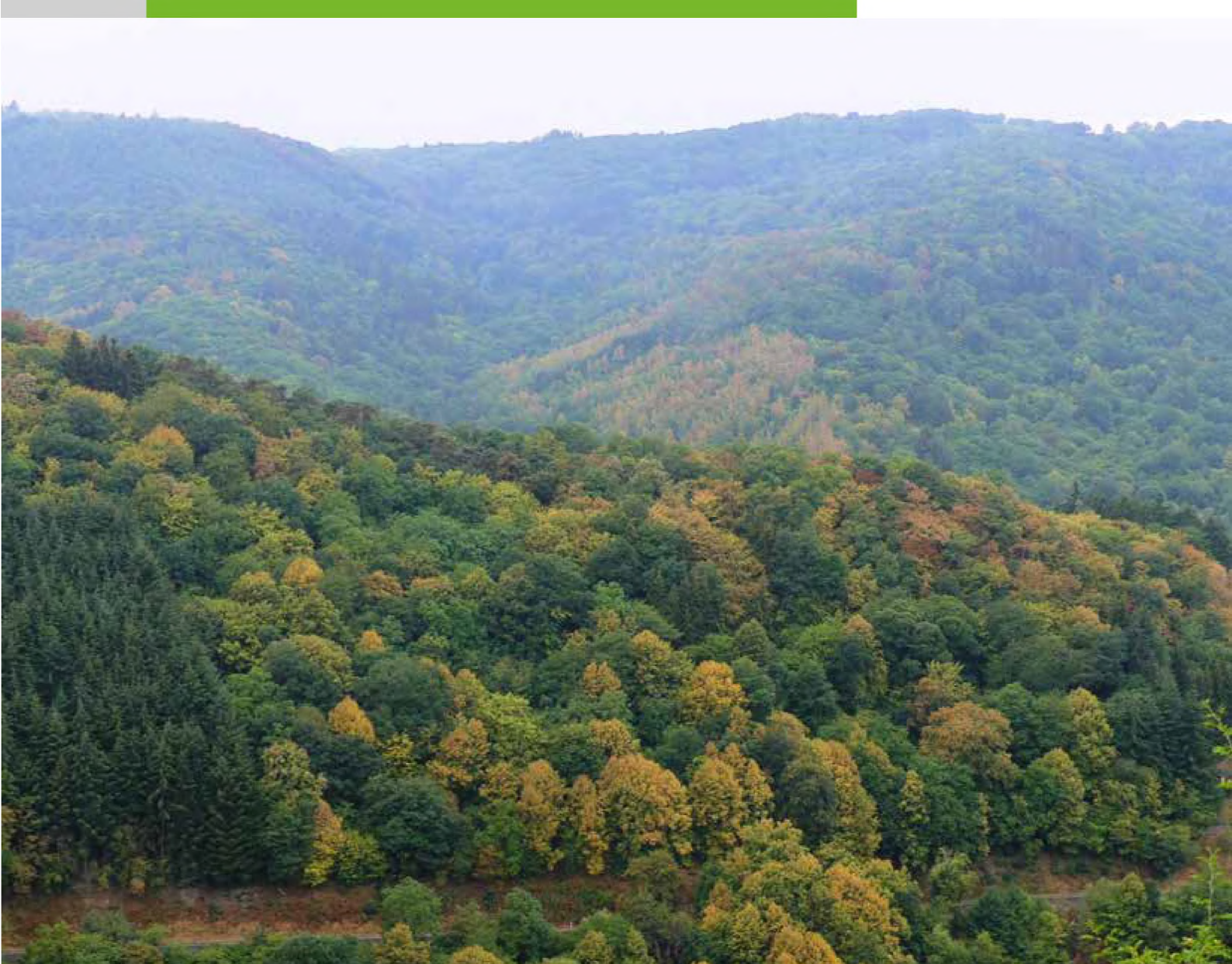




Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR UMWELT,
ENERGIE, ERNÄHRUNG
UND FORSTEN

WALDZUSTANDS- BERICHT 2018



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 2018

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://www.fawf.wald-rlp.de/veroeffentlichungen/waldzustandsbericht.html>

Titelbild:

Trockenschäden am Unheller Kuppche bei Traben-Trarbach am 01. August 2018

Foto: J. Hohmann

WALDZUSTANDS- BERICHT 2018

	Seite
Vorwort	4
Waldzustand 2018 im Überblick	6
Die letzten 12 Monate - ein Vorgeschmack auf noch mehr Klimawandel	10
Waldzustandserhebung (WZE)	22
Einflüsse auf den Waldzustand	42
Die Eiche im Klimawandel: Mit Vitamin C und Gerbstoffen gegen die Trockenheit	50
Der Hirschkäfer: Sonnenliebender Baumstumpfreycler in Wald und Garten	56
Blühintensität 2018 als Merkmal im Klimawandel	66
Waldschutz und Klimastress (am Beispiel der Douglasie)	72
Mehr gesellschaftliche Akzeptanz für Waldbewirtschaftung durch Zertifizierung	78
Anhänge	
■ Entwicklung der Waldschäden	82
■ Probestaumkollektiv 2018	88
■ Witterung und Borkenkäferprognose	89
■ Abkommen und gesetzliche Regelungen zur Luftreinhaltung	93

VORWORT

Besorgniserregend sind die Zahlen und Entwicklungen, die im diesjährigen Waldzustandsbericht dargestellt werden. Waren die letzten Jahre von eher geringen Schwankungen der Schadensprozente bei den einzelnen Baumarten gekennzeichnet, so wurde dieses Jahr nahezu generell ein sprunghafter Anstieg festgestellt. In der Gesamtheit hat der Anteil an Bäumen mit deutlichen Schäden von 24 % auf 37 % zugenommen. Seit Beginn der Erhebungen vor nunmehr 34 Jahren war nie ein derart hohes Schadensniveau festgestellt worden.

Was verbindet sich mit dieser Datenlage? Sie gibt ein deutliches Signal für weitreichende Störungen in den Naturabläufen und damit für die Bedrohung der Biodiversität. Es liegt auf der Hand, dass ökologisch geschwächte Wälder auch hinsichtlich ihrer ökonomischen Leistungsfähigkeit einbüßen. Aktuell erleben wir, wie unter der Doppelwirkung von Holzentwertung und unkontrollierbarem Überangebot an Schadholz die Holzpreise fallen und die Bewirtschaftungskosten steigen. Unter dem Bündel von Belastungen, die unseren Wäldern zusetzen, scheinen mir vier besonders gravierend: drei davon gehen auf uns Menschen zurück, eine beruht hauptsächlich auf natürlichen Vorgängen.

Menschenverursacht ist der Klimawandel. Wer könnte noch daran zweifeln, dass die extremen Wettererscheinungen, die wir in den letzten Monaten erlebt haben, das Maß des bisher Üblichen bei Weitem übersteigen. Stürme und Starkregen

treffen uns in ungewohnter Heftigkeit und Häufigkeit. Dazu zeigte der Sommer 2018 wieder Wetterdaten im Bereich der Allzeit-Spitzenwerte. Die Kombination von Niederschlagsdefiziten im Bereich von über 40 % und Durchschnittstemperaturen von deutlich mehr als 3 °C über dem langjährigen Mittel setzte die Waldökosysteme unter hohen Stress.

Menschengemacht ist die Luftschadstoffbelastung. Die Anstrengungen der letzten Jahre waren bezüglich der Eindämmung des Schwefeleintrags sehr erfolgreich. In anderen Segmenten, allen voran in der Stickstoffbelastung, dürfen wir nicht die Hände in den Schoß legen. Hier drohen unseren Waldböden gefährliche Entkopplungen, die kaum wieder rückgängig zu machen sind.

Menschengetrieben ist das Auftreten von immer mehr Neobiolen, also von Arten aus weit entfernten Bereichen unserer Erde, die von Natur aus in unseren heimischen Lebensgemeinschaften nicht vorkommen. Eine eingeschleppte Pilzart hat zum starken Anstieg der Schäden an unserer einheimischen Esche wesentlich beigetragen. Einen besonders hohen Schadensanstieg stellen wir bei einer Baumart fest, die vom Menschen aus dem pazifischen Nordamerika eingeführt wurde, der Douglasie. An keinem Ort in Deutschland ist sie stärker verbreitet als bei uns in Rheinland-Pfalz. Das unterstreicht die Bedeutung des Schwerpunktthemas „Waldschutz und Klimastress“, das sich speziell auf die Douglasie bezieht.



Eine Naturerscheinung ist das in diesem Jahr überaus starke Blühen und Fruchten vieler Baumarten und das übrigens nicht nur in unseren Wäldern. Aber auch dies steht freilich in einem Zusammenhang mit dem Klimawandel. Fruchten beansprucht die Bäume und hat Wirkungen auf den Belaubbungszustand, der bei der Waldzustandserhebung erfasst wird. Auch darum geht es in einem Schwerpunktthema.

Die Eichen haben mit einem Anteil von gut 20 % eine hohe Bedeutung in den rheinland-pfälzischen Wäldern. Im Klimawandel wird vor allem der Traubeneiche eine überdurchschnittlich gute Anpassungsfähigkeit zugetraut. Schon seit Jahrhunderten gedeihen Eichen in unserem Land auf den bei uns trockensten und wärmsten Standorten im Umfeld von Rhein und Mosel. Das ist Grund genug, sich wissenschaftlich mit ihren besonderen ökologischen Eigenschaften und deren Hintergründen wissenschaftlich zu befassen und darüber in diesem Waldzustandsbericht näher zu berichten.

Der Hirschkäfer hat mit unseren Eichen viel, entgegen landläufiger Meinung jedoch keineswegs ausschließlich, zu tun. Das in jeder Hinsicht prominente Insekt ist einer der „Leuchttürme“ für die Biodiversität in unseren Wäldern und darüber hinaus. Einer der profiliertesten Kenner dieser Art und gleichzeitig Revierleiter im Forstrevier Alf ist Dr. Markus Rink. Er bereichert unseren Waldzustandsbericht um tiefreichende Informationen

zum Hirschkäfer, der im Interesse der ganzen Lebensgemeinschaft aufmerksame Beachtung verdient.

Unabhängige Zertifizierungen sind ein wichtiges Element in der gesellschaftlichen Akzeptanz für die Waldbewirtschaftung. Der rheinland-pfälzische Staatswald ist nicht allein nach PEFC™ (Programm für die Anerkennung von Waldzertifizierungssystemen™), sondern außerdem seit 2016 vollständig nach dem ebenfalls international renommierten FSC® (Forest Stewardship Council®) zertifiziert FSC®-C111982). Beide Zertifikate sind auch im Körperschafts- und Privatwald unseres Landes vertreten. Über die aktuellen Entwicklungen und die konkreten Aktivitäten im Zusammenhang mit den Zertifizierungen in Rheinland-Pfalz wird speziell berichtet.

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

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

WALDZUSTAND 2018



EIN ÜBERBLICK

Wald ist einerseits ein effizienter Kohlenstoff-speicher, andererseits reagieren Bäume auf Klimaänderungen und werden aufgrund ihrer langen Lebensdauer besonders vom Klimawandel betroffen sein. Allein schon aus diesem Grunde ist es von herausragender Bedeutung die Treibhausgasemissionen zu reduzieren, z.B. durch eine Reduktion fossiler Brennstoffe. Zur Gestaltung widerstandsfähiger Wälder ist zudem eine angemessene Unterstützung der Waldbesitzenden erforderlich. Eine wesentliche Ursache für die deutlichen Verschlechterungen in diesem Jahr waren die außergewöhnlichen Witterungsverhältnisse:

Der Anteil an Bäumen mit deutlichen Schäden ist um 13 Prozentpunkte auf nunmehr 37 % angestiegen. Das ist der höchste Wert seit Beginn der Waldzustandserhebung im Jahre 1984. Lediglich das Jahr 2003 wies vergleichbar hohe Anteile deutlich geschädigter Bäume auf. Der Anteil an Bäumen ohne Schadmerkmale liegt aktuell lediglich noch bei 16 %.

Der Zustand der Fichte hat sich gegenüber dem Vorjahr deutlich verschlechtert und weist nun die höchste Kronenverlichtung seit Beginn der Erhebung auf. Auch die Buche hat sich, vor allem aufgrund starker Fruktifikation, verschlechtert, liegt jedoch noch deutlich unter dem Schadniveau von 2004 und 2011, beides Jahre mit extrem starker Fruktifikation. Während sich die Kiefer kaum verändert hat war bei der Eiche ebenfalls eine im Vergleich zum Vorjahr deutliche Zunahme der Schäden zu beobachten. Auch bei den weniger häufigen Baumarten war ein deutlicher Anstieg des Schadniveaus zu verzeichnen. Ein besonders starker Anstieg der Schäden war bei Douglasie und Esche zu beobachten. Wesentliche Ursache bei beiden Baumarten waren verbreitet auftretende Pilzinfektionen.

Nach wie vor werden die Wälder durch Luftschadstoffe belastet. Die Säurebelastung übersteigt trotz Erfolgen bei Schwefel und

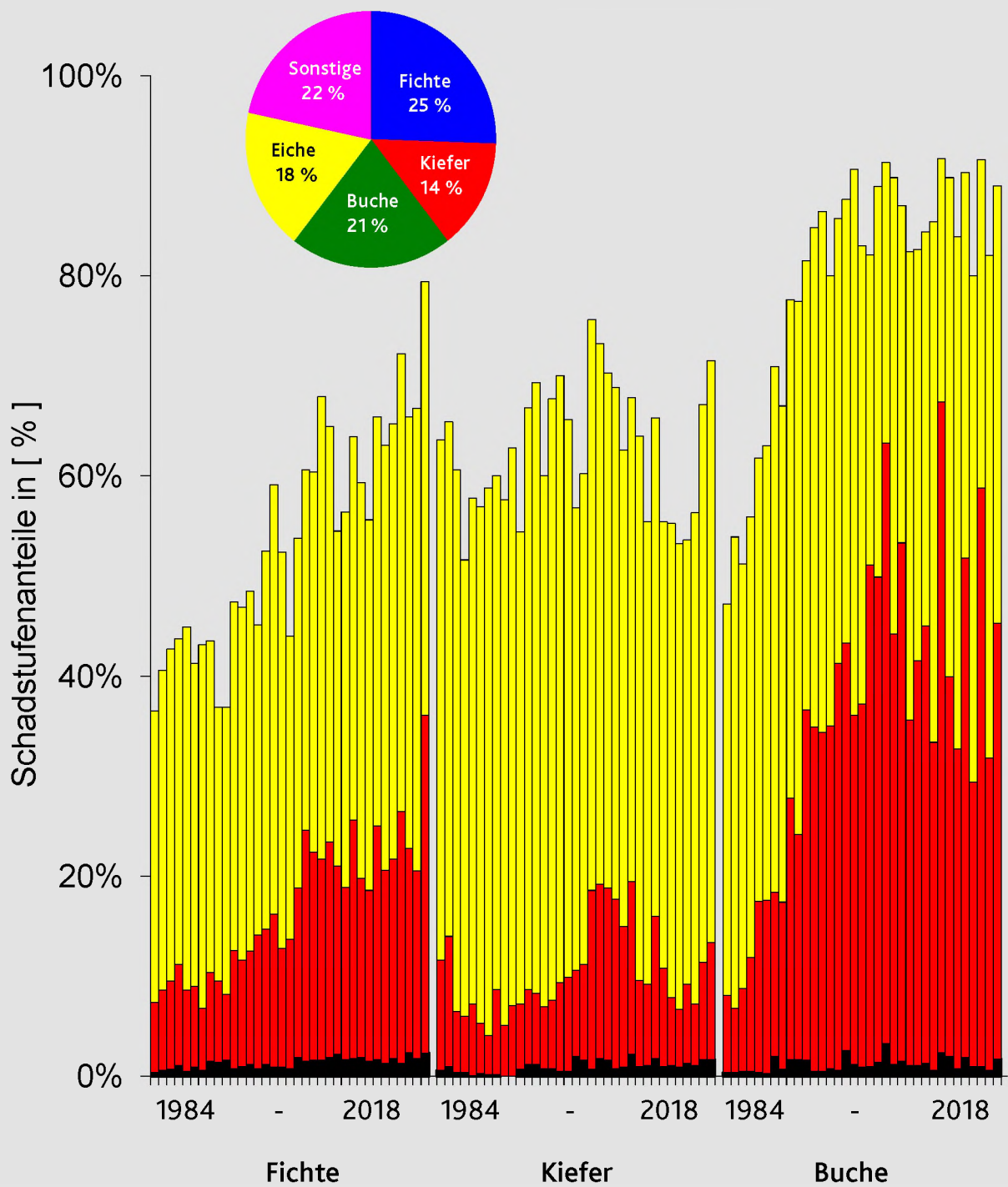
Schwermetallen nach wie vor das Pufferpotential vieler Waldbestände. Gegenmaßnahmen wie die Bodenschutzkalkung sind daher weiterhin erforderlich. Vor allem die Stickstoffeinträge übersteigen nach wie vor die Schwellenwerte der Ökosystemverträglichkeit. Auch Ozon wirkt weiterhin waldschädigend. Die Verträglichkeitsgrenzen für Waldbäume werden an allen Messstandorten überschritten.

Zu unterscheiden sind direkte Wirkungen wie frühzeitige Herbstverfärbungen, ab Ende Juli auf trockneren Standorten in exponierten Lagen zu beobachten, und indirekte Wirkungen. Seit 1990 auftretende erhöhte Temperaturen führen zu zunehmendem Trockenstressperioden. Dies schwächt die Bäume und macht sie anfälliger hinsichtlich ihrer Gegenspieler (Schadorganismen), wobei zumindest die Insekten zusätzlich von einer Temperaturerhöhung profitieren. Gleichzeitig häufen sich, wie in diesem Jahr besonders für Pollenallergiker erkennbar, Blüte und nachfolgende Fruktifikation der Bäume. Diese natürlichen Vorgänge verbrauchen Energie und können ebenfalls zur Schwächung der Bäume beitragen. Diese Zusammenhänge werden in diesem Bericht erläutert und beispielhaft anhand von Untersuchungen aus Rheinland-Pfalz dargestellt.

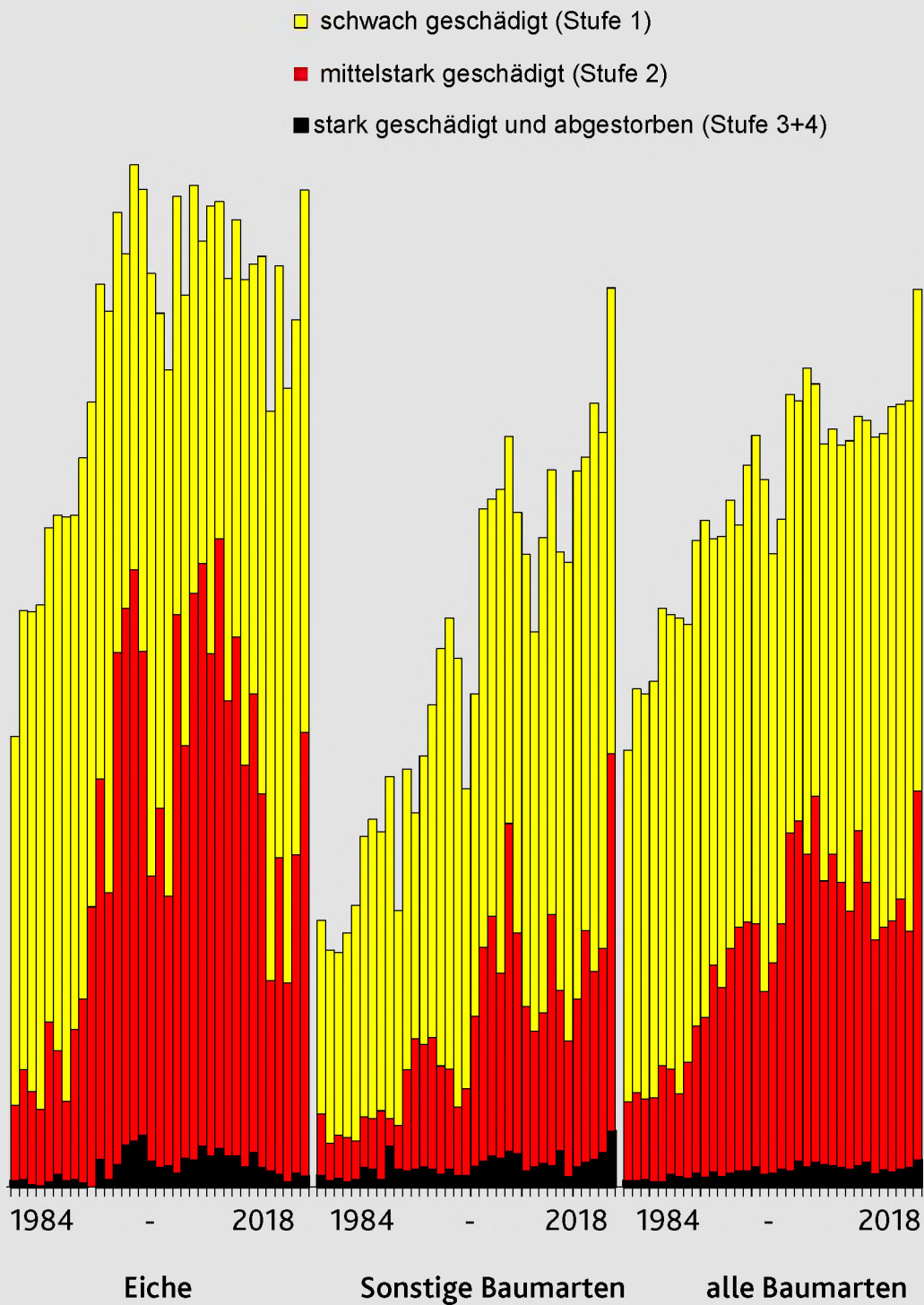
Weitere Zusatzthemen sind der Stand der Zertifizierung der Wälder in Rheinland-Pfalz und Ergebnisse aus einem Sonderprojekt, in dem die Gründe für die Widerstandsfähigkeit der Eichen gegenüber Trockenheit analysiert wurden – ein wichtiges Thema in Zeiten des Klimawandels.

Erhaltung und Schutz der Biodiversität in Rheinland-Pfalz werden in hohem Umfang ehrenamtlich durchgeführt. Der aktuelle Bericht enthält einen ausführlichen Beitrag eines Försters an der Mosel zu Verbreitung, Lebensweise und Schutzmöglichkeiten des Hirschkäfers – ein schönes Beispiel, wie persönliches Engagement zum Nutzen von Natur- und Artenschutz führt.

Anteil der Baumarten
an der Stichprobe



Entwicklung der Waldschäden von 1984 bis 2018 in Rheinland-Pfalz



DIE LETZTEN 12 MONATE -
EIN VORGESCHMACK AUF
NOCH MEHR KLIMAWANDEL



Die Witterung in Rheinland-Pfalz in den letzten 12 Monaten war in mehrfacher Hinsicht außergewöhnlich: Die Monate November 2017 bis Januar 2018 waren – bezogen auf das langjährige Mittel – deutlich zu warm und zu nass, der Februar und der März waren hingegen kalt und trocken, und der Zeitraum von April bis Oktober 2018 war der wärmste seit Beginn der Witterungsaufzeichnungen im Jahr 1881. Gleichzeitig traten extreme Wetterereignisse wie Hitze- und Trockenperioden sowie Starkregen auf. Die letzten 12 Monate geben uns möglicherweise einen Vorgeschmack darauf, was uns der Klimawandel noch zusätzlich bringen könnte. Welche Auswirkungen hat dies auf das Ökosystem Wald? Und welche Auswirkungen hat dies auf den Forstbetrieb?

Beobachteter Klimawandel in Rheinland-Pfalz

Der globale Klimawandel ist auch in Rheinland-Pfalz deutlich spürbar. Die Jahresdurchschnittstemperatur in Rheinland-Pfalz ist seit 1881 um 1,5 Grad Celsius angestiegen. Damit zählt unser Bundesland zu den Regionen in Deutschland, in denen der Anstieg überdurchschnittlich stark ausfällt. Die jährliche Niederschlagsmenge hat seit Ende des 19. Jahrhunderts im Mittel um rund zehn Prozent zugenommen. Dabei wurde eine deutliche Zunahme der Niederschläge um etwa 30 Prozent im Winter registriert, im Frühjahr beträgt die Zunahme rund 15 Prozent, der Sommer und der Herbst zeigen keinen Trend.

Auch in der Natur lassen sich die Auswirkungen des Klimawandels direkt beobachten. So setzt die Vegetationsperiode in Rheinland-Pfalz heute, verglichen mit dem Zeitraum 1951-1980, je nach Region um zwei bis drei Wochen früher ein und dauert auch entsprechend länger an. Neben langfristigen Trendentwicklungen zeigt sich der Klimawandel vor allem darin, dass extreme Wetterereignisse wie Starkregen, Hitze und Dürre häufiger und vor allem intensiver werden.

Klimawandel in der Zukunft in Rheinland-Pfalz

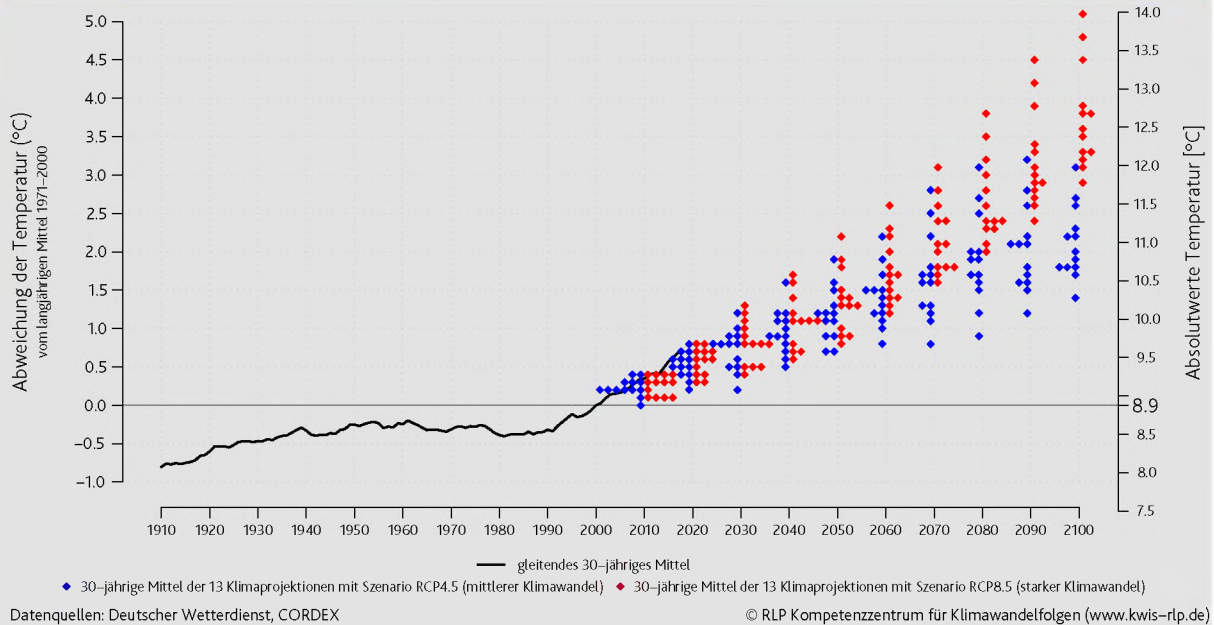
Die Erwärmung der letzten Jahre in Rheinland-Pfalz liegt an der Obergrenze der von regionalen Klimaprojektionen abgebildeten Bandbreite. Der mögliche Temperaturanstieg in Rheinland-Pfalz bis Ende des Jahrhunderts wurde mit 13 verschiedenen regionalen Klimamodellen und jeweils zwei unterschiedlichen Szenarien der Treibhausgasentwicklung (mittelstarker Klimawandel und „Weiter wie bisher“-Szenario als Worst Case) für jedes Modell simuliert. Demzufolge kann die Temperatur je nach Stärke des Klimawandels bis Ende des Jahrhunderts um weitere 1,5 bis 5 Grad gegenüber dem Referenzzeitraum 1971 bis 2000 ansteigen.

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

Entwicklung der Temperatur im Kalenderjahr (Jan-Dez) in Rheinland-Pfalz im Zeitraum 1910 bis 2100

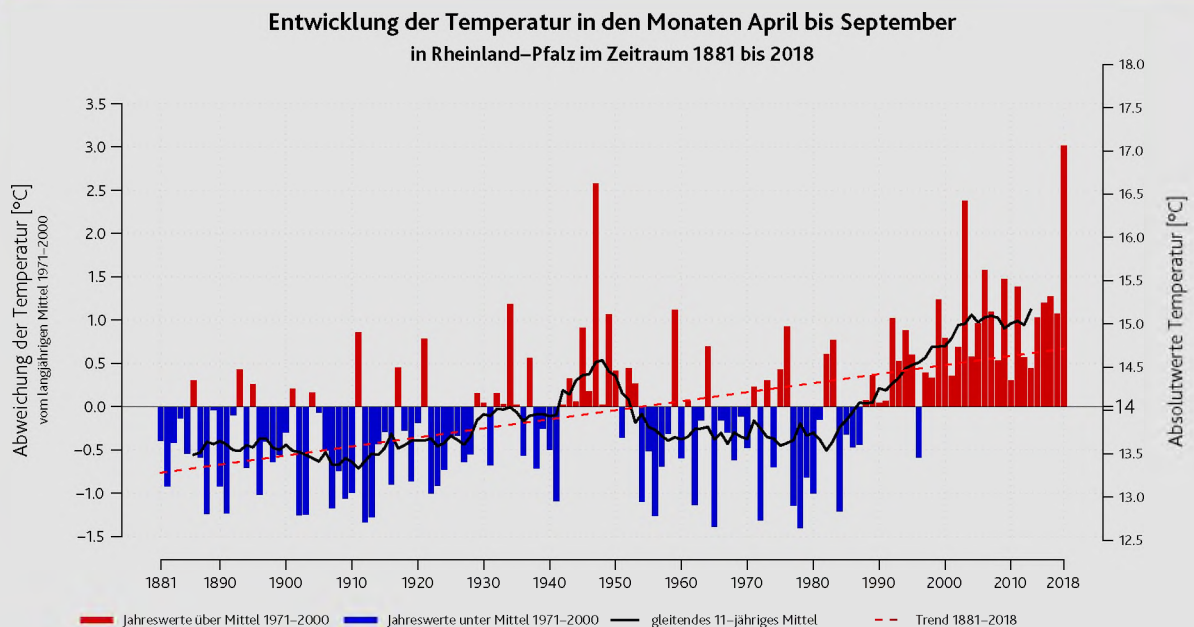


Das Jahr 2018

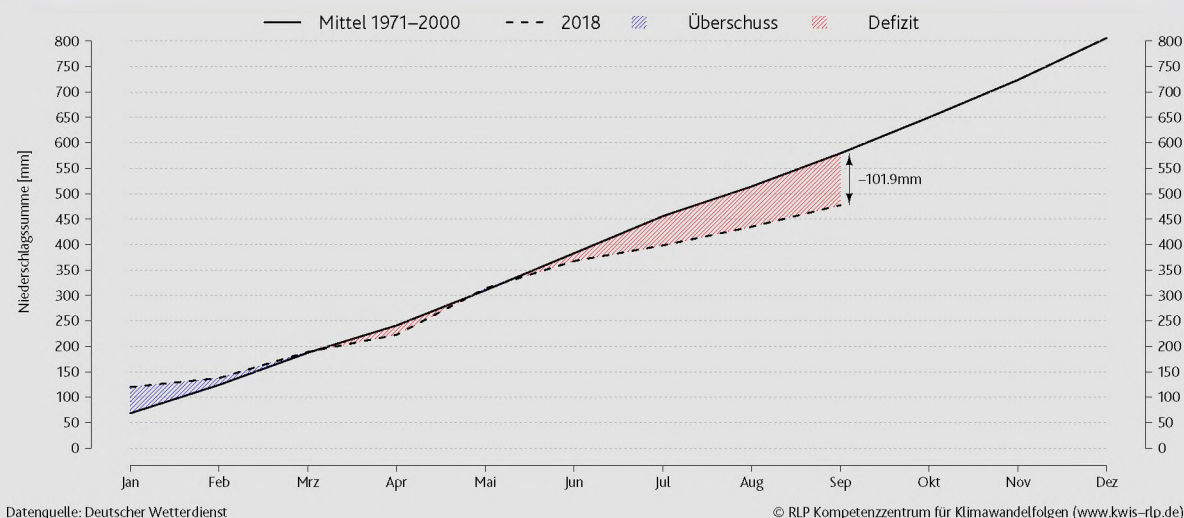
Der Zeitraum von April bis September 2018 – und damit mehr als die komplette forstliche Vegetationszeit – war in Rheinland-Pfalz der wärmste seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Außerdem war die Periode deutlich zu trocken. Ein Rückblick auf die Witterung seit Beginn des Jahres macht die Niederschlagsentwicklung im Vergleich zum langjährigen Mittel (1971-2000) deutlich: Der

Januar war deutlich zu nass, doch bereits ab April lag die Niederschlagssumme seit Jahresbeginn knapp unter dem Sollwert. Ab Juni wurde das Defizit zunehmend größer, sodass bis Ende September 100 mm weniger Niederschlag gefallen waren als aufgrund des langjährigen Mittels zu erwarten gewesen wäre.

Entwicklung der Temperatur in den Monaten April bis September in Rheinland-Pfalz im Zeitraum 1881 bis 2018



Verlauf der mittleren Niederschlagssumme in 2018 in Rheinland-Pfalz im Vergleich zum langjährigen Mittel 1971 bis 2000



Gleichzeitig kam es im Frühsommer zu teils heftigen Starkregenereignissen mit großen Niederschlagsmengen in kurzer Zeit, wie zum Beispiel in Herrstein im Hunsrück: Am 27.05.2018 fielen in drei Stunden ca. 150 Liter Niederschlag pro Quadratmeter, die zu einer ca. 1,6 m hohen Flutwelle im Ort führten. Aktuelle Forschungsergebnisse deuten auf intensivere Starkregenereignisse bei höheren Temperaturen hin, wie sie in diesem Jahr oder in 2016 beobachtet wurden.

Die 6-Monats-Periode war neben Trockenheit von Hitze geprägt: In Trier wurde in diesem Sommer die mit 28 Tagen längste Hitzewelle seit Messbeginn im Jahr 1955 registriert. Insgesamt waren in diesem Sommer (Betrachtungszeitraum Juni bis August) knapp 30 Prozent der Landesfläche und mehr als die Hälfte der Bevölkerung von Hitze betroffen. Hitzewellen wie in diesem Sommer treten in unserem Bundesland zunehmend häufiger auf und sind oftmals auch intensiver als in der Vergangenheit.

Wie passt das Jahr 2018 zum sich abzeichnenden Klimawandel?

Das Jahr 2018 hat nicht nur in Deutschland und in Rheinland-Pfalz nach Expertenmeinung erken-

nen lassen, mit welchen Witterungsphänomenen der Klimawandel verbunden ist. Mildere und feuchtere Winter, deutlich wärmere Sommer und Vegetationszeiten mit extremen Ereignissen wie Hitzewellen und Trockenperioden und gleichzeitig punktuell Starkregen mit Hagel und Sturm – das in 2018 in Rheinland-Pfalz beobachtete Muster passt auch zum globalen Muster und ist ohne den menschengemachten Klimawandel nicht mehr nachvollziehbar: An vielen verschiedenen Orten der Welt wurde ein gehäuftes Auftreten von Hitzewellen und extremen Starkniederschlägen registriert. Eine solche Häufung von meteorologischen Extremereignissen wird von Klimawissenschaftlern als Folge des menschengemachten Klimawandels prognostiziert.

Die Zunahme von Extremwetterereignissen kann mit veränderten Großwetterlagen erklärt werden. Dabei werden großräumige Windsysteme langsamer bzw. sie geraten ins Stocken. Die Folge: Wetterlagen bleiben länger stehen und ziehen nur langsamer weiter. Doch warum ist das so? Der Klimawandel erwärmt die arktische Region stärker als die Region um den Äquator, der Temperaturunterschied zwischen den Regionen nimmt ab und die Windbewegung wird langsamer.

Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass die nächsten Jahre wieder so trocken werden wie 2018?

