borkenkäferbefalls überprägt.

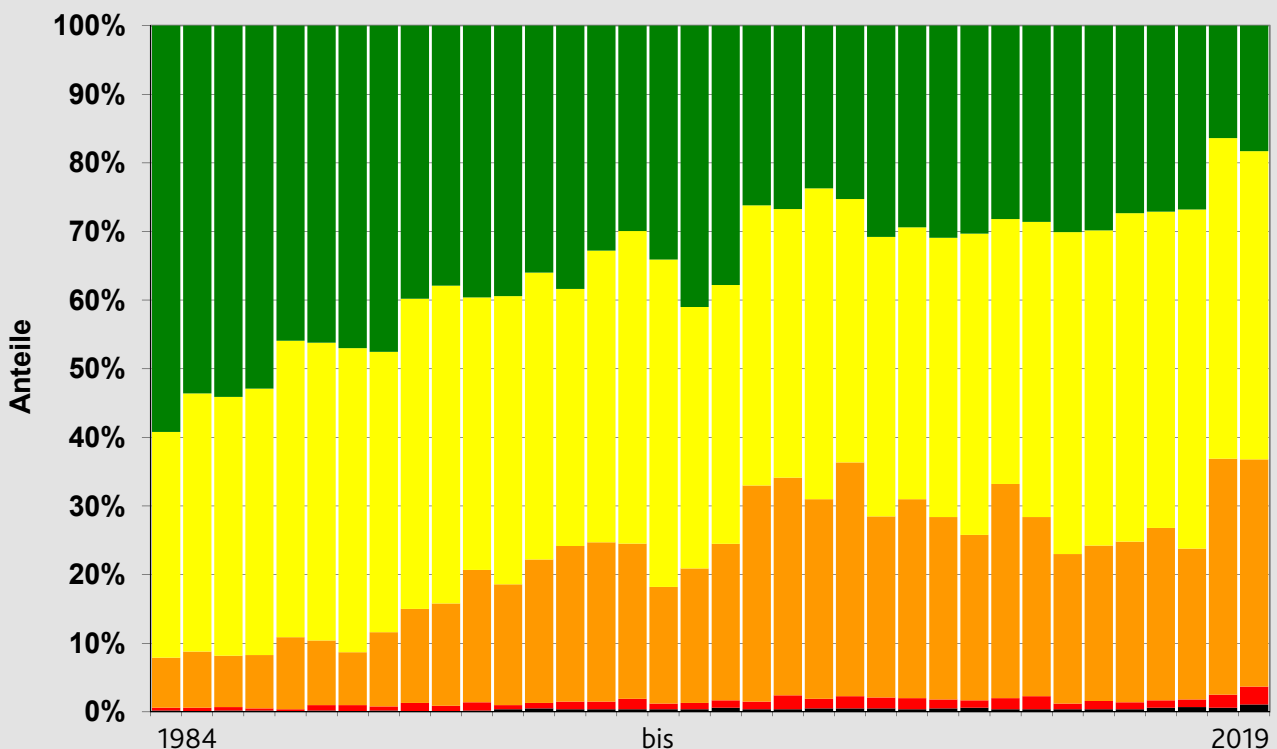
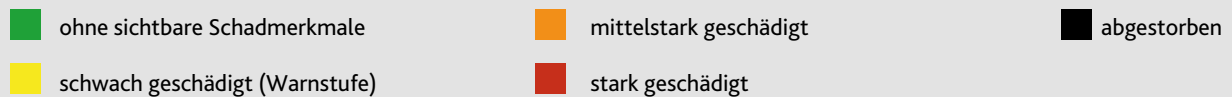
Analysen der Daten und eine Darstellung des Ursache-Wirkungsgeschehens sind auf den Webseiten der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft zu finden:

<http://www.fawf.wald-rlp.de/index.php?id=3014>

Fichte

Die Schadsituation der Fichte wird 2019 durch den Borkenkäferbefall bestimmt. An 9,4 % der Probestämme wurde Borkenkäferbefall festgestellt, 23 Probestämme (2,4 %) waren in 2019 frisch abgestorben. Mit insgesamt 28 Probestämmen (2,9 %) ist der Anteil abgestorbener Bäume bei Fichte so hoch wie nie zuvor in der Zeitreihe. Die Ausscheiderate ist mit 6,6 % vergleichsweise hoch, in knapp zwei Dritteln der Fälle war Bor-

Entwicklung der Schadstufenverteilung über alle Baumarten



kenkäferbefall die Ursache für die Fällung der Probebäume. Jedoch sind an keinem der Aufnahmeplätze alle Probebäume ausgeschieden, es waren immer genügend Ersatzbäume vorhanden. Zum Teil waren diese Ersatzbäume auch schon durch Borkenkäfer befallen. Nicht alle mit Borkenkäfer befallene Fichten waren absterbend oder bereits abgestorben. 10 Probebäume zeigten noch eine volle, vitale grüne Krone. Weitere 36 Probebäume zeigten erst schwache Schäden infolge von Entnadelung auf. Alle weisen jedoch so starken Borkenkäferbefall auf, dass von ihrem Absterben auszugehen ist.

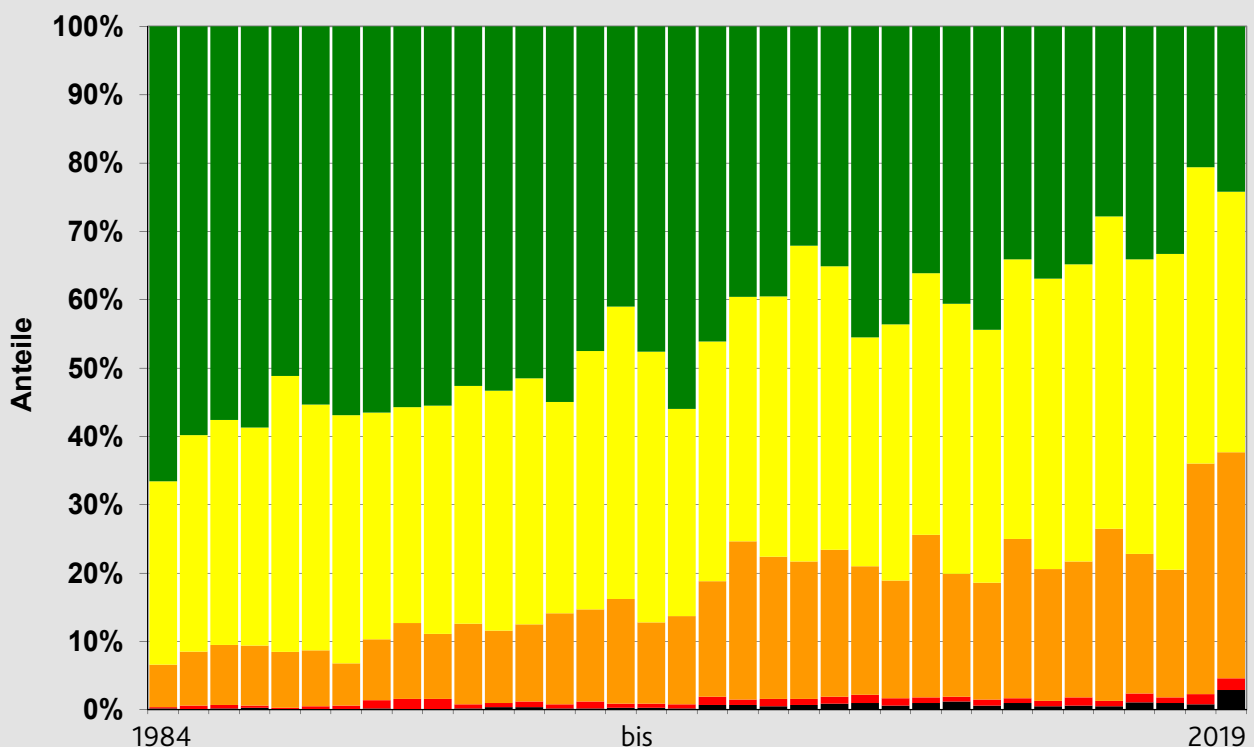
Das Niveau der Kronenschäden ist bei der Fichte gegenüber dem Vorjahr insgesamt nur geringfügig angestiegen. Der Anteil der deutlich geschädigten

Probebäume ist um 2 Prozentpunkte, die mittlere Kronenverlichtung um 1,2 Prozentpunkte höher. Diese Veränderung ist signifikant. Es ist jedoch der ungewöhnlich hohe Anteil abgestorbener Probebäume (Schadstufe 4), der für diesen Anstieg verantwortlich ist. Werden nur die lebenden Fichten betrachtet, so ist der Anteil der mittelstark und stark geschädigten Probebäume (Schadstufen 2 u. 3), wie auch die mittlere Kronenverlichtung nahezu unverändert.

Bei dem im Jahr 2019 beobachteten Witterungsverlauf ist davon auszugehen, dass die Fichte im Verlauf des Sommers, wie schon 2018, auf etlichen Standorten unter Trockenstress gekommen ist. Dieser Witterungsverlauf war für die Fichte ungünstig und belastend.

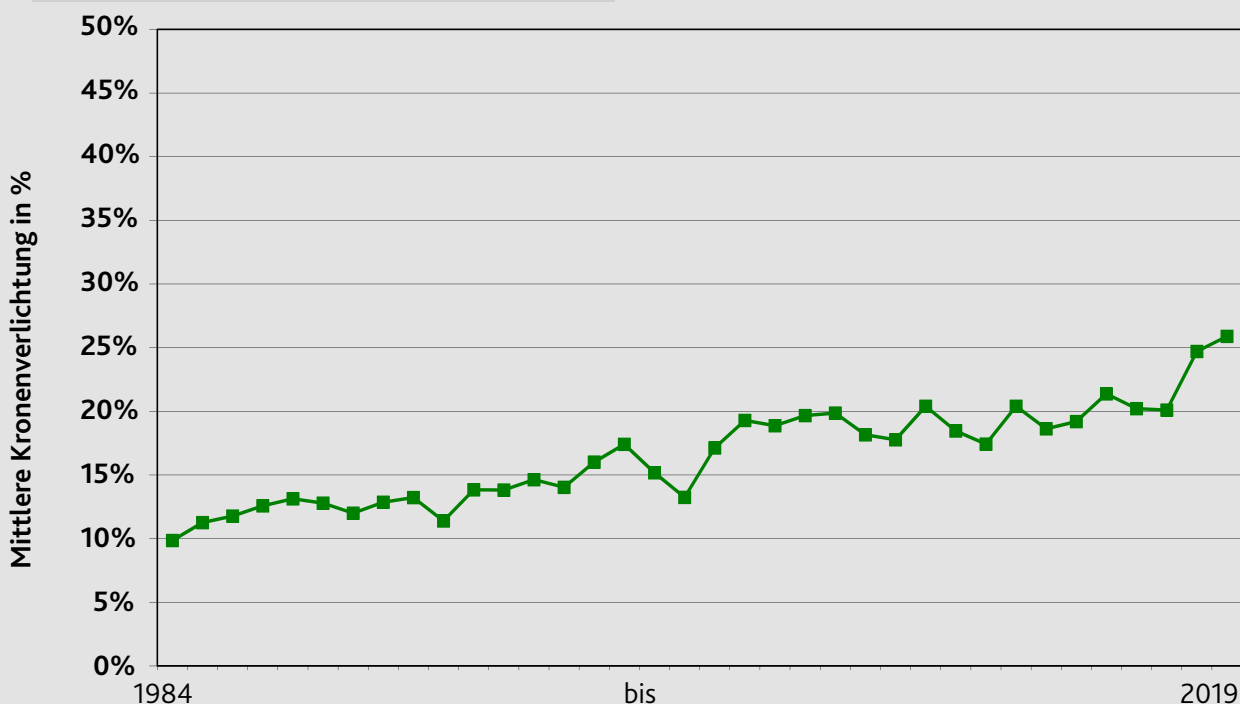
Fichte

Entwicklung der Schadstufenverteilung



Fichte

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



Im Jahr 2019 war nur an wenigen Probestämmen (3 %) frischer Zapfenbehang festzustellen. Im Vorjahr hatte die Fichte dagegen sehr intensiv geblüht und Zapfen ausgebildet (92 % der Probestämme). Die Belastung durch Fruchtbildung war für die Fichten in 2019 damit weitgehend weggefallen.

Insekten oder Pilze, die unmittelbar die Nadeln befallen, waren 2019 nicht zu beobachten.

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 2019 war an nur 2 Fichten nennenswerte Vergilbung zu sehen. Als eine wesentliche Ursache für den Rückgang der Vergilbung kann die verbesserte Magnesiumversorgung durch Bodenschutzkalkung auf stark versauerten Standorten angenommen werden.

Buche

Der Kronenzustand der Buchen hat sich gegenüber dem Vorjahr insgesamt geringfügig verbessert. Der Anteil der deutlichen Schäden ist um 6 Prozentpunkte, die mittlere Kronenverlichtung um 0,8 Prozentpunkte zurückgegangen. Diese Veränderung ist signifikant. Das Schadniveau der Buche bleibt damit relativ hoch. So ist zwar der Anteil mittelstarker Kronenschäden rückläufig, der Anteil starker Schäden jedoch etwas angestiegen. Die mittlere Kronenverlichtung hat sich daher kaum verändert.

Im letzten Jahrzehnt trugen die Buchen nahezu jedes zweite Jahr Bucheckern. Nachdem im Vorjahr häufig (70 %) Fruchthehang beobachtet wurde, war für 2019 zu erwarten, dass nur wenige Buchen Fruchthehang ausbilden, tatsächlich ist bei 12 % der Probestämme Fruchthehang meist geringer Intensität notiert worden. Nach den Beobachtungen der letzten Jahre wäre damit 2019 für die Buche

eine durchgreifendere Erholung im Kronenzustand zu erwarten gewesen.

Die im Verlauf des Jahres aufgetretene Trockenheit ist für die Buche eine Belastung. Im Kronenzustand hat sie sich aber nur bei einzelnen Probestäumen direkt gezeigt. Diese Bäume wiesen bei der Erhebung bereits trockene, verbrauchte Blätter im obersten Kronenbereich auf. An einigen Aufnahmepunkten war auch sogenannter Hitzelaubfall, der vorzeitige Abfall trockener aber noch grüner Blätter, zu beobachten. Es darf davon ausgegangen werden, dass der ungünstige Witterungsverlauf 2019 eine Erholung der Buchen verhindert hat.

