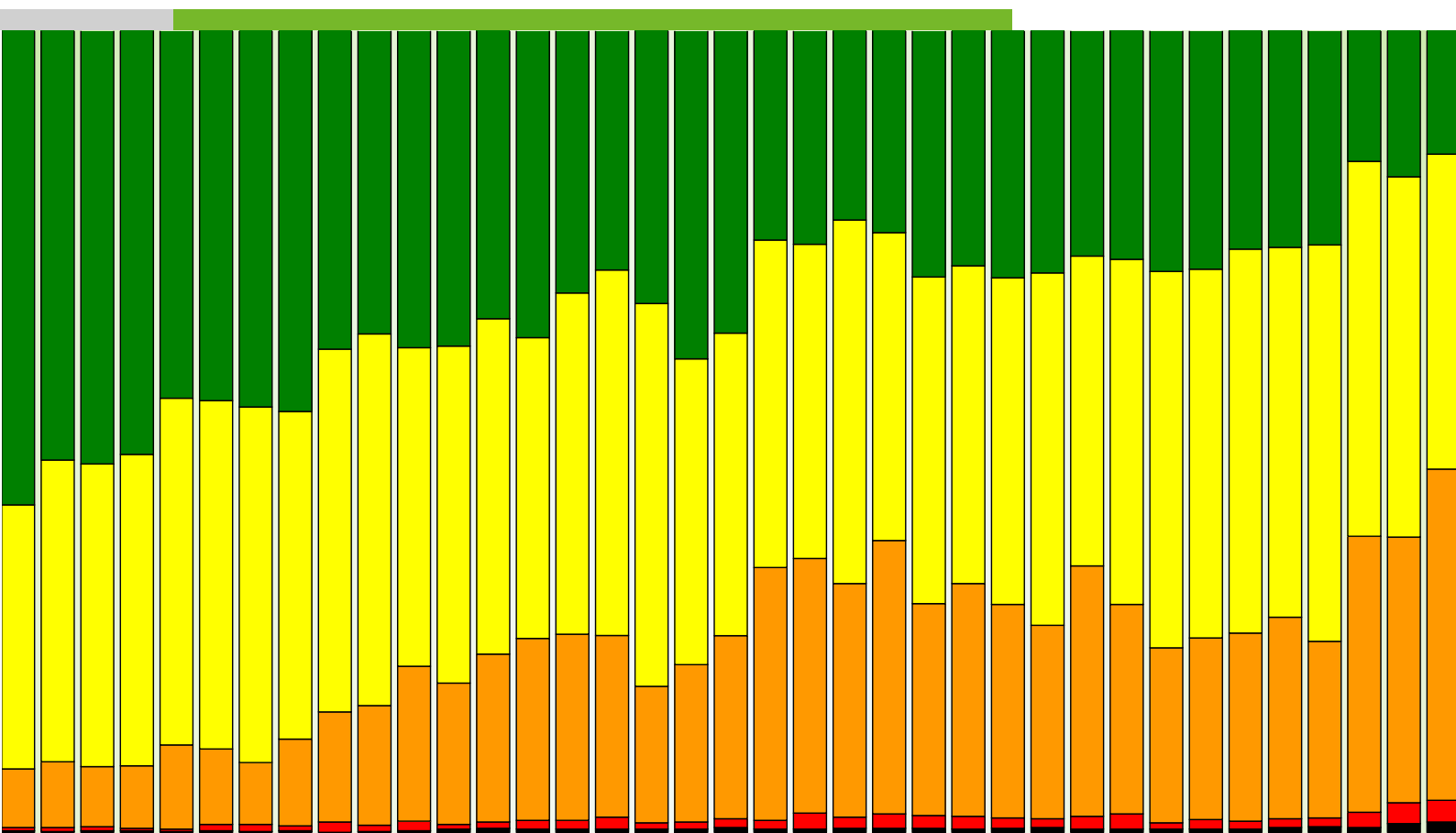




Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR UMWELT,
ENERGIE, ERNÄHRUNG
UND FORSTEN

WALDZUSTANDS- BERICHT 2020



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 2020

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/>

WALDZUSTANDS- BERICHT 2020

	Seite
Vorwort	4
Waldzustand 2020 im Überblick	6
Einflüsse auf den Waldzustand Klimawandel	8
Waldzustandserhebung (WZE)	14
Einflüsse auf den Waldzustand Luftschadstoffe	32
Einflüsse auf den Waldzustand Waldschutz	40
Ergänzende Baumarten - eine Chance zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit unserer Wälder	50
Anhänge	
■ Entwicklung der Waldschäden	56
■ Probestaumkollektiv 2020	62
■ Witterung	63
■ Abkommen und gesetzliche Regelungen zur Luftreinhaltung	68

VORWORT



Drei Vegetationszeiten liegen nun hinter uns, die von außergewöhnlicher Hitze und Dürre geprägt waren. Was vor uns liegt, können wir im Einzelnen nicht wissen, bewusst muss uns aber sein, dass der Klimawandel weiter voranschreitet. Bisher ist beim Klimaschutz noch nicht das geschehen, was dieser Entwicklung mit hinreichender Wirksamkeit Einhalt gebieten könnte, ja auch nur deutlich bremsen könnte.

Schon jetzt erreicht der Klimastress in unseren Wäldern ein Ausmaß, das uns wachrütteln muss. Die Folgen von Hitze und Dürre sind nicht zu übersehen. Flächenweise absterbende Fichten nach Borkenkäferbefall, tote Kiefern, absterbende Birken, Buchen, die schon in der ersten Augusthälfte in einer Notreaktion ihr Laub abwarfen. Wer im Spätsommer in unseren Wäldern unterwegs war, mag diesen eigenartigen Geruch noch in seiner Erinnerung tragen, der vom Teppich grüner, gelber, brauner Blätter am Boden in die trockene Luft ausging.

Die niederschmetternden Eindrücke trügen nicht! Sie werden gestützt durch die verlässlichen Daten, die im Rahmen der diesjährigen Waldzustandserhebung sorgfältig erfasst wurden. Diese Daten stehen in einer nunmehr 37-jährigen Reihe als Ergebnisse der landesweiten, bundeseinheitlichen Aufnahmen. Sie werden jeweils bereits Anfang August abgeschlossen. Die volle Wirkung des Klimastresses auf den Wald können sie 2020 daher nicht abbilden: Hitze und Trockenheit setzten sich dieses Jahr im August und September weiter fort.



Mit dem Waldzustandsbericht 2020 liegt eine wissenschaftlich fundierte Auswertung der aktuellen Situation und ihrer Entwicklung vor. Die große Linie ist eindeutig und mit wenigen Worten skizziert. Noch nie ging es den Bäumen so schlecht. Alle Schadensbefunde befinden sich im Allzeit-Spitzenbereich. Die Schadensschwere hat noch einmal bedeutend zugenommen. Es tröstet nur wenig, dass unter den hauptsächlich vorkommenden Baumarten einzig bei der Eiche eine leichte Verbesserung auf sehr hohem Schadniveau verzeichnet wurde.

Der Waldzustandsbericht 2020 zeigt den dringenden Handlungsbedarf beim Klimaschutz und sollte uns Alle aufrütteln, in allen Sektoren zur Reduktion der waldschädigenden Emissionen beizutragen – ob im Bereich Energieerzeugung, Verkehr, Industrie und Gewerbe, Landwirtschaft, Kreislaufwirtschaft, wie auch im privaten Verbrauch. Sonst haben nicht nur unsere Wälder keine gute Zukunft.

Ebenso müssen die Waldbesitzenden – ob öffentlich oder privat – bei den notwendigen Maßnahmen finanziell unterstützt werden – und dies ist leider längerfristig, bis die Klimaschutzmaßnahmen greifen und die Ziele der CO₂-Reduktion erreicht sind.

Diverse Maßnahmen sollen nachweisbar sein, z. B. angelehnt an FSC®.

Diese Finanzierung für Neuaufbau und Erhalt nachhaltig biodiversitätsschützender Waldwirt-

schaft zum Aufrechterhalten der wichtigen Klimaschutzleistung der Wälder sollte am besten von den Verursachern der Schäden kommen, also z. B. aus dem EU-Emissionshandelssystem und dem entsprechenden Energie- und Klimafonds. Dafür setzen wir uns ein.

Die Erstellung des Waldzustandsberichtes erfordert in Verbindung mit den umfangreichen Aufnahmen und Auswertungen sehr viel gründliche und sorgfältige Arbeit in gutem Zusammenwirken der beteiligten Fachleute. Dafür bedanke ich mich herzlich bei den beteiligten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern von Landesforsten Rheinland-Pfalz und insbesondere bei der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft in Trippstadt.

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

WALDZUSTAND 2020



EIN ÜBERBLICK

Lange trockene Perioden in den Vegetationszeiten 2018 bis 2020, weit überdurchschnittliche Temperaturen über den gesamten Zeitraum, eine bis heute nie erreichte Borkenkäfermassenvermehrung an Fichten sowie weitere, durch Temperaturerhöhung und Wassermangel verursachte Baumschäden führten in diesem Jahr zu dem höchsten Schadniveau seit Beginn der Waldzustandserhebung im Jahre 1984.

Der Anteil deutlicher Schäden erreicht mit 45 % einen neuen Höchstwert im gesamten Beobachtungszeitraum. Auch der Anteil Bäume mit starken Kronenschäden, das mittlere Nadelblattverlustprozent und die Ausscheiderate haben Maximalwerte erreicht. Der Anteil an Bäumen ohne sichtbare Schadmerkmale ist mit 16 % demzufolge so niedrig wie noch nie. Alle Kennwerte der Waldzustandserhebung weisen damit den negativsten Zustand für unseren Wald in der gesamten Zeitreihe aus.

Bei der Fichte ist die Trockenheit mit einer Borkenkäferkalamität verbunden, die für die extrem hohe Absterbe- und Ausscheiderate ursächlich ist. Das Schadniveau der Douglasie und Esche prägen weiterhin die Pilzerkrankungen, die zu hohen Nadelverlusten bzw. absterbenden Trieben und Ästen führen. Für die Buche scheint mittlerweile starker Fruchtbehang im zweijährigen Rhythmus normal. Durch die Trockenheit bleibt der Buche wenig Gelegenheit, genügend Reservestoffe zu bilden, um die Krone in den Zwischenjahren wieder hinreichend zu regenerieren. Nur wenige Baumarten weichen in ihrer Entwicklung von dem allgemeinen Trend ab. So hat sich der Zustand der Eiche gegenüber dem Vorjahr erfreulich verbessert, auch die Hainbuche und einige seltene Laubbaumarten zeigen Verbesserungen oder zumindest keine Veränderungen.

Nicht vergessen werden darf, dass unsere Waldökosysteme nach wie vor erheblich durch Luftschadstoffe belastet werden. Die Säurebelastung übersteigt trotz Erfolgen bei der Luftreinhaltung weiterhin das Pufferpotenzial vieler Waldbe-

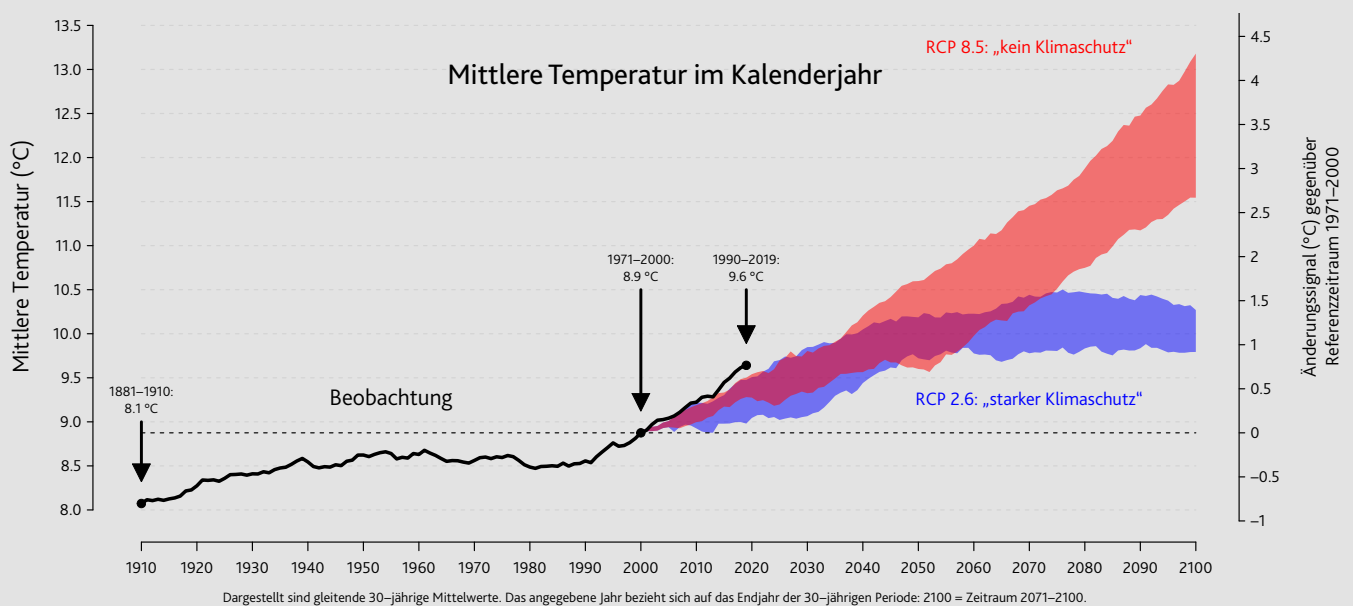
stände. Vor allem die Stickstoffeinträge durch Landwirtschaft und Verkehr liegen nach wie vor über dem Schwellenwert der Ökosystemverträglichkeit. Auch Ozon wirkt weiterhin waldschädigend, die Verträglichkeitsgrenzen für Waldbäume werden an allen Messstandorten überschritten.

Positiv ist, dass der Wald durch die Bevölkerung und die Politik große Unterstützung erfährt. Bundes- und landesweit auf den Weg gebrachte Förderprogramme bei der Wiederbewaldung von Kalamitätsflächen sind nur ein Beispiel für diese positive Entwicklung. Der Wald ist wieder im Fokus der Menschen angekommen.

Die Vitalisierung der Wälder erfordert voraussetzend und unabdingbar eine Minderung der menschengemachten Belastungen. Hierzu gehört vor allem eine weitere Reduktion der Luftschadstoffbelastung und die Durchführung von Bodenschutzkalkungen zur Stabilisierung des Bodenzustandes. Als praktische Leitlinie wurde seitens Landesforsten die Grundsatzanweisung „Waldverjüngung im Klimawandel“ für den Landeswald verbindlich eingeführt. Darin werden handlungsleitende Empfehlungen gegeben, verbunden mit besonderer Berücksichtigung waldökologischer Zusammenhänge und Biodiversitätsgesichtspunkte. Die bereits im letzten Jahr im Landeswald verbindlich eingeführte „Nährstoffentzugsrichtlinie“ sowie die seit 2018 laufende „Fertigstellung der Standortstypenkartierung RLP“, eine waldbesitzarten-übergreifende Bodenkartierung, liefern unentbehrliche Grundlage für eine klima- und bodenangepasste Baumartenempfehlung.

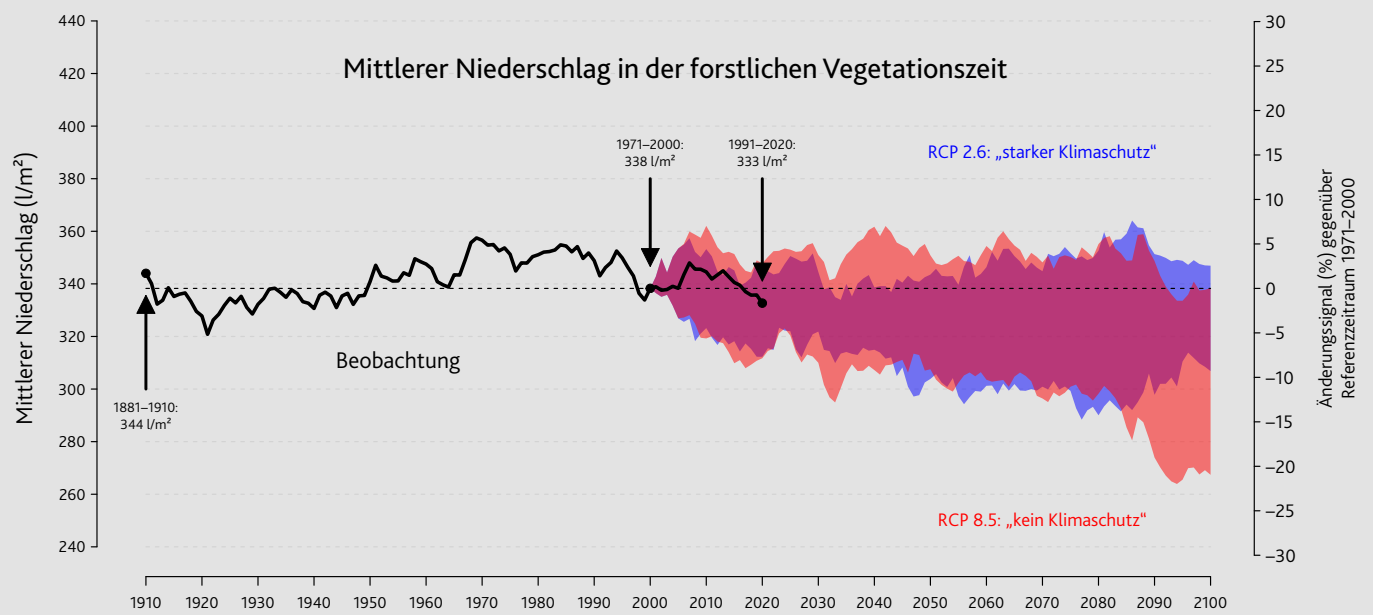
Die Unsicherheiten zur weiteren Entwicklung der Wälder und ihrer Anpassungsfähigkeit in Zeiten des Klimawandels nehmen zu. So gibt es bereits heute im planaren Bereich, wie z. B. in der Rheinebene, Waldgesellschaften, über deren weitere Entwicklung noch keine klaren Vorstellungen bestehen. Sie unterliegen künftig klimatischen Bedingungen, für die es bislang in unserer Region keine Beispiele gibt. Hier besteht ein dringender Monitoring- und Forschungsbedarf, der nur mit zusätzlichen Ressourcen bewältigt werden kann.

EINFLÜSSE AUF DEN WALDZUSTAND KLIMAWANDEL



Beobachtungsdaten: DWD, Klimaprojektionen: BLFG–Referenzensemble, bereitgestellt durch DWD (Datengrundlage CORDEX und ReKliEs–De)

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



Beobachtungsdaten: DWD, Klimaprojektionen: BLFG–Referenzensemble, bereitgestellt durch DWD (Datengrundlage CORDEX und ReKliEs–De)

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

Die Witterung in Rheinland-Pfalz in den letzten drei Jahren war in mehrfacher Hinsicht außergewöhnlich: Ein zum Teil sehr nasser Winter 2017/18 und hohe Niederschläge im Februar 2020, z.T. langanhaltende trockene Perioden in den Vegetationszeiten 2018 bis 2020 und weit überdurchschnittliche Temperaturen über den gesamten Zeitraum.

Dieses in den jüngsten Jahren beobachtete Witterungsgeschehen ist beispielhaft für die klimatischen Veränderungen, die bereits erfolgt sind und sich im Laufe des 21. Jahrhunderts weiter fortsetzen. Je nach Szenario projizieren unterschiedliche Klimamodelle für Rheinland-Pfalz bis zum Ende des Jahrhunderts einen weiteren Anstieg der mittleren Jahrestemperaturen 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“). Besonders bedenklich erscheint in diesem Zusammenhang, dass die Erwärmung der letzten Jahre in Rheinland-Pfalz an der Obergrenze der von den Klimaprojektionen abgebildeten Bandbreite liegt. Das langjährige Mittel der Jahrestemperatur für den Zeitraum 1990 bis 2019 liegt bereits 0,7 °C über dem Referenzzeitraum 1971-2000. Bei der möglichen zukünftigen Niederschlagsentwicklung sind die Unsicherheiten in den Klimaprojektionen noch groß. Es deutet sich sowohl eine Abnahme der Niederschlagsmengen im Sommer und der forstlichen Vegetationszeit als auch insbesondere eine weitere Zunahme der Niederschlagsmengen im Winter an. Bezogen auf den Niederschlag im Gesamtjahr sowie in den Übergangsjahreszeiten zeigen die Projektionen keine eindeutige Richtung.

Mildere und feuchtere Winter, deutlich wärmere Sommer und Vegetationszeiten mit extremen Ereignissen wie Hitzewellen und Trockenperioden und gleichzeitig punktuellen Starkregenfällen sind ohne Anerkennung des menschengemachten

Klimawandels nicht mehr nachvollziehbar. Die einzige Möglichkeit dieser Entwicklung substantiell 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 werden 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).

Die Jahre 2018 bis 2020

Deutlich unterdurchschnittliche Niederschläge in der forstlichen Vegetationszeit (April bis September) in den letzten drei Jahren gingen mit hohen Temperaturen einher. Es überrascht nicht, dass daraus außergewöhnliche Belastungen für das Ökosystem Wald resultierten.

Besonderheiten 2020

Im Jahre 2020 folgte nach sehr hohen Niederschlägen im Februar eine trockene Periode im Zeitraum Mitte März bis Mitte April, die insbesondere Trockenschäden an Jungpflanzen ver-

ursachte. Die von verschiedenen Stürmen, vor allem Sabine am 09./10. Februar, verursachten Schadhohlmengen beliefen sich auf 500.000 m³. Ein kurzer Kälteeinbruch Mitte April führte lokal zu Spätfrostschäden. Generell waren die Monate April und Mai deutlich zu trocken. Nach weitgehend ausgeglichenen Niederschlägen im Juni folgte ein extrem trockener Juli. Die Trockenheit zog sich bis Mitte August, regional optisch wirksam durch in großem Umfang sichtbar braune Blätter bei Laubbäumen.

Nicht zu unterschätzen sind regional sehr unterschiedliche Niederschlagsmengen. Die mittlere Abweichung für Rheinland-Pfalz gibt einen guten Hinweis, kann im Einzelfall jedoch zu Fehlinterpretationen führen. 2020 war ein Jahr mit sehr unterschiedlich ausgeprägten Trockenschäden, verursacht durch lokal sehr unterschiedliche Niederschlagsmengen. Die Auswertungen der RADOLAN-Daten des DWD verdeutlichen große regionale und lokale Unterschiede im Zeitraum 18. Juni bis 08. August.

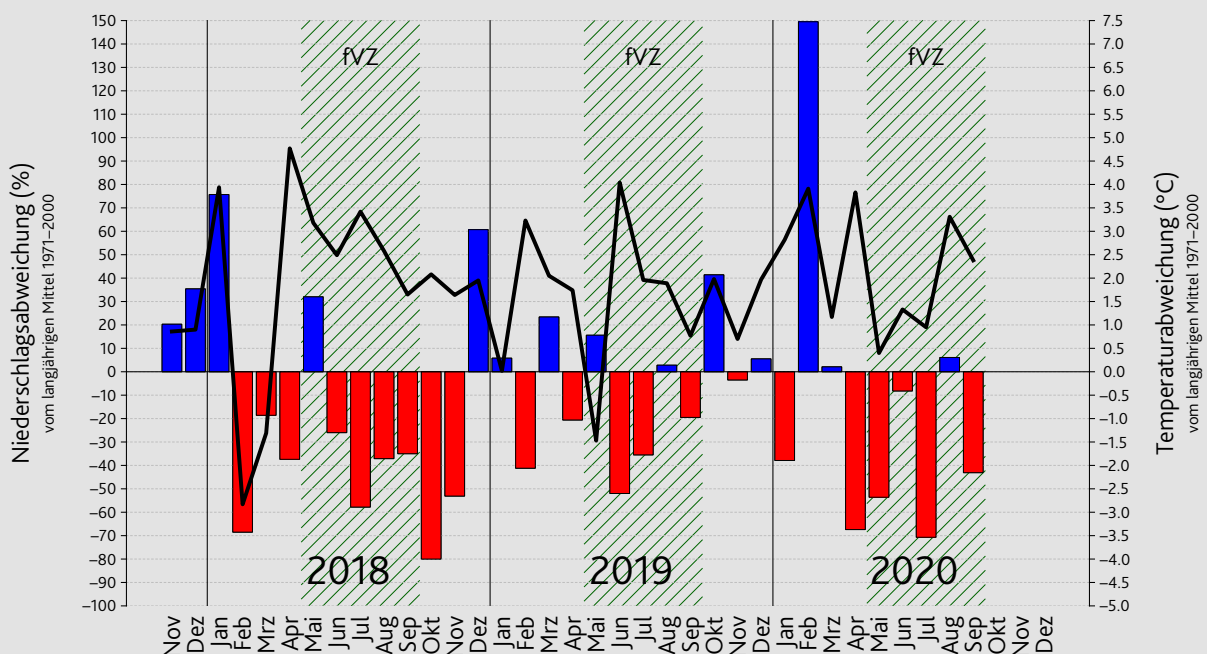
Die Daten der rheinland-pfälzischen Waldklimastationen und vieler weiterer Messstationen in Rheinland-Pfalz finden Sie im Landesportal www.wetter-rlp.de.