2018 wird in die langjährige Zeitreihe zweifellos als Extremjahr eingehen. Bei weiter fortschreitendem Klimawandel müssen wir aber damit rechnen, dass ein sehr warmes Jahr wie 2018 inklusive der in diesem Jahr beobachteten extremen Wettersituationen künftig deutlich häufiger auftreten wird. Schon die nächsten mindestens zwei, womöglich aber auch vier Jahre könnten erneut anormal warm werden. Das zeigen die Ergebnisse eines neuen Vorhersagesystems, das ausgehend von 1881 bis heute die natürliche Klimavariabilität (ohne menschlichen Einfluss) modelliert. Danach ist es wahrscheinlich, dass die nächsten Jahre überdurchschnittlich warm werden. Nehmen wir den Einfluss des menschengemachten Klimawandels hinzu, erhöht sich diese Wahrscheinlichkeit zusätzlich.

Folgen für das Ökosystem Wald

Die Wälder in Rheinland-Pfalz sind als langlebige Ökosysteme besonders von den Folgen des Klimawandels betroffen. Diese werden am Beispiel der Witterung im Jahr 2018 skizziert.

Sturmwürfe im Januar

Die Januarstürme "Burglind" (01.01.2018) und "Friederike" (18.01.2018) haben über alle Waldbesitzarten hinweg zu knapp 400.000 Festmeter Holzaufkommen aus Windwurf geführt. Die Hauptschadengebiete lagen in Rheinland-Pfalz in der nördlichen Eifel, im Westerwald sowie im südlichen Pfälzerwald. In Anbetracht der Tatsache, dass auf Bundesebene allein "Burglind" mehr als 10 Millionen Festmeter Windwurf verursacht hat, war dies eine vergleichsweise geringe Menge.

Warm-feuchte Winter

Langanhaltende und ergiebige Niederschläge im Winter 2017/2018 führten zu einer Wassersättigung des Bodens. Das Auffüllen des Wasserspeichers und die damit verbundene Zuführung zum Grundwasser sind zunächst positiv zu sehen.

Nachteilig ist jedoch, dass dies insbesondere auf staunassen Böden zu einer deutlich erhöhten Windwurfgefährdung führt. Warm-feuchte Winter verändern ggf. die Konkurrenzverhältnisse zwischen den Baumarten. Nadelbäume, insbesondere die Douglasie, profitieren von verlängerten Assimilationszeiten durch besseres Wachstum.

An langsam zurückgehende und auch über längere Zeiträume andauernde tiefe Temperaturen sind die Bäume angepasst. Probleme bereiten jedoch schnelle Wechsel zwischen Frost und Wärmeperioden, da die Rinde aufplatzen kann und nachfolgend vor allem Pilze eindringen können. Beim Einfluss milder und feuchter Wetterlagen auf forstliche Schaderreger muss differenziert werden: Während milde und feuchte Winter viele pilzliche Organismen fördern, sind solche Wetterlagen – insbesondere bei einem Wechsel zwischen Plus- und Minusgraden – für Insekten wie z. B. den Fichtenborkenkäfer eher nachteilig, weil die Verpilzung von überwinterten Larven und Käfern und damit die Mortalitätsrate zunehmen.

Störungen im forstbetrieblichen Ablauf im Winter

Mildere und vor allem auch feuchtere Winter infolge des Klimawandels sind mit dem Risiko verbunden, dass auf den Winter konzentrierte Forstbetriebsarbeiten wegen zu hoher Bodenfeuchte und mangelnder Befahrbarkeit eingeschränkt bzw. nicht mehr möglich sind. Der Winter 2017/2018 kann dafür als Beispiel gelten. Die außergewöhnlich nasse und milde Witterung vom Herbst 2017 bis Februar 2018 führte einerseits dazu, dass der Holzeinschlag nicht begonnen werden konnte; andererseits fiel Holz an, das lange Zeit nicht gerückt werden konnte. In der Folge waren nicht nur Lieferverpflichtungen gegenüber der Holzverarbeitenden Industrie gefährdet, auch die Liquidität von Betrieben war in Gefahr. Im ungünstigsten Fall kamen noch Bodenschäden mit langfristiger negativer Wirkung hinzu.

Trockene Waldböden in der Vegetationszeit

Im Laufe der Vegetationszeit hatte die Waldfläche regional unterschiedlich unter zunehmender

Trockenheit zu leiden. Mitte Oktober war schließlich die komplette Waldfläche stark ausgetrocknet. Im „Dürremonitor“ für Deutschland wurden große Bereiche des Waldes in Rheinland-Pfalz den Klassen „schwere Dürre“ und „extreme Dürre“ zugeordnet. Im Westerwald, kleinräumig in der Eifel und im Hunsrück, wurde sogar die höchste Stufe „außergewöhnliche Dürre“ ausgewiesen. Der Dürremonitor des Helmholtz Zentrums für Umweltforschung (UFZ) basiert auf einem Bodenfeuchteindex, der tagesaktuell für den Gesamtboden bis ca. 1,8 m Tiefe berechnet wird. Er stellt die relative Abweichung vom langjährigen Zustand (1951-2015) dar, und ist kein Maß für die absolute Bodentrockenheit.

Die Ergebnisse von Wassergehaltsmessungen an forstlichen Intensivuntersuchungsflächen bestätigen die im Dürremonitor erkennbare Entwicklung. Das Beispiel der Untersuchungsstation „Leisel“ im Hunsrück zeigt klar die Austrocknungsphasen des Bodens in den unterschiedlichen Tiefenstufen (siehe Abbildung unten). Ab August gelangten Niederschläge bis 10 mm nicht mehr in tiefere Bodenregionen, sondern wurden von den Bäumen vorher aufgenommen. Die Tagesniederschläge wurden an der in unmittelbarer Nähe liegenden meteorologischen Messstation gemessen. An dieser wurden – im Gegensatz zu anderen Stationen – in diesem Sommer keine Höchstwerte der Trockenheit gemessen.

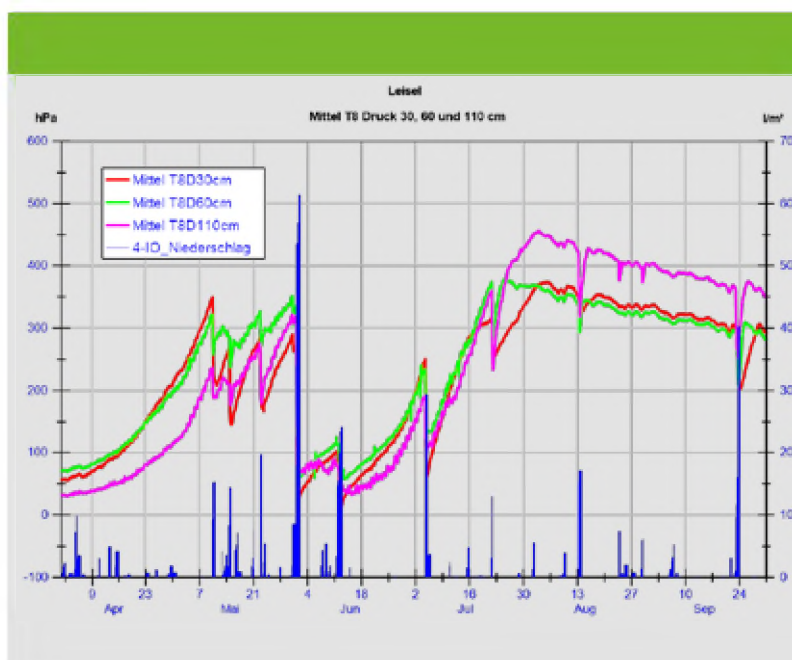
Weitere Informationen zum Dürremonitor:
<http://www.ufz.de/index.php?de=37937>

Folgen für den Waldschutz

Der Fichtenborkenkäfer als Profiteur des Klimawandels

Der wichtigste „Schädling“ an der Fichte, der große Fichtenborkenkäfer (*Ips typographus*), wird an jeweils drei Standorten im Pfälzerwald und im Hunsrücker Hochwald überwacht. Über die Ergebnisse wird wöchentlich berichtet. Auf Grundlage dieser Daten werden fortlaufend Empfehlungen zur effektiven Kontrolle der Fichtenwälder auf Stehendbefall für die Waldbesitzenden abgeleitet und veröffentlicht.

Bereits im Vorjahr wurden landesweit mindestens zwei Generationen des Fichtenborkenkäfers abgeschlossen. In wärmeren Lagen des Pfälzerwaldes wurde eine dritte Generation angelegt, die günstige Entwicklungsstadien zur Überwinterung erreichen konnte. Bereits zum Start der diesjährigen Borkenkäferentwicklung war damit eine vergleichsweise hohe Käferdichte vorhanden. Auch der deutlich gestiegene Anteil insektenbedingter Nutzungen von ca. 40.000 Erntefestmetern Holz im Jahr 2016 auf ca. 100.000 Erntefestmeter im Jahr 2017 deutet auf eine höhere Ausgangsdichte für das Jahr 2018 hin. Durch die Stürme im Januar erhöhte sich das Vorhandensein von bruttaug-



In der Grafik ist die Entwicklung des Bodenwassergehalts in drei Tiefen (30, 60 und 110 cm) als Verlauf der Saugspannung (in Hectopascal, hPa) dargestellt. Diese entspricht der Kraft, die Pflanzen aufbringen müssen, um Wasser aus dem Boden aufzunehmen. Je höher die Saugspannung, desto trockener ist der Boden und desto mehr Kraft benötigen die Pflanzen für die Wasseraufnahme.

lichem Material, als wichtige Voraussetzung für die Entwicklung einer Massenvermehrung.

Der Schwärmflug der überwinterten Käfer begann 2018 ab Mitte April. Nach der Anlage der ersten Generation im Mai erfolgte Mitte Juni die 2. Generation. Die Witterungsbedingungen führten zu einer beschleunigten Entwicklung des Käfers und der Anlage einer 3. Generation schon Anfang August. Aufgrund der günstigen Witterungs- und Entwicklungsbedingungen kam es zu einem "Dauerschwärmen" des Buchdruckers von mehreren Generationen nebst sogenannten Geschwisterbruten. Ende September war bis in mittlere Höhenlagen (z. B. Pfälzerwald) die Entwicklung der dritten Generation abgeschlossen; in Hochlagen des Landes (z. B. Eifel) ist die dritte Generation angelegt, z. T. sind bereits Jungkäfer entwickelt.

Der Fichtenborkenkäfer profitierte dieses Jahr von zwei Gegebenheiten:

- Die nahezu durchgehend hohen Temperaturen beschleunigten die Entwicklung der Käfer und
- durch die im Jahresverlauf zunehmende Trockenheit reduzierte sich die Abwehrfähigkeit

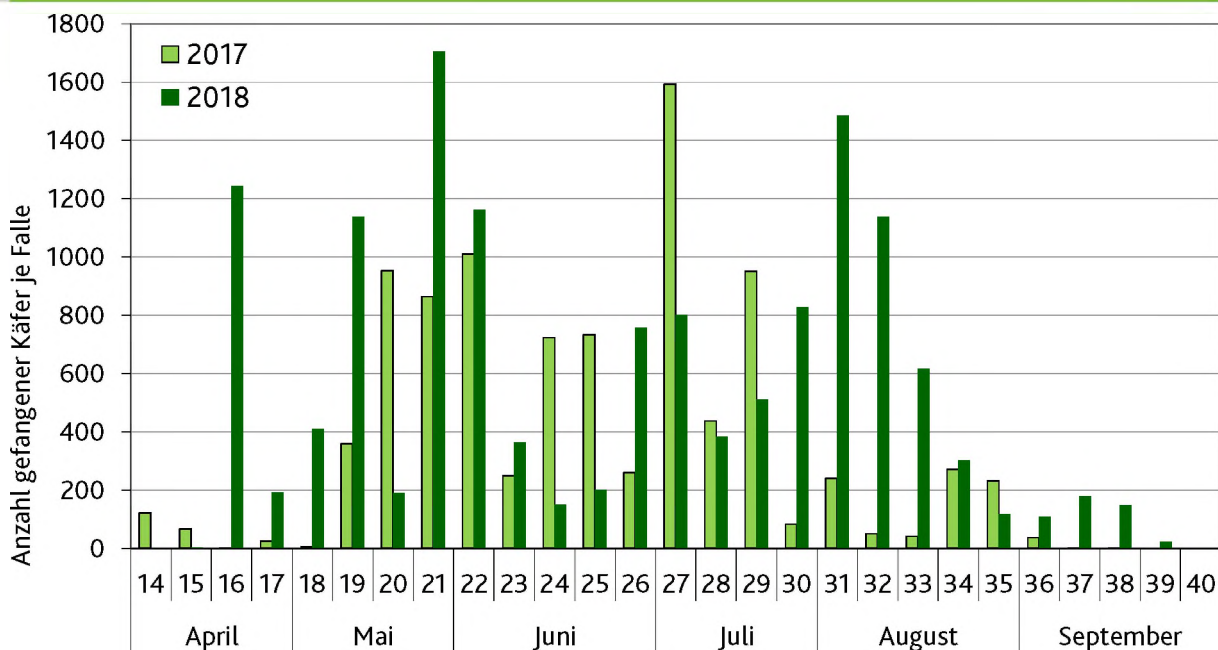
der Fichte. Während ausreichend mit Wasser versorgte Fichten zumindest einen Teil der Einbohrversuche des Käfers durch Harzbildung abwehren konnten, führt die Trockenheit zu deutlich reduzierter Harzbildung, die Abwehrfähigkeit der Fichte ist deutlich eingeschränkt.

Drastischer Anstieg von "Käferholz"

Die dargestellte Entwicklung des Fichtenborkenkäfers im Jahr 2018 führte zu einem erheblichen Anstieg des Käferholzes. Das Schadholzniveau hat Mitte November 480.000 Festmeter überschritten und liegt somit über dem letzten Höchststand aus dem Jahr 2006, der sich als Spätfolge des Trockensommers 2003 ergab. Die Lage ist innerhalb des Landes regional unterschiedlich, aber "käferholzfreie" Gebiete gibt es nicht. Am stärksten betroffen ist die Region Westerwald/Taunus. Das aktuelle Schadholzaufkommen der Baumart Fichte beträgt etwa 50 % des regulären Jahreseinschlags an Holz.

Die verspätete Aufarbeitung des Sturmwurfholzes infolge von Nässe, geringe Transportkapazitäten durch den großen Sturmwurf in Mitteldeutschland (> 10 Mio. Festmeter) sowie die unzureichende Verfügbarkeit von Holzernteunternehmen haben zu einer verzögerten Aufarbeitung des

Buchdruckerentwicklung 2017 und 2018 im Pfälzerwald



Borkenkäferprojekt zur Abschätzung der Gefährdung

Zur Abschätzung der Gefährdungssituation durch den Fichtenborkenkäfer („Buchdrucker“) in potenziell gefährdeten Fichtenwäldern, beteiligt sich Rheinland-Pfalz an dem Projekt „Verbesserte Abschätzung des Risikos für Buchdruckerbefall – Grundlagen für ein Prognosewerkzeug als Bestandteil des integrierten Waldschutzes (IpsPro)“. Im Rahmen der Kooperation wird das Gebiet des Nationalparks Hunsrück-Hochwald eingebracht. Ziel ist es, Fichtenwälder mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung hinsichtlich ihrer Borkenkäfergefährdung einzuschätzen. Die Ergebnisse münden in ein Web-gestütztes Prognosetool, in dem tagesaktuell und waldortbezogen das Gesamtrisiko dargestellt wird. Dies soll helfen, die zeitintensive terrestrische Borkenkäferüberwachung auf die im Jahresverlauf besonders gefährdeten Waldorte zu konzentrieren. Das Vorhaben wird in Kooperation zwischen Forstlicher Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Staatsbetrieb Sachsenforst und Universität Hamburg durchgeführt.

Weitere Informationen zum Borkenkäfer-Monitoring:

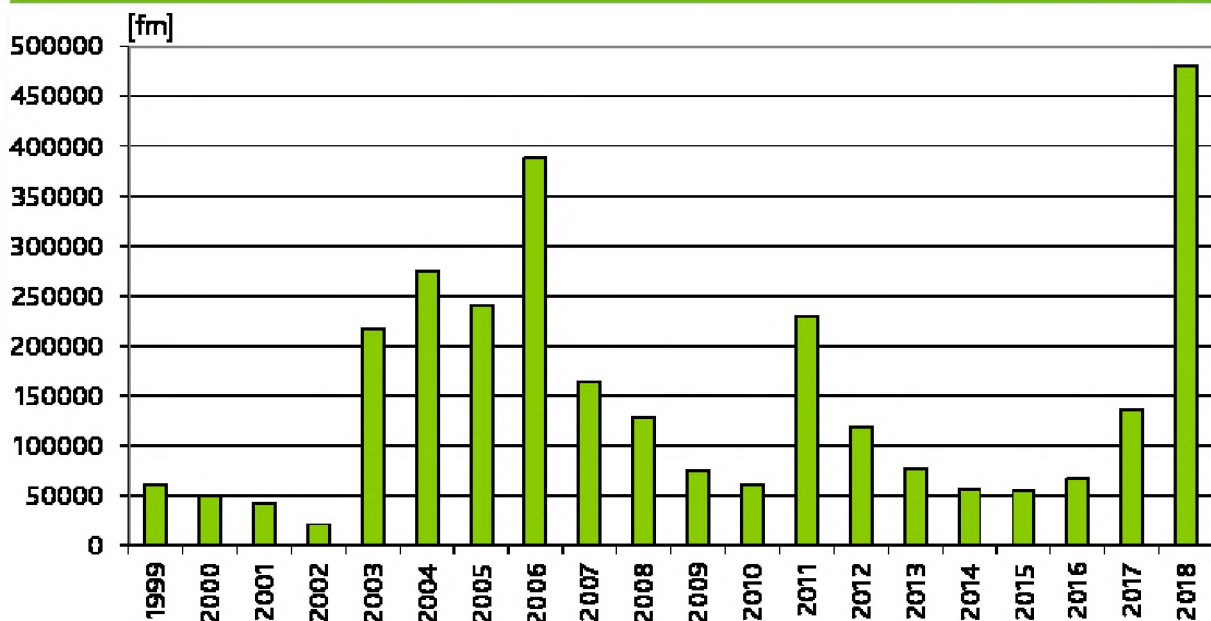
<https://www.wald-rlp.de/de/bewahren/waldschutz-schutz-vor-schaedlingen/borkenkaefer/>
oder <https://www.fawf.wald-rlp.de>

Fichtenholzes geführt und damit die Vermehrung des Borkenkäfers begünstigt. Dennoch bleibt die langanhaltende extreme Trockenheit der Hauptauslöser der Schäden.

Auch Eichen, Buchen und Kiefern leiden unter der Trockenheit

Bei allen drei Baumarten spielen von der Wärme profitierende Prachtkäferarten eine große Rolle. Sie schädigen vor allem durch Trockenheit geschwächte Bäume. So sind bereits im letzten Jahr in den Kiefernbeständen der Rheinebene und im Pfälzerwald die Schäden durch Pracht-, Bock- und Borkenkäfer angestiegen. Mit steigender Tendenz treten hier zudem Schäden durch Misteln (*Viscum album*) auf. Gravierender Befall wurde von den Forstämtern auf einer Fläche von ca. 2.700 Hektar gemeldet. Dieser führt vor allem im Zusammenhang mit Trockenstress zu Minderzuwachs und zu einer erhöhten Absterberate.

Käferholzeinschlag in Rheinland-Pfalz (alle Waldbesitzarten; Stand 18. November 2018)



Informationen zum Eichenprozessionsspinner:
http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/insekten/lwf_merkblatt_15/index_DE
http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/insekten/fva_eichenprozessionsspinner_aktuell/index_DE

Auch der Eichenprozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*) hat sich dieses Jahr in Rheinland-Pfalz nicht zuletzt witterungsbedingt stark verbreitet. Ältere Raupen verfügen über spezielle Brennhaare (*Setae*) mit dem Nesselgift Thaumetopoein, welches bei Menschen Haut- und Augenreizungen bis hin zu schweren Allergien auslösen kann. Die Brennhaare bleiben auch nach der Verpuppung der Raupen eine Gefahr, da ihre Wirkung mindestens zwei Jahre anhalten kann. Zahlreiche Kommunen mussten aufgrund der Gesundheitsgefährdung Nester beseitigen lassen. Relevante ökologische Schäden wurden bisher in den Eichenwäldern in Rheinland-Pfalz nicht beobachtet.

In der Oberrheinebene sind auf trockenen Sandstandorten zahlreiche Wälder von einer ausgedehnten Populationsentwicklung des Waldmaikäfers (*Melolontha hippocastani*) betroffen. Im gesamten Verbreitungsgebiet des Käfers in der Oberrheinebene bedroht der Wurzelfraß der polyphagen Engerlinge vornehmlich junge Bäume. Aber auch ältere Laub- und Nadelbäume können durch den Wurzelfraß geschwächt und dann für einen Befall durch nachfolgende Schadorganismen wie Pilze anfällig werden. Zu befürchten ist, dass sich in den durch Fraß verlichteten Wäldern Neophyten wie Indisches Springkraut, Goldrute und Kermesbeere weiter ausbreiten und die heimische Vegetation verdrängen. Im Frühjahr 2019 ist in diesen Gebieten mit merklichem Maikäferflug zu rechnen.

Blattfressende Raupen der „Eichenwickler-Schadgesellschaft“ wurden in diesem Jahr nur in geringem Umfang beobachtet. Lokal hat sich der Schwammspinner vermehrt. Diese Antagonisten würden dann gravierende Schäden verursachen, wenn ihre Massenvermehrung mit einem Tro-



Raupennest des Eichenprozessionsspinner Foto: H.W. Schröck



Hautausschlag durch Eichenprozessionsspinner Foto: H.W. Schröck

ckensommer zusammentreffen würde. Die in der Folge geschwächten Bäume bilden einen idealen Lebensraum für Eichenprachtkäfer, die Bäume in großem Umfang zum Absterben bringen können.

Einwandern von Schaderregern gefährdet heimische Baumarten

Die Edelkastanie ist gegenwärtig neben dem Esskastanienrindenkrebs (*Cryphonectria parasitica*) von der Japanischen Esskastanien-Gallwespe (*Dryocosmus kuriphilus*) betroffen. Die an den Blättern sich bildenden Gallen bewirken eine erhebliche Vitalitätsschwächung, Zuwachsverluste und Einschränkungen in der Produktion der Kastanienfrüchte. Vor allem in Kombination mit Trockenheit und Rindenkrebs können stark betroffene Bäume auch absterben. Das ursprünglich aus Südchina stammende Insekt wurde spätestens 2002 vermutlich mit befallenen Jungpflanzen nach Südeuropa verschleppt und breitet sich seither stetig aus. Seit 2015 ist ein Befall mit der Esskastanien-Gallwespe in verschiedenen Waldstandorten auch in Rheinland-Pfalz bestätigt. Eine stärkere Ausbreitung wird in den Wäldern der Haardt und in der Vorder- und Südwestpfalz beobachtet.

Durch ein deutschland- und europaweites Monitoring soll frühzeitig die Einschleppung von Quarantäne-Schadorganismen festgestellt werden. Das Monitoring in Rheinland-Pfalz umfasst den Kiefernholznematoden (*Bursaphelenchus xylophilus*), den Asiatischen Laubholzbock (*Anoplophora glabripennis*) und das Feuerbakterium (*Xylella fastidiosa*). Nach den Vorgaben des Julius-Kühn-Instituts in Braunschweig wurden für jeden Organismus Monitoringflächen im Land ausgewählt, die jährlich auf Befall untersucht werden. Bisher ist keine der drei Quarantäneorganismen in Rheinland-Pfalz nachgewiesen worden.

Ökonomische Folgen

Direkte und präventive Folgewirkungen

Klimatische Extremereignisse wie Hitze, Trockenheit, Starkregen und Sturm werden infolge des Klimawandels häufiger und intensiver werden. Auch an Wärme angepasste Schädlinge und Krankheiten profitieren vom Klimawandel. Als Folgewirkung steigt das Risiko von Kalamitäten in dafür anfälligen Wäldern. Für Forstbetriebe und Waldbesitzende kann der Klimawandel gravierende ökonomische Folgen nach sich ziehen. Dabei ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen direkten ökonomischen Folgen durch die Bewältigung der Ereignisse und Folgen, die aus präventiven Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Abmilderung künftiger Extremereignisse resultieren.

Die gesamte Palette an möglichen Folgewirkungen und notwendigen Maßnahmen kann hier nicht dargestellt werden. In der folgenden Übersicht sind daher exemplarisch besonders relevante direkte wie auch präventive Folgewirkungen aufgeführt.

Direkte ökonomische Folgen und Aufwendungen für präventive Maßnahmen infolge klimabedingter Extremereignisse stellen für die Forstbetriebe erhebliche finanzielle Belastungen dar. Diese reichen von Problemen in der Betriebsfüh-

Aktuelle Informationen zur Esskastanien-Gallwespe:

http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2013_01.pdf

rung über Liquiditätsengpässe bis hin zur Existenzgefährdung. Ohne angemessene Soforthilfen und finanzielle Förderungen werden Waldbesitzende vielfach nicht in der Lage sein, eingetretene Schäden ordnungsgemäß zu beseitigen und klimangepasste Wälder für eine nachhaltige Zukunft aufzubauen.

Die im Extremjahr 2018 infolge von Trockenheit und Borkenkäferbefall eingetretenen Entwicklungen und Schäden sollen im Folgenden gesondert skizziert werden.

Geringerer Holzzuwachs durch Trockenheit

Auswirkungen des warm-trockenen Sommers auf den Holzzuwachs können aktuell (Ende Oktober) lediglich grob geschätzt werden. Es kann von einer – trockenheitsbedingten – Zuwachsminderung von mindestens 20 % ausgegangen werden. Bei 6,7 Mio Kubikmetern Gesamtzuwachs an Derbholz pro Jahr ergäbe sich eine Zuwachsminderung von 1,3 Mio Kubikmetern. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass in diesem Jahr nicht nur die Trockenheit den Holzzuwachs vermindert, sondern auch die starke Blüte und nachfolgende Fruchtbildung (s. a. Kapitel Blühintensität 2018 als Merkmal im Klimawandel).

Ökonomisch lässt sich die Zuwachsminderung in diesem Jahr selbst bei Vorliegen belastbarer Zahlen zum Holzzuwachs nicht beziffern. Denn maßgebend ist der zum Zeitpunkt der Holzerteilbare Erlös. Gegenwärtig verringern die geringeren Zuwächse lediglich das bei regulären Bedingungen zu erwartende Holzvorratsniveau – vergleichbar einer Veränderung des Lagerbestands. Aufgrund der Dynamik des Holzpreises ist die Kalkulation von Ertragsverlusten daher äußerst spekulativ. Um dennoch eine Größenordnung anzugeben: Die Verluste dürften im zweistelligen Millionenbereich liegen.

Relevante direkte und präventive ökonomische Folgewirkungen (nach Extremereignissen und biotischen Kalamitäten differenziert)

Extremwetterereignis bzw. biotischer Einfluss	Direkte ökonomische Folgewirkungen	Präventive Aufwendungen
<ul style="list-style-type: none"> • Trockenheit/Dürre • Sturm • Waldbrand • Starkregen • Schädlinge/Krankheiten (z. B. Kalamitäten durch Borkenkäfer) 	<ul style="list-style-type: none"> • Holzräumung auf Schadensflächen • Erhöhte Aufarbeitungs- und Rückkosten durch verstreuten Holzanfall • Preisminderungen für Kalamitätsholz • Bekämpfung von Schaderregern (z.B. durch Beseitigung, Entrindung und rechtzeitige Abfuhr von Holz) • Anlage von Holzlagerplätzen sowie Nass- und Trockenlagern zur Vermeidung weiterer Holzentwertung und zur Entlastung des Holzmarktes • Instandsetzung beschädigter Wege, Abfluss- und Wasserrückhalteanlagen nach Starkregen • Waldbrandbekämpfung 	<ul style="list-style-type: none"> • Waldschutz: Überwachung, Vorbeugung (Beseitigung von bruttauglichem Holz) • finanzielle Aufwendungen für den Umbau anfälliger - auch noch nicht geschädigter - Wälder in stabile und klimaangepasste Mischwälder • Wiederaufforstung von Kahlflecken bzw. Verjüngungsmaßnahmen in Lücken und aufgelichteten Waldbereichen einschließlich Schutzmaßnahmen gegen Wildverbiss • Anlage von Schutzstreifen und Feuerlöschteichen gegen Waldbrand • Waldbrandmonitoring

Ertragseinbußen durch Borkenkäferholz

Von Borkenkäfern befallenes Fichtenholz erzielt geringere Preise. Außerdem ist die vorzeitige Holznutzung mit weiteren Ertragseinbußen verbunden. Hinzu kommen erhöhte Holzerntekosten

durch kleinflächigen und räumlich verstreuten Holzanfall, Mehraufwendungen für nachfolgende Neuanpflanzungen und weiter sinkende Preise aufgrund des aktuellen hohen Überangebotes an Fichtenholz am Markt. Insgesamt überschreitet

Folgen für Gesundheit und Arbeitsfähigkeit

Generell sind im Freien arbeitende Menschen einer erhöhten Gefährdung ausgesetzt. Hohe Temperaturen und Hitzewellen stellen eine besondere Belastung dar. Die spezifische Wärmebelastung hängt dabei nicht allein von der Lufttemperatur ab. Entscheidend ist vielmehr das Zusammenwirken von Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit, Sonneneinstrahlung und Wärmestrahlung der Atmosphäre als weitere wesentliche Einflussfaktoren. Darüber hinaus stellen motorbetriebene Geräte eine zusätzliche Wärmequelle dar und die erforderliche Schutzkleidung hemmt die Wärmeabgabe des Organismus.

Als Folge der gesundheitlichen Belastung nimmt nicht nur die Arbeitsleistung ab, auch die Konzentration geht zurück, die Unfallgefahr steigt. Letztlich kann der gesamte Wirkungskomplex Störungen im betrieblichen Ablauf nach sich ziehen und zu indirekten ökonomischen Verlusten führen. Um diese zu minimieren, muss auch der Arbeitsschutz den Klimawandel verstärkt berücksichtigen. Dazu gehören zum Beispiel sensibilisierte Arbeitsteams, technische und organisatorische Anpassungen und Warnhinweise.

die Menge an Käferholz die Aufnahmefähigkeit der heimischen Sägeindustrie deutlich. Ohne die derzeit bestehenden Exportmöglichkeiten nach Asien wären wesentliche Käferholzmengen unverkäuflich. Dieser Absatz entlastet die heimischen Märkte und leistet einen Beitrag zur Reduzierung der Waldschutzzrisiken für das kommende Frühjahr.

Die Höhe betrieblicher Verluste lässt sich gegenwärtig nur grob beziffern: Bereits Ende August ging der Deutsche Forstwirtschaftsrat e. V. (DFWR) allein bei den Borkenkäferschäden bundesweit von 270 Mio. € aus. Dabei wurde ein Verlust in Höhe von 45 € pro Festmeter angenommen – infolge von geringeren Erlösen und Mehrkosten bei der Holzernte. Auf den Gesamtwald, d.h. auf alle Waldbesitzarten in Rheinland-Pfalz übertragen, wären das 21 Mio. €. Wie bereits angedeutet, stellt diese Zahl lediglich eine grobe, vorläufige Größenordnung dar, da die Schadholzmenge weiter ansteigen kann und ein Ende des aktuell dynamischen Preisverfalls derzeit noch nicht abschätzbar ist.

Fazit und Konsequenzen:

- Die extreme Witterung der letzten 12 Monate in Rheinland-Pfalz mit starker Bodenvernäsung im Winter, massiver Trockenheit in der Vegetationszeit, Hitzewellen im Sommer und lokalem Starkregen mit Überflutung ist nach Expertenmeinung beispielhaft für die Folgen des Klimawandels. Extreme Wetterereignisse werden künftig häufiger und noch intensiver zu erwarten sein.
- Rheinland-Pfalz ist in Deutschland mit 1,5 °C Temperaturanstieg seit 1881 überdurchschnittlich vom Klimawandel betroffen. Abhängig von der globalen Entwicklung ist bis Ende des Jahrhunderts ein Temperaturanstieg von weiteren 1,5 bis 5 Grad Celsius verglichen mit 1971-2000 möglich.
- Die warm-trockene Witterung in 2018 hat zu einer massiven Vermehrung des Fichtenborkenkäfers geführt und das Abwehrsystem der Fichten geschwächt: mehr als 480.000 Festmeter Schadholz bis Ende Oktober und damit 50 % des Jahreseinschlags sind die Folge.
- Der vor allem für die menschliche Gesundheit gefährliche Eichenprozessionsspinner hat sich in diesem Jahr verstärkt ausgebreitet. Daneben wurden Eichen, Buchen und Kiefern von verschiedenen Käferarten befallen, die von der Witterung profitiert haben.
- Die klimabedingten Extremereignisse führten zu teilweise massiven Störungen im forstlichen Betriebsablauf und zogen direkte ökonomische Folgen nach sich, wie Mehrkosten bei der Aufarbeitung und Preisverluste bei der Vermarktung von Borkenkäferholz.
- Noch kaum abschätzbare ökonomische Folgen resultieren aus Holzzuwachsverlusten und präventiven Aufwendungen, insbesondere für den Waldschutz und den Aufbau klimaangepasster Wälder.
- Höhere gefühlte Temperaturen sind ein zunehmendes Risiko für die Gesundheit der im Wald Arbeitenden und beeinträchtigen ihre körperliche Leistungs- und Arbeitsfähigkeit. Anpassung an den Klimawandel ist daher auch für den Arbeitsschutz im Wald ein prioritäres Thema.
- Die Folgen der extremen Witterung für den Wald in Rheinland-Pfalz in diesem Jahr unterstreichen, dass der Weg zu naturnahen, vitalen und strukturreichen Laub-Nadel-Mischwäldern konsequent fortgesetzt werden muss.
- Die begonnene, flächendeckende Fortführung der Standortskartierung führt zu verlässlicheren kleinstandörtlich differenzierten Empfehlungen zur Baumartenwahl. Weiterhin ist sie Grundlage zur nährstoffnachhaltigen Bewirtschaftung und Basis von Empfehlungen zur unterstützenden Vitalisierung der Wälder durch Bodenschutzkalkungen.
- Private und kommunale Waldbesitzer müssen intensiver beraten und unterstützt werden, auch hinsichtlich Waldbauplanung und Waldschutzfragen.

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 2018 hat sich der Kronenzustand über alle Baumarten merklich verschlechtert. Fast alle Baumarten zeigen einen Anstieg der Kronenverlichtung, starke Fruchtbildung und eine Reaktion auf Trockenheit und Hitze.

Durchführung

Die Waldzustandserhebung erfolgt seit 1984 auf einem systematischen, landesweiten Stichprobenraster. Die Stichprobe umfasst insgesamt 168 Aufnahmepunkte. Derzeit stockt an insgesamt 8 Aufnahmepunkten kein geeigneter Waldbestand, um Probestämme auszuwählen. An diesen Punkten kann erst wieder eine Aufnahme erfolgen, sobald der nachfolgende Jungbestand etabliert ist. Damit wurden an 160 Aufnahmepunkten 3840 Stichprobenbäume begutachtet. Die Außenaufnahmen erfolgten einschließlich Abstimmungsübung und Kontrollaufnahmen in der Zeit vom 16. Juli bis 03. August.

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

Ausführliche Informationen zum Verfahren und insbesondere zur Definition der Schadstufen finden Sie auf den Webseiten der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft: <http://www.fawf.wald-rlp.de/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/FUM/umweltmonitoring/methodik.html>

26 Aufnahmepunkte sind zugleich Teil des europaweiten Level I-Monitoringnetzes zum Waldzustand. Die auf diesen Punkten erhobenen Daten gehen in die bundesdeutsche und europäische Waldzustandserhebung ein. Weitere Informationen finden Sie im Internet unter <http://www.thuenen.de/de/wo/projekte/waldmonitoring/projekte-waldzustandserhebung/bundesweite-waldzustandserhebung/> und www.icp-forests.net

Waldzustand allgemein

Für die gesamte Waldfläche von Rheinland-Pfalz über alle Baumarten und Altersstufen hat sich der Zustand des Waldes gegenüber dem Vorjahr merklich verschlechtert. Der Anteil deutlicher Schäden ist gegenüber dem Vorjahr um 13 Prozentpunkte angestiegen. Die mittlere Kronenverlichtung liegt um 4 Prozentpunkte höher. Dieser Anstieg ist statistisch signifikant.

Besonders drastische Verschlechterungen waren bei Douglasie und Esche zu verzeichnen, nur geringfügige Veränderungen gab es bei Kiefer, Hainbuche, Birke, Erle und Tanne.

