



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR  
UMWELT, LANDWIRTSCHAFT,  
ERNÄHRUNG, WEINBAU  
UND FORSTEN

# WALDZUSTANDS- BERICHT 2015



Landesforsten  
Rheinland-Pfalz

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Landesregierung Rheinland-Pfalz herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerberinnen/Wahlwerbern oder Wahlhelferinnen/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 zu Gunsten einer politischen Gruppe verstanden werden könnte.

## Impressum

### Herausgeber

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten  
Kaiser-Friedrich-Straße 1  
55116 Mainz  
Telefon: 06131 16-0, Fax: 06131 165926  
[www.mulewf.rlp.de](http://www.mulewf.rlp.de)  
[www.wald-rlp.de](http://www.wald-rlp.de)

Mainz, November 2015

### 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](mailto:zdf.fawf@wald-rlp.de)  
[www.fawf.wald-rlp.de](http://www.fawf.wald-rlp.de)

nur als Download

<http://www.wald-rlp.de/forschungsanstalt-fuer-waldoekologie-und-forstwirtschaft/veroeffentlichungen/waldzustandsbericht.html>

### Titelbild:

Aufnahmeteam bei der Ansprache der Schäden durch Buchenspringrüssler

Foto: Th. Wehner

# WALDZUSTANDS- BERICHT 2015

	Seite
<b>Vorwort</b>	<b>4</b>
<b>Waldzustand 2015 im Überblick</b>	<b>6</b>
<b>Waldzustandserhebung (WZE)</b>	<b>10</b>
<b>Einflüsse auf den Waldzustand</b>	<b>28</b>
■ Entwicklung der Luftschadstoffbelastung	29
■ Witterungsverhältnisse	36
■ Allgemeine Waldschutzsituation	40
<b>Alte Bäume im Wald und ihre Kronenverlichtung</b>	<b>46</b>
<b>Ozonbelastung rheinland-pfälzischer und saarländischer Waldökosysteme</b>	<b>54</b>
<b>Wald und Klimawandel in Rheinland-Pfalz - Dynamik von Waldnaturschutzobjekten</b>	<b>66</b>
<b>Biodiversität im Wald - Das BAT-Konzept</b>	<b>76</b>
<b>Ökonomische Bewertung von Verbiss und Schälwunden wiederkäuender Wildarten in Rheinland-Pfalz</b>	<b>84</b>
<b>Zertifizierung der Forstbetriebe</b>	<b>90</b>
<b>Anhänge</b>	
■ Entwicklung der Waldschäden	96
■ Probestaatskollektiv 2015	102
■ Abkommen und gesetzliche Regelungen zur Luftreinhaltung	103

# VORWORT

Der Wald in Rheinland-Pfalz erfüllt wichtige Aufgaben. Der Waldzustandsbericht befasst sich umfassend mit all seinen vielfältigen Funktionen und Gefährdungen. Neben der Entwicklung des Kronenzustandes und der Einwirkung von Luftschadstoffen werden Fragen zum Klimawandel, zur Biodiversität, zu Wildschäden im Wald und zur Zertifizierung der Forstbetriebe betrachtet.

Für den Waldzustandsbericht 2015 wurde auch in diesem Jahr der Gesundheitszustand des Waldes in Rheinland-Pfalz intensiv untersucht. Die Ergebnisse belegen, dass sich der Kronenzustand 2015 über alle Baumarten nur wenig verändert hat. Insgesamt zeigen 25 % der Bäume immer noch deutliche Schadmerkmale.

In diesem Jahr werden neue Kalkulationen zur Ozonbelastung der Waldbäume vorgestellt. Diese zeigen, dass die Belastung in allen Jahren deutlich über der Verträglichkeitsgrenze für Waldbäume liegt. Obwohl die Immissionsspitzenkonzentrationen mittlerweile rückläufig sind, ist hinsichtlich der langfristigen Ozonbelastung noch keine Entspannung zu erkennen. So waren in 2015 die Ozonschadssymptome, begünstigt durch hochsommerliche Wetterlagen, besonders deutlich ausgeprägt. Weitere Maßnahmen zur Reduktion der Emission der wichtigsten Vorläufersubstanzen, Stickoxide und flüchtige Kohlenwasserstoffe, sind daher unbedingt notwendig. Für einen flächendeckenden Vegetationsschutz sind großräumige, d.h. überregionale Minderungsstrategien erforderlich. Da etwa die Hälfte der Stickoxidemissionen aus dem Straßenverkehr stammen, müssen in allen Mitgliedstaaten der EU die Realemissionen bei Fahrzeugen, Nutzfahrzeugen und Bussen

weiter deutlich sinken. Gleiches ist auch für den Einsatz mobiler Maschinen und Geräte mit Verbrennungsmotoren zu fordern. In Industrieanlagen und gewerblichen Anlagen müssen durch konsequente Fortschreibung und Umsetzung der bestverfügbaren Techniken bei der Lösemittelverwendung die Kohlenwasserstoffemissionen auch zukünftig noch weiter gesenkt werden. Nur durch die Vereinheitlichung der Standards bei der Abgasminderungstechnologie und bei Produktionsprozessen lassen sich die Ferneinträge der Vorläuferstoffe aus emissionsstarken Regionen reduzieren, wodurch das Ozonbildungspotenzial auch in rheinland-pfälzischen Ökosystemen sinken wird.

Nach den Erfahrungen der vergleichbar trockenen Jahre 1976 und 2003 ist davon auszugehen, dass unsere Wälder auch die trocken-heiße Witterung der Vegetationszeit 2015 ohne tiefgreifende ökologische Folgeerscheinungen verkraften können. Augenscheinlich ist die Widerstandsfähigkeit strukturreicher Mischwälder besonders hoch. Auch vor dem Hintergrund der Folgen des Klimawandels bestätigt dies die wichtige Rolle eines naturnahen Waldbaus als Leitbild des forstbetrieblichen Handelns von Landesforsten Rheinland-Pfalz. Dieser ermöglicht es, durch seine Vielfalt an Handlungsoptionen, auf die klimatischen Entwicklungen flexibel zu reagieren.

Seit 2011 wird in Rheinland-Pfalz zum Erhalt und zur Förderung der biologischen Vielfalt im Wald das „Konzept zum Umgang mit Biotopbäumen, Altbäumen und Totholz“ (BAT) umgesetzt. Inzwischen wurden eine Vielzahl von Biotopbaumgruppen, Waldrefugien und Naturwaldgebieten





ausgewiesen. Die Elemente des BAT- Konzepts erfüllen in besonderer Weise naturschutzfachliche Aufgaben auch im Wirtschaftswald und tragen zur Umsetzung der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt bei, 10% der Waldfläche der öffentlichen Hand einer natürlichen Entwicklung zu überlassen.

Auch im Wald liegende Naturschutzobjekte sind von den Folgen des Klimawandels betroffen. Über Szenarioanalysen wird untersucht, welche der vielen Tausend Naturschutzflächen im Land besonders betroffen sind und besondere Aufmerksamkeit und gegebenenfalls gezielte Anpassungsmaßnahmen erfordern.

Durch Verbiss der Knospen und Schalen der Baumrinde verursachen wiederkäuende Wildarten- allen voran Rot- und Rehwild -jährlich Vermögensschäden am Wald in zweistelliger Millionenhöhe. Die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft hat hierzu eine qualifizierte Schätzung der Verbiss- und Schälsschäden durchgeführt.

Im Rahmen der Novellierung jagdrechtlicher Vorgaben (Landesjagdgesetz 2010 und Landesjagdverordnung 2013) wurden Restriktionen für die Schalenwildbejagung abgebaut und insbesondere die Einflussnahme der Grundeigentümer als Jagdrechtsinhaber verbessert. Damit die neuen rechtlichen Vorgaben greifen, müssen Waldbesitzer, Jagdgenossenschaften, Eigenjagdbesitzer und nicht zuletzt die Jagd ausübungsberechtigten und Hegegemeinschaften verantwortungsvoll von ihren neuen Gestaltungsmöglichkeiten Gebrauch machen. Dabei ist die Reduktion überhöhter Be-

stände von Reh-, Rot-, Dam- und Muffelwild zur Vermeidung von Waldwildschäden vorrangige Aufgabe.

Aktuell gehen jeden Tag weltweit etwa 35.000 ha Wald verloren. Durch Zertifizierungssysteme wie FSC oder PEFC wird dem Konsumenten die Möglichkeit gegeben, Holz zu erwerben, welches mit einem Siegel ausgestattet ist, das weltweit für nachhaltig bewirtschaftete Wälder steht. Mit dem FSC-Gruppenzertifikat von Landesforsten Rheinland-Pfalz tragen auch wir zum weltweiten Schutz der Wälder bei. Zurzeit werden die nationalen Standards von FSC Deutschland in einem Revisionsprozess überarbeitet. Die Revision von Standards soll veränderte gesellschaftliche Ansprüche an den Wald, Erfahrungen aus der Praxis, aber auch neue wissenschaftliche Erkenntnisse berücksichtigen. Der Gemeinde und Städtebund und Landesforsten bringen sich für den rheinland-pfälzischen Wald in diesen Revisionsprozess aktiv ein, indem - der Zielsetzung entsprechend - langjährige Erfahrungen der Praxis wie auch wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse aus eigenen Forschungsaktivitäten eingesteuert werden.

Mein besonderer Dank gilt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern von Landesforsten Rheinland-Pfalz, insbesondere der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft in Trippstadt, für die Aufnahme und Auswertung des Waldzustands sowie für die Erstellung des Berichts.

Ulrike Höfken

Ministerin für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz

# WALDZUSTAND 2015





# EIN ÜBERBLICK

Der Kronenzustand der Buche hat sich im Jahr 2015 gegenüber dem Vorjahr wieder deutlich verbessert. Eiche, Fichte, Lärche und vor allem Esche zeigen dagegen einen Anstieg der Kronenverlichtung. Über alle Baumarten ist der Anteil an Bäumen mit deutlichen Schäden um 1 Prozentpunkt auf 25 % und der Anteil schwach geschädigter Bäume um 2 Prozentpunkte auf jetzt 48 % angestiegen. Der Anteil an Bäumen ohne sichtbare Schadensmerkmale ist um 3 Prozentpunkte auf 27 % gesunken.

Hinsichtlich der Belastungen der Waldökosysteme durch Luftschadstoffe sind die Einträge an Schwefelverbindungen und Schwermetallen gegenüber den 1980er Jahren deutlich zurückgegangen. Demgegenüber konnten die Stickstoffeinträge bislang kaum reduziert werden.

Differenzierte Kalkulationen der phytotoxischen Ozondosis an Messstationen des Forstlichen Umweltmonitorings zeigen, dass die Belastungsschwellen für Waldbäume in unseren Wäldern sehr deutlich überschritten werden und weitere Maßnahmen zur Emissionsminderung bei den Ozonvorläufersubstanzen erforderlich sind.

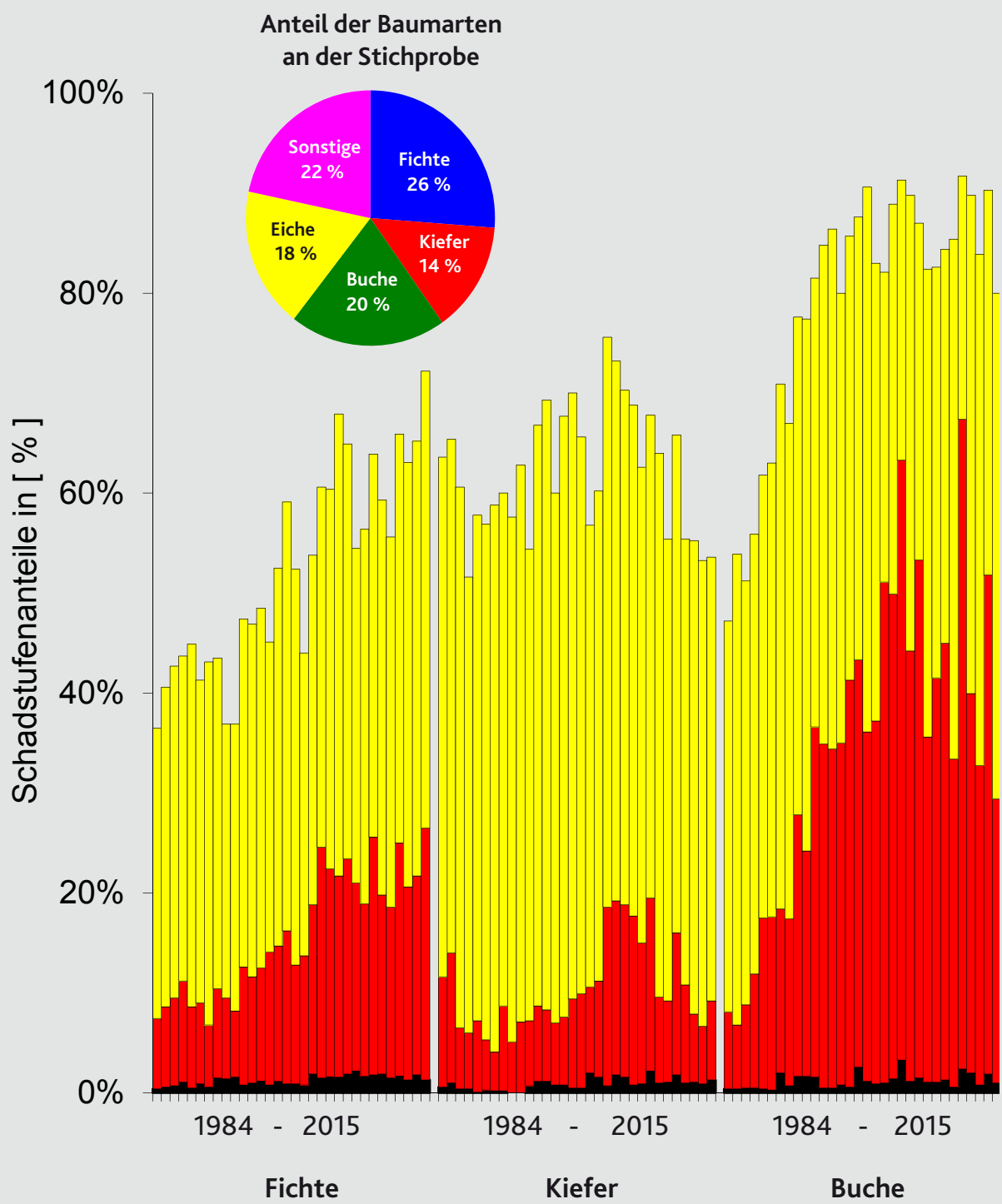
Der Einfluss witterungsbedingter Belastungen hat seit dem Beginn der Waldzustandserhebungen Mitte der 1980er Jahre an Bedeutung

gewonnen. Auch die Vegetationszeit des Jahres 2015 war im Vergleich zu langjährigen Mittelwerten deutlich zu warm und zu trocken. Die ausgeprägte, örtlich aber sehr differenzierte Frühjahrs- und Sommertrockenheit im aktuellen Jahr stellte eine erhebliche Belastung für die Waldbäume dar. Augenfällige Trocknisschäden traten aber erst im Spätsommer und nur auf besonders flachgründigen Standorten auf.

Eine Analyse der Kronenzustandsentwicklung sehr alter Bäume belegt, dass Bäume auch in einem hohen Alter noch vital sein können und in der Lage sind, ihren Kronenzustand nach Stresseinflüssen wieder zu verbessern.

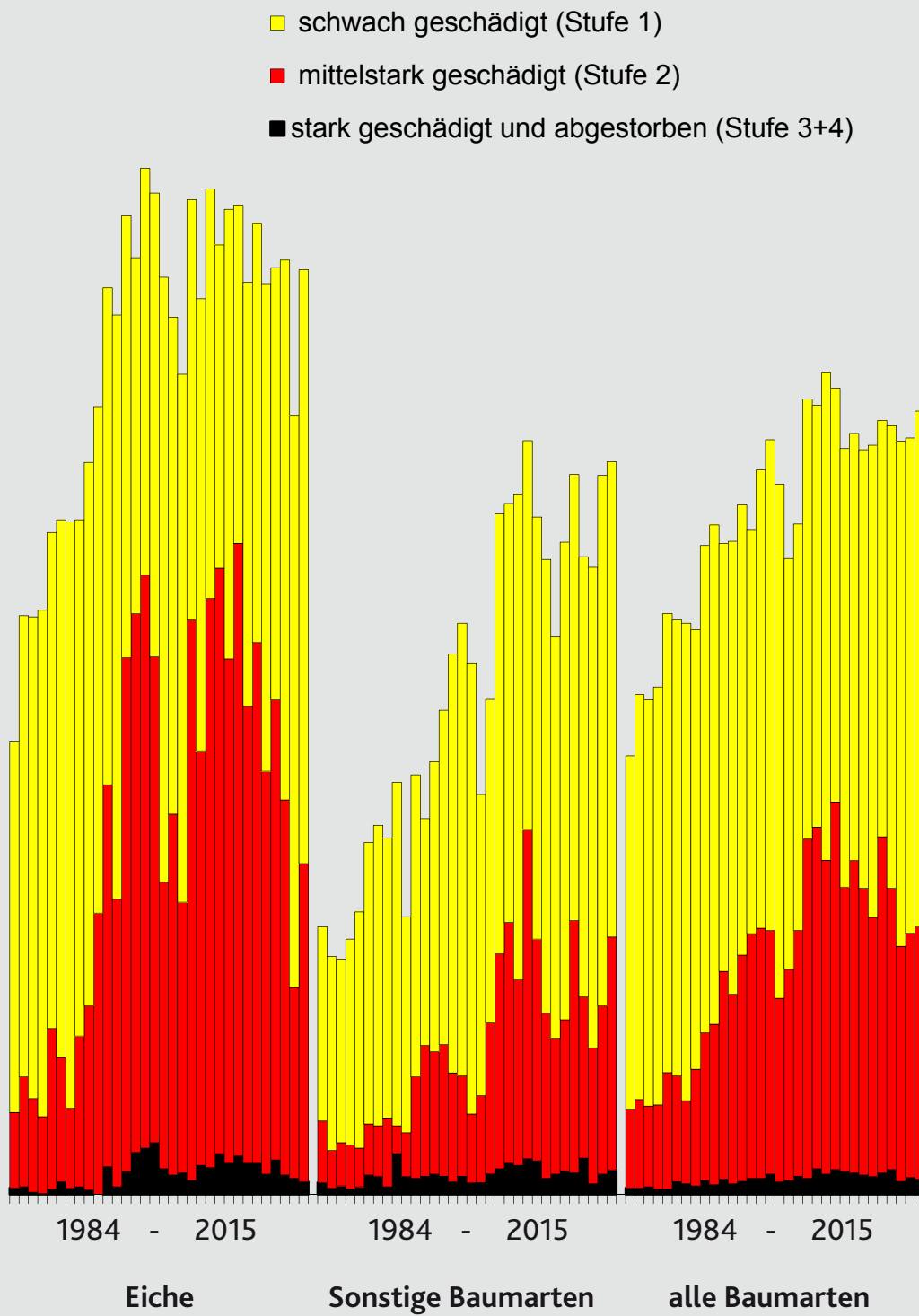
Um einen umfassenderen Überblick über die Entwicklung des rheinland-pfälzischen Waldes mit seinen vielfältigen Funktionen und Gefährdungen zu geben, enthält der Waldzustandsbericht Informationen zu den Themenfeldern Klimawandel, Biodiversität, Wildschäden und Zertifizierung.

Im aktuellen Bericht wird die Dynamik von Waldnaturschutzobjekten im Klimawandel, das Konzept zum Umgang mit Biotopbäumen, Altbäumen und Totholz (BAT) und im Bereich Zertifizierung die Sicherung der nachhaltigen Waldbewirtschaftung durch einheitliche Standards erörtert. Zudem wird eine ökonomische Bewertung von Wildschäden im Wald vorgestellt.





## Entwicklung der Waldschäden von 1984 bis 2015 in Rheinland-Pfalz



# WALDZUSTANDS- ERHEBUNG (WZE)



Aufnahmeteams bei der Abstimmungsübung  
Foto: Th. Wehner

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 2015 hat sich der Kronenzustand über alle Baumarten nur wenig verändert, jedoch mit deutlichen Veränderungen bei einzelnen Arten.

Die Buche konnte sich gegenüber dem Vorjahr gut erholen. Eiche, Fichte und Lärche zeigen dagegen einen merklichen Anstieg in der Kronenverlichtung. Bei den anderen Baumarten gab es geringfügige Verschlechterungen, bei einigen Arten auch leichte Verbesserungen. Besorgniserregend entwickelt sich die Situation bei Esche, die jetzt in allen Altersstufen flächendeckend unter dem Triebsterben leidet.

### Durchführung

Die Waldzustandserhebung erfolgt seit 1984 auf einem systematischen, landesweiten Stichprobenraster. Dabei wird die Vollstichprobe im 4x4 km Raster in mehrjährigen Abständen aufgenommen. In den Zwischenjahren erfolgt die Erhebung auf einer Unterstichprobe im 4x12 km Raster. Im Jahr 2015 wurde der Kronenzustand an den Punkten der Unterstichprobe erhoben. Die Unterstichprobe in Rheinland-Pfalz umfasst insgesamt 168 Aufnahmepunkte. In 2015 wurden an zwei Aufnahmepunkten nahezu alle dort stehenden Waldbäume geerntet. Damit stockt derzeit an insgesamt 7 Aufnahmepunkten kein geeigneter Waldbestand, um Probestämme auszuwählen. An diesen Punkten kann erst wieder eine Aufnahme erfolgen, sobald der nachfolgende Jungbestand etabliert ist. Insgesamt wurden 2015 an 161 Aufnahmepunkten 3864 Stichprobenbäume begutachtet. Die Außenaufnahmen erfolgten einschließlich Abstimmungsübung und Kontrollaufnahmen in der Zeit vom 06. bis 31. Juli.

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.ti.bund.de/de/wo/projekte/waldmonitoring/waldzustandserhebung/bundesweite-waldzustandserhebung/> [www.futmon.org](http://www.futmon.org) und [www.icp-forests.net](http://www.icp-forests.net)

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

### Waldzustand allgemein

Für die gesamte Waldfläche von Rheinland-Pfalz über alle Baumarten und Altersstufen hat sich der Zustand des Waldes gegenüber dem Vorjahr geringfügig verschlechtert. Der Anteil deutlicher Schäden ist um 1 Prozentpunkt höher als in 2014. Die mittlere Kronenverlichtung liegt um 0,4 Prozentpunkte über dem Wert des Vorjahres, doch auch dieser geringfügige Anstieg ist statistisch signifikant.

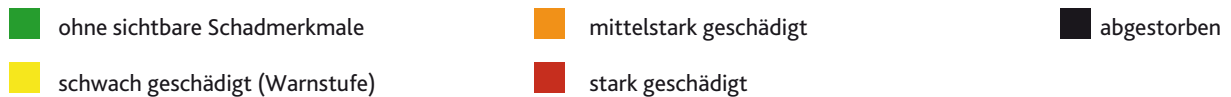


Die Entwicklung bei den einzelnen Baumarten differiert wie in den vorangegangenen Jahren erheblich. Besonders auffallend hat sich der Kronenzustand der Buchen verbessert. Auch Hainbuche und einige andere Laubbaumarten haben sich verbessert. Bei Kiefer und Douglasie zeigen sich keine wesentlichen Veränderungen im Kronenzustand. Fichte und Lärche präsentieren sich merklich schlechter. Auch bei der Eiche ist die Kronenverlichtung angestiegen. Besorgniserregend ist der Anstieg des Schadniveaus bei der Esche.

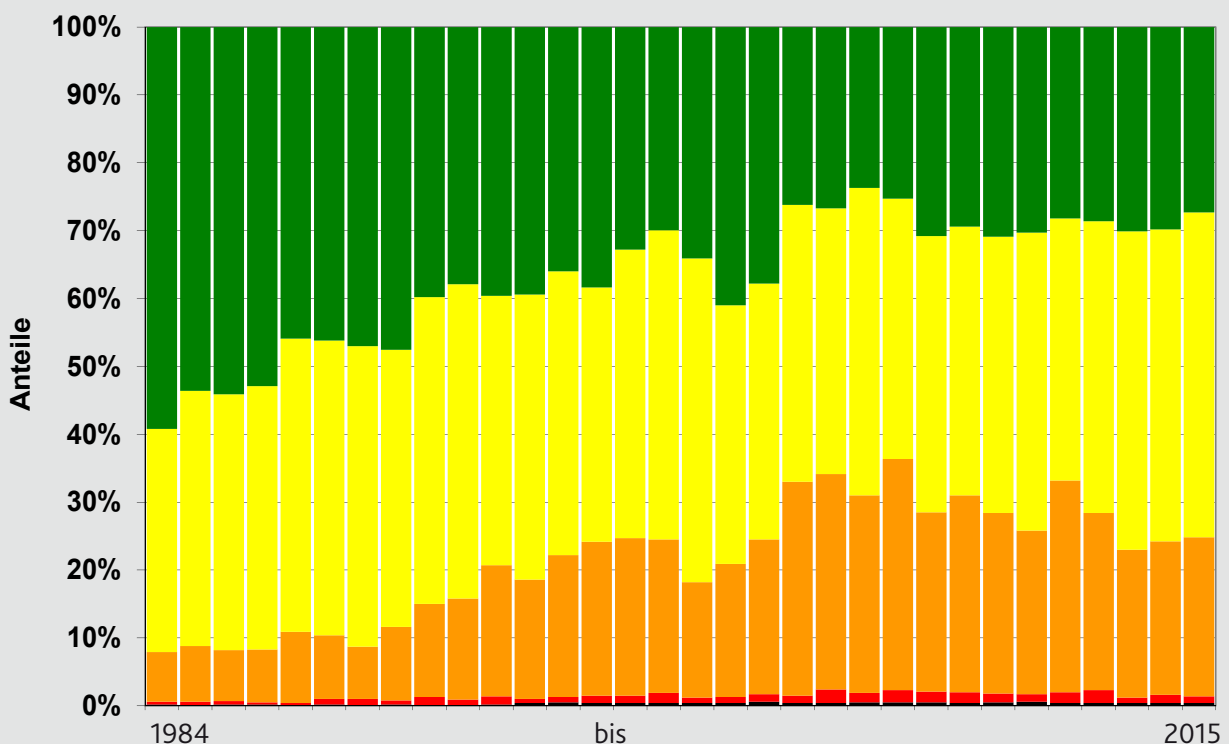
Der Witterungsverlauf 2015 war ab März im Vergleich zum langjährigen Mittel im Schnitt zu trocken und zu warm. Die Gegensätze waren jedoch erheblich, so wechselten sich Hitze- und kühle Witterungsperioden miteinander ab. Die Wasservorräte im Boden ermöglichten den Bäumen aber einen ungehinderten Austrieb und Frühjahrs-

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>

wachstum. Folgen der im Jahresverlauf auftretenden Trockenheit wurden erst im Spätsommer sichtbar. Die Waldzustandserhebung wurde bereits Ende Juli abgeschlossen. Die bei vielen Laubbaumarten im Spätsommer einsetzende vorzeitige Verfärbung in der Oberkrone oder die auf Trockenstandorten zu beobachtende Gelbfärbung einzelner Blätter in der gesamten Krone teilweise verbunden mit „Hitzelaubfall“ wurde nicht mehr von der Waldzustandserhebung erfasst. Vergleichen an Nadel- oder Blattorganen sind im



### Entwicklung der Schadstufenverteilung über alle Baumarten





Berichtsjahr nur in geringem Umfang beobachtet worden. So ist zwar in 2015 eine langanhaltende Trockenperiode zu verzeichnen, deren Folgen für den Kronenzustand sich aber nicht mehr im Berichtsjahr, möglicherweise aber im Folgejahr, bemerkbar machen. Es traten regelmäßig Gewitter und Extremwetterlagen auf, die lokal begrenzt zu hinreichend Niederschlägen führten, so dass die Wasserversorgung kleinräumig auch stark unterschiedlich war. Genauso kam es kleinräumig, lokal begrenzt, zu Schäden durch Sturm, Starkregen oder Hagel. Auch in einzelnen Waldbeständen um die Aufnahmepunkte der WZE waren abgerissene Blätter, Zweige oder gar Starkäste zu beobachten. Es waren aber nur einzelne Probestämme stärker betroffen, sodass sich diese Schäden nicht im Gesamtergebnis der Waldzustandserhebung bemerkbar machen.