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.

Verstärkt werden diese Unterschiede dadurch, dass plötzliche und intensive Starkregenereignisse nur von begrenztem Nutzen für die Vegetation sind, da ein erheblicher Teil dieses Niederschlages aufgrund der starken Trockenheit vom Boden nicht aufgenommen werden kann und oberflächlich abfließt.

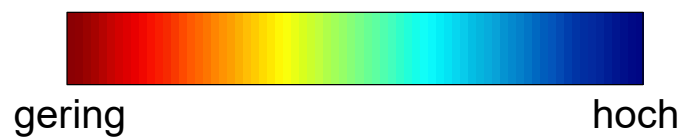
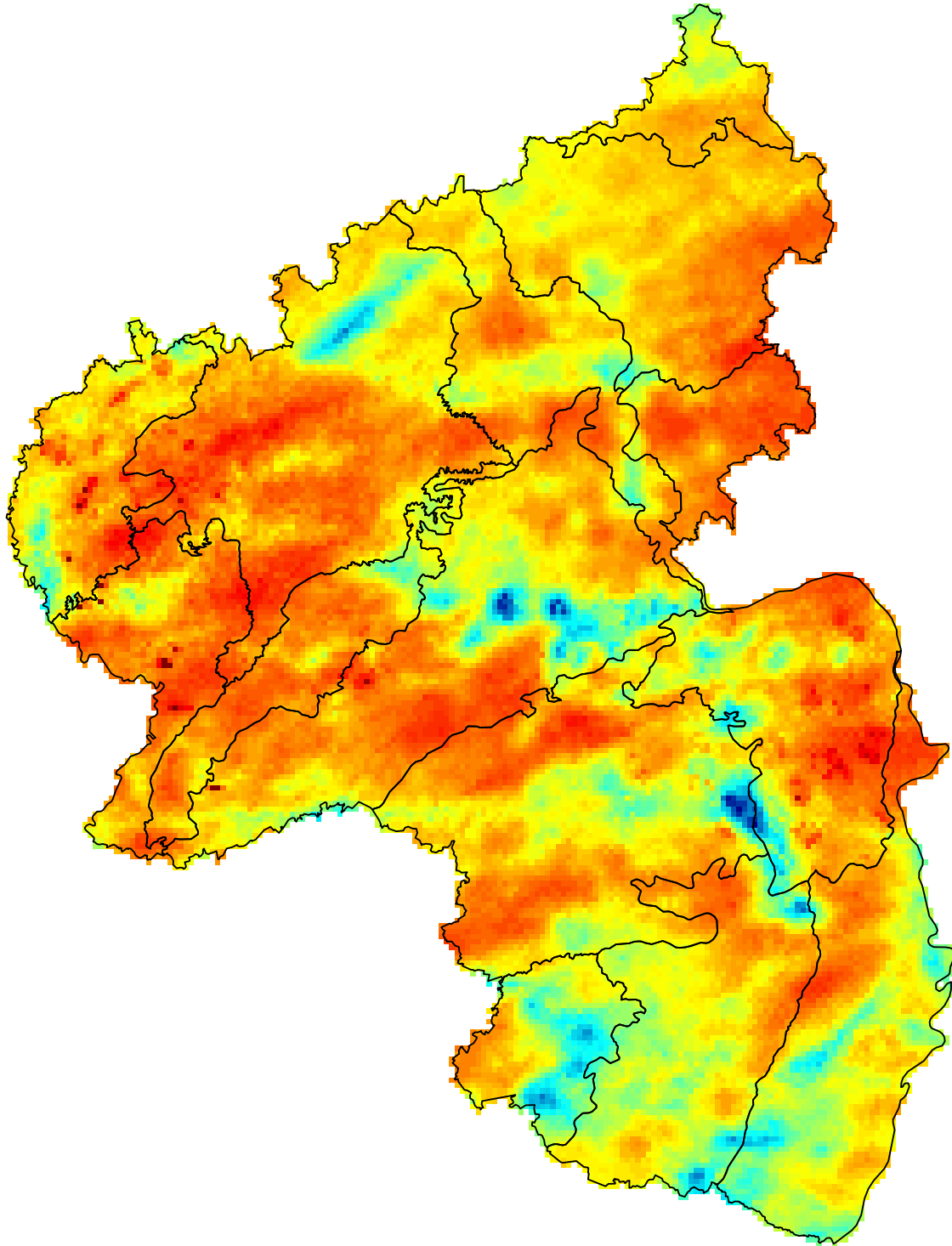
Abweichung Niederschlag (blau) und Temperatur (rot) vom langjährigen Mittel (1971-2000) (Vergleich jeweils anhand der Flächenmittel für Rheinland-Pfalz). Quelle: Deutscher Wetterdienst



Datenquelle: Deutscher Wetterdienst

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

Aus dem Wetterradarsystem RADOLAN des DWD bestimmte Niederschlagsverteilung im Zeitraum 18.06. bis 08.08.2020. Begründung Zeitfenster: Vor dem 18.06. gab es flächendeckend Niederschläge in RLP. Nach dem 08.08. zumindest in weiten Regionen des Landes flächendeckende Niederschläge.



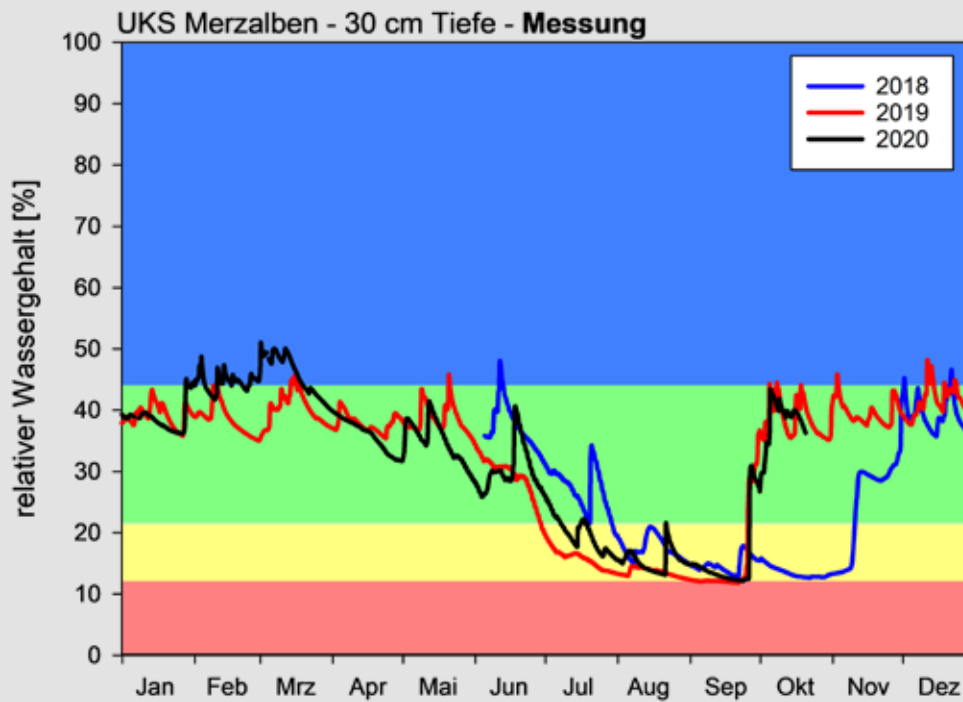
Trockenstress im Ökosystem Wald

Entscheidend für den Start der Waldbäume in die neue Vegetationszeit ist der Wasservorrat im Wurzelraum zu Beginn der Vegetationszeit. Die Laubbäume verbrauchen außerhalb der Vegetationsperiode nahezu kein, Nadelbäume temperaturabhängig wenig Wasser. Dies führt dazu, dass der Bodenwasserspeicher normalerweise durch die winterlichen Niederschläge wieder aufgefüllt wird. Die Ergebnisse der Bodenfeuchtemesssensoren der Intensivmessstation Merzalben belegen die aufgrund der hohen Niederschläge im Februar und Anfang März 2020 gute Wasserversorgung des ca. 215-jährigen Eichenwaldes. Danach begann eine bis zum 27.04. anhaltende, mehrwöchige Trockenperiode mit intensivem Sonnenschein und Ostwind-Wetterlagen. Dies war auf Freiflächen, in erster Linie landwirtschaftlichen Flächen sowie zum Teil auf Wiederbewaldungsflächen nach Borkenkäferschäden, mit einem Austrocknen des Oberbodens verbunden. In geschlossenen Wäldern herrscht jedoch ein anderes Klima als im Freiland. Bodenbedeckung durch Humusauflage und gedämpfte Temperaturschwankungen wirken einer durch Wind verursachten Verdunstung entgegen. Die Austrocknung des Bodens im Wald wird überwiegend durch den Wasserverbrauch der Bäume bestimmt, der in diesem Zeitraum, jedenfalls vor Beginn des Austriebs, noch gering war. Im Ergebnis ging der Wasservorrat im Boden zwar zurück, es war jedoch noch ausreichend Wasser für die Versorgung der Bäume vorhanden. Die Wasserversorgung der Bäume reduzierte sich erst mit Beginn der Trockenphase im Juli.

Prinzipiell sind unsere naturnahen Waldökosysteme an moderate Sommertrockenheit angepasst. Eine beispielhaft für die Intensivuntersuchungsfläche Merzalben durchgeführte Wasserhaushaltssimulation verdeutlicht, dass in vielen Jahren eine unterschiedlich starke Sommertrockenheit vorlag. 2003 fiel diese Trockenheit mit einer extremen Hitzeperiode zusammen, was in vielen Laubwäldern zu einem vorzeitigen Blattfall führte. Diese Reaktion stellt einen wirksamen Verdunstungsschutz unserer Waldbäume dar. Da die starke Trockenheit erst ab August einsetzte, waren die Knospen für das nächste Jahr bereits angelegt und die Bäume trieben im Folgejahr, einem Jahr ohne extreme Witterung, wieder „normal“ aus. Absterbevorgänge waren bei den Alteichen nur in begrenztem Umfang zu beobachten. Dagegen hatten wir 2018, 2019 und 2020 drei trockene Sommer nacheinander, was zusammen mit anderen Faktoren (s. a. Kap. Waldschutz) stellenweise zu dramatischen Absterbeprozessen in Rheinland-Pfalz geführt hat. Der Untersuchungsbestand Merzalben war davon jedoch nicht betroffen.

Bodenfeuchte-Messungen an der Umweltkontrollstation Merzalben; Alteiche

(Dargestellt ist der Mittelwert von 10 Messungen)



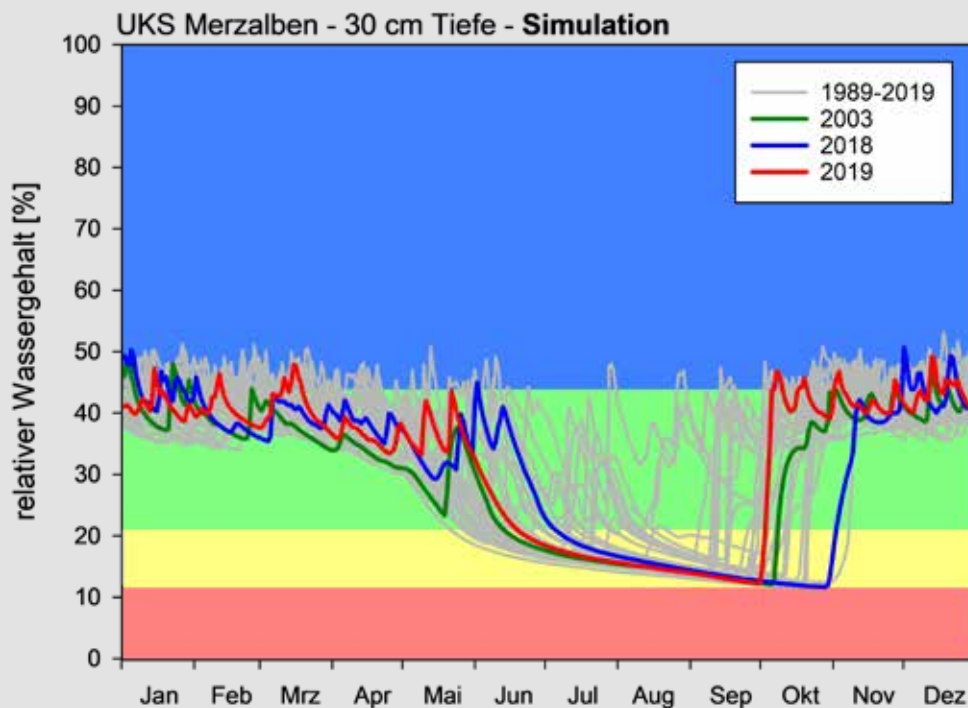
Luftkapazität (blau): Wasseranteil, den der Boden nicht gegen die Schwerkraft halten kann (in den Grobporen)

nutzbare Feldkapazität: Wassergehalt, den der Boden gegen die Schwerkraft halten kann (pflanzenverfügbares Wasser)

(grün, gelb): <30 % der nutzbaren Feldkapazität: Bereich beginnenden Trockenstresses (noch pflanzenverfügbares Wasser)

Totwasser (rot): nicht pflanzenverfügbares Wasser (Feinporen)

Wasserhaushaltssimulation Alteiche Merzalben für die Jahre 1989-2019



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 2020 hat sich der Kronenzustand über alle Baumarten verschlechtert. Die Kronenverlichtung der verschiedenen Baumarten hat sich dabei recht einheitlich entwickelt. Eine Ausnahme bilden Eiche und Hainbuche, die ihren Kronenzustand verbessern konnten. Bei vielen Baumarten kam es zu starker Fruchtbildung.

Durchführung

Die Waldzustandserhebung erfolgt seit 1984 auf einem systematischen, landesweiten Stichprobenraster. Die Stichprobe umfasst insgesamt 168 Aufnahmepunkte. Ein Punkt wurde in 2020 zur Erweiterung eines Gewerbegebietes gerodet und schied damit endgültig aus dem Aufnahmekollektiv aus. An 5 Aufnahmepunkten wurde der Waldbestand infolge von Sanierungshieben zur Borkenkäferbekämpfung gefällt. Von den 8 Aufnahmepunkten, die im Vorjahr noch ohne für die Erhebung geeigneten Waldbestand waren, konnten 3 wieder reaktiviert und neue Probestämme ausgewählt und bewertet werden. In 2020 ist damit an 10 Aufnahmepunkten kein geeigneter Waldbestand vorhanden, um Probestämme auszuwählen. Die Waldzustandserhebung ruht an diesen Punkten bis die nächste Baumgeneration etabliert ist. In 2020 wurden 3768 Stichprobenbäume an 157 Aufnahmepunkten begutachtet. Die Außenaufnahmen, einschließlich Abstimmungsübung und Kontrollaufnahmen, erfolgten in der Zeit vom 06. bis 24. Juli.

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 an diesen Punkten erhobenen Daten gehen in die bundesdeutsche und europäische Waldzustandserhebung ein. Weitere Informationen finden Sie im Internet unter <https://www.thuenen.de/de/wo/projekte/bodenschutz-und-waldzustand/projekte-waldzustandserhebung/bundesweite-waldzustandserhebung/>

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

Waldzustand allgemein

Der Anteil deutlich geschädigter Waldbäume ist gegenüber dem Vorjahr um 8 Prozentpunkte angestiegen, der Anteil an Probestämmen ohne sichtbare Schadmerkmale ging um 3 Prozentpunkte zurück. Die mittlere Kronenverlichtung liegt um 2,3 Prozentpunkte höher, diese Veränderung ist signifikant. Damit hat das Schadniveau in der Gesamtschau über alle Waldflächen von Rheinland-Pfalz, über alle Baumarten und Altersstufen hinweg betrachtet, einen neuen Höchststand

erreicht. Wie schon im Vorjahr ist auch der Anteil starker Kronenschäden, abgestorbener Probebäume und infolge biotischer Schäden vorzeitig entnommener Probebäume vergleichsweise hoch.

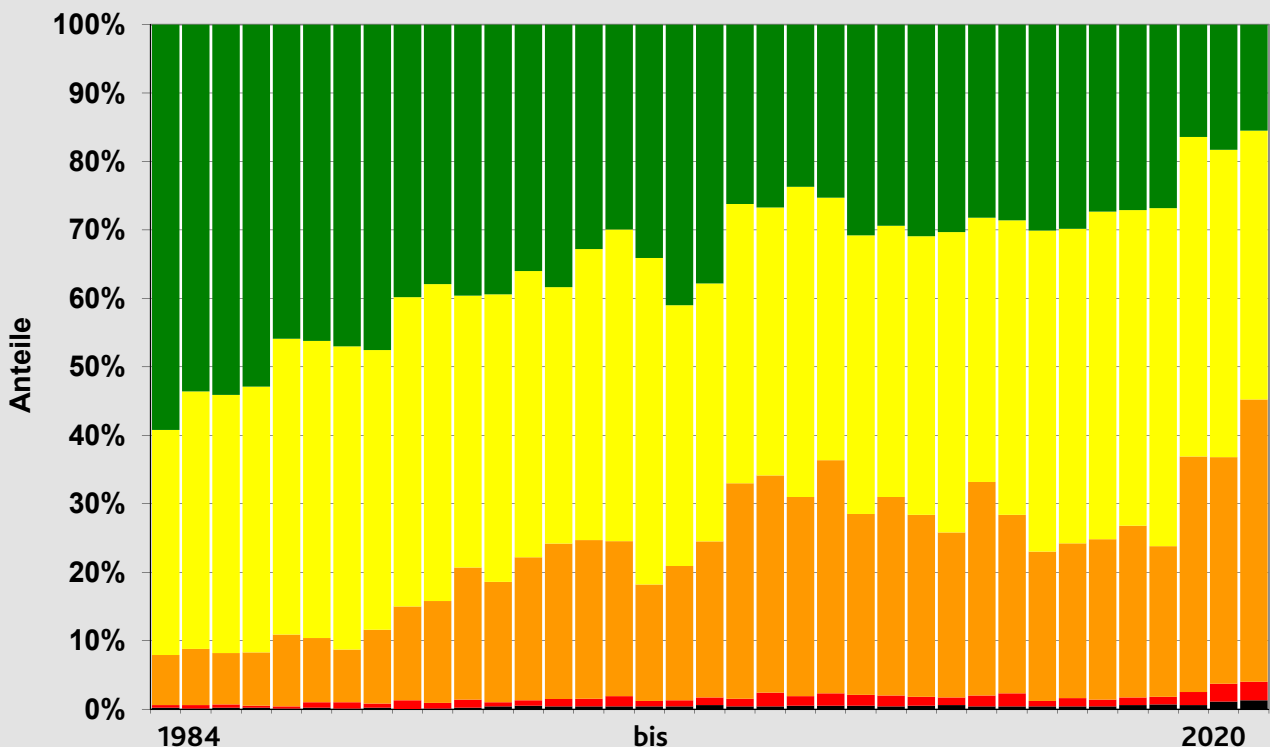
Der Witterungsverlauf des Jahres 2020 war zum dritten Mal in Folge ungünstig für den Wald. Lediglich der Februar brachte genügend Niederschläge um den Boden zu durchfeuchten, sodass der Austrieb und Fruchttansatz weitgehend ungehindert erfolgen konnte. Die Bäume litten dann aber je nach Standort und örtlichen Besonderheiten in unterschiedlichem Maße unter Spätfrost, sommerlichem Trockenstress und lokal unter Gewittern mit Sturmböen, Starkregen oder Hagel. Bei vielen Baumarten kam eine starke Fruchtbildung als Belastung hinzu. Auf die anhaltende Trockenheit reagierten einige Baumarten mit einem Notprogramm, was letzt-

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

<https://fawf.wald-rlp.de/index.php?id=11878>

lich zu einer vorzeitigen Herbstfärbung führte. Ab Anfang August war besonders bei Buche und Birke beginnend von der Oberkrone her verstärkt Braunfärbung und Blattfall zu beobachten. Da die Außenarbeiten der Waldzustandserhebung Ende Juli abgeschlossen waren, hat diese Entwicklung die Ergebnisse nicht mehr beeinflusst. Hier wird im kommenden Jahr festzustellen sein, ob die Knospenbildung hinreichend weit fortgeschritten war, sodass die Bäume vital austreiben konnten oder ob auch ganze Zweigpartien abgestorben sind.

Entwicklung der Schadstufenverteilung über alle Baumarten



Die Verschlechterung des Kronenzustandes ist durchgängig bei nahezu allen Baumarten und in allen Regionen zu beobachten, lediglich bei den Eichen und der Hainbuche ist das Schadniveau zurückgegangen.

Fichte

Das Niveau der Kronenschäden ist bei der Fichte gegenüber dem Vorjahr angestiegen. Der Anteil der deutlich geschädigten Probestämme ist um 10 Prozentpunkte, die mittlere Kronenverlichtung um 3,1 Prozentpunkte höher. Diese Veränderung ist signifikant.

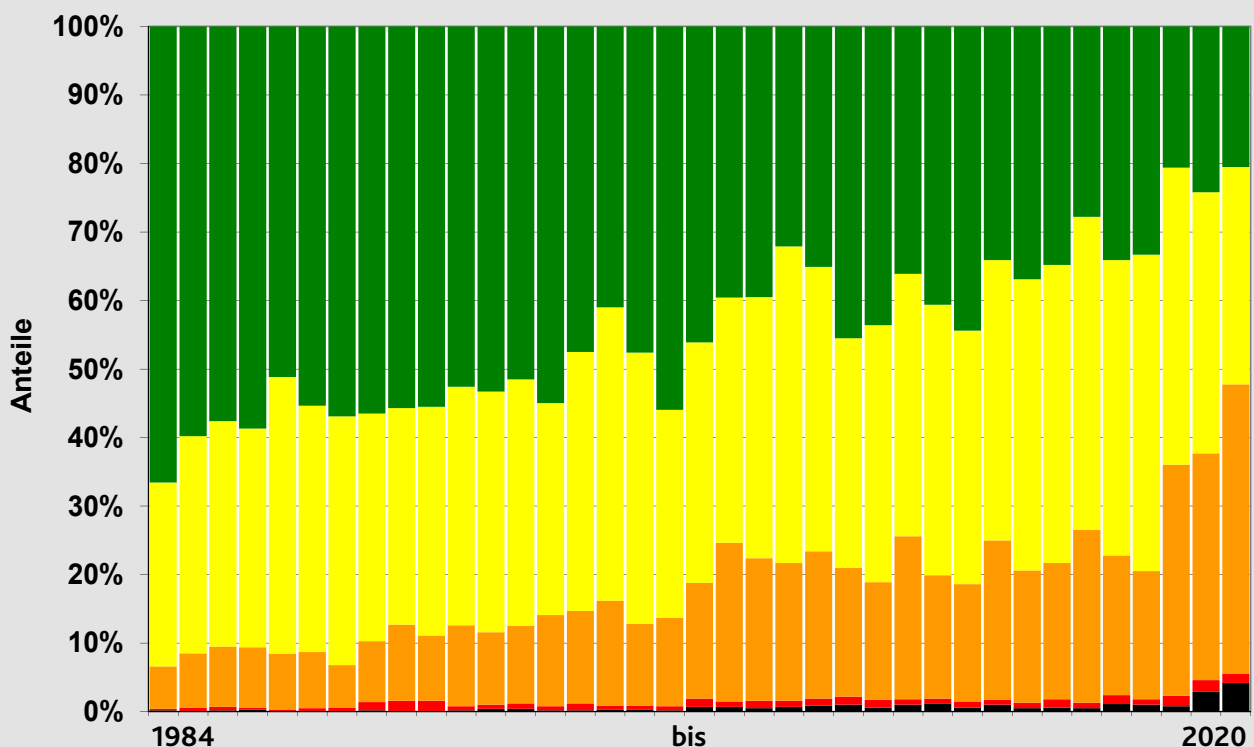
Auch 2020 wird die Schadsituation der Fichte durch den Borkenkäferbefall bestimmt. An 9,2 % der Probestämme wurde Borkenkäferbefall

festgestellt, 35 Probestämme (4,2 %) waren abgestorben, 18 davon frisch. Die Ausscheiderate ist mit 18,1 % extrem hoch. In fast allen Fällen war Borkenkäferbefall die Ursache für die Fällung der Probestämme. Maßgeblich verantwortlich für diesen hohen Wert ist der komplette Ausfall der Probestämme an 5 Aufnahmepunkten mit zusammen 109 Fichten. Nicht alle mit Borkenkäfer befallenen Fichten waren zum Zeitpunkt der Erhebung bereits abgestorben. 6 Probestämme zeigten noch eine grüne Krone, weitere 16 erst schwache Schäden und weitere 34 schon deutliche Kronenverlichtung infolge der Entnadelung. Bei allen diesen Probestämmen ist jedoch binnen weniger Wochen von ihrem Absterben auszugehen.