Der Witterungsverlauf von 2018 war gegenüber der Referenzperiode zu warm und zu trocken. Nur der Februar und März waren vergleichsweise kalt, und nur Januar und Mai brachten überdurchschnittliche Niederschläge. Die Winterniederschläge führten jedoch zu einer guten Füllung

der Wasserspeicher des Bodens. Mit dem warm-trockenen April startete die Vegetation sehr früh und schnell. Die Bodenwasservorräte erlaubten einen normalen Frühjahrsaustrieb, der bei vielen Baumarten mit einer starken Blüte verbunden war. Der Mai und auch (noch) der Juni brachten Niederschläge, die den Fruchtsatz begünstigten. Die Früchte werden vorrangig versorgt und zur Reife gebracht, das Wachstum der Triebe und Blätter / Nadeln bleibt demgegenüber zurück. Die im Juni beginnende Trockenphase bei gleichzeitig hohen Temperaturen führte je nach lokalen Niederschlagsereignissen und Bodenwasserhaltekraft zu kleinräumig unterschiedlich ausgeprägtem Trockenstress. In der zweiten Julihälfte wurden die Defizite im Wasserhaushalt immer ausgeprägter. Auf schlecht versorgten Standorten wurden erste Trocknisschäden sichtbar, die im Laufe des Au-

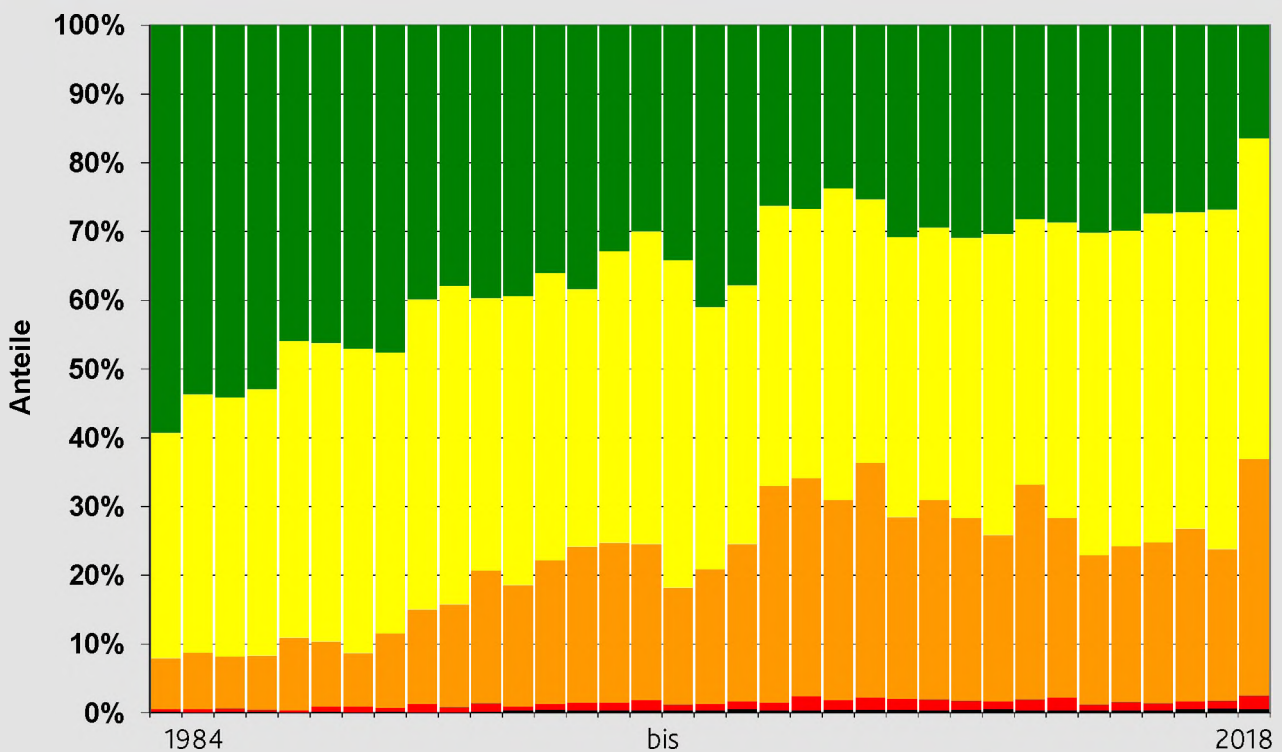
Analysen der Daten und eine Darstellung des Ursache-Wirkungsgeschehens sind auf den Webseiten der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft zu finden:

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

gust zusehends deutlicher wurden. Den gesamten Sommer über traten Gewitter und Extremwetterlagen auf, die einerseits in den Randlagen genehme Niederschläge brachten, andererseits in ihrem Zentrum kleinräumig zu Schäden durch Sturm, Starkregen oder Hagel führten. Von den Aufnahmepunkten der WZE war einer durch ein solch extremes Witterungsereignis betroffen, hier war der Waldbestand mit allen Probestämmen durch Sturm umgeworfen worden.



Entwicklung der Schadstufenverteilung über alle Baumarten



Insektenfraß war in vielen Laubbaumbeständen ähnlich häufig wie im Vorjahr zu beobachten, blieb im Allgemeinen aber unter der kritischen Schwelle, ab der ein Einfluss auf den Kronenzustand zu erwarten ist. Bei den Pilzkrankheiten sind Douglasienschütte und Eschentriebsterben von entscheidendem Einfluss auf den Kronenzustand dieser beiden Baumarten. Bei den anderen Baumarten wurde ein Pilzbefall der Nadeln oder Blätter selten und meist nur in den unteren Bereichen der Baumkronen beobachtet und lag damit außerhalb des Boniturbereiches für die Kronenzustandsansprache. Vergilbungen an Nadel- oder Blattorganen sind im Berichtsjahr nur in geringem Umfang beobachtet worden.

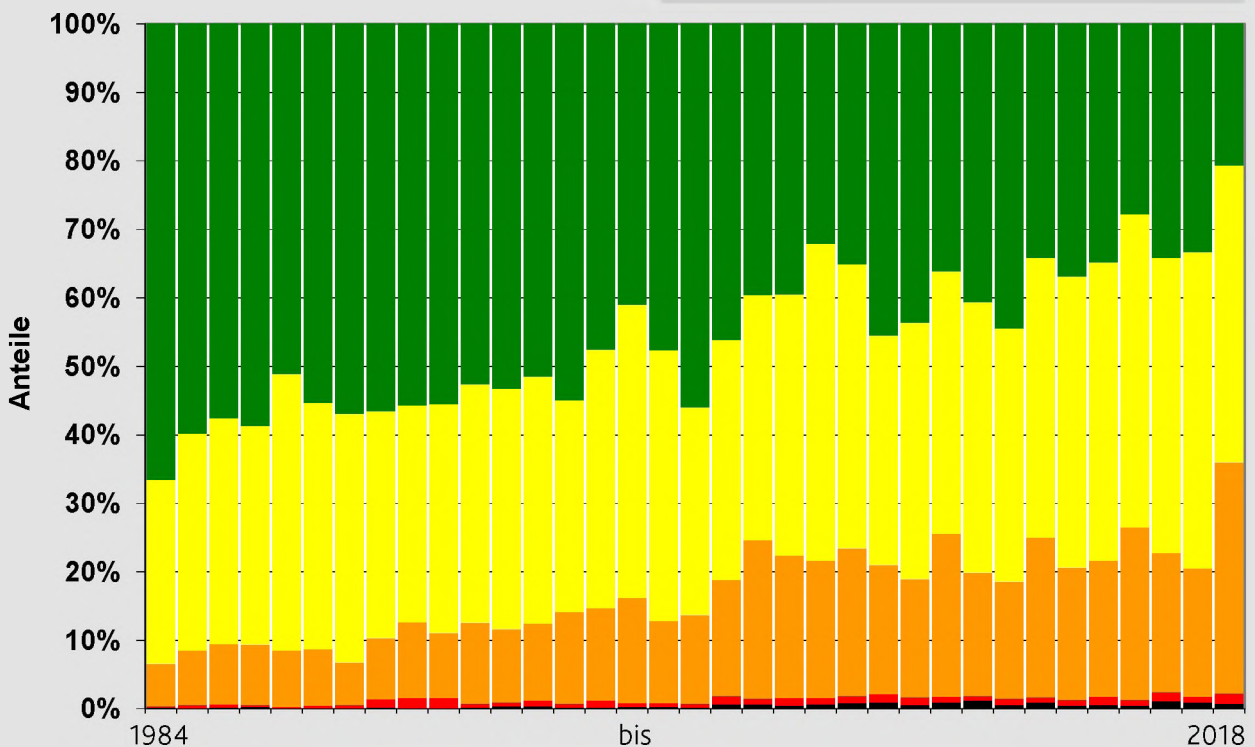
Fichte

Das Niveau der Kronenschäden ist bei der Fichte gegenüber dem Vorjahr erheblich angestiegen und hat aktuell den höchsten Stand seit 1984 erreicht. Der Anteil der deutlich geschädigten Probestämme ist um 15 Prozentpunkte, die mittlere Kronenverlichtung um 4,6 Prozentpunkte höher. Diese Veränderung ist signifikant.

Im Jahr 2018 hat die Fichte sehr intensiv geblüht und Zapfen ausgebildet. Über 90 % aller Fichtenprobestämme zeigten frischen Zapfenbehang, teilweise mit hoher Intensität. Aus früheren Untersuchungen ist bekannt, dass Fichten mit Zapfenbehang zu einer stärkeren Kronenverlichtung neigen als Fichten ohne Zapfenbehang. Eine vergleichende Auswertung ist im Berichtsjahr jedoch nicht möglich, da es zu wenig ältere Fichten gibt, die keinen Zapfenbehang aufweisen.

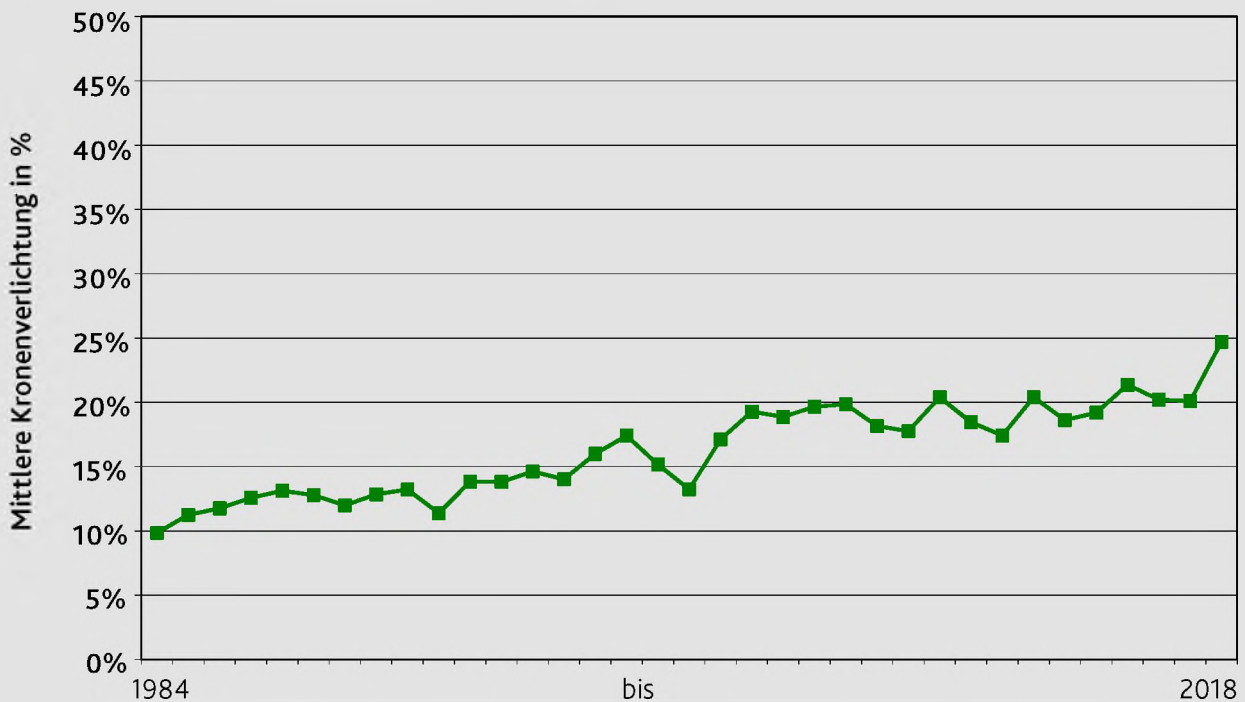
Fichte

Entwicklung der Schadstufenverteilung



Fichte

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



Insekten oder Pilze, die unmittelbar die Nadeln befallen, waren 2018 nicht zu beobachten.

Bei dem beobachteten Witterungsverlauf ist davon auszugehen, dass die Fichte im Verlauf des Sommers auf einigen Standorten unter Trockenstress gekommen ist. Die Fichte ist morphologisch gut an solche Situation angepasst und schließt ihre Spaltöffnungen, um die Verdunstung zu verringern oder ganz einzustellen. Unter extremen Bedingungen oder bei physiologischen Störungen der Spaltöffnungsapparate wirft die Fichte aber auch vorzeitig Nadeln ab, vorzugsweise ältere Nadeljahrgänge. In der Folge werden vom Astansatz her entnadelt, feine Seitenzweige („Lamettasyndrom“) sichtbar, ein Phänomen, das in diesem Jahr häufiger zu beobachten war.

Bei der Fichte kommt es häufiger zu einem ungeplanten, vorzeitigen Ausfall der Bäume. In der Zeitreihe liegt die Ausscheiderate durchgehend über dem Durchschnitt der anderen Haupt-

baumarten. Im Berichtsjahr ist sie mit 6,3 % der Baumzahl vergleichsweise hoch. Die Fichte leidet stärker unter Schadereignissen, besonders Sturmwurf oder Borkenkäferbefall. 2018 waren 38 von 61 ausgefallenen Fichtenprobebäume, darunter ein vollständiger Aufnahmepunkt, Sturmwurf zum Opfer gefallen. Bei weiteren 2 Probebäumen war Borkenkäferbefall der Grund zur Entnahme. An 3 noch stehenden Probebäumen wurde Borkenkäferbefall festgestellt. Ein Baum war bereits abgestorben.

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 2018 war an nur 2 Fichten nennenswerte Vergilbung zu sehen. Als eine wesentliche Ursache für den Rückgang der Vergilbung kann die verbesserte Magnesiumversorgung durch Bodenschutzkalkung auf stark versauerten Standorten angenommen werden.

Buche

Der Kronenzustand der Buchen hat sich gegenüber dem Vorjahr verschlechtert. Der Anteil der deutlichen Schäden ist um 13 Prozentpunkte, die mittlere Kronenverlichtung um 3,9 Prozentpunkte angestiegen. Diese Veränderung ist signifikant. Das Schadniveau der Buche bleibt aber unter dem Wert des Jahres 2016.

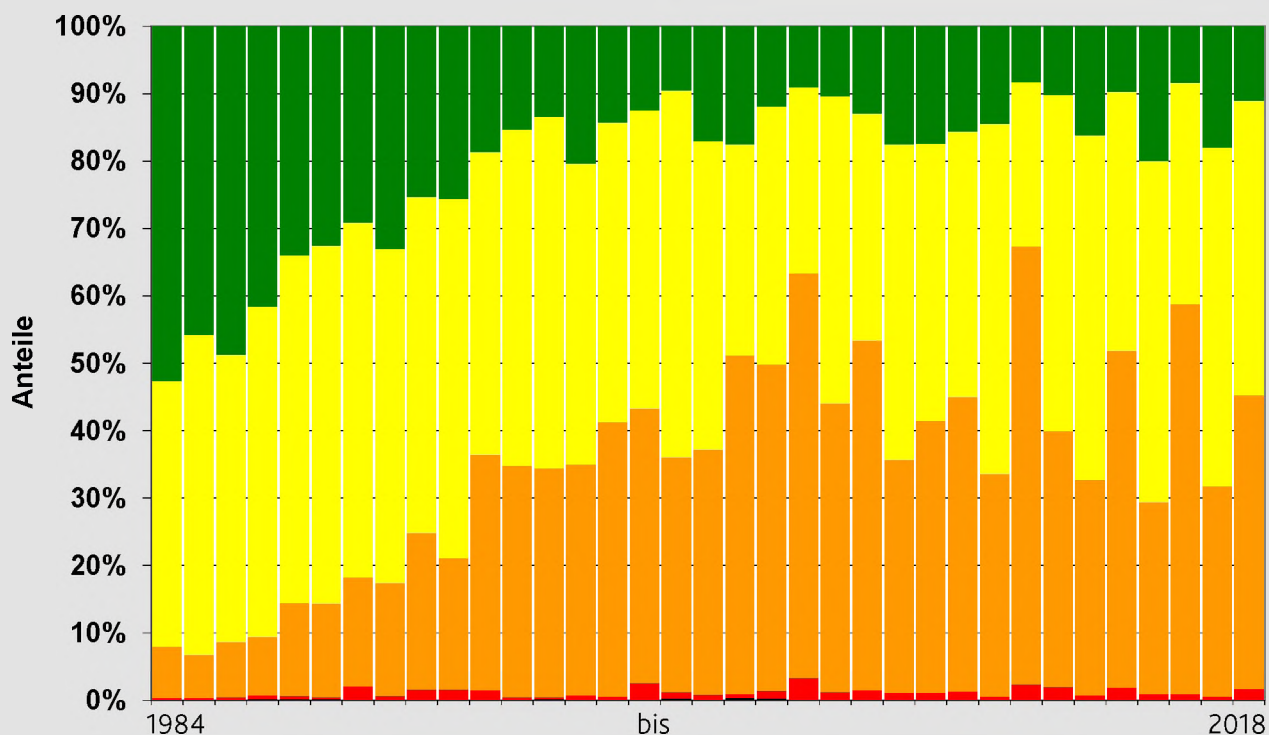
Im letzten Jahrzehnt trägt die Buche nahezu jedes zweite Jahr Bucheckern. Im Jahr 2018 war, nach ausbleibendem Fruchtbehang im Vorjahr, wieder starker Fruchtbehang (69 % der Probestämme) zu beobachten. Das Ausmaß war jedoch geringer als im Jahr 2016. Von den über 60 Jahre alten Buchen tragen 80 % der Probestämme Früchte. Die wenigen Buchen ohne Fruchtbehang zeigen zwar ebenfalls einen Anstieg der Kronenverlichtung, aber nur tendenziell und nicht signifikant. Die deutlich fruktifizierenden Buchen weisen dagegen auch den deutlichsten Anstieg der Kronenverlichtung

auf. Im kommenden Jahr muss sich zeigen, ob die Buche vital genug ist, diese natürliche Belastung wieder auszugleichen. Der Verlauf der Schadstufenverteilung und der mittleren Kronenverlichtung zeigt in den letzten 6 Jahren eine Art Sägezahnmuster, wechselnd mit höherem Schadniveau in den Fruchtjahren und niedrigerem in den Zwischenjahren. Hier wird zu beobachten sein, ob diese Streuungen ungerichtet bleiben oder ob sich langfristig ein Trend herausbildet.

Schäden durch blattfressende Insekten, insbesondere Loch- und Minierfraß durch den Buchenspringrüssler (*Rhynchaenus fagi*), war an rund 29 % der Probestämme aufgetreten und damit häufiger als im Vorjahr zu beobachten. Besonders häufig (69 %) und auch stärker befallen waren die Buchen im Pfälzerwald.

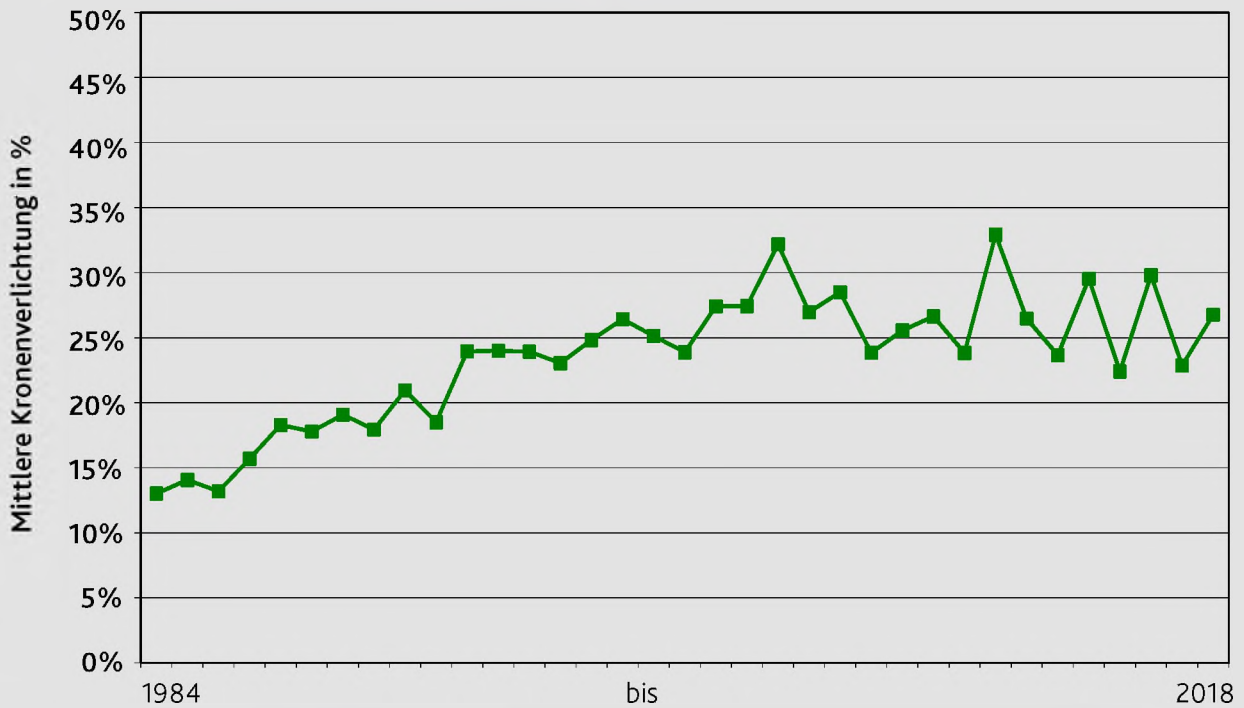
Buche

Entwicklung der Schadstufenverteilung



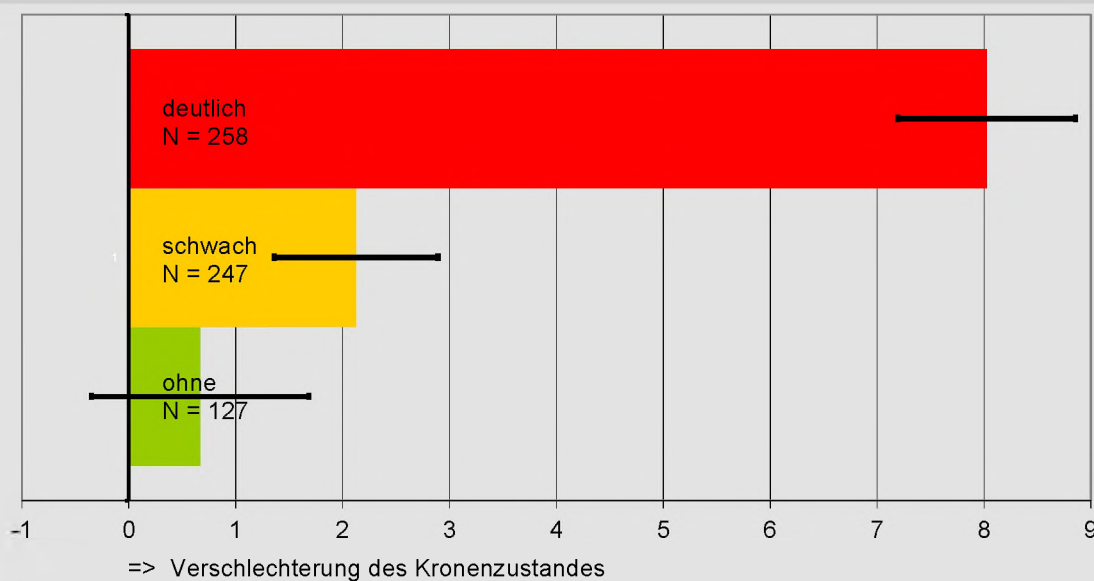
Buche

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



Buche

Veränderung der mittleren Kronenverlichtung der über 60 jährigen Buchen in Prozentpunkten von 2017 auf 2018 bei unterschiedlicher Intensität des Fruchtbehanges



Die im Verlauf des Sommers zunehmende Trockenheit ist für die Buche ebenfalls eine Belastung. Im Kronenzustand hat sie sich aber nur bei einzelnen Probebäumen gezeigt. Diese Bäume wiesen bei der Erhebung bereits trockene, verbrauchte Blätter im obersten Kronenbereich auf. Die Erfahrungen aus dem Jahr 2003 lassen vermuten, dass diese Belastung die Buchen noch im folgenden Jahr beeinträchtigen wird.

Befall durch Blattpilze, wie der Blattbräune (*Apiognomonia errabunda*), wurde zwar gelegentlich beobachtet, jedoch nur im Bereich der Schattkrone. Damit blieb die Blattbräune ohne Einfluss auf den eingewerteten Kronenzustand. Vergilbung war an einer Buche in nennenswertem Umfang notiert worden.

Dürres Feinreisig und abgestorbene Äste im Lichtkronenbereich werden seit Beginn der Erhebung 1984 bei der Bewertung der Kronenverlichtung berücksichtigt und gehen anteilmäßig in die Beurteilung des Blattverlustes mit ein. Bei rund 23 % der Probebäume wurde Dürreisig beobachtet, dieser Anteil ist in den letzten Jahren relativ unverändert geblieben. Da bei der Buche das feine, dürre Reisig in der Regel im Laufe eines Jahres herausbricht, bedeutet das, dass das beobachtete dürre Feinreisig überwiegend seit der letzten Erhebung neu abgestorben ist.

Eiche

Der Kronenzustand der Eichen hat sich im Jahr 2018 verschlechtert. Der Anteil deutlich geschädigter Probebäume ist gegenüber dem Vorjahr um 11 Prozentpunkte, die mittlere Kronenverlichtung um 3,7 Prozentpunkte angestiegen. Diese Veränderung ist signifikant. In den letzten Jahren sind ausgeprägte Schwankungen in der Entwicklung der Kronenverlichtung zu beobachten. Ursachen für diese Wechsel im Schadniveau sind nicht erkennbar. Trocknisschäden wurden bis zum Abschluss der Waldzustandserhebung 2018 nur an einzelnen Eichen auf exponierten Standorten sichtbar. Das Schadniveau ist gegenüber der Periode von 1996 bis 2010 niedriger, aber gegenüber dem Zeitraum

zu Beginn der Waldzustandserhebung erhöht. 2018 wurden an 51 % der Probebäume Fruchtanhang beobachtet. Das ist ungewöhnlich, da die Früchte der Eiche zum Zeitpunkt der Waldzustandserhebung meist noch zu klein sind, um den Fruchtbehang sicher abschätzen zu können. Im Jahr 2018 war die Entwicklung der Eicheln aber schon so weit fortgeschritten, dass sie gut erkennbar waren. Ein Zusammenhang zwischen der Intensität des Fruchtbehanges und der Entwicklung des Kronenzustandes konnte damit bei Eiche geprüft werden, war aber nicht feststellbar.

Die Eichen erleiden regelmäßig mehr oder minder starke Schäden durch blattfressende Insekten. Häufig wird der Wiederaustrieb durch den Eichenmehltau (*Microsphaera alphitoides*) befallen. Aktuell wurden an 23 % der Probebäume Fraßschäden beobachtet, damit ist der Anteil gegenüber dem Vorjahr etwas geringer. Befall durch den Mehltau-pilz ist in 2018 immer wieder sichtbar geworden, war aber zum Zeitpunkt der Erhebung nur an einzelnen Probebäumen (1,8 %) festzustellen. Insektenfraß hat sich als ein bedeutsamer Einflussfaktor auf die Entwicklung des Kronenzustandes bei der Eiche erwiesen. Das Ausmaß des Insektenfraßes am Einzelbaum war 2018 jedoch überwiegend gering, nur an einigen wenigen Eichen (4,2 %) war ein stärkeres Ausmaß festzustellen. Die Verschlechterung des Kronenzustandes ist bei den von Fraßschäden betroffenen Eichen ausgeprägter.

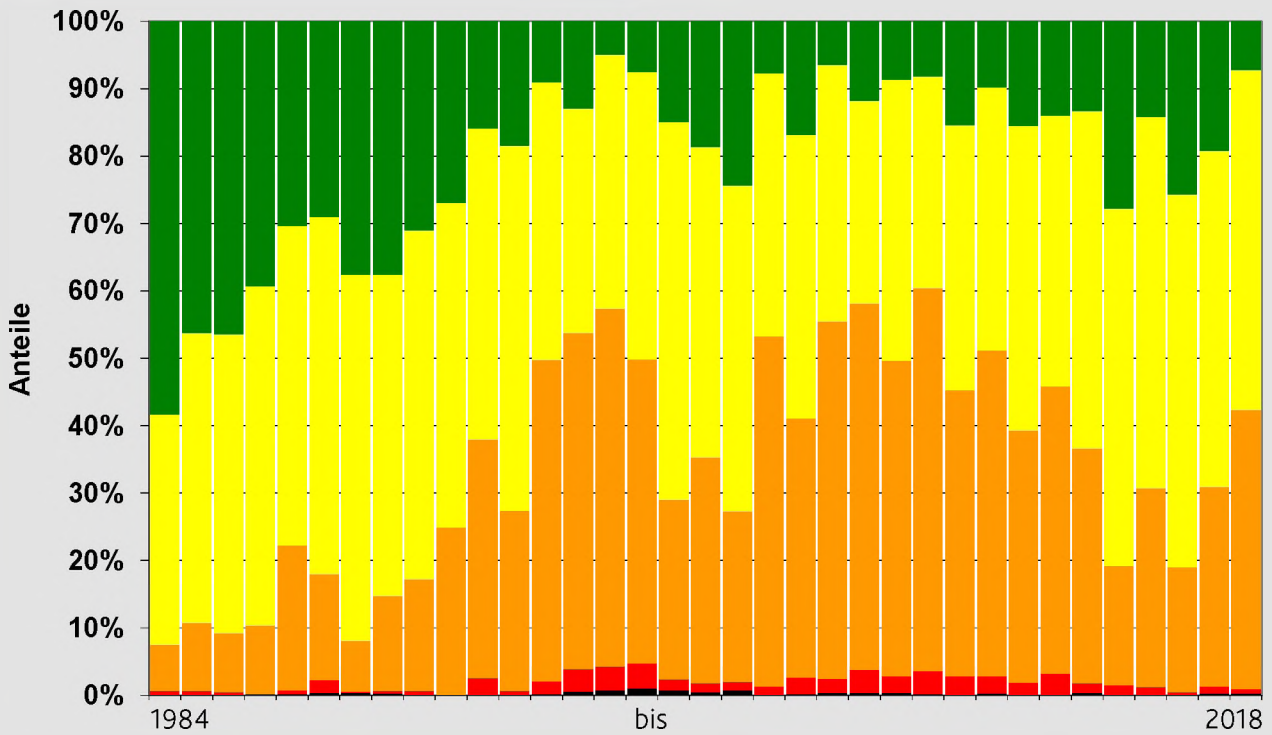
An einigen Eichen werden immer wieder ins gelbliche gehende Verfärbungen der Blätter oder hellgrüne bis gelbe Partien zwischen den Blattrippen beobachtet. Die genaue Ursache hierfür ist nicht bekannt, es könnte sich um Virenbefall oder Pilzinfektionen handeln. Stärkere Blattvergilbung wurde 2018 an Eiche nicht beobachtet.

Kiefer

Bei der Kiefer hat sich der Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr nur geringfügig verändert. Der Anteil an Probebäumen mit deutlichen Schäden ist um 2 Prozentpunkte und die mittlere Kronenverlichtung um 0,5 Prozentpunkte angestiegen. Diese

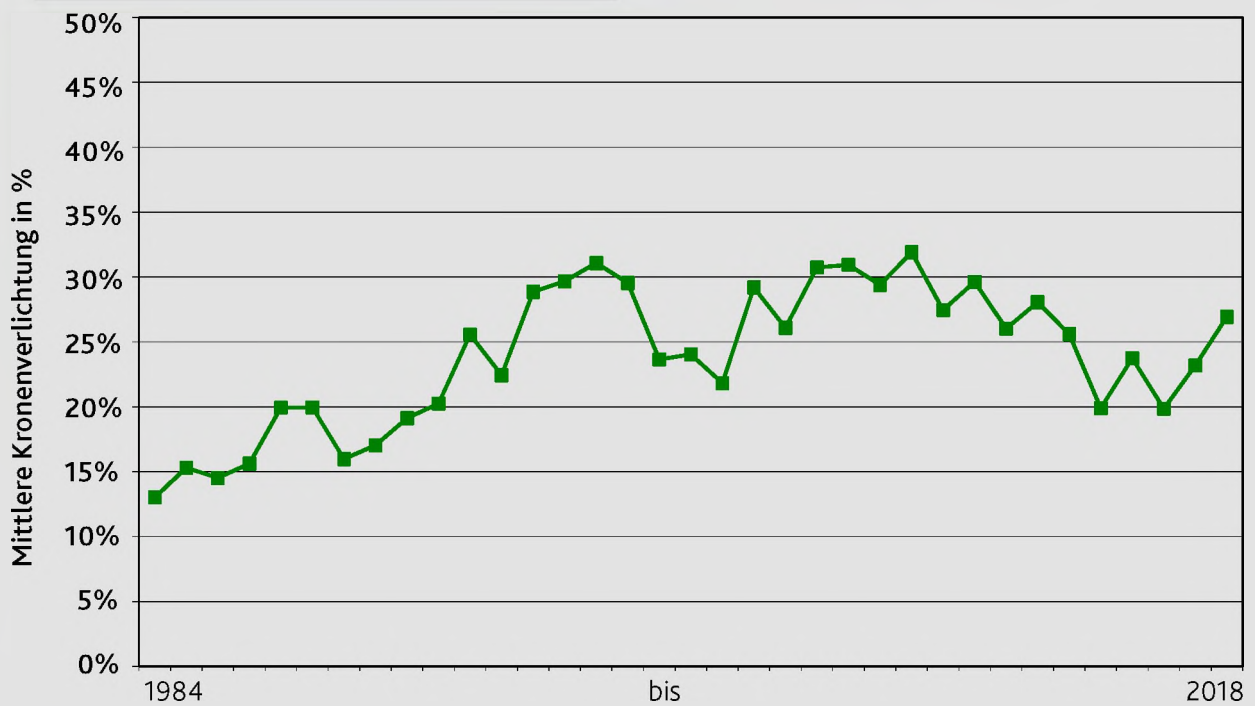
Eiche

Entwicklung der Schadstufenverteilung



Eiche

Entwicklung der mittleren Kronverlichtung



Veränderung ist nicht signifikant. Nach wie vor liegt diese Veränderung im Rahmen der Streuung der Zeitreihe in den letzten 10 Jahren. Die Kiefer hat weiterhin ein vergleichsweise geringes Schadniveau. Mit nur 3 Nadeljahrgängen reagiert sie flexibel mit variierender Benadelungsdichte. So zeigt sich in der Zeitreihe ein Auf und Ab des Schadniveaus ohne gerichteten Trend.

Durch die im Hochsommer 2018 fortschreitende Trockenheit geriet auch die ansonsten sehr trockenresistente Kiefer unter Stress. Sie reagierte hierauf mit einer vorzeitigen Verfärbung und Schütte des dritten Nadeljahrgangs, was unter günstigen Verhältnissen sonst erst im Herbst erfolgt.