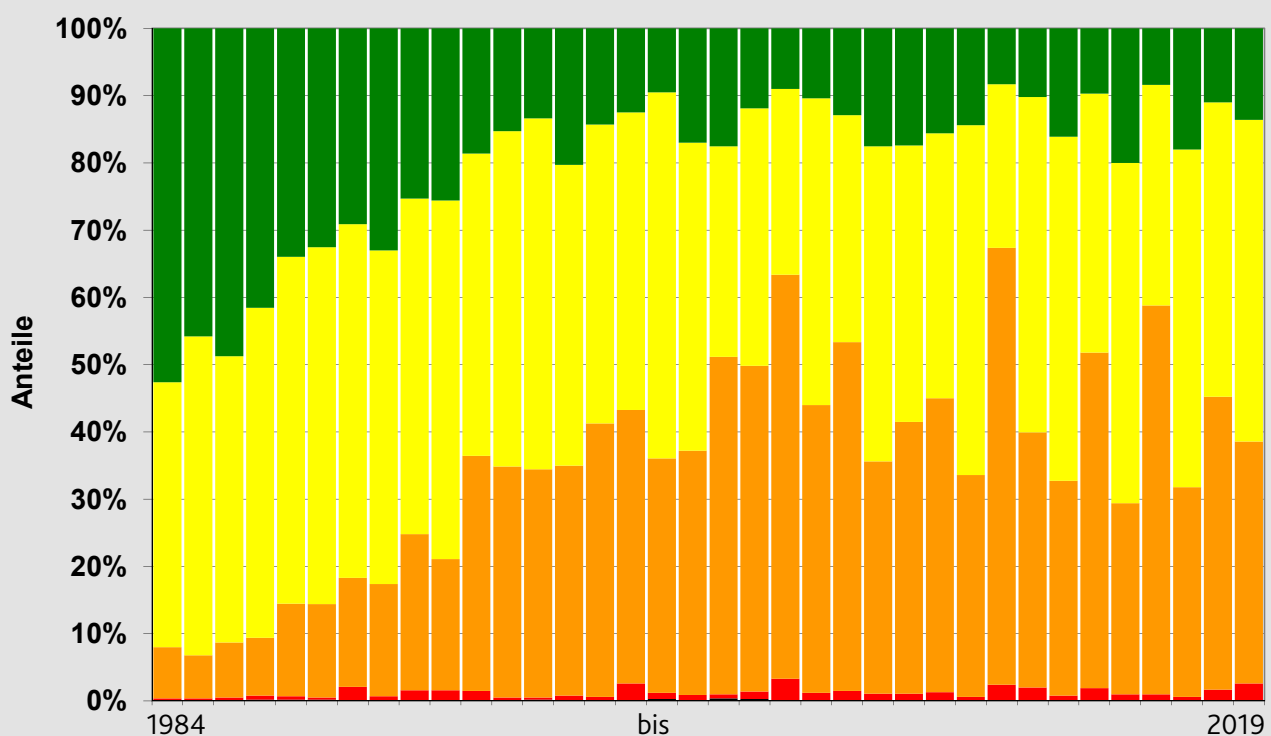
Schäden durch blattfressende Insekten, insbesondere Loch- und Minierfraß durch den Buchenspringrüssler (*Rhynchaenus fagi*), war an rund 15 % der Probestäume aufgetreten und damit weniger häufig und mit geringerer Intensität als im Vorjahr zu beobachten.

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

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. Bei rund 12 % der Probestäume wurde Dürreisig beobachtet. Dieser Anteil variiert in den letzten Jahren stark, zeigt aber keinen gerichteten Trend. Da bei der Buche das dürre Reisig in der Regel im Laufe eines Jahres herausbricht, bedeutet das, dass das beobachtete dürre Feinreisig überwiegend seit der letzten Erhebung dazugekommen sein muss.

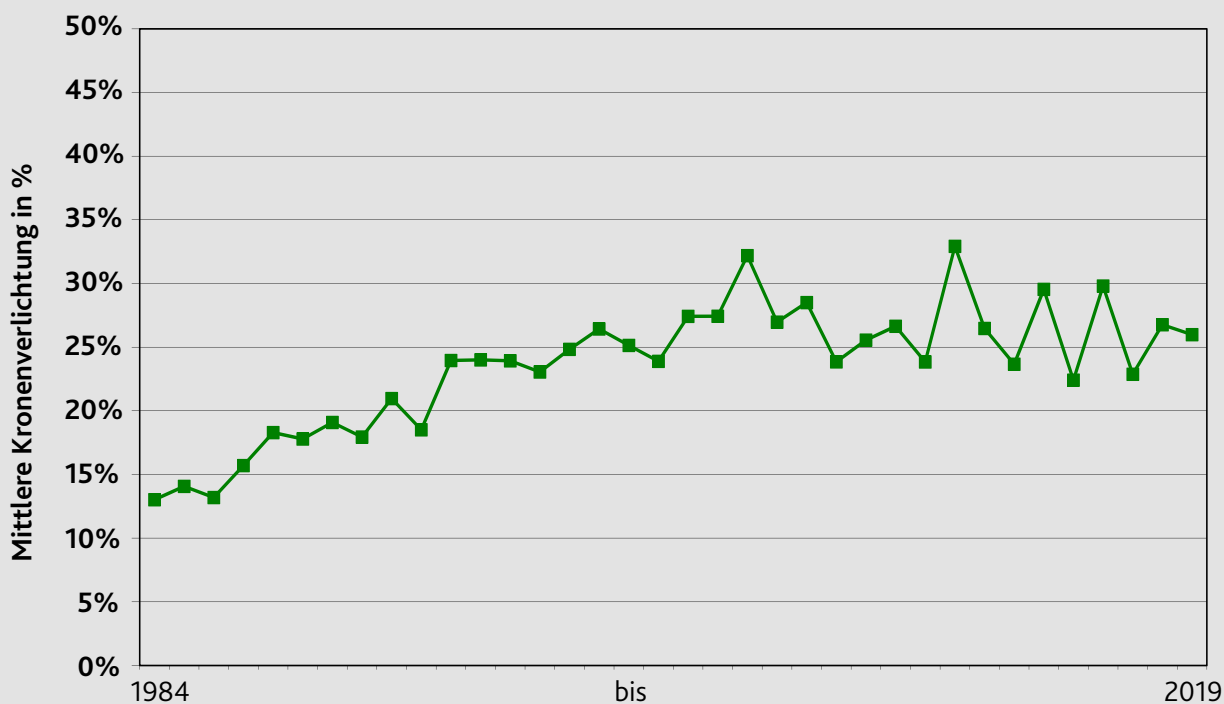
Buche

Entwicklung der Schadstufenverteilung



Buche

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



Eiche

Der Kronenzustand der Eichen hat sich im Jahr 2019 merklich verschlechtert. Der Anteil deutlich geschädigter Probestämme ist gegenüber dem Vorjahr um 12 Prozentpunkte, die mittlere Kronenverlichtung um 4,2 Prozentpunkte angestiegen. Diese Veränderung ist signifikant. Nach ausgeprägten Schwankungen in der Entwicklung der Kronenverlichtung in den letzten Jahren ist in 2019 wieder ein hohes Schadenniveau vergleichbar der Periode von 1996 bis 2010 erreicht worden.

In 2019 wurden an den Probestämmen so gut wie kein Fruchtanhang beobachtet, wobei jedoch die Früchte der Eiche zum Zeitpunkt der Waldzustandserhebung häufig noch zu klein sind, um den Fruchtbehang sicher abschätzen zu können.

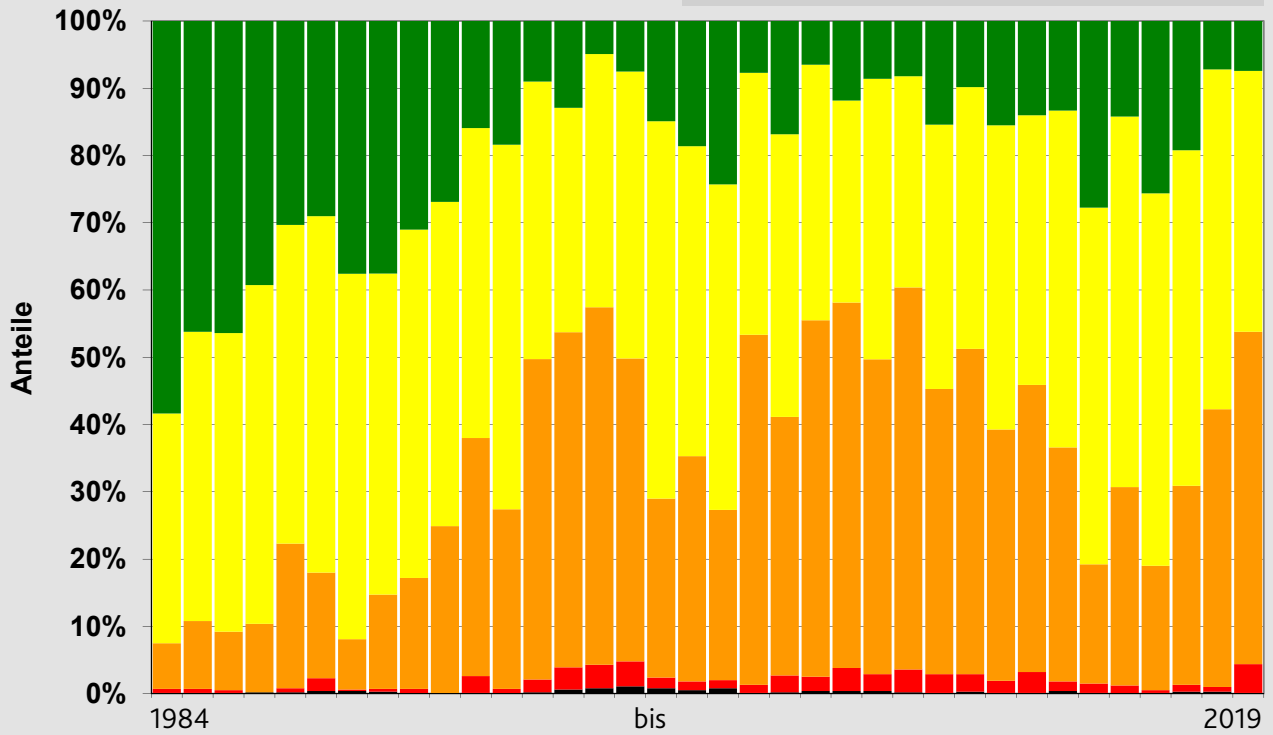
Die Eichen erleiden regelmäßig mehr oder minder starke Schäden durch blattfressende Insekten. Häufig wird der Wiederaustrieb durch den Eichenmehltau (*Microsphaera alphitoides*) befallen. Aktuell wurden an 38 % der Probestämme Fraßschäden beobachtet, damit ist der Anteil gegenüber dem Vorjahr (23 %) höher. Bei 10 % der Eichen war

Insektenfraß in stärkerem Ausmaß festzustellen, damit ist auch die Fraßintensität etwas höher als im Vorjahr. Befall durch den Mehltaupilz ist in 2019 häufig sichtbar geworden und wurde zum Zeitpunkt der Erhebung an einigen Probestämmen festgestellt. Insektenfraß aber auch Mehltaubefall haben sich als bedeutsame Einflussfaktoren auf die Entwicklung des Kronenzustandes bei der Eiche erwiesen. In 2019 sind allerdings auch die Eichen ohne Belastung durch Insektenfraß oder Mehltau von dem Schadanstieg betroffen, jedoch weniger ausgeprägt als die Eichen mit Insektenfraß oder Mehltaubefall.

Die expliziten Ursachen für den weiteren Schadanstieg sind aus den Daten der Waldzustandserhebung nicht abzuleiten, es darf jedoch davon ausgegangen werden, dass der Trockenstress mit von Einfluss ist. Akute Trockenschäden wurden im Zuge der Waldzustandserhebung 2019 nur an einzelnen Eichen oder an Probestämmen auf exponierten Standorten sichtbar.