Im Jahr 2020 hat die Fichte wieder reichlich Zapfen gebildet; an 77 % der Probestämme (Vorjahr 3 %) wurde frischer Zapfenbehang festgestellt.

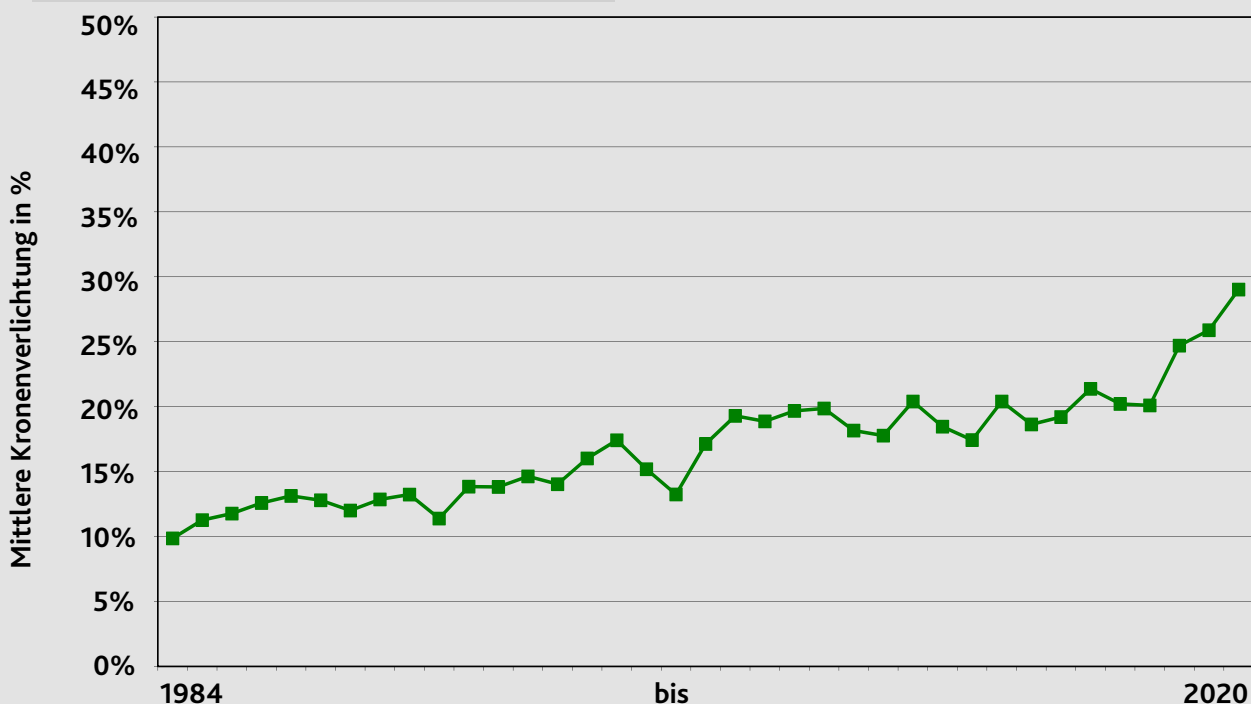
Fichte

Entwicklung der Schadstufenverteilung



Fichte

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



Die Fruchtbildung bedeutet eine zusätzliche Belastung für die Fichten, ein Einfluss der Fruktifikation auf die Entwicklung der Kronenverlichtung ist aus den Daten aber nicht abzuleiten.

Insekten oder Pilze, die unmittelbar die Nadeln befallen, waren 2020 nicht beobachtet worden. Nadelvergilbungen waren bis in die 1980er Jahre besonders in den Höhenlagen der Mittelgebirge ein weitverbreitetes Phänomen bei Fichten. Seit Mitte der 1990er Jahre ist die Vergilbung jedoch stark zurückgegangen. Im Jahr 2020 wurde lediglich an 6 Probestämmen geringfügige Vergilbung beobachtet. Als eine wesentliche Ursache für den Rückgang der Vergilbung kann die deutliche Reduktion der Schwefelemissionen in Kombination mit der verbesserten Magnesiumversorgung durch Bodenschutzkalkung auf stark versauerten Standorten angenommen werden.

Buche

Der Kronenzustand der Buchen hat sich gegenüber dem Vorjahr drastisch verschlechtert. Der Anteil der deutlichen Schäden ist um 25 Prozentpunkte, die mittlere Kronenverlichtung um 5,7 Prozentpunkte angestiegen. Diese Veränderung ist signifikant. Das Schadniveau der Buche hat damit ein Maximum vergleichbar der Jahre 2004 und 2011 erreicht. Stark geschädigt, mit Blattverlusten ab 65 %, waren 3,4 % der Probestämme, der bisher höchste Wert im Verlauf der Zeitreihe. Abgestorben war nur 1 Probestamm (0,1 %), auch die Ausscheiderate ist mit 1,0 % unauffällig gering, wobei allerdings fast alle Probestämme unplanmäßig vorzeitig, meist infolge eines Sturmereignisses, ausgefallen sind. An 9 Probestämmen (1,1 %) wurde Schleimfluss an der Rinde beobachtet, der auf Borkenkäfer- oder Pilzbefall hindeuten kann.

Im letzten Jahrzehnt trugen die Buchen nahezu jedes zweite Jahr Bucheckern. Nach der Pause im Vorjahr (12 %) gab es in 2020 mit 83 % wieder reichlichen Fruchtbehang. Von den über 60

Jahre alten Buchen tragen 95 % der Probebäume Früchte. Bei den wenigen Buchen ohne Fruchtbehang zeigt sich ein tendenzieller, nicht signifikanter Anstieg der Kronenverlichtung. Die deutlich fruktifizierenden Buchen weisen einen höheren Anstieg der Kronenverlichtung auf als die nur schwach fruktifizierenden.

Schäden durch blattfressende Insekten, insbesondere Loch- und Minierfraß durch den Buchenspringrüssler (*Rhynchaenus fagi*), war an rund 23 % der Probebäume aufgetreten und damit häufiger als im Vorjahr zu beobachten.

Befall durch Blattpilze, wie der Blattbräune (*Apiognomonia errabunda*), wurde zwar gelegentlich (an 5 Probebäumen) beobachtet, jedoch meist nur im Bereich der Schattenkrone. Damit blieb die Blattbräune ohne Einfluss auf den bewerteten Kronenzustand. Vergilbungen waren insgesamt an 10 Probebäumen, davon 3 mit nennenswertem Umfang, notiert worden.

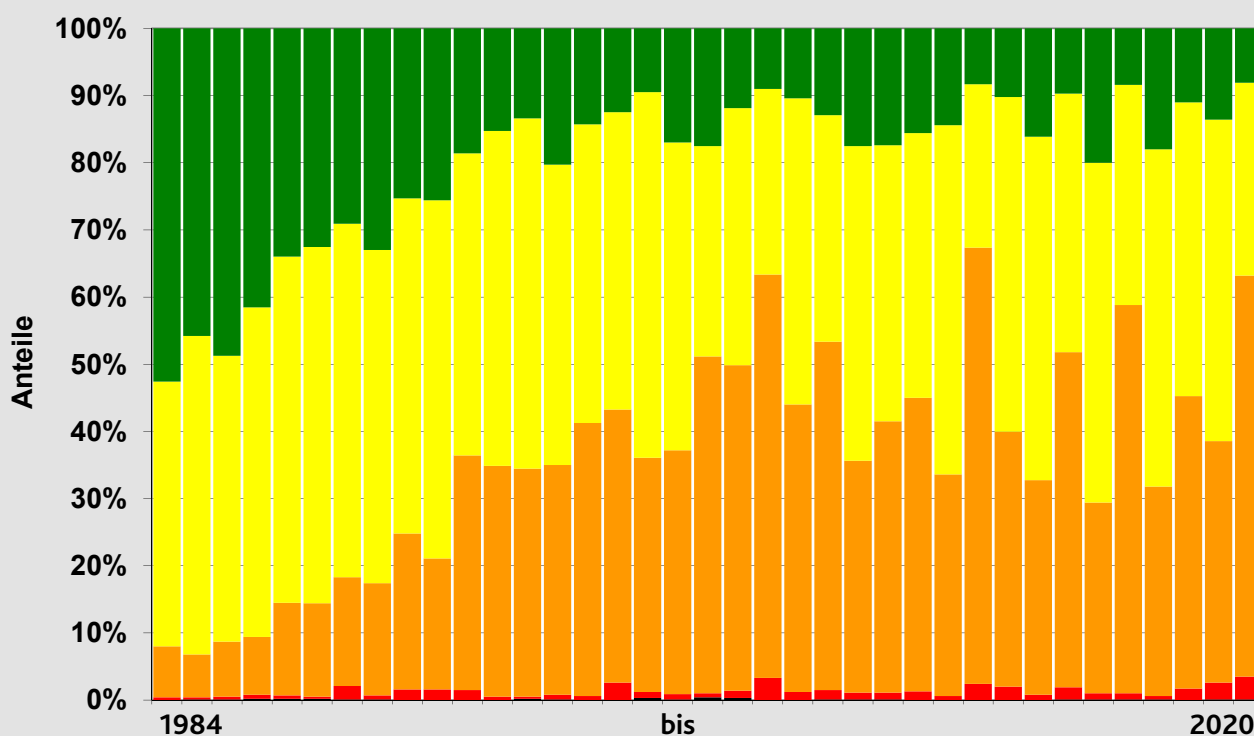
Dürrer Feinreisig und abgestorbene Äste im Lichtkronenbereich werden seit Beginn der Erhebung 1984 bei der Bewertung der Kronenverlichtung berücksichtigt und gehen anteilmäßig in die Beurteilung des Blattverlustes mit ein. In 2020 wurde bei 25 % der Probebäume, und damit vergleichsweise häufig, Dürrebeobachtet. Der Anteil variiert in der Zeitreihe recht stark, zeigt aber keinen gerichteten Trend. Da bei der Buche das dürre Reisig in der Regel im Laufe eines Jahres herausbricht, ist das beobachtete dürre Feinreisig überwiegend seit der letzten Erhebung neu dazugekommen.

Eiche

Der Kronenzustand der Eichen hat sich im Jahr 2020 etwas verbessert. Der Anteil deutlich geschädigter Probebäume ist gegenüber dem Vorjahr um 11 Prozentpunkte, die mittlere Kronenverlichtung um 3,3 Prozentpunkte zurückgegangen. Diese Veränderung ist signifikant.

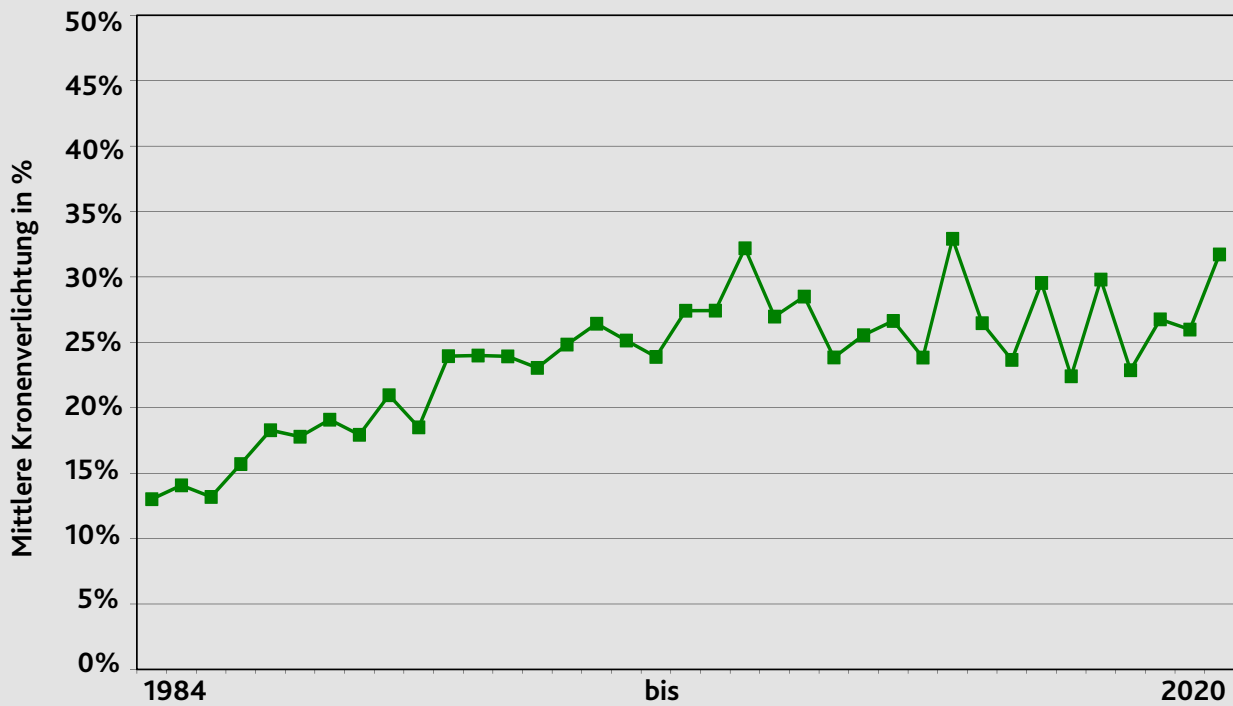
Buche

Entwicklung der Schadstufenverteilung



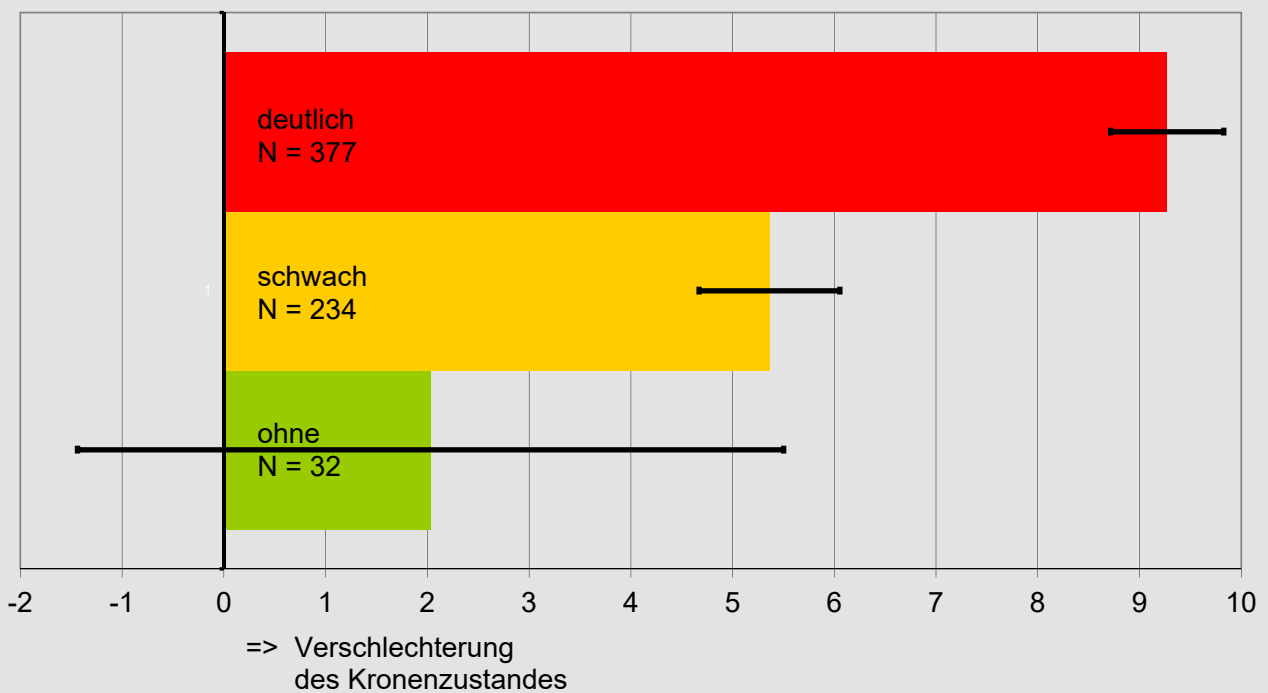
Buche

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



Buche

Veränderung der mittleren Kronenverlichtung der über 60 jährigen Buchen in Prozentpunkten von 2019 auf 2020 bei unterschiedlicher Intensität des Fruchtbehanges



Die Eiche zeigt damit weiterhin ausgeprägte Schwankungen in der Entwicklung der Kronenverlichtung und bleibt auf einem hohen Schadniveau, aber unterhalb des Niveaus maximaler Schäden der Periode von 1996 bis 2010. Stark geschädigt mit Blattverlusten ab 65 % waren 2,1 % der Probestämme, frisch abgestorben 2 Probestämme (0,3 %). Auch die Ausscheiderate ist mit 1,2 % vergleichsweise gering, nur 2 Probestämme schieden vorzeitig unplanmäßig aus. An einem Probestamm wurde Befall durch den Eichenprachtkäfer (*Agilus biguttatus*) festgestellt, an einem weiteren Schleimfluss, der unspezifisch auf eine Schädigung der Rinde und des Kambiums hindeutet.

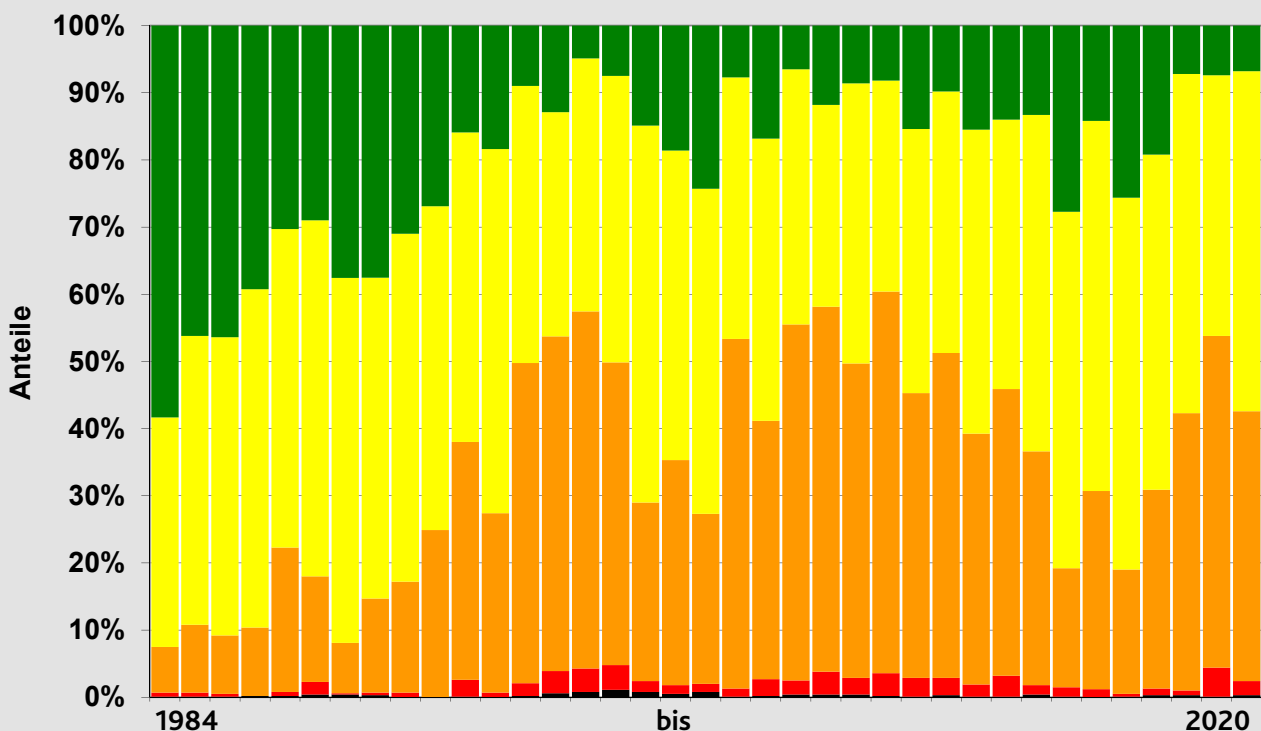
In 2020 fruktifiziert die Eiche wieder recht ausgeprägt, an 43 % aller Probestämme wurde Fruchtbehang beobachtet. Die Früchte der Eiche sind zum Zeitpunkt der Waldzustandserhebung jedoch häufig noch zu klein, um den Fruchtbehang sicher abschätzen zu können. Ob die Fruchtbildung der

Eiche einen Einfluss auf die Entwicklung der Kronenverlichtung hat, konnte daher aus den Daten bisher nicht abgeleitet werden. In 2020 sind zwischen den Gruppen unterschiedlich starken Fruchtbehangs keine Unterschiede in der Entwicklung des Kronenzustandes erkennbar.

Die Eichen erleiden regelmäßig mehr oder minder starke Schäden durch blattfressende Insekten. Häufig wird der Wiederaustrieb durch den Eichenmehltau (*Microsphaera alphitoides*) befallen. Insektenfraß aber auch Mehltaubefall haben sich als bedeutsame Einflussfaktoren auf die Entwicklung des Kronenzustandes bei der Eiche erwiesen, in 2020 blieben sie jedoch unbedeutend. Aktuell wurden an 10 % der Probestämme Fraßschäden beobachtet. Damit ist der Anteil gegenüber dem Vorjahr (38 %) merklich niedriger, auch die Fraßintensität ist nur gering. Der Mehltaupilz ist zwar allgegenwärtig und befällt regelmäßig die Eiche,

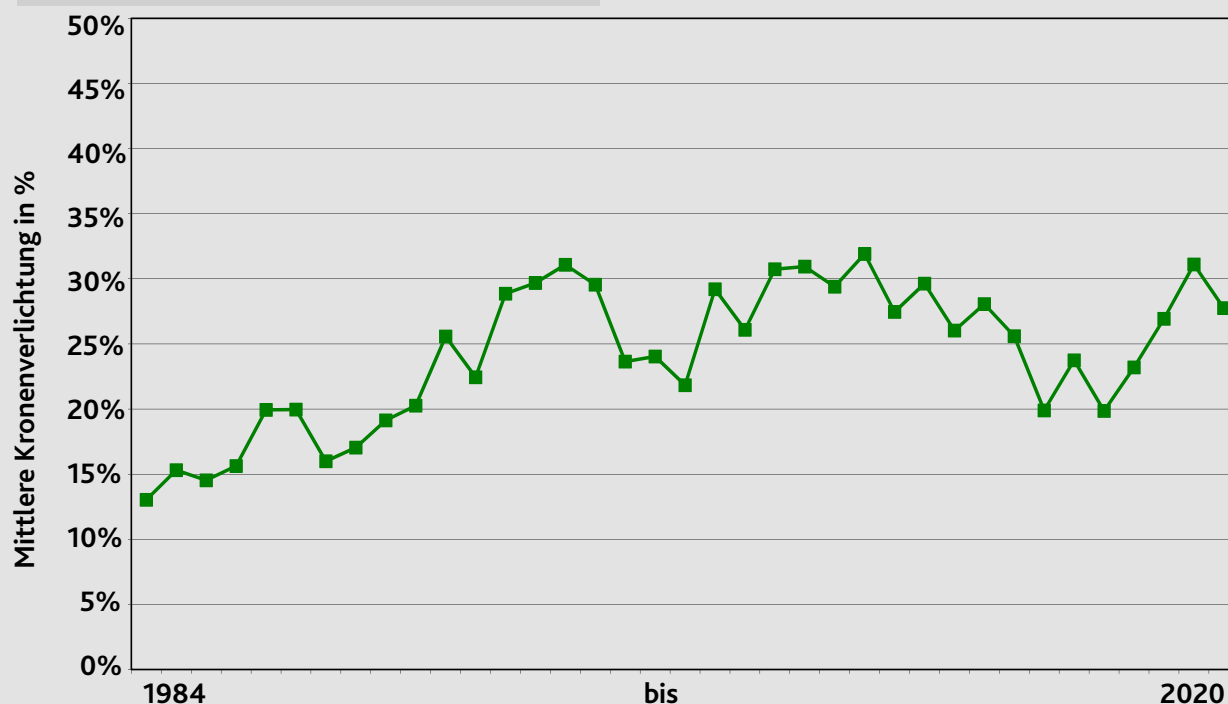
Eiche

Entwicklung der Schadstufenverteilung



Eiche

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



Ausmaß und Intensität des Befalls sind jedoch sehr unterschiedlich. Besonders betroffen ist häufig der zweite Austrieb. Zum Zeitpunkt der Erhebung 2020 war Mehltau an 11 Probestämmen festzustellen.