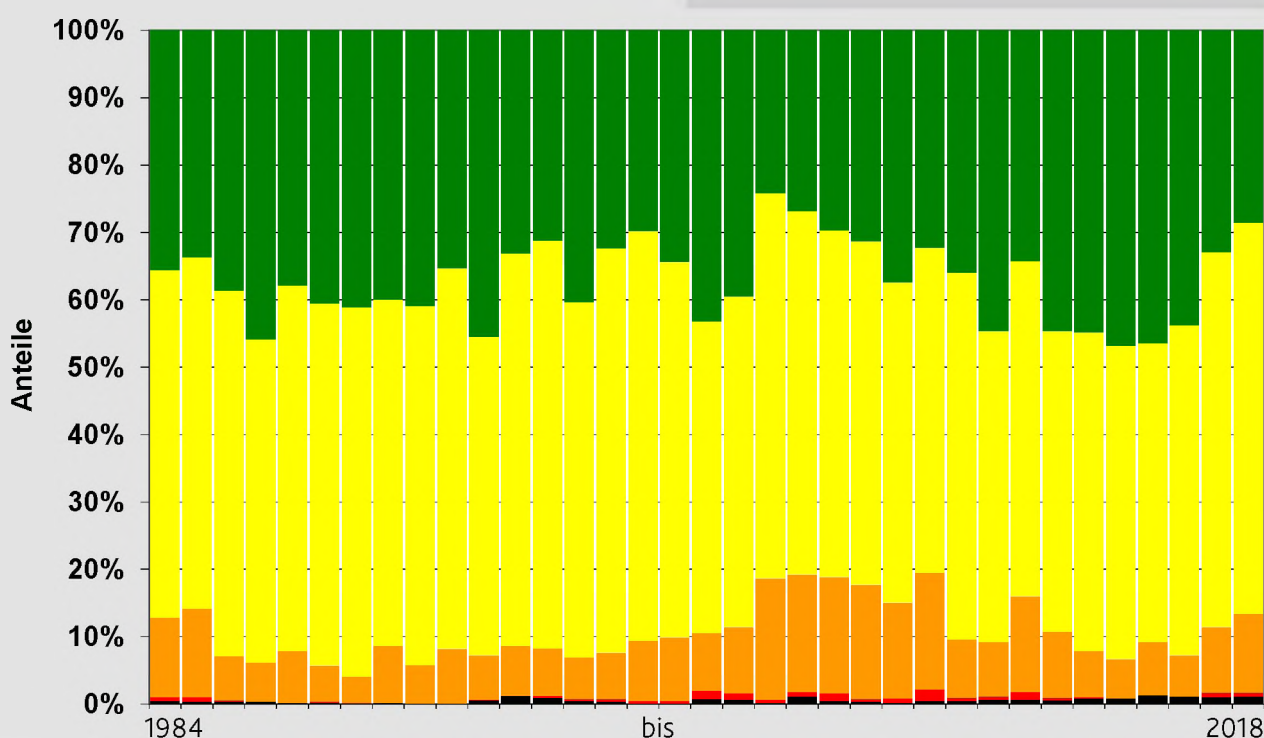
Die Kiefern zeigen regelmäßig Zapfenbehang und haben auch in 2018 sehr stark geblüht. Ein Zusammenhang zwischen der Intensität des Zapfenbehangs und der Entwicklung der Kronenverlichtung ist bisher nicht erkennbar.

Bei 21 % 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 19 % der Probestämme wurde Befall mit Mistel festgestellt. Besonders häufig ist Mistelbefall in der Rheinebene zu beobachten; hier sind über die Hälfte aller Kiefern betroffen. Starker Befall mit der Kiefernmistel bedeutet für den betroffenen Baum eine Belastung, da sie die Kiefernadeln verdrängt, auch in Trockenzeiten Wasser verdunstet und so den Trockenstress des Baumes verstärkt. Starker Mistelbefall äußert sich daher in der Regel in einem schlechteren Kronenzustand und kann im Extremfall auch zum Absterben des Baumes führen.

Vergilbung in nennenswertem Umfang war dieses Jahr an keinem der Probestämme notiert worden.

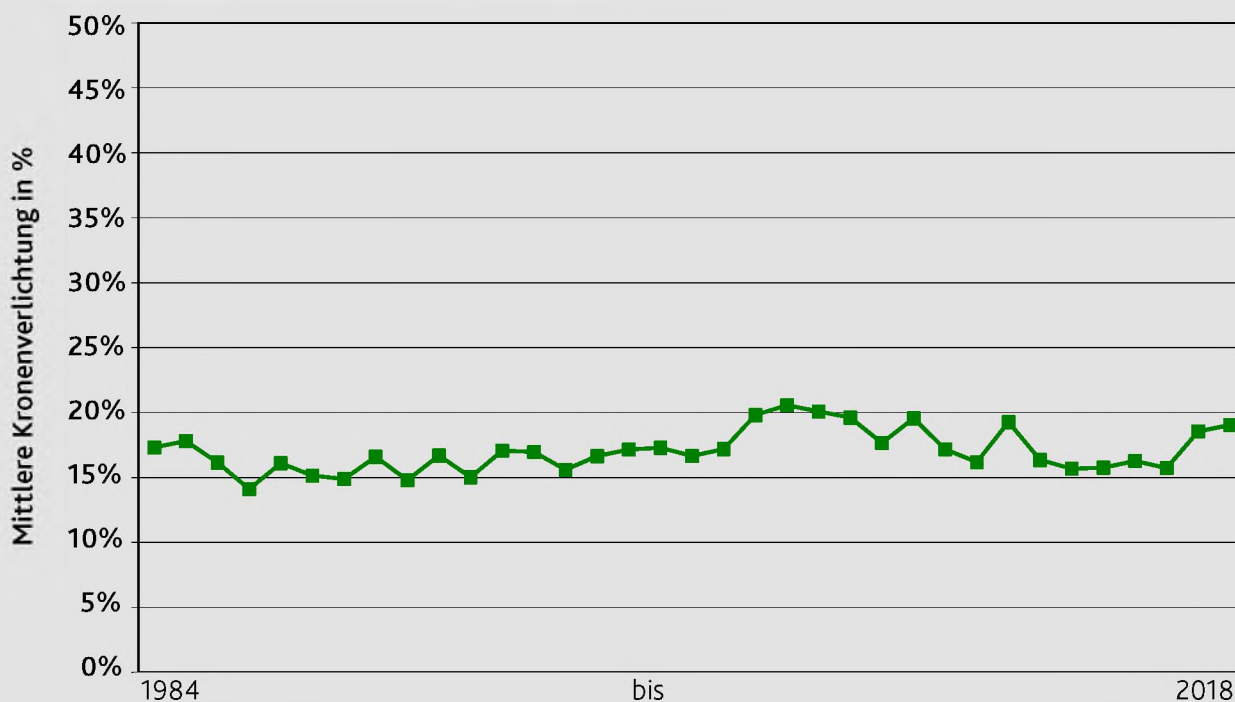
Kiefer

Entwicklung der Schadstufenverteilung



Kiefer

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



Douglasie

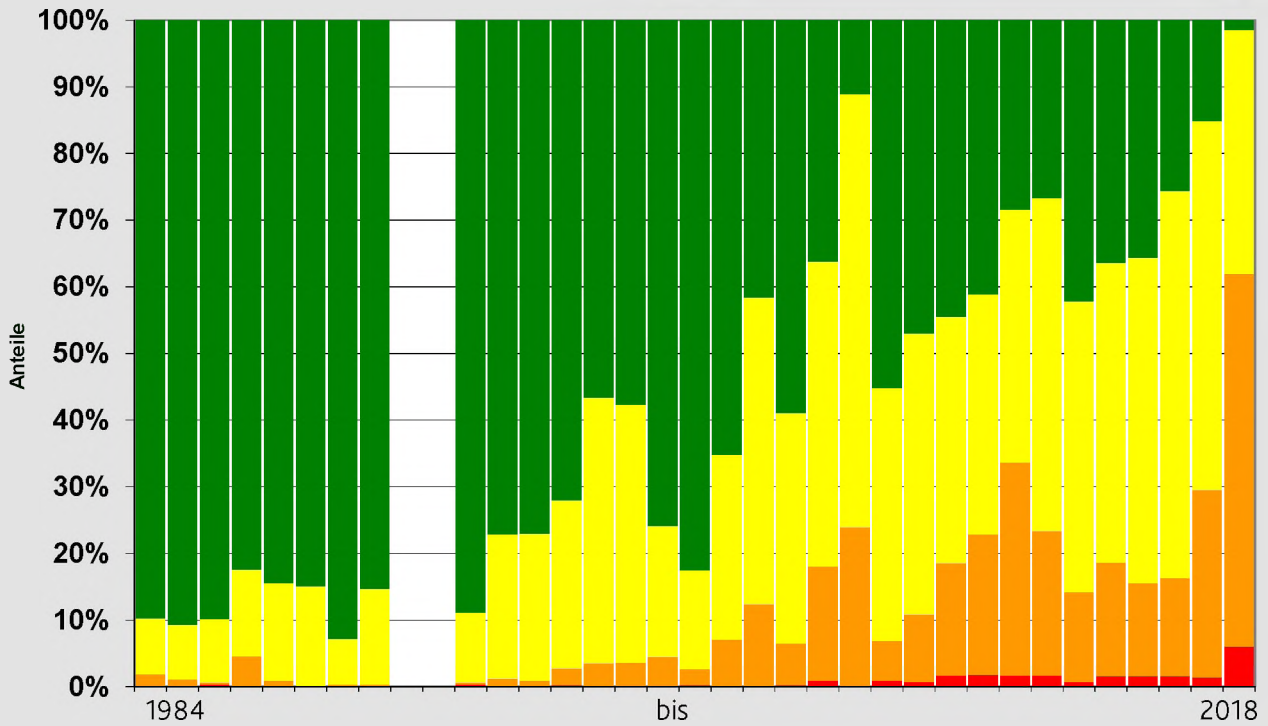
Bei der Douglasie hat sich der Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr weiter drastisch verschlechtert. Der Anteil deutlich geschädigter Probebäume ist um 31 Prozentpunkte angestiegen und hat sich damit verdoppelt. Douglasien ohne sichtbare Schadmerkmale sind so gut wie nicht mehr im Kollektiv der Probebäume zu finden. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 11,1 Prozentpunkte angestiegen. Diese Veränderung ist signifikant. Die Rußige Douglasienschütte (*Phaeocryptopus gaeumannii*) ist landesweit in Douglasienbeständen gegenwärtig, sie betrifft die älteren Nadeljahrgänge. Je nach Disposition der Douglasien und dem Witterungsverlauf treten die Symptome unterschiedlich stark in Erscheinung. Im Jahr 2018 prägt die Schütte das Erscheinungsbild der Douglasie, an 52 Probebäumen (39 %) wurde sie notiert. Weitere Pilzinfektionen betreffen die diesjährigen Triebe und können sie gänzlich zum Absterben bringen. Dieses Triebsterben wurde in 2018 an 22 Probebäumen (16 %) festgestellt und stellt eine erhebliche zusätzliche Belastung dar. Die durch diese Pilzkrankungen betroffenen Douglasien sind zum

Teil sehr stark verlichtet, zu einem vorzeitigem Ausfall oder Absterben von Probebäumen ist es aber bisher nicht gekommen.

Im Jahr 2018 war bei Douglasien an fast allen (88 %) Bäumen Fruchtbehang zu beobachten. Der Einfluss von Blüte und Fruchtbehang auf die Entwicklung der Kronenverlichtung kann allerdings nicht geprüft werden, da nur einzelne ältere Douglasien keinen Zapfenbehang aufweisen. Die Douglasiengallmücke (*Contarinia pseudotsugae*) wurde bisher an den Probebäumen der WZE 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 2018 an keinem Probebaum beobachtet.

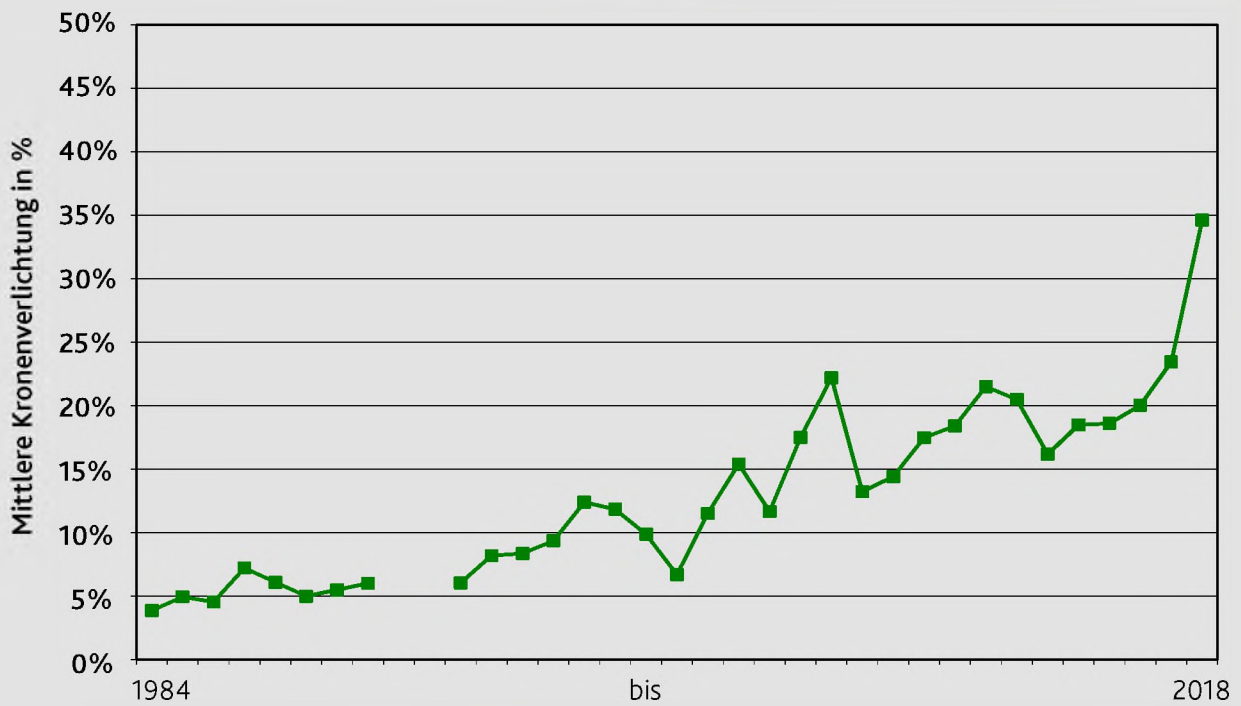
Douglasie

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 30 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 2018 ist das Schadniveau der Nebenbaumarten insgesamt angestiegen.

Besonders drastisch ist das Schadniveau der **Esche** angestiegen. Der Anteil deutlich geschädigter Probestämme ist um 37 Prozentpunkte höher und hat sich damit mehr als verdoppelt. Eschen ohne sichtbare Schadmerkmale sind so gut wie nicht mehr im Kollektiv der Probestämme zu finden. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 14,4 Prozentpunkte angestiegen. Diese Veränderung ist signifikant.

Das Eschentriebsterben ist in allen Landesteilen und allen Altersstufen gegenwärtig. Diese Pilzinfektion ist für das Schadniveau der Esche prägend. An rund 57 % aller Eschen (im Vorjahr 46 %) wurden Symptome des Eschentriebsterbens notiert. Im Jahr 2018 waren 2 Eschen frisch abgestorben. Die infolge der Erkrankung abgestorbenen Triebe oder Blätter gehen in die Bewertung der Kronenverlichtung mit ein. Die Esche regeneriert dann soweit wie möglich über neu gebildete Triebe aus dem Kroneninneren heraus, während die in den Vorjahren abgestorbenen, trockenen Triebe herausbrechen.

An 39 % der Eschen wurde Fruchtbehang festgestellt. Die Früchte der Esche sind durch ein grünes Hochblatt eingehüllt und tragen so zur Photosynthese des Baumes bei. Ihre büschelartige Anordnung anstelle normaler Blätter führt aber auch zu einer geringeren Belaubungsdichte des fruchttragenden Baumes.

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: <http://www.wald-rlp.de/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/FUM/umweltmonitoring/hauptbaumarten.html>

Bei den **Lärchen** ist der Anteil der deutlichen Schäden gegenüber dem Vorjahr um 7 Prozentpunkte, die mittlere Kronenverlichtung um 2,4 Prozentpunkte angestiegen. Diese Veränderung ist signifikant. Im Jahr 2018 wurde an 85 % der Lärchen Zapfenbehang festgestellt. Schäden durch Insekten- oder Pilzbefall wurden nicht beobachtet. Die Lärchen schätzen Standorte mit guter Bodenwasserversorgung aber geringer Luftfeuchte. Es ist anzunehmen, dass die anhaltende Trockenheit, verbunden mit dem starken Zapfenbehang, zu einer Belastung für die Bäume führte. Diese Belastung äußert sich in einer verringerten Benadelungsdichte. So war zu beobachten, dass besonders in den Zweigbereichen mit starkem Zapfenbehang nur wenige oder auch keine grünen Kurztriebe ausgebildet waren.

Bei der **Hainbuche** ist der Anteil der deutlichen Schäden gegenüber dem Vorjahr um 2 Prozentpunkte angestiegen, die mittlere Kronenverlichtung ist dagegen um 1,4 Prozentpunkte zurückgegangen. Diese Veränderung ist nicht signifikant. Im Jahr 2018 wurde an 77 % der Hainbuchen Fruchtbehang festgestellt. Die Fruchtstände der Hainbuche sind durch grüne Hochblätter getragen, die zur Photosynthese des Baumes beitragen. Damit führt der Fruchtbehang bei Hainbuche nicht direkt zu einer höheren Kronenverlichtung, obgleich die Fruchtstände in der oberen Baumkrone an der Stelle normaler Blätter stehen. Schäden durch Insektenbefall wurden an 18 % der Probestämme beobachtet, damit merklich weniger als im Vorjahr.

Häufigste Nebenbaumarten

Entwicklung der Schadstufenverteilung

Baumart (bzw. Gattung)	Jahr	Anzahl an Probebäumen	Anteile der Schadstufen (in %)			mittlere Kronenverlichtung
			0	1	2-4	
Lärche	2018	144	6	54	40	27,5
	2017	147	20	47	33	25,1
	2016	147	22	58	20	21,8
	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
Hainbuche	2018	96	12	55	33	24,3
	2017	106	15	54	31	25,7
	2016	105	11	56	33	25,9
	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
Esche	2018	125	2	27	71	42,4
	2017	127	19	47	34	28,0
	2016	132	17	41	42	28,4
	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
Andere Laubbaum- arten	2018	265	27	48	25	22,1
	2017	292	45	45	10	16,0
	2016	288	34	56	10	16,7
	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

Beim **Ahorn** war 2018, verbunden mit starkem Fruchtbehang, ein Anstieg des Schadniveaus zu verzeichnen. Bei der **Birke** war keine wesentliche Veränderung zu erkennen, obgleich die Birke unter Trockenstress sehr frühzeitig aktiv Blätter vergilben lässt und abwirft. Bei der **Erle** und der **Tanne** war ein tendenzieller Rückgang des Schadniveaus festzustellen. Die **Eberesche** (Vogelbeere) und die **Kirsche** waren häufiger durch Insektenfraß geschädigt und dadurch auch etwas stärker verlichtet als im Vorjahr. Die **Edelkastanie** zeigte auch etwas höhere Verlichtung

als im Vorjahr, aber ohne dass eine Ursache erkennbar war. Die Edelkastaniengallwespe ist zwar in den Beständen vorhanden, aber erst in einem so geringen Ausmaß, dass noch keine wesentliche Schädigung der Baumkronen erfolgt.

Eine eingehende Beschreibung der Methodik finden Sie auf den Webseiten der FAWF <http://www.wald-rlp.de/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/FUM/umweltmonitoring/methoden.pdf>

Einfluss ausgeschiedener und ersetzter Probebäume

Von den markierten Stichprobenbäumen scheiden jedes Jahr einige aus dem Beobachtungskollektiv aus. Die Waldteile, in denen die Aufnahmepunkte der Waldzustandserhebung angelegt und die Stichprobenbäume markiert sind, werden meist regulär forstlich bewirtschaftet. Maßgeblich sind dabei die Ziele und Wünsche der jeweiligen Waldbesitzenden. Einzelne Probebäume werden daher im Zuge von Durchforstungen gefällt. Zudem werden durch Sturmwurf, Schneebruch oder Insektenbefall betroffene Bäume entnommen. Probebäume scheiden aber auch, ohne dass sie entnommen wurden, nach Sturmwurf, einem Kronenbruch oder wenn sie von Nachbarbäumen überwachsen wurden, aus dem Stichprobenkollektiv aus. Ein Ersatz ausgeschiedener Probebäume ist notwendig, damit die Waldzustandserhebung den aktuellen Zustand des Waldes widerspiegelt.

Im Jahr 2018 sind insgesamt 122 Probebäume ausgeschieden, von denen 98 ersetzt werden konnten. Ein Aufnahmepunkt mit 24 Probebäumen ist komplett ausgeschieden, hier ist noch kein Nachfolgebestand etabliert, sodass die Waldzustandserhebung an diesem Punkt vorläufig ruht. Von den im Jahr 1984 ausgewählten Probebäumen sind noch 1415 im Kollektiv der Stichprobe erhalten, das sind 36,8 % 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 24 abgestorbene Probebäume im Kollektiv vermerkt, davon waren 18 bereits beim letzten Erhebungstermin 2017 tot. Im Jahr 2018 selbst waren 6 Probebäume (0,2 %), meist infolge von Insekten- oder Pilzbefall frisch abgestorben. Von den in 2017 bereits abgestorbenen Probebäumen wurden 8 ersetzt, da das Feinreisig herausgebrochen war, sie im Zuge einer regulären Holzernte mit entnommen wurden, sie umgefäl-

len sind oder von Nachbarbäumen deutlich überwachsen worden sind.

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

Die Ausscheiderate von 2017 auf 2018 liegt mit 3,1 % des Kollektivs der Stichprobe über der im Laufe der Zeitreihe beobachteten durchschnittlichen jährlichen Ausscheiderate von 2,5 %.

Regionale Verteilung und Regionalisierung der Waldzustandsbefunde

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

Punktförmig vorliegende Informationen, wie die Daten der Waldzustandserhebung, können über eine Regionalisierung in eine flächenhafte Information transformiert werden. Hierfür ist es erforderlich, die an den Aufnahmepunkten vor-

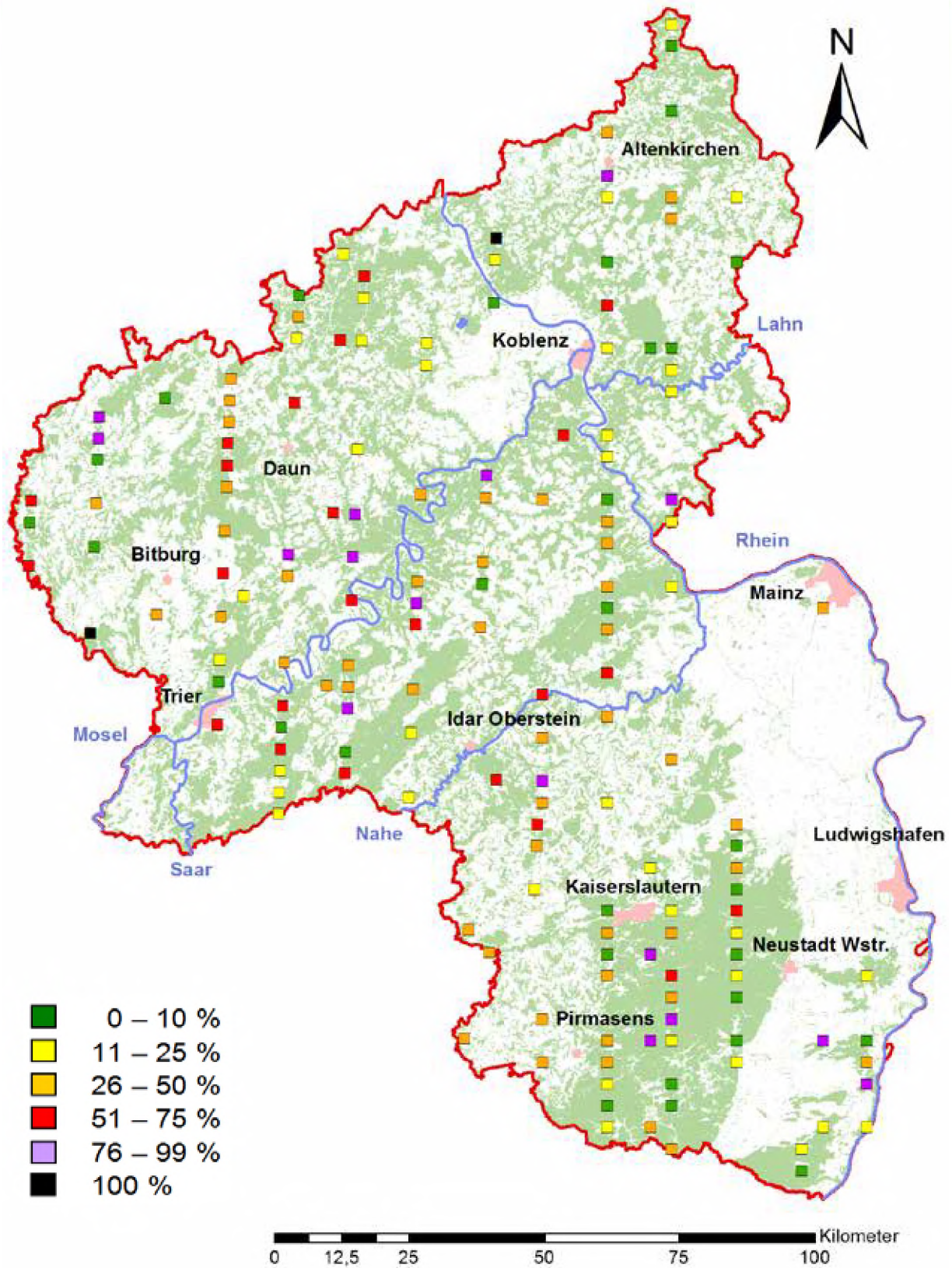
liegende Information zur Kronenverlichtung über multiple Regressionen mit flächig für das Land vorhandenen Daten oder über geostatistische Interpolationsverfahren zu modellieren. Entscheidend für den Erfolg und die Zuverlässigkeit der Ergebnisse ist, dass Zusammenhänge zwischen der Kronenverlichtung und den flächig vorliegenden Informationen bestehen, bzw. dass eine räumliche Abhängigkeit der Kronenverlichtung in sich besteht. Als Haupteinflussfaktoren haben sich das Alter und die Baumart bestätigt, die aber nicht voll flächendeckend, sondern nur für den von der Forstplanung erfassten öffentlichen Wald (Wald im Besitz des Landes oder der Kommunen) vorliegen. Weitere flächig vorliegende Informationen zu Relief, Höhenlage, Boden, Klima und Witterung tragen nur zu einem geringen Anteil zur Erklärung der Varianz der Kronenverlichtung bei. Andere wichtige bekannte Einflussfaktoren auf den Kronenzustand, wie Fruchtanhang, Insektenfraß, Pilzbefall oder die Luftschadstoffbelastung im Beurteilungsjahr, liegen nicht als flächendeckende Information vor und können daher nicht einbezogen werden. Die Modellierung kann die Varianz der Kronenverlichtung nicht vollständig erklären. Es liegt keine parzellenscharfe Abgrenzung nach den Waldorten zugrunde, sondern eine Zusammenfassung auf 100 x 100 m Rasterzellen. Die Regionalisierung wird für die Hauptbaumarten Buche, Fichte, Eiche und Kiefer durchgeführt, die für die Darstellung des Gesamtwaldes nach der in der jeweiligen Rasterzelle dominierenden Baumart aggregiert werden. Dargestellt ist nur die Fläche des öffentlichen Waldes. Die Regionalisierung bietet damit eine Aussage zur regionalen Differenzierung des Waldzustandes in Rheinland-Pfalz auf Basis der mittleren Kronenverlichtung.

Die Ergebnisse der Regionalisierung der Kronenverlichtung für den Gesamtwald geben den Anstieg des Schadniveaus wieder. Es werden zwar noch etliche Gebiete mit geringer Kronenverlichtung ausgewiesen, aber die Flächen mit mittlerer oder stärkerer Kronenverlichtung sind merklich häufiger geworden. Besonders für die warm-trockenen Regionen Ahreifel, Rhein- und Moseltal, Nahetal und Nordpfalz aber auch den

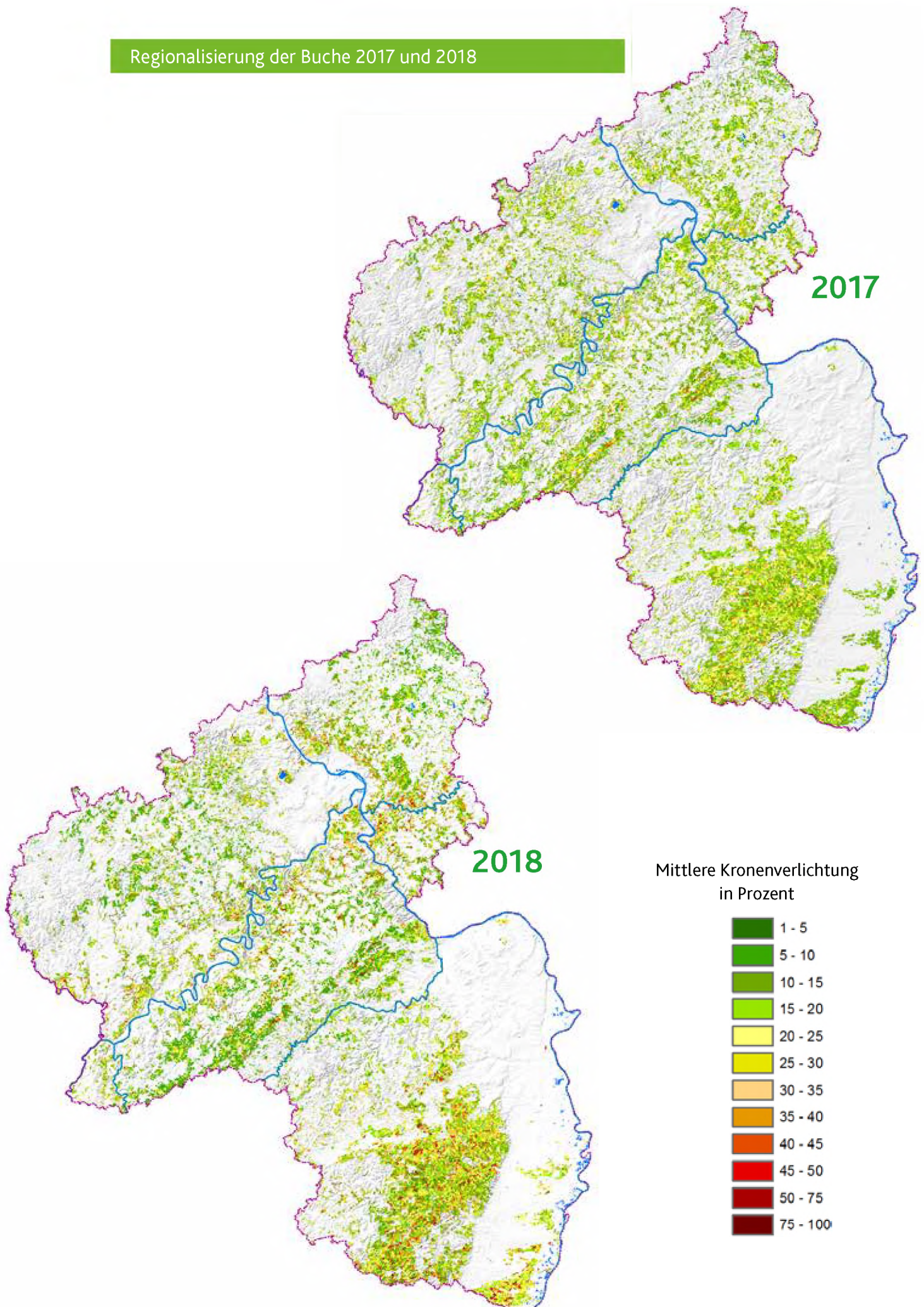
Pfälzerwald wurden höhere Kronenverlichtungen ausgegeben. Hierbei ist noch zu bedenken, dass regionale Unterschiede im Witterungsgeschehen und in der Wasserspeicherkapazität des Waldbodens nicht in die Modellierung einfließen konnten. Für die Buche wird bei der Regionalisierung 2018 kein allgemein gleichmäßiger Anstieg der Kronenverlichtung ausgegeben, sondern eine stärkere Differenzierung in den einzelnen Regionen. Der Anstieg des Schadniveaus wird vornehmlich für die warm-trockenen Regionen des Landes mit neuen Schadschwerpunkten dargestellt. In den höheren Lagen von Hunsrück, Eifel und Westerwald bleiben dagegen die schon in den Vorjahren aufgezeigten Schadschwerpunkte in den älteren Buchenbeständen bestehen und für die jüngeren Buchenbeständen werden kaum Veränderungen aufgezeigt. Auch für die Fichte wird das Phänomen der höheren Kronenverlichtungen besonders für die warm-trockenen Regionen und den Pfälzerwald ausgegeben. Für die höheren Lagen von Hunsrück, Eifel und Westerwald wird dagegen kein merklicher Anstieg des Schadniveaus dargestellt. Für die Fichte ist zu beachten, dass die massiven Schäden durch Borkenkäferbefall von der Waldzustandserhebung 2018 nicht mehr erfasst wurden und dass Borkenkäferschäden auch nicht in die Modellierung eingehen, da betroffene Fichten entnommen werden und nur über die Ausscheiderate erfasst werden. Bei der Eiche wird durch die Regionalisierung 2018 eine allgemeine Verschlechterung des Kronenzustandes wiedergegeben, nur für die westlichsten Landesteile und das nordöstlichste Landeseck wird ein unverändertes Schadniveau ausgegeben. Das Bestimmtheitsmaß, die Zuverlässigkeit, der Modellierung ist für Eiche aber auch geringer als für Buche und Fichte.