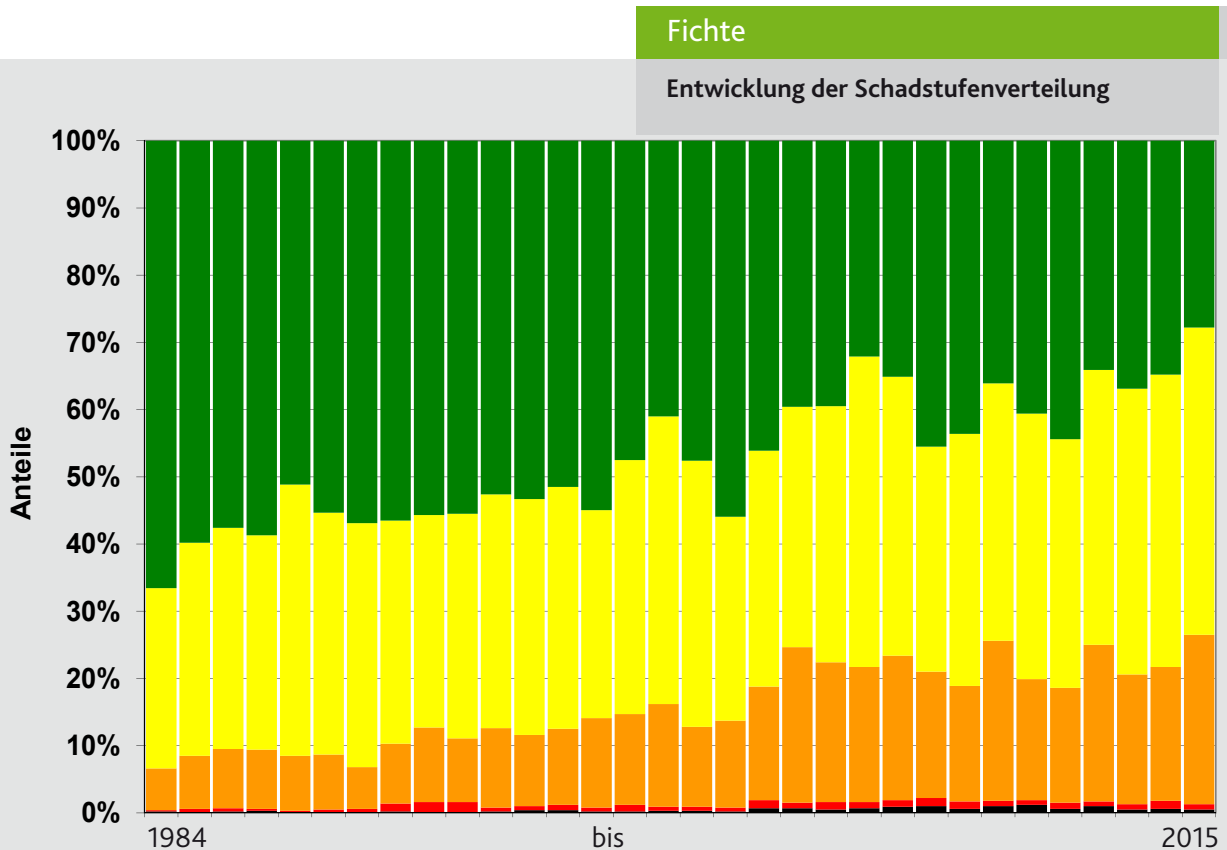
Insektenfraß war in vielen Laubbaumbeständen zu beobachten, blieb aber im Allgemeinen unter der kritischen Schwelle, ab der ein Einfluss auf den Kronenzustand zu erwarten ist. Der Minier-

und Reifefraß durch Springrüssler an Buche und vereinzelt auch Eiche war an den WZE-Stichprobenbäumen etwas häufiger als im Vorjahr verbreitet, aber nur lokal begrenzt von Bedeutung. Pilzbefall der Nadeln oder Blätter ist in 2015 an den Probestämmen der Waldzustandserhebung nicht beobachtet worden.

### Fichte

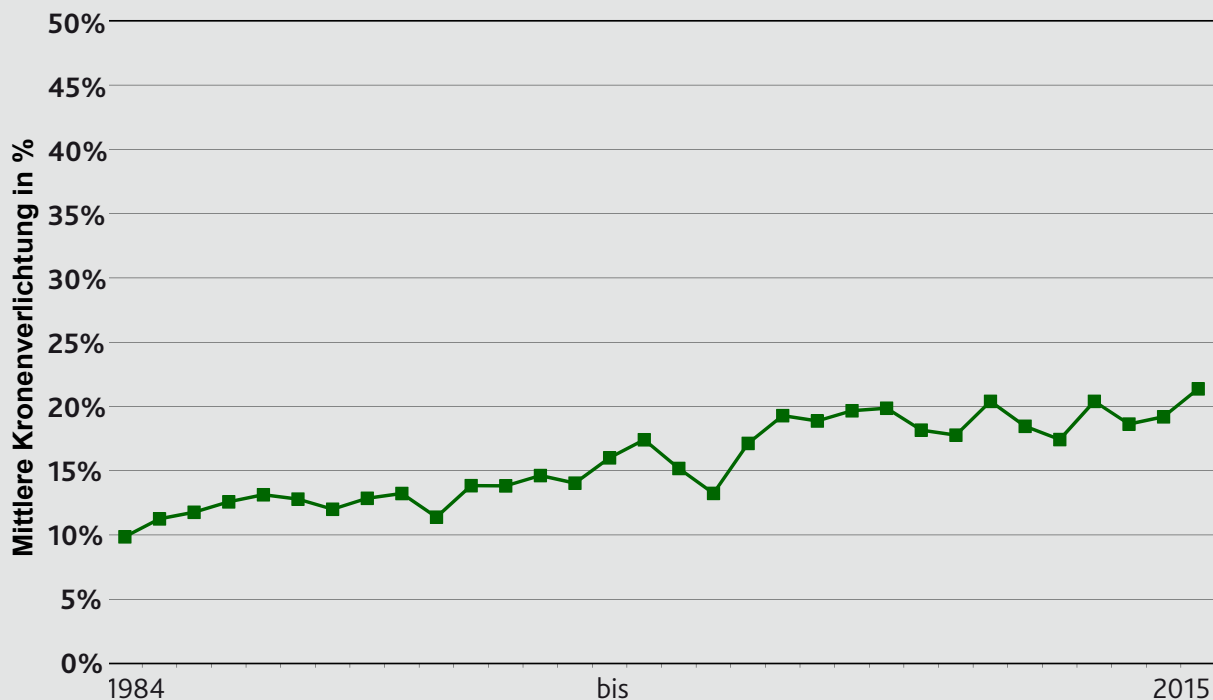
Das Niveau der Kronenschäden ist bei Fichte gegenüber dem Vorjahr angestiegen. Der Anteil der deutlich geschädigten Probestämme ist um 4 Prozentpunkte höher, der Anteil der Probestämme ohne sichtbare Schadmerkmale um 7 Prozentpunkte zurückgegangen. Die mittlere Kronenverlichtung liegt um 2,2 Prozentpunkte über dem Wert des Vorjahres. Diese Veränderungen sind signifikant. Eine eindeutig zuzuordnende Ursache für diesen Schadanstieg ist nicht erkennbar.

In 2015 war bei Fichten Fruchtanhang an etwa einem Drittel aller Probestämme zu beobachten.



## Fichte

### Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



Für die Fichte zeigte sich im Laufe der Zeitreihe, dass stärkerer Fruchtanhang tendenziell zu einem Anstieg der Kronenverlichtung führt. Bei den über 60-jährigen Fichten ohne Fruchtanhang ist die mittlere Kronenverlichtung um 1,3 Prozentpunkte gegenüber dem Vorjahr angestiegen, bei denen mit Fruchtanhang dagegen um 2,8 Prozentpunkte. Diese Tendenz ist statistisch aber nicht gesichert.

Die Fichten leiden stärker als die meisten anderen Baumarten unter Schadereignissen, besonders Sturmwurf oder Borkenkäferbefall, die zu einem ungeplanten, vorzeitigen Ausfall der Bäume führen. In 2015 war von insgesamt 53 ausgeschiedenen Fichten-Probepflanzen bei 24 Stück Insektenbefall die Ursache, bei weiteren 12 Sturmwurf. Mit dabei ist ein kompletter Aufnahmepunkt mit 23 Fichten, der in Folge fortgeschrittenen Borkenkäferbefalls vollständig genutzt wurde. Die Ausscheiderate der Fichte liegt im Berichtsjahr bei 5,1 % der Baumzahl und ist in der Zeitreihe durchgehend über dem Durchschnitt aller anderen Baumarten.

Nadelvergilbungen waren bis in die 80er Jahre besonders in den Höhenlagen der Mittelgebirge ein weit verbreitetes Phänomen bei Fichte. Seit Mitte der 90er Jahre ist die Vergilbung jedoch stark zurückgegangen. In 2015 war an keiner Fichte nennenswerte Vergilbung zu sehen.

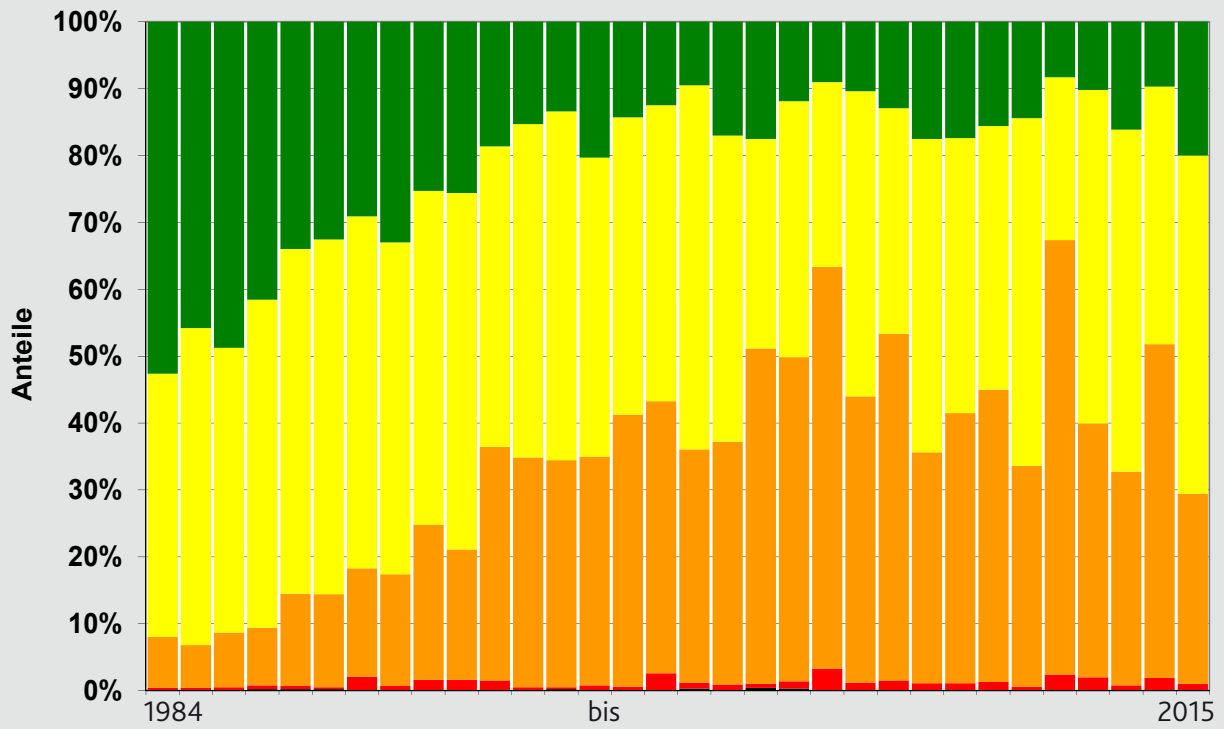
### Buche

Der Kronenzustand der Buchen hat sich gegenüber dem Vorjahr merklich verbessert. Der Anteil der deutlichen Schäden ist um 23 Prozentpunkte zurückgegangen und der Anteil an Probepflanzen ohne sichtbare Schadmerkmale ist um 10 Prozentpunkte angestiegen. Die mittlere Kronenverlichtung liegt um 7,1 Prozentpunkte unter dem Vorjahreswert; dieser Rückgang ist signifikant. Das Schadniveau der Buche liegt damit in 2015 sogar etwas unter dem Wert des Jahres 2013.

Nach dem außergewöhnlich starken Fruchtanhang 2014 war 2015 ist so gut wie keine Fruktifika-

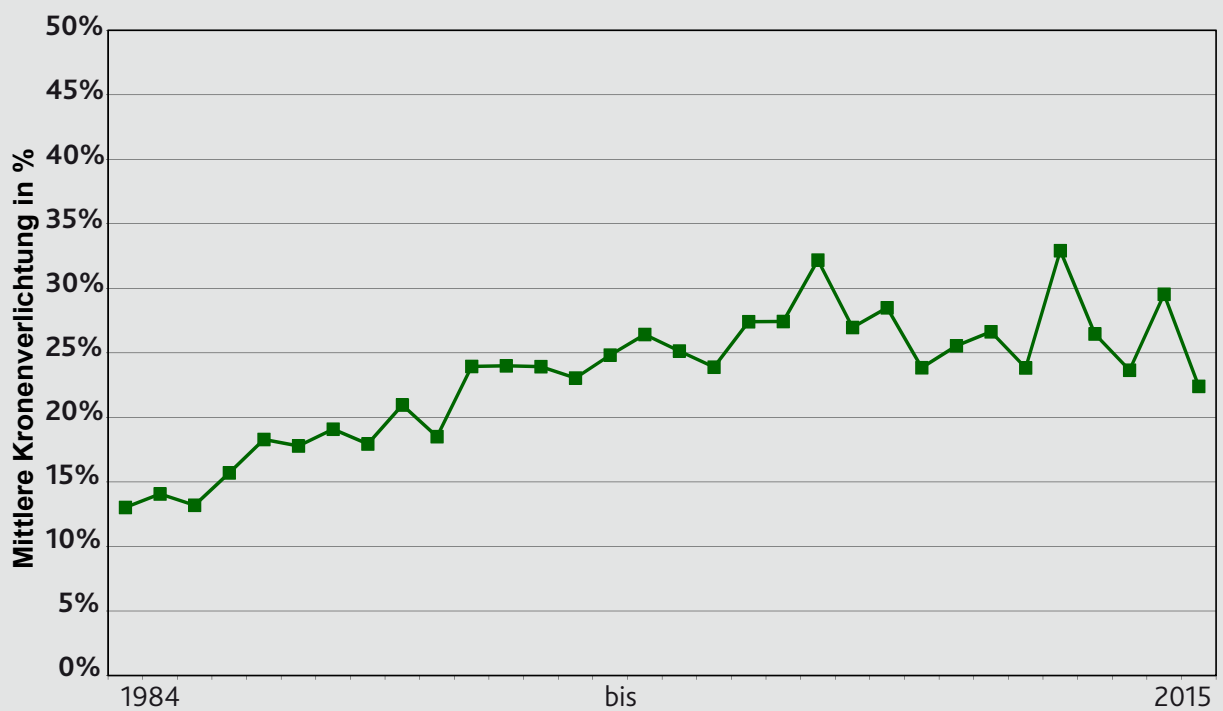
## Buche

### Entwicklung der Schadstufenverteilung



## Buche

### Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



tion zu beobachten. Für Buche ist in der langen Zeitreihe der Waldzustandserhebung der Einfluss des Fruchtanhangs auf den Kronenzustand bereits mehrfach dokumentiert. So war erwartet worden, dass die Buche in 2015 kaum Fruchtanhang ausbildet und ihren Kronenzustand wieder entsprechend verbessert. Es ist festzustellen, dass die Buche den durch den Fruchtanhang 2014 ausgelösten Schadanstieg sogar etwas mehr als ausgleichen konnte.

Schäden durch blattfressende Insekten wurden dagegen etwas häufiger als im Vorjahr beobachtet. Loch- und Minierfraß durch den Buchenspringgrüssler (*Rhynchaenus fagi*) war an rund 35 % der Probestämme aufgetreten und kleinflächig im ganzen Land verbreitet. Nur an einigen Waldorten, an 10 % der Probestämme, war stärkerer Befall festzustellen. Doch auch bei stärkerem Befall waren nur 10 % bis 20 % der Blattmasse durch Fraß verloren. Grundsätzlich führt Insektenfraß zu einer höheren Kronenverlichtung; dieser Einfluss wurde allerdings durch den Wegfall des Fruchtanhangs überprägt. Auch Buchen mit stärkerem Befall durch blattfressende Insekten konnten sich 2015 in ihrem Kronenzustand verbessern, wobei die Erholung bei diesen Bäumen allerdings nicht so ausgeprägt erfolgte, wie bei denen ohne oder mit nur geringem Insektenbefall.

Befall durch Blattpilze wie der Blattbräune (*Apiognomonia errabunda*) wurde zwar gelegentlich beobachtet, jedoch nur geringer Befall im Bereich der Schattkronen und ohne Einfluss auf den Kronenzustand.

Vergilbung war in 2015 nur an einem Probestamm in nennenswertem Umfang notiert worden. Die Außenarbeiten der Erhebung waren bereits abgeschlossen, als Ende Juli in der Oberkrone bei Buche eine beginnende Verfärbung sichtbar wurde.

Dürres Feinreisig und abgestorbene Äste im Lichtkronenbereich werden schon seit Beginn der Erhebung 1984 bei der Bewertung der Kronenverlichtung berücksichtigt und gehen anteilmäßig in die Beurteilung des Blattverlustes mit ein. Erst mit der Erweiterung der Waldzustandserhebung 2007

um leicht erkennbare Schadursachen wird auch der Umfang abgestorbener Äste und des Feinreisigs in der Lichtkrone selbst gesondert bewertet und notiert. Der Umfang des beobachteten Dürreisigs ist von 2007 bis 2011 angestiegen. In 2008 wurden bei knapp 10 % der Probestämme nennenswerte Anteile an Dürreisig notiert, in 2011 an rund 23 %, bis 2015 gingen sie auf 18 % zurück. Bei der Buche bricht das feine dürre Reisig relativ schnell aus der Oberkrone heraus, ist damit nicht mehr sichtbar und geht dann auch nicht mehr in die Ansprache der Kronenverlichtung mit ein. Es ist damit auch möglich, dass ein Baum, der aus der Unterkrone heraus regeneriert und eine Ersatzkrone gebildet hat, in seinem Kronenzustand besser eingeschätzt wird, nachdem die dürren Äste aus der Oberkrone herausgebrochen und nicht mehr sichtbar sind, ohne dass sich in der lebenden Ersatzkrone selbst etwas verändert hat. Dieses Phänomen wurde wiederholt an einzelnen, insbesondere älteren Buchen beobachtet.

Die Blätter der Buche sind gegenüber intensiver Sonneneinstrahlung und auch gegenüber Ozon empfindlich. Die stark dem Licht exponierten Blätter betreiben am intensivsten Photosynthese, altern aber auch schneller und verfärben eher als beschattete Blätter. Bei extremer Sonneneinstrahlung kann es sogar zu einer Art „Sonnenbrand“ auf der unmittelbaren Blattoberfläche kommen. Über die Spaltöffnungen in das Blatt eindringendes Ozon führt ab einem gewissen Schwellenwert zunächst zu einem Rückgang der Photosynthese, dann zu Schäden im Blattgewebe. Äußerlich sichtbar ist nur eine Verfärbung der Blätter, ein Gelbstich oder bronzefarbene Flecken auf der besonnten Blattoberfläche. Diese Verfärbungen können aber nicht nur durch intensive Sonneneinstrahlung oder Ozon verursacht werden, sondern auch andere Ursachen haben. Für eine genaue Bestimmung der Schadursache sind aufwendige Laboranalysen erforderlich. Häufig tritt die Belastung durch hohe Strahlungsintensität in Kombination mit höheren Ozonwerten auf, so auch im Sommer 2015. Immer wieder werden in solchen Jahren an sonnenexponierten Rändern von Waldwegen oder Lichtungen Verfärbungen an Buchenblättern beobachtet, die auf Stress durch intensive Sonnen-



einstrahlung oder Ozonbelastung hinweisen. In der Oberkrone der Probebäume der Waldzustandserhebung sind diese Symptome aber selbst mit dem Fernglas nicht zu erkennen; nur eine von sattgrünen Blättern abweichende Blattfarbe ist sichtbar. Eine Quantifizierung ist im Rahmen der WZE nicht möglich. Nähere Informationen zu Ozon, seiner Wirkung auf Waldbäume und Ansätze zur Abschätzung der Belastung sind im Kapitel „Ozonbelastung rheinland-pfälzischer und saarländischer Waldökosysteme“ zu finden.

### Eiche

Der Kronenzustand der Eichen hat sich in 2015 verschlechtert. Der Anteil deutlich geschädigter Probebäume ist um 12 Prozentpunkte gegenüber dem Vorjahr angestiegen und der Anteil der Eichen ohne sichtbare Schadmerkmale ist um 14 Prozentpunkte geringer geworden. Die mittlere Kronen-

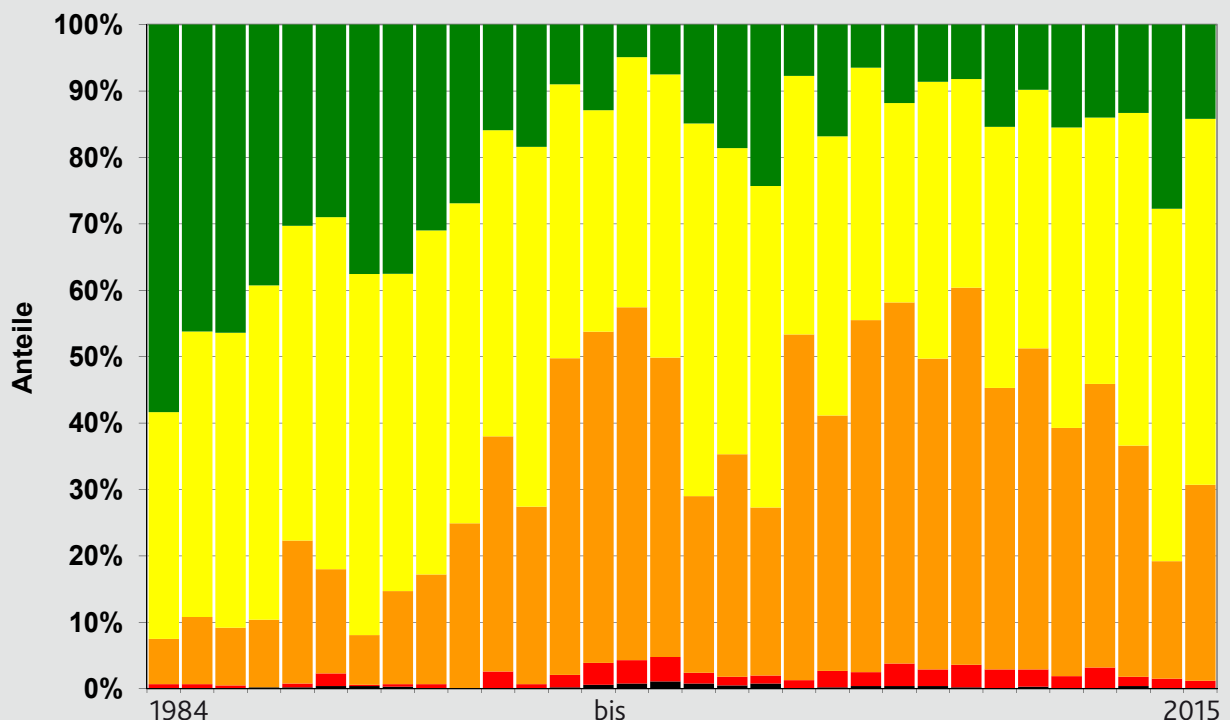
verlichtung ist um 3,8 Prozentpunkte höher als im Vorjahr. Eine eindeutig zuzuordnende Ursache für diesen Schadanstieg ist nicht erkennbar. Trotz der signifikanten Verschlechterung bleibt das Schadniveau unter dem Wert von 2013 und der seit 2008 zu beobachtende Trend eines Rückganges der Kronenschäden bei Eiche kann als ungebrochen angesehen werden.

In 2015 wurde an 5,5 % der Probebäume Fruchtanhang beobachtet. Das Ausmaß ist bei der Eiche zum Zeitpunkt der Waldzustandserhebung wegen der dann noch sehr kleinen Früchte aber nur unzureichend abschätzbar, sodass der Fruchtanhang meist unterschätzt wird und keine Aussage zum Einfluss auf den Kronenzustand abgeleitet werden kann.

Die Eichen erleiden regelmäßig mehr oder minder starke Schäden durch blattfressende Insekten. Häufig wird der Wiederaustrieb nach Laubfraß

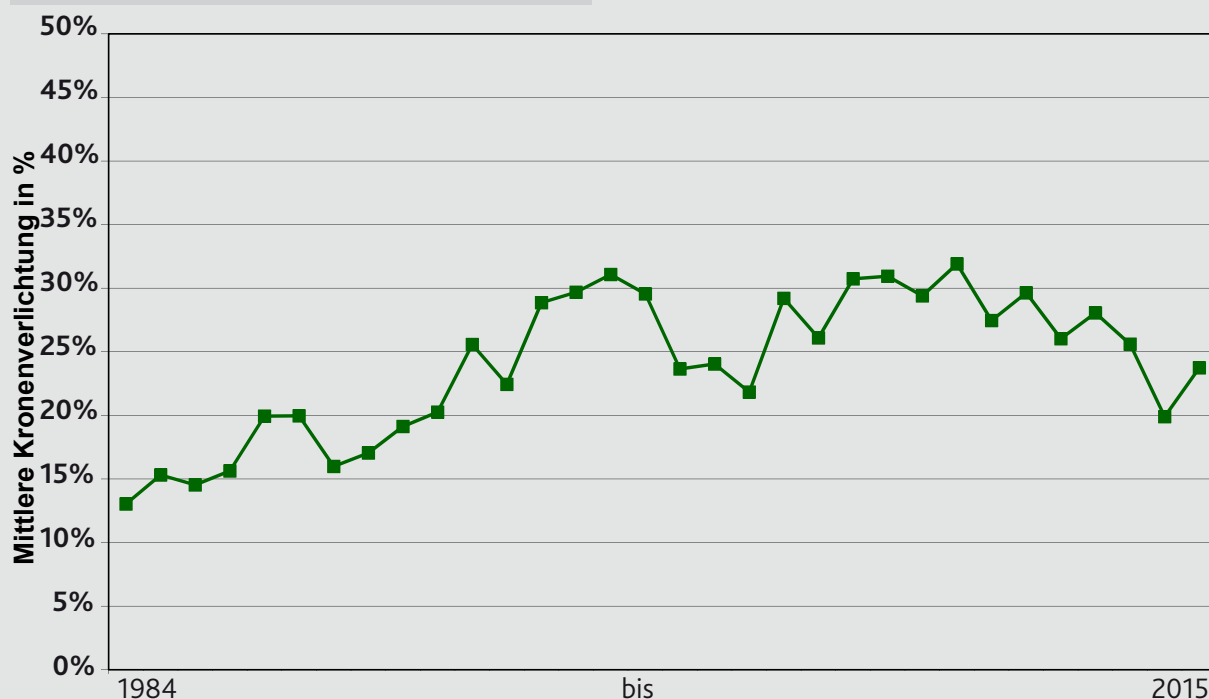
### Eiche

#### Entwicklung der Schadstufenverteilung



## Eiche

### Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



durch den Eichenmehltau (*Microsphaera alphitoides*), einen Anfang des vorigen Jahrhunderts aus Nordamerika nach Europa eingeschleppten Blattpilz, befallen. In 2015 wurden an 29 % der Probebäume (Vorjahr 18 %) Fraßschäden beobachtet. Allerdings war der Fraß überwiegend gering, nur an 4,5 % der Eichen war ein stärkeres Ausmaß festzustellen. Befall durch den Mehltapilz wurde in 2015 nicht beobachtet. Insektenfraß hat sich als ein bedeutsamer Einflussfaktor auf die Entwicklung des Kronenzustandes bei Eiche erwiesen. So zeigen die befallenen Eichen einen deutlicheren Anstieg der Kronenverlichtung als die ohne Fraßschäden.

An einigen Eichen werden immer wieder ins gelbliche gehende Verfärbungen der Blätter oder hellgrüne bis gelbe Partien zwischen den Blattrippen beobachtet. Eine deutliche Blattvergilbung wurde 2015 aber nur an einer Eiche notiert.

### Kiefer

Bei der Kiefer hat sich der Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr nicht wesentlich verändert. Zwar stieg der Anteil an Probebäumen mit deutlichen

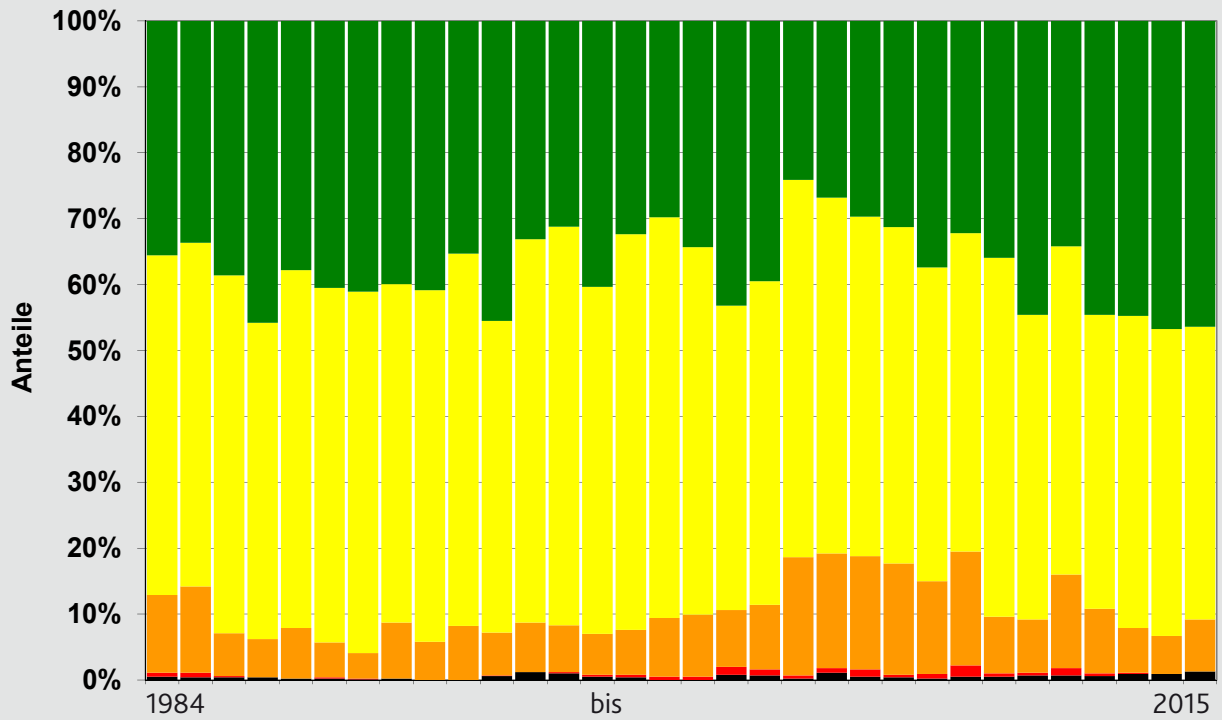
Schäden um 2 Prozentpunkte und die mittlere Kronenverlichtung um 0,5 Prozentpunkte an, diese Veränderung ist aber nicht signifikant. Die Kiefer hat weiterhin ein vergleichsweise geringes Schadenniveau. Mit nur 3 Nadeljahrgängen reagiert sie vergleichsweise flexibel mit variierender Benaudelungsdichte. So zeigt sich in der Zeitreihe ein Auf und Ab des Schadenniveaus ohne gerichteten Trend.