Der Eichen-Prozessionsspinner ist in den wärmebegünstigten Wuchsgebieten Saar-Nahe-Bergland und Moseltal an zusammen 5 Aufnahmepunkten festgestellt worden. Es treten nur unbedeutende Fraßschäden auf, der Befall ist unterschwellig und würde daher ohne genaue Beobachtung der Probestämme übersehen werden.

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

Stärkere Blattvergilbung wurde 2020 an Eichen nicht beobachtet.

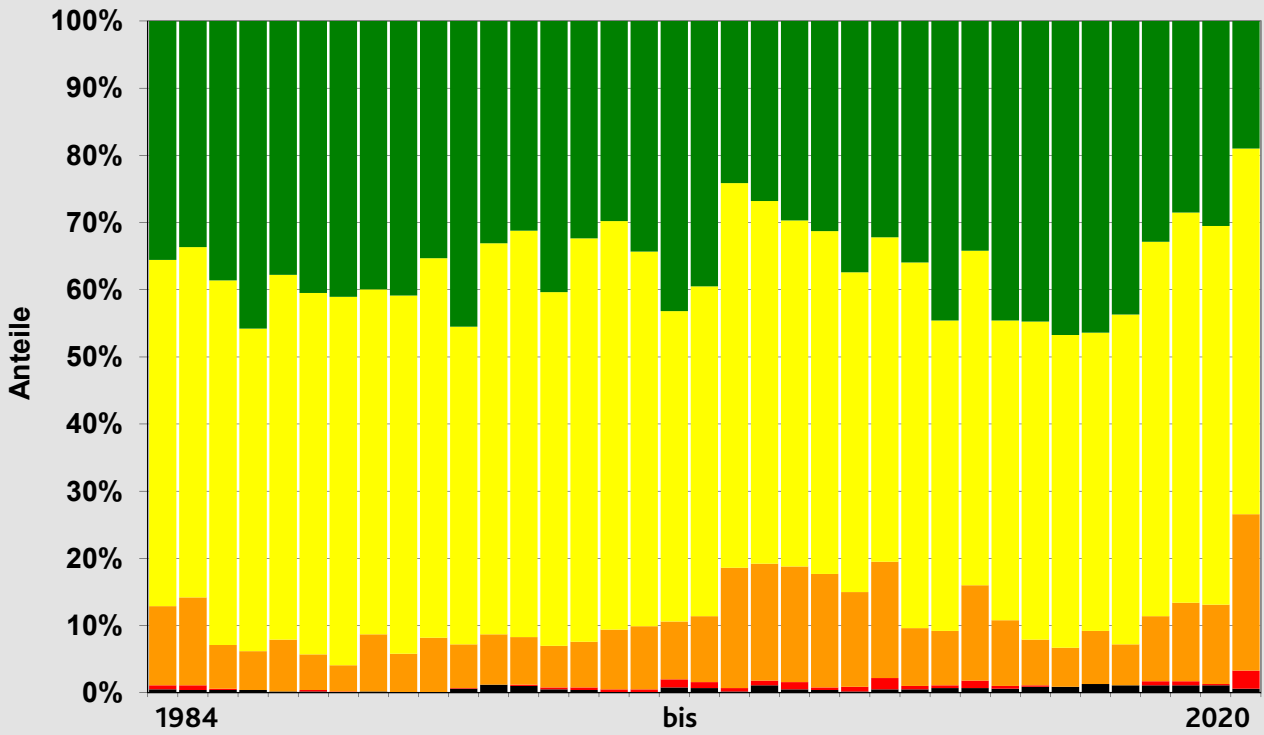
Kiefer

Bei der Kiefer hat sich der Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr verschlechtert. Der Anteil an Probestämmen mit deutlichen Schäden liegt um 14 Prozentpunkte, die mittlere Kronenverlichtung um 4,8 Prozentpunkte höher. Diese Veränderung ist signifikant. Das Schadniveau ist damit in 2020 über den oberen Rahmen der Streuung der Zeitreihe hinaus angestiegen.

Stark geschädigt, mit Nadelverlusten ab 65 %, waren 2,7 % der Probestämme, der bisher höchste Wert im Verlauf der Zeitreihe. Abgestorben waren 3 Probestämme (0,6 %), davon jedoch 2 bereits in den Vorjahren. Wie schon im Vorjahr waren landesweit immer wieder abgestorbene Kiefern zu beobachten, meist nur als einzelne Bäume oder in Gruppen, in der Rheinebene aber auch auf zusammenhängenden Flächen. Das Kollektiv der Probestämme der Waldzustandserhebung war jedoch nicht betroffen; hier war nur ein einziger Probestamm frisch abgestorben. Die Ausscheiderate liegt mit 2,2 % etwas über dem langjährigen Durchschnitt, ist allerdings nicht ungewöhnlich hoch.

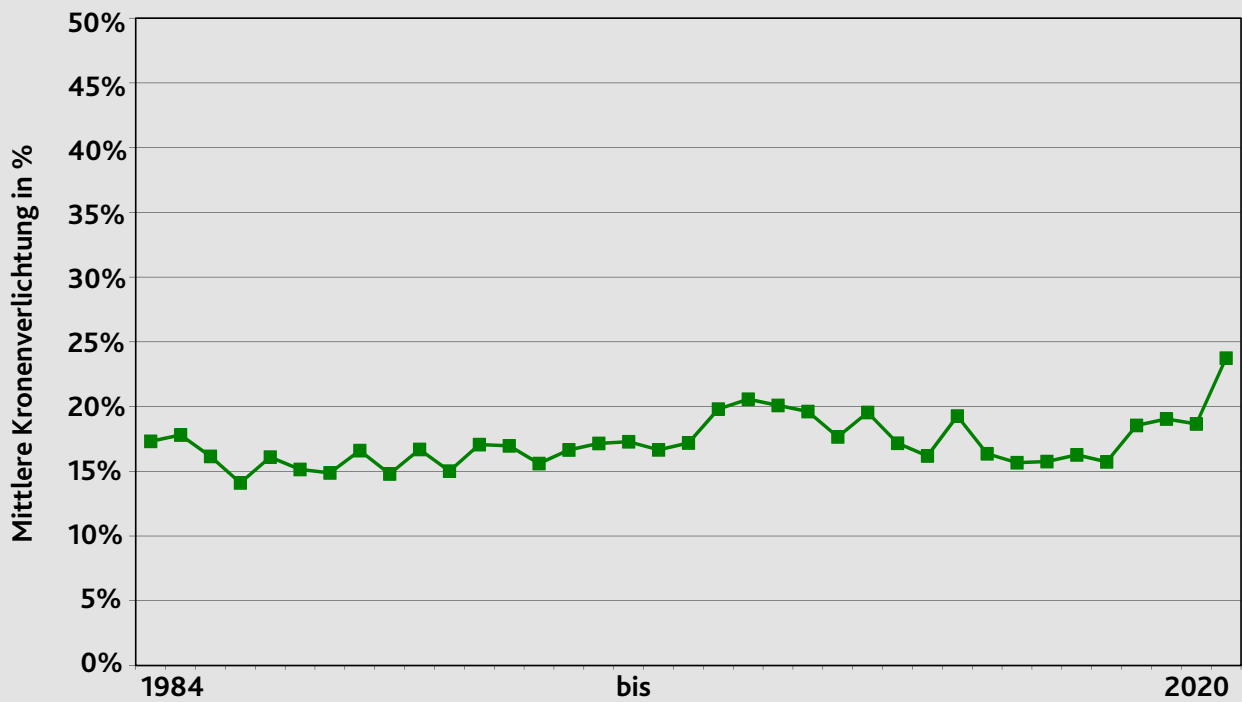
Kiefer

Entwicklung der Schadstufenverteilung



Kiefer

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



Mit dabei sind auch einige Kiefern-Probeebäume, die zwar noch stehend vorhanden sind, aber ausgedorrt werden mussten. Es handelt sich um Einzelbäume, die als Restbestockung verblieben, nachdem der Fichtenbestand am Aufnahmepunkt nach Borkenkäferbefall entnommen worden war.

Vergilbung in nennenswertem Umfang wurde in 2020 an 3,2 % der Probeebäume beobachtet, geringfügige Vergilbungen an weiteren 4,4 %. Es ist möglich, dass die ansonsten als trocken tolerant geltende Kiefer 2020 in den Vorjahren unter der Trockenheit so gelitten hat, dass sie darauf mit einer vorzeitigen, schon während der Außenarbeiten der Waldzustandserhebung zu beobachtenden, Verfärbung und Schütte des dritten Nadeljahrgangs reagierte. Unter günstigen Verhältnissen erfolgt diese Verfärbung und Schütte sonst erst im September/Oktober.

Die Kiefern zeigen regelmäßig Zapfenbehang und haben in 2020 normal getragen. Ein Zusammenhang zwischen der Intensität des Zapfenbehanges und der Entwicklung der Kronenverlichtung ist nicht erkennbar.

Bei 9 % 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 dann zu einem schlechteren Kronenzustand führen. An 17 % der Probeebäume wurde Mistelbefall festgestellt. Besonders häufig ist Mistelbefall in der Rheinebene zu beobachten; hier ist über die Hälfte aller Kiefern betroffen. Die Kiefern mistel 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.

Douglasie

Bei der Douglasie hat sich der Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr verschlechtert. Der Anteil deutlich geschädigter Probeebäume ist um 8 Prozentpunkte angestiegen. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 7,5 Prozentpunkte höher. Diese Veränderung ist signifikant.

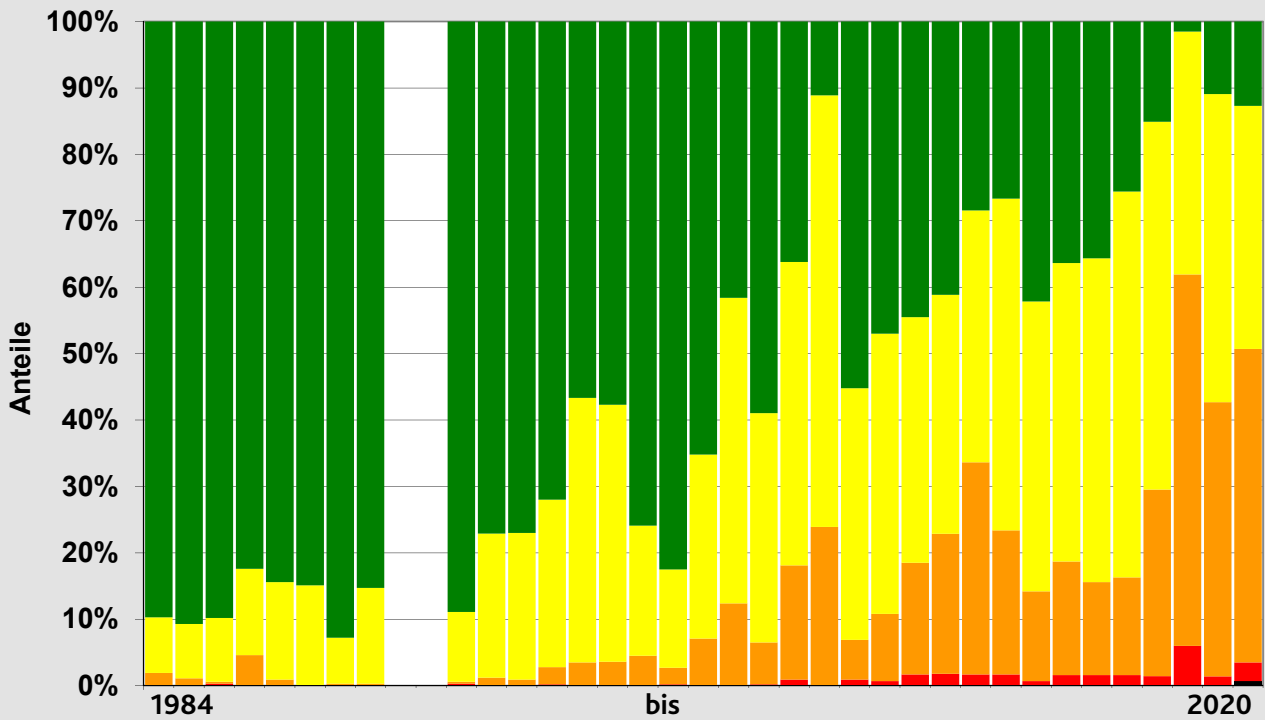
Stark geschädigt, mit Nadelverlusten ab 65 %, waren 2,5 % der Probeebäume, frisch abgestorben war 1 Probebaum (0,7 %). Unplanmäßig vorzeitig ausgeschieden war ein Probebaum.

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 2020 wurde sie an 36 Probeebäumen (25 %) notiert. Weitere Pilzinfektionen betreffen die diesjährigen Triebe und können sie gänzlich zum Absterben bringen. Dieses Triebsterben wurde in 2020 an 13 Probeebäumen 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 Probeebäumen ist es bisher aber nur im Ausnahmefall gekommen.

Im Jahr 2020 war bei Douglasien reichlich Fruchtbehang (Vorjahr 4 %) zu beobachten. Die Douglasiengallmücke (*Contarinia pseudotsugae*) wurde bisher an den Probeebäumen 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 2020 nur an zwei Probeebäumen in unbedeutendem Ausmaß beobachtet.

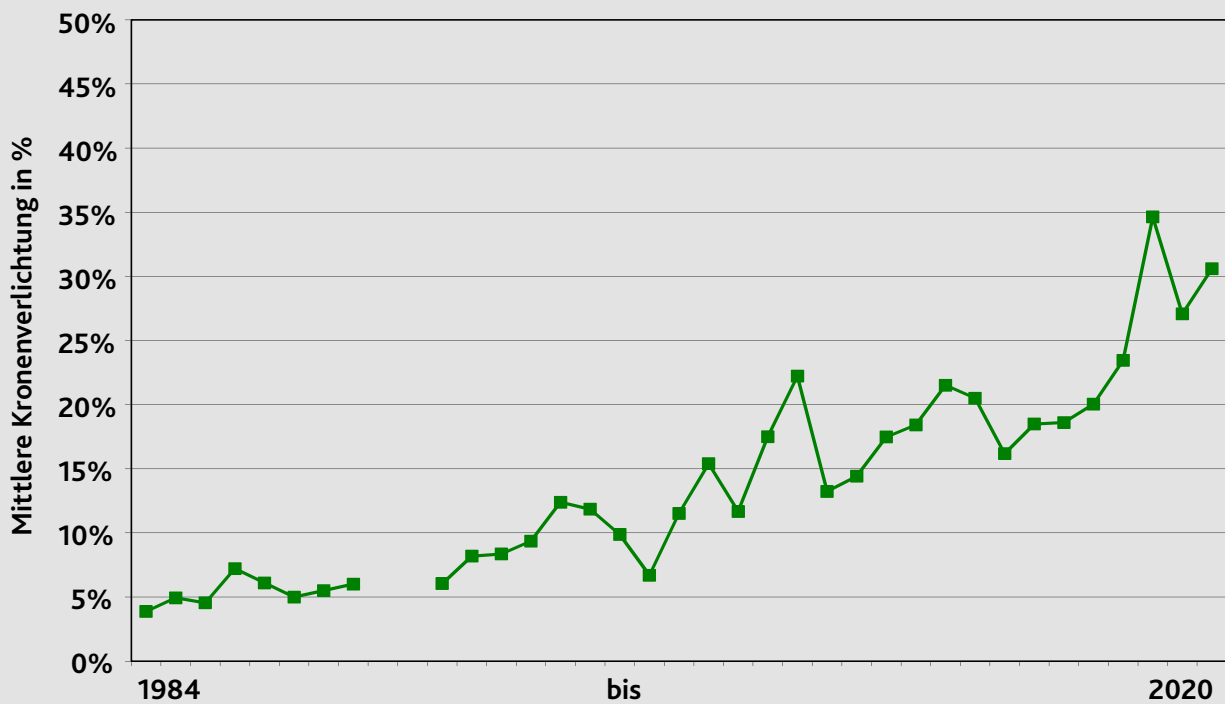
Douglasie

Entwicklung der Schadstufenverteilung



Douglasie

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



Andere Baumarten

In unseren Wäldern finden sich neben den bereits genannten noch eine Vielzahl anderer Baumarten. Die Waldzustandserhebung erfasst mit ihrer Stichprobe insgesamt 32 verschiedene Baumarten. Einige werden nur mit einzelnen Exemplaren, andere aber auch mit mehr als 100 Probestämmen erfasst, sodass eine 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 2020 ist das Schadniveau der Nebenbaumarten insgesamt angestiegen.

Bei den **Lärchen** ist der Anteil der deutlichen Schäden gegenüber dem Vorjahr um 10 Prozentpunkte, die mittlere Kronenverlichtung um 3 Prozentpunkte angestiegen. Diese Veränderung ist signifikant. Stark geschädigt, mit Nadelverlusten ab 65 %, waren 4,3 % der Probestämme, frisch abgestorben ist aber keiner. 6 Probestämme sind verschieden aus, davon einer durch Sturmwurf. Im Jahr 2020 wurde an 77 % der Lärchen Zapfenbehang festgestellt. An 2 % der Probestämme 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 weiterhin extrem hoch. Der Anteil deutlich geschädigter Probestämme ist um 19 Prozentpunkte, die mittlere Kronenverlichtung um 4,4 Prozentpunkte höher als im Vorjahr. Diese Veränderung ist signifikant. Eschen ohne sichtbare Schadmerkmale sind nur vereinzelt im Kollektiv der Probestämme zu finden. Stark geschädigt, mit Blattverlusten ab 65 %, waren 9,1 % der Probestämme, frisch abgestorben sind keine. Zwei tote Eschen waren bereits im Vorjahr abgestorben. Ausgeschieden sind 7 Probestämme, darunter 4 im Vorjahr abgestorbene, deren Feinreisig herausgebrochen war und 2, die gänzlich umgebrochen waren. Es wurden nur we-

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>

nige Eschen neu als Probestämme ausgewählt; die Anzahl der Eschen im Kollektiv der Waldzustandserhebung ging damit weiter zurück.

Das Eschentriebsterben ist in allen Landesteilen und allen Altersstufen gegenwärtig. Diese Pilzinfektion ist für das Schadniveau der Esche prägend. An rund 46 % aller Eschen (im Vorjahr 48 %) 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 Aufnahmepunkten mit Eschen wurden im Verlauf der letzten Jahre Eschen mit Schadsymptomen beobachtet. An 19 % der Probestämme wurden geringfügige Blattschäden durch Insektenfraß beobachtet. In 2020 trugen 17 % der Eschen Früchte. Die büschelartige Anordnung der Früchte, anstelle normaler Blätter, führt tendenziell zu einer geringeren Belaubungsdichte bei fruchttragenden Bäumen. Blattvergilbungen wurde an einem Probestamm festgestellt.

Die **Hainbuche** hat sich gegenüber dem Vorjahr wieder erholen können. Der Anteil der deutlichen Schäden ist um 30 Prozentpunkte zurückgegangen, die mittlere Kronenverlichtung ist um 10,7 Prozentpunkte niedriger. Diese Veränderung ist signifikant. Stark geschädigt, mit Blattverlusten ab 65 %, sind 2,9 % der Probestämme, frisch abgestorben sind keine.

Die Hainbuche wächst vergleichsweise häufig in den Gebieten alter Niederwälder in den Seiten-

Häufigste Nebenbaumarten

Entwicklung der Schadstufenverteilung

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

tälern von Rhein und Mosel. Diese Standorte sind auch häufig von Trockenheit betroffen, sodass anzunehmen ist, dass die Hainbuche auch unter der Trockenheit der letzten Jahre gelitten hat. Die Hainbuche ist jedoch an diese Situation angepasst und kann entstandene Kronenschäden auch vergleichsweise gut regenerieren.

Im Jahr 2020 wurde an 53 % der Hainbuchen Fruchtbehang festgestellt und damit etwas weniger häufig und auch in geringerer Intensität als im Vorjahr. Die Fruchtstände der Hainbuche

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>

sind durch grüne Hochblätter getragen, die zur Fotosynthese 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. Die Hochblätter der Fruchtstände neigen zu früher Verfärbung; entsprechend wird auch immer wieder Vergilbung beobachtet, in 2020 an 13 Probebäumen, jedoch in nur einem Fall in nennenswertem Umfang. Schäden durch Insektenbefall wurden an 4 % der Probebäume beobachtet, damit merklich weniger als im Vorjahr.

Bei **Ahorn, Birke, Erle** und **Tanne** war 2020 ein tendenzieller Anstieg des Schadniveaus gegenüber dem Vorjahr zu verzeichnen. **Pappel** und **Roteiche** tendierten zu einer Verbesserung ihres Kronenzustandes. Die **Vogelbeere** war zwar häufig durch leichten Insektenfraß geschädigt, zeigt aber keine wesentliche Veränderung in der Kronenverlichtung. **Edelkastanie, Kirsche, Aspe** und **Linde** tendieren zu einem Anstieg der Kronenverlichtung. Die Edelkastanien-Gallwespe (*Dryocosmus kuriphilus*) ist zwar in den Beständen vorhanden, bisher aber in einem so geringen Ausmaß, dass keine wesentliche Schädigung der Baumkronen erfolgt.

Einfluss ausgeschiedener und ersetzter Probebäume

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

bruch 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 2020 sind insgesamt 248 Probebäume ausgeschieden, von denen 104 ersetzt werden konnten. Insgesamt sind 6 Aufnahmepunkte komplett ausgeschieden, davon einer durch Rodung endgültig; an den fünf anderen ruht die Waldzustandserhebung. Von den im Jahr 1984 angelegten 148 Aufnahmepunkten und ausgewählten 3.480 Probebäumen sind noch 1.291 im Kollektiv der Stichprobe erhalten, das sind 37,1 % 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 47 abgestorbene Probebäume im Kollektiv vermerkt, davon waren 22 bereits beim letzten Erhebungstermin 2019 tot. Im Jahr 2020 selbst waren 25 Probebäume (0,7 %) frisch abgestorben. Bei den meisten davon handelt es sich um infolge Borkenkäferbefalls abgestorbene Fichten. Von den in 2019 bereits abgestorbenen Probebäumen wurden 16 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 aus-

scheiden. Die Ersatzbäume fallen nur selten in diese beiden Schadstufen.

Die Ausscheiderate von 2019 auf 2020 liegt mit 6,5 % des Kollektivs der Stichprobe deutlich über der im Laufe der Zeitreihe beobachteten durchschnittlichen jährlichen Ausscheiderate von 2,7 %. Geschuldet ist dies dem hohen Anteil ausgeschiedener Fichten. Bei Buche und Eiche liegt die Ausscheiderate unter dem langjährig beobachteten Schnitt.

Regionale Verteilung der Waldzustandsbefunde

Der am einzelnen Aufnahmepunkt festgestellte Grad der Schädigung sagt unmittelbar nur etwas über die Probestämme selbst und allenfalls über den in Artenzusammensetzung und Alter entsprechenden umgebenden Waldbestand aus. Das Schadniveau der einzelnen Aufnahmepunkte variiert erheblich. Punkte, die keine oder nur wenige deutlich geschädigte Probestämme aufweisen, liegen in direkter Nachbarschaft von solchen, an denen über die Hälfte oder fast alle Probestämme 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.