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: <http://www.wald-rlp.de/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/FUM/umweltmonitoring/regionalisierung.html>

Anteil der deutlich geschädigten Probebäume am einzelnen Aufnahmepunkt 2018

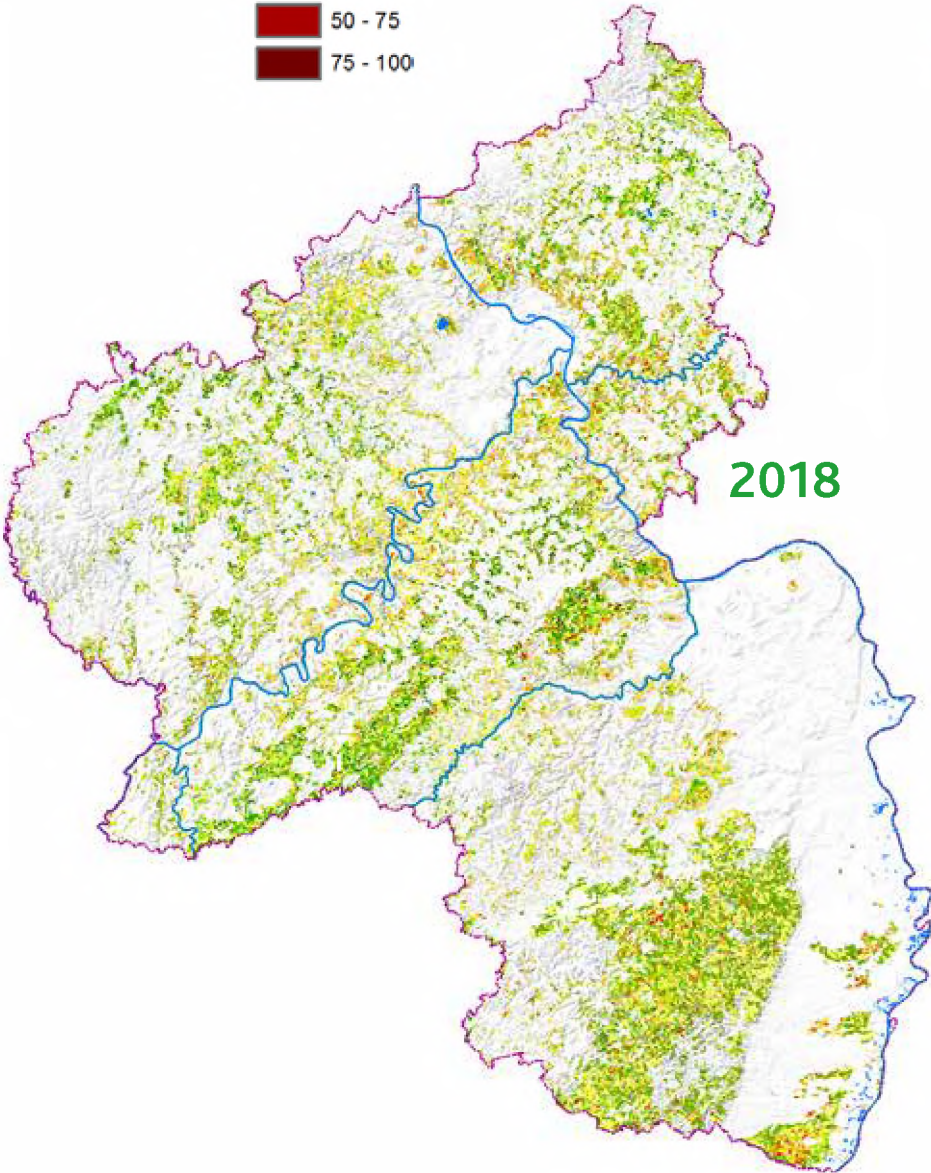
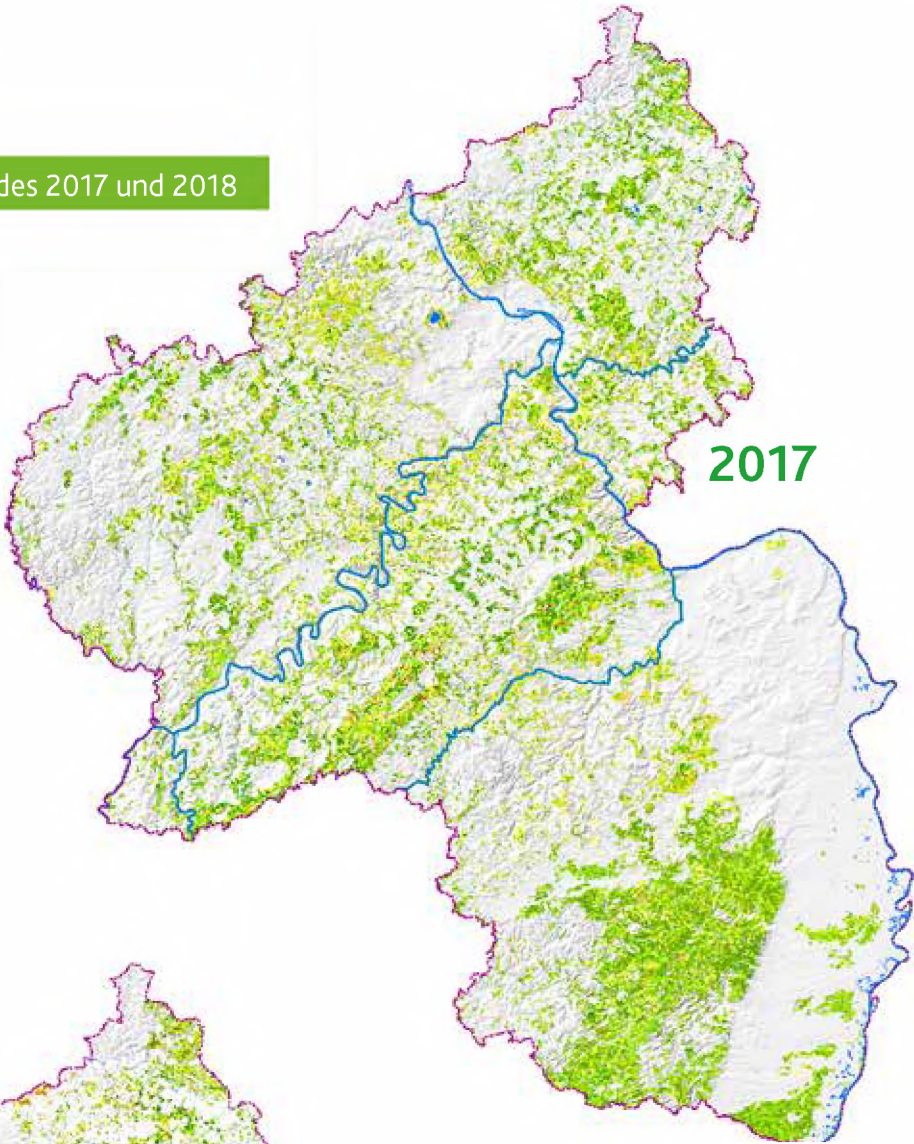
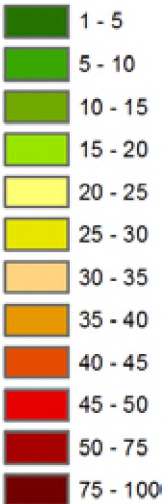


Regionalisierung der Buche 2017 und 2018



Regionalisierung des Waldes 2017 und 2018

Mittlere Kronenverlichtung
in Prozent







EINFLÜSSE AUF DEN WALDZUSTAND



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

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

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

Im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings werden alle wesentlichen Einflussfaktoren auf den Waldzustand erfasst und die Reaktion der Waldökosysteme auf die komplexen Stresseinwirkungen untersucht. Ausgewertet werden zudem die Meldungen der Forstämter und die Hinweise der Waldbesitzenden zum Auftreten von Waldschädlingen oder von Schäden durch extreme Witterungseinflüsse. Nachfolgend sind die wichtigsten Befunde zusammengefasst. Eine detaillierte Darstellung der Zeitreihen zur Luftschadstoffbelastung und der natürlichen Stresseinflüsse sowie ihrer vielfältigen Wechselbeziehungen findet sich auf den Webseiten der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz <https://www.fawf.wald-rlp.de/forschung-monitoring-unsere-aufgaben/forstliches-umweltmonitoring/?L=0>

Entwicklung der Luftschadstoffbelastung

Die Einwirkungen von Luftverunreinigungen auf die Waldökosysteme erfolgen sowohl über den Luftpfad als auch über den Bodenpfad. Über den

Luftpfad wirken vor allem gasförmige Luftverunreinigungen wie Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Ammoniak und Ozon unmittelbar auf die Nadeln und Blätter der Bäume ein und verursachen physiologisch-biochemische Stressreaktionen. Luftverunreinigungen, die von Wolken- und Regentropfen aufgenommen oder von den Baumkronen ausgefiltert werden und dann mit den nachfolgenden Niederschlägen auf den Boden gelangen, beeinflussen die Waldökosysteme über den Bodenpfad. Sie verändern das chemische Bodenmilieu insbesondere über Versauerung und Eutrophierung und können vor allem über Veränderungen im Nährelementangebot und die Schädigung der Baumwurzeln den Wasser- und Nährstoffhaushalt der Bäume beeinträchtigen.

In dem Stressorenkomplex, der auf den Wald einwirkt, stellen Luftschadstoffe meist eine chronische Belastung dar, die langfristig destabilisierend wirkt. Die Waldökosysteme werden hierdurch anfälliger gegenüber kurzfristig einwirkenden Stressfaktoren wie Witterungsextreme, Insektenfraß, Pilzbefall oder starke Fruchtbildung.

Einflüsse auf den Waldzustand (von links oben nach rechts unten): Hagel, Sturmwurf, Viehhaltung, Energieerzeugung, Verkehr, Borkenkäfer

Fotos: C.-D. Fath, S. Ehrhardt, iStock, F. Schmidt, H. W. Schrock, I. Lamour

Entwicklung der Schadstoffemissionen in Deutschland

Schadstoffe in Kilotonnen	1980	1990	2016	Veränderungen in % 1990 - 2016
Schwefeldioxid (SO ₂)	7514	5486	356	- 94 %
Stickoxide (NO _x)	3334	2892	1217	- 58 %
Ammoniak (NH ₃)	835	743	663	- 11 %
Flüchtige organische Verbindungen (ohne Methan) (NMVOC)	3224	3401	1052	- 69 %

Quelle: Umweltbundesamt (Juli 2018): www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/luftschaedstoff-emissionen-in-deutschland;
für 1980: UNECE 2012: www.emep.int

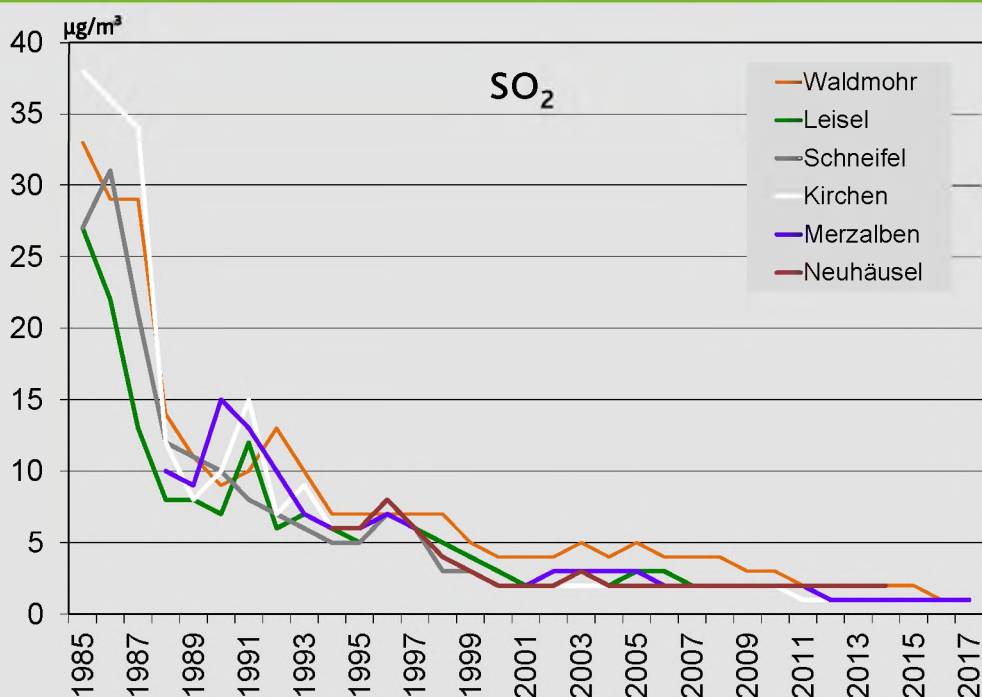
Schwefel

Schwefelverbindungen werden insbesondere bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe in Kraftwerken, Industriefeuerungsanlagen und Heizungen freigesetzt. Durch Rauchgasentschwefelung in Kraftwerken, Altanlagenanierung und Einsatz schwefelarmer bzw. schwefelfreier Kraft- und Brennstoffe im Kraftfahrzeug- und Hausbrandbereich konnte die Schwefeldioxidemission überaus wirksam reduziert werden. Aktuell werden in Deutschland noch etwa 350.000 Tonnen SO₂ ausgestoßen, gegenüber fast 5,5 Millionen Tonnen im Jahr 1990. Dies entspricht einer Reduktion um nahezu 94 %. Die Emissionsminderung hat sich auch in einer erheblichen Verringerung der Belastung der Waldökosysteme ausgewirkt: Mitte der 1980er Jahre lagen die Jahresmittelwerte der

Schwefeldioxidkonzentrationen an den Waldstationen des Zentralen Immissionsmessnetzes (ZIMEN) noch zwischen 25 und 40 µg/m³. Aktuell werden dagegen nur noch Jahresmittelwerte von 1 µg/m³ ermittelt. Selbst bei austauscharmen Wetterlagen im Winter steigen die SO₂-Gehalte kaum mehr über 10 µg/m³ im Tagesmittel an. Der Grenzwert für den Schutz von Ökosystemen von 20 µg/m³ im Kalenderjahr und im Wintermittel wird seit vielen Jahren eingehalten.

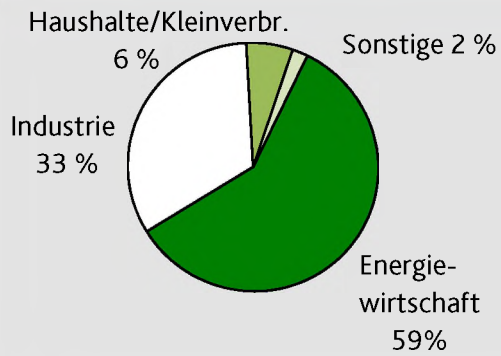
Entsprechend der merklichen Abnahme der Schwefeldioxidemission und -immission ist auch die Belastung der Waldökosysteme über den Bodenpfad deutlich zurückgegangen. Während der Schwefeleintrag in Fichtenbeständen zu Beginn der Messreihen Mitte der 1980er Jahre meist zwi-

Jahresmittelwerte der Schwefeldioxidkonzentrationen in Waldgebieten

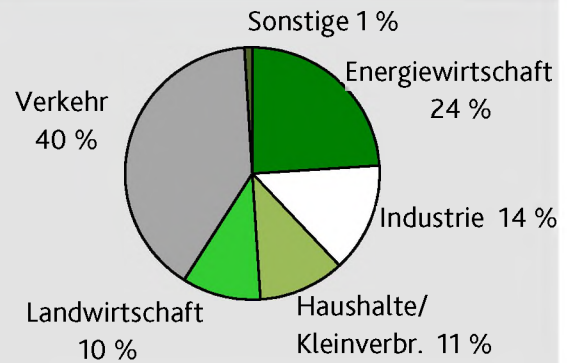


Verteilung der Emissionsquellen wichtiger Luftschadstoffe in Deutschland

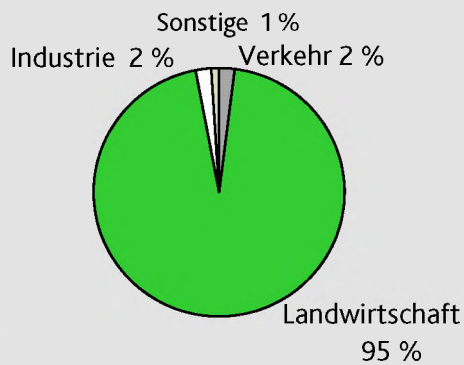
Schwefeldioxid (SO₂)



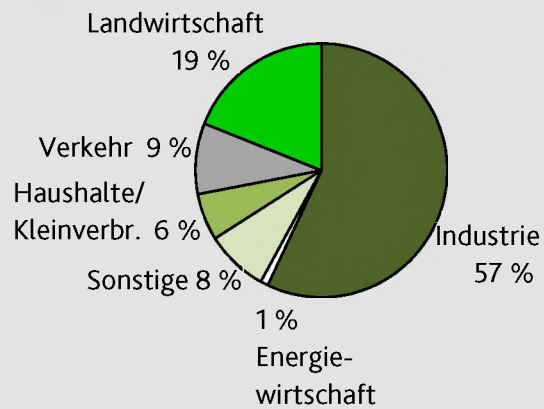
Stickstoffoxide (NO_x)



Ammoniak (NH₃)



Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC)



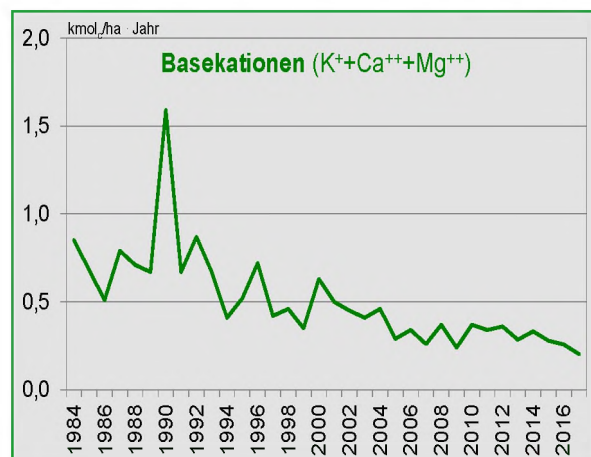
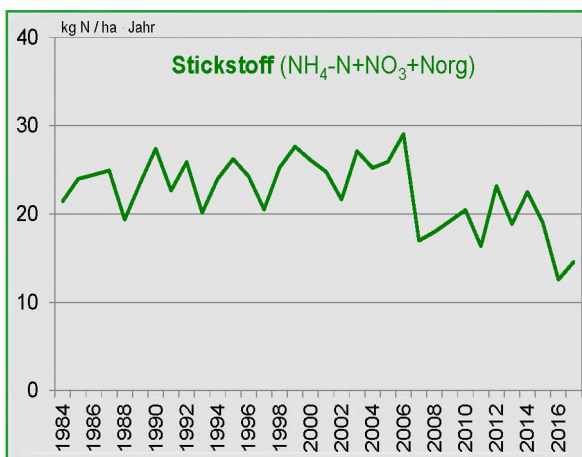
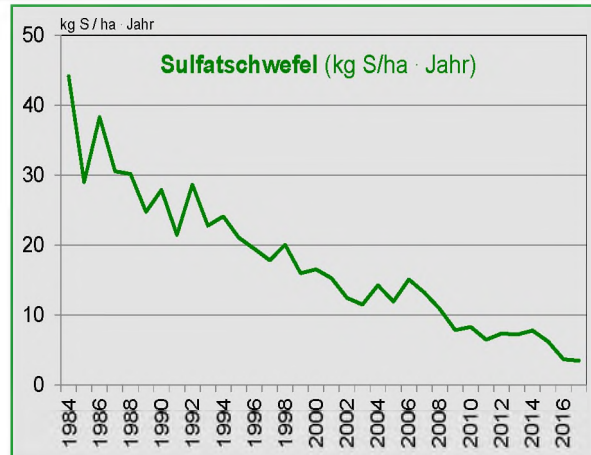
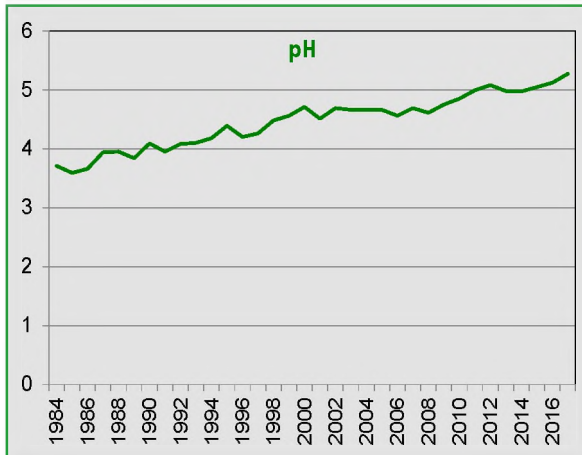
Quelle: Umweltbundesamt (2018)

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: <http://www.wald-rlp.de/fileadmin/webseite/fawfseiten/fawf/FUM/index.htm?umweltmonitoring/deposition.html>



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

Stickstoff

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

Zersetzung ammoniumhaltiger Dünger freigesetzt. Hauptquelle der Stickoxide ist der Straßenverkehr, gefolgt von Kraft- und Heizwerken. Reduzierter Stickstoff (Ammoniak) stammt überwiegend aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung und in geringem Umfang auch aus der Herstellung und Anwendung stickstoffhaltiger Mineraldünger, der Rauchgasentstickung 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 58 % zurückgegangen. Dementsprechend sind auch die Stickstoffdioxidkonzentrationen in der

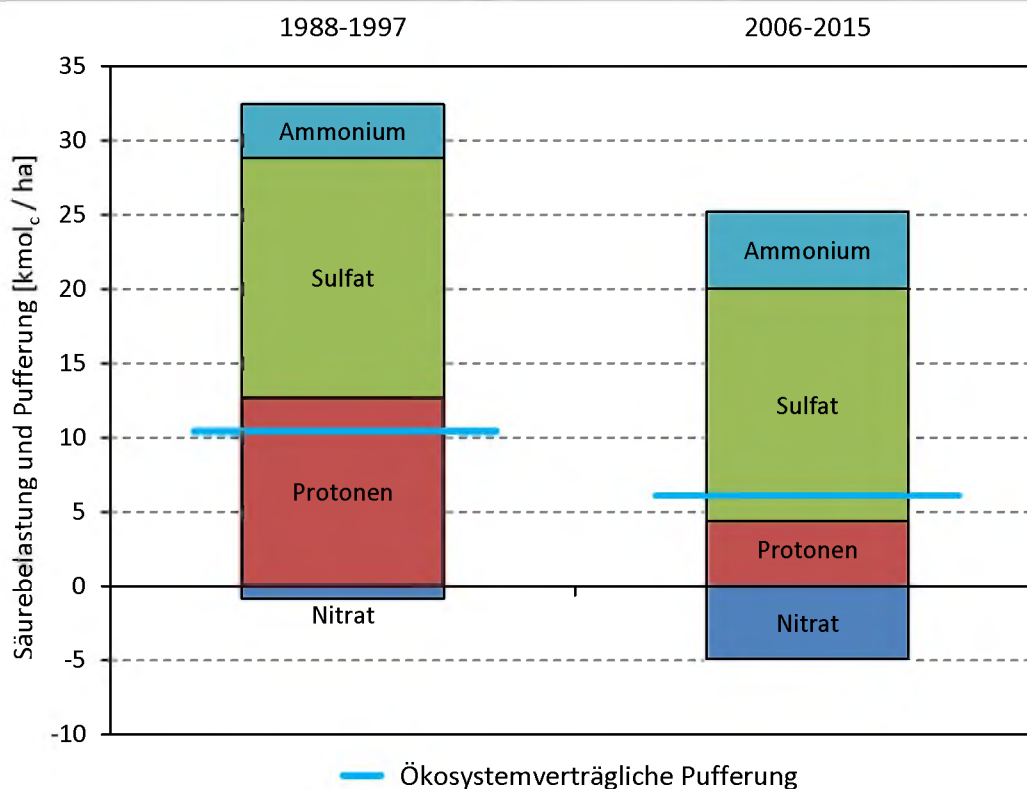
bodennahen Luft, vor allem die NO_2 -Spitzenwerte in den rheinland-pfälzischen Waldgebieten, merklich gesunken.

Bei den reduzierten Stickstoffverbindungen (Ammoniak) konnte die Emission demgegenüber nur sehr wenig (von 1990 auf 2016 um 11 %) reduziert werden. Die in der EU-Richtlinie über nationale Emissionshöchstmenge (NEC-Richtlinie 2001/81/EG) für das Jahr 2010 für Deutschland festgelegte Ammoniak-Emissionshöchstmenge von 550 kt je Jahr wird mit aktuell 662,5 kt sehr deutlich verfehlt. Die Ende 2016 verabschiedete Nachfolgerichtlinie (EU 2016/2284) sieht für Deutschland bei Ammo-

niak eine Emissionsminderungsverpflichtung für 2020 bis 2029 von nur 5 %, ab 2030 von 29 % gegenüber dem Jahr 2005 vor. 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.

Säurebelastung und Pufferung eines Fichtenökosystems im Hunsrück in den ersten und in den letzten 10 Jahren der Messreihe. Die Säurebelastung ist aufgrund des höheren pH-Wertes in der Kronentraufe deutlich zurückgegangen (abnehmende Protoneneinträge). Allerdings wirken nach wie vor Altlasten in Form der im Boden gespeicherten Aluminiumsulfate versauernd (negative Sulfatbilanz). Auch ist die Säurebelastung durch Ammoniumeinträge angestiegen (positive Ammoniumbilanz). Da Stickstoff auch gegenwärtig noch aufgespeichert wird, wirkt die positive Nitratbilanz entsauernd. Die Einträge an puffenden Basekationen sind deutlich zurückgegangen. Daher wird auch aktuell nur etwas mehr als ein Viertel der Säurebelastung ökosystemverträglich gepuffert und der Standort unterliegt nach wie vor einer beträchtlichen Netto-Säurebelastung.



Säureeinträge

Aufgrund der beträchtlichen Reduktion der Emission von Schwefeldioxid sind die pH-Werte im Niederschlagswasser deutlich angestiegen. Mitte der 1980er Jahre wurden im Freilandniederschlag meist pH-Werte zwischen 4 und 4,5 und im Kronentraufwasser der Fichtenbestände sogar zwischen 3,5 und 3,8 gemessen. Heute liegen die pH-Werte sowohl im Freilandniederschlag als auch in der Kronentraufe meist über 5, also mehr als eine pH-Einheit höher. Trotz des mit dem pH-Anstieg im Niederschlagswasser verbundenen Rückgangs der Säureeinträge in den Waldboden ist die Säurebelastung der Waldökosysteme nach wie vor vielfach zu hoch. Dies ist vor allem auf die hohen Eintragsraten des aus der Landwirtschaft stammenden Ammoniums und „Altlasten“ in Form von im Boden gespeicherten Sulfaten zurückzuführen. Letztere stammen aus dem bis in die 1990er Jahre hinein hohen Eintrag an Schwefelverbindungen aus der Emission von Luftverunreinigungen. Auch der Basenentzug mit der Holzernte und die Auswaschung organischer Anionen tragen zur Bodenversauerung bei. Auf den in Rheinland-Pfalz häufig basenarmen Waldböden reichen die Basenfreisetzung aus der Mineralverwitterung und der Basekationeneintrag aus der atmosphärischen Deposition meist nicht aus, diese Säurebelastungen ökosystemverträglich zu puffern. Daher sind zum Schutz unserer Waldökosysteme nach wie vor weitere Anstrengungen zur Verringerung der Emission der Säurevorläufer und eine Fortsetzung der Bodenschutzkalkungen 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.

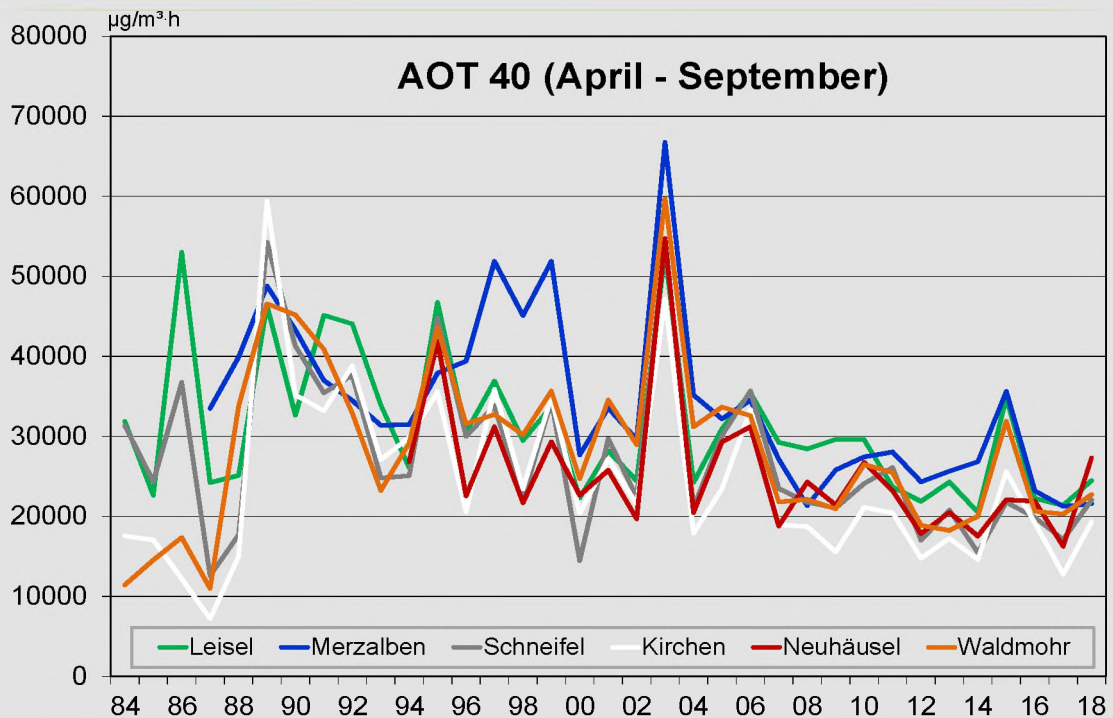
Eine detaillierte Darstellung der Luftschadstoffbelastung der rheinland-pfälzischen Wälder und eine Bewertung der Befunde finden Sie auf den Webseiten der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft:

<http://www.fawf.wald-rlp.de/index.php?id=3017>
Tagesaktuelle Luftschadstoffdaten enthält die Internetpräsentation www.luft-rlp.de.

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 Stickoxide und flüchtige Kohlenwasserstoffe ist das Ozonbildungspotenzial nach wie vor hoch.

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



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

Eine eingehendere Darstellung der Ozonbelastung unserer Wälder mit Kalkulationen der für die Ent-

stehung 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://www.fawf.wald-rlp.de/veroeffentlichungen/waldzustandsbericht/?L=0>).

DIE EICHE IM KLIMAWANDEL: MIT VITAMIN C UND GERBSTOFFEN GEGEN DIE TROCKENHEIT



Die Eiche kann etwas, das andere Bäume nicht so gut können: Vitamin C und Gerbstoffe erzeugen, die sie vor Trockenheit schützen. Das macht sie zu einer wichtigen Baumart, um den Folgen des Klimawandels mit wärmeren Temperaturen und längeren Trockenperioden zu begegnen. Die Methode der Eiche haben Forscher entdeckt, als sie Holzfässer untersuchten, in denen Wein gereift wird.

Die Eichen in unserem Land

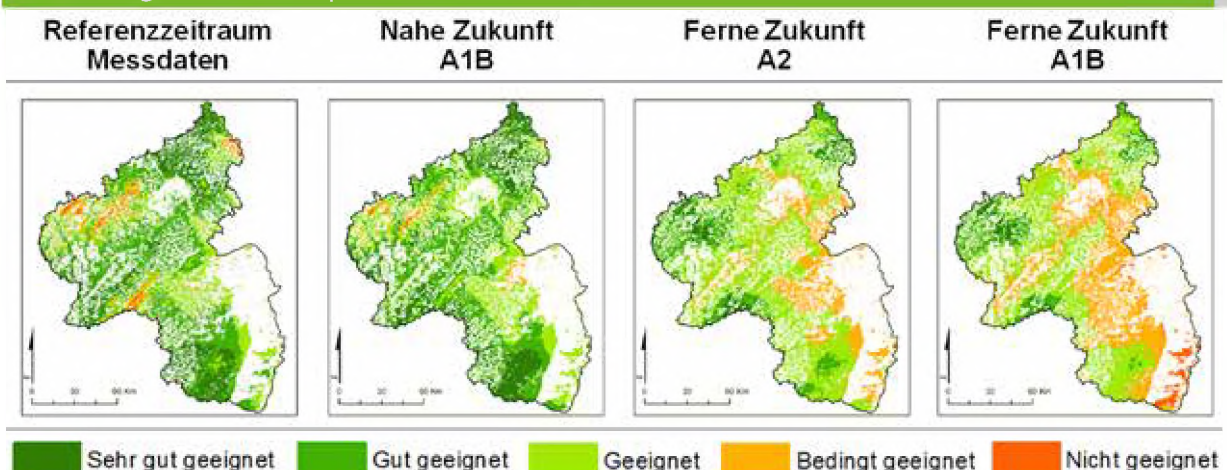
Rheinland-Pfalz ist nicht nur das waldreichste Bundesland, es weist auch den höchsten Anteil an Eichenwäldern auf. So wachsen zwischen Koblenz und Wörth ca. 166.800 Hektar Eichenwälder mit einem Vorrat von ca. 17,8 Mio. Festmetern. Dies macht in etwa 20 Prozent aller Wälder im Land aus. Die Eiche wächst dabei in ganz unterschiedlichen Waldarten, zum einen im Niederwald, zum anderen im Hochwald. Niederwälder sind Wälder, in denen Bäume früher gefällt wurden, um danach wieder auszutreiben. Die Bäume werden dabei weder besonders hoch noch dick, sondern dienen vor allem zur Brennholzgewinnung. Solche Eichenniederwälder wachsen vor allem entlang der rheinland-pfälzischen Flusstäler. Eichen-Hochwälder dagegen gedeihen in den rheinland-pfälzischen Mittelgebirgen und Ebenen – dort liefern

sie nachhaltig wertvolles Holz für vielfältigen Nutzen. Aber nicht nur wirtschaftlich, gerade auch kulturell und ökologisch sind Eichen immens wichtig. So leben in einem Eichenhochwald alleine an die 1.000 Käferarten (SEGATZ, 2016). Und kaum eine andere Baumart beeindruckt die Menschen so mit charakteristischen Baumpersönlichkeiten wie ein Eichenwald.

Die Eiche im Klimawandel

Der Klimawandel wird auch für Rheinland-Pfalz höhere Temperaturen und längere sommerliche Trockenperioden bringen. Doch die Eiche kann dem trotzdem. Vor allem Traubeneichen kommen gut mit länger anhaltender Trockenheit zurecht.

Abbildung 1: Rheinland-pfälzisches Eichenareal im Klimawandel



(ELLENBERG, 1986). Deshalb werden sich im Gegensatz zu anderen Baumarten auch weiterhin große Teile von Rheinland-Pfalz trotz Klimawandel zumindest für die Traubeneiche gut eignen (Abb. 1, VASCONCELOS et al., 2013).

Um vermehrt auf Eichen in unseren Wäldern zu setzen, gibt es zwei Möglichkeiten: Zum einen werden Eichen aus Südosteuropa eingeführt, wo es seit jeher wärmer und trockener ist oder man setzt auf Nachkommen von Eichen, die hier seit Jahrhunderten wachsen (GLATZER & SCHRAMM, 2010). In Rheinland-Pfalz macht Landesforsten beides: Sogenannte „Trockeneichen“, also Eichen von trockenen Orten in unserem Land, werden gepflanzt wie heimische natürlich verjüngt. Dabei ist der Anteil heimischer Eichen höher. Die Forstleute pflanzen also nicht extra junge Bäumchen, sondern setzen darauf, dass der Samen der Eichen von selbst aufgeht. So ist die genetische Variabilität gesichert.

Es ist bisher jedoch nicht nachgewiesen, dass solche „Trockeneichen“ besser als die ortsansässigen Bäume an belastende Umweltbedingungen angepasst sind. Andererseits hätte eine solche Strategie möglicherweise unvorhersehbare Auswirkungen auf die ökologische, ästhetische und ökonomische Leistungsfähigkeit der Wälder.

Deshalb hat die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft mit Unterstützung der Bundesministerien für Umwelt und für Landwirtschaft untersucht,

- ob es überhaupt „Trockeneichen“ gibt, die sich von Eichen, die auf feuchteren Standorten wachsen, unterscheiden und
- ob Rheinland-Pfalz solche Eichen vermehrt anbauen sollte.

Wie unsere Eichen Trockenstress abwehren

Zur Beantwortung dieser Fragen wurde geklärt, wie die Eichen sommerlichen Trockenstress abwehren. Bei allen grünen Pflanzen ist das so: Sie atmen über Spaltöffnungen im Blatt tagsüber Kohlendioxid (CO_2) ein und Sauerstoff (O_2)

aus. Durch die Spaltöffnung geben sie allerdings auch Wasser ab. Wird es trocken, schließen die Bäume die Spaltöffnungen in den Blättern und sorgen dafür, dass sie möglichst kein Wasser abgeben. So schützen sich die Bäume vor dem Austrocknen. Die Strategie hat allerdings einen Haken: Da die Bäume nicht mehr „atmen“, also weniger Photosynthese betreiben, verarmen sie an Kohlendioxid (CO_2). Dadurch kommt das Elektronengleichgewicht durcheinander und es bilden sich aggressive Verbindungen wie Ozon (O_3) oder Wasserstoffperoxid (H_2O_2) in den Blättern, die die Biomembranen in den Zellen angreifen (RENNENBERG et al., 2006). Ein solcher oxidativer Stress kann mitunter zum Tod der Zellen und möglicherweise ganzer Pflanzen führen. Um diese Schadstoffe zu entgiften, bedienen sich die Eichen einer Strategie. Sie produzieren sozusagen „Gegenmittel“. Das sind Gerbstoffe und Vitamin C sowie die regenerierenden Enzyme wie beispielsweise die Glutathionreductase dazu (DEIGHTON et al., 2000; POLLE et al., 2006). Die Gerbstoffe machen einer Erhebung der FAWF Rheinland-Pfalz zufolge regelmäßig mehr als zwei Drittel der gesamten Antioxidantienkapazität der Eichen aus – also der Fähigkeit, auf Trockenheit zu reagieren und dennoch keinen Schaden davonzutragen (RUCKTESCHLER, 2013).

Allerdings war bisher unbekannt,

- wie sich antioxidatives System und Gerbstoffe bei trockener Witterung verhalten,
- ob es herkunftsbedingte Unterschiede zwischen den Eichen gibt und
- inwieweit sich unterschiedliche Eichenherkünfte an die Auswirkungen der Trockenheit anpassen können.

Gibt es Trockeneichen? Die FAWF untersucht, wie sich Eichen von verschiedenen trockenen Standorten unterscheiden

Wie Eichen von trockenen und niederschlagsreicheren Standorten mit Trockenheit umgehen, haben Forscherinnen und Forscher der FAWF



Pflanzkästen des Kreuzaustauschversuchs

Foto: M. Jochum

an Traubeneichen untersucht. Dabei wurden Nachkommenschaften von Eichen unterschiedlich Wasser versorgter Eichenwälder angebaut. Man hat also heimische Eichen, die Trockenheit gewohnt waren, an einen feuchteren Standort gepflanzt und Eichen, die mit mehr Niederschlägen versorgt waren, an einen trockeneren Standort angebaut. Anschließend wurde untersucht, welche Eichen wie mit der Trockenheit zurecht kommen und welche Methode sie nutzen, um Trockenstress abzuwehren.