Die Kiefern zeigen regelmäßigen und reichlichen Fruchtanhang; dieser hat jedoch keinen erkennbaren Einfluss auf den Kronenzustand.

Bei 5 % der Kiefern war Reifefraß durch 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 15 % der Probebäume 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

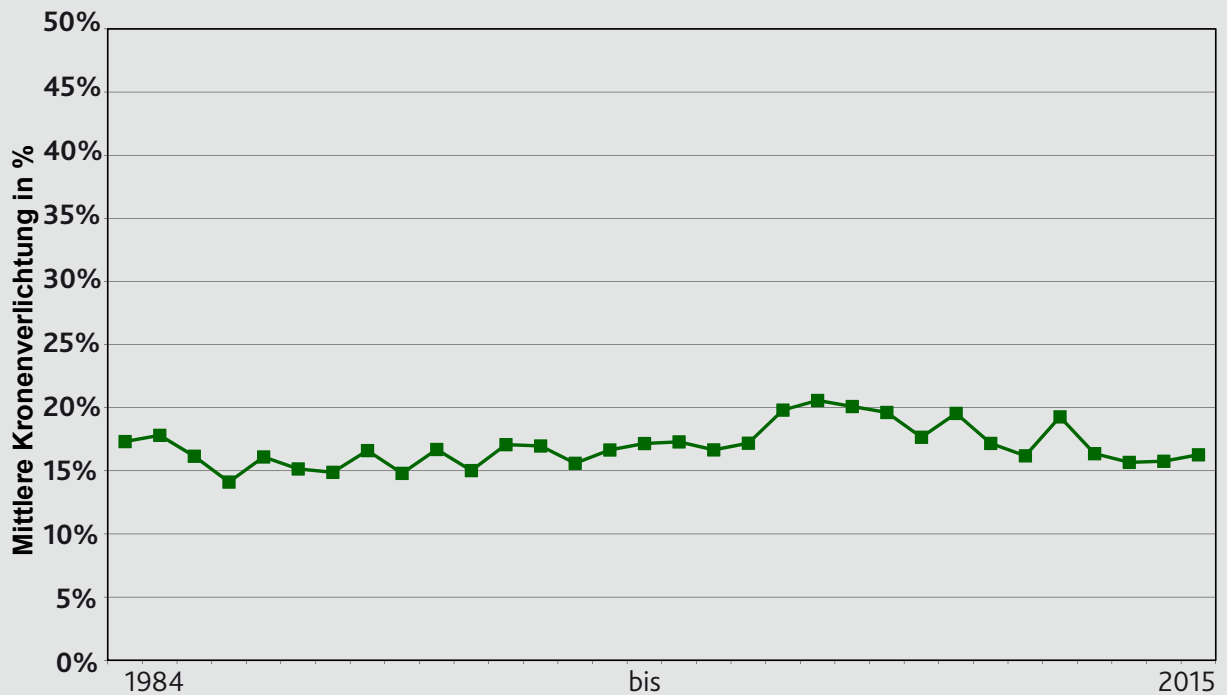
## Kiefer

### Entwicklung der Schadstufenverteilung



## Kiefer

### Entwicklung der mittleren Kronverlichtung



eine Belastung, da sie die Kiefernadeln verdrängt und 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 war in 2015 an drei Probebäumen in einem nennenswerten Umfang notiert worden. Bei heiß-trockener Witterung neigt die Kiefer dazu, ihren dritten Nadeljahrgang vorzeitig zu schütten, wobei sich die Nadeln zuvor gelb verfärben und dann abfallen. Dieses Phänomen wurde auf trockenen Standorten von Ende Juli an beobachtet, blieb aber in der Zeit der Außenarbeiten der Erhebung auf einzelne Kiefern beschränkt.

Die Kiefern zeigen regelmäßigen und reichlichen Fruchtanhang, dieser hat jedoch keinen erkennbaren Einfluss auf den Kronenzustand.

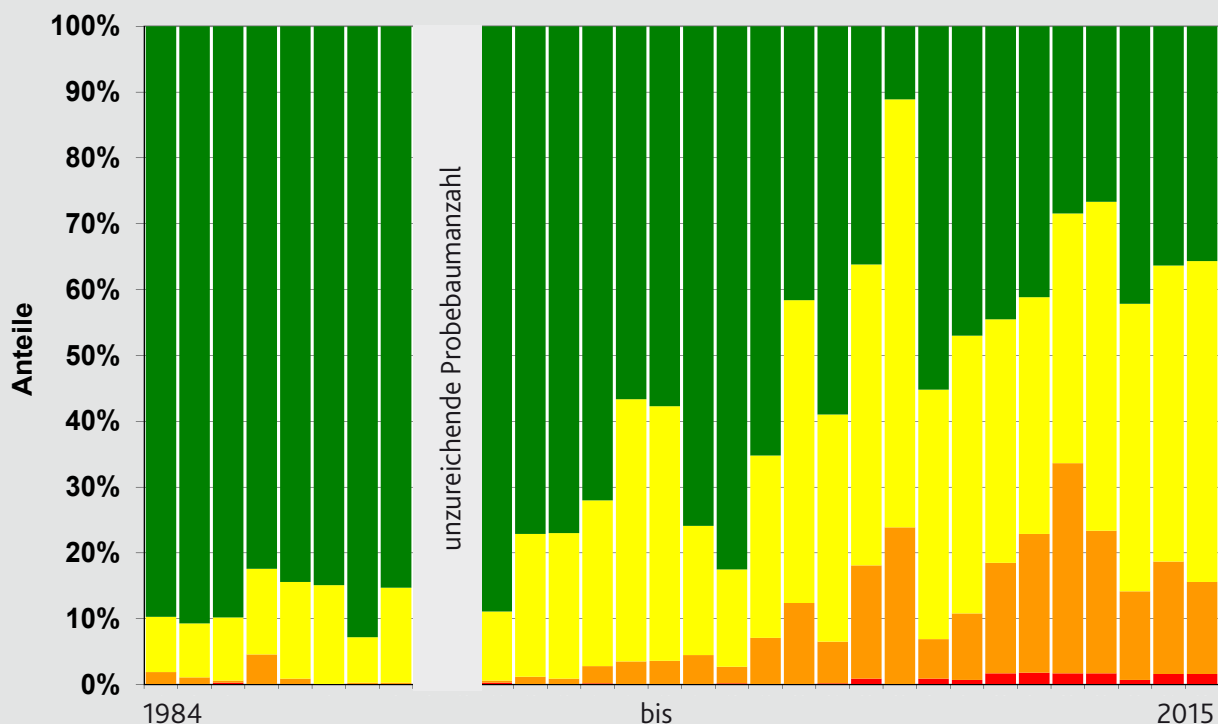
## Douglasie

Bei der Douglasie hat sich der Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr nicht wesentlich verändert. Der Anteil deutlich geschädigter Probebäume ist um 3 Prozentpunkte zurückgegangen, die mittlere Kronenverlichtung aber um 0,1 Prozentpunkte höher als im Vorjahr; diese Veränderung ist nicht signifikant.

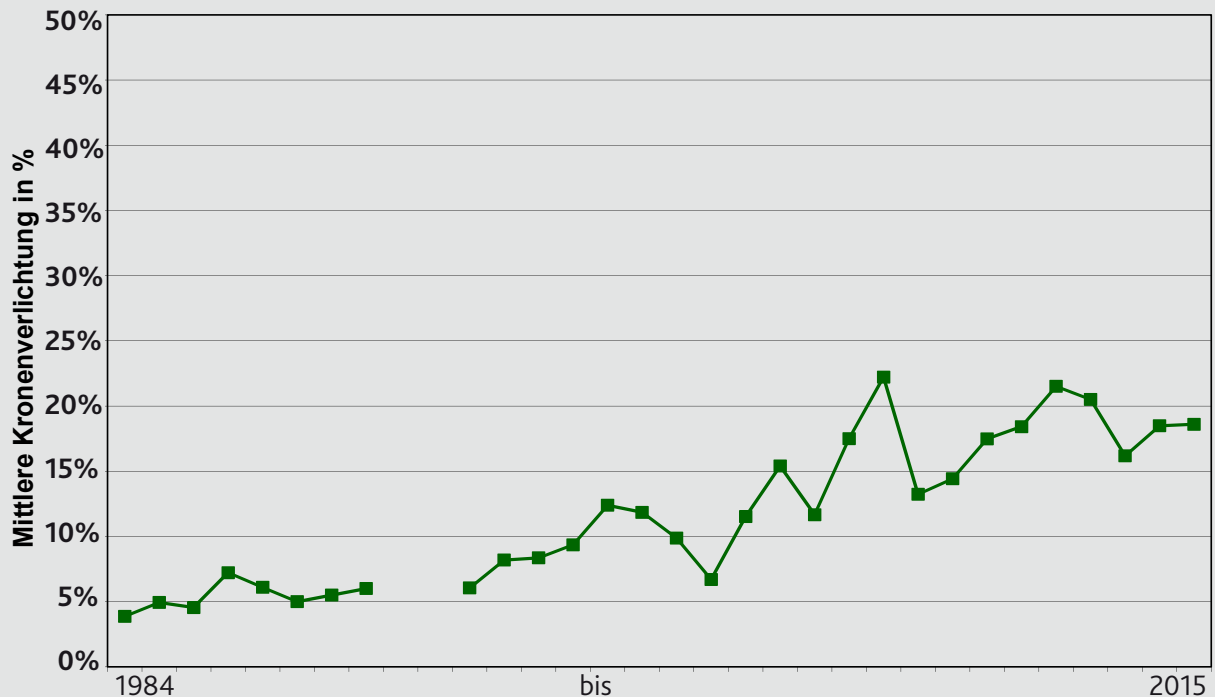
In 2015 war bei Douglasien Fruchtanhang an knapp einem Viertel der Probebäume und damit seltener als im Vorjahr zu beobachten. Befall der Douglasie durch die Rußige Douglasienschütte (*Phaeocryptopus gaeumannii*) wurde in 2015 an nur drei WZE-Probepflanzen notiert. Der Pilz ist jedoch nach wie vor gegenwärtig und Schüttesymptome sind landesweit in verschiedenen Waldorten zu erkennen. Schäden durch Insektenbefall oder andere Schäden wurden nicht

## Douglasie

### Entwicklung der Schadstufenverteilung







festgestellt. Bei den Douglasien brechen bei Sturmereignissen in erheblichem Umfang Zweige aus der Oberkrone aus. Die Baumkronen erhalten so ein typisch zerzaustes Aussehen.

Vergilbung ist bei Douglasie ohne Bedeutung; in 2015 wurden an keinem Probestaum Vergilbungen beobachtet.

### Andere Baumarten

In unseren Wäldern finden sich neben den bereits genannten noch eine Vielzahl anderer Baumarten. Die Waldzustandserhebung erfasst mit dem Kollektiv der Unterstichprobe insgesamt 30 verschiedene Baumarten. Einige werden nur mit einzelnen Exemplaren, andere aber auch mit mehr als 100 Probestäumen 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 meist nicht signifikant. Auch die Unterschiede

zwischen den Kollektiven der Unter- und Vollstichprobe sind von höherem Gewicht; im Vergleich werden daher die Veränderungen gleicher Stichprobenkollektive besonders betrachtet. Naturgemäß entwickeln sich die in der Gruppe der „Nebenbaumarten“ vertretenen Baumarten in ihrem Kronenzustand unterschiedlich.

In 2015 ist das Schadniveau der Nebenbaumarten insgesamt angestiegen. Der Anteil der deutlich geschädigten Probestämme ist um 6 Prozentpunkte höher, der Anteil an Probestäumen ohne sichtbare Schadmerkmale um 1 Prozentpunkt

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>

## Häufigste Nebenbaumarten

### Entwicklung der Schadstufenverteilung

Baumart (bzw. Gattung)	Jahr	Anzahl an Probebäumen	Anteile der Schadstufen (in %)			mittlere Kronenverlichtung
			0	1	2-4	
<b>Lärche</b>	<b>2015</b>	<b>146</b>	<b>10</b>	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>26,9</b>
Lärche	2014	150	18	58	24	21,9
Lärche	2013	355	34	52	14	18,0
Lärche	2004	357	20	49	31	24,3
Lärche	1994	357	50	35	15	15,8
Lärche	1984	349	75	21	4	7,7
<b>Hainbuche</b>	<b>2015</b>	<b>107</b>	<b>35</b>	<b>55</b>	<b>10</b>	<b>17,0</b>
Hainbuche	2014	108	32	50	18	19,4
Hainbuche	2013	328	37	54	9	16,9
Hainbuche	2004	291	13	31	56	30,4
Hainbuche	1994	241	37	49	14	17,8
Hainbuche	1984	224	63	29	8	11,9
<b>Esche</b>	<b>2015</b>	<b>132</b>	<b>7</b>	<b>43</b>	<b>50</b>	<b>32,0</b>
Esche	2014	131	31	47	22	19,9
Esche	2013	198	24	51	25	20,5
Esche	2004	152	26	54	20	21,1
Esche	1994	103	63	31	6	12,2
Esche	1984	96	92	7	1	4,6
<b>Andere Laubbaum- arten</b>	<b>2015</b>	<b>286</b>	<b>47</b>	<b>38</b>	<b>15</b>	<b>16,4</b>
	2014	284	35	52	13	17,8
	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

geringer als im Vorjahr. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 1,9 Prozentpunkte angestiegen. Ein Anstieg des Schadniveaus ist vor allem bei Esche und Lärche zu beobachten, auch die Tanne hat sich tendenziell verschlechtert. Ein geringeres Schadniveau als im Vorjahr zeigt sich bei Hainbuche, Erle und Ahorn; bei Birke ist das Schadniveau unverändert. Die Verschlechterung bei Esche und Lärche, aber auch die Verbesserung bei Hainbuche ist statistisch signifikant.

Der Kronenzustand der Nebenbaumarten wird durch biotische Schaderreger mit beeinflusst. So leidet die Esche mittlerweile landesweit unter dem Eschentriebsterben, die infolge der Erkrankung abgestorbenen Triebe oder Blätter gehen in die Bewertung der Kronenverlichtung mit ein. An

rund 45 % aller Eschen (im Vorjahr 17 %) wurden Symptome des Eschentriebsterbens notiert. Das Eschentriebsterben tritt mittlerweile in allen Landesteilen und in allen Altersklassen auf. Dieser Infektionsschub ist für den Anstieg des Schadniveaus bei Esche wesentlich.

Viele Laubbaumarten leiden periodisch unter Schäden von blattfressenden Insekten. In 2015 war nur die Hainbuche betroffen. An 39 % der Probepflanzen war Fraß festgestellt worden, gelegentlich auch im stärkeren Umfang. Die Hainbuche wächst oft in Mischung mit Buche oder Eiche und leidet unter denselben Fraßgesellschaften wie diese. Trotz der Fraßschäden konnte sich die Hainbuche aber in ihrem Kronenzustand verbessern.

## Einfluss ausgeschiedener und ersetzter Probebäume

Von den markierten Stichprobenbäumen scheiden jedes Jahr einige aus dem Beobachtungskollektiv aus. Die Waldteile, in denen die Aufnahmepunkte der WZE 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 WZE den aktuellen Zustand des Waldes widerspiegelt.

Im Jahr 2015 sind insgesamt 112 Probebäume ausgeschieden, von denen 64 ersetzt werden konnten. Zwei Aufnahmepunkte mit 48 Probebäumen schieden ohne Ersatz aus. Neue Probebäume können hier erst ausgewählt werden, sobald auf der Fläche eine gesicherte Waldverjüngung nachgewachsen ist. Bis dahin ruht die Aufnahme an diesen Punkten. Von den im Jahr 1984 ausgewählten Probebäumen sind noch 1516 im Kollektiv der Unterstichprobe erhalten. Das sind 39,2 % des ursprünglichen Gesamtkollektivs der Unterstichprobe.

Die Aufnahmepunkte liegen fast alle im regulär bewirtschafteten Wald. Der überwiegende Teil (89 %) der ausgeschiedenen Probebäume wurde daher für die Holznutzung aufgearbeitet. Der andere Teil ist zwar noch am Aufnahmepunkt vorhanden, die Bäume können aber nicht mehr in ihrem Kronenzustand bewertet werden, da der Probebaum nicht mehr am Kronendach des Bestandes beteiligt ist. Stehende abgestorbene Probebäume verbleiben mit 100 % Nadel-/Blatt-

verlust als bewertbare Probebäume im Aufnahmekollektiv, bis das feine Reisig aus der Krone herausgebrochen ist. Danach werden sie aus dem Probebaumkollektiv entfernt. In 2015 wurden 6 Probebäume aus diesem Grund ersetzt. Insgesamt wurden 16 abgestorbene Probebäume im Kollektiv vermerkt, davon waren 12 bereits beim letzten Erhebungstermin 2014 tot. Im Jahr 2015 selbst waren 6 Probebäume frisch abgestorben, wovon 2 jedoch direkt ersetzt wurden.

Über die gesamte Zeitreihe hinweg hat sich gezeigt, dass unter den Ersatzbäumen der Anteil deutlich geschädigter Bäume ähnlich hoch ist wie unter ihren Vorgängerbäumen zum letzten Bonitieringstermin. 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 2014 auf 2015 liegt mit 2,9 % des Kollektivs der Unterstichprobe etwas über der im Laufe der Zeitreihe beobachteten durchschnittlichen jährlichen Ausscheiderate von 2,5 %. Auch auf 2015 wurden dabei rund ein Drittel der genutzten Probebäume zwangsweise vorzeitig wegen Sturmwurf oder Insektenschäden geerntet.

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>

## Regionale Verteilung und Regionalisierung der Waldzustandsbefunde

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

Punkt förmig vorliegende Informationen, wie die Daten der Waldzustandserhebung, können über eine Regionalisierung in eine flächenhafte Information transformiert werden. Hierfür ist es erforderlich, die an den Aufnahmepunkten vorliegende Information zur Kronenverlichtung über multiple Regressionen mit flächig für das Land vorhandenen Daten oder über geostatistische Interpolationsverfahren zu modellieren. Entscheidend für den Erfolg und die Zuverlässigkeit der Ergebnisse ist, dass Zusammenhänge zwischen der Kronenverlichtung und den flächig vorliegenden Informationen bestehen, bzw. dass eine räumliche Abhängigkeit der Kronenverlichtung in sich besteht. Als Haupteinflussfaktoren haben sich das Alter und die Baumart bestätigt, die aber nicht voll flächendeckend, sondern nur für den von der Forstplanung erfassten öffentlichen Wald (Wald im Besitz des Landes oder der Kommunen) vorliegen. Weitere flächig vorliegende Informationen zu Relief, Höhenlage, Boden, Klima und Witterung tragen nur zu einem geringen Anteil zur Erklärung der Varianz der Kronenverlichtung bei. Andere wichtige bekannte Einflussfaktoren auf den Kronenzustand, wie Fruchtanhang, Insektenfraß, Pilzbefall oder die Luftschadstoffbelastung im Beurteilungsjahr, liegen nicht als flächendeckende Information vor und können daher nicht einbe-

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>

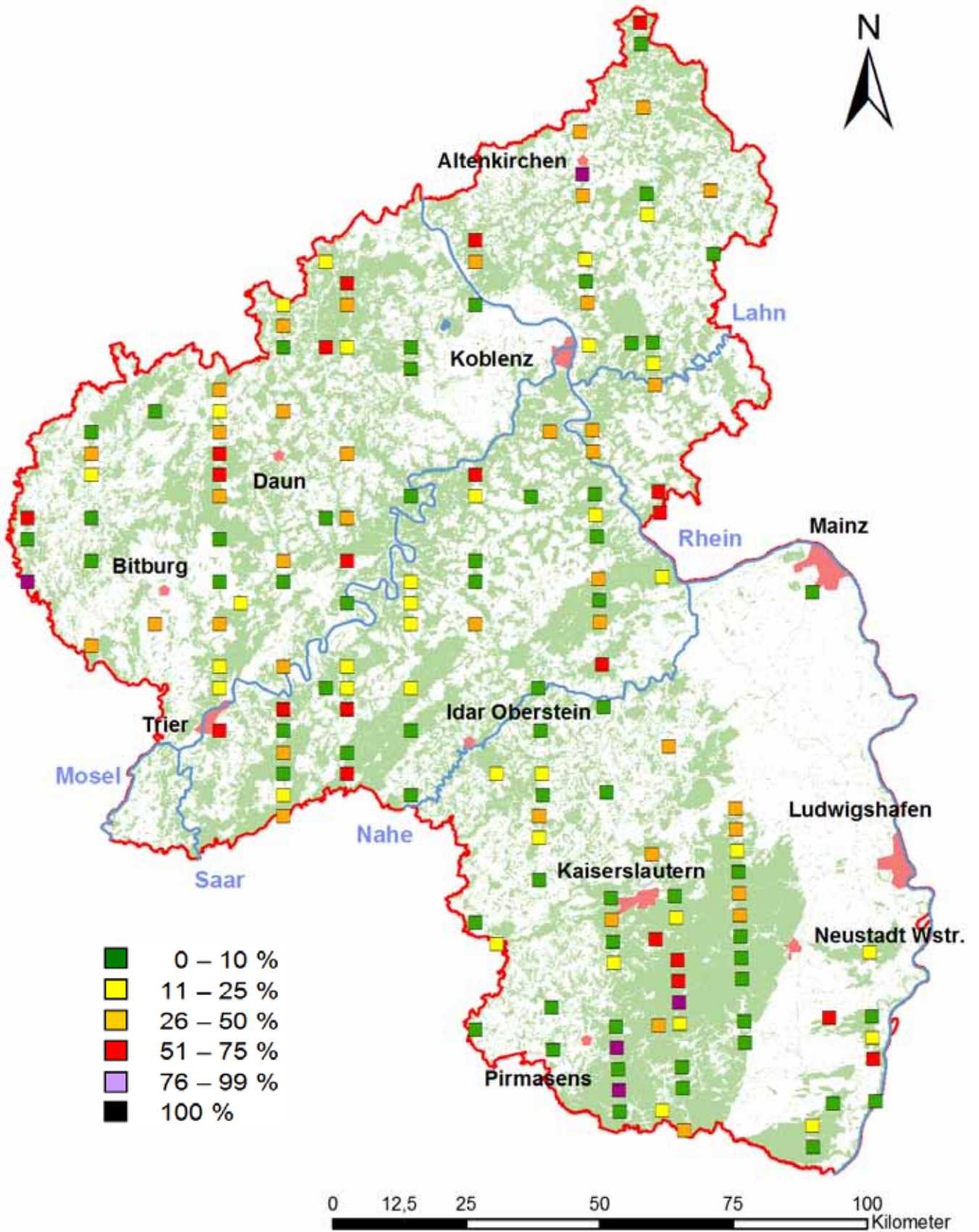
zogen werden. Die Modellierung kann die Varianz der Kronenverlichtung nicht vollständig erklären. Es liegt keine parzellenscharfe Abgrenzung nach den Waldorten zugrunde, sondern eine Zusammenfassung auf 100 x 100 m Rasterzellen. Die Regionalisierung wird seit 2013 für die Hauptbaumarten Buche, Fichte, 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.

Im Folgenden ist die Regionalisierung der Kronenverlichtung des Gesamtwaldes und der Buche für 2015 und 2014 gegenübergestellt. Für den Gesamtwald (Karten Seite 26) sind auf den ersten Blick in 2015 mehr Grüntöne (vergleichsweise geringe Kronenverlichtung) und eine gleichmäßigere Verteilung der Kronenverlichtung als im Vorjahr gegeben. Entsprechend ihrer weiten Verbreitung in Rheinland-Pfalz prägt sich die Verbesserung des Kronenzustandes der Buche auch in dem Bild für den Gesamtwald durch. Im Detail wird aber deutlich, dass es in den nicht von Buche dominierten Bereichen, wie z.B. dem vergrößerten Ausschnitt aus dem Gebiet der Ahreifel, eine Verschiebung hin zu den, eine höhere Kronenverlichtung anzeigenden, Gelbtönen gibt.

Die gesonderte Betrachtung der Buche (Karten Seite 27) zeigt eine landesweit gleichgerichtete Verbesserung ihres Kronenzustandes. Im Detail wird jedoch auch sichtbar, dass durch die Regionalisierung für die Buche in einigen kleinen Bereichen auch eine höhere Kronenverlichtung modelliert wird

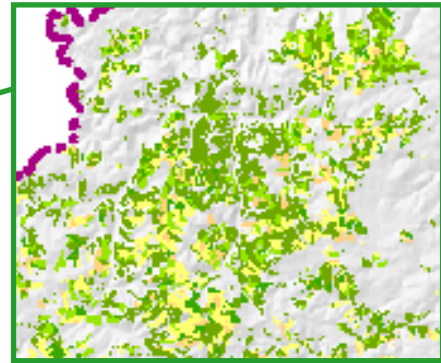
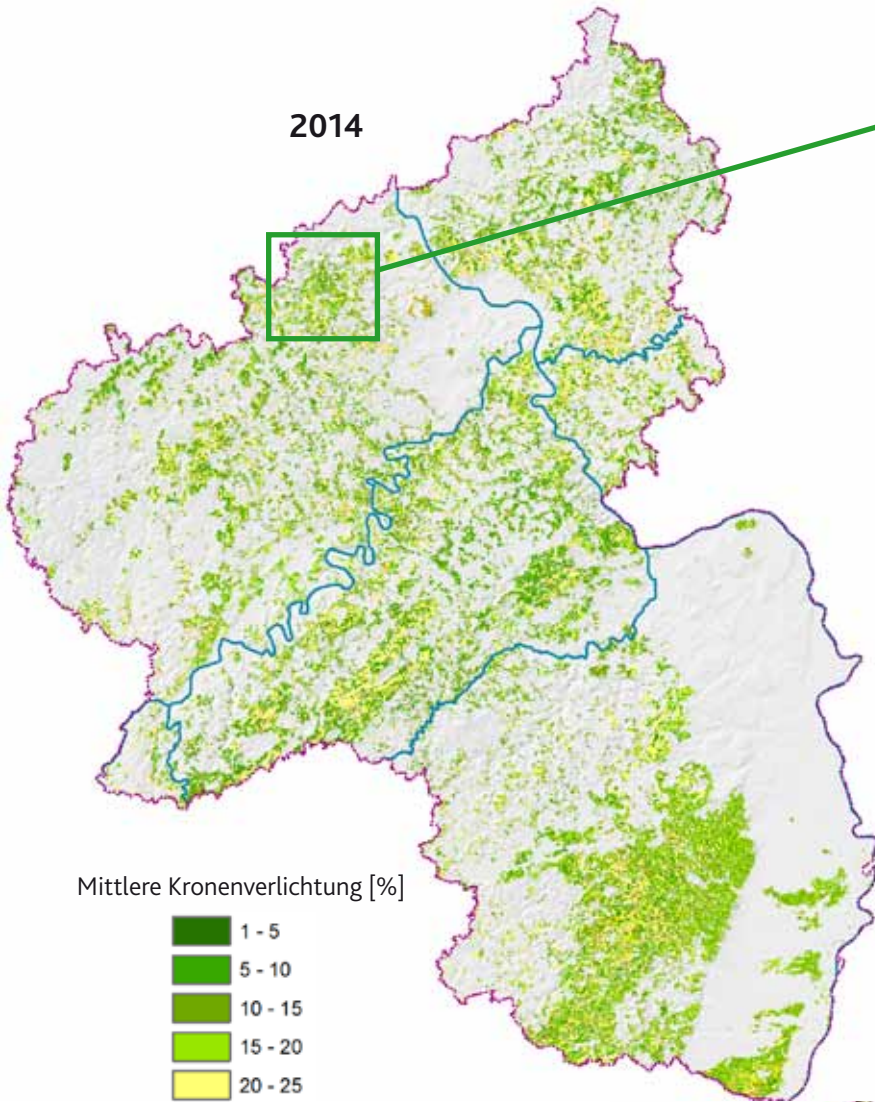