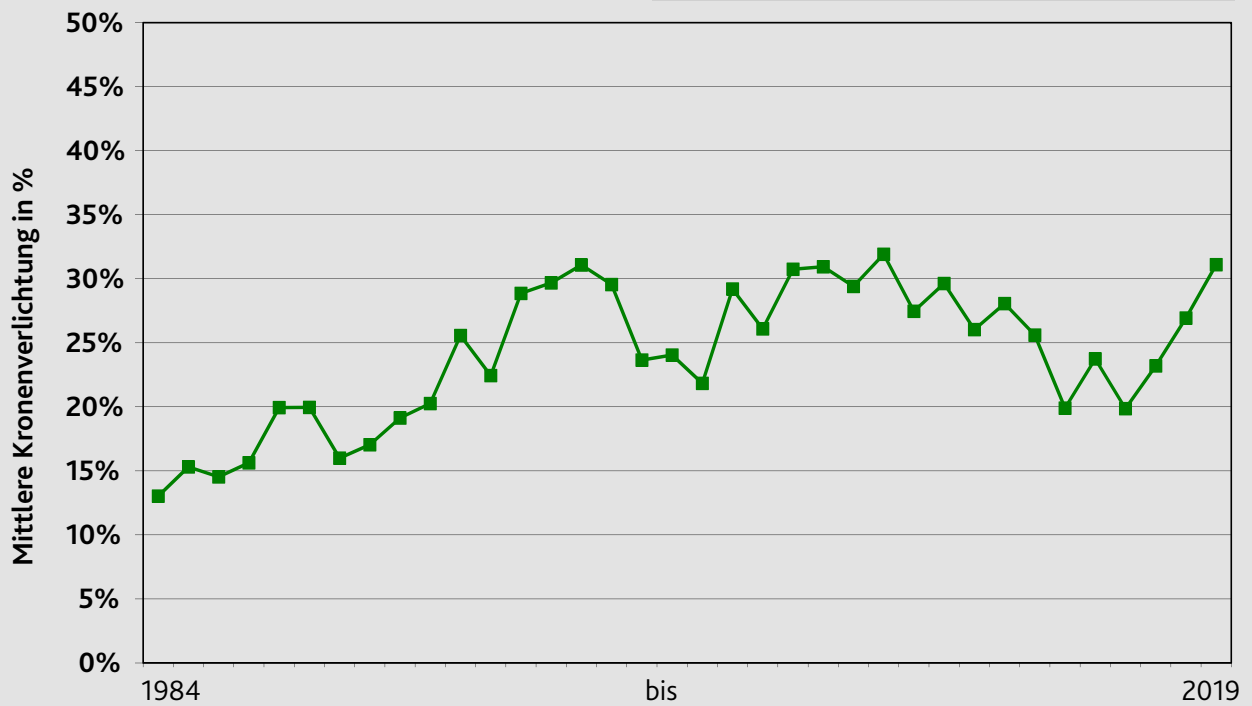
Eiche

Entwicklung der Schadstufenverteilung



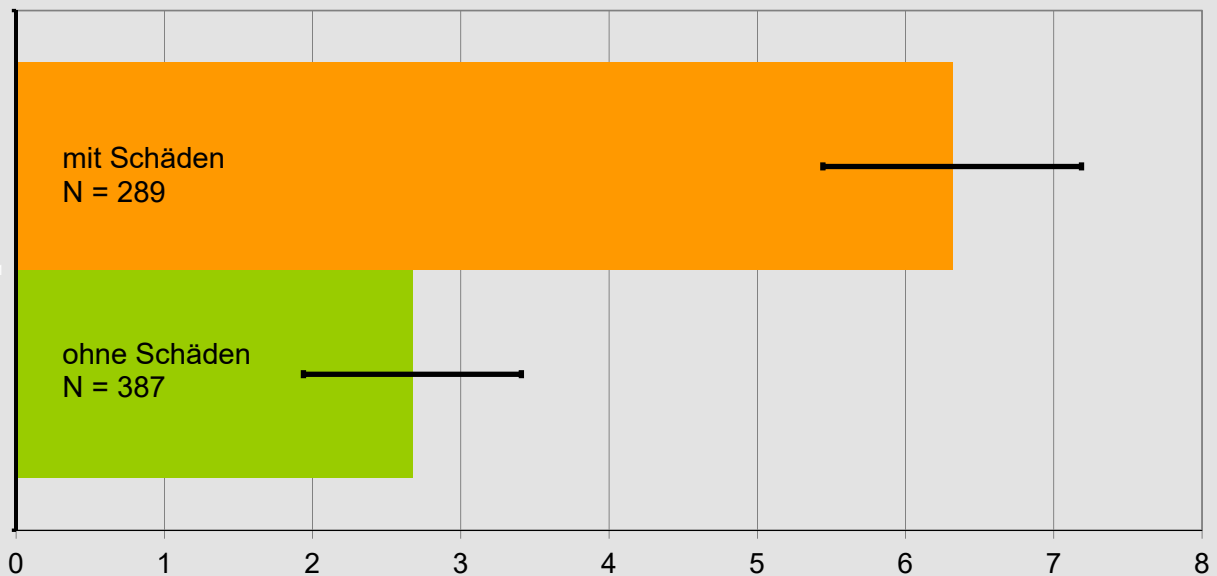
Eiche

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



Eiche

Veränderung der mittleren Kronenverlichtung der Eichen in Prozentpunkten von 2018 auf 2019 mit bzw. ohne Schäden durch Insektenfraß oder Mehltau



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 handeln. Stärkere Blattvergilbung wurden 2019 an zehn Eiche beobachtet.

Kiefer

Bei der Kiefer hat sich der Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr kaum verändert. Der Anteil an Probestämmen mit deutlichen Schäden ist unverändert, die mittlere Kronenverlichtung ist um 0,3 Prozentpunkte niedriger. Diese Veränderung ist nicht signifikant. Das Schadniveau liegt damit weiterhin im Rahmen der Streuung der Zeitreihe in den letzten zehn Jahren und ist vergleichsweise niedrig. Mit nur drei Nadeljahrgängen reagiert die Kiefer flexibel mit variierender Benadelungsdichte. So zeigt sich in der Zeitreihe ein Auf und Ab des Schadniveaus ohne gerichteten Trend. Auch die ansonsten als trockentolerant geltende Kiefer hatte 2018 und 2019 unter der Trockenheit gelitten. Sie reagierte darauf mit einer vorzei-

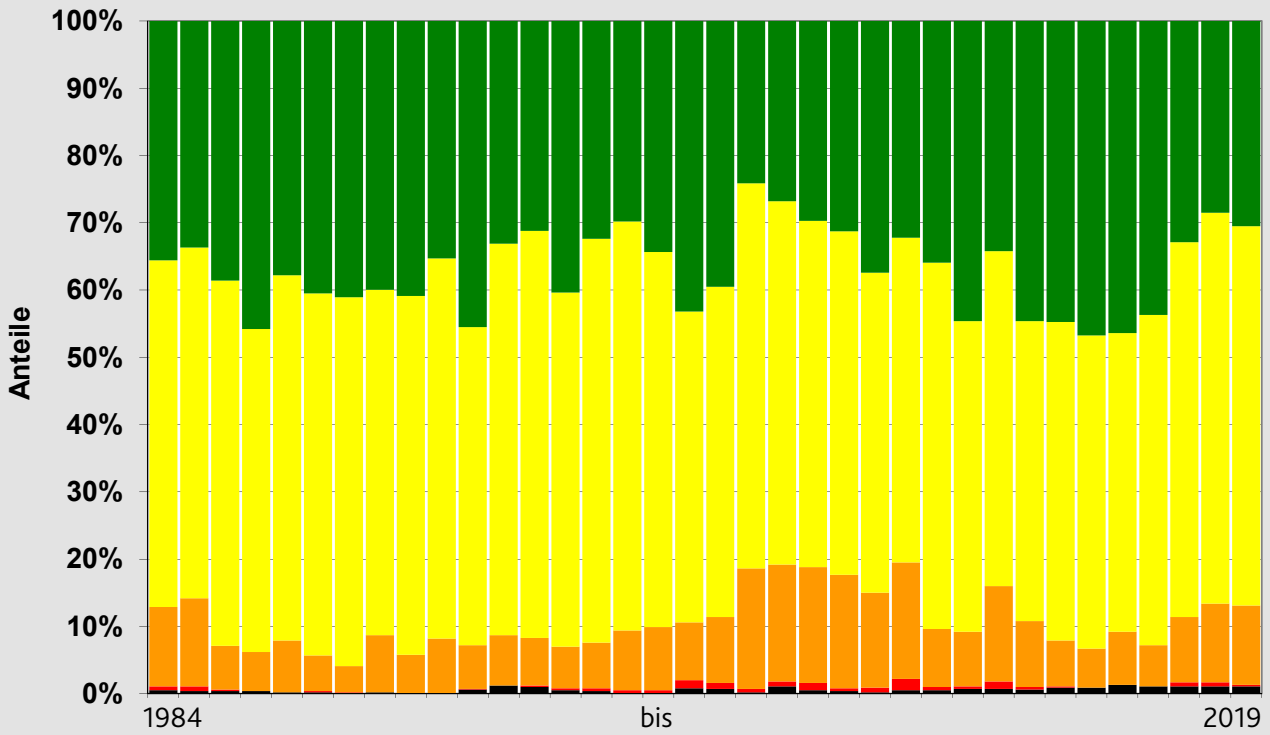
tigen Verfärbung und Schütte des dritten Nadeljahrgangs, was während der Außenarbeiten der Waldzustandserhebung 2019 ab Anfang August zu beobachten war und unter günstigen Verhältnissen sonst erst im September/Oktober erfolgt. Auffällig im Land waren immer wieder einzelne frisch abgestorbene Kiefern zu beobachten. Das Kollektiv der Probestämme der Waldzustandserhebung war jedoch nicht betroffen, nur ein einziger war frisch abgestorben, ein weiterer kurz vor dem Absterben. Weitere fünf waren bereits im Vorjahr oder noch länger abgestorben. Auch die Ausscheiderate ist in 2019 für Kiefer niedrig und unter dem langjährigen Schnitt.

Die Kiefern zeigen regelmäßig Zapfenbehang und haben in 2019 normal getragen. Ein Zusammenhang zwischen der Intensität des Zapfenbehanges und der Entwicklung der Kronenverlichtung ist bisher nicht erkennbar.

Bei 8 % der Kiefern war Reifefraß durch den 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

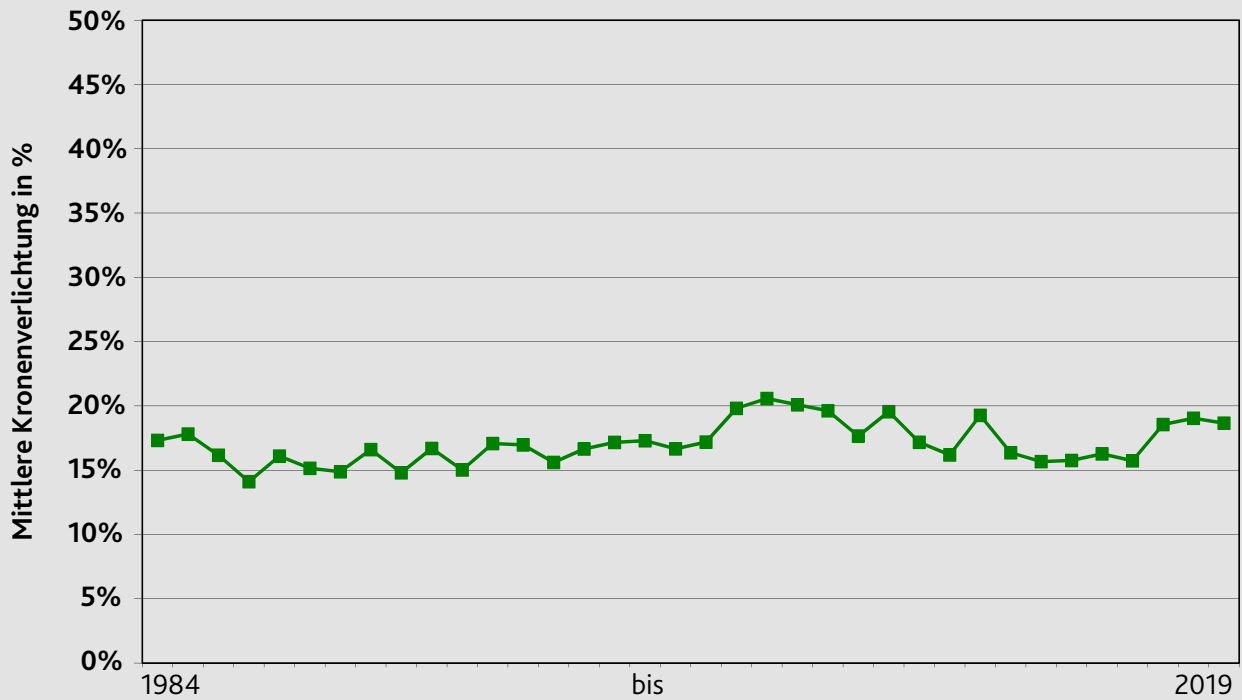
Kiefer

Entwicklung der Schadstufenverteilung



Kiefer

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



dann zu einem schlechteren Kronenzustand führen. An 17 % der Probebäume wurde ein Mistelbefall festgestellt. Besonders häufig ist Mistelbefall in der Rheinebene zu beobachten; hier ist über die Hälfte aller Kiefern betroffen. 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.

Vergilbung in nennenswertem Umfang war dieses Jahr an keinem der Probebäume erfasst worden.

Douglasie

Bei der Douglasie hat sich der Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr wieder verbessert. Der Anteil deutlich geschädigter Probebäume ist um 19 Prozentpunkte zurückgegangen, hat damit den Anstieg des Vorjahres aber nicht ausgeglichen. Der Anteil an Douglasien ohne sichtbare Schadmerkmale liegt um 9 Prozentpunkte höher. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 7,6 Prozentpunkte niedriger. Diese Veränderung ist signifikant.

Die Rußige Douglasienschütte (*Phaeocryptopus gaeumannii*) ist landesweit in 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 2019 wurde sie an 49 Probebäumen (36 %) notiert. Weitere Pilzinfektionen betreffen die diesjährigen Triebe und können sie gänzlich zum Absterben bringen. Dieses Triebsterben wurde in 2019 an 9 Probebäumen 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 Probebäumen ist es aber bisher nicht gekommen.

Im Jahr 2019 war bei Douglasien nur an wenigen (4 %) Bäumen Fruchtbehang zu beobachten. Die

Douglasiengallmücke (*Contarinia pseudotsugae*) wurde bisher an den Probebäumen der Waldzustandserhebung nicht festgestellt. Auch andere Schäden durch Insektenbefall oder abiotische Schäden wurden an den Aufnahmepunkten der Waldzustandserhebung nicht festgestellt. Bei Sturmereignissen werden bei 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 2019 nur an einem Probebaum beobachtet.