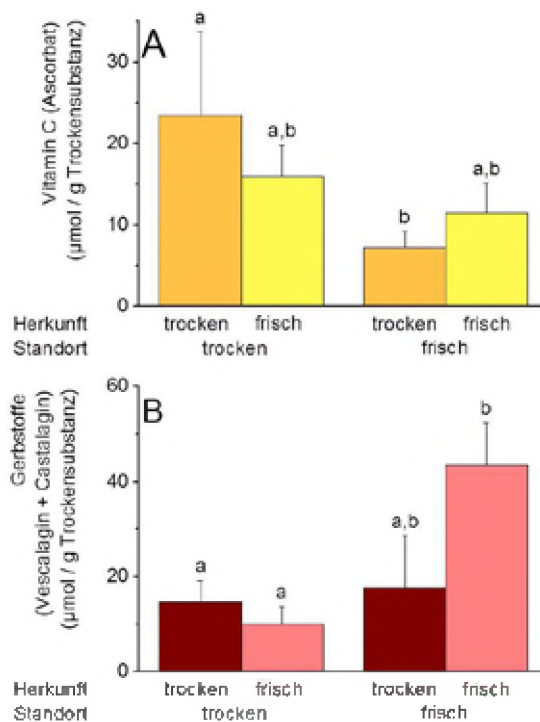
Im trockenen Bestand reicherten die Absaaten der autochthonen, also der am trockenen Standort heimischen Eichen Vitamin C in den Blättern an, während die aus dem feuchteren Bestand hierher verpflanzten kaum mit Vitamin C reagierten (Abb. 2 A). Sie verbrauchten stattdessen ihren Blattvorrat an Gerbstoffen.

Auf dem feuchteren Standort war es anders: Hier bevorrateten sich nur die Bäume der feuchteren Herkunft mit Gerbstoffen (Abb. 2 B). Offensichtlich setzen Trockeneichen bei der Abwehr von Trockenstress auf eine andere Strategie als die Bäume feuchterer Standorte – sie produzieren Vitamin C. Bäume, die mehr Niederschläge gewohnt sind, greifen für den gleichen Zweck auf ihre Gerbstoffe zurück. Bekannt war bisher, dass unterschiedliche Eichenarten differenziert auf Trockenstress reagieren (GÜNTHARDT-GOERG et al., 2013). Die aktuellen Untersuchungen der FAWF zeigen darüber hinaus erstmals, dass es solche Anpassungen auch innerhalb der Arten bei den Standortsrassen gibt.

Die vorgestellten Erkenntnisse sind Teil des APEK-Projekts (28WB400201), das vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) auf einer Entscheidung der Deutschen Bundestages aufbauend gefördert wurde. Eine Literaturliste kann bei der FAWF angefordert werden.

Abbildung 2A und 2B

Vitamin C und Gerbstoffe (Vescalagin und Castalagin, VC; in den Blättern von Eichen einer trockenen bzw. frischen Herkunft nach wechselseitiger Umpflanzung



Brauchen wir Trockeneichen? Die FAWF untersucht, ob sich alle Eichen an Trockenheit anpassen können

Trockeneichen hielten nicht nur vor Ort an ihrem trockenem Standort viel Glutathionreductase zur Regeneration ihrer Antioxidantien vor, sondern selbst dann, wenn sie einen günstigen Wasserhaushalt hatten (Abb. 3 A). Andererseits waren aber auch die anderen Eichen in der Lage, sich nach dem Verbrauch der Gerbstoffe gegebenenfalls flexibel auf die Anforderungen einer weiterhin angespannten Wasserversorgung einzustellen (Abb. 3 B). Beide Eichentypen kommen also mit der Trockenheit gut zurecht, nur mit verschiedenen Methoden. Jenseits der physiologischen

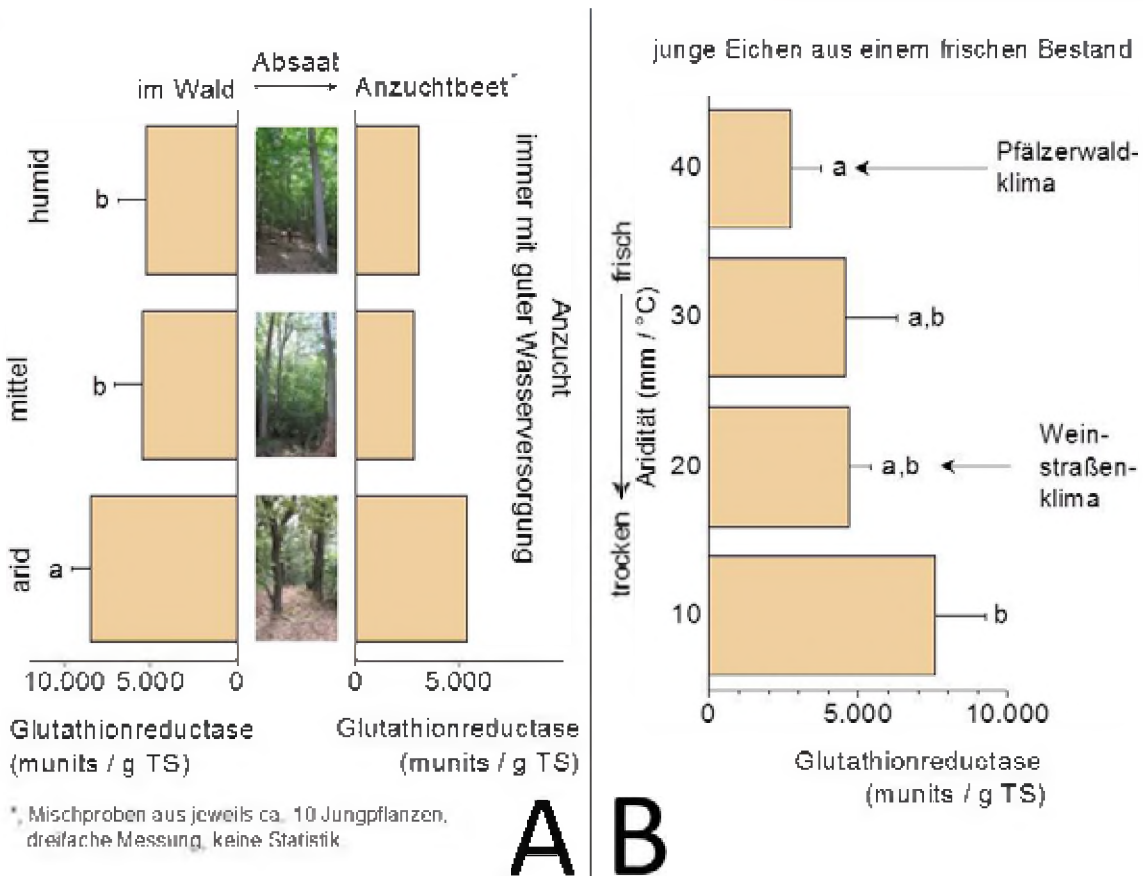
Stressbewältigung in den Blättern gibt es daneben aber sicher noch weitere wichtige Einflüsse, erleiden doch beispielsweise Stieleichen bei falscher Herkunftswahl erhöhte sommerliche Ausfallraten durch Luftembolien im Holz (COCHARD et al., 1995; WUNDERLICH et al., 2018).

Zusammenfassende Würdigung

Unsere Eichen wehren nicht nur mit einem antioxidativen System aus Antioxidantien wie dem Vitamin C und regenerierenden Enzymen sommerliche Trockenheit ab. Sie besitzen vielmehr auch in ihren Gerbstoffen ein wirksames Werkzeug, um rasch auf Wassermangel zu reagieren.

Abbildung 3A und 3B

Glutathionreductase in Alteichen unterschiedlich trockener Herkünfte sowie in deren Absaaten und ihre Aktivierung in einer frischen Herkunft bei Trockenstress



Dies macht deutlich, dass alle Eichen erfolgreich mit Trockenheit umgehen können. Die Waldbewirtschafter können vor diesem Hintergrund wohl auch weiterhin schwerpunktmäßig auf ihre bewährten autochthonen Herkünfte setzen, um die biologische Vielfalt ihrer Wälder zu erhalten und zu entwickeln.

Auf die Idee, den Gerbstoffgehalt der Eichen in Bezug auf den Umgang mit Trockenheit zu untersuchen, sind die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler durch den Wein gekommen. So hat Eichenholz je nach seinem besonderen Standort seine individuelle Gerbstoffcharakteristik. Dies macht es für Weinfässer bei Winzern besonders beliebt. Die Gerbstoffe im Eichenholz bewirken nämlich, dass Rotwein eine intensiv rote Farbe bekommt und der Wein vollmundiger schmeckt.

DER HIRSCHKÄFER: SONNENLIEBENDER BAUMSTUMPFRECYCLER IN WALD UND GARTEN



Der Hirschkäfer *Lucanus cervus* ist der größte und wohl auch imposanteste Käfer Mitteleuropas und kommt auch hier in Rheinland-Pfalz vor. Zur Vermehrung benötigt er alte, möglichst besonnte Baumstümpfe, sodass er nicht nur in lichten Eichenwäldern, sondern auch im Offenland vorkommt. Gefördert wird er durch die Erhaltung von Eichenwäldern. Auch das Belassen von Baumstümpfen in Gärten und Grünanlagen trägt erheblich zu seinem Schutz bei.

Eine kleine Gruppe als Verein organisierter Hirschkäferfreunde erfasst die Vorkommen des Käfers und liefert Informationen zu seiner Förderung.

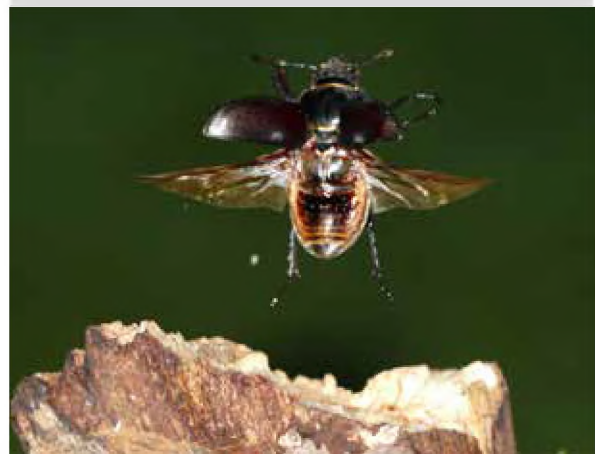
Gesellschaftliche Relevanz

Hirschkäfer sind sehr charismatische Käfer und haben heute ein durchweg positives Image. Es ist ihr Aussehen, ihr Verhalten und die überwiegend versteckte, aber kurzzeitig sehr extrovertierte Lebensweise, die den Menschen auch heute noch bei Begegnungen fasziniert oder, wenn auch seltener, ängstigt. Die Schwerpunkte dieser Wahrnehmung waren in der Geschichte unterschiedlich. Der Hirschkäfer hatte aber immer einen Platz in Mythologie, Aberglaube und Legende. Die Angst vor Gewittern und die Tatsache, dass Hirschkäfer in der schwülen, drückenden Phase vor einem Gewitter gerne und vor allem auch im Hellen fliegen, brachte ihm Namen wie Donnergugi oder Pferddeklemmer ein. Segen oder Fluch für die Folgen eines Gewitters: 2018 zeigten sich die Hirschkäfer in Rheinland-Pfalz vielerorts auch bei schwülwarmem Wetter und es folgte Unglück dort, wo es heftigste Gewitter gab und Glück dort, wo sie ausblieben.

Kein Schadinsekt für menschliche Interessen zu sein, bot in der gemeinsamen Geschichte mit dem Menschen Vorteile, denn mal abgesehen von der Verwendung der Larve als Delikatesse in der römischen Kultur wurde dem Hirschkäfer nicht nachgestellt.



Die Flugbilder des Hirschkäfers sind beeindruckend, unverkennbar und erklären vor allem beim Männchen seine mythische Wirkung. Männchen fliegen häufiger als Weibchen. Fotos: M. Rink



Der markante Geschlechtsdimorphismus lenkt den Blick, auch den der Prädatoren, auf das Männchen. Beide Geschlechter zeigen eine Anpassung an die Notwendigkeiten für eine erfolgreiche Hirschkäferzeit. Weibchen sind für eine lange Grabetätigkeit im Erdreich mit Grabschaufeln, Beißzange und flacher, sich nach vorne und hinten verjüngender Bauweise ausgestattet. Die funktionelle Bauweise des Männchens ist nahezu selbsterklärend. Ein bewehrter Kämpfer, der sein Weibchen erkämpfen, fangen und beschützen kann. Foto: M. Rink

Verein Hirschkäferfreunde-Nature two e.V.

Vorsitzender des Vereins ist Dr. Markus Rink, ein im Natur- und Artenschutz aktiver Förster des Forstrevieres Alf im Forstamt Zell. Er engagiert sich seit 1999 für den Hirschkäfer und hat 2006 über diesen Käfer promoviert. Markus Rink ist zudem in der Umweltbildung tätig, bildet Förster aus und betreut eine FÖJ-Stelle mit Schwerpunkt Hirschkäfermonitoring.



Der Verein **Hirschkäferfreunde-Nature two e.V.** hat aktuell 85 Mitglieder und betreut die Homepage: www.hirschkaefer-suche.de, über die sich jede Bürgerin und jeder Bürger ausführlich über den Hirschkäfer informieren kann. Und, ganz wichtig: über die jeder Beobachtungen melden und somit selbst das Wissen über die Verbreitung des Käfers mehren kann.

Aktuelle Forschungsschwerpunkte:

- Raumnutzung, Citizen science, Entwicklung und Nesthabitatmodellierung, Nachweis und Schutzmethoden, Baumartenvielfalt, Untersuchung lokaler Populationen mit Master- und Bachelorabschlussmöglichkeit.
- Weiterentwicklung der Homepage: www.hirschkaefer-suche.de
- Zusammenarbeit mit europäischen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, gemeinsame Publikationen und Mitglied in der European Stag Beetle Group.

Der Hirschkäfer ist nach dem Bundesnaturschutzgesetz eine besonders geschützte Art. In der Europäischen Flora-Fauna-Habitatrichtlinie wird er im Anhang II geführt, wonach Schutzgebiete für ihn auszuweisen sind. Er wird in Deutschland als stark gefährdet eingestuft.

Stellung im Naturkreislauf: Baumstumpf-Recycling und Leckerbissen für Vögel

Die aktive Gestaltungsrolle des Hirschkäfers im Naturhaushalt liegt in der Entwicklung vom Ei bis zum Käfer, bei der weißfaules Holz in einer zwingenden Verbindung zur Erde langsam zersetzt wird. Mit diesem sanften Baumstumpfrecycling werden auch Grundlagen für neues Leben geschaffen. Hirschkäfer sind **keine** primären oder sekundären Baumschädlinge, sondern sie folgen



Weißfaules Holz wird von der Larve systematisch und mehrmals aufgenommen. Der Aufschluss erfolgt innerhalb und außerhalb der Larve mit Hilfe von Mikroorganismen.

Foto: M. Rink

einem bereits weit fortgeschrittenen Zersetzungsprozess durch diverse Weißfäulepilze. Gesundes Holz können die Larven nicht aufschließen. Lediglich das adulte Weibchen vermag dem Baum kleinste Wunden zur für den Energiehaushalt notwendigen Saftflussgenerierung zuzufügen. Allerdings zeugen auch Hirschkäfer, die nicht mit Eichensaft in Berührung gekommen sind, fertile Nachkommen in hoher Zahl.

Alle Entwicklungsstadien sind eine begehrte Nahrung für Prädatoren (Wildschweine, Dachse und Vögel). Insbesondere der oft intensive Vogelfraß wird während der Hirschkäferzeit durch die zum Teil sich noch tagelang bewegenden Überreste von Menschen als bedrohliches Szenario für die Art wahrgenommen. In Fachkreisen gelten viele Totfunde zunächst jedoch auch als Beleg für starke Populationen.

Lebenszyklus: Bis zu acht Jahre unter der Erde, nur drei Monate im Licht

Der Lebenszyklus des Hirschkäfers unterteilt sich in eine lange unterirdische Zeit (drei bis acht Jahre) und eine im Vergleich dazu nur sehr kurze oberirdische Zeit (sechs bis zwölf Wochen). Unter der Erde durchläuft der Käfer drei Stadien als Larve, erst dann kann er sich zum Käfer entwickeln und kommt ans Licht. Die sehr variable Länge der unterirdischen Zeit dient der Entwicklung und Ausreifung. Die Larve nimmt nach dem Schlupf aus dem Ei zunächst Erde (Humus) auf und wandert erst nach circa einer Woche ins modernde Wurzelholz. Ab dem dritten Larvenstadium ist eine Verwandlung zum adulten Käfer möglich. Die Larve leitet ein Jahr vor dem oberirdischen Leben (Mai bis Juni) diesen umfassenden Verwandlungsprozess ein. Da dieser nicht reversibel ist, muss die Larve eine frostsichere Stelle aufsuchen. Die ausgereifte Larve nimmt zur Verpuppung Erde auf und fertigt eine innen geglättete und isolierte Puppenwiege aus verarbeiteter Erde an. Auslöser sind endogene Hormonspiegelveränderungen in der Larve, zu denen auch Umweltreize Impulse geben (z.B. Störungen oder Veränderungen im

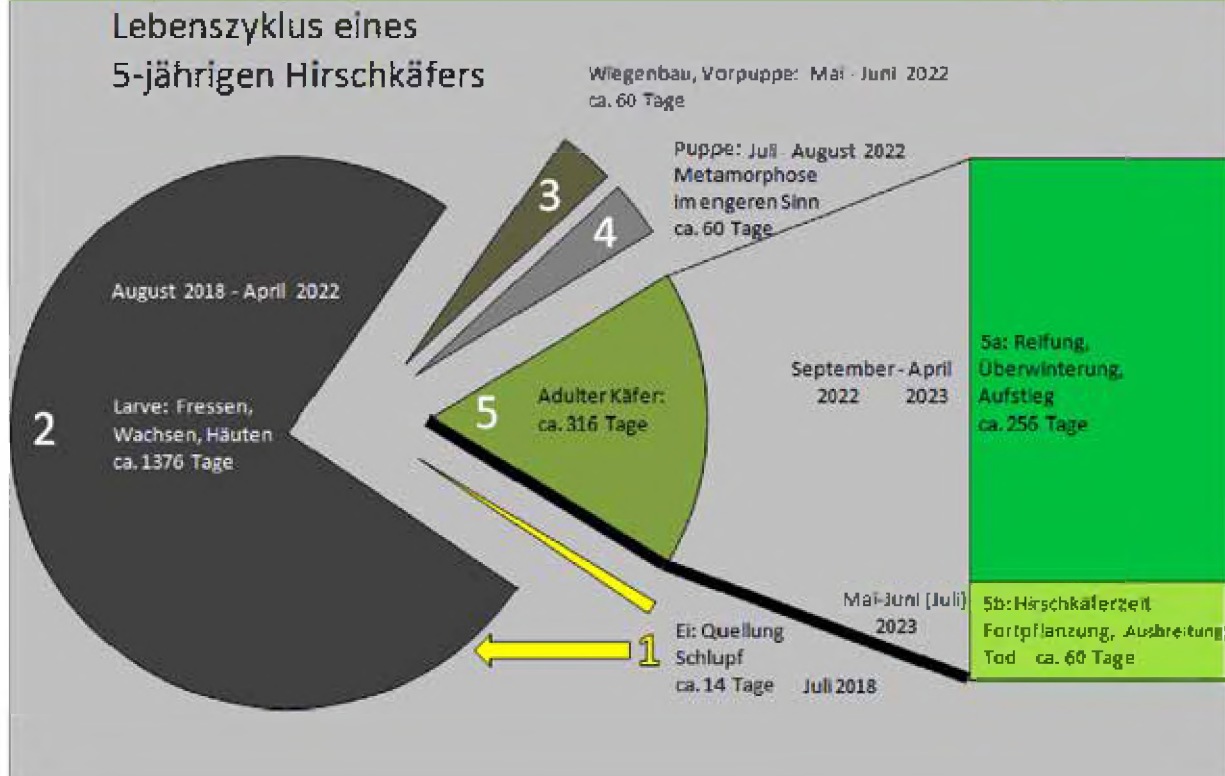
Die Metamorphose des Hirschkäfers über Ei, Larve und Puppe sowie die anschließende Reifung führen zu einem ausgeprägten Geschlechtsdimorphismus der adulten Käfer. Dieser ist bereits bei der Puppe gut zu erkennen. Das Imago wächst nicht mehr.

Fotos: M. Rink



Die Entwicklungsphase 2 (Larve) ist die längste Phase im Leben der Hirschkäfer. Während der Hirschkäferzeit (5b) findet auch die Weichensteuerung (Phase 3) für das Folgejahr statt.

Abbildung: M. Rink



Nahrungssubstrat). Die Larven kommunizieren untereinander, oft sind es räumliche Gruppen, die sich zeitgleich zur Verpuppung entschließen. Jährlich führt dies zu unterschiedlichen Größen innerhalb der Geschlechtergruppen. Der Größte ist nicht unbedingt der Erfolgreichste. Auch kleine Käfer sind erfolgreich, Begriffe wie Hungerkäfer oder „Kümmergewei“ sind unangemessen.

Die Hirschkäferzeit, also die Zeit über der Erde, erfüllt den Zweck der Fortpflanzung und der Ausbreitung.

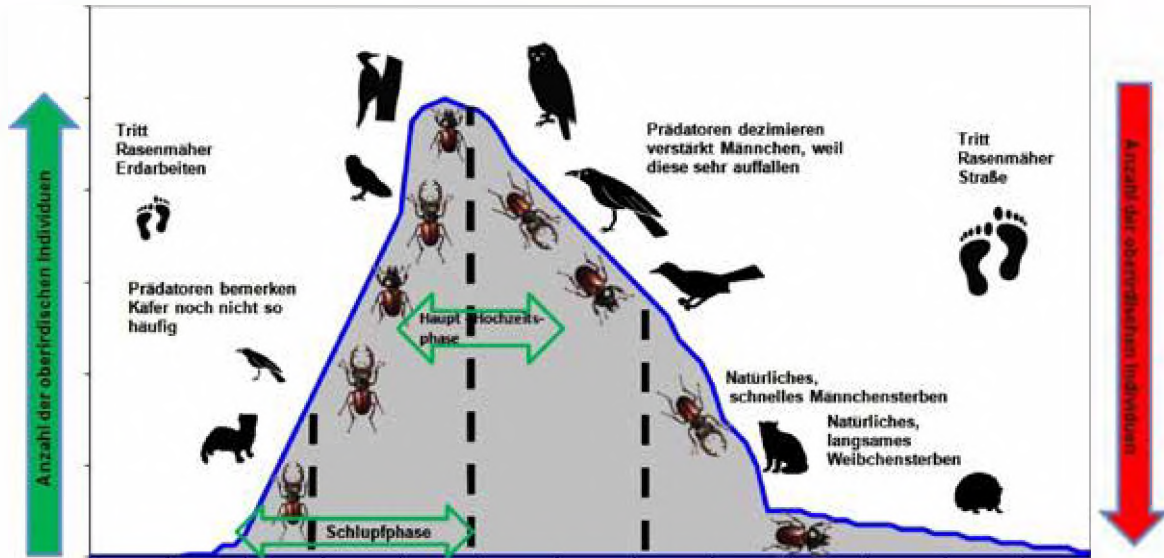
Die spektakulären und bekannten Rivalenkämpfe leitet das Weibchen durch aktives Anlocken, meist verstärkt durch Saftaufnahme, ein. Sie sind aber nur ein Teil in einem komplexen, noch nicht abschließend erforschten Fortpflanzungsverhalten, das auch Alternativen für längere Schlechtwetterphasen, Verlust von Baumstümpfen und den Zugriff durch Prädatoren bieten muss. Hirschkäfer schlüpfen in der Regel im Schutz der Dämmerung an warmen Abenden, um dann den Baumstumpf fliegend verlassen zu können. Männchen beginnen am selben Baumstumpf damit bis

zu einer Woche früher als die Weibchen. So wird in der Regel schon ein Austausch zwischen Individuen entfernter Baumstümpfe auch über größere Entfernungen vorbereitet. Die Paarung erfolgt dann im Umfeld von besiedelten Baumstümpfen und kann sich über Tage hinziehen. Von einem besiedelten Baumstumpf gehen nämlich unterschiedliche Lockwirkungen auf Männchen und Weibchen aus. Männchen suchen dort Weibchen, Weibchen wiederum den Erfolg für ihre Nachkommen. Die Weibchen orientieren sich deshalb vor allem nach der Paarung wieder sehr stark am vorhandenen Brutstättensystem und bevorzugen besiedelte Baumstümpfe gegenüber unbesiedelten. Das heißt, sie legen ihre Eier lieber dort ab, wo dies auch schon andere Weibchen getan haben. Sind dort schon viele, suchen sie sich oft laufend einen noch unbesiedelten Baumstumpf in der Nähe. Findet man also ein Hirschkäferweibchen auf dem Boden, kann sich ganz in der Nähe eine Hirschkäferwohngemeinschaft in Form eines Baumstumpfes befinden, die jährlich, so lange der Vorrat reicht, von heranreisenden Müttern aufgesucht wird.

Hirschkäfer treten normalerweise in Rheinland-Pfalz erst ab Mitte Mai auf. Höhepunkt ist Anfang Juni. Dieser Kurvenverlauf kann durch das Wetter beeinflusst werden. 2018 traten bereits ab Anfang Mai viele Hirschkäfer auf.

Abbildung: M. Rink

Häufigkeitsverteilung während der Hirschkäferzeit



Der Wetterverlauf in den Monaten April bis Juli hat nicht nur Einfluss auf Start und Ende der Lebensdauer der oberirdischen Käfer sondern auch auf den möglichen Erfolg. Ist es dauernd kühl und abends kein Flugwetter, ist der Austausch zwischen den Baumstümpfen schwierig. Es kommt dann auch zu Verpaarungen von Bewohnern eines Nestes, die aber nicht unbedingt Geschwister sein müssen. Ist es anhaltend warm und heiß, verlieren die Männchen schneller ihre anfangs üppige Flugfreude, ja sie sterben sogar manchmal unvermittelt im Konkurrenzkampf um die Weibchen. Zudem können die Männchen der Tageshitze weniger gut ausweichen als die Weibchen. Viele

Käfer sind dann gleichzeitig unterwegs und locken durch ihr dann auffälligeres Verhalten verstärkt Fressfeinde auf den Plan. Idealer erscheint deshalb wechselhafteres Wetter. Hirschkäfer können dann auch mal über Tag eine kurze drückend warme Phase zu einem Flug nutzen um dann über Tage hinweg an einem Nest auf Weibchen zu warten. Die Hirschkäferzeiten 2003 und 2018 zeichnen sich jeweils durch eine sehr kurze, sehr intensive Hirschkäferzeit aus, allerdings mit einem schnellen Vitalitätsverlust der Männchen. Der Klimawandel kann hier die Bedingungen für die Hirschkäferzeit durchaus beeinflussen.

In Rheinland-Pfalz gibt es sehr unterschiedliche Lebensräume: lichter Wald, Waldrand mit Eichen-Nesthabitat (gelbe Umrandung) und den Lebensraum Garten, hier mit Kirschen-Nesthabitat (gelbe Fähnchen).

Fotos: J. Sack, links, M. Rink, rechts



Lebensraum: Baumstumpf in der Sonne bevorzugt

Hirschkäfer bevorzugen lichte Wälder, Wald­ränder, Offenland sowie Dörfer und Städte mit Baumbestand. Mehrjährig abgestorbene, unbeschattete, sonnenexponierte Baumstümpfe werden für die Entwicklung bevorzugt. Diese Präferenz ermöglicht dem Hirschkäfer auch eine nachhaltige Entwicklung außerhalb des Waldes und erklärt im Wald seine Vorliebe für durch intensive Nutzung entstandene lichte Waldformen wie Nieder- und Hutewälder.

Hirschkäferlebensräume wurden und werden langfristig über Jahrhunderte vom Menschen gestaltet und wieder aufgegeben. Der Hirschkäfer ist ein Kulturfolger. In Rheinland-Pfalz kommen Hirschkäfer in Höhenlagen von über 500 Metern noch vor.



Alte Eichen mit Totholz im Stumpfbereich enden oft wie der Baum unten, sind aber für den Hirschkäfer noch sehr wertvoll. Ebenso der dekorative Kirschbaumstumpf im Vorgarten.

Fotos: M. Rink oben und unten, H. Bous, links





Saftstellen sind Tankstellen und Treffpunkte der Geschlechter. Neben Eiche (links oben), Birnbaum (links unten) und reifen Kirschen (unten) wurden an Pappel, Esche, Ahorn, Apfel und weiteren Baumarten Beobachtungen gemeldet.

Fotos: M. Rink links oben, A.Ch. Voss unten und H. Bous, links unten



Baumarten

Die Eiche (*Quercus petraea/robur*) ist für Hirschkäfer als Brut- und als Saftbaum eine attraktive Baumart. Allerdings ist sie keine zwingende Voraussetzung für eine erfolgreiche Population. Als Brutraum geeignet sind zahlreiche andere Baumarten wie z.B. Roteiche, Buche, Ahorn, Birke, Robinie, Kastanie, Weide, Pappel, Kirsche, Apfel, Birne, Pflaume, Fichte. Insbesondere aus den Offenlandbereichen werden immer noch weitere Baumarten bestätigt. Flexibilität gibt es auch bei der Saftaufnahme von Eiche, Kirsche, Birne, Ahorn sowie von Früchten (Kirsche).

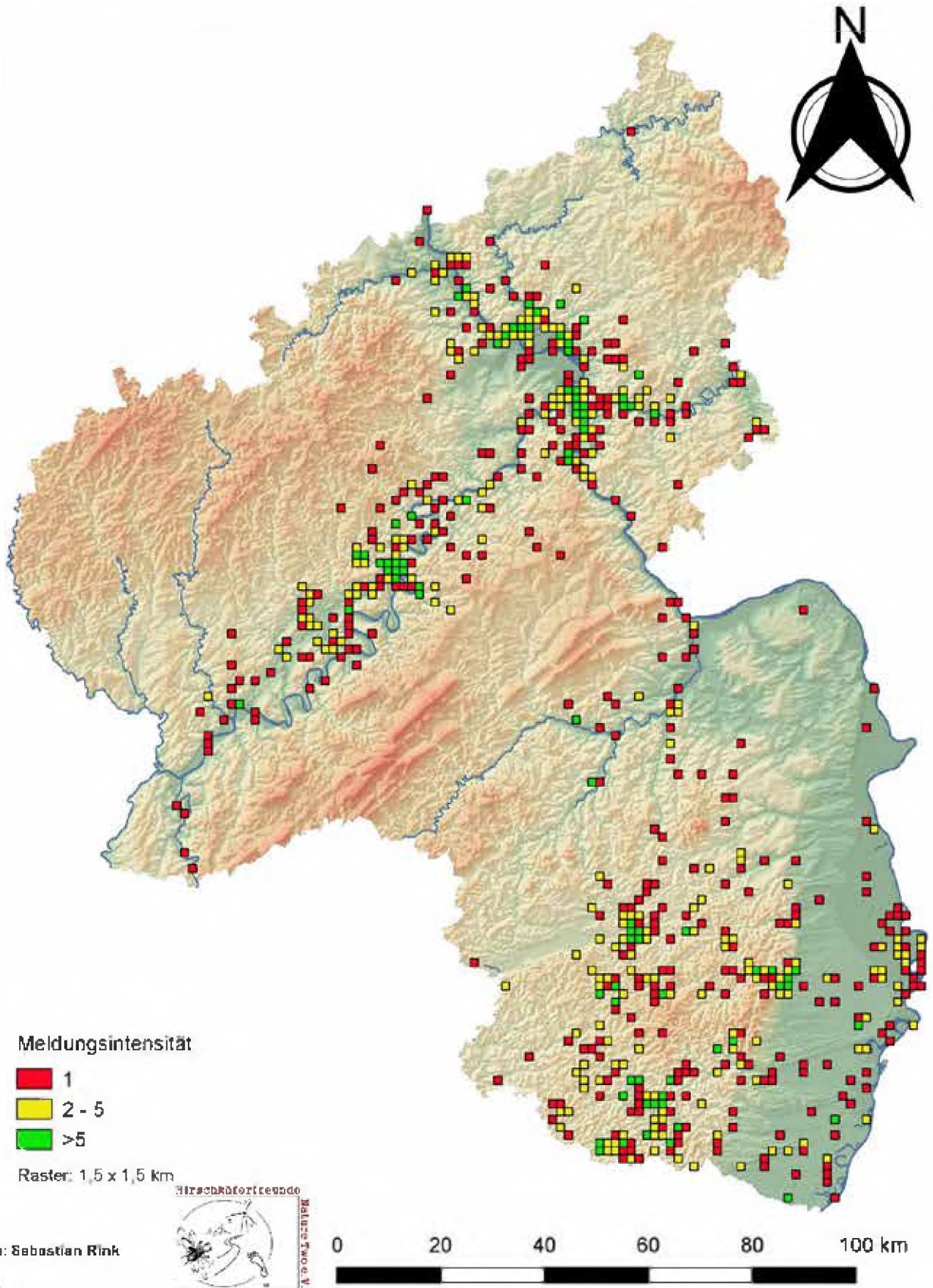
Aufliegendes Totholz mit Erdkontakt kann für Hirschkäfer fängisch werden, bei sonnig gelagerten Brennholzstapeln kommt dies aber ebenfalls

vor. Der Erfolg in solchen Habitaten ist aufgrund deren Nutzung nach zwei bis drei Jahren jedoch meist fraglich. Denn der Hirschkäfer braucht länger, um sich als Larve zu entwickeln.

Für das Bruthabitat sind der Zustand der Zersetzung (fortgeschrittene Weißfäule) und der Kleinstandort (Sonne vor Schatten) entscheidender als die Baumart.

Die Bedeutung der Eiche für die Hirschkäfer ergibt sich vor allem durch deren Lichtbaumeigenschaft und die Förderung ihrer Verbreitung durch den Menschen. Mensch, Hirschkäfer und Eiche teilen die gleiche Vorliebe für lichte, sonnige Standorte.

Meldungen von 2000 bis 2017



Verbreitung in Rheinland-Pfalz

Die Informationen über Vorkommen und Verbreitung des Hirschkäfers beruhen auf aktuell 3280 Meldungen seit dem Jahr 2000, mit einem Schwerpunkt von 2011 bis 2017. Entlang der großen Flusstäler von Rhein und Mosel, entlang der Lahn sowie im Pfälzerwald liegen die Hauptverbreitungsgebiete. Grenzen der Verbreitung scheinen in den Höhenlagen von Eifel, Hunsrück und Westerwald zu sein.

Weitere Meldungen, insbesondere für Regionen in denen aktuell keine oder nur wenige Meldungen vorliegen, können erheblich zur Verbesserung der Informationen beitragen.

In den Moselgemeinden Alf und Bullay hat der Hirschkäfer seit dem Jahr 2000 ununterbrochen Vorkommen mit nachweisbaren Bruthabitaten in den Ortslagen.

Die genaue Analyse der Einzelvorkommen zeigt, dass aktuell in vielen Regionen ein genetischer Austausch zwischen den Populationen gewährleistet ist.

Weiterführende Quellen:

<https://www.hirschkaefer-suche.de/index.php/ct-der-hirschkaefer/ct-mythologie-legende-und-kunst/ct-hirschkaefer-und-hakenkreuz>

<http://avdlswr-a.akamaihd.net/swr/swr-fernsehen/landesschau-rp/wetter/1024489.sm.mp4> (bis 17.05.2019)

[https://www.hirschkaefer-suche.de/pdf/Hirschkaefer-Literatur-Bruthabitat und Larvalentwicklung.pdf](https://www.hirschkaefer-suche.de/pdf/Hirschkaefer-Literatur-Bruthabitat%20und%20Larvalentwicklung.pdf)

<https://www.hirschkaefer-suche.de/index.php/ct-hirschkaeferschutz/ct-kaeferschutz>

Schutz

Beim Thema Schutz muss man in der Praxis sowohl den Schutz der adulten Käfer während der Hirschkäferzeit als auch den Schutz der Entwicklungsstadien mit dem Fokus auf den Baumstumpf berücksichtigen. Außerdem muss man zwischen den Vorkommen im Wald und den Vorkommen im urban-landwirtschaftlichen Raum unterscheiden. Im Wald geht es in erster Linie um die Lichtsteuerung, um das Nesthabitat und im Hinblick auf Prädatoren derzeit um die unnatürlich hohe Schwarzwilddichte mit direkter Bedrohung des Nesthabitats. Der Hirschkäfer ist auch im Wald ein Kulturfolger und nimmt vom Menschen geschaffene Lebensräume gerne an - er braucht diese sogar. Dort, wo der Wald bewirtschaftet wird, entstehen lichte Stellen - sonnige Orte die der Hirschkäfer braucht.