Anteil der deutlich geschädigten Probebäume am einzelnen Aufnahmepunkt 2015

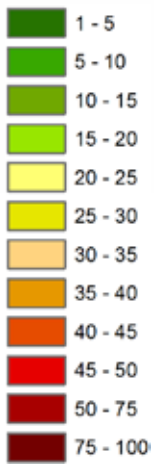




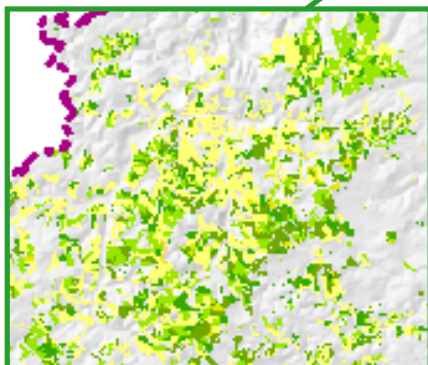
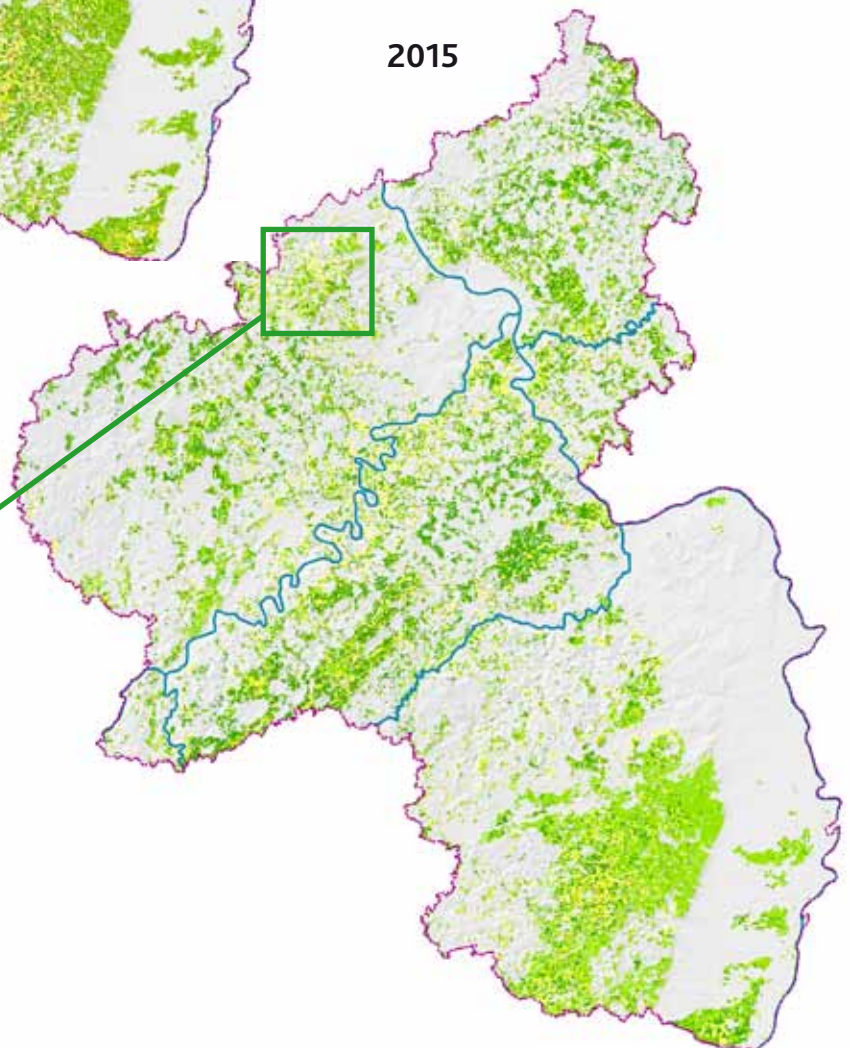
2014



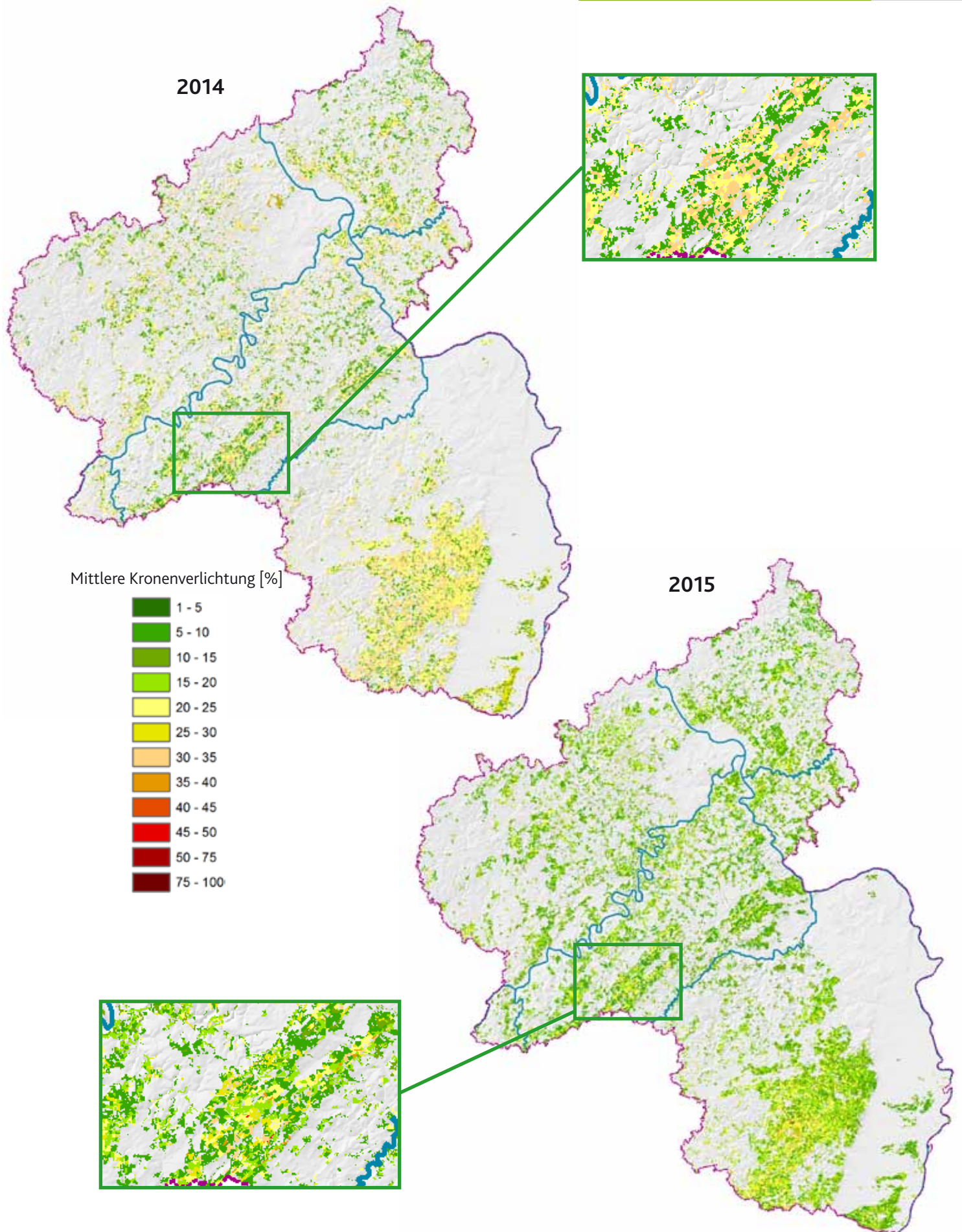
Mittlere Kronenverlichtung [%]



2015











# EINFLÜSSE AUF DEN WALDZUSTAND



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

Trotz der erheblichen Erfolge in der Luftreinhaltung, vor allem im Hinblick auf die Reduktion der Schwefel- und Schwermetallemission, sind die Belastungen unserer Waldökosysteme durch Luftverunreinigungen immer noch beträchtlich. Vor allem die Stickstoffeinträge und die Ozonbelastungen übersteigen nach wie vor die Schwellenwerte der Ökosystemverträglichkeit. Zudem liegt die Säurebelastung trotz deutlich reduzierter Schwefeleinträge noch über dem Pufferpotential vieler Waldstandorte. Bodenschutzkalkungen sind daher weiterhin notwendig, allerdings in Abhängigkeit der jeweiligen standörtlichen Voraussetzungen in deutlich reduzierter Intensität.

Auch im aktuellen Jahr ist der zunehmende Einfluss witterungsbedingter Belastungen offenkundig. Die forstliche Vegetationszeit 2015 war wie nahezu alle Vegetationsperioden in den letzten drei Jahrzehnten im Vergleich zum langjährigen Mittel (1971-2000) zu warm und auch zu trocken. Lang andauernde Trockenperioden traten - lokal sehr differenziert - im Frühjahr und im Hochsommer auf.

Trotz des trocken-warmen Sommers blieben die Schäden durch Borkenkäfer an Fichte in Grenzen. Die Buche war regional wie im Vorjahr von einer Massenvermehrung des Buchenspringgrüsslers betroffen. Bei der Esskastanie wurde für Rheinland-Pfalz erstmalig ein Befall durch die Esskastaniengallwespe bestätigt. Bei Esche bereitet das inzwischen in nahezu in allen Waldgebieten festzustellende Eschentriebsterben Sorge.

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 <http://www.wald-rlp.de/de/forschungsanstalt-fuer-waldoekologie-und-forstwirtschaft/forschungsschwerpunkte/forstliches-umweltmonitoring/konzept-des-forstlichen-umweltmonitorings.html>.

### 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 Vegetationsorgane 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.

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

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

## Entwicklung der Schadstoffemissionen in Deutschland

Schadstoffe in Kilotonnen	1980	1990	2013	Veränderungen in % 1980 - 2013
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	7514	5307	416	- 94 %
Stickoxide (NO <sub>x</sub> )	3334	2886	1268	- 62 %
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	835	792	671	- 20 %
Flüchtige organische Verbindungen (ohne Methan) (NMVOC)	3224	3113	929	- 71 %

Quelle: Umweltbundesamt (August 2015): [www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland](http://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland);  
für 1980: UNECE 2012: [www.emep.int](http://www.emep.int)

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

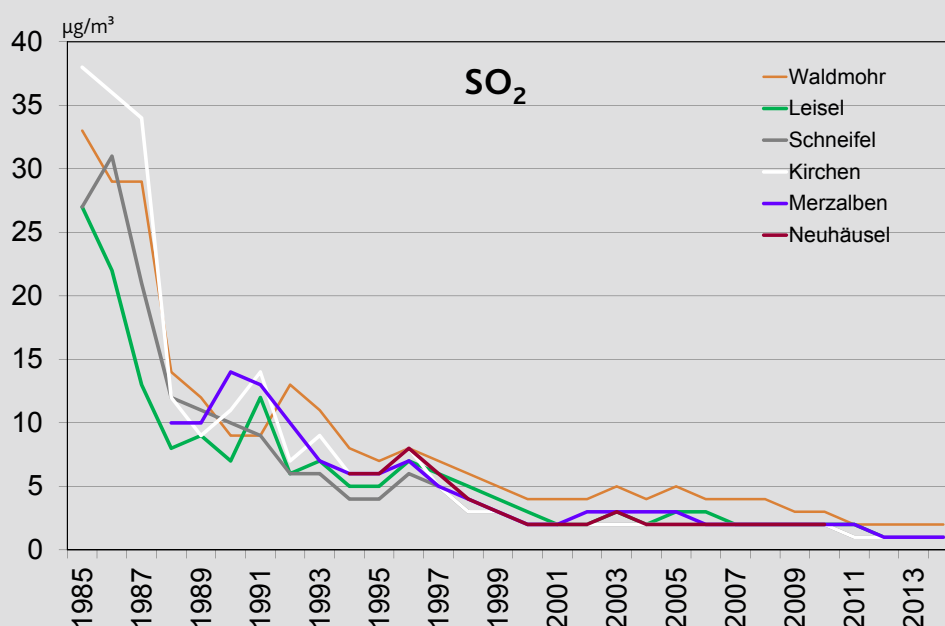
### Schwefel

Schwefelverbindungen werden insbesondere bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe in Kraftwerken, Industriefeuerungsanlagen und Heizungen freigesetzt. Ausgehend vom Jahr 1980 konnte die Schwefeldioxidemission in Deutschland bereits um 94 % reduziert werden. Dies hat sich auch in einer erheblichen Verringerung der Belastung der Waldökosysteme ausgewirkt: Mitte der 1980er Jahre lagen die Jahresmittelwerte der Schwefeldioxidkonzentrationen an den Waldstationen

des Zentralen Immissionsmessnetzes (ZIMEN) noch zwischen 25 und 40 µg/m<sup>3</sup>. Seit einigen Jahren werden dagegen nur noch Jahresmittelwerte von 1 bis 2 µg/m<sup>3</sup> ermittelt. Selbst bei austauscharmen Wetterlagen im Winter steigen die SO<sub>2</sub>-Gehalte kaum mehr über 10 µg/m<sup>3</sup> im Tagesmittel an. Der Grenzwert für den Schutz von Ökosystemen von 20 µg/m<sup>3</sup> im Kalenderjahr und im Wintermittel wird seit vielen Jahren eingehalten.

Entsprechend der merklichen Abnahme der Schwefeldioxidemission und -immission ist auch die Belastung der Waldökosysteme über den Bodenpfad deutlich zurückgegangen. Während der Schwefeleintrag in Fichtenbeständen zu Beginn der Messreihen Mitte der 1980er Jahre meist zwischen 40 und 70 kg/ha lag, gelangen aktuell meist nur noch 5 – 15 kg Schwefel auf den Waldboden.

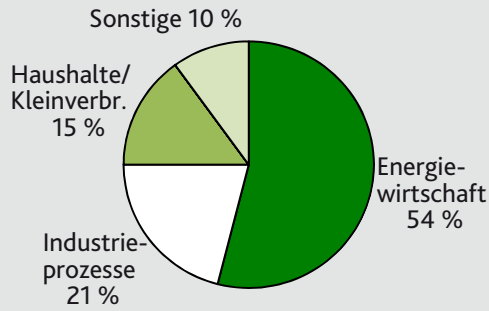
## Jahresmittelwerte der Schwefeldioxidkonzentrationen in Waldgebieten



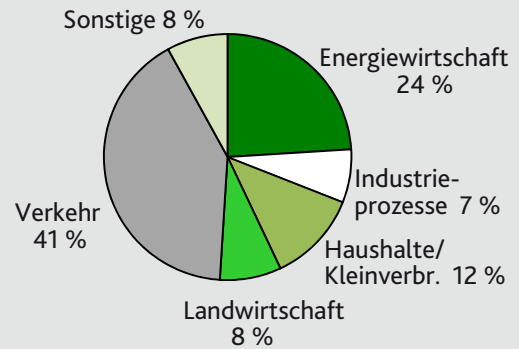


## Verteilung der Emissionsquellen wichtiger Luftschadstoffe in Deutschland

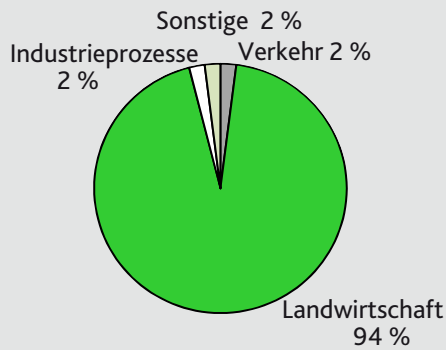
### Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)



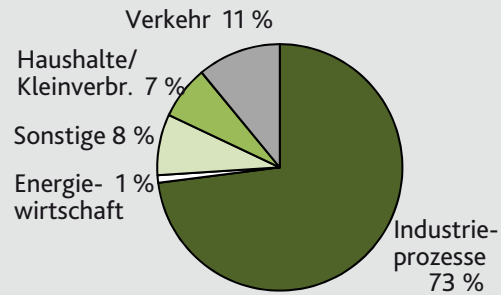
### Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>)



### Ammoniak (NH<sub>3</sub>)

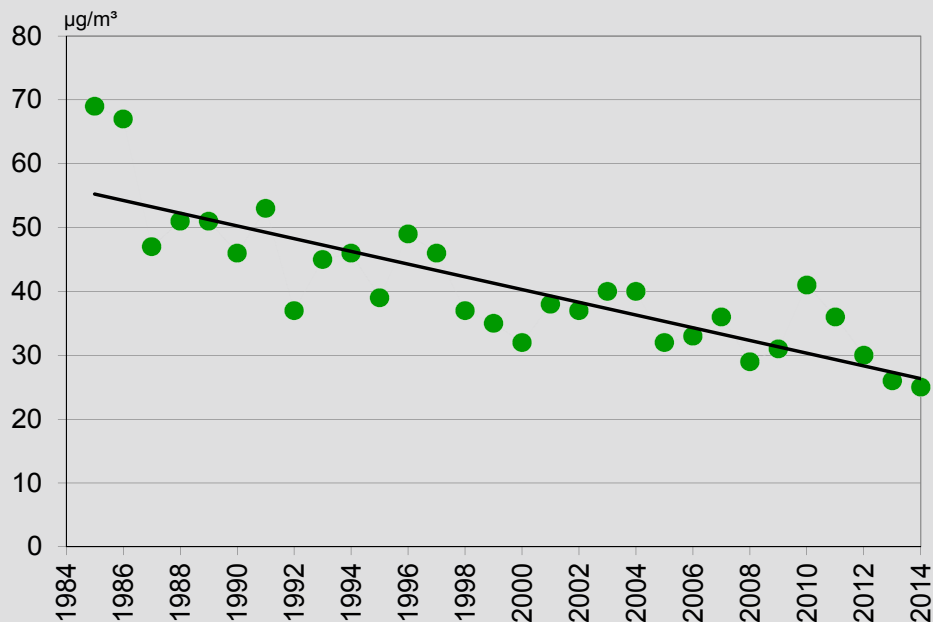


### Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC)

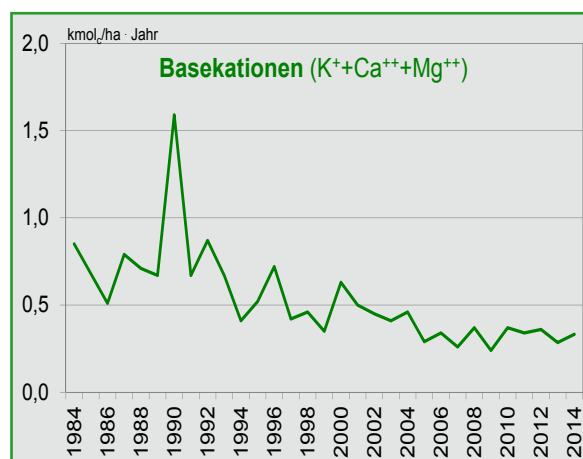
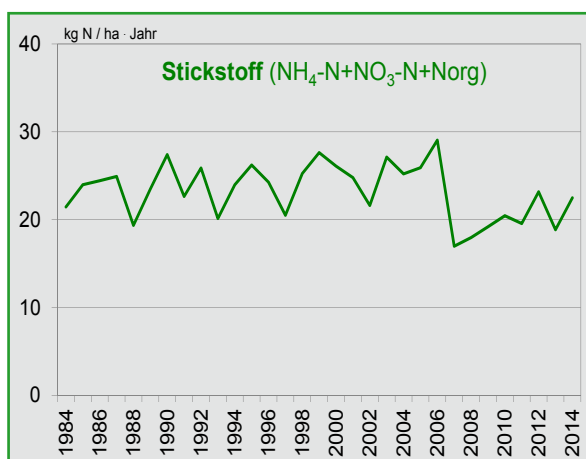
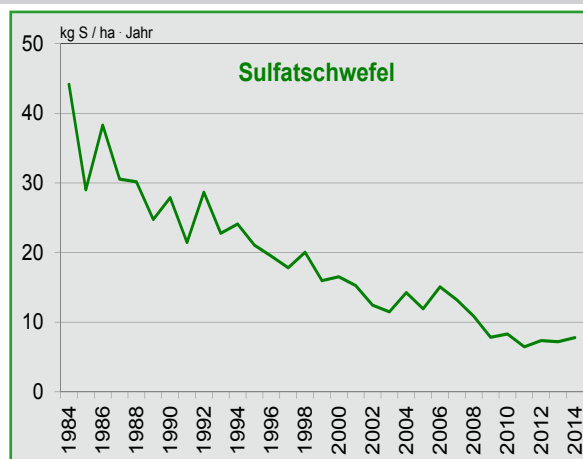
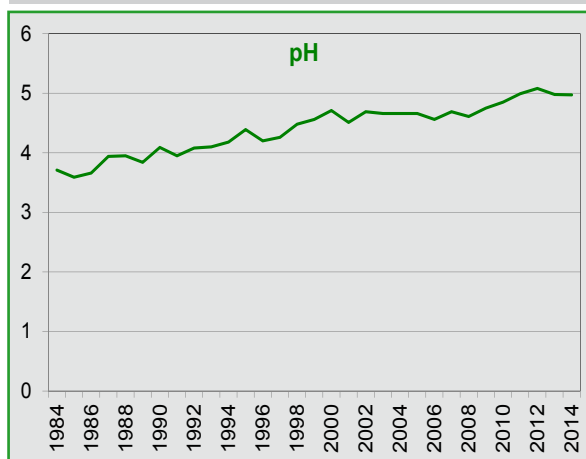


Quelle: Umweltbundesamt (2015)

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



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



### 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 stammt überwiegend aus der Tierhaltung und in geringerem Umfang auch aus der Herstellung und Anwendung stickstoffhaltiger Mineraldünger, der Rauchgasstickung und dem Kraftfahrzeugverkehr.

Die Emission der Stickoxide (NO und NO<sub>2</sub> kalkuliert als NO<sub>x</sub>) ist in Deutschland insbesondere durch den Einsatz von Katalysatoren in Kraftfahrzeugen und Entstickungsanlagen in Kraft- und Heizwerken seit

1980 um 62 % zurückgegangen.

Die Stickstoffdioxidkonzentrationen in der bodennahen Luft, vor allem die NO<sub>2</sub>-Spitzenwerte sind in den rheinland-pfälzischen Waldgebieten seit Mitte der 1980er Jahre merklich gesunken.

Bei den reduzierten Stickstoffverbindungen (Ammoniak) konnte die Emission seit 1980 bislang nur um 20 %, also deutlich weniger als bei den Stickoxiden, reduziert werden.

Auf den Stickstoffeintrag in den Waldboden (Deposition) hat sich die bislang erreichte Emissionsminderung bei NO<sub>x</sub> und NH<sub>3</sub> nur sehr verhalten ausgewirkt.

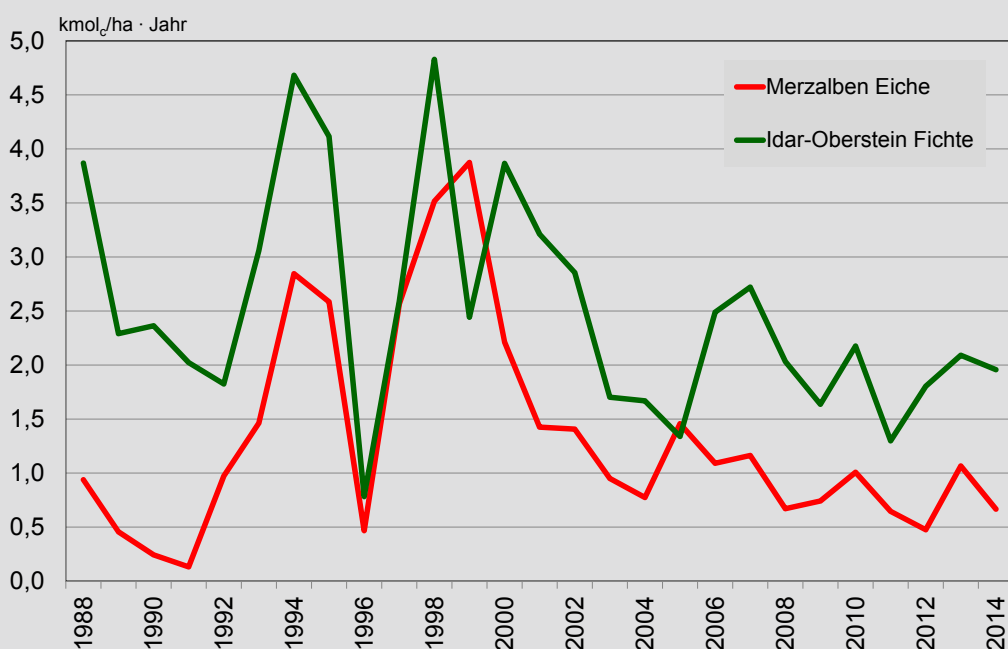
An der Mehrzahl der Messstationen des Forstlichen Umweltmonitorings im Wald ist kein signifikant abwärts gerichteter Trend der Stickstoffdeposition zu erkennen.

## Säureeinträge

Aufgrund der beträchtlichen Reduktion der Emission von Schwefeldioxid sind die pH-Werte im Niederschlagswasser deutlich angestiegen. Mitte der 1980er Jahre wurden im Freilandniederschlag meist pH-Werte zwischen 4 und 4,5 und im Kronentraufwasser der Fichtenbestände sogar zwischen 3,5 und 3,8 gemessen. Heute liegen die pH-Werte sowohl im Freilandniederschlag als auch in der Kronentraufe meist knapp über 5, also etwa 1 pH-Einheit höher. Trotz des mit dem pH-Anstieg im Niederschlagswasser verbundenen Rückgangs der H<sup>+</sup>-Einträge 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 zu puffern. Daher sind zum Schutz unserer Waldökosysteme vor fortschreitender Versauerung nach wie vor weitere Anstrengungen zur Verringerung der Emission der Säurevorläufer erforderlich. Die Bodenschutzkalkung auf versauerungsgefährdeten Standorten muss fortgesetzt werden, der Turnus der Kalkungen kann jedoch wegen der verringerten Schwefeleinträge auf 20 bis 40 Jahre mehr als verdoppelt werden.

**Entwicklung der Netto-Säurebelastung von Level II-Flächen des Forstlichen Umweltmonitorings. Bei dieser Kalkulation wird geprüft, ob die Mineralverwitterung und der Basekationeneintrag aus der atmosphärischen Deposition auf den jeweiligen Standorten ausreichen, die in der Regel weitgehend anthropogen verursachte Säurebelastung aus der atmosphärischen Protonendeposition, den Schwefel- und Stickstoffbilanzen und aus dem Basenentzug mit der Holznutzung auszugleichen. Dies ist an diesen beiden Standorten lediglich 1991 in Merzalben der Fall.**



## Ozon

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

Ozon entsteht als sekundäre Luftverunreinigung aus Vorläufersubstanzen, im Wesentlichen aus Luftsauerstoff, Stickoxiden 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 -

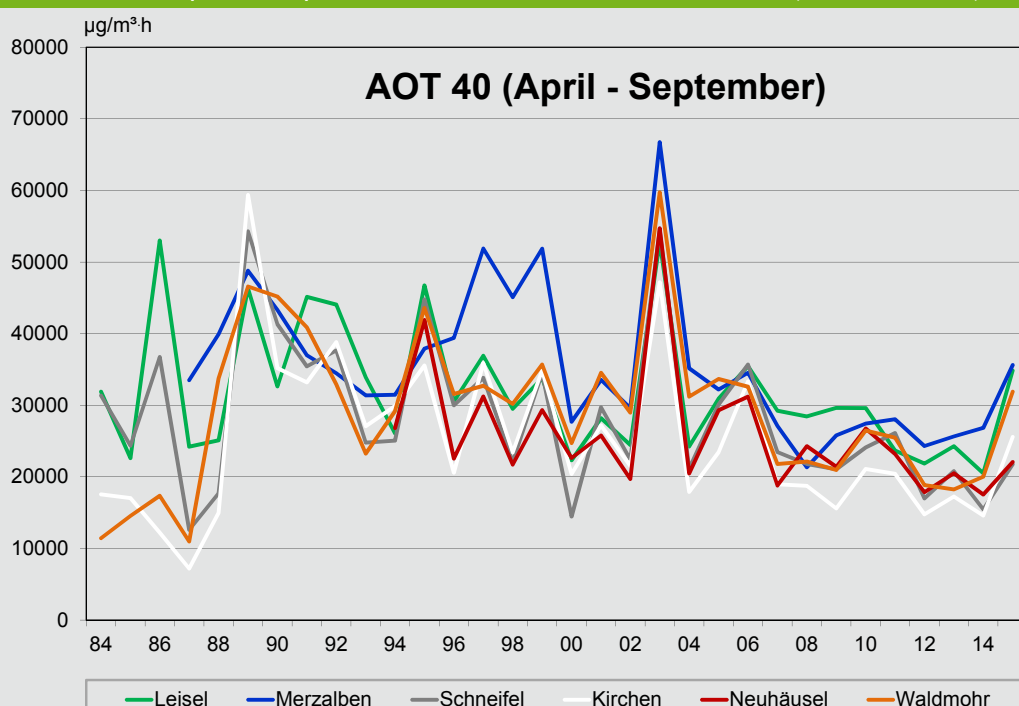
Eine detaillierte Darstellung der Luftschadstoffbelastung der rheinland-pfälzischen Wälder und eine Bewertung der Befunde finden Sie auf den Webseiten der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft:

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

Tagesaktuelle Luftschadstoffdaten enthält die Internetpräsentation [www.luft-rlp.de](http://www.luft-rlp.de).

um 62 % beim  $\text{NO}_2$  und 71 % bei NMVOC ist das Ozonbildungspotenzial nach wie vor hoch. In der sehr sonnenscheinreichen Vegetationsperiode 2015 traten bereits im April und auch im Hochsommer länger andauernde Hochdruckwetterlagen mit erhöhter Ozonbildung auf. Demzufolge waren die Ozonbelastungen im aktuellen Jahr höher als in den Vorjahren. An allen ZIMEN-Waldstationen wurde 2015 die Belastungsschwelle (Critical Level) für Waldökosysteme (AOT 40, April bis September  $10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ ) deutlich überschritten. Eine eingehendere Darstellung der Ozonbelastung unserer Wälder mit Kalkulationen der für die Entstehung von Ozonschäden an Bäumen entscheidenden Ozonaufnahme über die Spaltöffnungen der Blätter oder Nadeln enthält das Kapitel „Ozonbelastung rheinland-pfälzischer und saarländischer Waldökosysteme“.

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







Blattprobennahme in einer Buchen-Dauerbeobachtungsfläche  
Foto: F. Frank



## Witterungsverhältnisse

Die Witterungsbedingungen wirken in vielfältiger Weise auf den Wald ein. Zum einen können unmittelbar Schäden an den Bäumen beispielsweise durch sommerliche Trockenheit, Früh- oder Spätfrost, Nassschneefälle, Stürme oder Hagelschauer entstehen. Zum anderen beeinflusst die Witterung die Ozonentstehung, den Bodenchemismus, die Bildung von Blütenknospen, die Fruktifikation und viele andere Abläufe in den Waldökosystemen. Großen Einfluss hat die Witterung auch auf Massenvermehrungen von Schadinsekten und Pilzkrankheiten. Daher ist der Witterungsverlauf häufig mitverantwortlich für die von Jahr zu Jahr auftretenden Veränderungen im Kronenzustand der Bäume.