Andere Baumarten

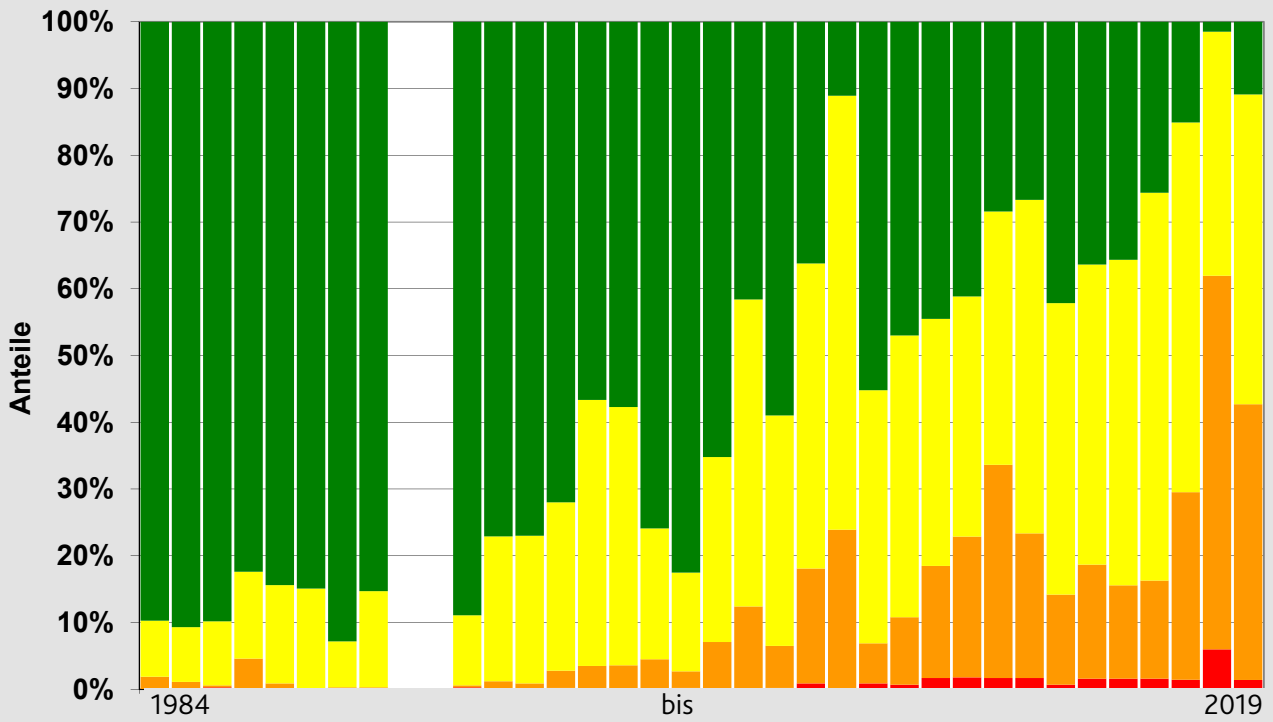
In unseren Wäldern finden sich neben den bereits genannten noch eine Vielzahl anderer Baumarten. Die Waldzustandserhebung erfasst mit ihrer Stichprobe insgesamt 31 verschiedene Baumarten. Einige werden nur mit einzelnen Exemplaren, andere aber auch mit mehr als 100 Probebäumen erfasst, sodass eine baumartenspezifische 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 2019 ist das Schadniveau der Nebenbaumarten insgesamt weitgehend unverändert.

Bei den **Lärchen** ist der Anteil der deutlichen Schäden gegenüber dem Vorjahr um 1 Prozentpunkt zurückgegangen, die mittlere Kronenverlichtung ist um 0,1 Prozentpunkte niedriger. Diese Veränderung ist nicht signifikant. Im Jahr 2019 wurde an 20 % der Lärchen Zapfenbehang festgestellt. An 8 % der Probebäume wurden leichte Schäden durch die Lärchenminiermotte beobachtet, die Nadeln weisen dann braune (nekrotische) Spitzen auf, bleiben sonst aber intakt. Pilzbefall wurde nicht beobachtet.

Bei der **Esche** ist das Schadniveau zwar merklich zurückgegangen aber weiterhin hoch. Der Anteil deutlich geschädigter Probebäume ist um 25 Prozentpunkte geringer als im Vorjahr, beträgt aber

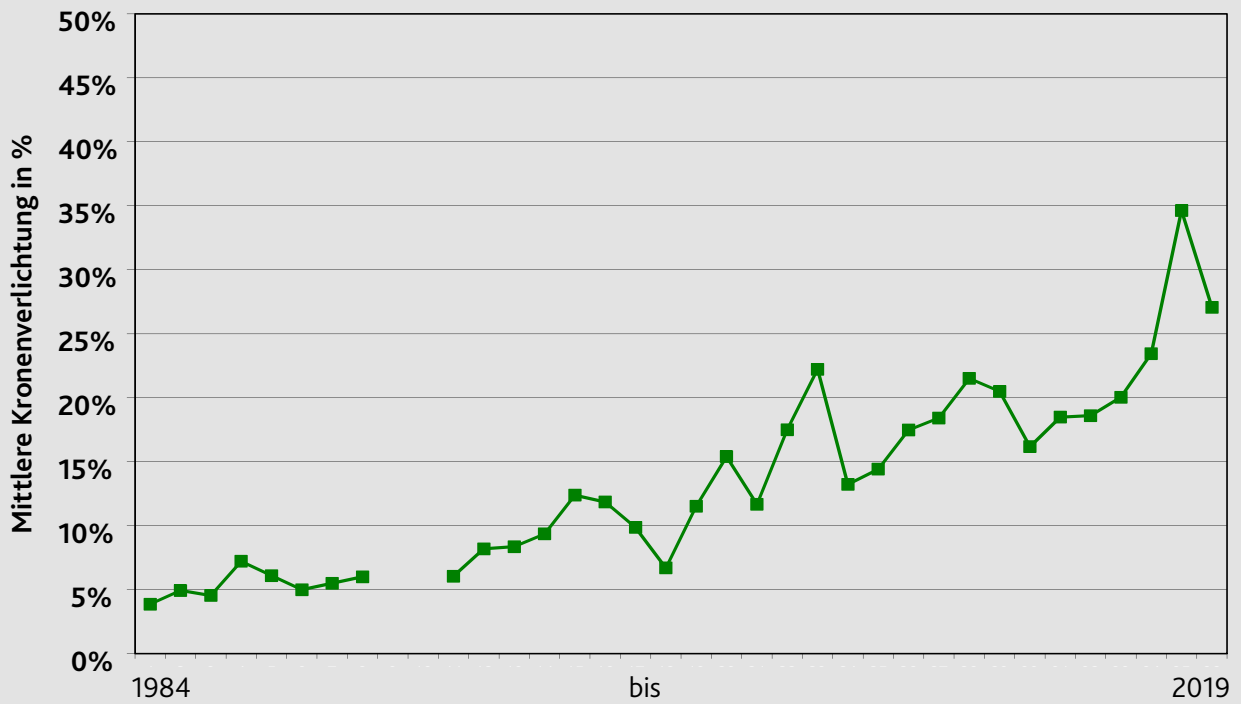
Douglasie

Entwicklung der Schadstufenverteilung



Douglasie

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



noch 46 %. Eschen ohne sichtbare Schadmerkmale sind 2019 wieder vereinzelt im Kollektiv der Probestämme zu finden. Die mittlere Kronenverlichtung liegt um 9,4 Prozentpunkte niedriger. Diese Veränderung ist signifikant.

Das Eschentriebsterben ist in allen Landesteilen und allen Altersstufen gegenwärtig. Diese Pilzinfektion ist für das Schadniveau der Esche prägend. An rund 48 % aller Eschen (im Vorjahr 57 %) 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 Symptome des Eschentriebsterbens erkennbar sind, ist der Pilz im Wald doch gegenwärtig. An allen Aufnahmeorten mit Eschen unter den Probestämmen wurden im Verlauf der letzten drei Jahre Eschen mit Schadsymptomen beobachtet.

Im Jahr 2019 waren sechs Eschen abgestorben. Eine davon war bereits im Vorjahr abgestorben, vier weitere stark geschädigt. Drei in 2018 abgestorbene und zwei stark geschädigte Eschen schieden aus und wurden ersetzt. An den 13 Probestämmen mit Eschenvorkommen sind in sieben Fällen tote, absterbende oder infolge des Eschentriebsterbens vorzeitig ausgeschiedene Eschen zu finden.

An elf Probestämmen (9 %) wurden geringfügige Blattschäden durch Insektenfraß beobachtet. In 2019 trugen nur einzelne Eschen Früchte, nachdem im Vorjahr an gut 1/3 der Probestämme Fruchtbehang festgestellt wurde. Die büschelartige Anordnung der Früchte, anstelle normaler Blätter, führt tendenziell zu einer geringeren Belaubungsdichte bei fruchttragenden Bäumen, sodass das Ausbleiben von Fruchtbehang zur Verbesserung der Belaubung beigetragen haben dürfte.

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/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/FUM/UM/befunde.html>

Bei der **Hainbuche** ist der Anteil der deutlichen Schäden gegenüber dem Vorjahr um 26 Prozentpunkte angestiegen, die mittlere Kronenverlichtung ist um 10,7 Prozentpunkte höher. Diese Veränderung ist signifikant. Die Hainbuche wächst vergleichsweise häufig in den Gebieten alter Niederwälder in den Seitentälern von Rhein und Mosel. Diese Standorte sind auch häufig von Trockenheit betroffen, sodass anzunehmen ist, dass die Hainbuche auch besonders unter der Trockenheit 2019 und 2018 gelitten hat. Die Hainbuche ist jedoch an diese Situation angepasst und zeigt zwar vereinzelt auch starke Kronenverlichtung, jedoch ist keiner der Probestämme abgestorben.

Im Jahr 2019 wurde an 75 % der Hainbuchen Fruchtbehang festgestellt und damit ähnlich häufig wie im Vorjahr. Die Fruchtstände der Hainbuche sind durch grüne Hochblätter getragen, die zur Photosynthese des Baumes beitragen. Damit führt der Fruchtbehang bei Hainbuche nicht direkt zu einer höheren Kronenverlichtung, obgleich die Fruchtstände in der oberen Baumkrone an der Stelle normaler Blätter stehen. Schäden durch Insektenbefall wurden an 14 % der Probestämme beobachtet, damit weniger als im Vorjahr.

Bei **Ahorn, Erle** und **Tanne** war 2019 ein tendenzieller Anstieg des Schadniveaus gegenüber dem Vorjahr zu verzeichnen. Bei der **Birke** war keine wesentliche Veränderung zu erkennen. Die **Pappel** tendierte zu einer Verbesserung ihres Kronenzustandes. Die **Eberesche** (Vogelbeere)

Häufigste Nebenbaumarten

Entwicklung der Schadstufenverteilung

Baumart (bzw. Gattung)	Jahr	Anzahl an Probebäumen	Anteile der Schadstufen (in %)			mittlere Kronenverlichtung
			0	1	2-4	
Lärche	2019	145	6	55	39	27,4
	2018	144	6	54	40	27,5
	2017	147	20	47	33	25,1
	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	2019	125	5	50	45	33,0
	2018	125	2	27	71	42,4
	2017	127	19	47	34	28,0
	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	2019	96	8	33	59	35,0
	2018	96	12	55	33	24,3
	2017	106	15	54	31	25,7
	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 Laubbaum- arten	2019	299	26	52	22	20,8
	2018	295	27	48	25	22,1
	2017	292	45	45	10	16,0
	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

und **Kirsche** waren zwar häufiger durch leichten Insektenfraß geschädigt, zeigten aber dennoch tendenziell eine etwas geringere Kronenverlichtung. Auch die **Edelkastanie** zeigte etwas geringere Verlichtung, die Edelkastanien-Gallwespe (*Dryocosmus kuriphilus*) ist zwar in den Beständen vorhanden, aber in einem so geringen Ausmaß, dass keine wesentliche Schädigung der Baumkronen erfolgt.

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/fawf-seiten/fawf/FUM/UM/methoden.pdf>

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 Waldbesitzenden. Einzelne Probebäume werden daher im Zuge von Durchforstungen gefällt. Zudem werden durch Sturmwurf, Schneebruch oder Insektenbefall betroffene Bäume entnommen. Probebäume scheiden aber auch, ohne dass sie 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 2019 sind insgesamt 116 Probebäume ausgeschieden, die alle ersetzt werden konnten. Keiner der Aufnahmepunkte ist komplett ausgeschieden, sodass die Waldzustandserhebung an diesem Punkt ruhen müsste. Von den im Jahr 1984 angelegten 148 Aufnahmepunkten und ausgewählten 3.480 Probebäumen sind noch 1.375 im Kollektiv der Stichprobe erhalten, das sind 39,5 % 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 44 abgestorbene Probebäume im Kollektiv vermerkt, davon waren elf bereits beim letzten Erhebungstermin 2018 tot. Im Jahr 2019 selbst waren 33 Probebäume (0,9 %) frisch abgestorben. Bei den meisten davon handelt es sich um infolge Borkenkäferbefalls abgestorbene Fichten oder um infolge des Triebsterbens eingegangene Eschen. Von den in 2018 bereits abgestorbenen Probebäumen wurden zwölf 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.

Es hat sich gezeigt, dass sich die Schadstufenverteilung der Ersatzbäume von der ihrer Vorgänger zum letzten Bonitieringstermin - über die gesamte Zeitreihe hinweg betrachtet - nicht wesentlich unterscheidet. Auch ist der Einfluss des Ersatzes oder der Neuaufnahme von Probebäumen auf die Entwicklung der Schadstufenverteilung des gesamten Stichprobenkollektivs nur gering. Festzuhalten ist aber, dass stark geschädigte oder abgestorbene Bäume (Schadstufen 3 und 4) eher aus dem Stichprobenkollektiv ausscheiden. Die Ersatzbäume fallen nur selten in diese beiden Schadstufen.

Die Ausscheiderate von 2018 auf 2019 liegt mit 3,0 % des Kollektivs der Stichprobe etwas über der im Laufe der Zeitreihe beobachteten durchschnittlichen jährlichen Ausscheiderate von 2,5 %. Geschuldet ist dies dem hohen Anteil ausgeschiedener Fichten. Bei Buche, Eiche und Kiefer liegt die Ausscheiderate unter dem langjährig beobachteten Schnitt.

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

https://fawf.wald-rlp.de/fileadmin/website/fawf-seiten/fawf/FUM/UM/ausscheiden_und_ersatz.html

Regionale Verteilung und Regionalisierung 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.