Generell ist die Förderung der Eiche, insbesondere dort, wo die Buche die natürliche Waldgesellschaft dominiert, von großer Bedeutung für den Erhalt der Hirschkäferpopulation.

In Dörfern und Städten ist die Lichtsteuerung dagegen kein Thema, Mensch und Hirschkäfer haben die gleiche Vorliebe. Die Werbung für den Erhalt von alten Baumstümpfen steht hier im Vordergrund. Das Beseitigen eines Baumstumpfes ist mit dem Einzug von Kleinbagger und Stockfräse allerdings zunehmend zur preisgünstigen kosmetischen Landschaftsgestaltung bei privaten und öffentlichen Haushalten mutiert. Baumstümpfe, die im Idealfall noch 50 bis 100 cm aus dem Boden ragen, sind Teil des Bodens und wertvolle Lebensräume, nicht nur für Hirschkäfer.

Ansonsten kann der Mensch dort auch durch Erhaltung und Anpflanzung von Bäumen, etwas Vorsicht beim Rasenmähen sowie Achtsamkeit für Käfer in Not ein hirschkäferfreundliches Umfeld schaffen.

BLÜHINTENSITÄT 2018 ALS MERKMAL IM KLIMAWANDEL



Bei nahezu allen Baum- und Straucharten war 2018 eine starke Blütenbildung und nachfolgende Fruktifikation zu beobachten. Was bereits Mitte Januar mit einer sehr starken Blüte der Hasel begann, setzte sich ab März/April bei allen Laub- und Nadelbaumarten fort. Insbesondere Pollenallergiker hatten aufgrund der langanhaltenden und selten durch Regen unterbrochenen Blühzeiten eine lange Leidenszeit durchzustehen. Der gelbliche Pollenstaub war überall präsent.

Blüte und Fruchtbildung werden durch Witterungseinflüsse im aktuellen und im Vorjahr bestimmt. Mit Beginn der 1990er Jahre ist ein Zunahme der Fruktifikationshäufigkeit zu beobachten, was vermutlich auf das seit dieser Zeit gehäufte Auftreten warmer Jahre zurückzuführen ist. So fruktifizieren z.B. Eichen in warmen Lagen Deutschlands (z.B. Rheinebene) häufiger als in den kühleren Lagen der Mittelgebirge. Das zunehmende Auftreten dieser im Fachjargon sogenannten Mastjahre (Jahre mit starkem Fruchtbehang der Bäume wurden über Jahrhunderte zum Eintrieb der Schweine genutzt) kann somit ein Hinweis auf sich ändernde Klimabedingungen darstellen.

Voraussetzung zur Anlage von Blütenknospen

Zur Ursache des zeitgleichen Auftretens intensiver Blüte gibt es zwei verschiedene Erklärungsansätze:

1. Synchronisation der Blüte aufgrund evolutionsbiologischer Anpassungen. Das gleichzeitige Blühen vieler Bäume steigert die Effizienz der Windbestäubung. Zudem kommt die gleichzeitige Produktion vieler Früchte/Samen einer „Überschussproduktion“ gleich die dazu führt dass trotz Räubern (z.B. Mäuse, Vögel, Schweine...) genügend Samen für die neue Baumgeneration übrig bleiben.
2. Witterungsbedingte Synchronisation der Blüte. Insbesondere warm trockne Witterung im Frühsommer des Vorjahres führt zur Veränderung der Nährstoffverhältnisse im Baum und nachfolgend zur Blütenbildung (sogenannte Blühinduktion). Neuere Untersuchungen deuten darauf hin, dass großräumige Wetterlagen wie die „Nordatlantische Oszillation“ das Klima und damit verbunden die Blütenbildung bei Buche und Fichte sogar weiträumig, über ganz Central- und Nordeuropa hinweg synchronisieren können (Ascoli et al. 2017).

Um insbesondere bei schwerfrüchtigen Bäumen wie z.B. Eiche und Buche den Energieverbrauch durch die Fruchtbildung zu gewährleisten müssen genügend Nährstoff-Ressourcen vorhanden sein. Eine wesentliche Voraussetzung für eine starke

Blüte und Fruktifikation ist somit eine ausreichende Assimilatanreicherung in den Bäumen. Da diese bei starker Fruktifikation aufgebraucht werden muss der Baum mindestens 1 Jahr „Pause“ einlegen

Sind ausreichende Ressourcen vorhanden führt warm-trockne Witterung im Frühsommer des Vorjahres durch Veränderung der Nährstoffverhältnisse im Baum zur Bildung von Blütenknospen (sogenannte Blühinduktion).

Damit dann aus den Blüten auch Früchte werden, darf die Blüte weder verregnen noch erfrieren und auch nicht durch Insekten, z.B. Raupenfraß bei Eiche, zerstört werden. Weiterhin muss zur Ausbildung der Früchte nachfolgend genügend Wasser vorhanden sein. Stärkere, länger anhaltende Trockenheit reduziert die Größe und Menge der Früchte. Während des Wachstums der Früchte können diese durch weitere „Schädlinge“ wie z.B. den aktuell nur in geringem Umfang beobachteten Buchenspringrüssler (*Rhynchaenus fagi*) beeinflusst werden. Dieser kann bei Massenbefall durch Anstechen der Fruchtknoten zum Abfall der Früchte und in manchen Jahren zur vollkommenen Vernichtung der Mast führen.

Intensität der Fruktifikation im Zeitverlauf

Dokumentationen zur Fruchtbildung bei Waldbäumen gibt es seit mehreren Jahrhunderten. Während zu Beginn der Aufzeichnungen schweresamige Baumarten wie Buche und Eiche aufgrund

ihrer Bedeutung als Viehfutter im Focus standen, traten später Aspekte der Saatgutgewinnung oder Naturverjüngung von Bäumen in den Vordergrund. Im Forstlichen Umweltmonitoring dient die Erfassung der Fruchtbildung sowohl als Indikator für Umweltveränderungen als auch als Weiser zur Bewertung von Vitalitätsänderungen von Bäumen. Weiterhin ist die Fruktifikation ein wesentliches Element zur Bewertung von Stoffkreisläufen, z.B. Kohlenstoffhaushalt von Wäldern. Die Daten der Intensivuntersuchungsflächen deuten insbesondere bei der Buche auf eine Zunahme der Häufigkeit starker Fruktifikationsjahre seit 1990, insbesondere seit 2000 hin.

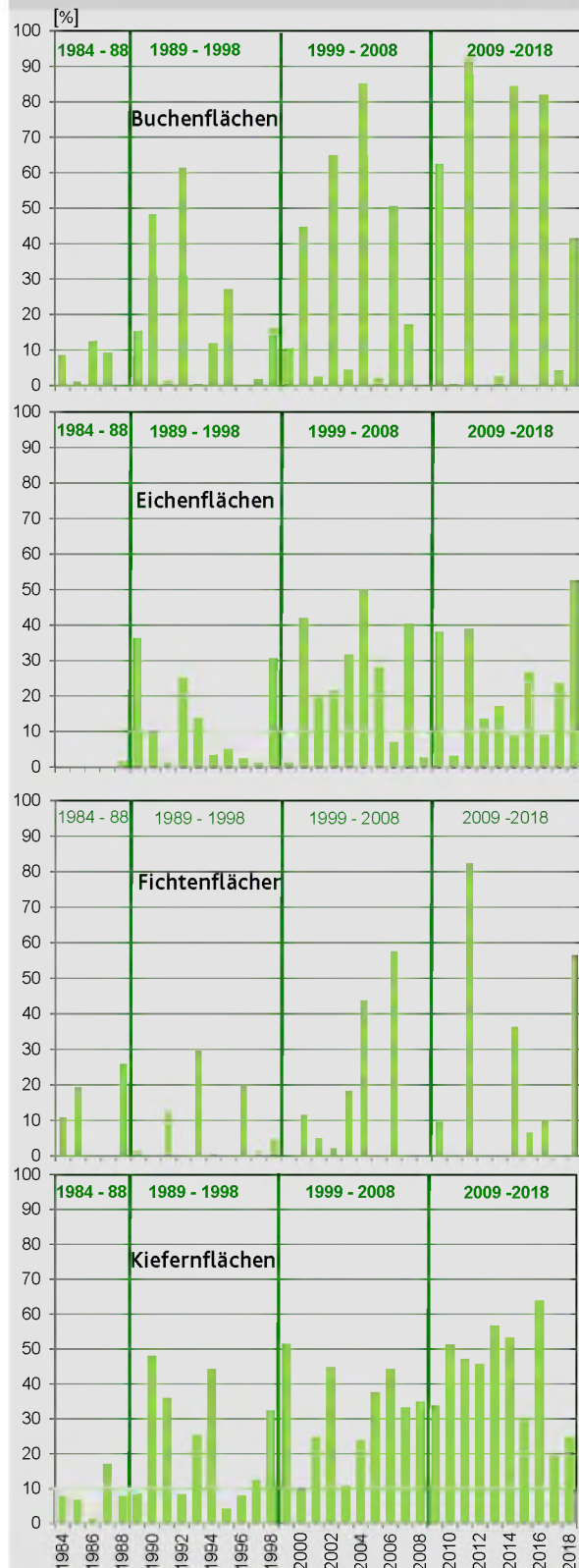
Auswirkungen von Blüte und Fruktifikation auf die Bäume

Auch wenn Blüten und Früchten normale Vorgänge im Lebenszyklus eines Baumes und für die Verjüngung von Wäldern von entscheidender Bedeutung sind, bedeutet dies doch eine enorme Belastung des Baumes. Der Nährstoffbedarf zur Anlage von Blüten und Früchten ist erheblich. Gedeckt wird der Nährstoffbedarf einerseits aus angelegten Reserven oder durch Verlagerung von Wachstumsvorgängen, d.h. Vermehrung statt Wachstum. Dies äußert sich in geringerem Dickenwachstum und kürzeren Triebblängen. Weiterhin werden insbesondere bei der Buche Blattflächen reduziert sowie z.T. auch Blüten statt Blätter ausgebildet, wodurch sich die Verzweigungsstruktur ändert und die Kronenverlichtung als wesentlicher Parameter der Waldzustandserhebung zunimmt.

Kronenverlichtung und Kronenstruktur

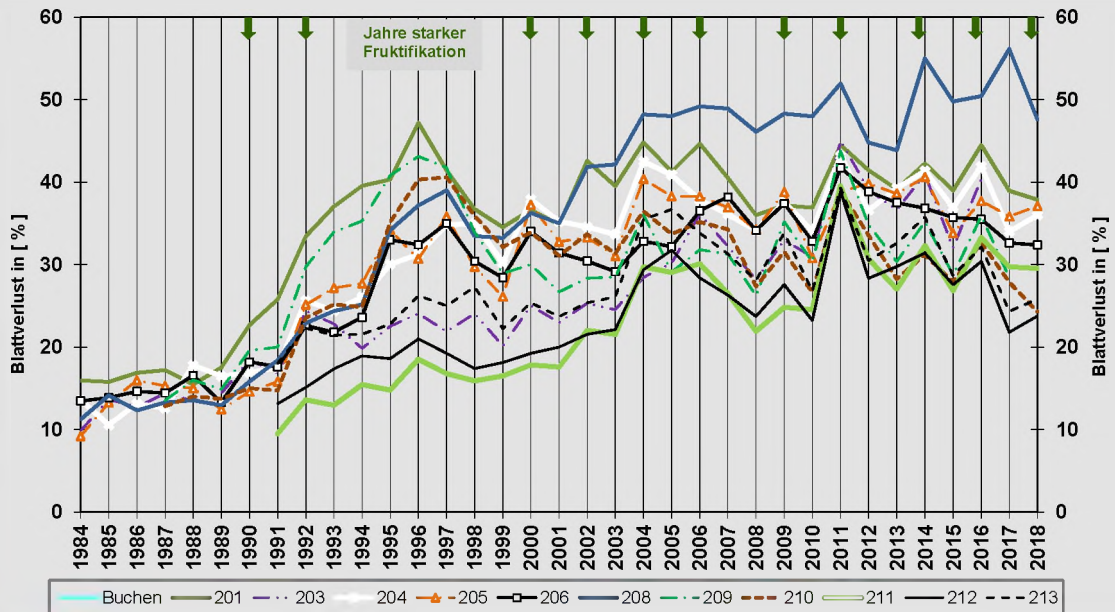
Zu Beginn der Untersuchungen Mitte der 1980er Jahre lag die mittlere Kronenverlichtung auf den rheinland-pfälzischen Buchenbeobachtungsflächen bei 10-15 %. In den 1990er Jahren stieg sie auf meist 20 bis 40 % an und zeigt seither erhebliche jährliche Schwankungen. In Jahren mit starker Fruktifikation ist meist eine merkliche Zunahme der Kronenverlichtung, gefolgt von leichten Erholungen in den jeweiligen Folgejahren, zu beobachten. Abgestorbene Buchen wurden nicht beobachtet. Einhergehend mit der Zunahme der

Anteile mittel und stark fruktifizierender Bäume (Fi, Ki, Bu, Ei) der Dauerbeobachtungsflächen seit 1984



Anmerkung: Die Fruktifikationsstärke bei der Eiche wird zum Zeitpunkt der Erhebung aufgrund noch kleiner Früchte eher unterschätzt.

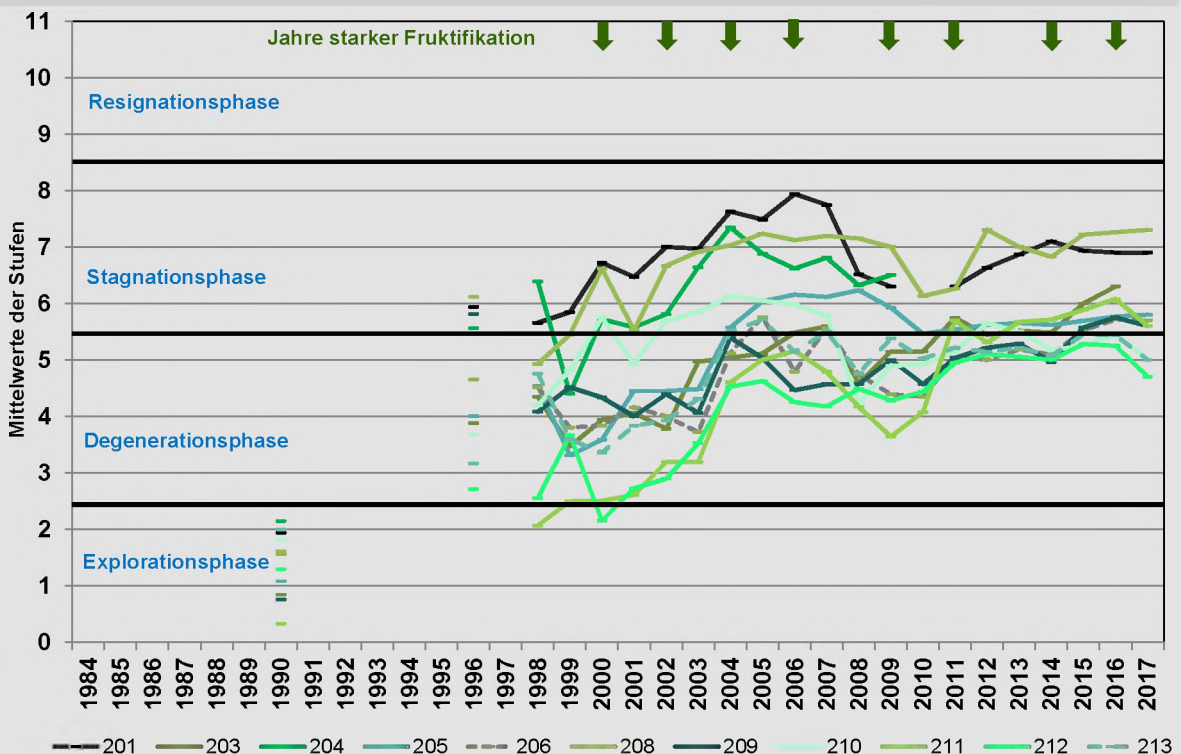
Entwicklung des durchschnittlichen Blattverlustes auf den Buchendauerbeobachtungsflächen



Kronverlichtung hat sich die Verzweigungsstruktur der Buchen deutlich verschlechtert. Während 1990, im Jahr der ersten Erhebung der Kronenstruktur, die Buchen aller Versuchsflächen im Durchschnitt eine gute Verzweigung aufwiesen (Explorationsphase), befinden sich die Buchen heute überwiegend in der Degenerations- oder

gar Stagnationsphase. Zwischen der Verzweigungsstruktur der Buche und der Blütenbildung bestehen enge Zusammenhänge, da die Blüten anstelle vegetativer Knospen gebildet werden. Bei gehäufter Blütenbildung an Langtrieben verändert sich die Kronenstruktur durch die fehlenden Seitenzweige. Hierdurch werden die Buchen-

Buchendauerbeobachtungsflächen 1990, 1996 und ab 1998



kronen lichter. Hinzu kommt in Jahren starker Fruchtbildung durch die starke Beanspruchung des Nährstoffhaushalts der Bäume häufig eine Kleinblättrigkeit der Buchen, was sich gleichfalls in Richtung zunehmender Kronenverlichtung auswirkt.

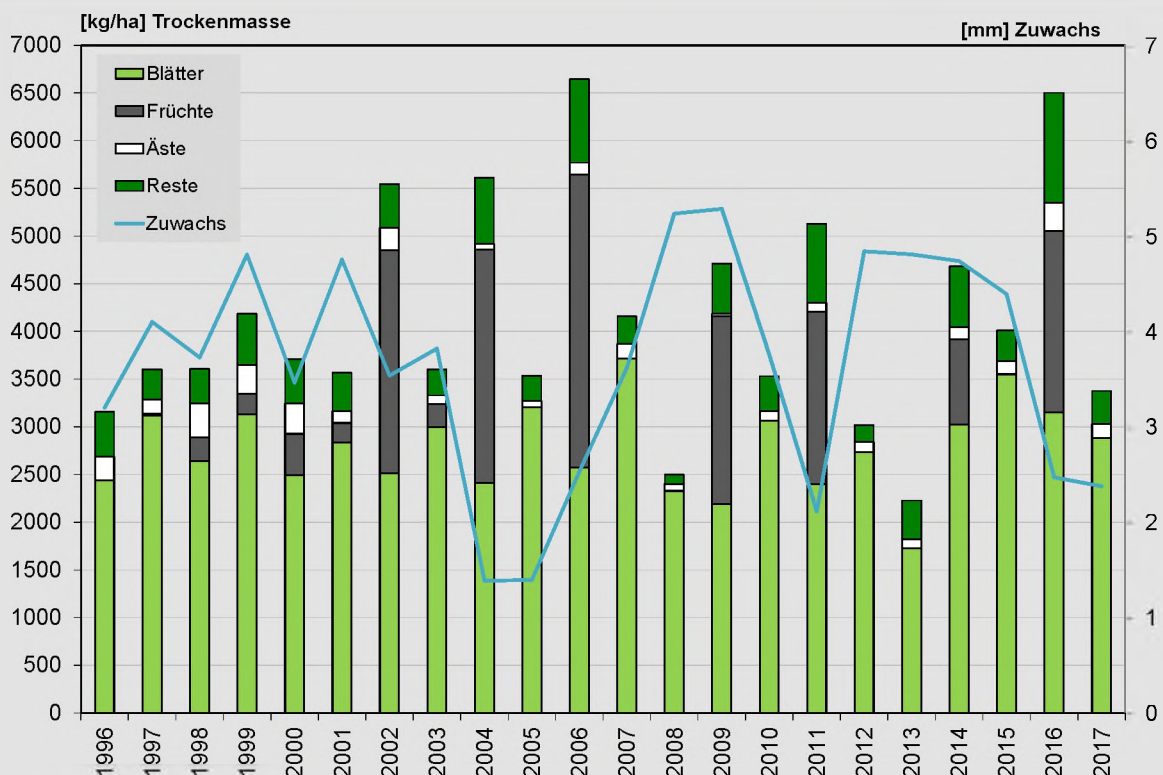
Nährstoffhaushalt

Zur Ausbildung der Blüten und Früchte müssen die Bäume in erheblichen Umfang Assimilate und mineralische Nährstoffe bereitstellen. Streufalluntersuchungen zeigen, dass in Jahren mit starker Fruktifikation die Streufallmenge auf das Doppelte ansteigt. Mit den herabfallenden Früchten werden in den Mastjahren mehr Magnesium, Phosphor und Kalium vom Baum auf den Waldboden verlagert als mit den herabfallenden Blättern. Dies belegt den beträchtlichen zusätzlichen Assimilat- und Nährstoffbedarf der Bäume in Fruktifikationsjahren.

Diese meist nur ein Jahr andauernde Reduktion des Wachstums kann durch weitere Stressfaktoren wie z.B. Trockenstress verlängert werden. Ein schönes Beispiel sind die Jahre nach dem „Jahrhundertsummer“ 2003. Aufgrund der Sommertrockenheit 2003 in Kombination mit der starken Fruktifikation 2004 und der Fröhsommertrockenheit und Fruktifikation 2006 hielt der Zuwachseinbruch mehrere Jahre an und war mit einer merklichen Zunahme in der Kronenverlichtung der Buchen verbunden. Offenbar benötigten die Buchen bei dieser Kombination von Stresseinflüssen erhebliche Zeit zur Regeneration.

Zur Erklärung des langjährigen Anstiegs der Kronenverlichtung der Buche insbesondere in den 1990er Jahren reicht die Fruktifikation allein aber nicht aus. So nahm die Kronenverlichtung in den 1990er Jahren auch in Perioden ohne starke Fruktifikation weiter zu. Zu vermuten ist, dass der

Streufallmengen und jährlicher Dickenzuwachs auf der Intensivuntersuchungsfläche im Forstamt Donnersberg



Temperaturanstieg mit Beginn der 1990er Jahre den Zustand der Wälder erheblich mitbeeinflusst hat, nicht nur als Treiber (Blühinduktion) zur vermehrten Blütenbildung sondern auch als Katalysator zur Entwicklung von Insektenpopulationen bei gleichzeitiger Schwächung der Buchen durch Zunahme von Trockenstressperioden im Sommer. So führt z.B. der Befall durch Buchenprachtkäfer zum Absterben stärkerer Äste in der Baumkrone.

Fazit:

Witterungs- bzw. Klimaeinflüsse werden zunehmend wichtiger für die Vitalitätsentwicklung unserer Wälder. Lange Zeitreihen des Forstlichen Umweltmonitorings liefern wertvolle Daten

zur Interpretation der Entwicklung. Die Kronenverlichtung als summarischer Weiser für die Baumvitalität integriert alle Belastungen, sowohl natürliche, wie Fruktifikation oder Insektenschäden, als auch abiotische, wie Frost oder Trockenheit sowie menschengemachte, wie Säure- oder Stickstoffeinträge. Nur die Erfassung möglichst aller Einflussfaktoren und deren sorgfältige Analyse führt zu einer sachgerechten Interpretation von Veränderungen. Ob und, wenn ja, inwieweit Bäume durch häufigere Fruktifikation geschwächt und somit anfälliger gegenüber anderen Schaderregern werden, oder die Fruktifikation gar als ein Zeichen von Vitalität gewertet werden kann, wird erst die künftige Entwicklung zeigen.



Blühende Erle (oben links), Fichte (oben rechts),
Vogelbeere (unten links) und Kiefer (unten rechts)

Fotos: H.W. Schröck



WALDSCHUTZ UND KLIMASTRESS (AM BEISPIEL DER DOUGLASIE)



Bisher galt die Douglasie im Vergleich zu den heimischen Nadelhölzern als robust und anpassungsfähig, mit einer geringen Anfälligkeit gegenüber den häufigsten Schadfaktoren wie z.B. Borkenkäfern oder pilzlichen Schaderregern. Aktuell mehren sich die Hinweise über größere "gesundheitliche" Probleme. So führt die in großem Umfang auftretende Rußige Douglasienschütte - eine Pilzerkrankung an den Nadeln - zu deutlichen Vitalitätsverlusten. Dies schwächt die Douglasie und macht sie anfällig gegenüber anderen Schaderregern.

Klimawandel, weltweiter Warenverkehr und zunehmende Reisetätigkeit führen bereits heute zu einer deutlichen Erhöhung der Risiken für den Wald. So führen steigende Temperaturen zur beschleunigten Entwicklung von wärmeliebenden Insektenpopulationen: Fichtenborkenkäfer wie der Buchdrucker bilden vermehrt 3 statt 2 Generationen pro Jahr aus, Prachtkäfer tendieren zu einjährigen statt zweijährigen Entwicklungszyklen und wärmeliebende Arten wie der Eichenproz-

Infolge Prachtkäferbefall absterbende Eiche Foto: J. Block



Auch die noch vor wenigen Jahren als vergleichsweise risikoarm angesehene Douglasie hat aktuelle größere "gesundheitliche" Probleme. Foto: H.W. Schröck



Hagelschäden

Foto: G. Kopp

sionsspinner führen zu zunehmenden gesundheitlichen Risiken etc.

Witterungsextreme wie Sturm, Hagel oder Frostereignisse potenzieren das Brutraumangebot für Borkenkäfer oder öffnen Eintrittspforten für pilzliche Erreger wie z.B. den wärmeliebenden Nadelpilz *Sphaeropsis sapinea*, der bei Kiefer nach Hagelschäden oder infolge Trockenheit oder Insektenfraß hervorgerufener Schwächung das sogenannte Diplodia-Triebsterben verursacht. Nadelpilze wie die Rußige Douglasienschütte schwächen den Baum und führen zum vorzeitigen Abfall der Nadeln (Nadelschütte).

Einwandernde oder eingeschleppte Schaderreger breiten sich aus und können Baumarten

Douglasie

Die Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) ist ursprünglich in Nordamerika beheimatet. Dort besiedelt sie im Westen des Kontinents ein riesiges Areal, das sich über 4.500 km von Kanada bis nach Mexiko erstreckt. Sie kommt unmittelbar an der Küste des Pazifiks über das Kaskadengebirge bis in 3.000 m Höhe in den Rocky Mountains vor.

In diesem Areal haben sich zwei Rassen und eine Übergangsform ausgebildet: die grüne oder Küsten-Douglasie (*var. viridis*), die blaue oder Inland-Douglasie (*var. glauca*) und als Übergangsform die Graue Douglasie (*var. caesia*). Die Rassen sind genetisch kompatibel, unterscheiden sich aber ökologisch beträchtlich. Aufgrund ihrer Unempfindlichkeit gegenüber der Rostigen Douglasienschütte (*Rhabdocline pseudotsugae*) wird darauf geachtet, lediglich die Küstendouglasie anzubauen.

Die inzwischen bedeutendste in Deutschland eingebürgerte Baumart wurde 1792 durch den Naturforscher Archibald Menzies bei einer Forschungsreise nach Nordamerika entdeckt und beschrieben. In der Region des heutigen Rheinland-Pfalz erfolgten erste Versuchsanbauten um 1880 in den Forstämtern Daun/Eifel und Schweigen/Pfalz.

massiv gefährden. Aktuelles Beispiel ist das Eschentriebsterben, das durch das Falsche Weiße Stängelbecherchen (*Hymenoscyphus fraxineus*) verursacht wird. Der ursprünglich in Japan beheimatete und dort an der Mandchurischen Esche vorkommende Pilz verursacht im Ursprungsland keine Schäden – möglicherweise geht die Anfälligkeit der Europäischen Esche auf die fehlende wechselseitige Anpassung (Koevolution) zurück – führt jedoch in Europa zu flächigen, drastischen Absterbevorgängen. Der Pilz gefährdet somit eine noch vor wenigen Jahren als mögliche „Zukunftsbäumart“ im Klimawandel postulierte Baumart. Stärker noch als früher muss die Waldbewirtschaftung diese zunehmenden Risiken berücksichtigen und Strategien zu deren Minimierung entwickeln. Allerdings sind viele dieser Entwicklungen nicht vorhersehbar. Folglich müssen waldbauliche Entscheidungen unter immer größeren Unsicherheiten getroffen werden - und das für Bäume, die heute gepflanzt werden, jedoch in 100 Jahren mit den dann herrschenden Umweltbedingungen zurechtkommen müssen. Nachfolgend werden am Beispiel der wirtschaftlich bedeutenden und im Klimawandel vielfach als Wirtschaftsbaumart der Zukunft und als „Ersatz-

baumart für die Fichte“ gehandelten Douglasie, Potenziale und aktuelle Risiken dieser Baumart betrachtet.

Die Douglasie hat in Rheinland-Pfalz nicht zuletzt aufgrund ihrer eindrucksvollen Wuchsleistungen und des vielseitigen und technisch hochwertigen Holzes aktuell einen Flächenanteil von ca. 7 %. Viele u.a. auch kommunale Waldbesitzende haben große Hoffnungen in die Douglasie gesetzt. Geeignete Herkünfte vorausgesetzt, ist sie an milde, regenreiche Winter und trocken-heiße Sommer besser angepasst als beispielsweise die

Falsches Weißes Stängelbecherchen Foto: B. Metzler



Fichte. Umfangreiche Untersuchungen der Universität Trier, Abteilung Geobotanik, belegten in dem Untersuchungsbestand Merzalben ihre vor allem im Vergleich zur Buche präzisere Stomata-Regulationsfähigkeit. Die Douglasie kann ihren Wasserverbrauch bei Trockenheit drosseln, hat somit eine hohe Toleranz gegenüber Trockenheit. Weiterhin verbraucht sie pro Einheit gebildetes Holz weniger Wasser als andere Baumarten; sie hat eine hohe Wassernutzungseffizienz.

Ein weiterer großer Vorteil, insbesondere gegenüber den Laubbaumarten, ist der vergleichsweise geringe Nährstoffentzug bei der Holznutzung. Insbesondere auf ärmeren Standorten wie z.B. Buntsandstein ist der Entzug der in nur geringem Umfang vorhandenen Nährelemente Kalium, Phosphor und Magnesium pro Festmeter Holz geringer als bei den übrigen Baumarten.

Nährstoffnachhaltigkeit

Steigende Nachfrage nach Holz zur energetischen und stofflichen Verwendung führt zu einer steigenden Nutzungsintensität. Die Ausschöpfung dieses Nutzungspotentials ist sowohl im Interesse der Gesellschaft (Rohstoffversorgung) als auch der Umwelt (Klimaschutz), muss jedoch standortsverträglich erfolgen. Das heißt: die Nährstoffnachhaltigkeit muss bei der Waldbewirtschaftung dauerhaft erhalten werden. Hierzu wurde 2016 ein umfangreiches Projekt zur Gewährleistung der Nährstoffnachhaltigkeit in den Wäldern von Rheinland-Pfalz abgeschlossen und veröffentlicht: <https://www.fawf.wald-rlp.de/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=26811&token=5b480ff8c662060088d1858042fb86661901c2b>

Daraus resultierende Handlungsanweisungen wurden 2017 für den Staatswald in Rheinland-Pfalz in einer verbindlichen Richtlinie festgeschrieben. Die Umsetzung in die Praxis erfolgt sukzessive mit Schulung der Forstämter und soll bis Mitte 2019 abgeschlossen sein. <https://www.fawf.wald-rlp.de>

Der in Rheinland-Pfalz nicht natürlich vorkommende Fichte wird aufgrund ihrer Disposition gegenüber rindenbrütenden Borkenkäfern, wie dem Buchdrucker, insbesondere in wärmeren Lagen von Rheinland-Pfalz, keine langfristige Perspektive mehr gegeben. Demgegenüber ergab eine Analyse aus dem Jahre 2013, dass für die Douglasie bisher, außer bei starker Schwächung, keine große Gefährdung von einheimischen Borkenkäfern ausgeht. Allerdings dauert die Koevolution der Douglasie mit mitteleuropäischen Schadorganismen erst ca. 160 Jahre an. D.h. in Zukunft sind Anpassungen zwischen Wirt und potenziellen Schaderregern nicht ausgeschlossen. Als besonders gefahrenträchtig wurde in einer Untersuchung aus dem Jahre 2013 von allen 388 weltweit detektierten Schadorganismen lediglich die Einschleppung von in ihrer Heimat Nordamerika größere Schäden verursachenden, folgenden 3 Organismen gesehen: *Dendroctonus pseudotsugae*, ein Massenvermehrungen durchlaufender Bastkäfer, sowie *Orgyia pseudotsugata* und *Choristoneura occidentalis*, Schmetterlingsarten, deren Raupen Kahlfraß verursachen.

In Rheinland-Pfalz gehen größere Schäden aktuell von aus Nordamerika eingeschleppten Pilzkrankungen aus: Einerseits durch die Rostige Douglasienschütte (*Rhabdocline pseudotsugae*) und andererseits durch die Rußige Douglasienschütte (*Phaeocryptopus gaeumannii*). Durch die Rostige Douglasienschütte sind insbesondere die nicht zur Anpflanzung empfohlenen Inlands- und Übergangsherkünfte gefährdet, bei der aktuell problematischen Rußigen Douglasienschütte gelten alle Douglasienrassen als anfällig.

Rußige Douglasienschütte

Seit den Aufzeichnungen der Waldschutzmeldungen RLP im Jahre 1977 trat stärkerer Befall der Rußigen Douglasienschütte zunächst in den Jahren 1996, 2003 und 2011 auf. Dies waren in der Waldschutzsprache sogenannte „Schüttejahre“, während derer es zu größeren wirtschaftlichen Schäden kommen konnte. Mindestens seit 2011 ist dieser Nadelpilzbefall jedoch jährlich in größtem Umfang zu beobachten. Die Douglasie leidet somit bereits im 8. Jahr hintereinander unter starkem Schüttelebefall. Dieser mehrjährige starke



Extrem stark verlichtete Douglasie Foto: H.W. Schröck

Befall durch die Rußige Douglasenschütte führt zu deutlichen Vitalitätsverlusten und somit zur Schwächung der Bäume. Sekundärschädlinge wie Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus*), Furchenflügler Fichtenborkenkäfer (*Pityophthorus pityographus*), Lärchenborkenkäfer (*Ips cembrae*) oder auch der aus Ostasien stammende Schwarze Nutzholzborkenkäfer (*Xylosandrus germanus*), die bisher nur selten an Douglasie beobachtet wurden, könnten bei einem höheren Angebot an geschwächten Bäumen eine zunehmend wichtigere Rolle spielen.

Auch die aus Nordamerika eingeschleppte Douglasienwolllaus (*Gilletteella cooleyi*), deren Befall auf den Nadeln durch gelbliche Flecken, weiße, flaumige Wachsflocken und Häutungsreste erkennbar ist, könnte zu zunehmenden Problemen führen.

Besondere Aufmerksamkeit gebührt der 2015 in Belgien und ab 2016 auch in Rheinland-Pfalz



Sirococcusbefall am Neuaustrieb Foto: H.W. Schröck

Douglasienwolllaus

Foto: H.W. Schröck



beobachteten Douglasiengallmücke (*Contarinia pseudotsugae*), die in ihrem Heimatland Amerika lediglich in Christbaumkulturen als Schädling beschrieben ist. Da diese den jüngsten Nadeljahrgang der Douglasie befallt ist sehr ungewiss, wie sich dies auf Douglasien auswirkt, die infolge starken Schüttebefalls lediglich noch 1-2 Nadeljahrgänge aufweisen.

Rußige Douglasenschütte

Bei dieser Nadelpilzerkrankung treten auf der Unterseite der noch grünen Nadeln punktbis kugelförmige schwarze Fruchtkörper auf, die stets auf die Spaltöffnungen zentriert und damit linienförmig angeordnet sind. Die Nadelunterseite erscheint hierdurch wie mit Ruß belegt. Bei der Rußigen Douglasenschütte handelt es sich in der Regel um einen mehrjährigen Krankheitsverlauf, bei dem die Nadeln erst zwei bis drei Jahre nach der Infektion abgeworfen werden. Erst bei sehr starkem, wiederholtem Befall bleibt nur der jeweils jüngste Nadeljahrgang erhalten. Da eine starke Infektion die Frosthärte der Nadeln herabsetzt, tritt ein verstärktes Nadelschütten vor allem in Wintern mit starken Frösten unter -10°C auf.

Foto: B. Metzler



Der Befall durch Grauschimmel (*Botrytis cinerea*) oder den Erreger des Sirococcustriebsterbens (*Sirococcus conigenus*), deren Erscheinungsbild dem von Spätfrostschäden ähnelt, könnten sich ausbreiten. Das Gleiche trifft auf bisher in ihrem Schadumfang, insbesondere im Vergleich zur Fichte, eher unbedeutende Wurzelpilze wie Hallimasch (*Armillaria ssp.*), Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum*), Kiefernbraunporling (*Phaeolus schweinitzii*) oder Krause Glucke (*Sparassis crispa*) zu. Die bereits heute örtlich zu Problemen führende Phomopsis-Rindenbrandkrankheit der Douglasie (*Phomopsis pseudotsugae*) könnte ebenso zunehmen.