Im Jahr 2010 wurde die regionale Differenzierung des Waldzustandes modelliert und die flächige Repräsentanz der derzeit erhobenen WZE-Stichprobe im Vergleich zum ursprünglichen 4 x 4 km Raster geprüft und bestätigt. Weiter bestätigte sich, dass Baumart und Baumalter die Haupteinflussfaktoren auf das Schadniveau sind. Da diese Informationen für den öffentlichen Wald flächendeckend vorliegen, ließ sich die regionale Verteilung auch relativ zuverlässig modellieren. Es zeigte sich jedoch auch, dass Fruchtbehang, Insektenfraß, Pilzbefall oder die Luftschadstoffbelastung im Beurteilungsjahr ebenfalls wichtige

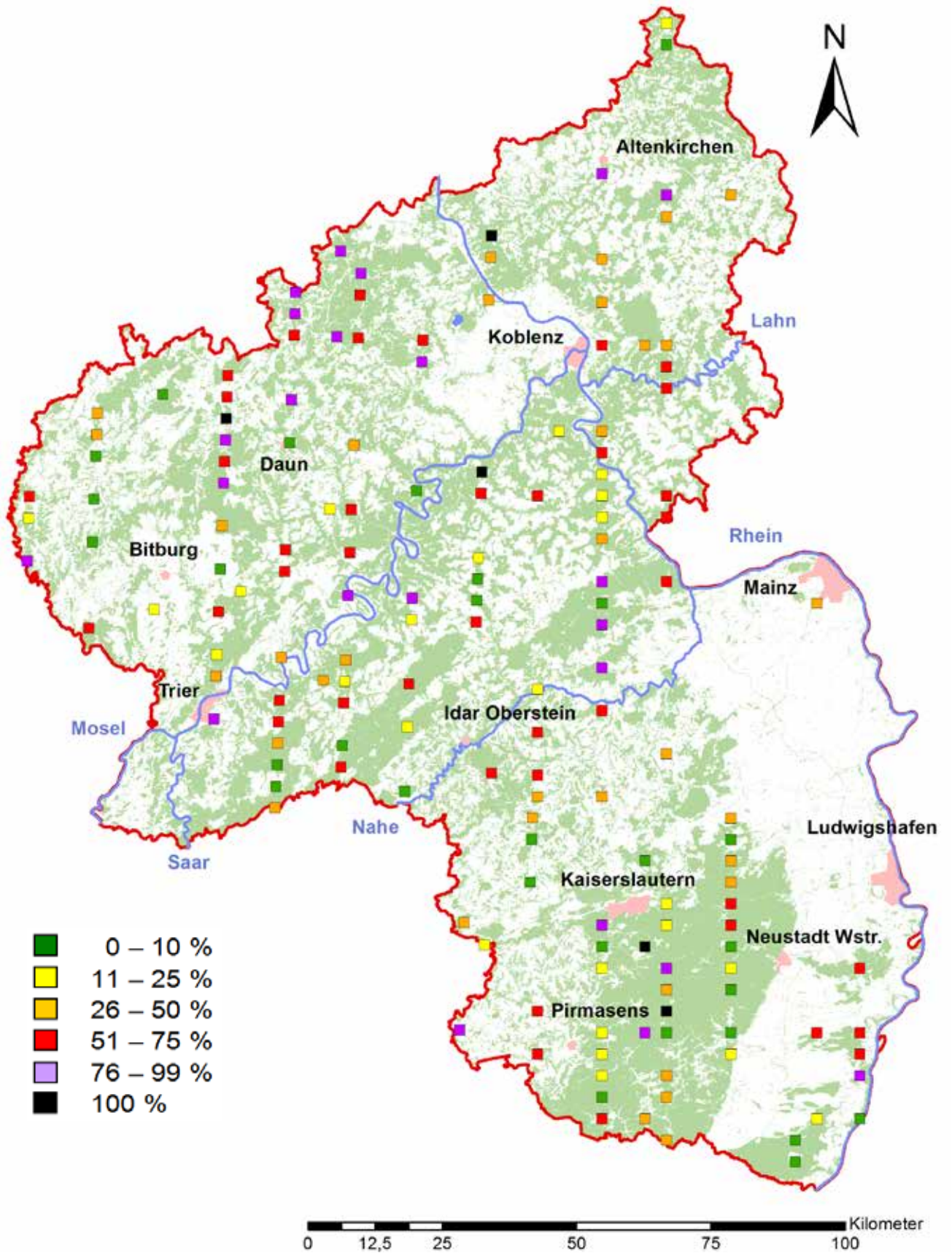
Eine ausführlichere Darstellung zum Ausscheiden und Ersatz von Probestämmen finden Sie auf den Webseiten der FAWF:

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

bekannte Einflussfaktoren auf den Kronenzustand sind, jedoch nicht als flächendeckende Information vorliegen. Die Modellierung gab daher die Varianz der Kronenverlichtung nicht vollständig korrekt wieder. Je nach Wirkungsintensität dieser Einflussfaktoren ergaben sich von Jahr zu Jahr unterschiedlich hohe Bestimmtheitsmaße für die Güte der Modellierung. Schon im Vorjahr (2019) zeigte sich, dass für die Modellierungen nur recht schwache Bestimmtheitsmaße erreicht werden konnten, da insbesondere bei Fichte der Borkenkäferbefall einen zu starken Einfluss hatte. Im Berichtsjahr kam zu der Borkenkäferproblematik noch zusätzlich bei allen Baumarten starker Fruchtbehang als nicht einbeziehbarer Einflussfaktor hinzu, sodass wieder nur schwache Bestimmtheitsmaße zu erwarten waren. In 2020 wurde daher auf eine Regionalisierung in Form der Modellierung verzichtet.

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 2020





Containerverladung von Borkenkäferholz bei Großmaiseid
(Westerwald)

Foto: Th. Wehner

EINFLÜSSE AUF DEN WALDZUSTAND LUFTSCHADSTOFFE



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.



Die Einwirkungen von Luftverunreinigungen auf die Waldökosysteme erfolgen sowohl über den Luft- 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.

Schwefel

Schwefelverbindungen werden insbesondere bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe in Kraftwerken, Industriefeuerungsanlagen und Heizungen freigesetzt. Durch ordnungsrechtliche Maßnahmen und entsprechende 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 289.000 Tonnen SO_2 ausgestoßen, gegenüber fast 5,5 Millionen Tonnen im Jahr 1990. Dies entspricht einer Reduktion um 95 %. Die Emissionsminderung hat sich auch in einer erheblichen Verringerung der Belastung der Waldökosysteme ausgewirkt: Mitte der 1980er Jahre lagen die Jahresmittelwerte der Schwefeldioxidkonzentrationen an den Waldstationen des Zentralen Immissionsmessnetzes (ZIMEN) noch zwischen 25 und 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Aktuell werden dagegen nur noch Jahresmittelwerte von 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. Selbst bei austauscharmen Wetterlagen im Winter steigen die SO_2 -Gehalte kaum mehr über 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Tagesmittel an. Der Grenzwert für den Schutz von Ökosystemen von 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Kalenderjahr und im Wintermittel wird seit vielen Jahren eingehalten.

Entwicklung der Schadstoffemissionen in Deutschland

Schadstoffe in Kilotonnen	1980	1990	2000	2010	2018	Veränderungen in % 1990 - 2018
Schwefeldioxid (SO ₂)	7514	5473	650	405	289	- 95 %
Stickoxide (NO _x)	3334	2887	1912	1473	1198	- 59 %
Ammoniak (NH ₃)	835	760	667	641	636	- 16 %
Flüchtige organische Verbindungen (ohne Methan) (NMVOC)	3224	4033	1841	1384	1140	- 72 %

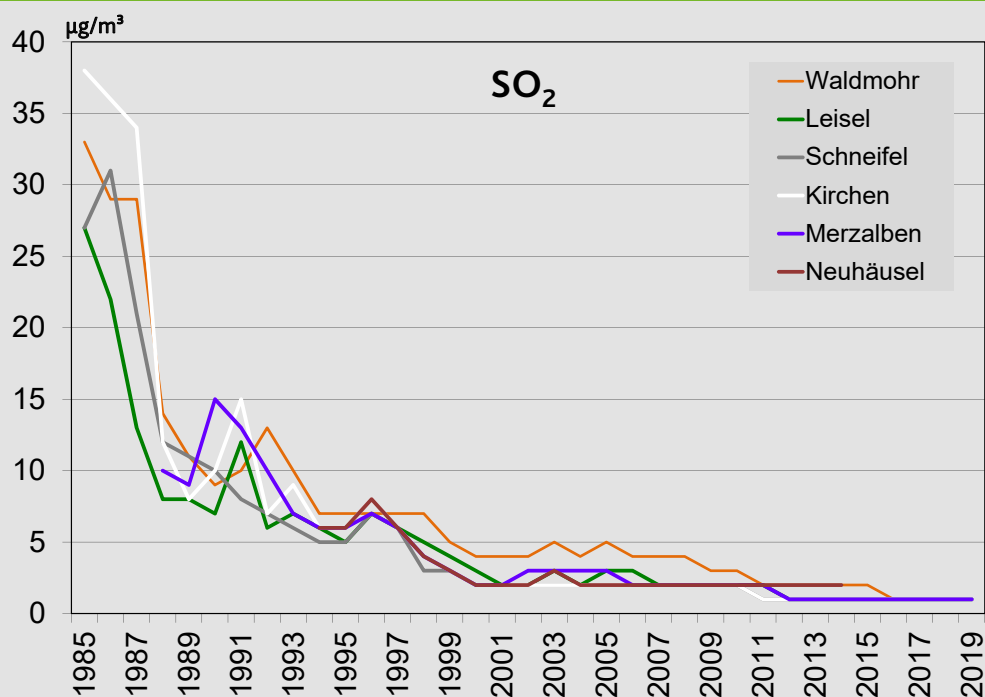
Quelle: Umweltbundesamt (Dezember 2019): <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland>; für 1980: NECE 2012: www.emep.int

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

Stickstoff

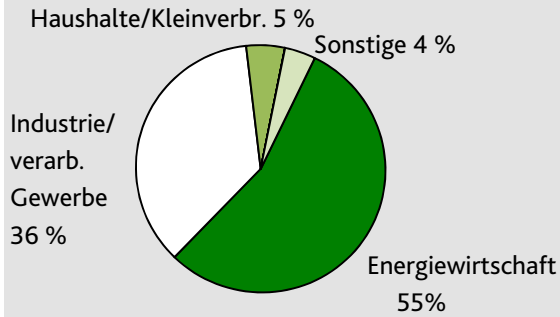
Stickstoff in oxidierter Form wird bei Verbrennungsprozessen durch Reaktion des im Brennstoff und in der Verbrennungsluft enthaltenen Stickstoffs, in reduzierter Form hingegen beim mikrobiellen Abbau von Harnstoffen, Proteinen oder ähnlichen biogenen Ausscheidungsprodukten sowie durch Zersetzung ammoniumhaltiger Dünger freigesetzt. Hauptquelle der Stickoxide ist der Straßenverkehr, gefolgt von Kraft- und Heizwerken.

Jahresmittelwerte der Schwefeldioxidkonzentrationen in Waldgebieten

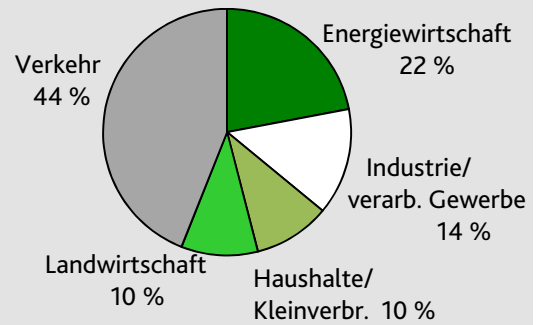


Verteilung der Emissionsquellen wichtiger Luftschadstoffe in Deutschland

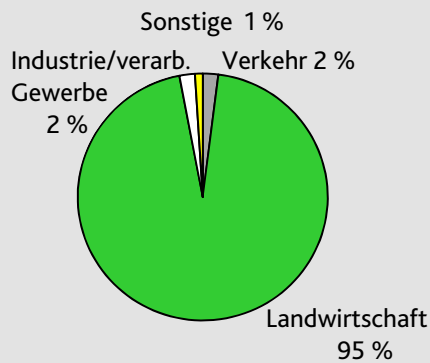
Schwefeldioxid (SO₂)



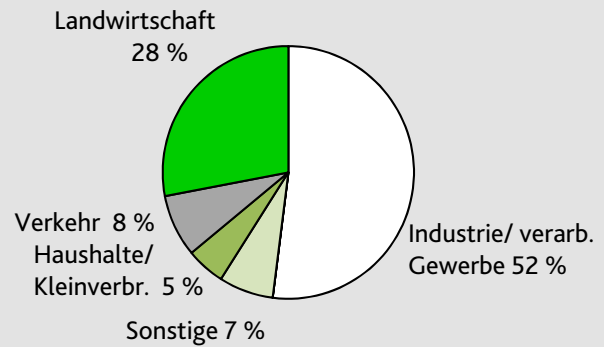
Stickstoffoxide (NO_x)



Ammoniak (NH₃)

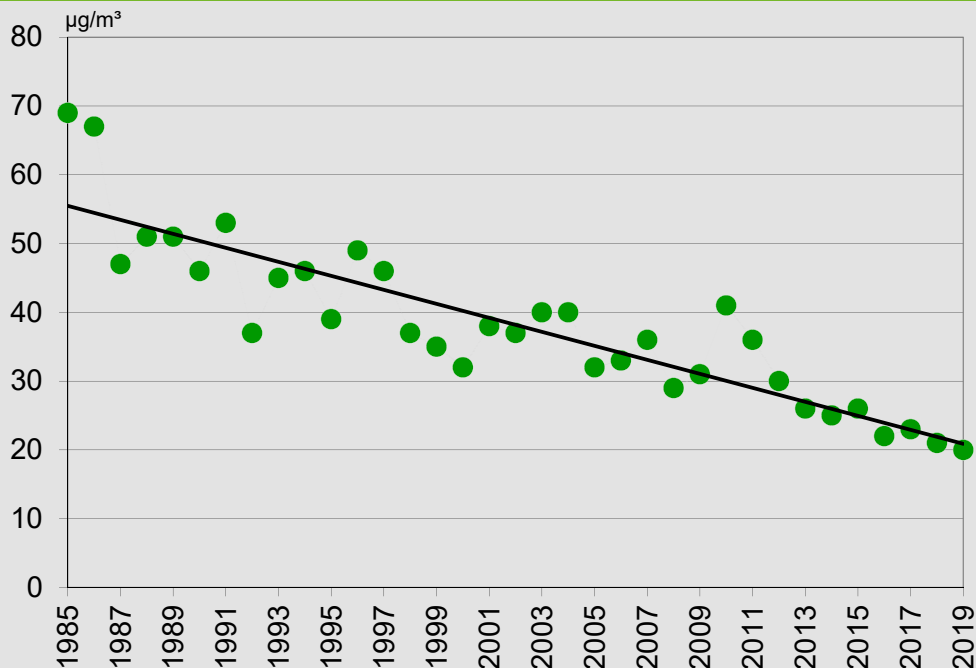


Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC)



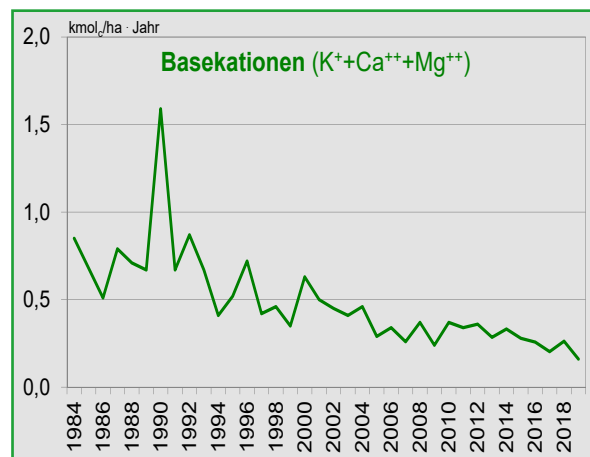
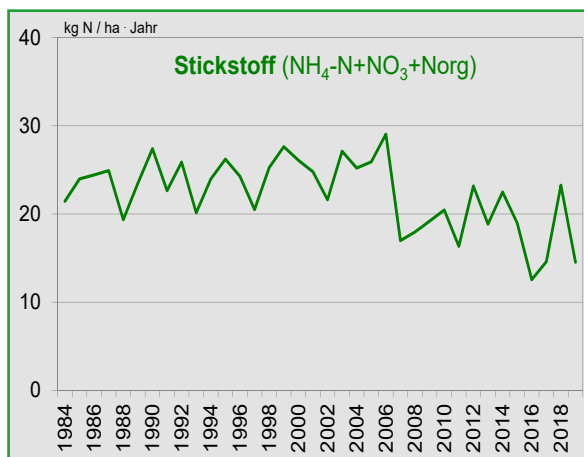
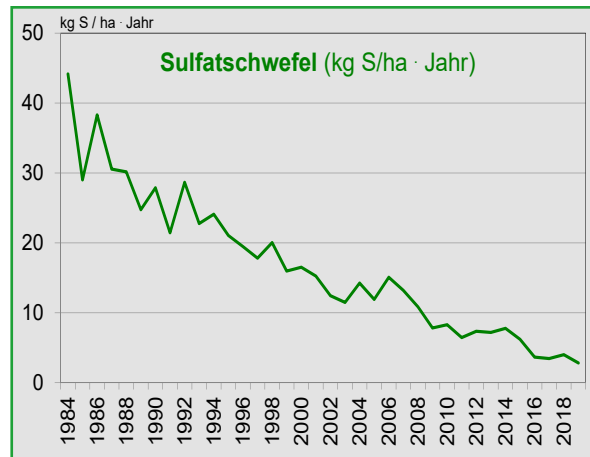
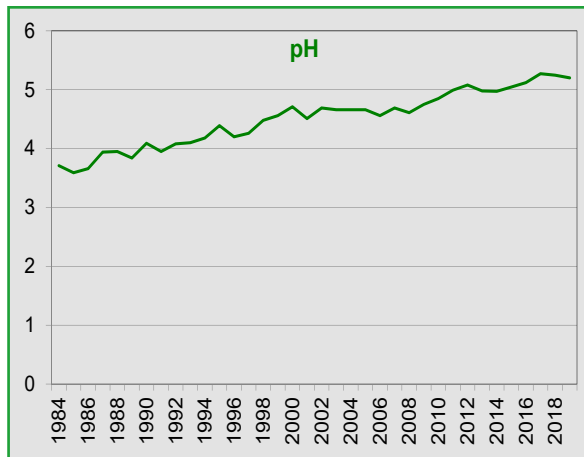
Quelle: Umweltbundesamt (2019)

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>



Reduzierter Stickstoff (Ammoniak) stammt überwiegend aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung und in geringem Umfang auch aus der Herstellung und Anwendung stickstoffhaltiger Mineraldünger, der Rauchgasstickung und dem Kraftfahrzeugverkehr.

Die Emission der Stickoxide (NO und NO_2 kalkuliert als NO_2) ist in Deutschland insbesondere durch den Einsatz von Katalysatoren in Kraftfahrzeugen und Entstickungsanlagen in Kraft- und Heizwerken seit 1990 um 59 % 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 2018 um 16 %) 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 636 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 Luftreinhalteprogramms 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.

Säureeinträge

Aufgrund der beträchtlichen Reduktion der Emission von Schwefeldioxid sind die pH-Werte im Niederschlagswasser deutlich angestiegen. Mitte der 1980er Jahre wurden im Freilandniederschlag meist pH-Werte zwischen 4 und 4,5 und im Kronentraufwasser der Fichtenbestände sogar zwischen 3,5 und 3,8 gemessen. Heute liegen die pH-Werte sowohl im Freilandniederschlag als auch in der Kronentraufe meist über 5, also mehr als eine pH-Einheit höher. Trotz des mit dem pH-Anstieg im Niederschlagswasser verbundenen Rückgangs der Säureeinträge in den Waldboden ist die Säurebelastung der Waldökosysteme nach wie vor vielfach zu hoch. Dies ist vor allem auf die hohen Eintragsraten des aus der Landwirtschaft stammenden Ammoniums und 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 Basenkationeneintrag aus der atmosphärischen Deposition meist nicht aus, diese Säurebelastungen ökosystemverträglich zu

puffern. Daher sind zum Schutz unserer Waldökosysteme nach wie vor weitere Anstrengungen zur Verringerung der Emission der Säurevorläufer und eine Fortsetzung der Bodenschutzkalkungen 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 Standorten werden die Verträglichkeitsgrenzen deutlich überschritten. Dies belegt die Notwendigkeit weiterer Maßnahmen zur Reduktion der Emission der Ozonvorläufersubstanzen, wie Stickstoffoxide und flüchtige Kohlenwasserstoffe.

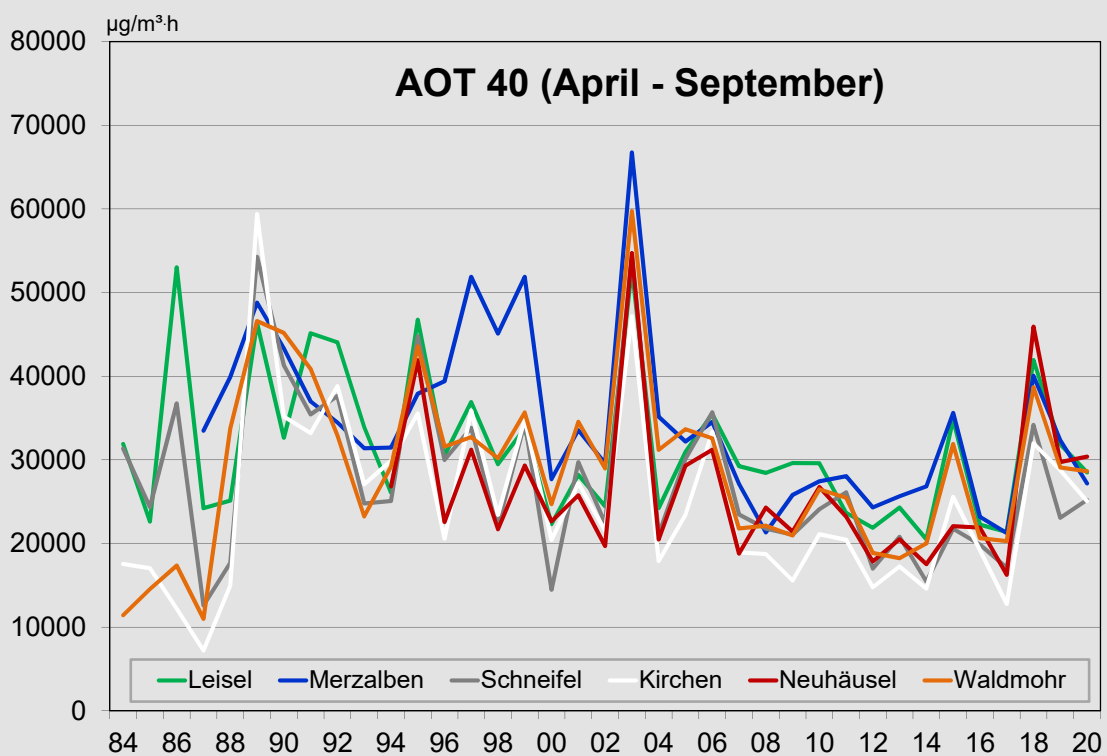
Eine eingehende Darstellung der Ozonbelastung unserer Wälder mit Kalkulationen der für die Entstehung von Ozonschäden an Bäumen entscheidenden Ozonaufnahme über die Spaltöffnungen der Blätter oder Nadeln enthält der Beitrag „Ozonbelastung rheinland-pfälzischer und saarländischer Waldökosysteme“ im Waldzustandsbericht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

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

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





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

Foto: H. W. Schröck

EINFLÜSSE AUF DEN WALDZUSTAND WALDSCHUTZ



Trockenheit und Hitze führten bereits 2018 und 2019 zu einer Vitalitätsschwächung der Bäume. Dies hat sich 2020 fortgesetzt. Geschwächte Bäume werden anfälliger für Antagonisten (Gegenspieler/Schaderreger), zudem beschleunigen langandauernde höhere Temperaturen die Entwicklung zahlreicher Insektenarten. Die Kombination dieser Entwicklung führt zu Waldschäden in einem bisher in Rheinland-Pfalz nicht gekannten Ausmaß.