Punkt förmig vorliegende Informationen, wie die Daten der Waldzustandserhebung, können über eine Regionalisierung in eine flächenhafte Information transformiert werden. Hierfür ist es erforderlich, die an den Aufnahmepunkten vorliegende Information zur Kronenverlichtung über multiple Regressionen mit flächig für das Land vorhandenen Daten oder über geostatistische Interpolationsverfahren zu modellieren. Entscheidend für den Erfolg und die Zuverlässigkeit der Ergebnisse ist, dass Zusammenhänge zwischen der Kronenverlichtung und den flächig vorliegenden Informationen bestehen, bzw. dass eine räumliche Abhängigkeit der Kronenverlichtung in sich besteht. Als Haupteinflussfaktoren haben sich das Alter und die Baumart bestätigt, die aber nicht voll flächendeckend, sondern nur für den von der Forstplanung erfassten öffentlichen Wald (Wald im Besitz des Landes oder der Kommunen) vorliegen. Weitere flächig vorliegende Informationen zu Relief, Höhenlage, Boden, Klima und Witterung tragen nur zu einem geringen Anteil zur Erklärung der Varianz der Kronenverlichtung bei. Andere wichtige bekannte Einflussfaktoren auf den Kronenzustand, wie Fruchtbehang, Insektenfraß, Pilzbefall oder die Luftschadstoffbelastung im Beurteilungsjahr, liegen nicht als flächendeckende Information vor und können daher nicht einbezogen werden. Die Modellierung kann die Varianz der Kronenverlichtung nicht vollständig erklären. Es liegt keine parzellenscharfe Abgrenzung nach den Waldorten zugrunde, sondern eine Zusammenfassung auf 100 x 100 m Rasterzellen. Die Regionalisierung wird für die Hauptbaumarten Buche, Fichte, Eiche und Kiefer durchgeführt,

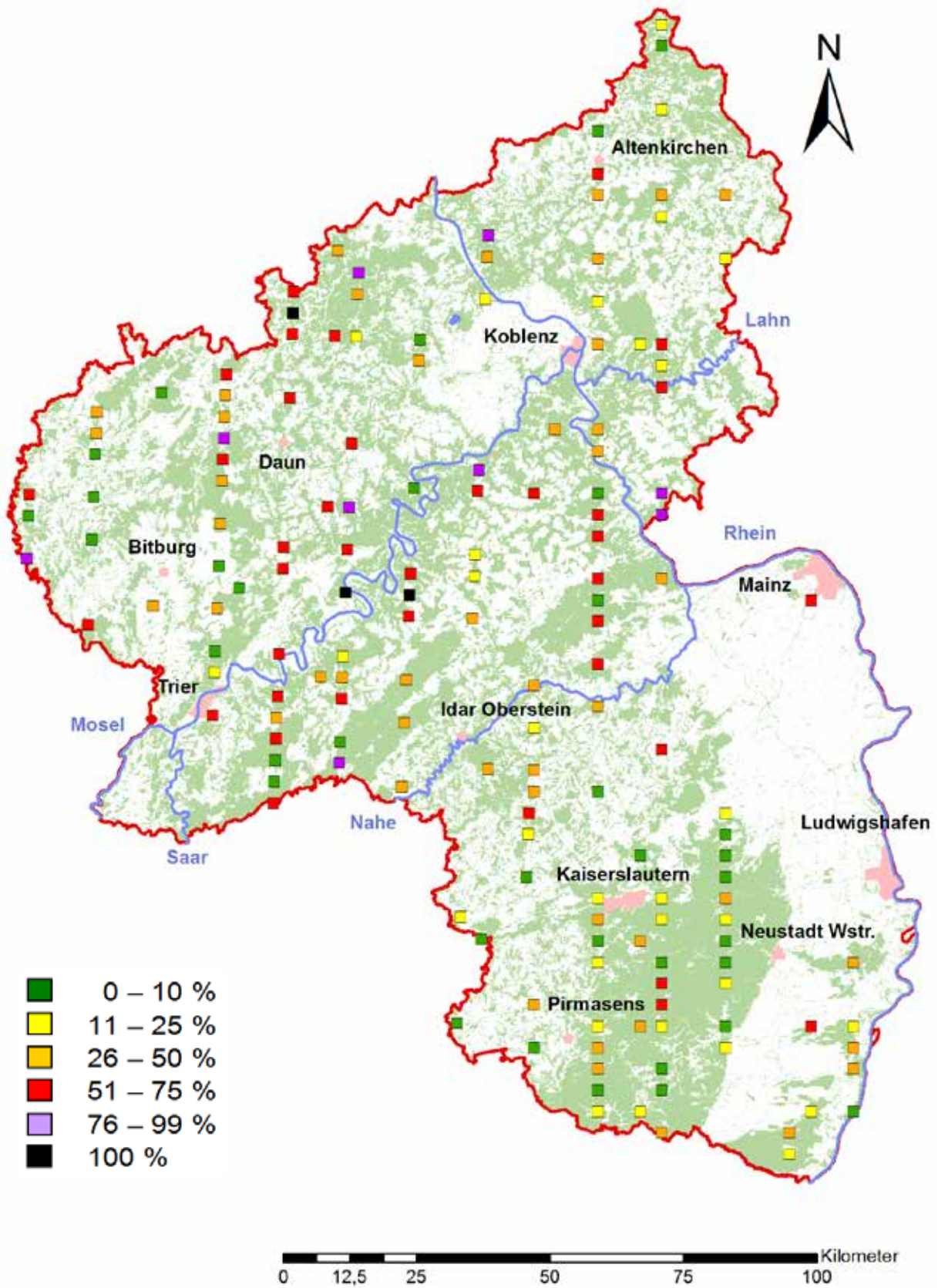
die für die Darstellung des Gesamtwaldes nach der in der jeweiligen Rasterzelle dominierenden Baumart aggregiert werden. Dargestellt ist nur die Fläche des öffentlichen Waldes. Die Regionalisierung bietet damit eine Aussage zur regionalen Differenzierung des Waldzustandes in Rheinland-Pfalz auf Basis der mittleren Kronenverlichtung.

Für die Modellierung der Regionalisierung 2019 wurden der Einfluss der Trockenheit 2018 und 2019 auf die regionale Verteilung der Kronenverlichtung mit geprüft. Zu diesem Zweck wurden die Niederschlagssummen verschiedener Zeiträume und die Dauer der längsten Trockenperiode dieser Zeiträume als Prädiktoren aufgenommen, hierbei wurde kein signifikanter Beitrag zu der regionalen Differenzierung der mittleren Kronenverlichtung erkennbar. Zu beachten ist, dass nur die Kronenverlichtung der stehenden Bäume als Zielgröße geprüft wurden, abgestorbene und bereits entnommene Bäume, wie sie sich durch den Verlauf der Borkenkäferkalamität bei Fichte vermehrt ergeben haben, waren nicht Gegenstand dieser Untersuchung.

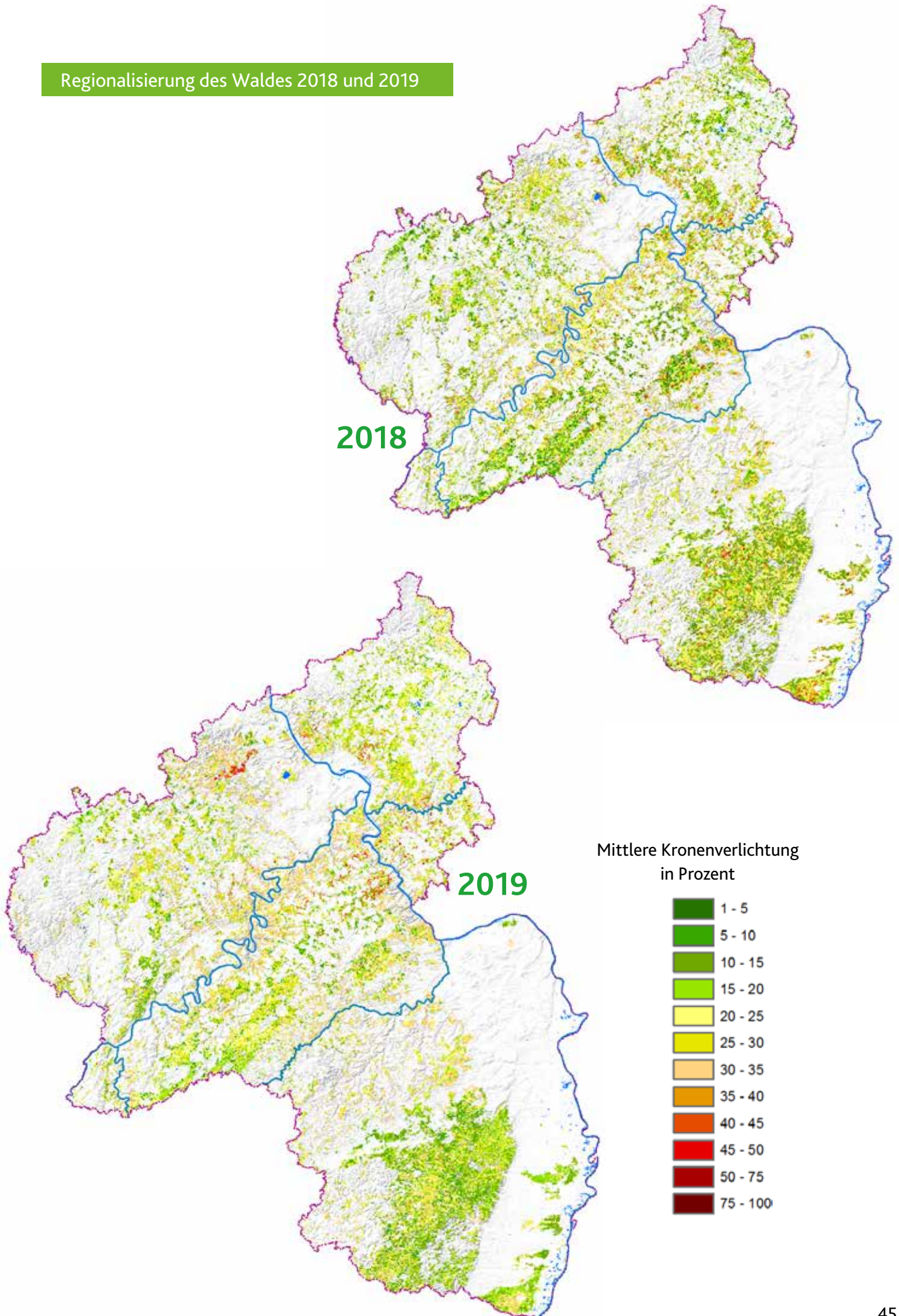
Die Ergebnisse der Regionalisierung der Kronenverlichtung für den Gesamtwald verdeutlichen, dass insbesondere die warm-trockenen Regionen des Landes (Ahreifel, Rhein- und Moseltal, Nordpfälzer Berg- und Hügelland) als besonders geschädigt ausgewiesen werden. Gegenüber dem Vorjahr werden regionale Unterschiede weniger kleinräumig differenziert ausgegeben. Bei der Modellierung der vier Hauptbaumarten ergaben sich weniger straffe Zusammenhänge als in den Vorjahren, das Bestimmtheitsmaß der multiplen Korrelation ist für 2019 vergleichsweise schwach.

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/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/FUM/UM/regionale_verteilung.html

Anteil der deutlich geschädigten Probebäume am einzelnen Aufnahmepunkt 2019



Regionalisierung des Waldes 2018 und 2019





EINFLÜSSE AUF DEN WALDZUSTAND



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 Gegenmaßnahmen wie die Bodenschutzkalkung - noch über dem Pufferpotenzial vieler Waldstandorte. Auch Ozon wirkt sich nach wie vor waldschädigend aus.

Witterungsbedingte Belastungen haben in den Zeitreihen zugenommen. Seit 1997 waren alle Vegetationsperioden im Vergleich zum langjährigen Mittel (1971-2000) zu warm. Häufig waren die Vegetationsperioden auch zu trocken.

Im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings werden alle wesentlichen Einflussfaktoren auf den Waldzustand erfasst und die Reaktion der Waldökosysteme auf die komplexen Stresseinwirkungen untersucht. Ausgewertet werden zudem die Meldungen der Forstämter und die Hinweise der Waldbesitzenden zum Auftreten von Waldschädlingen oder von Schäden durch extreme Witterungseinflüsse. 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/>

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 z. B. 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, gelangen mit den nachfolgenden Niederschlägen auf den Boden und beeinflussen so die Waldökosysteme über den Bodenpfad. Sie verändern das chemische Bodenmilieu insbesondere über Versauerung sowie Eutrophierung. Damit können sie vor allem über Veränderungen im Nährelementangebot und die Schädigung der Baumwurzeln den Wasser- und Nährstoffhaushalt der Bäume beeinträchtigen.

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.

Einflüsse auf den Waldzustand (von links oben nach rechts unten): Hagel, Sturmwurf, Viehhaltung, Energieerzeugung, Verkehr, Borkenkäfer Fotos: C.-D. Fath, S. Ehrhardt, iStock, F. Schmidt, H. W. Schröck, I. Lamour

Entwicklung der Schadstoffemissionen in Deutschland

Schadstoffe in Kilotonnen	1980	1990	2017	Veränderungen in % 1990 - 2017
Schwefeldioxid (SO ₂)	7514	5486	315	- 94 %
Stickoxide (NO _x)	3334	2892	1184	- 59 %
Ammoniak (NH ₃)	835	743	673	- 11 %
Flüchtige organische Verbindungen (ohne Methan) (NMVOC)	3224	3401	1068	- 69 %

Quelle: Umweltbundesamt (Februar 2019): www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland;
für 1980: UNECE 2012: www.emep.int

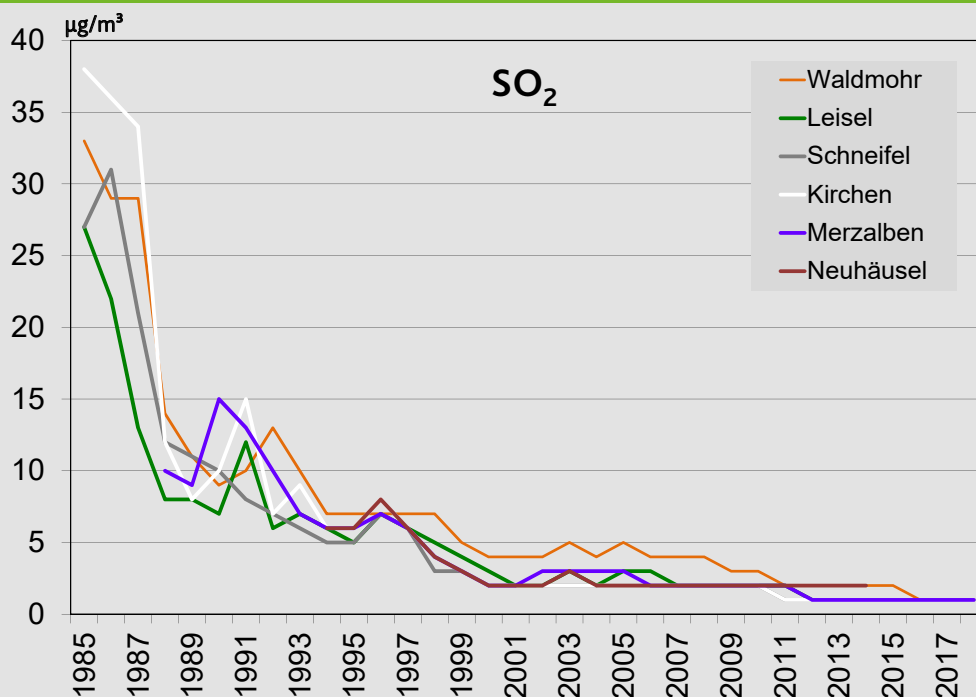
Schwefel

Schwefelverbindungen werden insbesondere bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe in Kraftwerken, Industrieheizungsanlagen 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 315.000 Tonnen SO₂ ausgestoßen, gegenüber fast 5,5 Millionen Tonnen im Jahr 1990. Dies entspricht einer Reduktion um 94 %. 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/m³. Aktuell werden dagegen nur noch Jahresmittelwerte von 1 µg/m³ ermittelt. Selbst bei austauscharmen Wetterlagen im Winter steigen die SO₂-Gehalte kaum mehr über 10 µg/m³ im Tagesmittel an. Der Grenzwert für den Schutz von Ökosystemen von 20 µg/m³ im Kalenderjahr und im Wintermittel wird seit vielen Jahren eingehalten.