Der Vitalitätszustand der Bäume wird nicht nur von der Witterung des aktuellen Jahres, sondern auch von den Witterungsverläufen der Vorjahre beeinflusst.

Seit dem Beginn der 1990er Jahre waren die forstlichen Vegetationszeiten (Mai bis September) im Vergleich zum langjährigen Mittel der Periode 1971 bis 2000 in nahezu allen Jahren zu warm und häufig auch zu trocken.

Im Vorjahr (2014) waren nahezu alle Kalendermonate meist erheblich zu warm. Lediglich der August war im Vergleich zum langjährigen Mittel zu kühl und der Mai traf in Temperatur und Niederschlag nahezu exakt das langjährige Flächenmittel für Rheinland-Pfalz. Januar bis April waren sehr trocken, aber der Hochsommer war 2014 sehr niederschlagsreich. Daher lagen die Vegetationszeitniederschläge im Jahr 2014 deutlich über dem langjährigen Mittel.

Auch im aktuellen Jahr (2015) sind nahezu alle Monate des bisherigen Jahres wärmer und trockener als die langjährigen Mittelwerte. Im Frühjahr blieb die Niederschlagsmenge nach Angaben des Deutschen Wetterdienstes mit rund 105 l/m<sup>2</sup> um 45 % unter dem Soll (191 l/m<sup>2</sup>). Im Juli 2015 zählte Rheinland-Pfalz zu den wärmeren und mit rund 40 l/m<sup>2</sup> zu den trockensten Regionen Deutschlands. Am 5. Juli stellte Bad Dürkheim mit

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

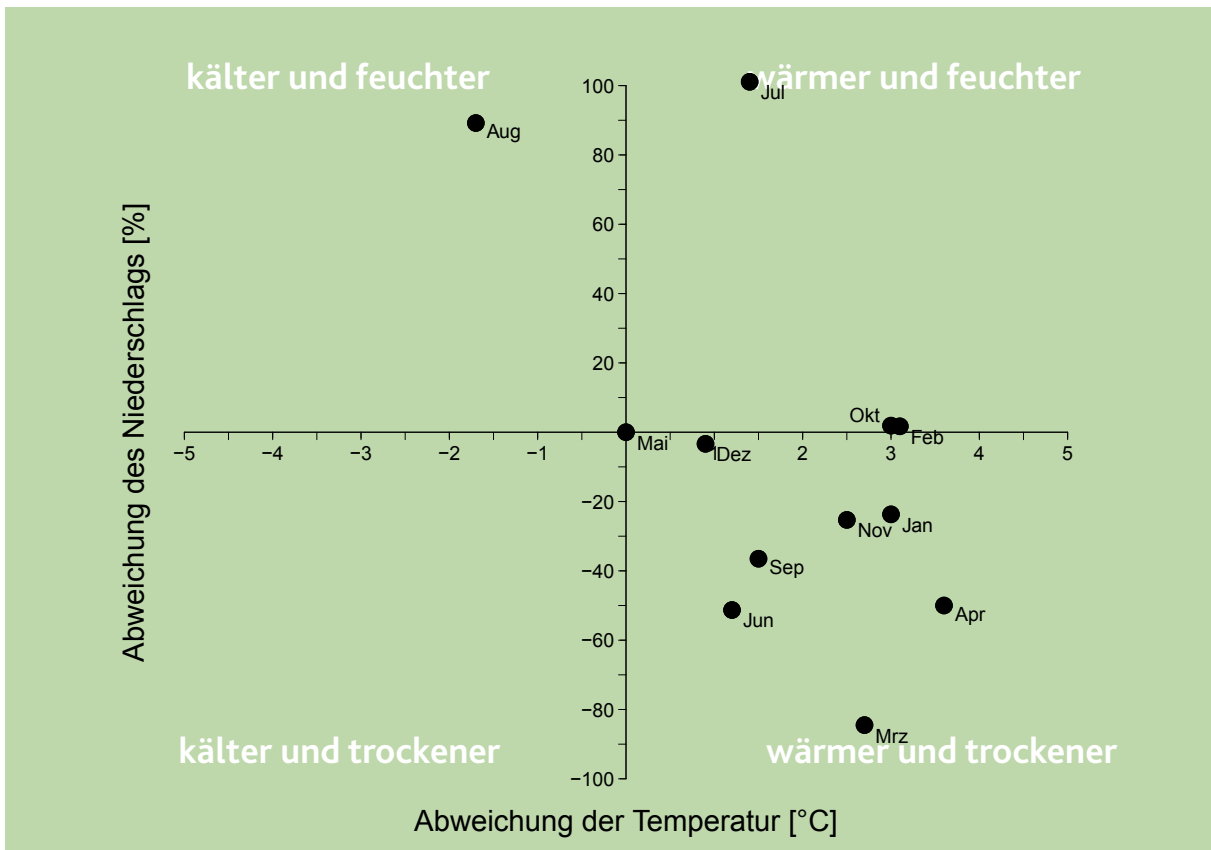
Neben aktuellen und vergangenen Messwerten können für alle Stationen auch Wettervorhersagen abgefragt werden.

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

39,7°C den Temperaturrekord für Rheinland-Pfalz ein. Am 7. August wurde an der forstmeteorologischen Station Schaidt ein Temperaturmaximum von 38,0°C gemessen. In der Vegetationsperiode 2015 traten ausgedehnte Trockenperioden auf. Die Ausprägung war örtlich sehr unterschiedlich, da die Niederschläge meist in Zusammenhang mit Gewittern erfolgten, die regional sehr unterschiedliche Niederschlagsmengen brachten. So fielen an der agrarmeteorologischen Station Morlautern nördlich von Kaiserslautern im Juli mit 16 mm Niederschlag nur 27 % des langjährigen Mittels für diesen Monat, an der Station Isert im Westerwald dagegen mit 81 mm 92 % des langjährigen Mittels.

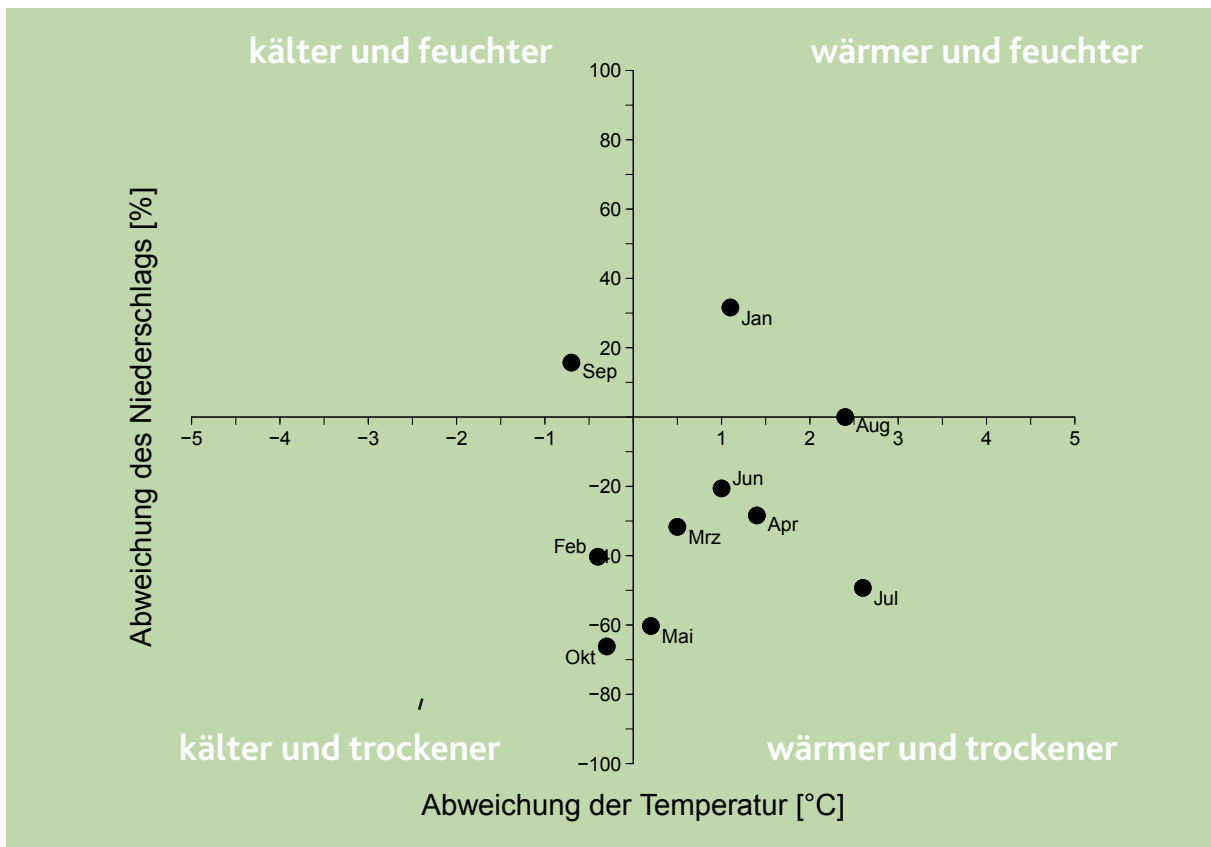
Ergiebige Niederschläge traten erst am Ende der Vegetationsperiode im September auf. Insgesamt war die Vegetationsperiode 2015 erheblich zu trocken und zu warm.

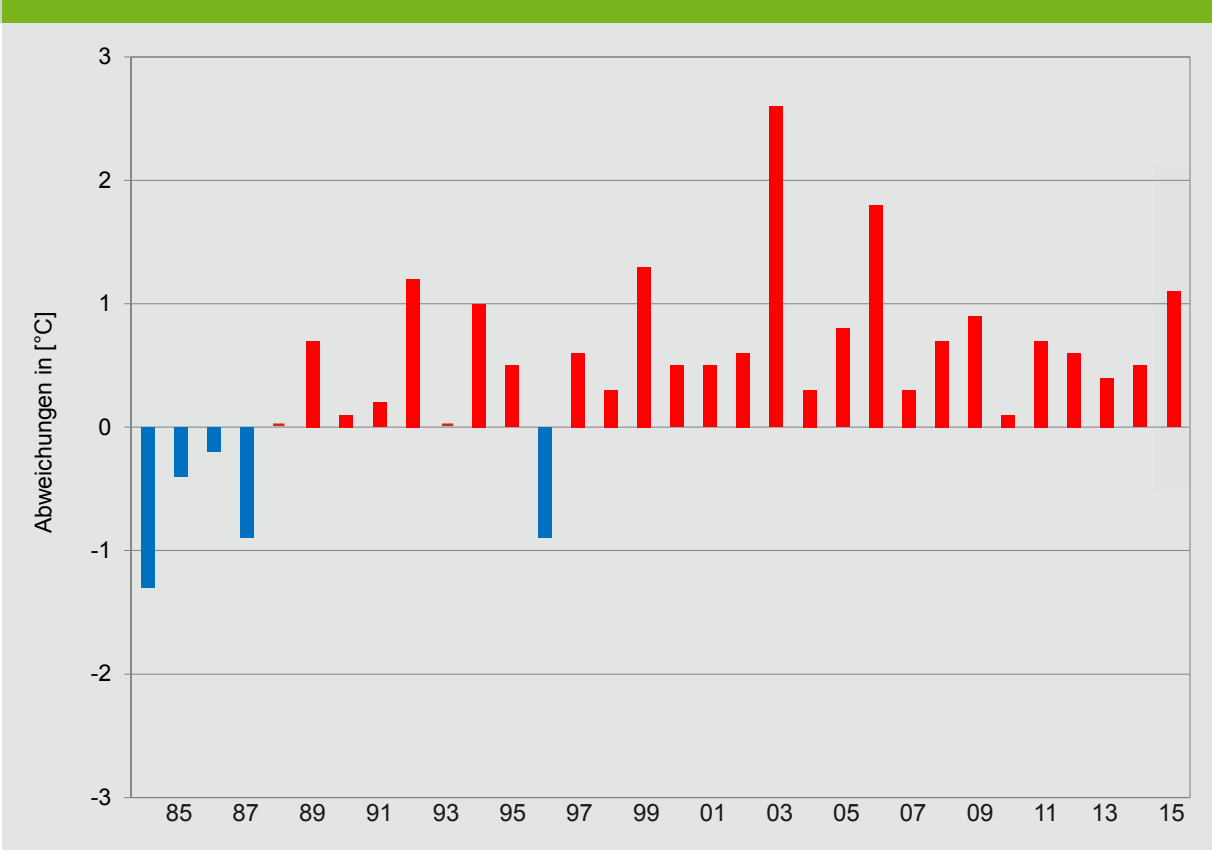
Vor allem die zum Teil sehr ausgeprägte Frühjahrs- und Sommertrockenheit im aktuellen Jahr stellte eine erhebliche Belastung für die Waldbäume dar. Augenfällige Trocknissschäden traten ab Ende Juli allerdings nur an extremen Trockenstandorten wie Felsrippen und Schutthalden auf.



Thermopluviogramme für die Jahre 2014 (oben) und 2015 (unten). 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).

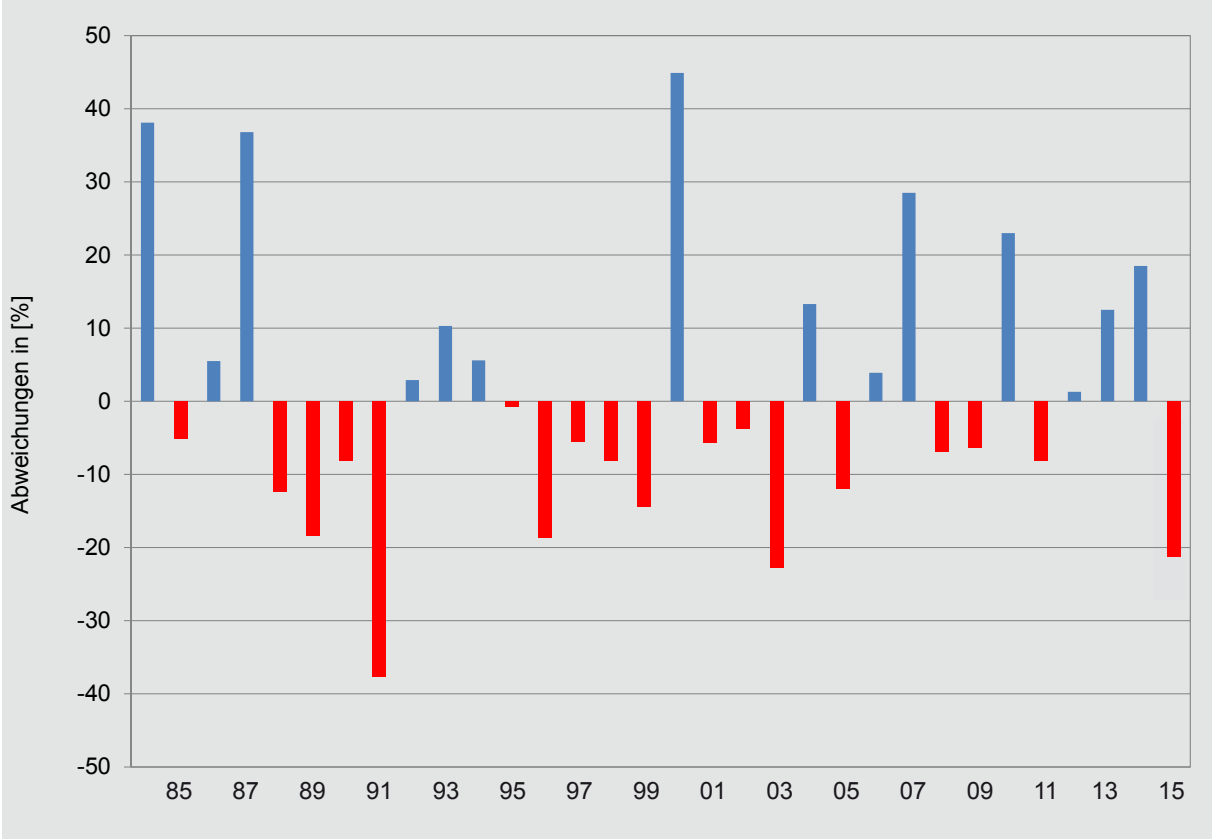
(Quelle: Deutscher Wetterdienst)



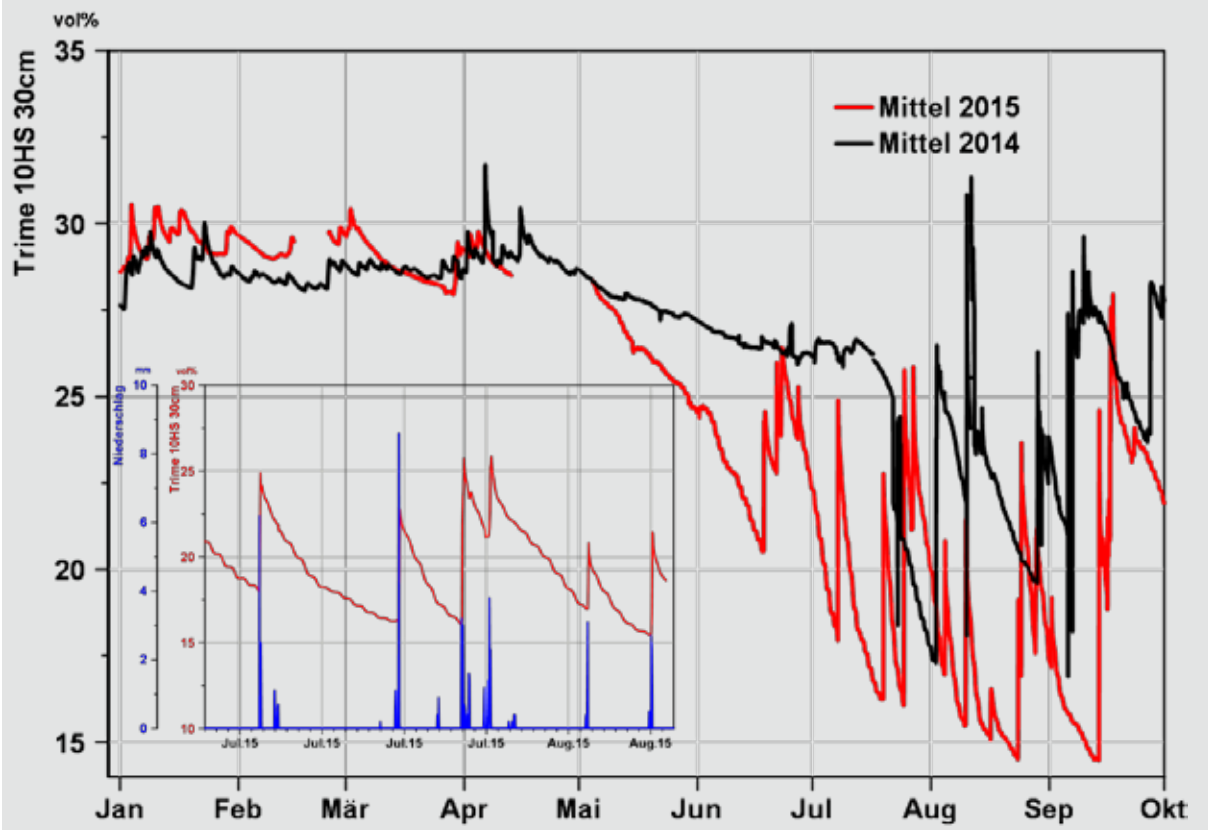


Abweichungen der Temperatur (oben) und der Niederschläge (unten) in den forstlichen Vegetationszeiten (Mai bis September) 1984 bis 2014 vom langjährigen Flächenmittel Rheinland-Pfalz 1971 bis 2000

(Quelle: Deutscher Wetterdienst)



Verlauf des Wassergehalts im Boden (30 cm Tiefe) in den Jahren 2014 und 2015 in einem Douglasien-Buchen-Mischbestand auf Buntsandstein im Pfälzerwald. Im Jahr 2015 sinkt der Wassergehalt bereits ab Anfang Mai deutlich ab und erreicht am 10. August einen Tiefstwert von knapp über 15 Vol %. Die kleine Abbildung zeigt die rasche Reaktion des Bodenwassergehalts in diesem sandigen Bodensubstrat auf Niederschläge.



Infolge von Trockenstress meist grün herabgefallene Buchenblätter Mitte August am Donnersberg Foto: H.W. Schröck



Trockenschäden auf flachgründigen Standorten am Donnersberg Foto H.W. Schröck

15/08/2015

## Allgemeine Waldschutzsituation

Biotische und abiotische Schadfaktoren können einen erheblichen Einfluss auf die Vitalität unserer Wälder ausüben. Sie treten jährlich in verschiedenen Intensitäten auf.

Zu den biotischen Schadfaktoren zählen vor allem Insekten und Pilze. Die bedeutsamsten abiotischen Schadfaktoren sind Frost, Hagel und Sturm.

Wie bereits in den beiden Vorjahren traten auch im Mai 2015 in ungünstigen Lagen Nachtfröste auf. Spätfrostschäden sind lokal im Wildenb urgischen Land vornehmlich an Buche entstanden.

Bis Ende Oktober wurden von den Forstämtern keine nennenswerten Sturmholzmengen verbucht. Lediglich im Zusammenhang mit Sommergewittern kam es lokal zu kleinen Windwürfen. Infolge der extremen Trockenheit fielen Mitte Juli im Bereich Schifferstadt 5 ha Wald und 9 ha des angrenzenden Naturschutzgebietes Haderwiesen einem Brand zum Opfer.

Eingehendere Informationen zum Waldschutz in Rheinland-Pfalz und Handlungsempfehlungen bei Waldschutzproblemen enthalten die Webseiten von Landesforsten Rheinland-Pfalz

<http://www.wald-rlp.de/waldschutz.html>

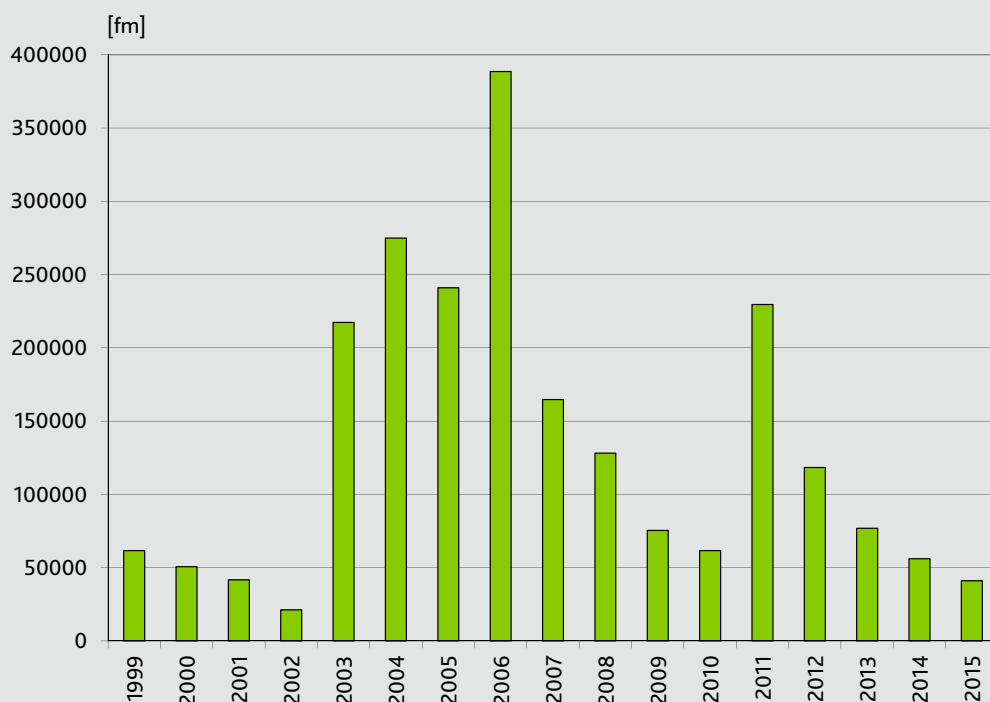
Die Befunde des Borkenkäfermonitorings und daraus abgeleitete Empfehlungen für die forstliche Praxis finden Sie auf den Webseiten der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg

[http://www.fva-bw.de/monitoring/ws/kaefer/kaefer.php?datei=fi\\_bk.inc.php&b=a&v=0&jahr=2015&land=rp](http://www.fva-bw.de/monitoring/ws/kaefer/kaefer.php?datei=fi_bk.inc.php&b=a&v=0&jahr=2015&land=rp)

Die Käferholzmenge beläuft sich bis Ende Oktober auf etwa 41.000 fm. Im Vorjahr betrug die gemeldete Käferholzmenge insgesamt 56.166 fm.

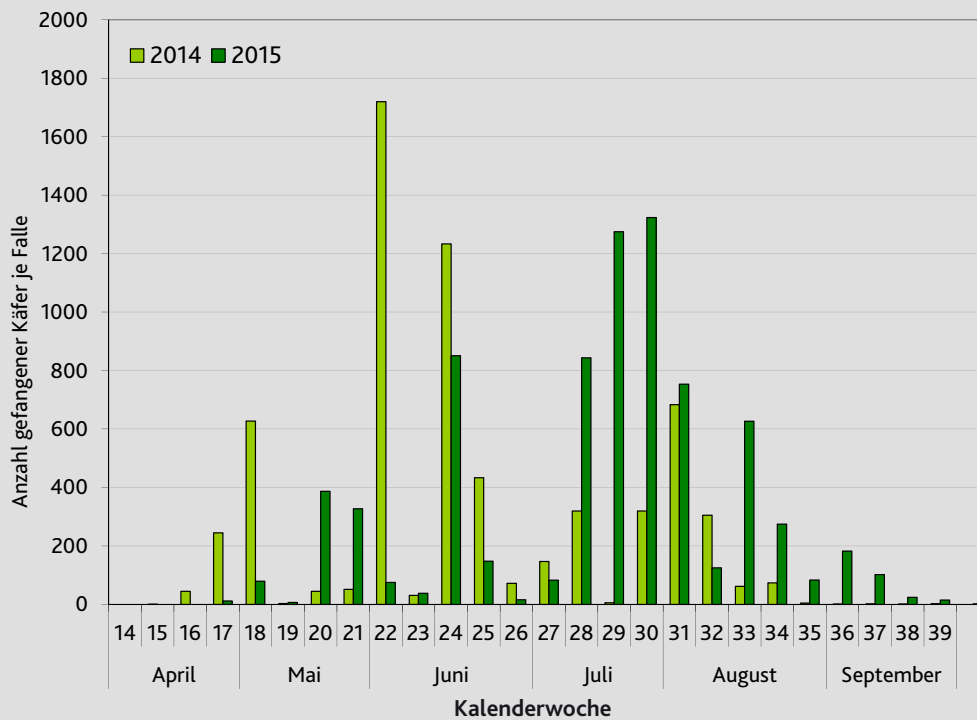
Der Verlauf der Flugaktivität des Buchdruckers (*Ips typographus*), als wichtigstem Fichtenborkenkäfer, wird an jeweils drei Standorten im Pfälzerwald und im Hunsrücker Hochwald mit

## Käferholzeinschlag in Rheinland-Pfalz (alle Waldbesitzarten; 2015 bis einschließlich Oktober)





## Buchdruckerentwicklung 2014 und 2015 im Pfälzerwald



Pheromonfallen und Kontrollen des Brutfortschritts an mit Pheromondispensern beköderten Probestämmen überwacht. Auf Grundlage dieser Daten werden fortlaufend Empfehlungen zur effektiven Kontrolle der Waldbestände auf Stehendbefall abgeleitet.

Der Schwärmflug der überwinterten Käfer begann in diesem Jahr Ende April. Größere Mengen an Buchdruckern wurden in den Pheromonfallen erst Anfang Juni gefangen. Die ausgedehnten trocken-heißen Perioden im Juli und August beschleunigten die Buchdruckerentwicklung beträchtlich. Der Höhepunkt der Schwärmaktivität wurde wie im Vorjahr Mitte Juli erreicht. Ab August mehrten sich die Meldungen über Stehendbefall. Der gute Holzmarkt hat eine rasche Aufarbeitung und Abfuhr des Holzes begünstigt. Dies trägt dazu bei, die Borkenkäferschäden in Grenzen zu halten.

Wie in den Vorjahren war auch 2015 in vielen Douglasienbeständen ein erheblicher Befall mit der Rußigen Douglasienschütte (*Phaeocryptopus gaeumannii*) festzustellen. Dieser pilzliche Schaderreger ist in Europa bereits seit 1925 bekannt

und in allen Douglasienbeständen vorzufinden. Seinen Namen hat die Erkrankung von den an der Nadelunterseite befindlichen Fruchtkörpern des Pilzes (*Pseudothecien*), die auf den ersten Blick einem rußartigen Belag ähneln und ganzjährig sichtbar sind. Die Sporen werden jedoch nur Ende Mai bis Anfang Juli freigesetzt und befallen bei feuchter Witterung die jungen Nadeln. Das Mycel des Pilzes durchdringt das Gewebe der

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-riskanalyses.boku.ac.at/typo3/index.php?id=74> (in der Laufzeile Rheinland-Pfalz wählen)



Erörterung des Borkenkäfermonitorings bei einer Fortbildungsveranstaltung

Foto: J. Block

Nadel. Die Anlage der Fruchtkörper erfolgt im Bereich der Spaltöffnungen. Bei starken Frösten im Winter fallen die befallenen Nadeln vorzeitig ab. In Abhängigkeit von der Witterung kann der Nadelverlust über mehrere Jahre beträchtliche Ausmaße annehmen. Als Sekundärschäden in Folge der Rußigen Douglasenschütte kann es zum Befall durch den Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus*), den Furchenflügeligen Fichtenborkenkäfer (*Pityophthorus pityographus*) oder den Hallimasch (*Armillaria ostoyae*) kommen. Vereinzelt war auch ein Befall der Douglasie mit der Rostigen Douglasenschütte (*Rhabdocline pseudotsugae*) und dem Erreger des Sirococcus-Triebsterbens (*Sirococcus conigenus*) festzustellen. Zudem trat in diesem Jahr vermehrt Befall durch die Douglasienwolllaus (*Gilletteella cooleyi*) auf.