Fichte

Je drei Borkenkäfergenerationen in den Jahren 2018, 2019 und 2020 führten, zumindest in tieferen Lagen von Rheinland-Pfalz, zu einem Ausmaß an Schäden in historisch bisher nicht erreichtem Ausmaß. Die Käferpopulation erreichte zum Start 2020 einen erneuten Höchststand, was dazu führte, dass selbst vitale Fichten Opfer des Buchdruckers wurden. Ausgangspunkt von Buchdrucker Massenvermehrungen ist geeignetes Brutmaterial, zum Beispiel von geschwächten Fichten. Dies kann durch Sturmwurf, durch Trockenheit oder die Kombination beider Einflussfaktoren geschehen. Beim Sturmwurf umgefallene Fichten mit eingeschränktem Wurzelkontakt können nur begrenzt 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 einbohrenden Käfern, reduziert. Erfolgreiche Brutanlagen der Käfer unterbinden den Saftfluss im Baum und führen zu dessen Absterben. Im Frühjahr 2020 war der Befallsdruck infolge einer hohen Ausgangspopulation enorm hoch. Danach wurden schon die durch die Stürme Lolita, Yulia und Sabine geworfenen und gebrochenen Fichten (ca. 500.000 fm), die dem Buchdrucker einen idealen Brutraum boten, in einer außergewöhnlich hohen Besiedlungsdichte befallen. Die hohe Käferzahl führte auch zum Befall von zu diesem Zeitpunkt noch vitalen und sehr gut mit Wasser versorgten Fichten.



Buchdruckerbefall an einer vom Wind geworfenen sowie an einer benachbarten stehenden Fichte an der mittlerweile aufgegebenen Versuchsfläche im Forstamt Neuhäusel

Fotos: H.W. Schröck

Es gab so viele Käfer, dass auch vitale Fichten den Befall nicht mehr abwehren konnten. Dies ist ein zu diesem Zeitpunkt der Massenvermehrung durchaus „normaler“ Verlauf. Trotz großer Anstrengungen seitens Landesforsten und vieler Waldbesitzenden war es nicht zu vermeiden, dass ein Teil der brutbesetzten Fichten nicht rechtzeitig aufgearbeitet und entrindet bzw. abtransportiert werden konnte.

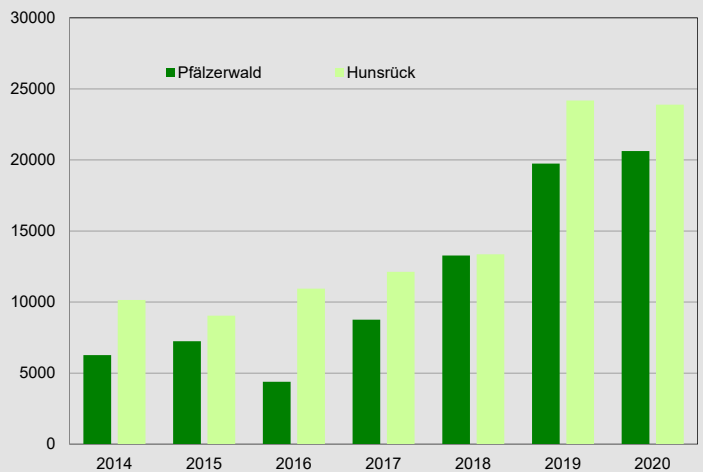
Monitoring Buchdrucker

Der Buchdrucker wird an jeweils drei Standorten im Pfälzerwald und im Hunsrück überwacht. Auf Grundlage dieser Daten werden fortlaufend Empfehlungen zur effektiven Kontrolle der Fichtenwälder auf Stehendbefall für die Waldbesitzenden abgeleitet und wöchentlich veröffentlicht (<https://fawf.wald-rlp.de>). Die Entwicklung der Käferfangzahlen pro Falle verdeutlicht den Anstieg der Käferpopulation im aktuellen Jahr.

Umfang der Schadflächen

Der flächenmäßige Umfang abgestorbener Fichtenwälder kann auf verschiedenen Wegen hergeleitet werden. So kann über eingeschlagene Holzmengen eine Abschätzung der zugrundeliegenden Flächen vorgenommen werden, eine weitere Quelle sind Umfragen bei den Forstämtern, genau dokumentierte Wiederaufforstungsflächen oder auch Informationen aus Satellitendaten. In einer Kooperation mit der Universität Trier, Fachbereich Umweltfernerkundung und Geoinformatik, wird mittels Satellitendaten der Umfang in ihrer Vitalität geschwächter Wälder in Rheinland-Pfalz erfasst. Grundlage sind multispektrale Aufnahmen von Sentinel-2-Satellitendaten, die im Rahmen des europäischen Erdbeobachtungsprogrammes Copernicus erhoben werden. Diese Satelliten überfliegen Rheinland-Pfalz etwa alle 5 Tage und liefern bei wolkenfreiem Himmel Bilder in einer Auflösung von maximal 10x10 m. Unterschiedliche Spektralindices ermöglichen die Berechnung von Veränderungen der Biomasse, Chlorophyllkonzentration und Wassergehalt der Wälder im Zeitverlauf. Als Veränderungen erfasst werden abgestorbene Wälder und Windwurfflächen, aber auch in ihrer Vitalität geschwächte

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



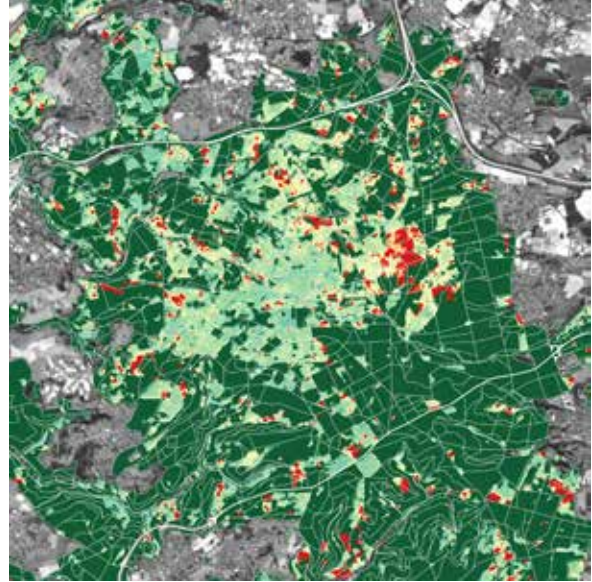
Wälder sowie Baumentnahmen im Rahmen regulärer Pflege- und Erntemaßnahmen. Die beispielhafte Darstellung eines Waldgebietes im Westerwald bei Neuhäusel verdeutlicht die rasante Zunahme der Schadflächen seit April 2018 (siehe nächste Seite).

Alle Erfassungsmethoden weisen Unsicherheiten auf. So sind in den Berechnungen aus den Satellitendaten auch reguläre Durchforstungsmaßnahmen als Veränderungen enthalten. Flächen unter ca. 0,25 ha können aufgrund des Bildmaßstabes meist nicht erfasst werden. Ebenso treten Probleme in Mischbeständen und methodisch bedingt an Bestandesrändern auf. Umfragen bei den Forstämtern können lediglich auf Schätzungen beruhen und die Herleitung der Schadflächen über verkaufte Holzmengen ist ebenfalls mit Unsicherheiten behaftet. So sind große Teile der verkauften Holzmengen, insbesondere des Privatwaldes nicht bekannt, die Herleitung Menge Fichtenholz zu Fläche beruht auch auf Annahmen und eventuell mit am wichtigsten: viele Bäume stehen noch tot im Wald, d.h. sind noch nicht bzw. werden auch nicht aufgearbeitet. Unter sorgfältiger Abwägung aller Informationen kann davon ausgegangen werden, dass in Rheinland-Pfalz seit 2018 bis Ende des Jahres 2020 mehr als 25.000 ha Wald abgestorben bzw. durch Wind geworfen wurden.

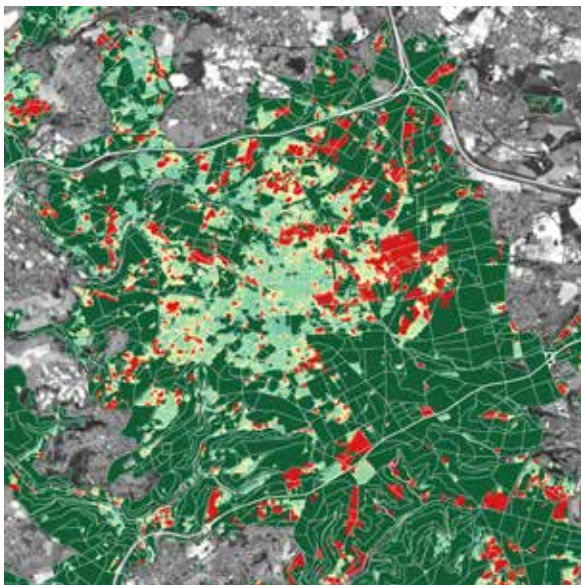
April 2019



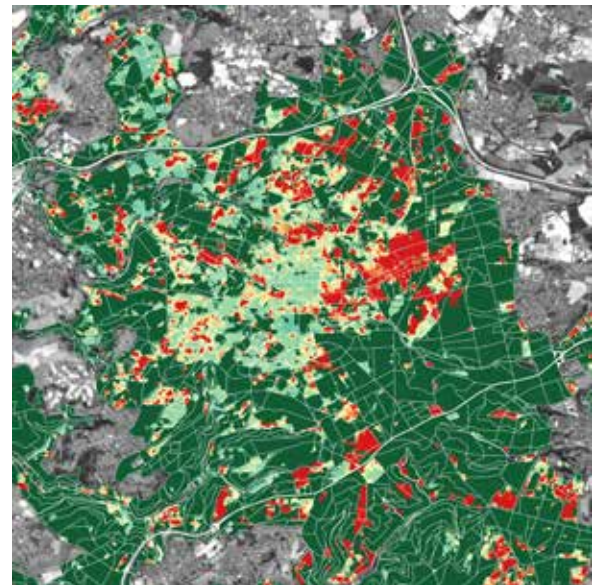
Juli 2019



April 2020



August 2020



Der Bildausschnitt zeigt die fortschreitende Entwicklung der Borkenkäferkalamität in Fichtenbeständen bei Neuhäusel (Westerwald) aus Sicht des europäischen Erdbeobachtungssatelliten Sentinel-2. Die als Ergebnis der Auswertung rot ausgewiesenen Areale zeigen Bestände, die zum jeweiligen Beobachtungszeitpunkt (April 2019 - Juli 2019 - April 2020 - August 2020) weitestgehend abgestorben oder bereits abgeräumt waren. Dunkelgrün hinterlegt ist die Gesamtwaldfläche mit dem Waldwegenetz des Landes Rheinland-Pfalz.

Buche

2020 hat die Buche wieder sehr stark fruktifiziert. Auch wenn Blüten und Früchten normale Vorgänge im Lebenszyklus eines Baumes und für die Verjüngung von Wäldern von entscheidender Bedeutung sind, führt dies zu einer starken Belastung der Bäume. Der Nährstoffbedarf zur Anlage von Blüten und Früchten ist erheblich und wird entweder durch angelegte Reserven oder durch Verlagerung von Wachstumsvorgängen gedeckt. Auf den Buchen-Dauerbeobachtungsflächen geht die seit 1990 und verstärkt seit 2002 auftretende Fruktifikation mit einem signifikanten Anstieg der Kronenverlichtung und einem signifikanten Rückgang des Zuwachses einher (<https://fawf.wald-rlp.de/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=71199&token=3ce70d4e0685edce7be475a4f4a28ae5a31bbba2>).

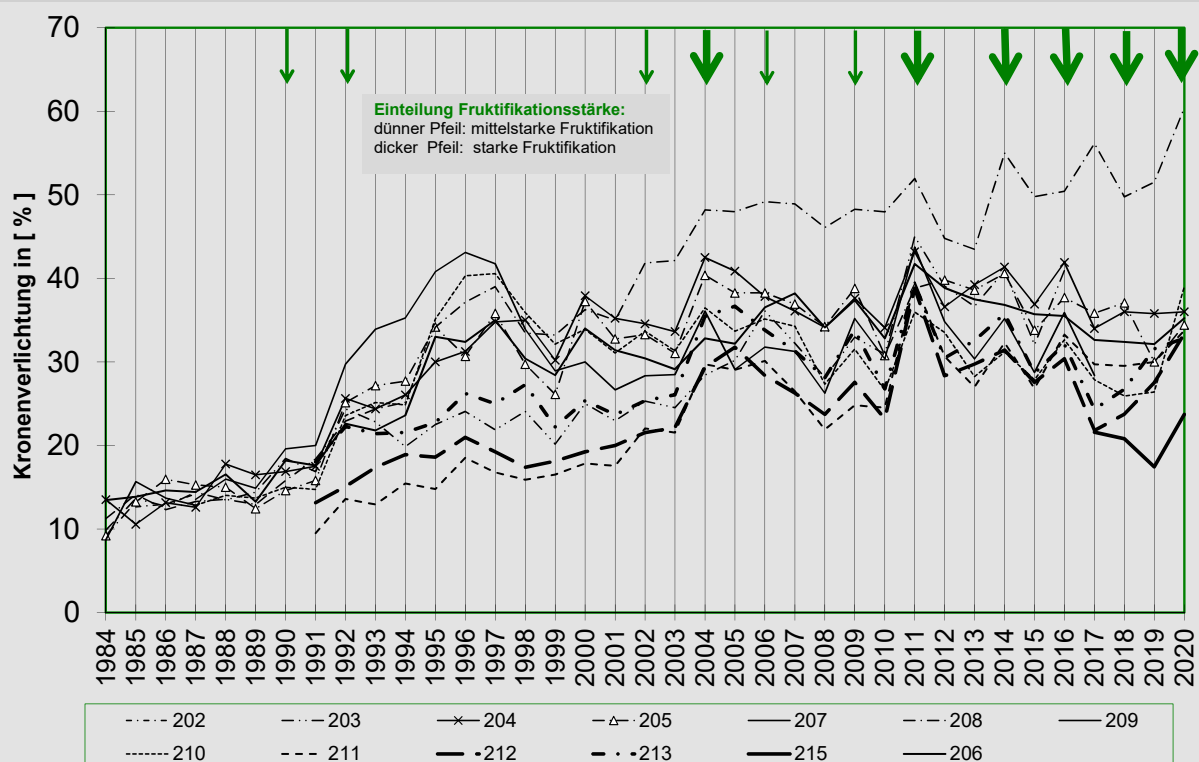
Während vor 2018 tote Buchen lediglich in Verbindung mit der sogenannten Buchenkomplex-

krankheit auftraten, führten die Jahre 2018 bis 2020 zu einem deutlichen Anstieg trockenheitsbedingter Absterbevorgänge.

Die Bäume sind geschwächt und werden anfällig gegenüber anderen Schaderregern. Durch Sonnenbrand verursachte Rindennekrosen führen zu einem Auftreten von Rindenpilzen. Dem folgt die Besiedelung durch Holzfäulepilze oder Hallimasch. Buchenborkenkäfer und Buchenprachtkäfer profitieren von geschwächten Buchen und den warmen Temperaturen, können sich gut vermehren und verursachen weitere Schäden.

2020 führten die in weiten Bereichen des Landes zu trockenen Monate April, Juli und August zu einem Rückgang der Wasservorräte im Wurzelraum der Bäume. Ende Juli/Anfang August gerieten insbesondere die stark fruktifizierenden Buchen unter zunehmenden Wasserstress. Dies äußerte sich in gelb und braun werdenden Bu-

Entwicklung des durchschnittlichen Blattverlustes auf den Buchendauerbeobachtungsflächen



Flächig braun werdender Buchenwald im Hunsrück Fotos: F. Schmidt.



chenblättern und häufig in nicht vollständig entwickelten Bucheckern. Deutlich sichtbar wurde dies durch flächig braun werdende Buchenwälder, z. B. auf südlich exponierten Standorten des Hunsrücks.

Die Kombination von Trockenheit und starker Fruktifikation führt zu einer Schwächung der Bäume. Auch wenn im August die Buchen ihre Knospen für das nächste Jahr bereits ausgebildet hatten und diese in der Regel auch grün und vital waren, werden die Auswirkungen dieser Schwächung erst nächstes Jahr sichtbar werden. Zu erwarten ist jedoch eine weitere, deutliche Zunahme der Schäden.



Bereits Anfang August braun werdende Buche in der Nähe von Kaiserslautern

Fotos: H.W. Schröck

Eiche

Wenn mehrere Schaderreger gleichzeitig auftreten, gerät auch die vergleichsweise trockenresistente Traubeneiche in Bedrängnis. Gut belegt und dokumentiert sind die Zusammenhänge zwischen Blattfraß durch Schmetterlingsraupen, nachfolgendem Pilzbefall (Mehltau) dem Wiederaustrieb und Absterbevorgängen infolge Eichen-Prachtkäferbefalls der bereits geschwächten Bäume (siehe WZE-Bericht 2019).

Aufgrund der 2019 für 2020 erwarteten Massenvermehrung des Schwammspinners in bereits vorgeschädigten „Trockeneichenwäldern“ am Donnersberg wurden zwei je 0,25 ha große Versuchsflächen angelegt, um erstens aktuelle und zurückliegende Schäden zu dokumentieren, zweitens den Umfang der erwarteten Fraßschäden und die in diesem Zusammenhang befürchteten Absterbevorgänge zu dokumentieren.

Die Erfassung aller Bäume verdeutlichte zunächst die erfreulich hohe Vielfalt an Baumarten. Die dominierende Baumart ist die Eiche mit 65 % Anteil, danach folgen Hainbuchen mit 15 % und Französischer Ahorn mit 11 %. Feldahorn, Weißdorn, Els-

beere, Mehlbeere und einzelne Eschen ergänzen das Baumartenspektrum.

Die Ergebnisse bestätigen die kritische Entwicklung seit 2018 und 2019. Insgesamt sind in diesem kurzen Zeitraum 22 % der Eichen abgestorben oder aktuell infolge der Nachwirkungen von Trockenheit und Raupenfraß absterbend. Die als trockenresistenter eingestufte Hainbuche und der Französische Ahorn weisen mit 5 % bzw. 2 % deutlich geringere Absterberaten auf. Für die anderen Baumarten kann aufgrund ihrer geringen Anzahl keine belastbare Aussage gemacht werden. Deutlich wird jedoch, dass auch diese als vergleichsweise trockenresistent eingestuften Baumarten unter solchen Extrembedingungen Probleme bekommen. Die Gesamtsituation hat sich jedoch gegenüber dem Vorjahr deutlich entspannt. Der erwartete Raupenfraß und die damit einhergehende Mehrbelastung der Bäume ist ausgeblieben. Die Schwammspinnerpopulation ist vermutlich aufgrund des Auftretens von Polyederviren (Einknickkrankheit) zusammengebrochen. Das Gesamtbild des Waldes hat sich durch den hervorragenden Neuaustrieb der Eichen deutlich verbessert.



Geschädigter Trockeneichenwald im Forstamt Kirchheimbolanden Anfang September 2019 (oben) und zum gleichen Zeitpunkt 2020 (unten)



Vermullich durch Polyerderviren verendete Schwamm-spinnerraupen

Fotos: H.W. Schröck

Interessant ist auch, dass die Eichen an diesem extrem trockenen Standort immer wieder unter solchen extremen Witterungen wie 2018/19 leiden, in der Krone zurücksterben, sich jedoch, wenn diese Situationen nicht zu lange dauern, wieder erholen können. Insgesamt wiesen etwa die Hälfte aller Eichen alte Schäden auf. Die Kronen waren oft bis zur Hälfte abgestorben, um sich danach wieder zu regenerieren. Dies belegt auch eine vergleichsweise gute Anpassung an diesen Extremstandort. Aus wissenschaftlicher Sicht wäre ein Kahlfrass 2020 sicher sehr interessant gewesen, da dann die Grenzen der Belastbarkeit ausgetestet worden wären. Für diesen sehr schönen Eichentrockenwald blieb die erwartete Zusatzbelastung glücklicherweise aus.

Eichenprozessionsspinner

In vielen Teilen des Landes hat sich der Eichenprozessionsspinner weiter verbreitet. Insbesondere an Waldrändern oder an Eichen in der Feldflur, z. B. in der Nordpfalz, waren Gespinstnester zu verzeichnen.

Einzelne Punkte der Waldzustandserhebung konnten wegen der vom Eichenprozessionsspinner ausgehenden gesundheitlichen Risiken nicht aufgenommen werden. An einer Versuchsanlage ist ein Baumsteiger nach Blattprobennahme, trotz vorherigen Absuchens des Baumes, durch die



Über ein Meter langes Eichenprozessionsspinnernest bei Pfeffelbach

Foto: H.W. Schröck

Härchen des Prozessionsspinners gesundheitlich beeinträchtigt worden. Diese Hinweise sind ein konkretes Beispiel für die Ausbreitung des Eichenprozessionsspinners in geschlossene Wälder.

Ahorn

Der ursprünglich aus Nordamerika stammende, erstmals 2008 im Forstamt Sobernheim nachgewiesene Erreger der Rußrindenkrankheit (*Cryptostroma corticale*), hat sich auch im Wald auf gering mit Wasser versorgten Standorten weiter ausgebreitet. Der Pilz gilt als pathogen an geschwächten Ahornen, vitale Bäume sind bisher nicht von der Krankheit betroffen. Befallen ist in erster Linie der Bergahorn; Spitzahorn und Feldahorn können jedoch auch besiedelt werden. Zwischen Befall, meist über Wunden, Verletzungen oder absterbende Rindenpartien und Ausbildung von Sporenlagern können mehrere Jahre vergehen.

Langanhaltender und intensiver Kontakt mit den Sporen kann zu Krankheitssymptomen beim Menschen führen. Das Gefährdungspotenzial für den normalen Waldbesucher wird hingegen nicht als hoch eingestuft. Ausführliche Informationen bietet das Waldschutzinfo der FVA Freiburg (https://www.fva-bw.de/fileadmin/publikationen/wsinfo/wsinfo2020_02.pdf).

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 führt, da die Mistel bei Trockenheit weiter das Wasser des Wirtsbaumes verbraucht, zu einer deutlichen Verschärfung des Trockenstresses. Sowohl der Anteil durch Misteln befallener Kiefern als auch deren Befallsintensität hat schon seit Jahren in der Rheinebene deutlich zugenommen. Zudem hat sich die Mistel in den letzten Jahren auch im Pfälzerwald ausgebreitet. All diese Schwächungen der Kiefer bieten Kiefernborckenkäfern und Kiefernprachtkäfern optimale Möglichkeiten, sich zu verbreiten. Sichtbar wird dies durch das in vielen Kiefernwäldern zu beobachtenden Absterben einzelner Kiefern. Extrem wird dies in unseren wärmsten Regionen, z.B. der Rheinebene, insbesondere dann, wenn zu den hohen Temperaturen auch noch Wassermangel, möglicherweise mitverursacht durch sinkende Grundwasserstände, das Problem verschärft. So ist beginnend 2018 in verschiedenen trockeneren Bereichen im Rheintal ein teils flächiges Absterben von Kiefern zu beobachten.

In einigen dieser bereits verlichteten Kiefernwäldern breitet sich aktuell die Kermesbeere, eine meist aus Nordamerika stammende, gern in Ziergärten angepflanzte Art, teilweise flächendeckend aus. In solchen Situationen ist die natürliche Verjüngung unserer lichtbedürftigen Baumarten stark gefährdet bzw. unmöglich.

Generell bereitet uns das künftige Klima in der Rheinebene viele Sorgen, lässt es doch Merkmalsausprägungen erwarten, die in unserer aktuellen Definition der Höhenzonierung (planar) überhaupt nicht vorkommen. Ein solches Klima könnte den Fortbestand der Vegetationsform Wald gefährden und die Einwanderung von Schadorganismen, die wir heute noch nicht kennen, ermöglichen.



Abgestorbene Altkieferngruppe Foto: F. Korff



Abgestorbene Kiefern naturverjüngung Foto: F. Korff



Flächendeckend Kermesbeere im Gemeindewald Lustadt

Foto: M. Greve

Birke

Das bereits 2019 zu beobachtende Absterben einzelner Birken hat sich deutlich ausgeweitet. Verstärkt durch die in diesem Jahr intensive Blütenbildung und nachfolgenden Energieverbrauch für die Fruchtbildung sind Birken, eine Baumart, die vergleichsweise viel Wasser braucht, nach Braunfärbung der Blätter und/oder vorzeitigem Blattfall in beträchtlicher Zahl abgestorben. Da die Birke als Pionierbaumart im Zuge der Wiederbewaldung eine große Rolle bei der natürlichen Verjüngung des Waldes spielt, ist dies von großer ökologischer, aber auch wirtschaftlicher Bedeutung und in höchstem Maße besorgniserregend.