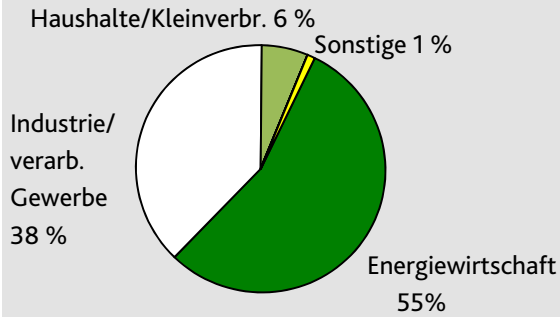
Entsprechend der merklichen Abnahme der Schwefeldioxidemission und -immission ist auch die Belastung der Waldökosysteme über den Bodenpfad deutlich zurückgegangen. Während der Schwefeleintrag in Fichtenbeständen zu Beginn

Jahresmittelwerte der Schwefeldioxidkonzentrationen in Waldgebieten

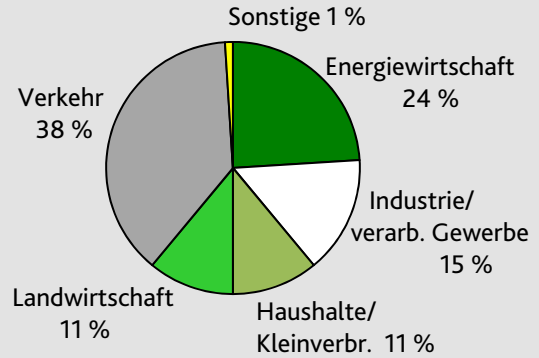


Verteilung der Emissionsquellen wichtiger Luftschadstoffe in Deutschland

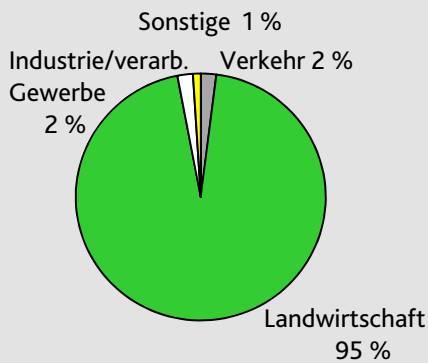
Schwefeldioxid (SO₂)



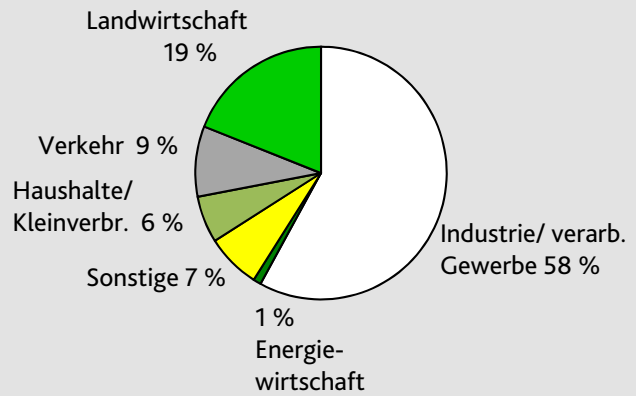
Stickstoffoxide (NO_x)



Ammoniak (NH₃)

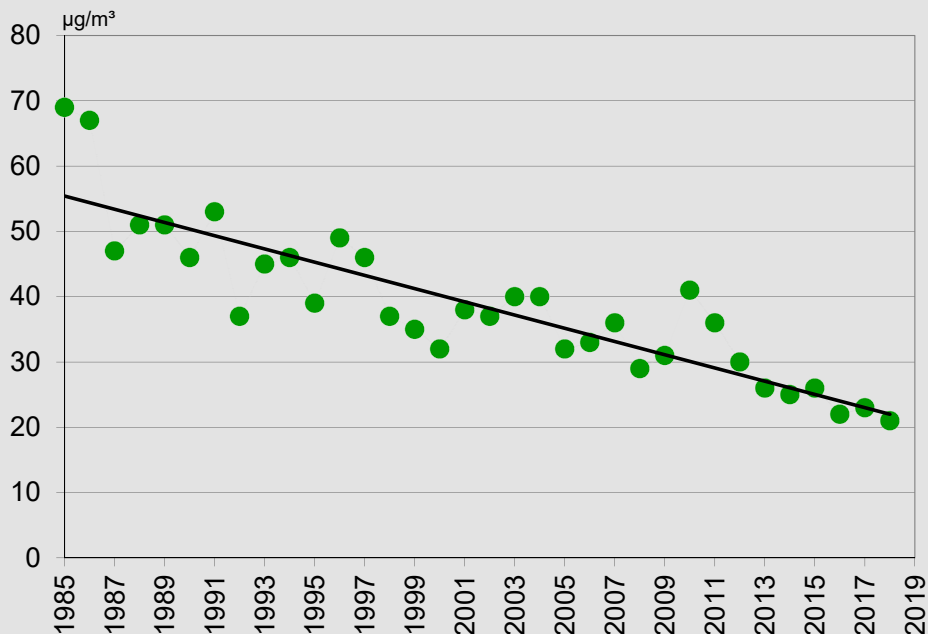


Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC)



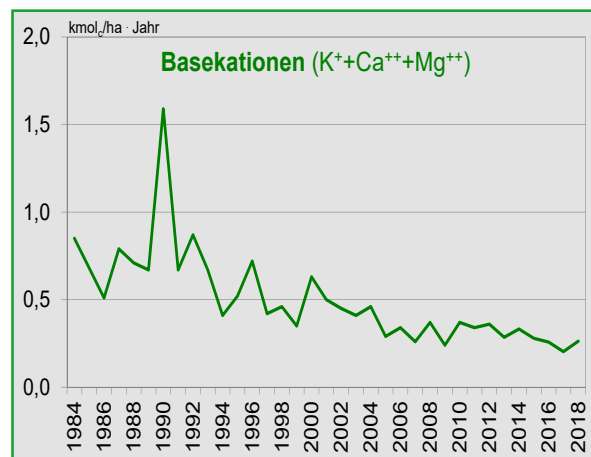
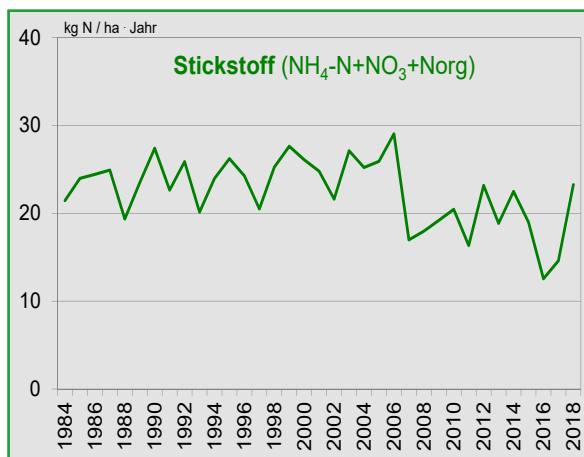
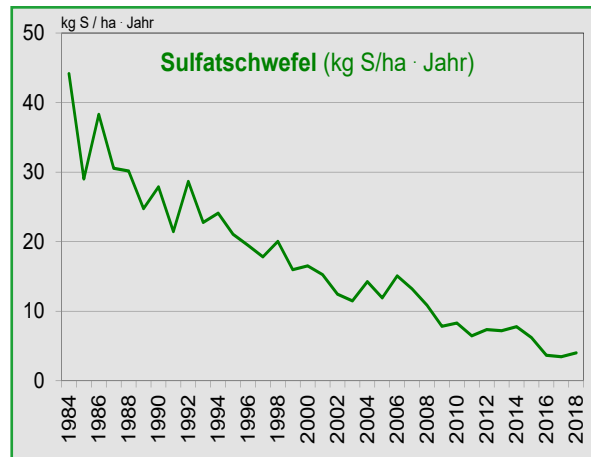
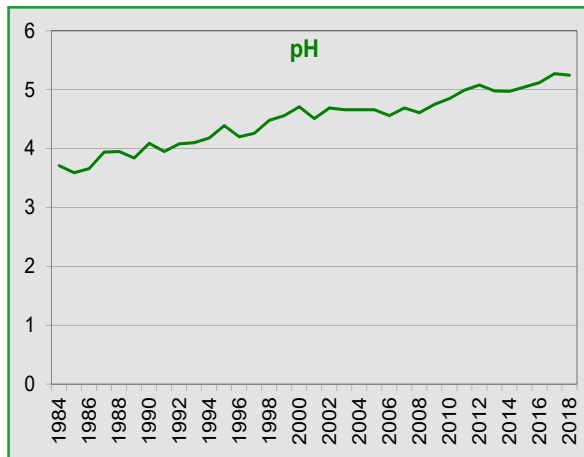
Quelle: Umweltbundesamt (2019)

Verlauf der NO₂-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^+ , Ca^{++} , Mg^{++}) 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>



der Messreihen Mitte der 1980er Jahre meist zwischen 40 und 70 kg/ha lag, gelangen aktuell meist nur noch 3 – 10 kg Schwefel auf den Waldboden. Allerdings wurden in Zeiten hoher Einträge große Schwefelvorräte in den Waldböden aufgespeichert, was heute immer noch zur Bodenversauerung beiträgt.

Stickstoff

Stickstoff in oxidierter Form wird bei Verbrennungsprozessen durch Reaktion des im Brennstoff und in der Verbrennungsluft enthaltenen Stickstoffs freigesetzt. Stickstoff in reduzierter Form hingegen wird beim mikrobiellen Abbau von Harnstoffen, Proteinen oder ähnlichen biogenen Ausscheidungs-

produkten 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 Rauchgasentstickung und dem Kraftfahrzeugverkehr.

Die Emission der Stickoxide (NO und NO₂ kalkuliert als NO₂) ist in Deutschland insbesondere durch den Einsatz von Katalysatoren in Kraftfahrzeugen und Entstickungsanlagen in Kraft- und Heizwerken seit 1990 um 58 % zurückgegangen. Dementsprechend sind auch die Stickstoffdioxidkonzentrationen in der

bodennahen Luft, vor allem die NO_2 -Spitzenwerte in den rheinland-pfälzischen Waldgebieten, merklich gesunken.

Bei den reduzierten Stickstoffverbindungen (Ammoniak) konnte die Emission demgegenüber nur sehr wenig (von 1990 auf 2017 um 11 %) 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 673 kt deutlich verfehlt. Die Ende 2016 verabschiedete Nachfolgerichtlinie (EU 2016/2284) sieht für Deutschland bei Ammoniak eine Emissionsminderungsverpflichtung 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 NH_3 -Emissionen bis 2030 lediglich um 8 % vermindert werden können, wenn kein umfangreiches Maßnahmenpaket eingeführt wird. Die Belastung unseres Waldes durch überhöhte Stickstoffeinträge wird somit voraussichtlich noch lange Bestand haben.

Auf den Stickstoffeintrag in den Waldboden (Deposition) hat sich die bislang vornehmlich bei 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.

Säureinträge

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 Säureinträge 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 der „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 immer noch weitere Anstrengungen zur Verringerung der Emission der Säurevorläufer und eine Fortsetzung der Bodenschutzkalkungen erforderlich.

Ozon

Ozon ist eine sehr reaktionsfreudige Form des Sauerstoffs mit drei O-Atomen (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 (O_2), Stickoxiden (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, wie Stickoxide und flüchtige Kohlenwasserstoffe, ist das Ozonbildungspotenzial nach wie vor hoch.