Bereits im dritten Jahr in Folge waren lokal Buchenbestände von Befall durch den Buchenspringrüssler (*Rhynchaenus fagi*) betroffen. Durch den Reifungsfraß der Käfer entstehen kleine Löcher in den Blättern. Die Larven minieren in den Blättern

bis hin zu ausgedehntem Platzfraß. Bei starkem Befall werden die Baumkronen „braun“. In der Regel verkraften die Bäume den Fraß ohne längerfristige Schädigungen. In 2015 war der Befall an Intensität und Verbreitung merklich geringer als im Vorjahr. Da im aktuellen Jahr zudem keine Fruktifikation und damit anders als im Vorjahr auch keine Kombination Springrüsslerbefall mit starker Fruktifikation auftrat, haben sich die Buchen meist gut erholt.

Im Pfälzerwald waren auch Eichenbestände von Springrüsslerfraß betroffen. Der Fraß erfolgte auch bei der Eiche durch den Buchenspringrüssler (*Rhynchaenus fagi*) und nicht durch den Eichenspringrüssler (*Rhynchaenus quercus*).

Weitere Informationen zum Buchenspringrüssler: [http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2014\\_04.pdf](http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2014_04.pdf).

Fraßschäden durch die „Eichenfraßgesellschaft“ (Eichenwickler, Schwammspinner, verschiedene Frostspanner- und Eulenarten) hielten sich wie in den Vorjahren auch 2015 in Grenzen.

Der Eichenprozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*) trat auch im Jahr 2015 nur vereinzelt auf. Die Meldungen des Auftretens dieses Insekts kamen vor allem aus den Forstämtern Sobernheim und Haardt. Lokal ist vor allem in den südlichen Landesteilen nach wie vor von Gesundheitsgefahren durch diesen Schmetterling auszugehen. Ältere Raupen verfügen über spezielle Brennhaare mit dem Nesselgift Thaumetopein, das Haut- und Augenreizungen bis hin zu schweren Allergien auslösen kann. Die Brennhaare reichern sich als Häutungsreste in den Raupennestern an und bleiben auch nach der Verpuppung der Raupen eine Gefahr.

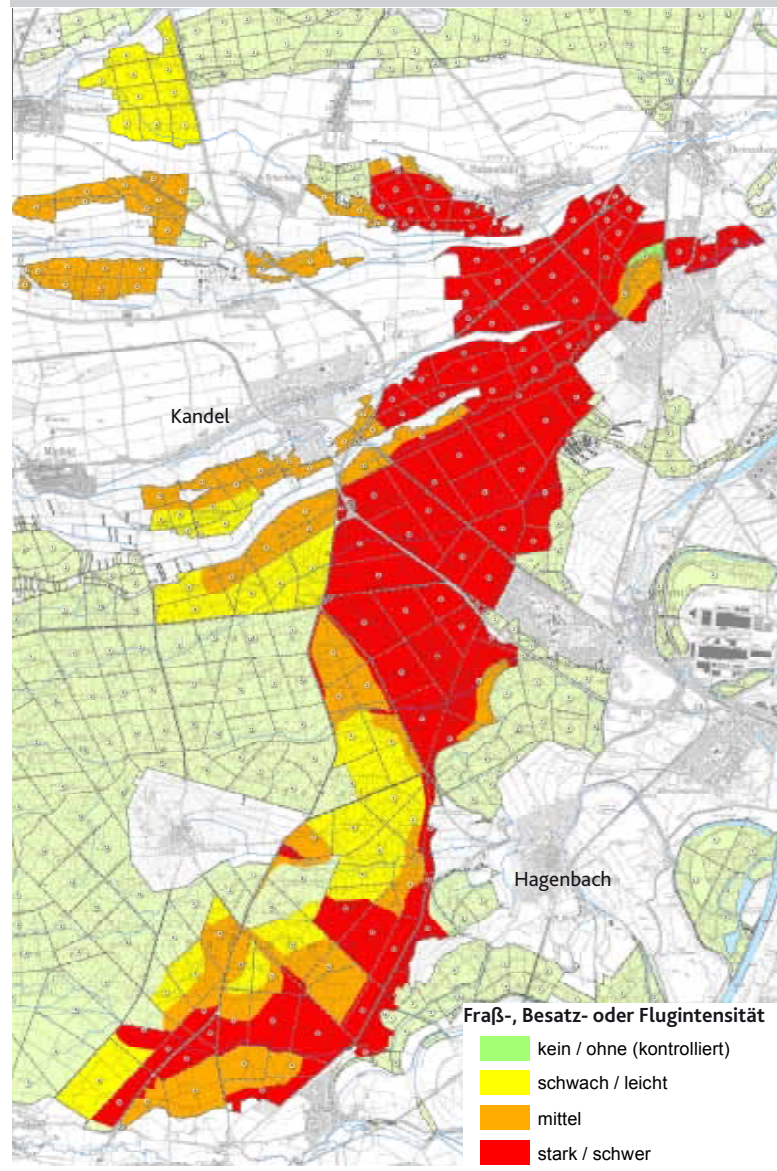
Informationen zum Eichenprozessionsspinner:  
[http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/insekten/lwf\\_merkblatt\\_15/index\\_DE](http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/insekten/lwf_merkblatt_15/index_DE)  
[http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/insekten/fva\\_eichenprozessionsspinner\\_aktuell/index\\_DE](http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/insekten/fva_eichenprozessionsspinner_aktuell/index_DE)

In der Oberrheinebene sind auf trockenen Sandstandorten zahlreiche Waldbestände von einer ausgedehnten Gradation des Waldmaikäfers (*Melolontha hippocastani*) betroffen. Von den dortigen Forstämtern wurden Schäden durch Engerlingsfraß auf 650 ha gemeldet. Im trockenen Teil des Bienwaldes fand im Frühjahr der Flug des sogenannten Südstammes statt. Die Flugkartierungen des Forstamtes Bienwald ergaben eine von starkem Flug betroffene Fläche von ca. 3.000 ha. Ein Insektizideinsatz wurde nicht durchgeführt. Der Reifungsfraß der Käfer führt zu einer Entlaubung der Laubbäume, was aber durch den Wiederaustrieb wieder ausgeglichen wird. Bedrohlicher ist der Wurzelfraß der Engerlinge vornehmlich für Laubbäume. Zu befürchten ist, dass sich in den durch Engerlingsfraß verlichteten Waldbeständen Neophyten wie Indisches Springkraut, Goldrute, Japanischer Staudenknöterich und Kermesbeere weiter ausbreiten und die heimische Vegetation verdrängen können.

In den Kiefernbeständen der Rheinebene und zum Teil auch im Pfälzerwald treten mit steigender Tendenz Schäden durch Misteln (*Viscum album*) auf. Gravierender Mistelbefall wurde von den

### Maikäferflug im Bienwald Frühjahr 2015

Quelle: FVA Baden-Württemberg



Forstämtern auf einer Fläche von ca. 2.200 ha gemeldet. Der Mistelbefall führt vor allem im Zusammenhang mit Trockenstress zu Minderzuwachs und zu einer erhöhten Absterberate. Das durch den Pilz „Falsches Weißes Stängelbecherchen“ (*Hymenoscyphus pseudoalbidus*) (Nebenfruchtform: *Chalara fraxinea*) ausgelöste Eschentriebsterben wurde im Jahr 2009 erstmals in Rheinland-Pfalz nachgewiesen. Die Befallsfläche hat sich seither markant vergrößert. Der europaweite wissenschaftliche Austausch über die EU-Plattform FRAXBACK zeigt allgemein ein weiteres Fortschreiten des Eschentriebsterbens nahezu im gesamten natürlichen Verbreitungs-



gebiet der Esche (*Fraxinus excelsior*). Die Esche benötigt nährstoffreiche Böden für ein gutes Gedeihen. Da in unseren Wäldern bodensaure, nährstoffarme Verhältnisse vorherrschen, nimmt die Esche in Rheinland-Pfalz nur einen vergleichsweise geringen Flächenanteil von 1 % ein. Allerdings ist sie sehr klimatolerant und galt daher zumindest für hinreichend basenreiche Standorte als eine im Klimawandel zunehmend interessante, zukunftsfähige Baumart. Der Krankheitserreger, das Falsche Weiße Stängelbecherchen, ist eine vermutlich mit dem weltweiten Warenverkehr aus Ostasien (Japan, nordöstliches China, fernöstliches Russland) eingeschleppte invasive Pilzart. Sie lebt ursprünglich in den Blättern der Mandschurischen Esche, verursacht an dieser Baumart aber keine Schäden. Waren ursprünglich in Europa vor allem Bäume aus dem Jungwuchs betroffen, treten inzwischen auch gravierende Schäden in Stangen-, Baum- und Althölzern auf. An betroffenen Bäumen sind insbesondere auf Nassstand-

#### Eschentriebsterben an einem Bestandesrand

Foto J. Block



Aktuelle Informationen zum Eschentriebsterben:  
<http://www.fraxback.eu/>  
[http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2010\\_03.pdf](http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2010_03.pdf)  
<http://www.fva-bw.de/publikationen/index3.html>  
[http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2012\\_03.pdf](http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2012_03.pdf)  
[http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2014\\_01.pdf](http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2014_01.pdf)

orten auch Stammfußnekrosen und Wurzelfäulen festzustellen, die mit einer erhöhten Wurf- und Bruchgefahr und damit zunehmenden Problemen der Verkehrs- und Arbeitssicherheit einhergehen. Mut macht die Beobachtung, dass es auf allen Flächen meist noch, wenngleich meist nur wenige, symptomfreie Eschen gibt. Es handelt sich dabei um eine vererbte Resistenz oder Toleranz, die möglicherweise zum Aufbau einer gesünderen Eschengeneration beitragen kann.

Der durch *Cryphonectria parasitica* verursachte Esskastanienrindenkrebs stellt eine gravierende Gefahr für die Esskastanienwälder dar. *C. parasitica* ist ein pilzlicher Krankheitserreger, der bereits 1938 nach Südeuropa eingeschleppt wurde. Seit 1992 tritt die Erkrankung auch in Rheinland-Pfalz auf. In der Pfälzer Haardt sind aktuell ca. 70 ha Esskastanienwälder betroffen. Eine sogenannte „Hypovirulenz“ hat sich dort bislang nicht natürlich eingestellt. Unter Hypovirulenz wird ein Befall des Schadpilzes durch ein spezifisches Virus verstanden, der die Aggressivität des Pilzes deutlich herabsetzt. Daher wurde mit dem Ziel, den Schaden durch den Rindenkrebs in der Haardt einzudämmen, das entsprechende Virus aus der Ortenau, einem anderen Verbreitungsgebiet des Rindenkrebses, 2011 und 2012 an vom Rindenkrebs befallenen Bäumen versuchsweise ausgebracht. Die erfolgreiche Virusübertragung an lebenden Bäumen konnte durch Reisolierung bestätigt werden. Gegenwärtig wird untersucht,



ob - als Voraussetzung für eine erfolgreiche Etablierung der Hypovirulenz im Bestand und eine insgesamt gesündere Bestandesentwicklung - eine natürliche Übertragung der Hypovirulenz auf erkrankte Nachbarbäume erfolgt ist.

Eine weitere erhebliche Gefahr für unsere Esskastanienwälder geht von der Japanischen Esskastanien-Gallwespe (*Dryocosmus kuriphilus*) aus. Durch die Larven der Wespe werden Gallen induziert, womit eine erhebliche Vitalitätsschwächung, Zuwachsverluste und Einschränkungen in der Fruchtproduktion verbunden sind. Vor allem in Kombination mit Rindenkrebs können stark betroffene Bäume auch absterben. Dieses ursprünglich aus Südchina stammende Insekt wurde spätestens 2002 vermutlich mit befallenen Jung-

pflanzen nach Südeuropa verschleppt und breitet sich seither stetig aus. Seit 2013 ist ein Erstbefall mit *D. kuriphilus* in verschiedenen Waldstandorten im Raum Mannheim (Baden-Württemberg), seit 2015 auch in Rheinland-Pfalz (Forstämter Bad Dürkheim und Annweiler) bestätigt. Die weitere Ausbreitung dieser invasiven Gallwespenart wird nicht mehr aufzuhalten sein.

Aktuelle Informationen zur Esskastanien-Gallwespe:

[http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2013\\_01.pdf](http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2013_01.pdf)

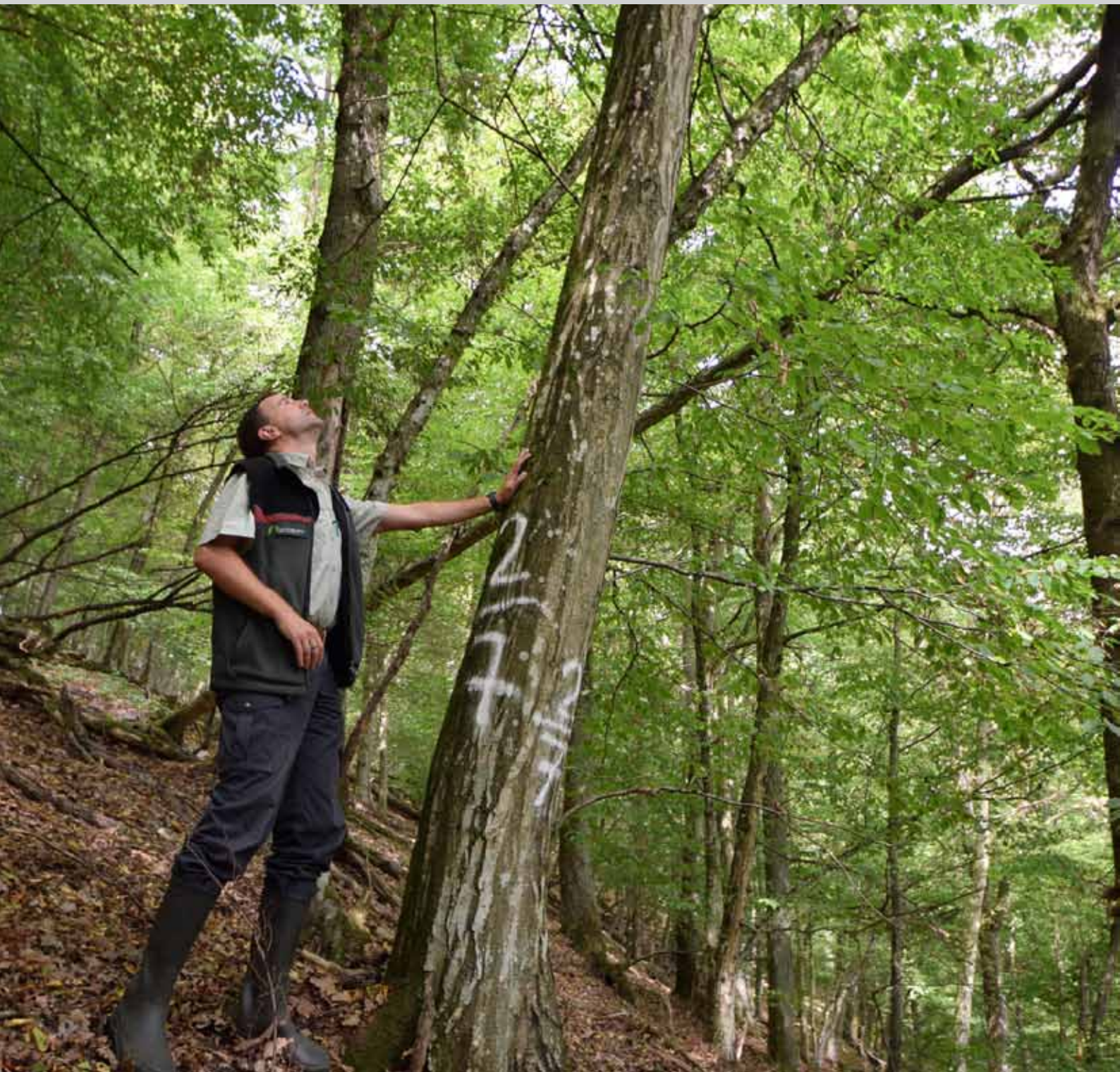


Galle der Japanischen Esskastanien-Gallwespe und dadurch abnorm entwickelte Blattform  
Foto: J. Schumacher



# ALTE BÄUME IM WALD UND IHRE KRONENVERLICHTUNG

## BEFUNDE DES FORSTLICHEN UMWELTMONITO- RINGS IN RHEINLAND-PFALZ UND IM SAARLAND





In unseren Wäldern stehen immer mehr alte Bäume. Nach den Befunden der Bundeswaldinventur III ist die Anzahl der über 160-jährigen Bäume innerhalb von 10 Jahren in beiden Ländern zusammen um mehr als eine halbe Million Stück gestiegen. Aber sind diese alten Bäume auch noch vital? Oder stoßen sie an ihre natürliche Altersgrenze und sterben allmählich ab? Wie hat sich der Kronenzustand alter Bäume im Vergleich zu jüngeren Exemplaren entwickelt?

Auch zu diesen Fragen liefern die Kronenzustandserhebungen im Rahmen der Waldzustandserhebung und der Langzeituntersuchungen an Dauerbeobachtungsflächen interessante Informationen.

Alte Bäume üben seit Menschengedenken eine gewisse Faszination aus. Viele Bildbände und unzählige Internetbeiträge belegen diesen ungebrochenen Wunsch, alten Bäumen nahe zu sein. Häufig handelt es sich dabei um skurril gewachsene Einzelbäume in Parkanlagen, Gärten, Friedhöfen oder der Feldflur, aber auch um markante Einzelbäume im Wald. Oft erhalten sie einen Namen und werden als Naturdenkmal gewidmet. Seltener sind auch ganze Bestände sehr alter Waldbäume bekannt und ausgewiesen. Aber nicht nur die besonderen „Methusalem-Bäume“, sondern alle Bäume und Waldbestände, die das übliche Nutzungsalter deutlich überschritten haben, sind für die Lebensgemeinschaft des Waldes von hohem Wert (vgl. Kap. BAT).

#### Alte Bäume im forstlichen Umweltmonitoring

Als Mitte der 1980er Jahre das systematische Raster für die Erhebung des Kronenzustandes der Waldbäume der Waldzustandserhebung (WZE) angelegt wurde, entfielen einige Rasterpunkte auf bereits damals alte Waldbestände. Auch bei der Auswahl von Waldbeständen für die Dauerbeobachtung des Kronenzustandes und der Einflussfaktoren auf die Vitalitätsentwicklung der Bäume waren schon seinerzeit alte Waldbestände dabei. Sofern diese Bäume nicht regulär genutzt wurden oder Stürmen und anderen Unbilden zum Opfer fielen, lässt sich jetzt zum Teil über mehr als 30 Jahre die Kronenzustandsentwicklung in sehr alten Waldbeständen darstellen. Diese Zeitreihen liefern Informationen zur Vitalitätsentwicklung

von Bäumen der unterschiedlichen Baumarten über das sonst übliche Nutzungsalter hinaus, die auch für die waldbauliche Behandlung alter Waldbestände von großem Interesse sind.

#### Anteil alter Stichprobenbäume bei verschiedenen Baumarten in den WZE-Kollektiven beider Länder im Jahr 2015

	Rheinland- Pfalz	Saarland
<b>Eiche über 160 Jahre</b>	14 %	10 %
<b>Buche über 140 Jahre</b>	18 %	23 %
<b>Kiefer über 140 Jahre</b>	8 %	13 %
<b>Fichte über 100 Jahre</b>	9 %	9 %

Wie zu erwarten sind die ältesten Bäume im Stichprobenkollektiv Eichen. Sie stehen meist in noch geschlossenen Waldbeständen. Auch die Buche erreicht als Bestand sehr hohe Alter, wobei an diesen Aufnahmepunkten die Altbestände jedoch in der Regel schon aufgelichtet sind und sich in Verjüngung befinden. Bei vielen anderen Baumarten sind die ältesten Exemplare häufig eingemischt in Eichenwäldern. Je seltener eine Baumart ist, umso eher ist die Auswahl eines besonders alten Exemplars als WZE-Stichprobenbaum vom Zufall bestimmt.

Die jeweils ältesten Bäume in den WZE-Stichprobenkollektiven beider Länder; Rheinland-Pfalz Vollstichprobe 4x4 km, Saarland 4x2 km (Stand 2015; nv.: nicht in der Stichprobe vertreten)

Baumart	Alter in Jahren	
	Rheinland-Pfalz	Saarland
Trauben-/Stieleiche	231	209
Rotbuche	218	185
Waldkiefer	176	158
Fichte	154	118
Douglasie	126	113
Europäische Lärche	211	154
Hainbuche	175	113
Esche	141	133
Weißtanne	183	nv.
Bergahorn	141	103
Spitzahorn	126	79
Sandbirke	130	125
Schwarzerle	94	84
Vogelkirsche	111	148
Winterlinde	131	nv.

### Entwicklung der Kronenverlichtung bei alten Bäumen

Eine der ersten Beobachtungen bei der WZE war, dass die Kronenverlichtung bei der jeweiligen Baumart erheblich vom Alter der Bäume beeinflusst wird. Ältere Bäume waren immer und durchgehend über die gesamte Beobachtungszeitreihe stärker verlichtet als jüngere. So steigt der Anteil deutlich verlichteter Bäume bei Buche, Eiche und Fichte im gemeinsamen Kollektiv der saarländischen und rheinland-pfälzischen Vollstichprobe (2013) von den jüngeren zu den älteren Altersklassen überaus deutlich an. Nur bei der Kiefer wirkt sich das Baumalter nur vergleichsweise wenig auf die Kronenverlichtung aus.

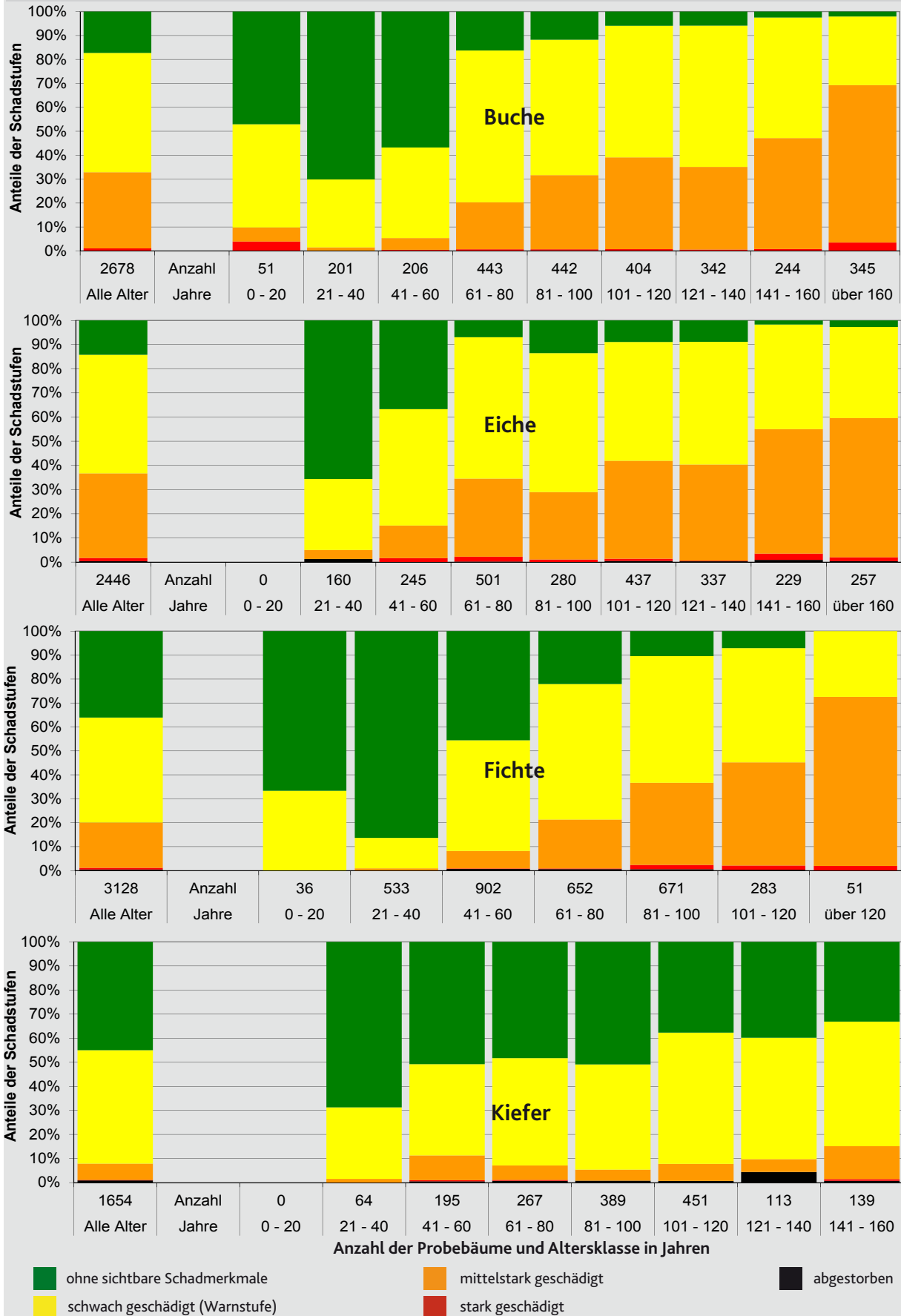
Zur differenzierteren Betrachtung wurden aus dem gemeinsamen WZE-Stichprobenkollektiv beider Länder Aufnahmeorte mit sehr alten Probestämmen ausgewählt und ihr Kronenzustand im Berichtsjahr 2015 und zur Überprüfung der zeitlichen Entwicklung auch im Jahr 1991

betrachtet. Hierfür wurde die mittlere Kronenverlichtung aller Probestämme der jeweils betrachteten Baumart für den einzelnen Aufnahmeort berechnet. Gegebenenfalls schon als Ersatz für ausgefallene Stichprobenbäume mit in das Kollektiv aufgenommene, jüngere Probestämme wurden dabei ausgeblendet. Zum Vergleich zu diesen Stichprobenpunkten mit sehr alten Bäumen wird die mittlere Kronenverlichtung eines Referenzkollektivs (Eiche 101-160 J.; Buche 81-140 J.; Fichte 61-100 J.; Kiefer 81-140 J.) herangezogen.

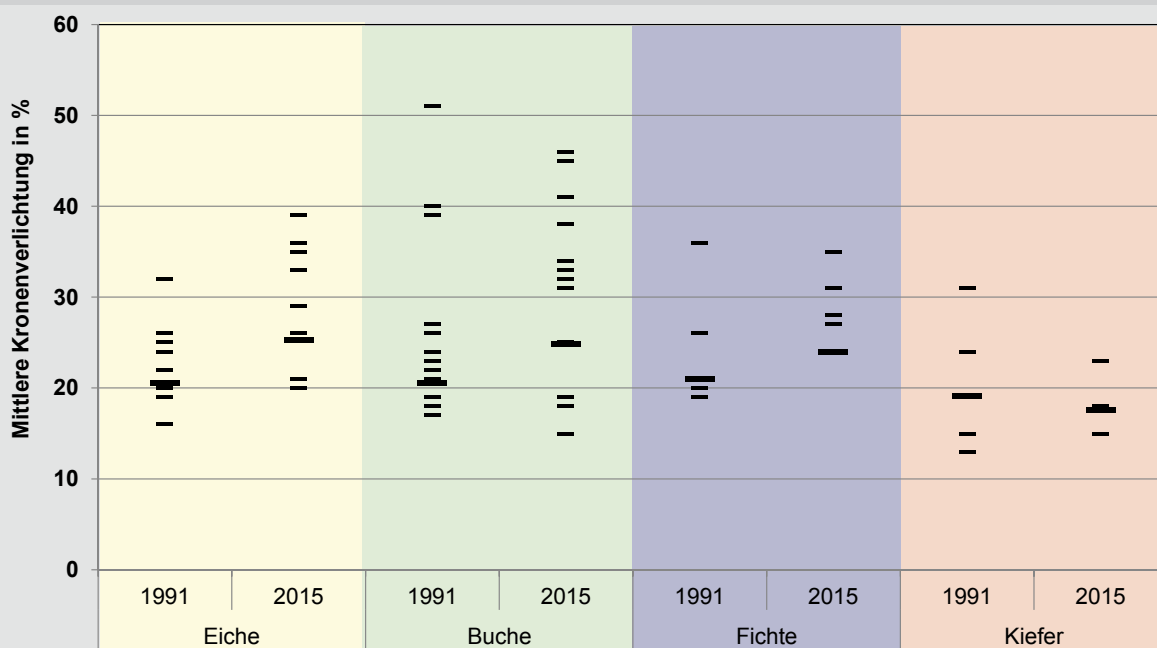
Bei Eiche, Buche und Fichte hat sich der Kronenzustand sowohl an den Rasterpunkten mit sehr alten Bäumen als auch im jeweiligen Referenzkollektiv der noch jüngeren Bäume von 1991 auf 2015 verschlechtert. Nur bei der Kiefer ist sowohl bei den sehr alten Bäumen als auch im Referenzkollektiv aktuell ein tendenziell etwas besserer Kronenzustand festzustellen.