Zur Verifizierung dieser hypothetischen Überlegungen wird aktuell ein länderübergreifendes Forschungsprojekt geplant. Die Versuchsanstalten FVA Baden-Württemberg, NW-FVA, und FAWF-Rheinland-Pfalz haben aktuell einen gemeinsamen länderübergreifenden Forschungsantrag gestellt, um offene Fragen und Zusammenhänge zu klären sowie Handlungsempfehlungen für die Praxis zu erarbeiten.

Kiefern-Braunporling an gebrochener Douglasie

Foto: R. Klemm



MEHR GESELLSCHAFTLICHE AKZEPTANZ FÜR WALD- BEWIRTSCHAFTUNG DURCH ZERTIFIZIERUNG



Mit einem Zertifizierungssystem soll dem kritischen Verbraucher die Sicherheit gegeben werden, dass bei Herstellung und Handel eines Produktes bestimmte ökonomische, ökologische und soziale Standards eingehalten werden. Diese Standards werden in der Regel auf dem Wege umfassender Beteiligung von Interessensgruppen erarbeitet. Ihre Einhaltung wird von unabhängigen Dritten überprüft. Systeme zur Zertifizierung einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung wurden in der Folge der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro im Jahre 1992 entwickelt und umgesetzt. Weitverbreitet in Rheinland-Pfalz sind die beiden Zertifizierungssysteme Forest Stewardship Council (FSC) sowie das Programm für die Anerkennung von Waldzertifizierungssystemen (PEFC). Der rheinland-pfälzische Staatswald ist seit 2001 nach PEFC und seit 2016 vollständig nach FSC zertifiziert. Im Körperschafts- und Privatwald sind ebenfalls beide Zertifikate vertreten. Die Entscheidung trifft jeweils der Waldbesitzende für seinen Betrieb.

Neuer FSC®-Waldstandard 3.0 in Deutschland

Auf ihrer Vollversammlung am 29. Juni 2016 in Hamburg haben die Mitglieder von FSC Deutschland einen neuen deutschen Waldstandard („FSC-Waldstandard 3.0“) beschlossen. Er ist das Ergebnis eines mehrjährigen Überarbeitungsprozesses durch die verschiedenen Gremien von FSC Deutschland, ergänzt durch 3 Phasen eines internetbasierten Beteiligungsverfahrens. Die Revision von Standards soll veränderte gesellschaftliche Ansprüche an den Wald, Erfahrungen aus der Praxis aber auch neue wissenschaftliche Erkenntnisse berücksichtigen.

Mit der Anerkennung des neuen deutschen Waldstandards 3.0 durch FSC-International ist er zum 1. Juni 2018 in Kraft getreten und wird bei allen neu zu zertifizierenden Betrieben ab diesem Datum zugrunde gelegt. Bereits zertifizierte Betriebe werden bis spätestens 1. Juni 2019 nach diesem neuen Standard überprüft.

In dem zurückliegenden Revisionsprozess hat sich Rheinland-Pfalz unter anderem über die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft, basierend auf den Erkenntnissen von Versuchsflächen, aktiv und mit Erfolg eingebracht. Zur Verjüngung der Lichtbaumarten Eiche und Kiefer ist in dem neuen Standard 3.0, abwei-

chend vom Grundsatz der einzel- bis gruppenweisen Verjüngung, eine flächige Verjüngung bis zu 1 Hektar Größe zulässig, wenn gleichzeitig eine gewisse Mindestmenge an die Fläche beschirmenden Bäumen verbleibt. Damit wird auch eine Forderung der Forstpraxis erfüllt, um der außerordentlichen Konkurrenzkraft der Buche gegenüber der lichtbedürftigeren Eiche bei kleinflächigen Verjüngungsverfahren zu entgehen.

<https://www.fsc-deutschland.de/de-de/wald/revision-des-deutschen-fsc-standards>

<https://www.fsc-deutschland.de/de-de/aktuelles/technische-news/id/343>

Die Re-Zertifizierung des rheinland-pfälzischen Staatswaldes nach Forest Stewardship Council® (FSC®)

Der rheinland-pfälzische Staatswald wurde im Zeitraum von 2013 bis 2016 mit einer Fläche von 208.411 Hektar nach FSC zertifiziert (FSC®-C111982). Systembedingt sind von der Zertifizierung Schutzflächen ausgenommen, auf denen die Biotopentwicklung gegenüber der waldbwirtschaftlichen Nutzung im Vordergrund steht. Das für diesen Zeitraum gültige Zertifikat lief zum 31.12.2017 aus. Um lückenlos ein Anschlusszertifikat zu erhalten, musste der

Staatswald bis zum Jahresende 2017 neu auditiert werden. Das Folgezertifikat mit dem Zertifikatscode GFA-FM/COC 002381 wurde am 05.12.2017 ausgestellt.

Am 11.01.2018 wurde im Walderlebniszentrum Soonwald Frau Ministerin Höfken für die Gruppenleitung sowie den Forstamtsleitungen das Folgezertifikat als Ergebnis der Re-Zertifizierung überreicht. Es hat eine Laufzeit bis zum 04.12.2022.



Staatsministerin U. Höfken mit Landesforsten Zertifikat zur Re-Zertifizierung

Foto: Landesforsten

Im Jahr 2018 werden standardmäßig Überwachungsaudits von externen und internen Auditoren durchgeführt. Abweichend vom bisherigen Verfahren, jährlich eine Stichprobe aus der Gesamtzahl der Forstämter zu auditieren, werden ab diesem Jahr jährlich alle Forstämter auditiert. Dennoch kann gerade bei den Forstämtern Aufwand eingespart werden, weil die Audits, unabhängig von der Flächengröße, maximal einen Tag pro Forstamt dauern. Des Weiteren werden von der FSC-Gruppenleitung zentral viele Dokumente für das Audit zur Verfügung gestellt.

Die Ergebnisse der externen Audits werden in einer gekürzten Form auf einer FSC-Datenbank veröffentlicht (<http://info.fsc.org/certificate.php>).

Gruppenzertifizierung für den Staatswald Rheinland-Pfalz

Für die FSC-Zertifizierung des rheinland-pfälzischen Staatswaldes wurde eine FSC-Gruppe Landesforsten Rheinland-Pfalz, bestehend aus der Gruppenleitung sowie den zertifizierten Forstämtern als Gruppenmitglieder, gebildet. Zertifikatshalter ist die bei der Landesbetriebsleitung angesiedelte Gruppenleitung. Verantwortlich für die Einhaltung der Standards bei allen Maßnahmen der Waldbewirtschaftung ist die jeweilige Forstamtsleitung.

Die FSC-Zertifizierung des rheinland-pfälzischen Kommunalwaldes

Auch viele kommunale Forstbetriebe sind im Rahmen eines Gruppenzertifikats des Gemeinde- und Städtebunds Rheinland-Pfalz FSC-zertifiziert. Das Gruppenzertifikat wurde im Herbst 2013 für weitere fünf Jahre bis Anfang 2019 erteilt. Aktuell (Stand 03.01.2018) umfasst diese Gruppenzertifizierung 145 kommunale Forstbetriebe mit 47.276 Hektar Holzbodenfläche (<https://www.gstb-rlp.de/gstbrp/Schwerpunkte/FSC-Zertifizierung/>). Im Hinblick auf das Ende der laufenden Zertifizierungsperiode zu Beginn des Jahres 2019, findet ab August 2018 ein umfangreiches Rezertifizierungsaudit statt.

Zertifizierung rheinland-pfälzischer Wälder nach PEFC™

Die Abkürzung PEFC steht für „Programm für die Anerkennung von Waldzertifizierungssystemen“ (engl.: Programme for the Endorsement of Forest Certification™). Bezugsebene für die Zertifizierung nach PEFC in Deutschland ist die Region, i.d.R. gleichzusetzen mit den Bundesländern. Die PEFC-zertifizierte Waldfläche in Rheinland-Pfalz beträgt zur Zeit 594.814 ha. Die Nachhaltigkeit der Waldbewirtschaftung wird auf regionaler Ebene dokumentiert und kontrolliert. In Rheinland-Pfalz werden die externen Audits

durch Gutachter der Zertifizierungsstelle Din Certco, einer Tochtergesellschaft des TÜV-Rheinland, durchgeführt. Im Jahr 2018 sind 238.089 ha über alle Waldbesitzarten hinweg auditiert worden.

Internes Monitoring Programm

Seit 2017 hat PEFC-Deutschland das ergänzende Interne Monitoringprogramm (IMP) eingeführt, das in Rheinland-Pfalz durch die Regionale PEFC Arbeitsgruppe umgesetzt wird. Das IMP besteht aus zwei Komponenten, einmal aus Vor-Ort-Gesprächen und aus sogenannten Remote Audits (=Fern-Audit), bei dem keine örtliche Bereisung stattfindet, sondern bei dem einzelne Betriebe zu verschiedenen Themen abgefragt werden.

Das interne Vor-Ort-Gespräch soll als zusätzliche Informations- und Gesprächsplattform dienen und den Betrieben Hilfestellung für das externe Audit geben. Dazu werden zufällig ausgewählte

Betriebe aller Waldbesitzarten, die 10 % der zertifizierten Waldfläche der Region umfassen, von der Regionalassistentin von PEFC, Frau Lara Ruppel, besucht. Die jährlichen Schwerpunkte legt die regionale PEFC-Arbeitsgruppe Rheinland-Pfalz fest. Hier sollen insbesondere Themen der am häufigsten aufgetretenen Abweichungen der PEFC Audits der letzten Jahre besprochen werden.

Die Remote Audits betrafen in diesem Jahr die Abfrage aller 32 zertifizierten Forstlichen Zusammenschlüsse. Hier wurden die aktuellen Flächendaten, Mitgliederzahlen und Listen der zertifizierten Waldbesitzenden abgefragt.

Das Interne Monitoring soll nicht einfach nur „eine weitere Kontrolle“ sein. Es dient vielmehr als Informationsinstrument und soll dazu beitragen, den Qualitätsstandard der Waldbewirtschaftung weiter zu steigern.

<https://pefc.de/fur-waldbesitzer/pefc-meiner-region/pefc-rheinland-pfalz>

Audit im Wald Foto: PEFC Deutschland e.V.



Anhang 1

Entwicklung der Waldschäden nach Baumarten im Vergleich der Jahre 1984 bis 2018 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	
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	
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	
2018	537	28,5	58,1	13,4	11,7	0,6	1,1	19,0
2017	538	32,9	55,8	11,4	9,7	0,6	1,1	18,6
2016	540	43,7	49,1	7,2	6,1	0,0	1,1	15,7
2015	541	47,0	44,0	9,2	7,9	0,0	1,3	16,3
2014	539	46,8	46,6	6,7	5,8	0,0	0,9	15,8
2013	1567	44,8	47,4	7,9	6,8	0,2	0,9	15,7
2012	540	44,6	44,6	10,8	9,8	0,4	0,6	16,4
2011	550	34,2	49,8	16,0	14,2	1,1	0,7	19,3
2010	556	44,6	46,2	9,2	8,1	0,4	0,7	16,2
2009	555	35,9	54,4	9,6	8,6	0,5	0,5	17,2
2008	1620	32,2	48,3	19,5	17,3	1,7	0,5	19,6
2007	559	37,4	47,6	15,0	14,1	0,7	0,2	17,7
2006	562	31,3	51,1	17,7	16,9	0,4	0,4	19,6
2005	559	29,7	51,5	18,8	17,2	1,1	0,5	20,1
2004	1653	26,8	54,0	19,2	17,4	0,7	1,1	20,6
2003	552	24,1	57,2	18,6	17,9	0,5	0,2	19,8
2002	564	39,5	49,1	11,4	9,8	0,9	0,7	17,2
2001	1683	43,2	46,2	10,6	8,6	1,2	0,8	16,7
2000	562	34,3	55,7	9,9	9,4	0,5	0,0	17,3
1999	561	29,8	60,8	9,4	8,9	0,5	0,0	17,2
1998	562	32,4	60,1	7,6	6,8	0,4	0,4	16,7
1997	1685	40,4	52,7	7,0	6,2	0,3	0,5	15,6
1996	522	31,2	60,5	8,3	7,1	0,2	1,0	17,0
1995	519	33,1	58,2	8,7	7,5	0,0	1,2	17,1
1994	1627	45,5	47,3	7,2	6,5	0,1	0,6	15,0
1993	329	35,3	56,5	8,2	8,2	0,0	0,0	16,7
1992	328	40,9	53,4	5,8	5,8	0,0	0,0	14,8
1991	1545	39,9	51,3	8,7	8,5	0,0	0,2	16,6
1990	1545	41,1	54,9	4,1	3,9	0,1	0,1	14,9
1989	524	40,5	53,8	5,7	5,3	0,2	0,2	15,2
1988	547	37,8	54,3	7,9	7,7	0,0	0,2	16,1
1987	548	45,8	48,0	6,2	5,8	0,0	0,4	14,1
1986	1620	38,6	54,3	7,1	6,5	0,2	0,4	16,2
1985	1614	33,7	52,2	14,2	13,1	0,7	0,4	17,81
1984	1633	35,6	51,6	12,9	11,8	0,6	0,5	17,3

Buche		Anteile der Schadstufen [in %]						Mittlere Kronenverlichtung
Jahr	Anzahl Probebäume N	ohne Schadmerkmale 0	schwach geschädigt 1	Summe deutlich geschädigt 2 bis 4	mittelstark geschädigt 2	stark geschädigt 3	abgestorben 4	
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	
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	
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

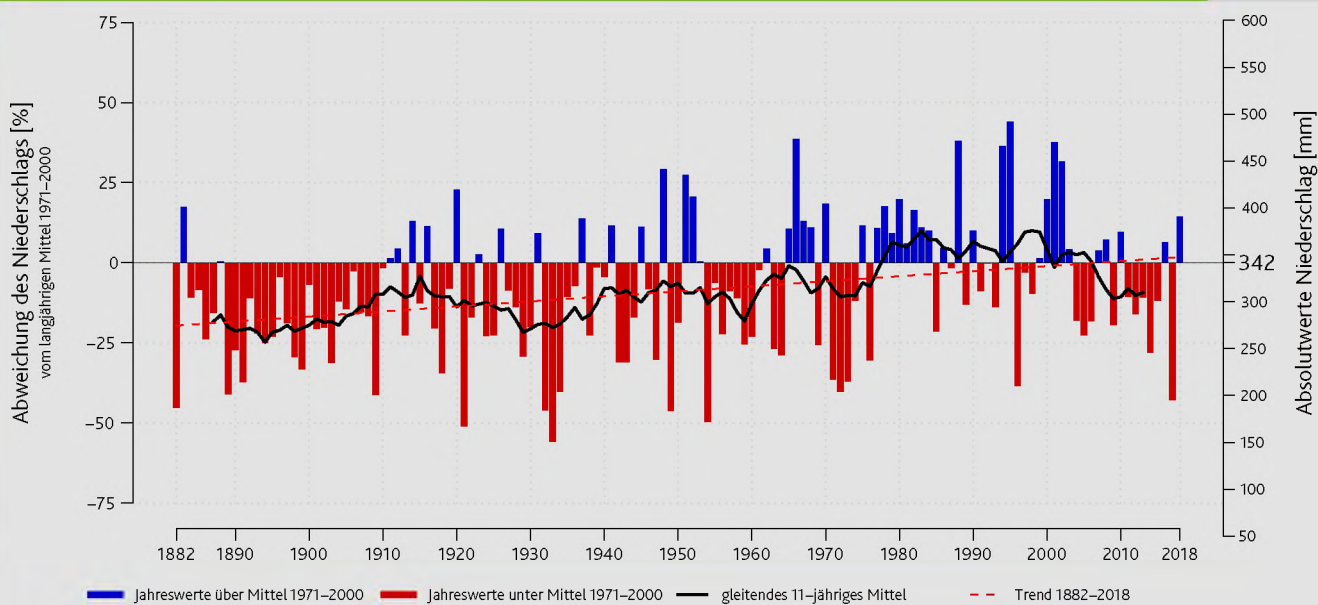
Entwicklung des Probebaumkollektives nach Baumarten

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 Wald fallen, neu angelegt worden. Diese Punkte ergaben sich aus Erstaufforstungen nach 1984 und solchen Punkten die bei der Anlage des Rasters 1984 übersehen wurden (z.B. in kartographisch nicht erfasstem Kleinprivatwald). Hierbei waren überproportional die sonst weniger häufigen Laubbaumarten vertreten. Im Vergleich zu anderen Inventuren zeigt sich, dass der Fichtenanteil noch geringer, der Buchenanteil jedoch höher ist; hier sind jedoch auch Baumartenanteile unter Schirm, die von der WZE verfahrensbedingt nicht erfasst werden, von Bedeutung. In den Daten der Forsteinrichtung fehlt der Privatwald. Douglasie ist vom Raster der WZE mit einem zu geringen Anteil erfasst.

Art (Gattung)	2018 Anzahl	2018 Anteil (in %)	1984 Anteil (in %)	Anteil nach Forsteinrichtung 2017	Anteil nach Bundeswald- inventur 2012
Fichte	981	25,5	32,9	18,9 %	20,5 %
Buche	806	21,0	18,7	30,9 %	23,6 %
Eiche	685	17,8	16,8	16,5 %	16,3 %
Kiefer	537	14,0	15,9	11,6 %	6,9 %
Lärche	144	3,8	3,4	2,3 %	1,5 %
Douglasie	134	3,5	3,5	6,3 %	5,0 %
Esche	125	3,3	0,9	1,0 %	1,1 %
Hainbuche	96	2,5	2,2	3,6 %	8,9 %
Birke	58	1,5	1,2	2,0 %	4,5 %
Ahorn	51	1,3	0,6	1,5 %	2,4 %
Erle	38	1,0	0,3	0,9 %	1,6 %
Edelkastanie	35	0,9	0,5	0,3 %	0,4 %
Tanne	33	0,9	0,6	0,8 %	0,6 %
Kirsche	26	0,7	0,3	0,6 %	1,4 %
Kulturpappel	26	0,7	0,5	0,3 %	0,1 %
Eberesche	19	0,5		0,2 %	0,7 %
Aspe	15	0,4	0,3	0,1 %	0,8 %
Linde	12	0,3	0,4	0,2 %	0,6 %
Roteiche	6	0,2	0,3	0,4 %	0,8 %
Strobe	4	0,1	0,2	0,1 %	0,1 %
Salweide	3	0,1		0,0 %	0,8 %
Mehlbeere	2	0,1		0,0 %	0,3 %
Elsbeere	2	0,1		0,0 %	0,1 %
Robinie	1	0,0	0,1	0,2 %	0,3 %
Ulme	1	0,0	0,1	0,0 %	0,0 %
Insgesamt	3840	100,0	99,7	98,7 %	99,3 %*

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

Entwicklung des Niederschlags in den Monaten November bis März in Rheinland-Pfalz im Zeitraum 1882 bis 2018

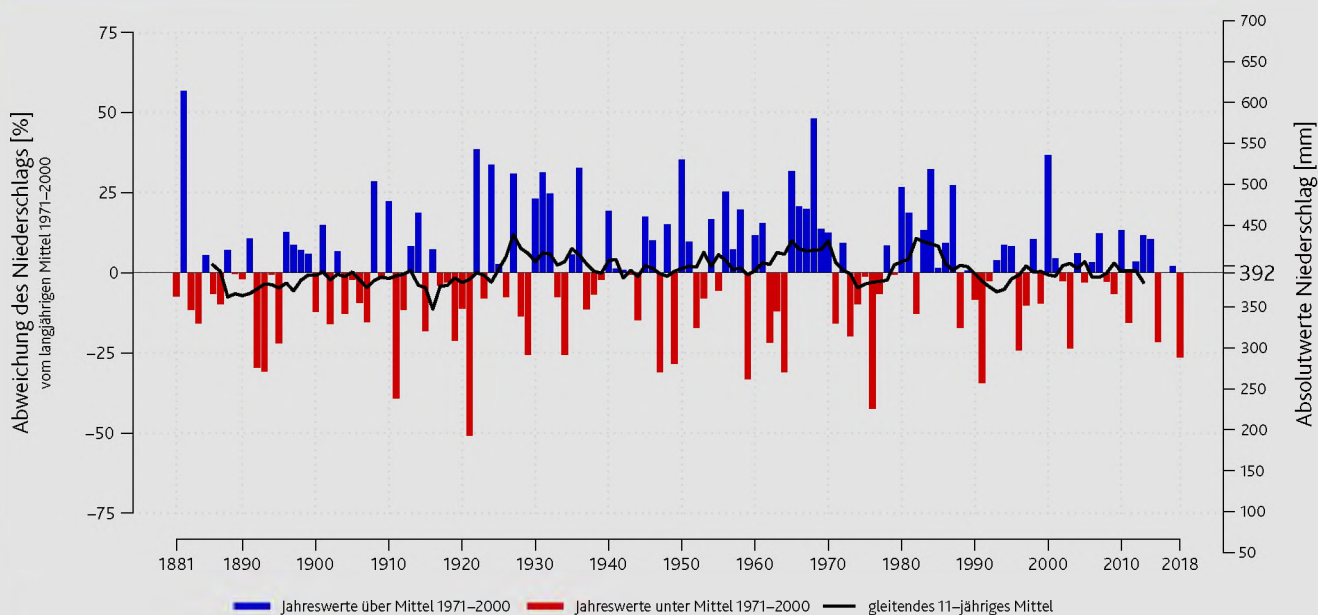


Das gleitende Mittel bezieht sich auf den Zeitraum 5 Jahre vor bis 5 Jahre nach dem Jahr der Darstellung. Die gestrichelte rote Linie stellt den signifikanten linearen Trend dar (5%-Signifikanzniveau).

Datenquelle: Deutscher Wetterdienst

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

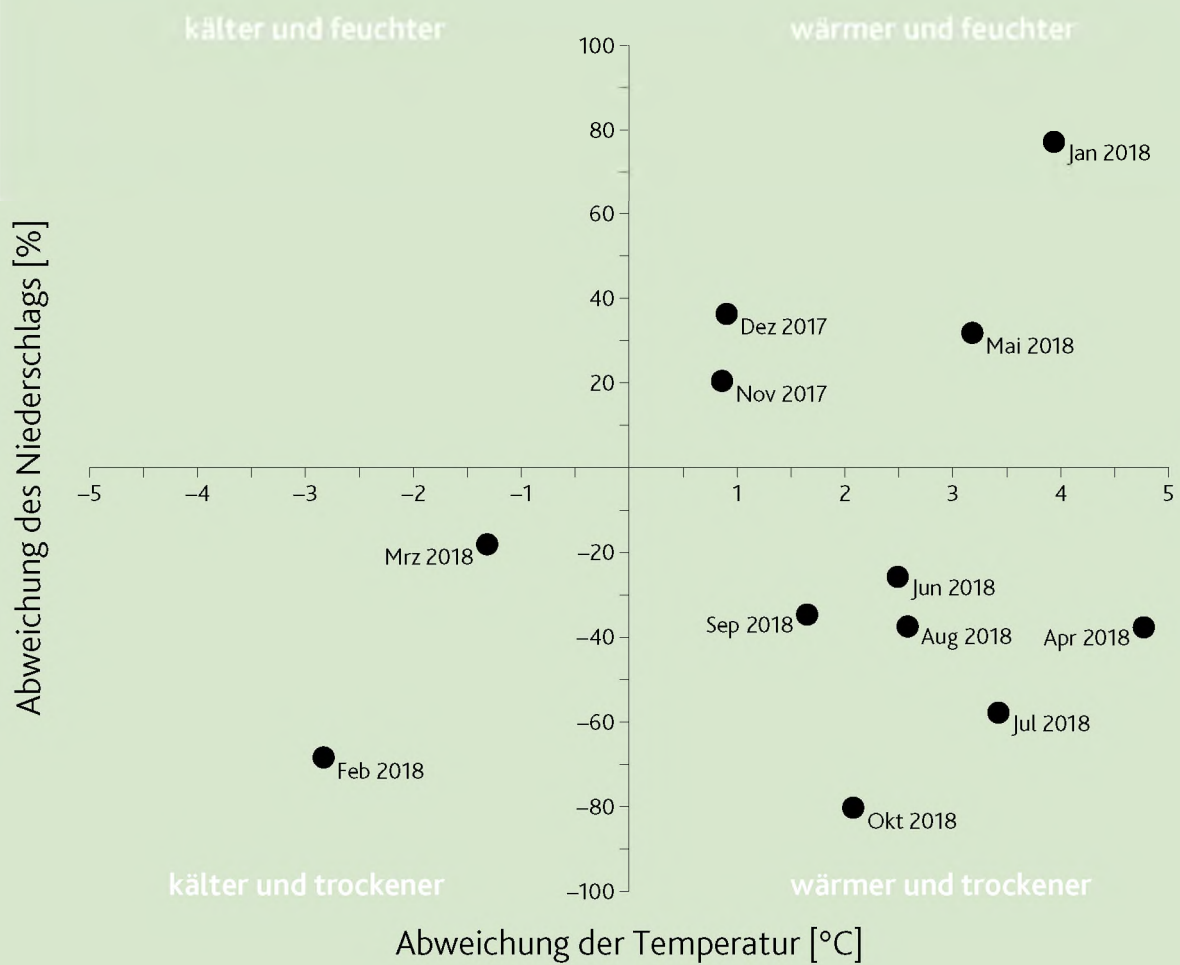
Entwicklung des Niederschlags in den Monaten April bis September in Rheinland-Pfalz im Zeitraum 1881 bis 2018



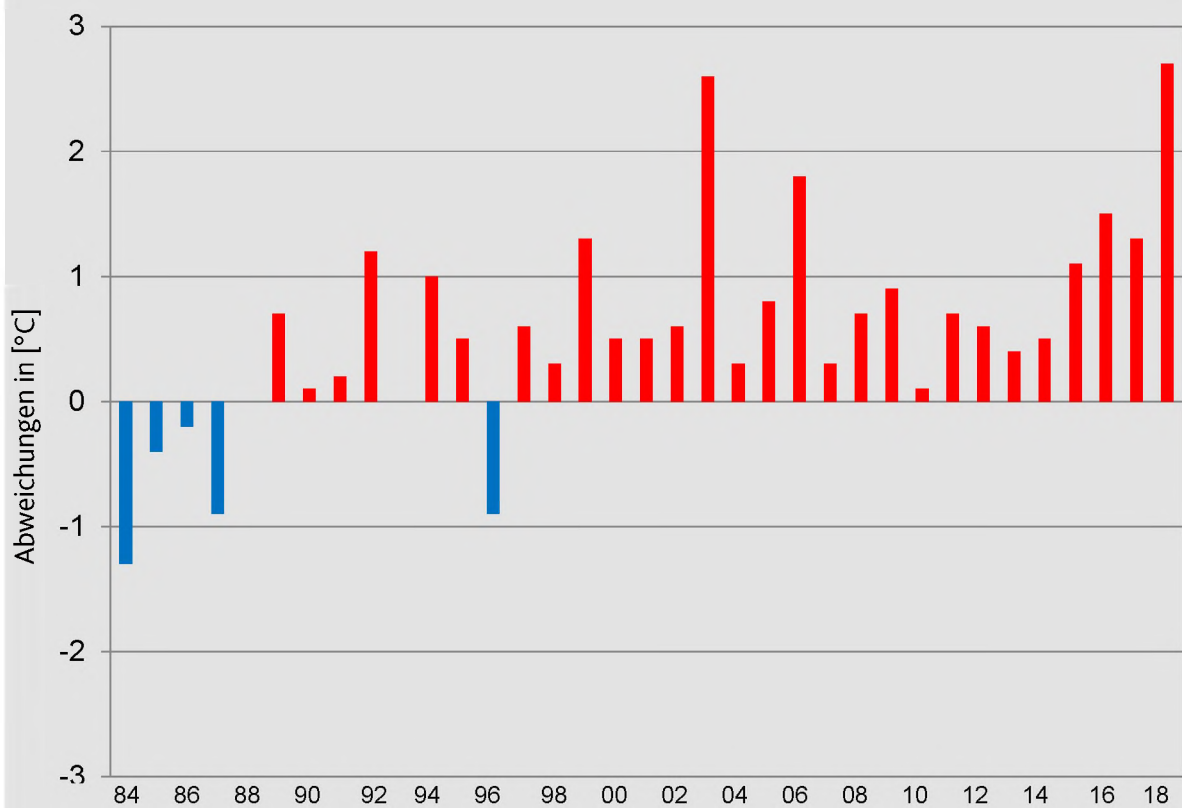
Das gleitende Mittel bezieht sich auf den Zeitraum 5 Jahre vor bis 5 Jahre nach dem Jahr der Darstellung.

Datenquelle: Deutscher Wetterdienst

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

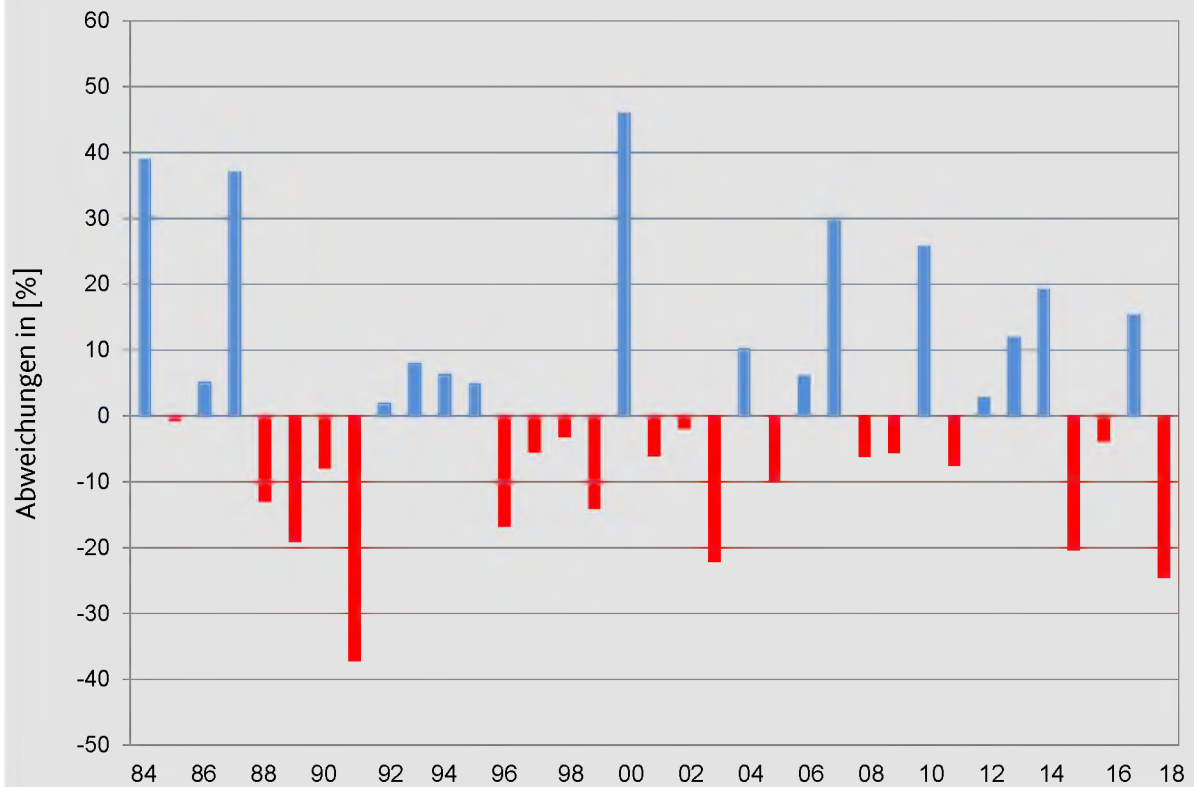


Thermopluviogramm November 2017 bis Oktober 2018. Dargestellt sind für die einzelnen Monate die kombinierten Abweichungen von Temperatur (waagerechte Achse) und Niederschlag (senkrechte Achse) zum langjährigen Mittel 1971-2000 (Vergleich jeweils anhand der Flächenmittel für Rheinland-Pfalz). (Quelle: Deutscher Wetterdienst)

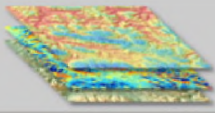


Abweichungen der Temperatur (oben) und der Niederschläge (unten) in den forstlichen Vegetationszeiten (Mai bis September) 1984 bis 2018 vom langjährigen Flächenmittel Rheinland-Pfalz 1971 bis 2000

(Quelle: Deutscher Wetterdienst)




Screenshot PHENIPS für die Waldklimastation Hochspeyer; Oktober 2018



Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz

Monitoring und Risikoanalyse



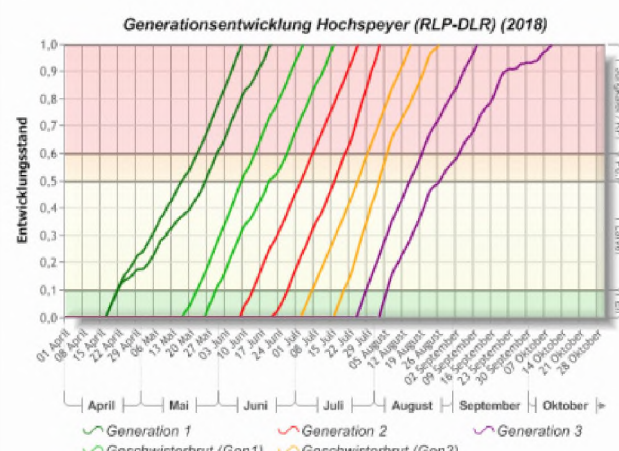
Startseite
Phenips Online Monitoring
Prädisposition
PHENIPS Online
PHENIPS-TDEF

- PHENIPS – Baden-Württemberg
- PHENIPS – Nordrhein-Westfalen
- PHENIPS – Rheinland-Pfalz, Saarland
- PHENIPS – Sachsen
- PHENIPS – Thüringen

- PHENIPS – Rheinland-Pfalz, Saarland
 - Agrarmeteorologische Stationen (DWD)
 - Generationsentwicklung
 - Klimadaten
 - Temperaturen
 - Globalstrahlung
 - Niederschlag
 - Waldklimastationen
 - Generationsentwicklung
 - Klimadaten
 - Temperaturen
 - Globalstrahlung
 - Niederschlag
 - Karte Stationen
 - Borkenkäferentwicklung

Klimastation: Hochspeyer (RLP-DLR) Jahr: 2018 Set

Generationsentwicklung Hochspeyer (RLP-DLR) (2018)



gleichfarbige Linien repräsentieren den minimalen und maximalen Entwicklungsverlauf der jeweiligen Generation

Aktueller Entwicklungsstand:

Schwärmbeginn	09.04.2018
Anzahl möglicher Schwärmtage nach Schwärmbeginn	124
Hauptflugphase / Befallsbeginn	18.04.2018
Anlage der Geschwisterbrut	18.05.2018
Anlage der 2. Generation	10.06.2018
Anlage der Geschwisterbrut der 2. Gen.	04.07.2018

Prognose der Entwicklung für die nächsten 7 Tage:

Schwärmbeginn	09.04.2018
Anzahl möglicher Schwärmtage in den nächsten 7 Tagen	0
Hauptflugphase / Befallsbeginn	18.04.2018
Anlage der Geschwisterbrut	18.05.2018
Anlage der 2. Generation	10.06.2018

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

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

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
Sofia-Protokoll	1988	Rückführung der Stickstoffoxidemissionen
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)	2016	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

Maßnahme	Jahr	Ziel
10. BImSchV	2013	Verordnung über die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualitäten von Kraftstoffen
13. BImSchV	2013	Neufassung der Verordnung über Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen
17. BImSchV	2013	Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen
20. BImSchV	2013	Neufassung der Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen beim Umfüllen und Lagern von Ottokraftstoffen
21. BImSchV	2013	Neufassung der Verordnung zur Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen bei der Betankung von Kraftfahrzeugen
28. BImSchV	2013	Verordnung über Emissionsgrenzwerte bei Verbrennungsmotoren
31. BImSchV	2013	Neufassung der Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen
35. BImSchV	2007	Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung
36. BImSchV	2012	Verordnung zur Durchführung der Regelungen der Biokraftstoffquote
39. BImSchV	2010	Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen
43. BImSchV	2018	Verordnung zur Emissionsreduktion und Emissionshöchstmengen
Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung (Biokraft-NachV)	2009	Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige 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 16x16 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