Ozonmessungen erfolgen im Rahmen des rheinland-pfälzischen Forstlichen Umweltmonitorings an sechs 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

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:

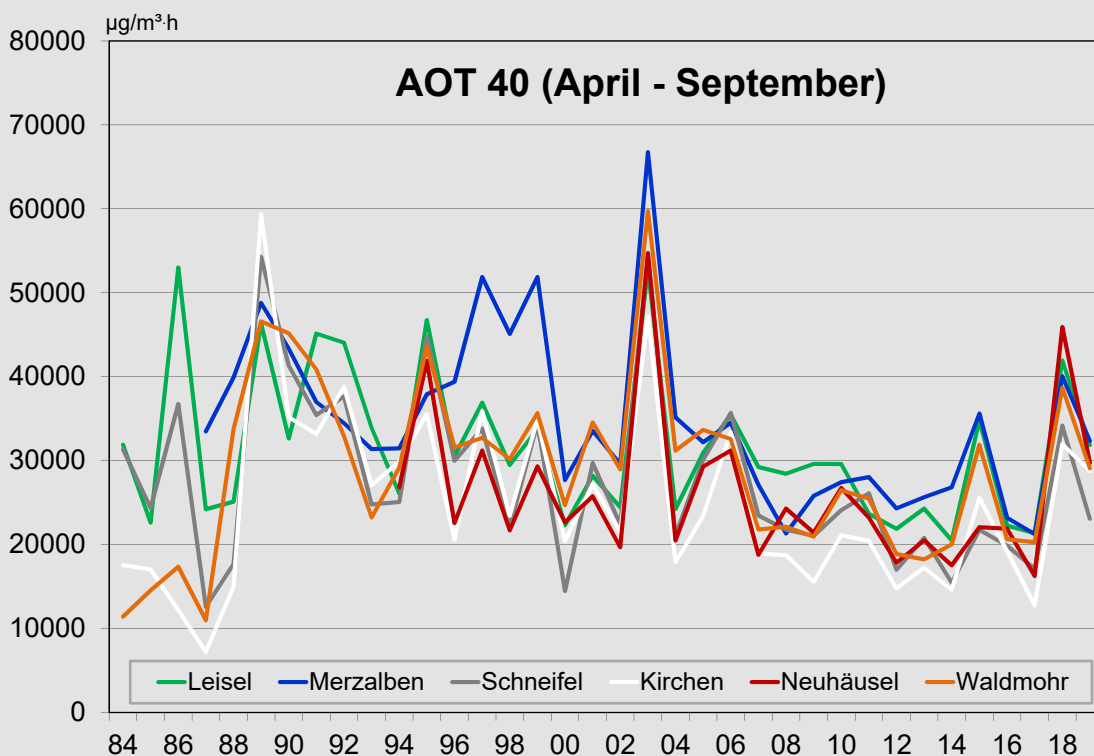
<https://fawf.wald-rlp.de/index.php?id=3017>

Tagesaktuelle Luftschadstoffdaten enthält die Internetpräsentation www.luft-rlp.de.

Standorten werden die Verträglichkeitsgrenzen deutlich überschritten. Dies belegt die Notwendigkeit weiterer Maßnahmen zur Reduktion der Emission der Ozonvorläufersubstanzen, wie Stickstoffoxide und flüchtige Kohlenwasserstoffe.

Eine eingehende 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/veroeffentlichungen/waldzustandsbericht/?L=0>).

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





Anhang 1

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

Alle Baumarten		Anteile der Schadstufen [in %]						Mittlere Kronen- verlichtung
Jahr	Anzahl Probe- bäume N	ohne Schad- merkmale 0	schwach geschädigt 1	Summe deutlich geschädigt 2 bis 4	mittel- stark geschädigt 2	stark geschädigt 3	abge- storben 4	
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

Fichte		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	
2019	958	24,2	38,1	37,7	33,1	1,7	2,9	
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

Kiefer		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	
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	17,81
1984	1633	35,6	51,6	12,9	11,8	0,6	0,5	17,3

Buche		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	
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

Eiche		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	
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

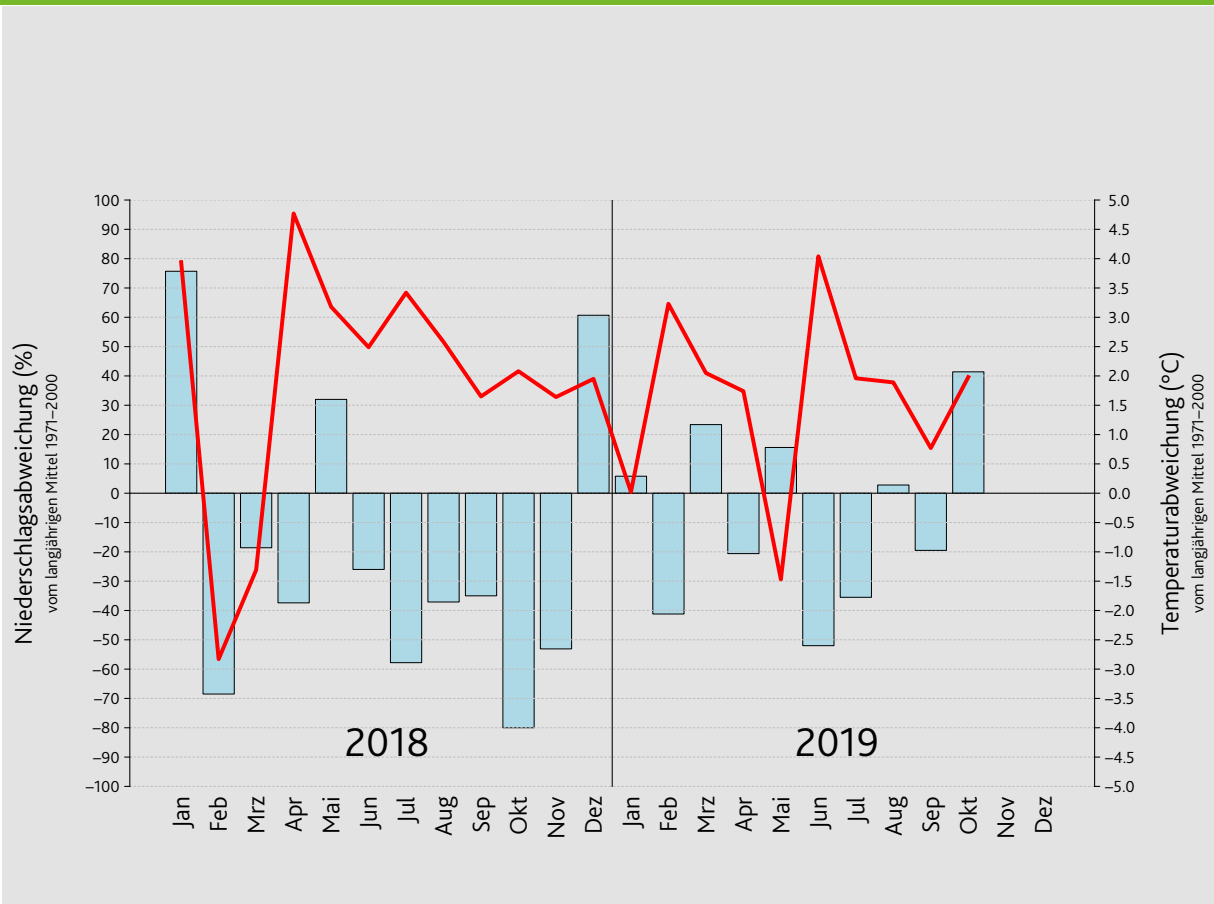
sonstige Baumarten		Anteile der Schadstufen [in %]						Mittlere Kronenverlichtung
Jahr	Anzahl Probebäume N	ohne Schadmerkmale 0	schwach geschädigt 1	Summe deutlich geschädigt 2 bis 4	mittelstark geschädigt 2	stark geschädigt 3	abgestorben 4	
2019	839	17,3	47,4	35,3	30,4	3,9	1,0	25,9
2018	831	16,4	43,2	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

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 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 den Wald fallen, neu angelegt worden. Diese Punkte ergaben sich aus Erstaufforstungen 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 geringen Anteil erfasst.

Art (Gattung)	2019 Anzahl	2019 Anteil (in %)	1984 Anteil (in %)	Anteil nach Forsteinrichtung 2017	Anteil nach Bundeswald- inventur 2012
Fichte	958	25,0	32,9	18,9 %	20,5 %
Buche	815	21,2	18,7	30,9 %	23,6 %
Eiche	693	18,0	16,8	16,5 %	16,3 %
Kiefer	535	13,9	15,9	11,6 %	6,9 %
Lärche	145	3,8	3,4	2,3 %	1,5 %
Douglasie	138	3,6	3,5	6,3 %	5,0 %
Esche	125	3,3	0,9	1,0 %	1,1 %
Hainbuche	96	2,5	2,2	3,6 %	8,9 %
Birke	59	1,5	1,2	2,0 %	4,5 %
Ahorn	57	1,5	0,6	1,5 %	2,4 %
Erle	38	1,0	0,3	0,9 %	1,6 %
Edelkastanie	34	0,9	0,5	0,3 %	0,4 %
Tanne	32	0,8	0,6	0,8 %	0,6 %
Kirsche	26	0,7	0,3	0,6 %	1,4 %
Kulturpappel	26	0,7	0,5	0,3 %	0,1 %
Eberesche	18	0,5		0,2 %	0,7 %
Aspe	11	0,3	0,3	0,1 %	0,8 %
Linde	12	0,3	0,4	0,2 %	0,6 %
Roteiche	7	0,2	0,3	0,4 %	0,8 %
Strobe	4	0,1	0,2	0,1 %	0,1 %
Salweide	3	0,1		0,0 %	0,8 %
Mehlbeere	2	0,1		0,0 %	0,3 %
Elsbeere	2	0,1		0,0 %	0,1 %
Robinie	2	0,1	0,1	0,2 %	0,3 %
Ulme	1	0,0	0,1	0,0 %	0,0 %
Schwarznuss	1	0,0		0,0 %	0,0 %
Insgesamt	3840	100,0	99,7	98,7 %	99,3 %*

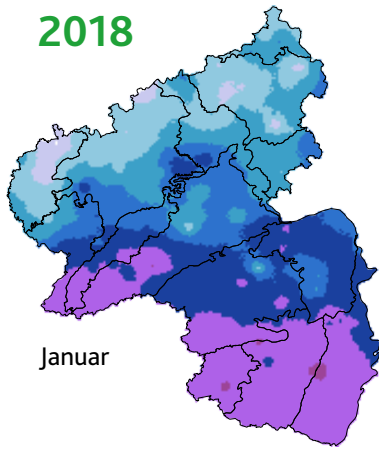
Den Fehlbetrag zu 100 % bilden die mit leerem Feld belassenen Baumarten (für diese Baumarten liegen die Daten nicht weiter aufgegliedert vor) oder weitere Baumarten, die vom WZE-Kollektiv nicht erfasst sind.



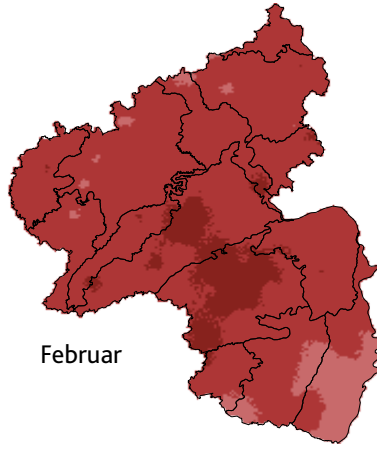
Abweichung Niederschlag (blau) und Temperatur (rot) vom langjährigen Mittel 1971-2000 (Vergleich jeweils anhand der Flächenmittel für Rheinland-Pfalz). (Quelle: Deutscher Wetterdienst)

Regionale Abweichung vom Monatsniederschlag in Prozent (Januar bis Dezember)