Douglasie

Deutlich ansteigende Anfragen der Forstämter zu Ursachen und Umgang mit devitalisierten, z. T. absterbenden Douglasien verdeutlichen nochmals eindringlich, dass die Douglasie kein Allheilmittel im Klimawandel darstellt.

Seit mehreren Jahren wird bereits landesweit zum Teil starker Befall mit dem Erreger der Rußigen Douglasienschütte (*Phaeocryptopus gaeumannii*) verzeichnet. Dies ist mit erheblichen Zuwachseinbußen verbunden. Im Zusammenhang mit der zurückbleibenden Höhentriebentwicklung droht der Douglasie im Mischwald die Einschränkung ihrer Konkurrenzfähigkeit.

Im Frühjahr 2020 wurde immer wieder Befall durch Grauschimmel (*Botrytis cinerea*) oder den Erreger des Sirococcus-Triebsterbens (*Sirococcus conigenus*), deren Erscheinungsbild dem von Spätfrostschäden ähnelt, beobachtet.

Hinzu kommen die aus Nordamerika eingeschleppte Gallmücke (2016 in RLP erstmals nachgewiesen) und nun das dritte Jahr mit zumindest gebietsweise auftretendem Trockenstress. Dies führt zur Schwächung der Douglasie und macht sie anfällig für Gegenspieler.



Birke mit braunen Blättern in der Oberkrone, möglicherweise zumindest teilweise abgestorben Foto: H.W. Schröck

ERGÄNZENDE BAUMARTEN
- EINE CHANCE ZUR ERHÖHUNG
DER WIDERSTANDSFÄHIGKEIT
UNSERER WÄLDER



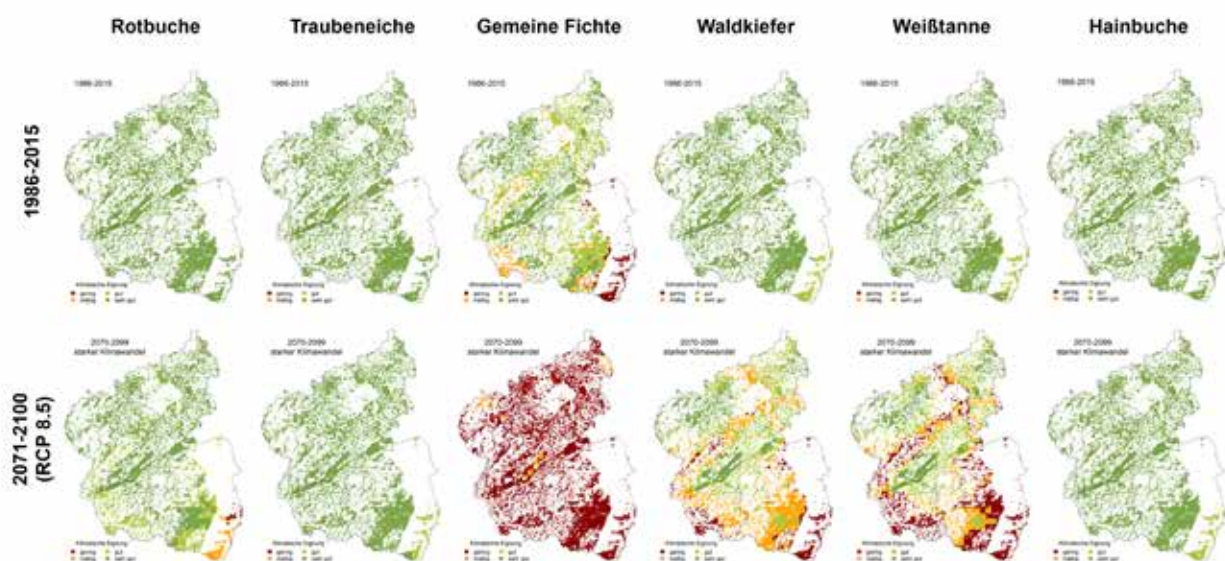
Ein deutlicher Temperaturanstieg, häufigere Hitze- und Dürreperioden sowie das verstärkte Auftreten von Krankheiten und Antagonisten gefährden langfristig unsere Waldökosysteme. Unsere heimischen Baumarten stoßen zunehmend an ihre Grenzen. Eine punktuelle Einmischung ergänzender Baumarten erhöht die Vielfalt und kann dadurch die Anpassungsfähigkeit unserer Wälder unterstützen.

Warum ergänzende Baumarten?

Es ist davon auszugehen, dass viele derzeit standortheimische Arten im zukünftigen Klima ungünstigere Wachstumsbedingungen haben und verstärkt von Antagonisten befallen werden. Unter extremen Bedingungen können sie sogar an

den Rand ihrer physiologischen Existenzbereiche gelangen. Zur Bewertung der klimatischen Eignung wurde die Übereinstimmung des Klimas im natürlichen Verbreitungsgebiet der Baumarten mit dem Klima in Rheinland-Pfalz verglichen.

Klimatische Eignung der Hauptbaumarten und ausgewählter Nebenbaumarten für die Gegenwart (1986-2015, Datenquelle HYRAS, Deutscher Wetterdienst) und die Zukunft (2070-2099) nach dem Klimawandelszenario RCP8.5.



Baumhasel mit Früchten

Foto: Th. Wehner

Im aktuellen Klima finden abgesehen von der Fichte alle anderen standortheimischen Hauptbaumarten wie auch die Weißtanne und die Hainbuche heute gute bis sehr gute klimatische Bedingungen vor. In der Zukunft können jedoch lediglich die Traubeneiche und die Hainbuche ihre sehr gute klimatische Eignung nahezu flächendeckend behaupten. Die Buche bekommt vor allem am Oberrhein klimatische Probleme, im Saarland und in großen Teilen des Pfälzerwaldes ist sie künftig immerhin noch gut geeignet. Anlass zur Sorge gibt die Entwicklung bei der Weißtanne und der Waldkiefer, da beide Arten in ähnlicher Weise in den tiefer gelegenen Flusstälern, im Pfälzerwald und im Saarland weit überwiegend keine guten klimatischen Perspektiven haben. Erwartungsgemäß keine Zukunftsperspektiven hat die Fichte.

Methodik

Die hier dargestellten Klimaeignungskarten basieren auf einem Vergleich der klimatischen Bedingungen im natürlichen Verbreitungsgebiet einer Baumart mit heutigen und künftigen Klimabedingungen in Rheinland-Pfalz, wobei für die Gesamteignung (in vier Stufen von "gering" bis "sehr gut") verschiedene klimatische Parameter integriert wurden. Damit kann näherungsweise abgeschätzt werden, inwieweit die jeweilige Baumart in einem möglichen Zukunftsklima überlebensfähig ist.

Das Wachstumspotential, als weiterer Vitalitätsweiser und Hinweis auf forstwirtschaftliche Nutzungsmöglichkeiten wurde nicht berücksichtigt.

Andererseits sollte das Anpassungsvermögen der standortheimischen Baumarten und geeigneter Herkünfte keinesfalls unterschätzt werden. So ist davon auszugehen, dass Selektionsmechanismen bei der natürlichen Verjüngung dieser Baumarten,

aber auch epigenetische Effekte, deren Anpassungsfähigkeit im Klimawandel erhöhen. Auch die Bedeutung der Einbindung der heimischen Baumarten in bewährte Lebensnetze mit vielfachen unterstützenden Wechselwirkungen muss sehr hoch bewertet werden. Ein besonders wichtiges Beispiel hierfür, unter unzähligen anderen, ist die Interaktion mit Pilzen im Rahmen der Mykorrhiza. Dennoch erscheint es zur Förderung der Resilienz und zur Risikostreuung schon allein aus Gründen der Vorsorge geboten, neben erfolgreich eingeführten gebietsfremden auch weitere, ergänzende Baumarten zu berücksichtigen und zunächst im Rahmen von Praxisversuchen anzupflanzen.

Der Anbau neuer Arten ist stets mit Risiken verbunden, hinsichtlich ihrer ökologischen Integrierbarkeit in unsere Waldökosysteme, ihres Schadenspotenzials, ihrer Konkurrenzfähigkeit, ihrer möglichen Invasivität, ihrer genetischen Wirkungen, eventuell bis hin zur stets problematischen Hybridisierung und ihrem Wachstum. Um ökologische Risiken zu begrenzen, sollten daher vornehmlich Baumarten gesucht werden, die in ihrem Ursprungsgebiet mit unseren heimischen Baumarten oder nahen Artverwandten vergesellschaftet sind, mit diesen und oft auch mit vielen gemeinsamen Bodenpflanzen, Pilzen und anderen Bodenorganismen eine lange Koevolution aufweisen und deren Standort- und Klimaansprüche zu den heutigen und künftigen Verhältnissen passen. Außerdem lässt sich eine Beteiligung nur begründen, wenn die Baumarten heimischen Arten in der Toleranz gegenüber Hitze und Trockenheit überlegen sind. Als Suchraum scheint der Kontaktbereich zwischen Europa, Asien, zum Teil auch Nordafrika besonders vielversprechend zu sein.

Zu beachten:

Auch wenn die begrenzte Beimischung ergänzender Baumarten als sinnvoll angesehen wird, müssen Risiken abgewogen und soweit möglich begrenzt werden. Aus diesem Grunde hat Landesforsten im Frühjahr 2020 eine „Grundsatzanweisung Waldverjüngung im Klimawandel“



erarbeitet. Darin verdeutlicht eine Baumpyramide die Grundsätze der strategischen Ausrichtung: Das Grundgerüst der künftigen Waldgeneration bilden die Baumarten, die unsere heute natürlich vorkommenden Waldgesellschaften, v. a. Buchenmischwälder und Eichen-Hainbuchenwälder, prägen. Trockenheitstolerante Baumarten, wie seltene heimische Mischbaumarten oder alternative Herkünfte heimischer Baumarten, erweitern das Spektrum. Diese werden um Baumarten ergänzt, die wie die Edelkastanie bereits seit sehr langer Zeit (seit der Römerzeit) oder wie die Douglasie zumindest vor Jahrzehnten eingeführt wurden. Für diese Baumarten liegen langjährige Erfahrungen vor, ihre Möglichkeiten und Grenzen sind bekannt und die Risiken ihrer weiteren Verwendung sind abschätzbar.

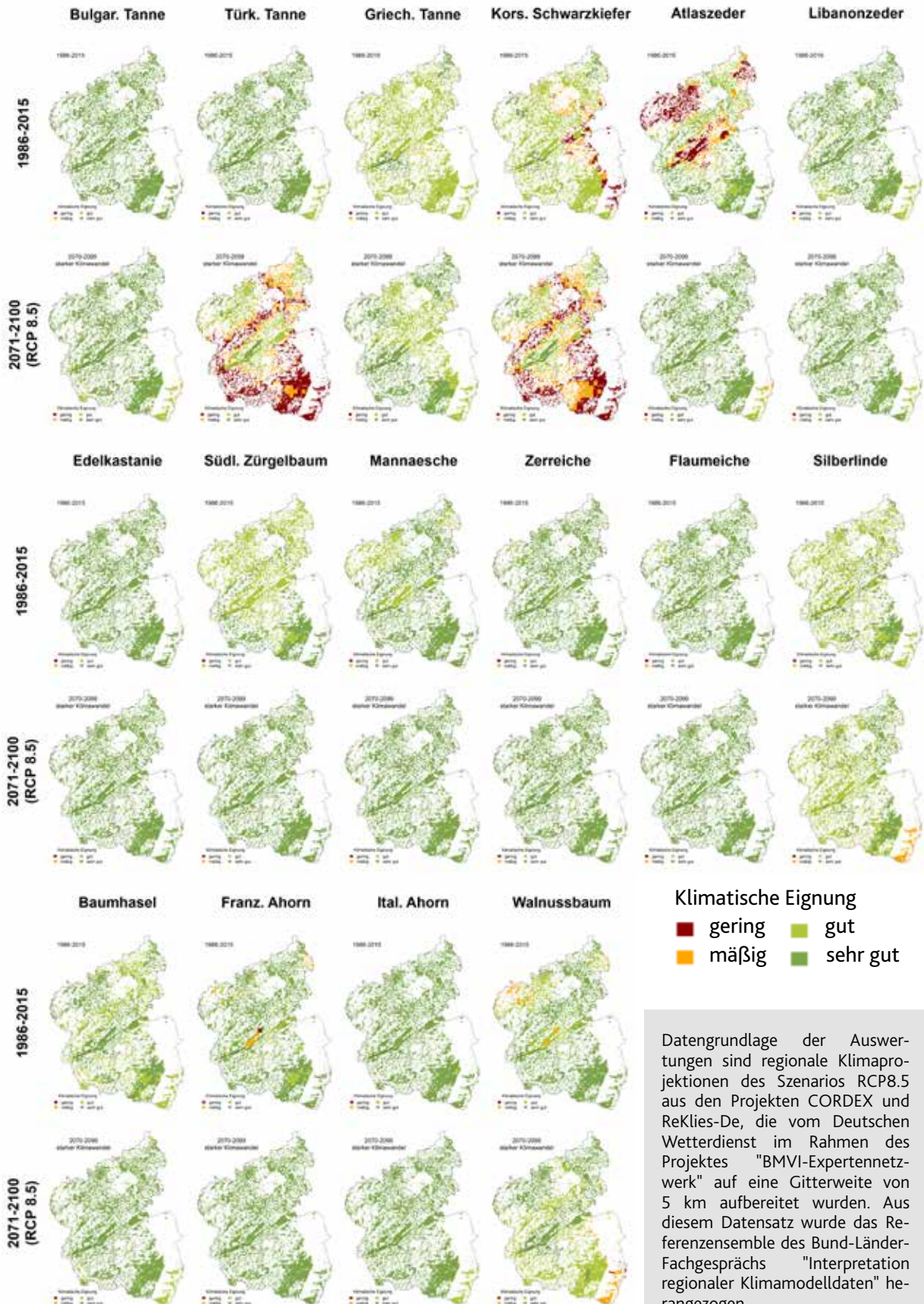
Der Flächenanteil ergänzender Baumarten bleibt begrenzt und wird in der Summe lediglich die Spitze der Baumartenpyramide bilden. Durch eine kleinräumige, streifen- oder klumpenweise Beimischung sowie eine Begrenzung auf max. 20 % Flächenanteil im Rahmen der Wiederbewaldung von Kahlflächen wird einerseits das Risiko begrenzt, andererseits können Erfahrungen gesammelt und heutige Einbringungsempfehlungen mit vertretbarem Risiko überprüft werden.

Aktuelle Auswahl ergänzender Baumarten - Empfehlungen für die Praxis

Insgesamt 16 Baumarten aus dem eurasischen und nordafrikanischen Kontakt- und Übergangsbereich wurden für eine erste Analyse ausgewählt. Diese umfasst die klimatische Eignungsbewertung (durch den Vergleich der Übereinstimmung des Klimas im natürlichen Verbreitungsgebiet der Baumarten mit dem Klima in Rheinland-Pfalz) wie auch eine literaturbasierte Recherche, die eine erste Einschätzung zu Standortansprüchen, waldwirtschaftlicher Vorgehensweise und möglichen Risiken erlaubt. Selbstverständlich können die Standortbedingungen aus den Herkunftsländern nicht exakt auf die Standorte in Rheinland-Pfalz übertragen werden. So wachsen die meisten dieser Baumarten von Natur aus unter wesentlich höherer Einstrahlung, unter geringerer Spätfrostgefährdung und vor allem auf anderen Böden. Eine Vielzahl von Faktoren bestimmt, ob eine Art sich an einem Standort erfolgreich etablieren und einen positiven Beitrag für ein funktionierendes Ökosystem, wie auch für die Holzwirtschaft, leisten kann. Zur Klärung gibt es noch vielfältigen Forschungsbedarf und die wissenschaftliche Begleitung forstlicher Einbringungsversuche ist unumgänglich.

Die betrachteten Laubbaumarten finden bereits heute in weiten Teilen von Rheinland-Pfalz und dem Saarland ein Klima vor, welches zu großen Teilen auch in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet vorkommt. Die geringsten Übereinstimmungen im aktuellen Klima sind bei dem Südlichen Zürgelbaum, der Baumhasel, der Silberlinde und der Walnuss zu sehen. Für die Silberlinde und die Walnuss verschlechtert sich die klimatische Eignung vor allem in der Oberrheinebene, im Saarland geht die Eignung von „sehr gut“ nach „gut“ zurück. Der Zürgelbaum und die Baumhasel finden im zukünftigen Klima bessere Bedingungen vor.

Klimatische Eignung von 16 Baumarten für die Gegenwart (1986-2015, Datenquelle HYRAS, Deutscher Wetterdienst) und die Zukunft (2070-2099), Referenzensemble des Bund-Länder-Fachgesprächs nach dem derzeit schärfsten Klimawandelszenario RCP8.5.



Datengrundlage der Auswertungen sind regionale Klimaprojektionen des Szenarios RCP8.5 aus den Projekten CORDEX und ReKlies-De, die vom Deutschen Wetterdienst im Rahmen des Projektes "BMVI-Expertennetzwerk" auf eine Gitterweite von 5 km aufbereitet wurden. Aus diesem Datensatz wurde das Referenzensemble des Bund-Länder-Fachgesprächs "Interpretation regionaler Klimamodelldaten" herangezogen.

Für alle anderen Laubbaumarten ist von einer gleichbleibenden oder zunehmenden Eignung bis Ende des Jahrhunderts auszugehen (bei Annahme des Hochemissionsszenarios RCP8.5). Der bei uns als dem einzigen deutschen Bundesland natürlich vorkommende Französische Ahorn und der Walnussbaum profitieren insbesondere in den heute noch zu kalten höheren Mittelgebirgslagen vom Klimawandel.

Von den untersuchten Nadelbaumarten finden die Bulgarische Tanne und die Libanonzeder heute, wie auch Ende des Jahrhunderts, in weiten Teilen von Rheinland-Pfalz und im Saarland klimatische Bedingungen vor, die auch in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet vorkommen. Die heute bereits guten klimatischen Bedingungen für die Griechische Tanne verbessern sich vermutlich im zukünftigen Klima noch. Auch für die Atlaszeder wird das insbesondere in den Mittelgebirgen derzeit noch zu kühle Klima künftig günstiger. Für die Türkische Tanne und die Korsische Schwarzkiefer deutet die klimatische Eignungsabschätzung auf eine rückläufige Eignung hin, sodass sie als ergänzende Baumarten nur an besonders geeigneten Standorten empfehlenswert sind. Im Saarland wären zukünftig nur die südwestlichen Ausläufer des Hunsrücks noch geeignet.

Alle Informationen zu den ergänzenden Baumarten sind in Steckbriefen zusammengefasst und stehen der Praxis (<http://www.kwis-rlp.de/de/klimawandelfolgen/wald/ergaenzende-baumarten>) zur Verfügung.

Weitere Risiken und Unsicherheiten oder Wie sieht die Zukunft aus?

Die klimatische Eignung heute und in der Zukunft von Buche, Eiche und Hainbuche – also jener Baumarten, die auch künftig das Grundgerüst unserer Wälder bilden sollen – verdeutlicht, dass auch diese Baumarten in unseren wärmsten Regionen an ihre Grenzen kommen werden. So werden wir möglicherweise in weiten Bereichen der Rheinebene mit deutlich veränderten Waldgesellschaften rechnen müssen. Zu den Arten, die dort zukünftig auch unter starkem Klimawandel noch sehr gute klimatische Bedingungen vorfinden, zählen beispielsweise Französischer Ahorn und Edelkastanie, aber auch Südlicher Zürgelbaum, Mannaesche, Zerreiche und Flaumeiche erscheinen für diese Region klimatisch sehr gut geeignet.

Anhang 1

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

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

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	
2020	838	20,5	31,7	47,7	42,2	1,3	4,2	29,0
2019	958	24,2	38,1	37,7	33,1	1,7	2,9	25,9
2018	981	20,6	43,3	36,0	33,7	1,5	0,8	24,7
2017	1011	33,3	46,2	20,5	18,7	0,8	1,0	20,1
2016	1009	34,1	43,1	22,8	20,4	1,3	1,1	20,2
2015	1013	27,3	45,7	27,0	25,7	0,8	0,5	21,4
2014	1039	34,8	43,5	21,7	19,9	1,2	0,6	19,2
2013	2865	36,9	42,5	20,6	19,3	0,8	0,5	18,6
2012	1071	34,1	40,9	25,0	23,3	0,7	1,0	20,4
2011	1061	44,4	37,0	18,6	17,1	0,9	0,6	17,4
2010	1086	40,6	39,5	19,9	18,0	0,7	1,2	18,5
2009	1129	36,1	38,3	25,6	23,8	0,8	1,0	20,4
2008	3011	43,6	37,5	18,9	17,2	1,1	0,6	17,8
2007	1136	45,5	33,5	21,0	18,8	1,2	1,0	18,2
2006	1170	35,1	41,5	23,4	21,5	1,0	0,9	19,9
2005	1197	32,1	46,2	21,7	20,1	0,9	0,7	19,7
2004	3133	39,5	38,1	22,4	20,8	1,1	0,5	18,9
2003	1229	39,5	35,7	24,6	23,1	0,8	0,7	19,3
2002	1220	46,1	35,1	18,8	16,9	1,2	0,7	17,1
2001	3168	55,9	30,3	13,7	12,9	0,6	0,2	13,2
2000	1222	47,6	39,6	12,8	11,9	0,6	0,3	15,2
1999	1226	41,0	42,8	16,2	15,3	0,6	0,3	17,4
1998	1221	47,5	37,8	14,7	13,5	1,0	0,2	16,0
1997	3142	54,9	30,9	14,1	13,3	0,6	0,2	14,0
1996	1089	51,5	36,0	12,5	11,3	0,8	0,4	14,6
1995	1076	53,3	35,1	11,6	10,6	0,6	0,4	13,8
1994	2838	52,6	34,8	12,6	11,8	0,6	0,2	13,8
1993	317	55,5	33,4	11,1	9,5	1,6	0,0	11,4
1992	316	55,7	31,6	12,7	11,1	1,6	0,0	13,2
1991	2722	56,5	33,2	10,3	8,9	1,2	0,2	12,9
1990	2731	56,9	36,3	6,8	6,2	0,6	0,0	12,0
1989	1190	55,4	36,0	8,7	8,2	0,5	0,0	12,8
1988	1188	51,2	40,4	8,5	8,2	0,3	0,0	13,1
1987	1190	58,7	31,9	9,4	8,8	0,3	0,3	12,6
1986	3316	57,6	32,9	9,5	8,8	0,5	0,2	11,8
1985	3320	59,8	31,7	8,5	7,9	0,5	0,1	11,3
1984	3371	66,5	26,8	6,6	6,2	0,2	0,2	9,9

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	
2020	527	19	54,5	26,6	23,3	2,7	0,6	23,7
2019	535	30,5	56,4	13,1	11,8	0,2	1,1	18,7
2018	537	28,5	58,1	13,4	11,7	0,6	1,1	19,0
2017	538	32,9	55,8	11,4	9,7	0,6	1,1	18,6
2016	540	43,7	49,1	7,2	6,1	0,0	1,1	15,7
2015	541	47,0	44,0	9,2	7,9	0,0	1,3	16,3
2014	539	46,8	46,6	6,7	5,8	0,0	0,9	15,8
2013	1567	44,8	47,4	7,9	6,8	0,2	0,9	15,7
2012	540	44,6	44,6	10,8	9,8	0,4	0,6	16,4
2011	550	34,2	49,8	16,0	14,2	1,1	0,7	19,3
2010	556	44,6	46,2	9,2	8,1	0,4	0,7	16,2
2009	555	35,9	54,4	9,6	8,6	0,5	0,5	17,2
2008	1620	32,2	48,3	19,5	17,3	1,7	0,5	19,6
2007	559	37,4	47,6	15,0	14,1	0,7	0,2	17,7
2006	562	31,3	51,1	17,7	16,9	0,4	0,4	19,6
2005	559	29,7	51,5	18,8	17,2	1,1	0,5	20,1
2004	1653	26,8	54,0	19,2	17,4	0,7	1,1	20,6
2003	552	24,1	57,2	18,6	17,9	0,5	0,2	19,8
2002	564	39,5	49,1	11,4	9,8	0,9	0,7	17,2
2001	1683	43,2	46,2	10,6	8,6	1,2	0,8	16,7
2000	562	34,3	55,7	9,9	9,4	0,5	0,0	17,3
1999	561	29,8	60,8	9,4	8,9	0,5	0,0	17,2
1998	562	32,4	60,1	7,6	6,8	0,4	0,4	16,7
1997	1685	40,4	52,7	7,0	6,2	0,3	0,5	15,6
1996	522	31,2	60,5	8,3	7,1	0,2	1,0	17,0
1995	519	33,1	58,2	8,7	7,5	0,0	1,2	17,1
1994	1627	45,5	47,3	7,2	6,5	0,1	0,6	15,0
1993	329	35,3	56,5	8,2	8,2	0,0	0,0	16,7
1992	328	40,9	53,4	5,8	5,8	0,0	0,0	14,8
1991	1545	39,9	51,3	8,7	8,5	0,0	0,2	16,6
1990	1545	41,1	54,9	4,1	3,9	0,1	0,1	14,9
1989	524	40,5	53,8	5,7	5,3	0,2	0,2	15,2
1988	547	37,8	54,3	7,9	7,7	0,0	0,2	16,1
1987	548	45,8	48,0	6,2	5,8	0,0	0,4	14,1
1986	1620	38,6	54,3	7,1	6,5	0,2	0,4	16,2
1985	1614	33,7	52,2	14,2	13,1	0,7	0,4	17,8
1984	1633	35,6	51,6	12,9	11,8	0,6	0,5	17,3