Schadstufenverteilung bei den vier Hauptbaumarten nach Altersklassen im gemeinsamen Kollektiv der rheinland-pfälzischen und saarländischen Vollstichprobe 2013



Mittlere Kronenverlichtung an Aufnahmepunkten mit sehr alten Bäumen (dünne Balken) im gemeinsamen Stichprobenkollektiv der WZE Saarland und Rheinland-Pfalz im Vergleich zur mittleren Kronenverlichtung des Referenzkollektivs (hervorgehobener Balken). Ausgewählt wurden nur Rasterpunkte mit jeweils mehr als 10 Probestämmen der betreffenden Baumart im Zeitraum 1991 bis 2015: Eiche 9 Aufnahmepunkte, in 2015 älter 160 Jahre, Referenz: Kollektiv der 101 bis 160 Jahre alten Eichen. Buche 13 Aufnahmepunkte, in 2015 älter 140 Jahre, Referenz 81 bis 140 Jahre. Fichte 6 Aufnahmepunkte, in 2015 älter 100 Jahre, Referenz 61 bis 100 Jahre. Kiefer 4 Aufnahmepunkte, in 2015 älter 140 Jahre, Referenz 81 bis 140 Jahre.



Die sehr alten Bäume weisen bei allen betrachteten Baumarten einen sehr unterschiedlichen Kronenzustand auf: an einigen Rasterpunkten ist eine sehr starke Kronenverlichtung festzustellen, an anderen liegt die Kronenverlichtung der sehr alten Bäume sogar unterhalb der mittleren Kronenverlichtung des jüngeren Referenzkollektivs. Der Unterschied im Kronenzustand der sehr alten Bäume liegt im Wesentlichen wohl in ihrer Bestandessituation begründet: Ist der Bestand noch weitgehend geschlossen, ist der Kronenzustand auch im hohen Baumalter noch vergleichsweise gut. Handelt es sich um zur Verjüngung oder auch durch Borkenkäferbefall oder Sturmwurf stark aufgelichtete Bestände oder sogar nur noch um Reste des Altbestandes über der Folgegeneration, ist der Kronenzustand meist vergleichsweise schlecht. Offenbar wird die Vitalität der Bäume bei allen Baumarten mit Ausnahme der Kiefer in

dieser Situation infolge des plötzlichen Freistandes nach Nutzung oder Absterben der Nachbarbäume beeinträchtigt.

Anschauliche Belege für die Vitalitätsentwicklung sehr alter Bäume, den Einfluss verschiedener Stressfaktoren und ihr Regenerationsvermögen nach Einbrüchen im Kronenzustand liefern auch die langen Zeitreihen der Dauerbeobachtungsflächen in schon bei der Einrichtung der Flächen Mitte der 1980er Jahre alten Waldbeständen. Auf der Buchen-Dauerbeobachtungsfläche 203 „Arzbach“ im Westerwald sind die Bäume inzwischen 173 Jahre alt. Der Kronenzustand weist mit Beginn der 1990er Jahre einen deutlichen Anstieg der Kronenverlichtung auf. Hauptursache ist, wie auch im Kollektiv der Waldzustandserhebung, die seit 1990 gehäuft auftretende Fruktifikation der Buche. Die Zeitreihen der einzelnen Bäume

auf dieser Fläche zeigen, dass stark verlichtete Buchen sich auch wieder erholen können. Wenn keine zusätzlichen, biotischen (z.B. Buchenprachtkäfer) oder abiotischen Stressfaktoren (extremer Trockenstress) hinzukommen, ist eine Revitalisierung auch in hohem Alter zumindest in begrenztem Maße möglich.

Die Kronenverlichtung der Eiche wird sehr stark durch biotische Einflüsse, insbesondere Raupenfraß durch Frostspanner und Eichenwickler sowie nachfolgendem Mehлтаubefall beeinflusst. Demzufolge variiert der Kronenzustand von Jahr zu Jahr meist erheblich. Die Langzeitbeobachtung an der Dauerbeobachtungsfläche 405 „Merzalben“, einem inzwischen 210-jährigen Traubeneichenbestand im Pfälzerwald, belegt die Stabilität und das Regenerationsvermögen alter Eichen. Nach einem drastischen Anstieg der Kronenverlichtung Mitte der 1990er Jahre infolge von Kahlfraß durch Frostspanner und nachfolgendem Mehлтаubefall

hat sich der Kronenzustand wieder verbessert und verhartet seit vielen Jahren auf dem gleichen Niveau.

Auch sehr alte Fichten können noch vital sein. Dies belegen die Zeitreihen der inzwischen 138 Jahre alten Fichten an der Dauerbeobachtungsfläche 101 „Idar-Oberstein“ im Hunsrück. Das Niveau der Kronenverlichtung ist mit aktuell 25 % kaum höher als im Mittel der 60- bis 100-jährigen Bestände und seit mehr als 10 Jahren nahezu unverändert.

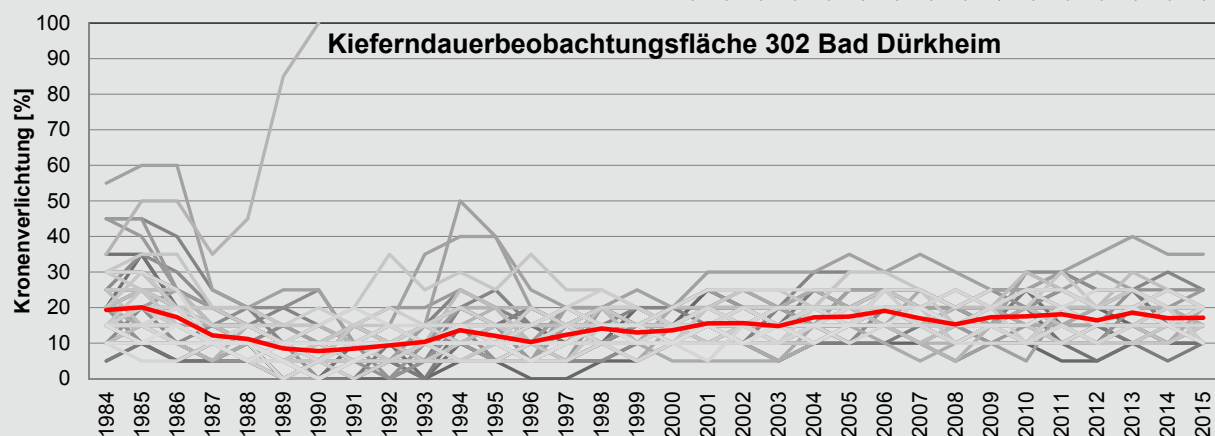
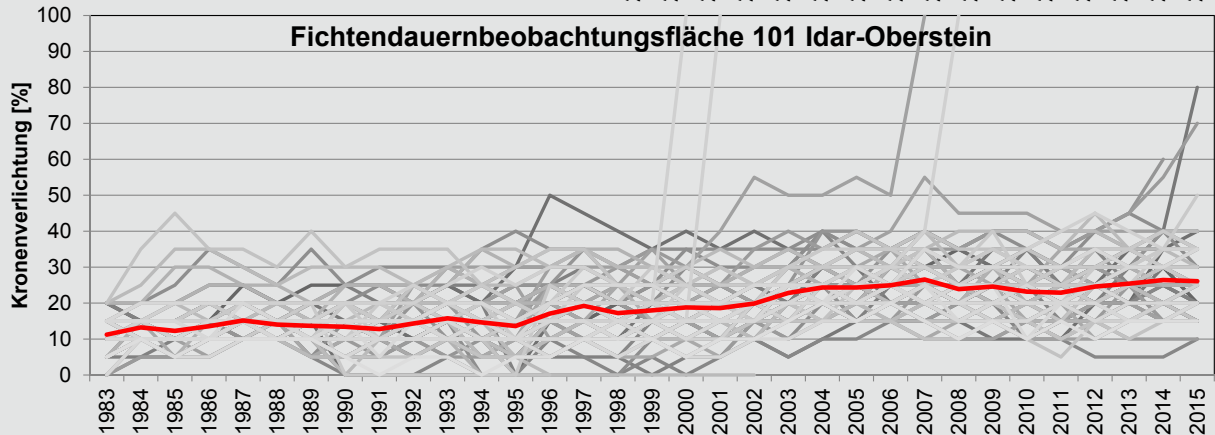
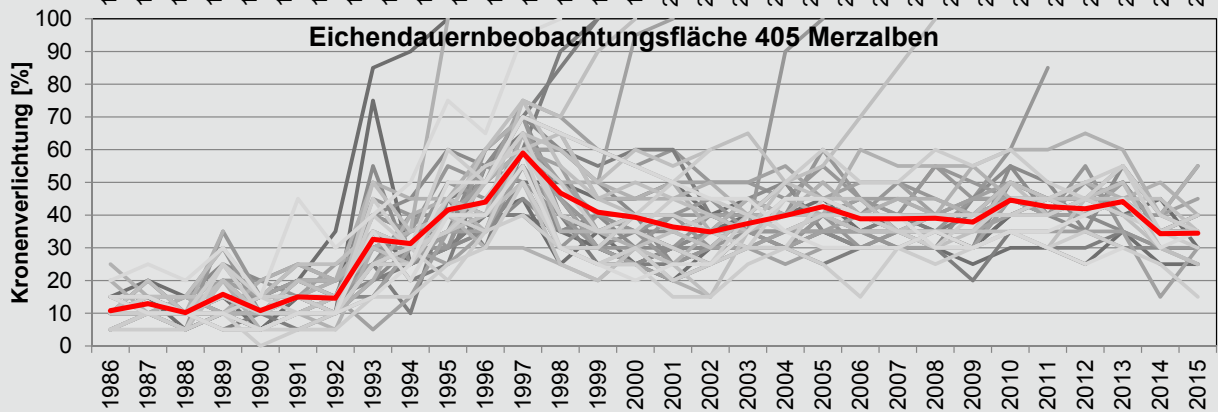
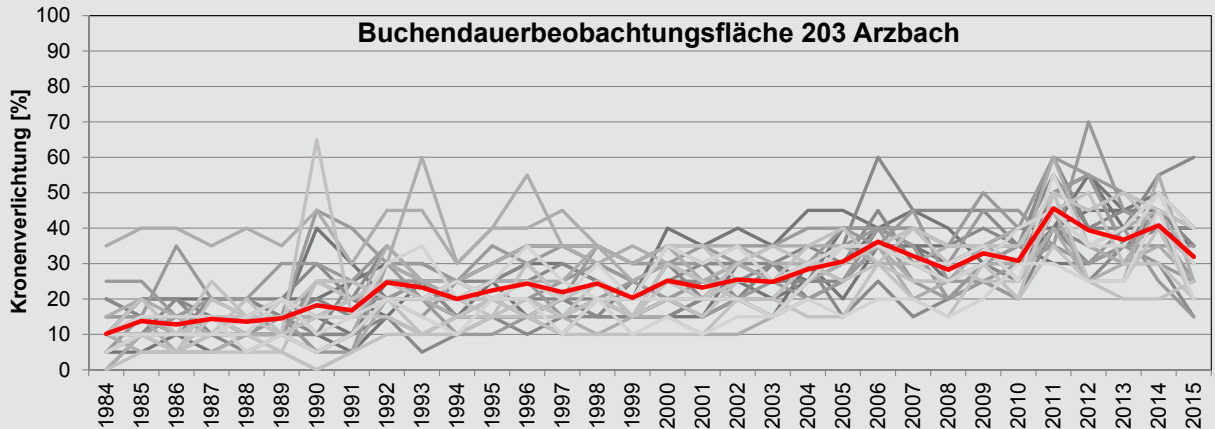
Die Kiefer zeigt im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten ein merklich geringeres Niveau der Kronenverlichtung und meist keinen gerichteten Trend in der Entwicklung des Kronenzustandes. Dies gilt auch für die inzwischen 152-jährigen Kiefern der Dauerbeobachtungsfläche 302 „Bad Dürkheim“.

**Mächtige, 185-jährige Buche am saarländischen WZE-Rasterpunkt 39 „Scheune Neuhaus“**

Foto Th. Wehner



Entwicklung der Kronenverlichtung (KV) auf Dauerbeobachtungsflächen (DBF) in sehr alten Waldbeständen; rote Linie: mittlere KV des jeweiligen DBF-Kollektivs; graue Linien: KV der Einzelbäume; auf 100 % KV laufende Bäume sind bei Fichte durch Borkenkäferbefall, bei Eiche durch Prachtkäferbefall und bei Kiefer durch Kienzopf ausgefallen, bzw. wurden vor ihrem Absterben aus Waldschutzgründen entnommen.







158-jährige Kiefer am saarländischen  
WZE-Rasterpunkt 77 „Jägersburg“  
Foto Th. Wehner



# OZONBELASTUNG RHEINLAND-PFÄLZISCHER UND SAARLÄNDISCHER WALDÖKOSYSTEME





Die kurzfristigen Ozonspitzenwerte sind erfreulicherweise seit Jahren rückläufig. Dennoch sind unsere Wälder nach wie vor einer erhöhten langfristigen Ozonbelastung ausgesetzt. Daher sind Ozonmessungen integraler Bestandteil des Forstlichen Umweltmonitorings beider Länder. Neben der bisherigen konzentrationsbasierten Bewertung der Ozonmessungen wird nun auch der Ozonfluss in die Vegetationsorgane der Bäume kalkuliert. Hiermit können die physiologischen und toxikologischen Wirkungen des Ozons wesentlich besser nachgebildet werden. Die Befunde zeigen an allen Standorten eine erhebliche Überschreitung der Verträglichkeitsgrenzen (Critical Levels) und sind ein deutlicher Beleg für die Notwendigkeit weiterer Maßnahmen zur Reduktion der Emission der Ozonvorläufersubstanzen Stickstoffoxide und flüchtige Kohlenwasserstoffe.

Das in der bodennahen Atmosphäre befindliche Ozon ist ein hoch phytotoxischer Luftschadstoff. Ozon ( $O_3$ ) entsteht unter der Einwirkung der Sonneneinstrahlung aus Vorläufersubstanzen, im Wesentlichen aus Luftsauerstoff, Stickoxiden und flüchtigen Kohlenwasserstoffen. 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, wie beispielsweise im aktuellen Jahr, zu erwarten.

Es gibt eine Fülle von Belegen, dass Ozon auch an Bäumen Schäden verursacht. Diese  $O_3$ -Effekte reichen von abnehmenden Blattchlorophyllgehalten und Photosyntheseraten, veränderter Wassernutzungseffizienz, vorzeitiger Blattseneszenz bis zu Veränderungen der Kohlenstoffallokation und einer Verringerung der Biomasseproduktion. Zum Teil treten auch mit bloßem Auge erkennbare Blattschäden auf. Letztlich dürften überhöhte Ozonbelastungen auch die Kohlenstoffspeicherung der Waldökosysteme und deren Biodiversität beeinflussen.

Zur Überwachung der Ozonbelastung unserer Wälder werden bereits seit langer Zeit die Ozonkonzentrationen in der bodennahen Atmosphäre im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings beider Länder gemessen. Hierzu werden zum einen sogenannte „Passivsammler“ und zum anderen auch kontinuierliche  $O_3$ -Aktivmessungen an Waldmessstationen des rheinland-pfälzischen Zentralen Immissionsmessnetzes – ZIMEN – eingesetzt. Darüber hinaus werden an ausgewählten Standorten regelmäßig an den Blättern oder Nadeln der Bäume und an der Waldbodenvegetation sichtbare Ozonschäden begutachtet.

Zur Bewertung der Ozoneinwirkung auf die Waldbäume werden aus den gemessenen Ozonkonzentrationen verschiedene wirkungsbezogene Kennwerte hergeleitet, die mit „kritischen Werten – Critical Levels (CL)“ abgeglichen werden. Die CL basieren auf Dosis-Wirkungs-Beziehungen aus Feldexperimenten. Solche Critical Level werden im Übereinkommen der Vereinten Nationen über grenzüberschreitende Luftverunreinigungen

**Aufnahme von Ozonschadsymptomen  
an einer LESS**

Foto J. Block

Umfassendere Informationen:

zu den Messflächen und den dortigen Messprogrammen:

Saarland: [www.saarland.de/70484.htm](http://www.saarland.de/70484.htm)

Rheinland-Pfalz: [www.fawf.wald-rlp.de/index.php?id=3017](http://www.fawf.wald-rlp.de/index.php?id=3017)

Zur Methodik der Passivsammler: [www.icp-forests.net/  
page/icp-forests-manual](http://www.icp-forests.net/page/icp-forests-manual)

Zu den Ozonmessungen im ZIMEN: [www.luft-rlp.de](http://www.luft-rlp.de)

## Ozonmessungen im Forstlichen Umweltmonitoring

### Saarland

Level II Dauerbeobachtungsfläche mit Passivsammlern: Fischbach, Eiche mit Buche, 320 m ü. NN

### Rheinland-Pfalz

Dauerbeobachtungsflächen mit ZIMEN-Waldstation:

Umweltkontrollstation Idar-Oberstein (ZIMEN Hunsrück-Leisel); Fichte, 650 m ü. NN

Umweltkontrollstation Merzalben (ZIMEN Pfälzerwald-Hortenkopf), Eiche, 550m ü. NN

ForeStClim Merzalben (ZIMEN Pfälzerwald-Hortenkopf), Buche, 550m ü. NN

Schneifel (ZIMEN Westeifel-Wascheid), Fichte, 680 m ü. NN

Kirchen (ZIMEN Westerwald-Herdorf), Fichte, 480 m ü. NN

Neuhäusel (ZIMEN Westerwald-Neuhäusel), Buche, 540 m ü. NN

Dauerbeobachtungsflächen mit Passivsammlern:

Schaidt, Stieleiche, 129 m ü. NN

Adenau, Fichte, 600 m ü. NN

### Messverfahren:

Mit Hilfe von Passivsammlern des Schwedischen Umweltinstituts (IVL) werden in der forstlichen Vegetationszeit (April bis September) 14-Tageswerte der Ozonkonzentration gemessen. Bei dieser auch für andere Luftschadstoffe geeigneten Methode werden kleine Container verwendet, die mit speziellen Chemikalien behandelte Filterblättchen enthalten, die von der (passiv) vorbeistreichenden Umgebungsluft mit Luftschadstoffen beladen werden. Nach einer Expositionszeit von zwei Wochen werden die Filterblättchen eingesammelt und im Labor analysiert. Aus den gespeicherten Stoffen bzw. den hiervon verursachten chemischen Reaktionen lässt sich auf die Durchschnittskonzentration der jeweiligen Luftschadstoffe während der Expositionszeit schließen. Über Korrelationen der mit Passivsammlern gemessenen 14-Tages- $O_3$ -Konzentrationen zu AOT40 Werten nahe gelegener kontinuierlich aktiv messender Ozonstationen wie im ZIMEN-Messnetz von Rheinland-Pfalz kann auch für Standorte mit  $O_3$ -Passivsammlern der AOT40 abgeleitet werden.

An den ZIMEN-Stationen wird die Umgebungsluft (aktiv) angesaugt und in ein kontinuierlich die  $O_3$ -Konzentration ermittelndes Analysegerät geleitet.



Passivsammlersystem an der saarländischen Station Fischbach Foto D. Hemmerling



ZIMEN-Messcontainer am Hortenkopf (Umweltkontrollstation Idar-Oberstein, Hunsrück)

Foto H. W. Schröck



(Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution – CLRTAP <http://www.unece.org/env/lrtap/welcome.html>) verwendet. Das LRTAP-Übereinkommen benutzt die CL als politisches Instrument, um Bereiche der CL-Überschreitung in Europa zu identifizieren und anschließend in Strategien zur Emissionsminderung und zur Verbesserung der Luftqualität für Europa umzusetzen.

Zur Abschätzung der Ozonrisiken für Pflanzen stehen verschiedene Beurteilungsverfahren unterschiedlicher Komplexität zur Verfügung. Neben der bisherigen konzentrationsbasierten Bewertung der Ozonmessungen wird im Rahmen einer Kooperation mit dem Fachbereich VI, Geobotanik, der Universität Trier (Prof. Dr. Willy Werner) nun auch der Ozonfluss in die Vegetationsorgane der Bäume kalkuliert. Hiermit können die physiologischen und toxikologischen Wirkungen des Ozons wesentlich konkreter abgebildet werden.

Als Basis für die Herleitung aller wirkungsbezogenen Kennwerte zur Ozongefährdung von Waldbäumen werden auf den Kronenraum der Waldbäume bezogene Stundenwerte der Ozonkonzentration verwendet. Hierzu wird die standardgemäß in 3 m Höhe gemessene O<sub>3</sub>-Konzentration mit Hilfe des Modells DO<sub>3</sub>SE (Deposition of Ozone for Stomatal Exchange) in die Ozonkonzentration in Bestandeshöhe umgerechnet.

Gegenwärtig werden drei unterschiedliche Verfahren zur Einschätzung der Ozonbelastung unserer Wälder eingesetzt:

#### **MPOC (Maximum Permissible Ozone Concentration)**

Die MPOC-Methode nach Grünhage et al. (2001) bzw. VDI Richtlinie, 2310 Blatt 1 (2010) geht nur von der herrschenden Ozonkonzentration aus. Der Schutzstatus der Vegetation wird über Mittelwerte der Ozonkonzentration im Kronenbereich bei unterschiedlicher Zeitdauer (8 Stunden, 24 Stunden, 7 Tage, 30 Tage, 90 Tage und die gesamte Vegetationsperiode April bis einschließlich September) abgeschätzt. Artsspezifische Emp-

findlichkeiten werden dabei nicht berücksichtigt. Auch bleibt bei der MPOC-Bewertung unklar, welcher Art Schäden oder Verluste an Pflanzen auftreten (sichtbare Blattschäden, Ertragsverluste, Wachstumsreduktion, Qualitätsverluste). Bei diesem ausschließlich konzentrationsbasierten Ansatz ist zudem allenfalls eine Differenzierung in akute und chronische Ozoneinwirkung möglich.

Die Bewertung des Ozonrisikos nach der MPOC-Methode zeigt für die Mehrzahl der Jahre einen „weitgehenden Schutz“ der Waldbäume. Jedoch gibt es ozonreiche Jahre wie 2003 und 2006, in denen ein „steigendes Risiko“ eintritt. In keinem Jahr wird aber die Bewertungsstufe „dauerhafte Schäden“ erreicht. Die 8-Stunden und 24-Stunden-Mittel fallen meist in die Bewertungsstufen „maximaler“ oder „weitgehender Schutz“, während langfristige Mittel (30-Tagesmittel oder Mittel über die Vegetationsperiode), auch über mehrere Jahre hinweg Ozonrisiken durch chronische Wirkungen anzeigen. Die Zeitreihen belegen auch den vom Umweltbundesamt festgestellten allgemeinen Trend, dass die Spitzenbelastung durch Ozon in den letzten Jahren geringer geworden ist, sich aber die Mittelwerte der Ozonkonzentration nicht wesentlich verändert haben.

#### **AOT40 (Accumulated Ozone Exposure over a threshold of 40 parts per billion)**

(Kumulierte Ozonbelastung oberhalb des Grenzwertes von 40 ppb)

Der AOT40 ist ein Index, der zur Beurteilung der Ozoneffekte alle Ozonkonzentrationen in der Kronenschicht über 40 ppb bei Tageslicht (Globalstrahlung über 50 W/m<sup>2</sup>) akkumuliert. Der Critical Level für Waldbäume ist im aktuellen CLRTAP-Manual auf 5 ppm·h (= 5.000 ppb·h) in der Zeitspanne einer Vegetationsperiode (April bis einschließlich September) festgelegt. Dieser Wert gilt für alle Waldbaumarten. Bei Buche wird die ozonbedingte Wachstumsreduktion bei Einhaltung dieses CL auf 5 % begrenzt (vgl. CLRTAP 2014). Der AOT40 berücksichtigt eine gewisse Entgiftungskapazität der Pflanze, weil erst Konzentrationen über 40 ppb in den Index einfließen. Da in den Index nur Ozonkonzentrationen bei

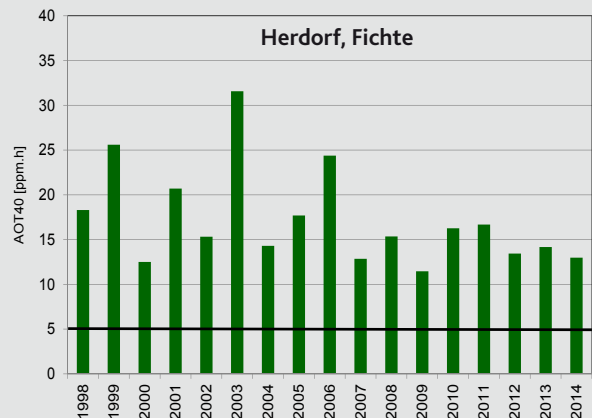
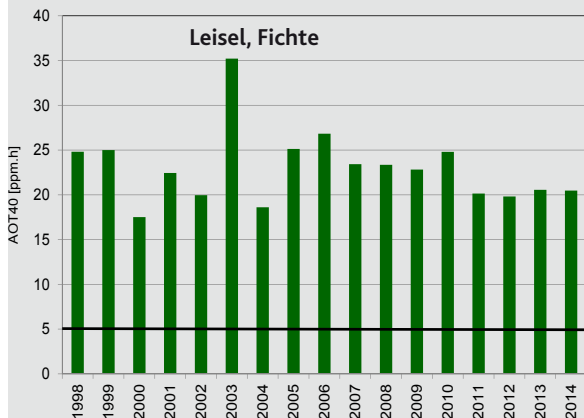
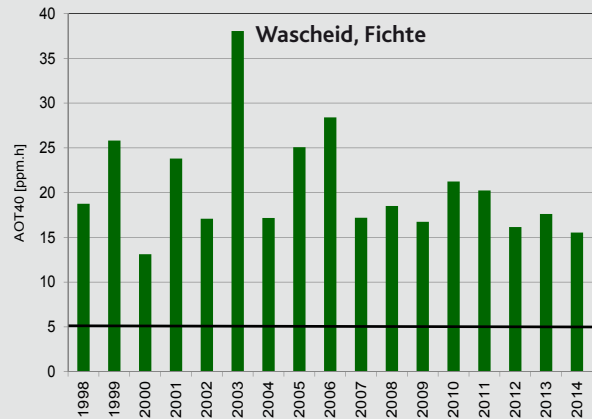
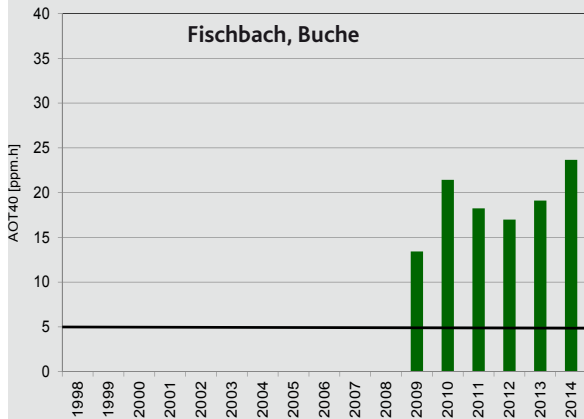
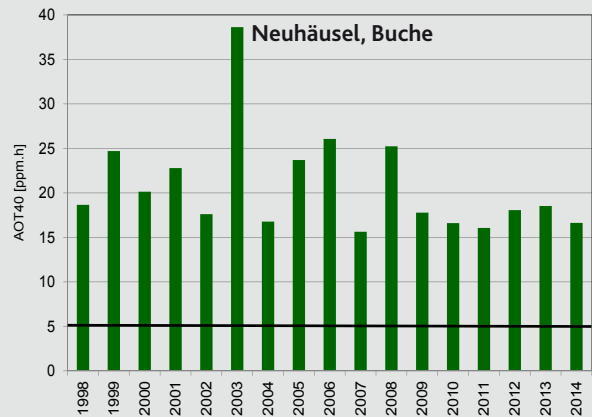
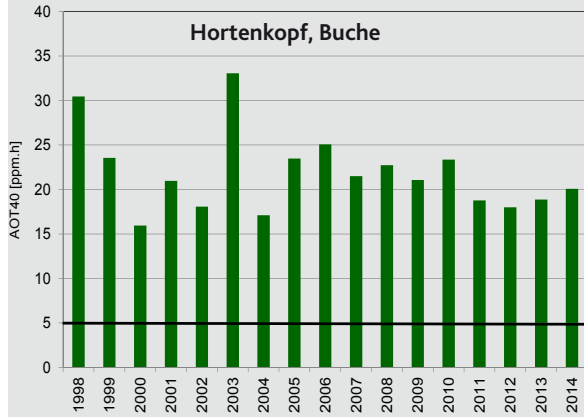
## Ozon-Risikoabschätzung nach der MPOC-Methode für 6 Dauerbeobachtungsflächen mit ZIMEN-Waldstationen