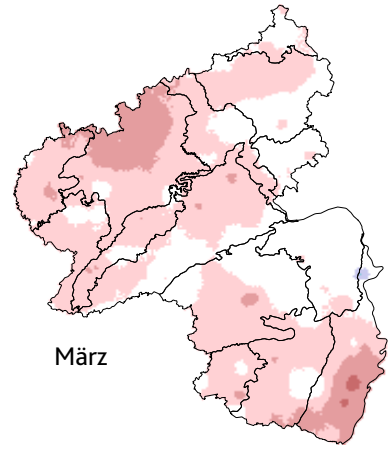
2018



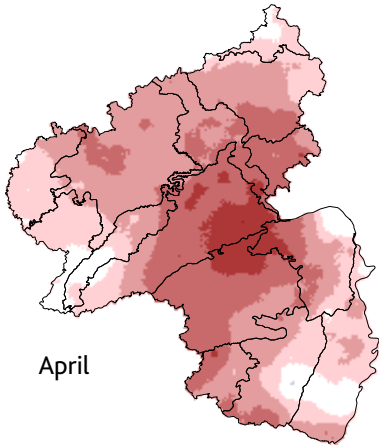
Januar



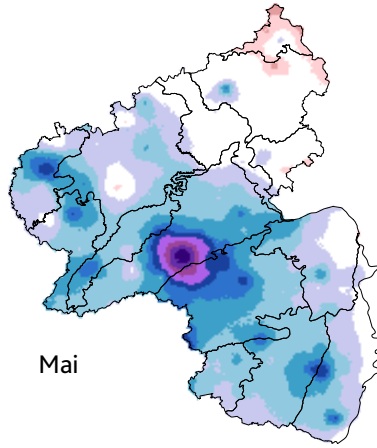
Februar



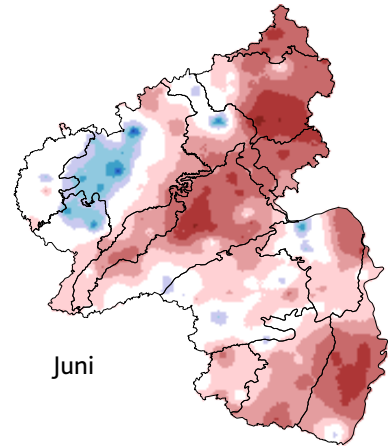
März



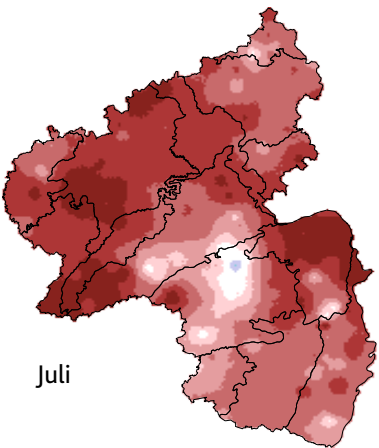
April



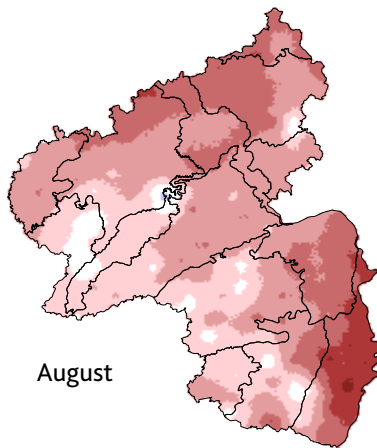
Mai



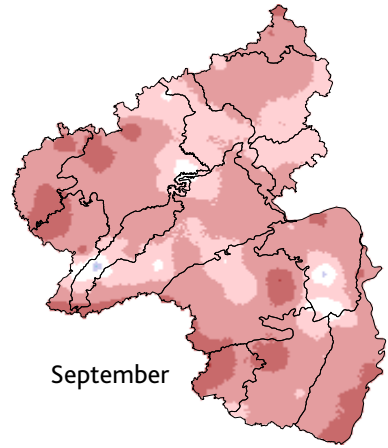
Juni



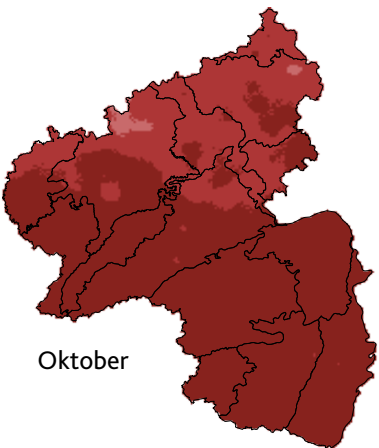
Juli



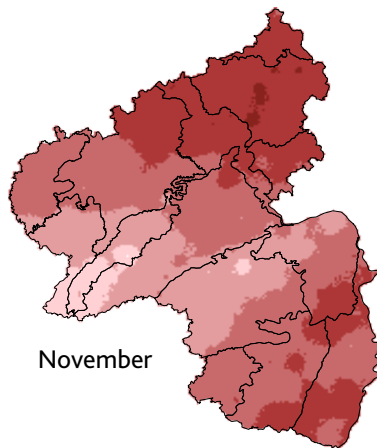
August



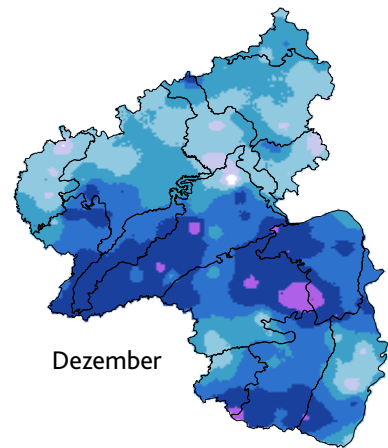
September



Oktober



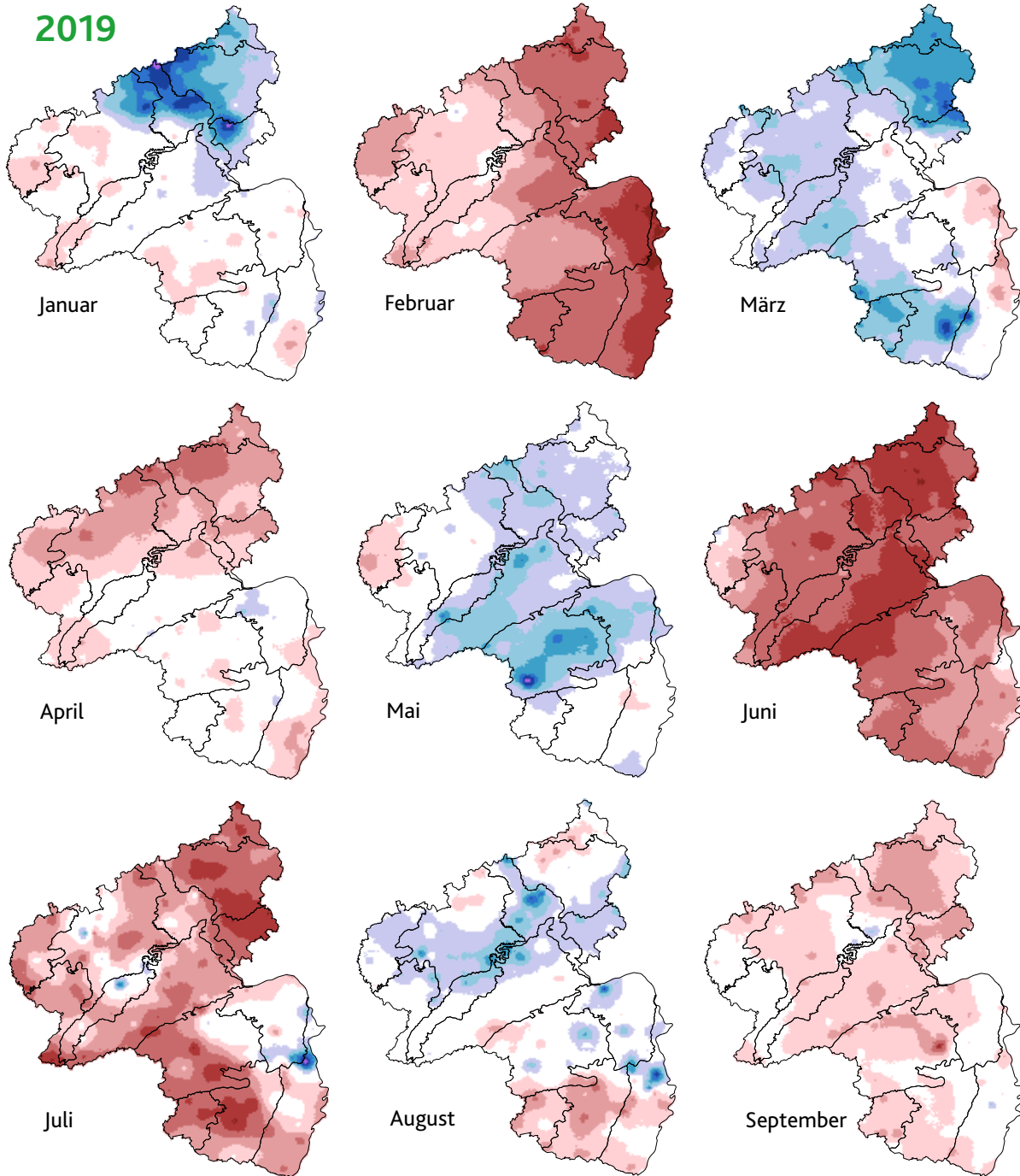
November



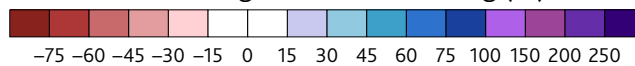
Dezember

Regionale Abweichung vom Monatsniederschlag in Prozent (Januar bis September)

2019



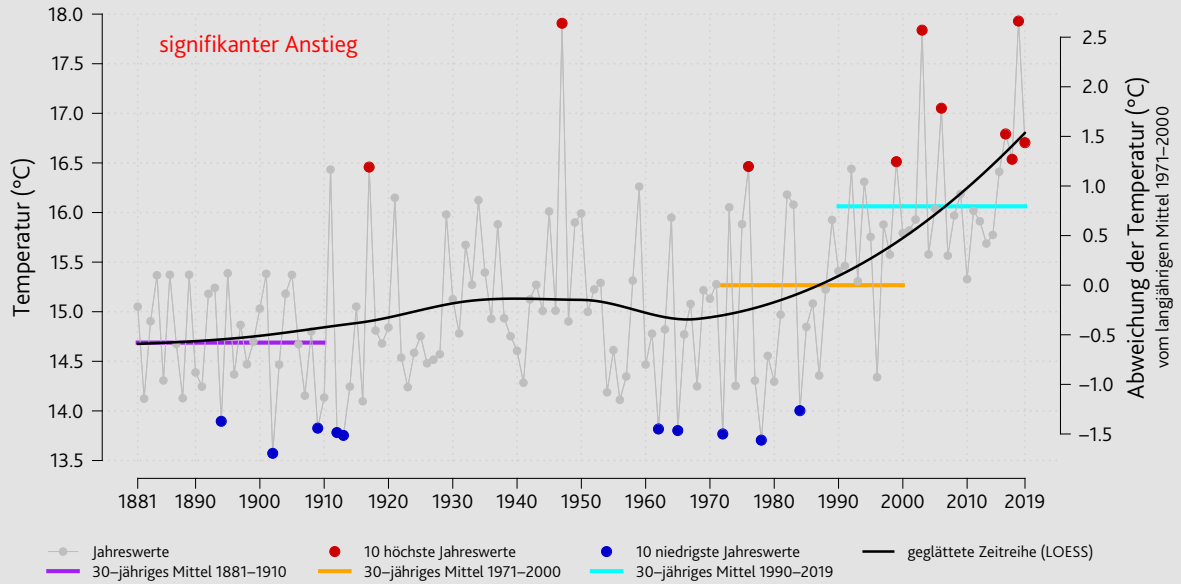
Abweichung Monatsniederschlag (%)



Datenquelle: Deutscher Wetterdienst

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

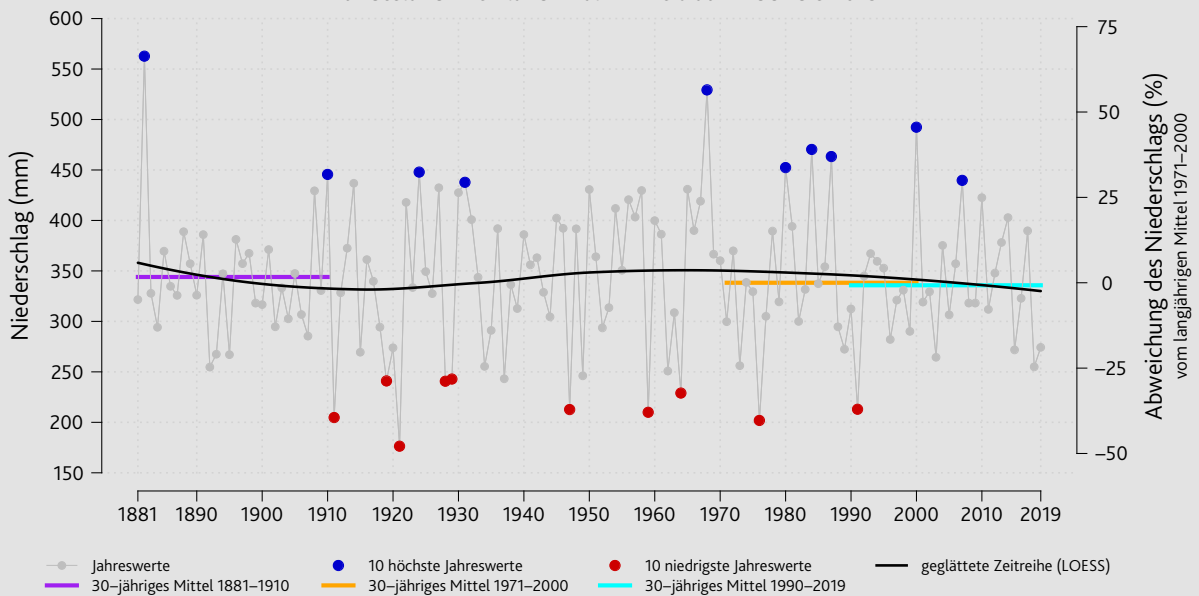
Entwicklung der Temperatur in der forstlichen Vegetationszeit (Mai–Sep) im Bundesland Rheinland–Pfalz im Zeitraum 1881 bis 2019



Datenquelle: Deutscher Wetterdienst

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

Entwicklung des Niederschlags in der forstlichen Vegetationszeit (Mai–Sep) im Bundesland Rheinland–Pfalz im Zeitraum 1881 bis 2019



Datenquelle: Deutscher Wetterdienst

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

Anhang 4

Abkommen und gesetzliche Regelungen zur Luftreinhaltung

Maßnahme	Jahr	Ziel
Internationale Abkommen und Richtlinien		
Montreal-Protokoll	1987	Schutz der stratosphärischen Ozonschicht
Europäische Abkommen zur Luftreinhaltung im Rahmen der UN-ECE-Verhandlungen:		
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 (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 ₂ , NO _x , NH ₃ 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 EU-Immissionsgrenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Benzol Partikel (PM ₁₀ , PM _{2,5}) 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 Verstärkte Berücksichtigung der "besten verfügbaren Technik" (BVT)
Thematische Strategie zur Luftreinhaltung (Clean Air Policy Package mit dem Programm „Saubere Luft für Europa“)	2013	Kurz- und Langfristmaßnahmen im Bereich Anlagen, Verkehr, Hausbrand und Landwirtschaft zur weiteren Senkung der Emissionen und Immissionsbelastungen
Novellierung der Richtlinie über die Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe (NEC = National Emission Ceilings)		Festsetzung von nationalen Emissionshöchstgrenzen für die Mitgliedsstaaten für SO ₂ , NO _x , NMVOC, CO, NH ₃ , PM ₁₀ , PM _{2,5}
Nationale Regelungen		
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 Luftreinhaltprogramm	2019	Aktuelle Emissionsprognosen sowie Strategien und Maßnahmen zur Erfüllung der Emissionsreduktionsverpflichtungen

Maßnahme	Jahr	Ziel
10. BlmSchV	2013	Verordnung über die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualitäten von Kraftstoffen
13. BlmSchV	2013	Neufassung der Verordnung über Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen
17. BlmSchV	2013	Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen
20. BlmSchV	2013	Neufassung der Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen beim Umfüllen und Lagern von Ottokraftstoffen
21. BlmSchV	2013	Neufassung der Verordnung zur Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen bei der Betankung von Kraftfahrzeugen
28. BlmSchV	2013	Verordnung über Emissionsgrenzwerte bei Verbrennungsmotoren
31. BlmSchV	2013	Neufassung der Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen
35. BlmSchV	2007	Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung
36. BlmSchV	2012	Verordnung zur Durchführung der Regelungen der Biokraftstoffquote
39. BlmSchV	2010	Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchst-mengen
43. BlmSchV	2018	Verordnung zur Emissionsreduktion und Emissionshöchstmengen
Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung (NachV)	2009	Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige (Biokraft-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 ₂ -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 _x) 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 Wahlwerbern oder 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) von der Europäischen Union finanziell unterstützt.





Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR UMWELT,
ENERGIE, ERNÄHRUNG
UND FORSTEN

Kaiser-Friedrich-Straße 1
55116 Mainz

www.mueef.rlp.de
www.wald-rlp.de