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	
2020	819	8,1	28,7	63,2	59,7	3,4	0,1	31,7
2019	815	13,6	47,9	38,6	36,0	2,5	0,1	26,0
2018	806	11,0	43,7	45,2	43,5	1,7	0,0	26,8
2017	802	18,0	50,2	31,8	31,2	0,5	0,1	22,9
2016	786	8,4	32,8	58,8	57,8	0,9	0,1	29,8
2015	785	20,0	50,6	29,4	28,4	0,9	0,1	22,4
2014	784	9,7	38,5	51,8	49,9	1,8	0,1	29,5
2013	2388	16,1	51,1	32,7	31,9	0,8	0,0	23,7
2012	783	10,2	49,8	39,9	37,9	2,0	0,0	26,5
2011	781	8,3	24,3	67,3	64,9	2,4	0,0	32,9
2010	783	14,4	52,0	33,6	33,0	0,6	0,0	23,8
2009	769	15,6	39,4	45,0	43,7	1,3	0,0	26,6
2008	2308	17,4	41,1	41,5	40,4	1,0	0,1	25,6
2007	770	17,5	46,8	35,6	34,5	1,0	0,1	23,9
2006	760	12,9	33,7	53,3	51,8	1,4	0,1	28,5
2005	761	10,4	45,6	44,0	42,8	1,2	0,0	27,0
2004	2244	9,0	27,6	63,3	60,0	3,3	0,0	32,2
2003	742	11,9	38,3	49,9	48,5	1,1	0,3	27,4
2002	718	17,5	31,3	51,1	50,1	0,6	0,4	27,4
2001	2187	17,0	45,8	37,2	36,3	0,8	0,1	23,9
2000	705	9,5	54,5	36,1	34,9	0,9	0,3	25,1
1999	705	12,5	44,3	43,3	40,7	2,6	0,0	26,4
1998	701	14,3	44,5	41,3	40,7	0,6	0,0	24,8
1997	2139	20,3	44,7	35,0	34,2	0,7	0,1	23,1
1996	659	13,4	52,2	34,5	34,0	0,3	0,2	23,9
1995	655	15,3	49,9	34,9	34,4	0,5	0,0	24,0
1994	1939	18,6	44,9	36,4	34,9	1,5	0,0	24,0
1993	375	25,6	53,3	21,1	19,5	1,6	0,0	18,5
1992	375	25,3	49,9	24,8	23,2	1,6	0,0	21,0
1991	1777	33,0	49,6	17,4	16,7	0,6	0,1	17,9
1990	1775	29,1	52,6	18,3	16,2	2,0	0,1	19,1
1989	624	32,5	53,0	14,4	13,9	0,3	0,2	17,8
1988	624	34,0	51,6	14,5	13,8	0,5	0,2	18,3
1987	626	41,5	49,0	9,4	8,6	0,6	0,2	15,7
1986	1880	48,8	42,6	8,7	8,2	0,4	0,1	13,2
1985	1902	45,8	47,4	6,8	6,4	0,3	0,1	14,1
1984	1918	52,6	39,4	8,0	7,6	0,4	0,0	13,0

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

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

Entwicklung des Probebaumkollektives nach Baumarten

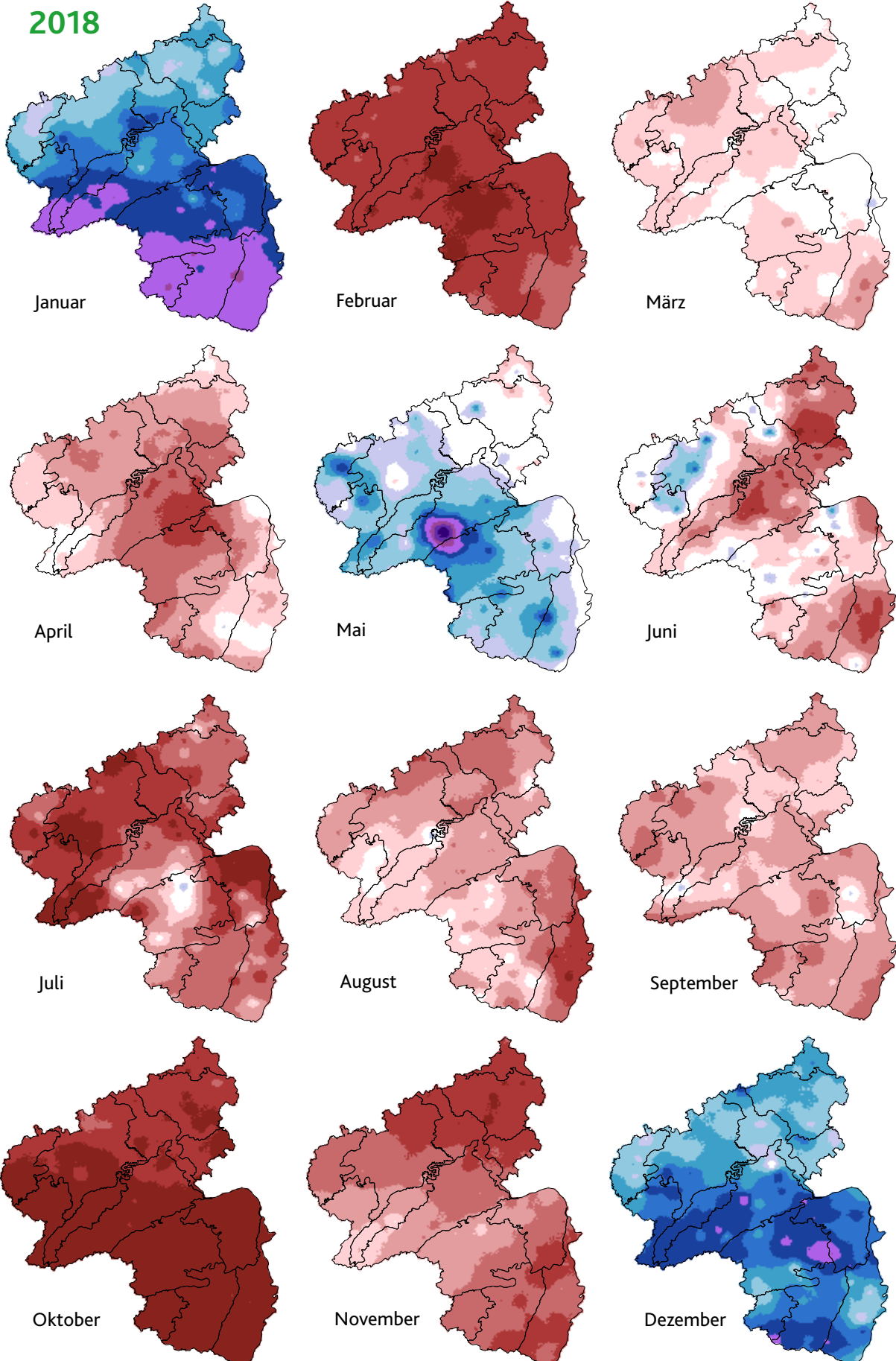
Im Jahr 1984 wurde das Stichprobenraster angelegt und die Ausgangslage zum Beginn der Zeitreihe dokumentiert. Alle folgenden Erhebungen erfolgten auf dem gleichen Grundraster; damit sind Veränderungen im Vergleich zur Ausgangslage zu erkennen. Die Zusammensetzung des Probebaumkollektives hat sich im 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. In 2020 sind 6 Aufnahmepunkte mit überwiegend Fichte ausgefallen, 3 Aufnahmepunkte mit überwiegend weniger häufigen Laubholzarten wieder hinzugekommen.

Art (Gattung)	2020 Anzahl	2020 Anteil (in %)	1984 Anteil (in %)	Anteil nach Forsteinrichtung 2017	Anteil nach Bundeswald- inventur 2012
Fichte	838	22,2	32,9	18,9 %	20,5 %
Buche	819	21,7	18,7	30,9 %	23,6 %
Eiche	706	18,7	16,8	16,5 %	16,3 %
Kiefer	527	14,0	15,9	11,6 %	6,9 %
Douglasie	142	3,8	3,5	6,3 %	5,0 %
Lärche	140	3,7	3,4	2,3 %	1,5 %
Esche	121	3,2	0,9	1,0 %	1,1 %
Hainbuche	104	2,8	2,2	3,6 %	8,9 %
Birke	65	1,7	1,2	2,0 %	4,5 %
Ahorn	64	1,7	0,6	1,5 %	2,4 %
Erle	44	1,2	0,3	0,9 %	1,6 %
Kirsche	35	0,9	0,3	0,6 %	1,4 %
Edelkastanie	34	0,9	0,5	0,3 %	0,4 %
Tanne	32	0,8	0,6	0,8 %	0,6 %
Kulturpappel	25	0,7	0,5	0,3 %	0,1 %
Eberesche	19	0,5		0,2 %	0,7 %
Linde	13	0,3	0,4	0,2 %	0,6 %
Roteiche	12	0,3	0,3	0,4 %	0,8 %
Aspe	10	0,3	0,3	0,1 %	0,8 %
Strobe	4	0,1	0,2	0,1 %	0,1 %
Salweide	4	0,1		0,0 %	0,8 %
Elsbeere	3	0,1		0,0 %	0,1 %
Mehlbeere	2	0,1		0,0 %	0,3 %
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 %
Faulbaum	1	0,0			
Insgesamt	3768	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.

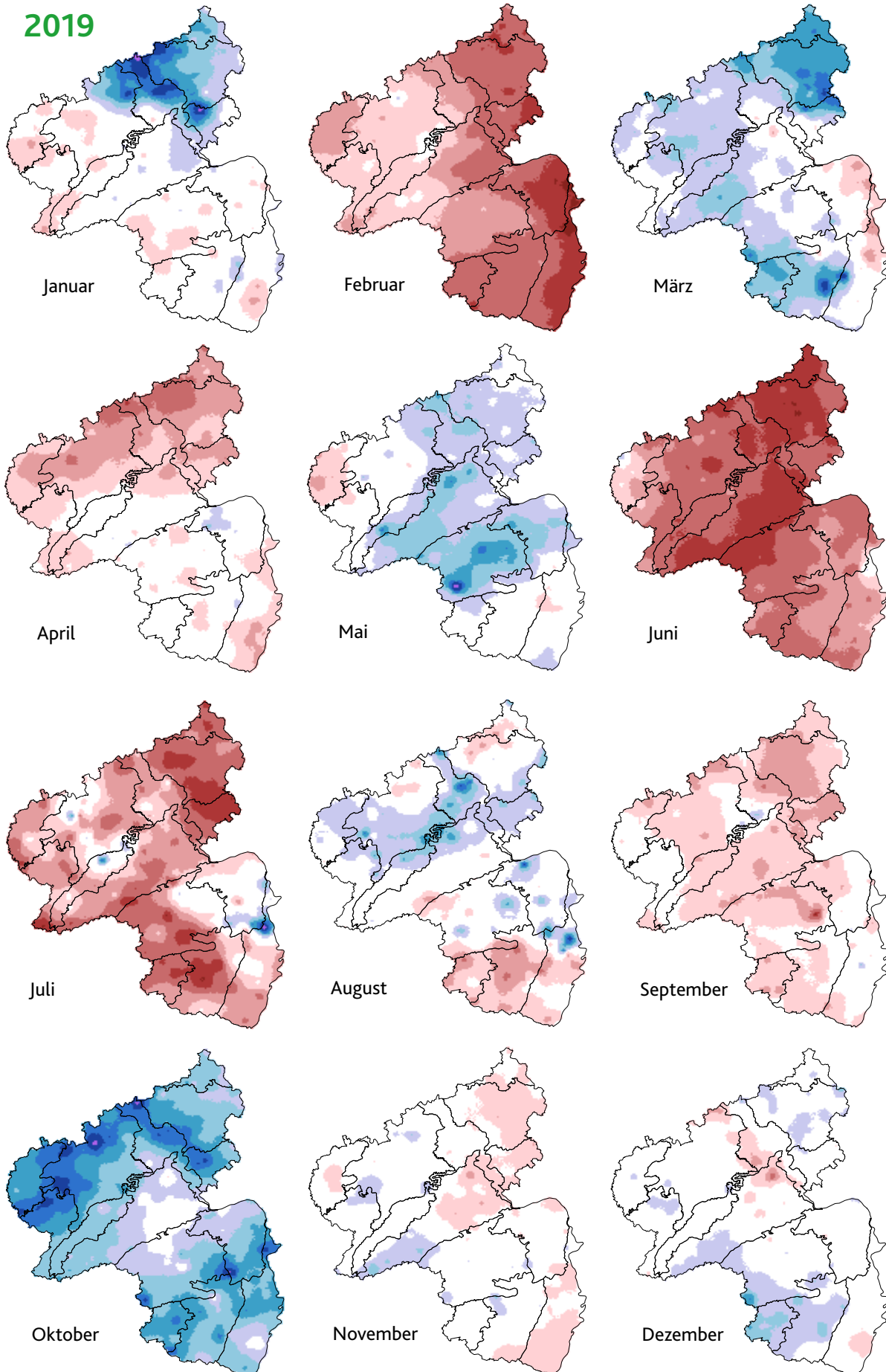
Regionale Abweichung vom Monatsniederschlag in Prozent (Januar bis Dezember)

2018



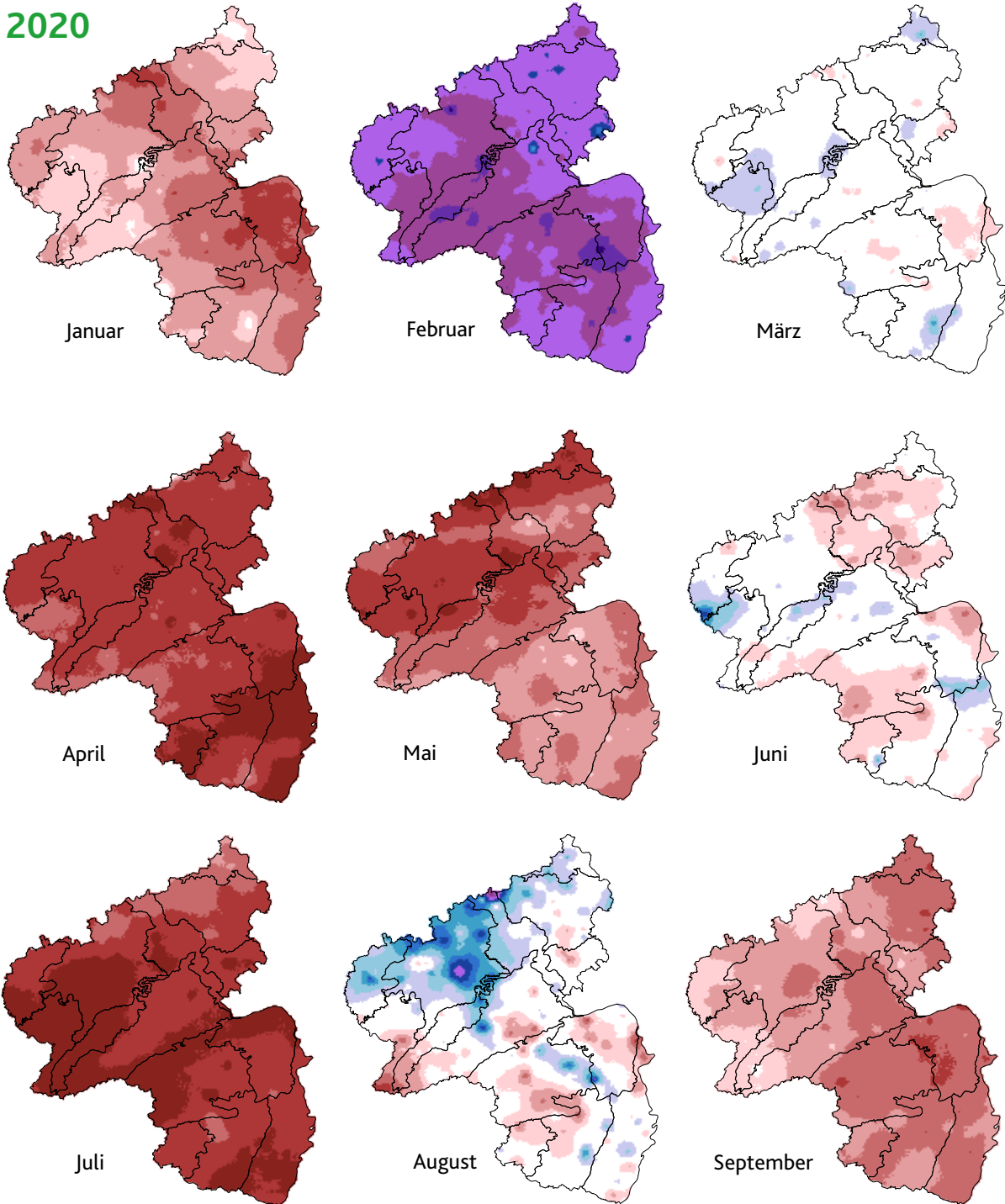
Regionale Abweichung vom Monatsniederschlag in Prozent (Januar bis Dezember)

2019

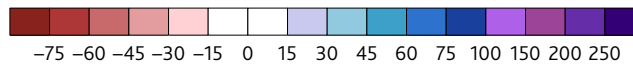


Regionale Abweichung vom Monatsniederschlag in Prozent (Januar bis September)

2020



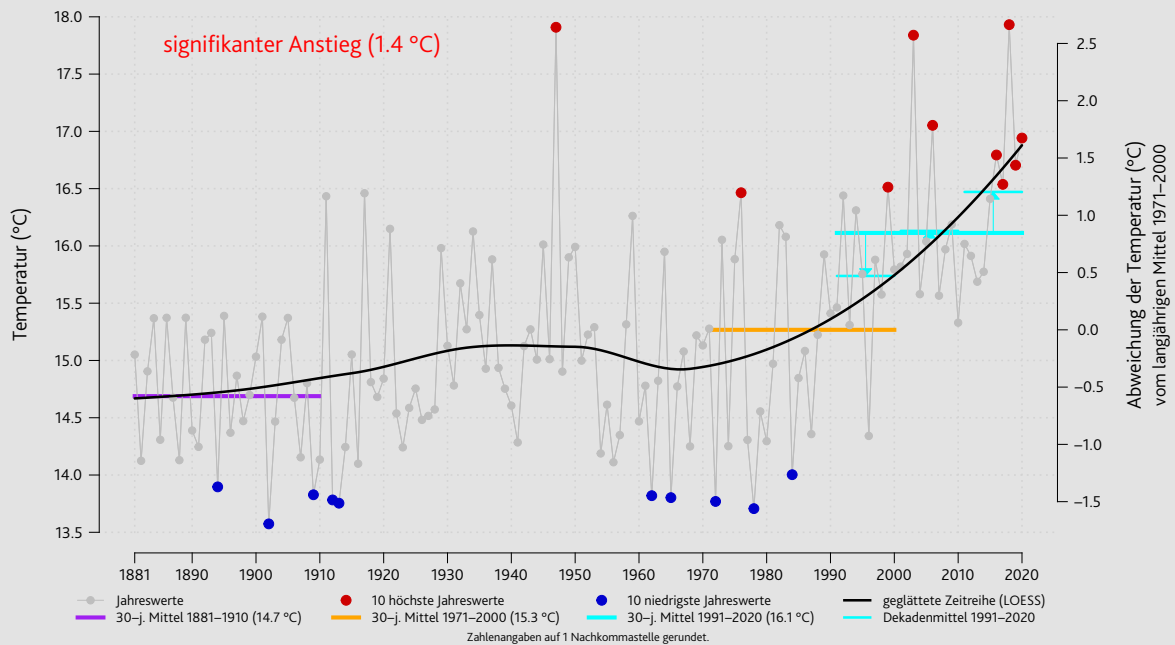
Abweichung Monatsniederschlag (%)



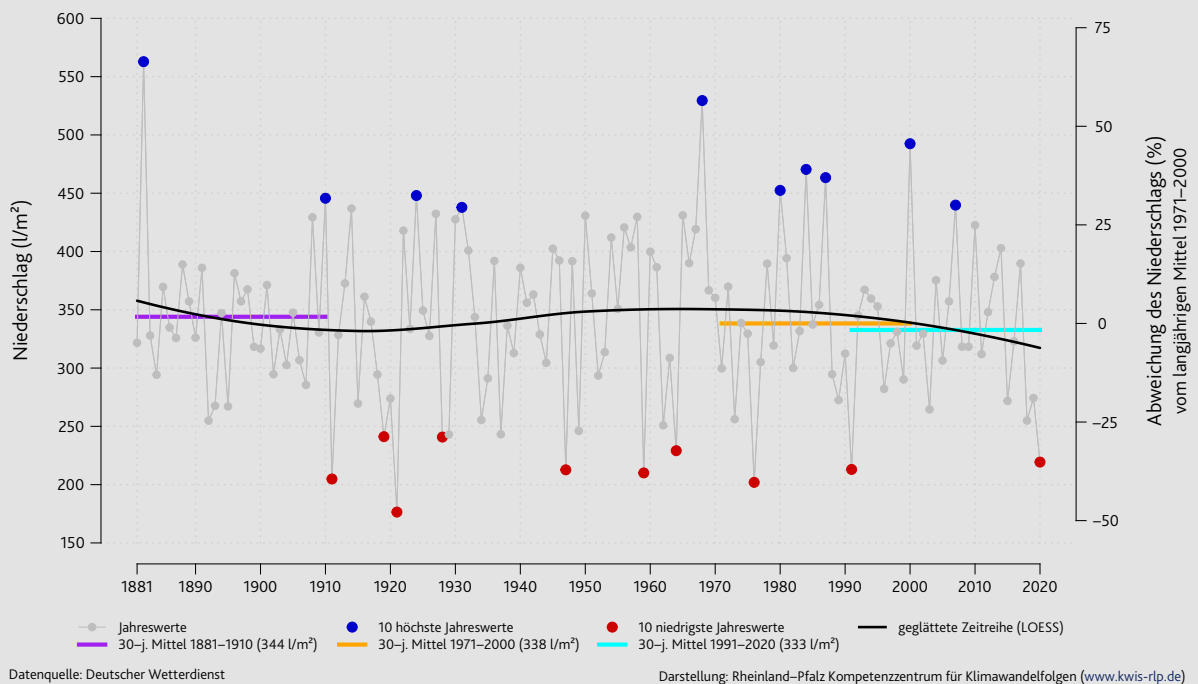
Datenquelle: Deutscher Wetterdienst

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 1881-2020



Entwicklung des Niederschlags in der forstlichen Vegetationszeit (Mai-Sep) im Bundesland Rheinland-Pfalz im Zeitraum 1881-2020



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 Emissionshöchstmengen
43. BlmSchV	2018	Verordnung zur Emissionsreduktion und Emissionshöchstmengen
44. BlmSchV	2020	Verordnung über mittelgroße Feuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen (1-50 MW Feuerungswärmeleistung). Nationale Umsetzung der "Medium Combustion Plant Directive" (MCP)
Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung	2009	Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige (Biokraft-NachV) Herstellung von Biokraftstoffen
TA Luft	2002	Neufassung der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft, Emissionsbegrenzung bei Industrieanlagen nach dem Stand der Technik
Änderungen der Kfz-Steuerregelung	2009	Ausrichtung der Kfz-Steuer für Pkw nach dem Emissionsverhalten und CO 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 ₂) 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