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Herdorf (Fichte)</b>																	
8 Stunden O <sub>3</sub> -Mittel	123,3	100,5	87,4	106,0	93,5	122,4	90,8	104,0	112,4	91,1	90,0	91,0	99,7	88,6	100,0	83,6	84,0
24 Stunden O <sub>3</sub> -Mittel	105,7	85,9	82,2	95,5	76,7	113,0	86,0	89,1	97,2	83,1	76,2	76,8	94,7	83,5	89,0	73,0	74,6
7 Tage O <sub>3</sub> -Mittel	73,2	76,3	66,8	73,3	61,7	98,7	70,2	64,5	76,3	68,3	54,5	53,8	72,5	75,4	61,9	61,6	56,3
30 Tage O <sub>3</sub> Mittel	53,5	52,9	50,1	50,7	46,6	66,9	51,5	50,5	62,8	54,9	54,5	45,2	60,0	60,7	48,3	50,4	47,5
90 Tage O <sub>3</sub> -Mittel	43,1	49,0	44,3	46,4	44,2	55,7	41,5	44,7	53,3	46,1	45,7	41,6	46,1	47,3	40,3	42,3	42,4
April-September O <sub>3</sub> -Mittel	39,6	45,5	37,6	41,1	39,8	49,0	38,4	39,9	43,7	37,6	38,1	38,0	39,1	39,8	38,8	38,4	37,7
<b>Neuhäusel (Buche)</b>																	
8 Stunden O <sub>3</sub> -Mittel	126,5	96,9	102,0	118,7	93,8	144,0	95,9	112,2	118,6	93,7	111,6	97,6	101,0	87,0	104,3	92,5	97,5
24 Stunden O <sub>3</sub> -Mittel	105,0	79,9	97,4	95,1	80,7	123,1	88,5	100,5	100,1	79,1	110,0	84,3	69,1	63,7	68,4	81,2	82,7
7 Tage O <sub>3</sub> -Mittel	72,5	68,4	67,9	74,1	54,0	102,0	69,9	73,8	79,4	60,2	77,9	58,8	54,9	52,2	53,3	68,6	62,1
30 Tage O <sub>3</sub> Mittel	59,6	52,3	51,9	51,8	46,6	72,8	53,2	57,4	63,9	49,1	56,3	48,1	48,1	42,3	41,2	55,9	52,1
90 Tage O <sub>3</sub> -Mittel	51,6	48,8	45,5	47,7	43,4	60,3	44,0	49,1	54,9	44,9	49,5	44,5	37,1	37,9	37,3	46,7	46,5
April-September O <sub>3</sub> -Mittel	39,4	44,3	40,2	41,5	40,4	52,0	40,3	43,5	43,4	39,1	44,4	41,7	30,6	31,4	33,8	42,0	40,8
<b>Hortenkopf (Buche)</b>																	
8 Stunden O <sub>3</sub> -Mittel	121,2	87,3	97,7	98,4	88,5	113,5	95,8	100,3	104,3	97,8	95,9	85,9	104,7	90,7	106,3	93,8	100,7
24 Stunden O <sub>3</sub> -Mittel	110,6	80,4	83,4	84,0	83,3	106,3	89,0	91,4	91,9	89,9	80,5	77,9	95,4	77,3	100,9	82,2	99,9
7 Tage O <sub>3</sub> -Mittel	84,5	80,4	63,0	68,2	58,5	90,4	75,0	72,4	78,0	73,2	67,1	65,1	75,5	69,4	69,5	64,9	64,5
30 Tage O <sub>3</sub> Mittel	64,7	51,9	48,7	50,2	48,4	68,6	55,7	56,7	64,3	57,5	56,6	52,7	63,7	57,8	52,5	55,6	55,6
90 Tage O <sub>3</sub> -Mittel	53,3	48,6	45,3	48,5	45,8	45,8	46,2	49,6	54,0	51,2	51,4	49,1	51,7	48,9	45,0	47,8	50,2
April-September O <sub>3</sub> -Mittel	50,0	45,6	40,3	43,1	43,0	51,5	41,9	45,2	46,0	44,4	44,4	45,4	45,2	43,2	43,3	43,4	45,1
<b>Hortenkopf (Eiche-Buche)</b>																	
8 Stunden O <sub>3</sub> -Mittel	121,9	87,4	99,0	98,8	89,4	112,0	96,5	100,2	104,7	95,0	96,0	84,9	102,1	89,9	106,2	93,2	101,0
24 Stunden O <sub>3</sub> -Mittel	111,3	80,1	84,4	85,3	84,1	104,9	89,3	91,2	91,5	87,8	79,6	77,2	93,6	78,1	100,8	83,6	100,1
7 Tage O <sub>3</sub> -Mittel	85,3	74,4	63,8	69,1	59,2	89,4	75,5	72,3	78,1	72,0	66,4	64,8	75,0	68,9	70,0	66,3	64,4
30 Tage O <sub>3</sub> Mittel	65,4	52,5	49,3	50,8	49,0	68,1	56,0	56,7	64,3	57,0	55,7	52,4	63,2	57,5	52,8	56,3	55,8
90 Tage O <sub>3</sub> -Mittel	53,7	49,2	45,7	49,0	46,3	57,7	46,4	49,5	54,1	50,9	51,0	48,9	51,1	48,7	45,1	48,3	50,3
April-September O <sub>3</sub> -Mittel	50,4	45,9	40,7	43,5	43,4	51,1	42,0	45,0	46,0	44,0	44,0	45,1	44,7	43,1	43,3	43,7	45,1
<b>Leisel (Fichte)</b>																	
8 Stunden O <sub>3</sub> -Mittel	105,2	87,0	97,0	98,2	89,2	113,5	95,4	100,9	103,9	101,0	96,7	85,5	104,9	90,2	106,2	93,0	86,0
24 Stunden O <sub>3</sub> -Mittel	100,1	81,2	84,1	85,6	84,1	106,3	89,8	92,6	93,0	92,6	80,5	78,1	95,3	80,9	102,2	84,3	79,7
7 Tage O <sub>3</sub> -Mittel	74,5	73,3	63,9	69,2	59,3	90,4	75,8	73,1	78,7	76,0	57,4	65,9	76,2	72,3	70,9	66,8	64,4
30 Tage O <sub>3</sub> Mittel	57,5	52,5	49,7	51,1	49,3	68,6	56,3	57,5	64,9	59,2	57,4	53,3	64,3	59,1	53,7	56,7	54,8
90 Tage O <sub>3</sub> -Mittel	48,5	49,5	46,3	49,3	46,7	57,9	46,9	50,5	54,9	52,4	51,7	49,8	52,4	49,6	45,9	48,8	49,2
April-September O <sub>3</sub> -Mittel	45,3	46,4	41,2	44,0	43,9	51,5	42,7	46,0	46,8	45,3	44,8	46,1	45,8	43,8	44,3	44,3	44,0
<b>Warscheid (Fichte)</b>																	
8 Stunden O <sub>3</sub> -Mittel	109,3	96,4	94,1	112,0	91,6	137,7	83,0	105,5	113,9	98,8	96,5	88,9	97,3	90,8	108,4	89,8	85,6
24 Stunden O <sub>3</sub> -Mittel	97,4	84,2	83,8	98,6	87,1	120,7	75,8	97,0	97,4	93,1	86,3	77,8	89,6	86,5	98,5	78,6	77,6
7 Tage O <sub>3</sub> -Mittel	77,3	73,8	56,6	74,0	59,6	101,1	62,9	71,8	78,8	76,5	68,6	60,1	73,8	78,8	68,8	62,7	60,8
30 Tage O <sub>3</sub> Mittel	56,9	54,5	46,0	52,7	48,9	71,3	47,9	56,5	64,8	58,7	56,5	47,7	61,1	63,3	49,9	52,3	50,8
90 Tage O <sub>3</sub> -Mittel	47,2	50,5	40,5	50,0	46,4	59,4	45,4	50,4	55,9	49,6	48,4	46,0	49,4	50,5	43,2	44,5	44,9
April-September O <sub>3</sub> -Mittel	42,9	47,5	38,8	45,2	43,3	53,2	42,5	45,3	47,2	41,5	41,7	42,1	42,8	43,5	41,2	41,6	40,6

	max. möglicher Schutz	weitgehender Schutz	steigendes Risiko mit der Zeit (z.B. > 3 Jahre)	Überschreitung führt zu dauerhaften Schäden
8 Stunden O <sub>3</sub> -Mittel	<92	92-164	165-295	>295
24 Stunden O <sub>3</sub> -Mittel	<74	74-130	131-229	>229
7 Tage O <sub>3</sub> -Mittel	<50	50-86	87-148	>148
30 Tage O <sub>3</sub> -Mittel	<37	37-63	64-108	>108
90 Tage O <sub>3</sub> -Mittel	<29	29-50	51-86	>86
April-September O <sub>3</sub> -Mittel	<25	25-43	44-74	>74

nach Grünhage et al. (2011)

Ozon-Risikoabschätzung mit dem AOT40-Index für 6 Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz und im Saarland; die durchgezogene Linie markiert den Critical Level von 5ppm·h



Bei einer Lufttemperatur von 20°C entspricht 1 ppb Ozon etwa 2 µg Ozon je Kubikmeter Luft.



Tageslicht einfließen, wird auch berücksichtigt, dass ohne Licht die Spaltöffnungen weitgehend geschlossen sind und kein Ozon in das Blatt eindringen kann.

Die für die Waldmessstationen beider Länder ermittelten AOT40-Werte liegen zwischen 13 und 38 ppm·h und überschreiten damit an allen Flächen und in allen Jahren den kritischen Level von 5ppm·h überaus deutlich. Die Höhe des jeweiligen AOT40 wird durch die Ozonkonzentration bestimmt. Die höchsten Werte sind demzufolge auf allen Flächen im ozonreichsten Jahr 2003 zu finden, gefolgt von 1998, 2006 und 2010. Die niedrigsten AOT40-Werte zeigen die Jahre 2000, 2011 und 2012. Die Überschreitung des kritischen Levels für AOT40 erfolgt bei allen Waldbaumarten zwischen Anfang Mai und Anfang Juni, also 20 bis 40 Tage nach dem Blattaustrieb der Buche bzw. Eiche. Dies ist sehr früh und kann, wenn die Verteidigungsmöglichkeit des Baumes zum Beispiel durch Entgiftung des Ozons, Kompensationswachstum usw. nicht hinreichend ist, zu Schäden wie reduzierter Biomasseproduktion bei Spross und Wurzeln oder eingeschränkter Fruktifikation führen. Die Überschreitung liegt im Mittel der Zeitreihen zwischen dem Zwei- und Fünffachen des Critical Levels und kann in ozonreichen Jahren wie 2003 beim Sechs- bis nahezu Achtfachen liegen. Dem aktuellen Kenntnisstand der AOT-bezogenen Dosis-Wirkungsbeziehungen zufolge lassen sich bei den für die Waldgebiete

in Rheinland-Pfalz und im Saarland ermittelten hohen AOT40 Überschreitungen jährliche ozonbedingte Wachstumseinbußen der Waldbäume zwischen 10 bis 20 % schlussfolgern.

### **POD<sub>y</sub> (Phytotoxic Ozone Dose)**

Gegenüber den vorstehend beschriebenen konzentrationsbasierten Ansätzen erfolgt beim Indikator POD<sub>y</sub> eine Kalkulation des Ozonflusses in die Pflanze. Der Ozonfluss umfasst die Menge Ozon, die im Rahmen des Gaswechsels durch die Spaltöffnungen in die Pflanze eindringt und im ungeschützten Blattgewebe seine Oxidationskraft entfalten kann. Hiermit werden die physiologischen und toxikologischen Wirkungen des Ozons wesentlich besser abgebildet als über die konzentrationsbasierten Ansätze. Beim POD<sub>y</sub> handelt es sich um die mathematische Abschätzung des Ozonflusses in die Blätter, also um die tatsächliche Ozondosis oberhalb eines Ozonschwellenwertes  $y$  [ $\text{nmol O}_3 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ], der die Pflanze ausgesetzt ist. Der Schwellenwert repräsentiert die Entgiftungskapazität der Pflanzenart. Der resultierende Fluss wird über die Vegetationsperiode zum POD<sub>y</sub> akkumuliert, für die im CLRTAP-Manual Critical Level definiert sind. Für die Buche (*Fagus sylvatica*) ist aktuell ein POD<sub>1</sub> von  $4 \text{ nmol O}_3 \text{ m}^{-2} \text{ PLA}$  (zur Sonne ausgerichtete Blattfläche - Projected Leaf Area - PLA) und für die Fichte (*Picea abies*)  $8 \text{ nmol O}_3 \text{ m}^{-2} \text{ PLA}$  vorgegeben. Bei Einhaltung der Critical Level soll die ozonbedingte Wachstumsreduktion bezogen auf

Die in diesem Kapitel enthaltenen AOT40- und POD<sub>y</sub>-Kalkulationen und -Bewertungen basieren auf:

CLRTAP (2014): Mapping Critical Levels for Vegetation, Chapter III of Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollution effects, risks and trends. UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Entwurf August 2014)  
[http://icpvegetation.ceh.ac.uk/publications/documents/Updatedchapter3\\_formattedSep2014.pdf](http://icpvegetation.ceh.ac.uk/publications/documents/Updatedchapter3_formattedSep2014.pdf)

Berechnung POD<sub>y</sub> mit DO<sub>3</sub>SE (Deposition of Ozone for Stomatal Exchange):  
<http://sei-international.org/do3se>

die gesamte Biomasseproduktion bei Buche auf maximal 4 %, bei Fichte auf maximal 2 % beschränkt werden.

Zur Berechnung des  $POD_y$  wurde für die hiesigen Messstationen das Programm  $DO_3SE$  (Deposition of  $O_3$  Stomata Exchange) verwendet. Für die  $POD_y$ -Kalkulationen mit  $DO_3SE$  ist eine umfangreiche Datenbasis erforderlich, u. a. die Stundenmittel der Ozonkonzentration [ppm], der Lufttemperatur [°C], der Globalstrahlung [ $W m^{-2}$ ], der Windgeschwindigkeit [ $ms^{-1}$ ], des Wasserdampf-sättigungsdefizits der Luft [kPa], des Luftdrucks [kPa] und die Stundensummen des Niederschlags [mm], sowie Daten zur geographischen Lage, die Messhöhe von Ozon und der meteorologischen Größen und ihre Referenzhöhen zur Umrechnung der Ozonkonzentration von Messhöhe in Bestandeshöhe. Für die Angabe der Wassernachlieferung aus dem Boden ist bei  $DO_3SE$  ein Bodenwasserhaushaltsmodell integriert, welches Angaben zur Bodenart, zur Messtiefe des Bodenwassers, zur Durchwurzelungstiefe, zur Bestandeshöhe und zum Blattflächenindex benötigt. Da nicht für alle Stationen und Jahre phänologische Beobachtungen vorlagen, wurde für den Start und das Ende der Vegetationsperiode das Latitude Modell von EMEP benutzt.

Für die jeweilige Vegetationsperiode (Akkumulationszeitraum) werden stündliche Werte der  $O_3$ -Konzentration und der jeweiligen aktuellen stomatären Leitfähigkeit für Ozon hergeleitet und miteinander zum Ozonfluss multipliziert. Danach wird der die Entgiftungskapazität der jeweiligen Pflanzenart übersteigende Anteil des  $O_3$ -Flusses über die Vegetationsperiode zum  $POD_y$  akkumuliert.

Die stomatäre Blattleitfähigkeit wird vor allem durch das Wasserdampf-sättigungsdefizit der Luft, die Lufttemperatur, die Lichtintensität (Photonenflussdichte berechnet aus der Globalstrahlung) und die Bodenwasserverfügbarkeit beeinflusst. Darüber hinaus wird auch der Entwicklungszustand der Blätter in Abhängigkeit vom julianischen Datum (Tag im Jahr) berücksichtigt. Die maximale und minimale Leitfähigkeit, die Abhängigkeit der Blattleitfähigkeit von Licht,

Temperatur und Wasserdampf-sättigungsdefizit sowie die Blattfläche werden baumartenspezifisch differenziert. Ein direkter Einfluss von Ozon auf den Spaltenschluss konnte bei Waldbäumen demgegenüber nicht nachgewiesen werden und wird deshalb nicht berücksichtigt (CLRTAP 2014).

### **POD<sub>1</sub>-Befunde, Buche Pfälzerwald**

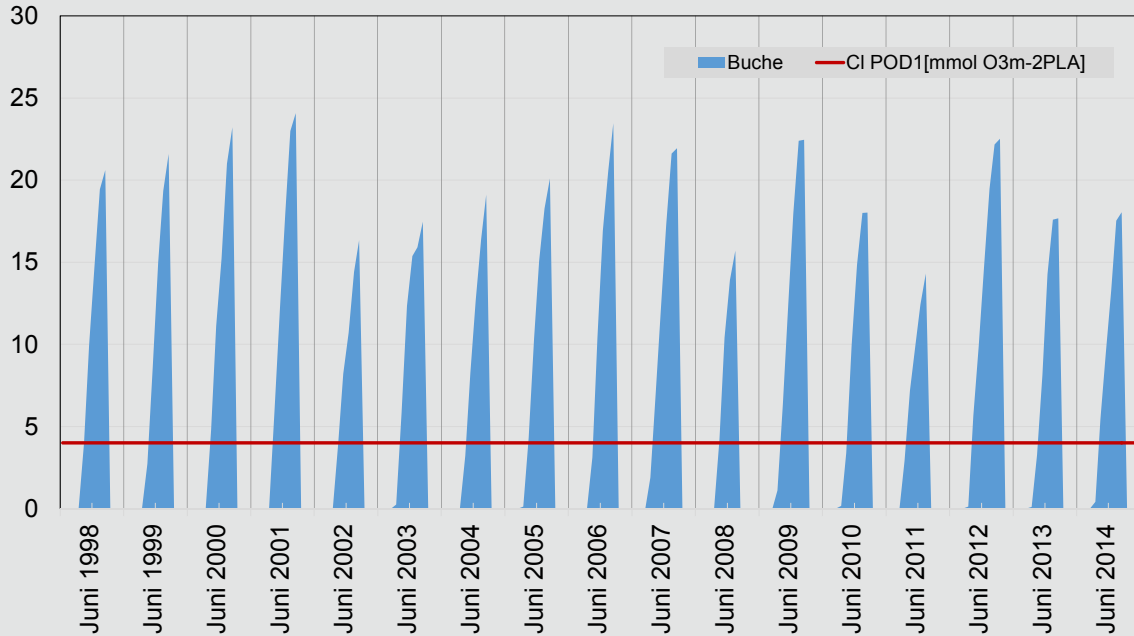
Die Ergebnisse der Ozonflusskalkulationen werden am Beispiel eines Buchenbestandes im Pfälzerwald (ForeStClim-Fläche Merzalben, ZIMEN-Station Hortenkopf) erörtert:

Die phytotoxische Ozondosis ( $POD_1$ ) als akkumulierte Ozonflüsse über einem Schwellenwert von  $1 \text{ nmol } O_3 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  variieren in der Zeitreihe 1998 bis 2014 zwischen 14 (2011) und 24 (2001)  $\text{mmol } O_3 \text{ m}^{-2} \text{ PLA}$ . Der kritische Wert ( $CL \text{ } POD_1 = 4 \text{ mmol } O_3 \text{ m}^{-2} \text{ PLA}$ ) wird in allen Jahren schon im Mai/Juni überschritten, zum Ende der Vegetationsperiode um das 4- bis 7-Fache. Nach den in CLRTAP (2014) dargelegten Dosis-Wirkungs-Beziehungen sind bei diesen  $POD_1$ -Werten jährliche ozonbedingte Wachstumseinbußen zwischen 10 und 20 % zu erwarten.

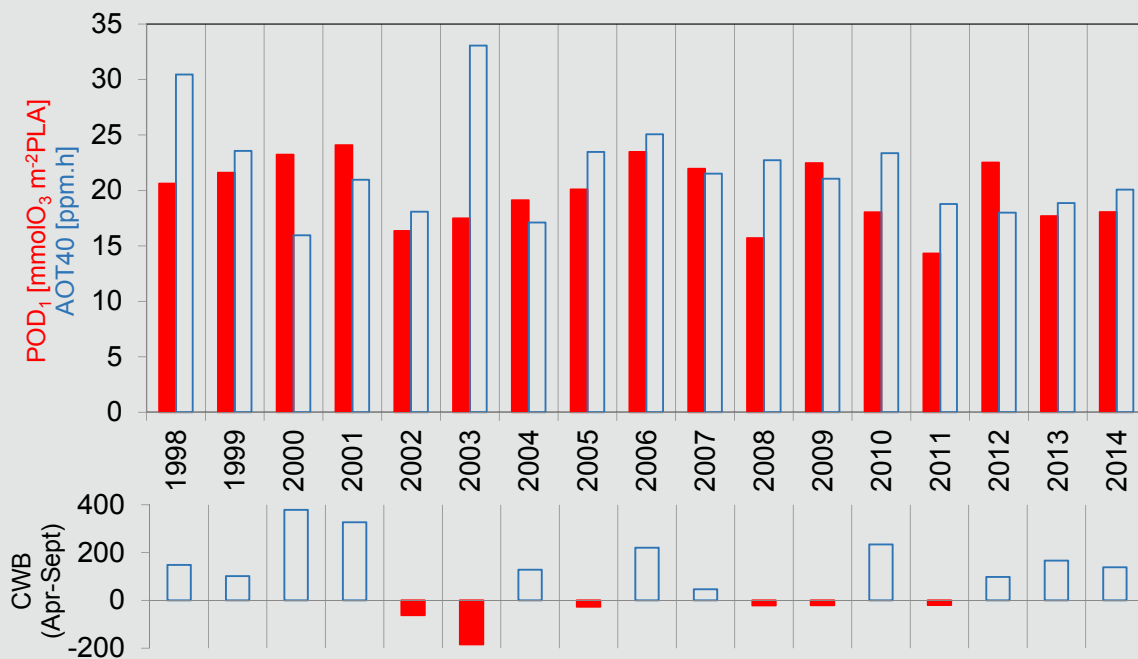
Jahre mit Trockenperioden (2002, 2003, 2008, 2011) weisen geringere  $POD$ -Werte auf als Jahre mit geringerem Wasserstress (2000, 2001, 2006, 2014). In Jahren mit feuchterer Witterung können die Spaltöffnungen aufgrund des geringeren Wasserdampf-sättigungsdefizits als auch der höheren Vorräte an pflanzenverfügbarem Wasser im Boden länger geöffnet werden. Somit erfolgt in diesen Jahren ein intensiver Gaswechsel inklusive des Einstroms von Ozon mit der Folge höherer  $POD_1$  trotz vergleichsweise niedriger  $O_3$ -Konzentrationen. In den trocken-heißen ozonreichen Jahren fällt die  $POD$  demgegenüber wesentlich geringer aus als es die konzentrationsbasierten Indizes (MPOC, AOT40) glauben lassen.

Zwischen der klimatischen Wasserbilanz der Monate April bis September und den  $POD_1$  im gleichen Zeitraum zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang: Bei besserer klimatischer Wasserbilanz steigt die phytotoxische Ozondosis an. Die Beurteilung des Ozonstresses darf daher nicht allein auf Ozonkonzentrationen beruhen,

Zeitreihe der Phytotoxischen Ozon Dosis (POD<sub>1</sub> in mmol O<sub>3</sub> m<sup>-2</sup> PLA) für den Buchenbestand Merzalben (ZIMEN Hortenkopf). In den jeweiligen Jahren sind die monatlich aufsummierten POD<sub>1</sub> -Werte dargestellt. Die rote Linie markiert den Critical Level von 4 mmol O<sub>3</sub> m<sup>-2</sup> PLA



Über die Vegetationszeit aufsummierte phytotoxische Ozondosis (POD<sub>1</sub> in mmol O<sub>3</sub> m<sup>-2</sup> PLA) für den Buchenbestand Merzalben im Vergleich zu den AOT40-Werten in ppm.h; im unteren Teil der Abbildung ist die klimatische Wasserbilanz (CWB in l m<sup>-2</sup>) April bis September der jeweiligen Jahre dargestellt





sondern muss mit dem Gaswechselgeschehen (Transpiration und Photosynthese) in Verbindung gebracht werden. Bei Wasserstress, der vor allem in trocken-heißen Sommern mit hohem Ozonbildungspotential häufig ist, schließen die Blätter die Spaltöffnungen so weit als möglich, um Wasserverluste durch Transpiration zu vermeiden. Das unterdrückt auch den Ozonfluss ins Blattgewebe. Damit sind trocken-heiße Jahre mit besonders hohen Ozonkonzentrationen nicht zwingend auch Jahre mit hohen Ozonschäden.

Vergleicht man den Anstieg des AOT40 und des  $POD_1$  innerhalb der Vegetationsperiode in trockenen und feuchten Jahren, können verschiedene Ozon-Belastungswege unterschieden werden. In trocken-heißen ozonreichen Jahren (wie z.B. 2003 oder 1998) wird die stomatare Leitfähigkeit durch Wassermangel so weit unterdrückt, dass die AOT40 Werte erheblich schneller ansteigen als der akkumulierte Ozonfluss  $POD_1$ . Der Anstieg in den Frühjahrestagen ist noch sehr ähnlich, danach wird aber durch trockenheitsbedingten Schluss der Spaltöffnungen der Ozonfluss in das Blatt gemindert und der Anstieg des  $POD_1$  gebremst. Anders in nassfeuchten ozonarmen Jahren wie z.B. 1999, 2000 und 2001. Hier steigt der  $POD_1$  schneller als der AOT40. In diesen Jahren sind es vor allem die niedrigen Ozonkonzentrationen unter 40 ppb, die den AOT40 Index nicht ansteigen lassen, während dies beim  $POD_1$  der Fall ist, da weiter Ozon durch die weit geöffneten Spaltöffnungen in die Blätter einfließt.

### Weiterer Forschungsbedarf

Die Kalkulation der Ozonkennwerte, insbesondere der phytotoxischen Ozondosis ist sehr komplex. Die Befunde werden durch eine Reihe von Annahmen beeinflusst, die weiterer Untersuchungen bedürfen. Einen großen Einfluss auf die Bewertung des Ozonrisikos hat die Entgiftungskapazität der Pflanzen. Um Ozon oder im Rahmen der Photosynthese bei überschüssigem Licht auftretende Sauerstoffradikale zu entgiften, bildet die Pflanze Antioxidantien (Ascorbinsäure, Polyphenole, Flavonoide, Carotinoide, Enzyme wie Superoxid-dismutase, Glutathionperoxidase). Aber in welchem Ausmaß die verschiedenen Baumarten und

Genotypen hierzu in der Lage sind, ist noch unzureichend bekannt. Wenig erforscht ist auch, wie sich die Erfordernis der Ozonentgiftung und die Antioxidantienbildung auf andere Lebensansprüche der Pflanze, zum Beispiel ihre Fitness und ihre Befähigung Gegenspieler wie Pilze abzuwehren auswirkt. Denn die Investition in Antioxidantien verbraucht Energie, die ohne Antioxidantien in andere Lebensvorgänge (Wachstum, Fruktifikation, Abwehr) investiert werden könnte.

Beim AOT40 wird von Belastungen erst ab Konzentrationen von 40 ppb ausgegangen, wobei die Pflanze aber auch das bei niedrigeren Konzentrationen über die Spaltöffnungen eindringende Ozon entgiften muss. Bei der  $POD_y$ -Kalkulation wird die Ozonentgiftungskapazität konventionell auf  $1 \text{ nmol O}_3 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  gesetzt. Gegenwärtig wird diskutiert, dass dies möglicherweise für die Buche zu niedrig ist.

Die den Critical Levels der Kennwerte AOT40 und  $POD_y$  zugrunde liegenden Dosis-Wirkungs-Beziehungen beruhen im Wesentlichen auf der Reaktion relativ junger Bäume. Zwar gibt es Hinweise, dass auch erwachsene Bäume ebenso empfindlich auf Ozon reagieren, doch sind derartige Untersuchungen sehr aufwändig und entsprechend rar. Auch die artenspezifische maximale Leitfähigkeit bedarf weiterer Untersuchungen. Daher muss die Kalkulation der Ozonbelastungsindikatoren beständig an den jeweiligen Wissensstand angepasst werden.

Eine eingehendere Darstellung der zur Schätzung der Ozonbelastung der rheinland-pfälzischen und saarländischen Wälder angewendeten Methodik, der einschlägigen Literatur sowie weitere Befunde und Bewertungen finden Sie unter: [https://www.uni-trier.de/fileadmin/fb6/prof/GEB/Lehre/OzonBericht\\_2015\\_Langfassung.pdf](https://www.uni-trier.de/fileadmin/fb6/prof/GEB/Lehre/OzonBericht_2015_Langfassung.pdf)



An den hiesigen Waldmessstationen wird auch das Wachstum der Waldbestände erfasst. In einem weiteren Arbeitsschritt ist daher vorgesehen, die errechneten Ozonflüsse mit den Zuwachsdaten der Bestände abzugleichen, wobei auch der Schwellenwert von  $1 \text{ nmol O}_3 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  zu überprüfen ist.

### **Sichtbare Ozonschäden**

Hohe Ozonbelastungen führen an den Blättern oder Nadeln der Waldbäume und Waldbodenvegetation zu charakteristischen, zum Teil schon mit bloßem Auge erkennbaren Schadsymptomen. Für Ozoneinwirkungen typisch sind je nach Pflanzenart und Stärke der Schädigung hellgrüne bis olivfarbene oder braune Punkte zwischen den Blattnerven auf der Blattoberfläche, die später zu größeren Nekrosen zusammenwachsen können. Unter dem Mikroskop erkennt man, dass die Köpfe des Palisadenparenchyms durch phenolische Einlagerungen dunkel verfärbt sind. Meist ist ein deutlicher „Schatteneffekt“ zu erkennen: die Schäden treten nur an sonnenexponierten Blattflächen, nicht aber an durch darüberliegende Blätter beschatteten Blattbereichen auf (siehe Kasten „Sichtbare Ozonschäden“). Der Schatteneffekt und die Beschränkung der Schadsymptome punktförmig (um Spaltöffnungshöfe) auf die Blattoberseite zwischen den Blattvenen (nicht auf den Leitbündeln, Blattnerven) dienen zur Unterscheidung von ozonbedingten Schäden von

anderen Ursachen (Milben, Blattpilze, Seneszenzerscheinungen). An Nadelbäumen verursacht Ozon helle punktförmige Verfärbungen an der besonnten Nadelseite vorjähriger Nadeln.

Im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings werden sichtbare Ozonschäden zum einen an den für Nährstoffanalysen im Juli gewonnenen Zweigen aus der Oberkrone der Waldbäume und zum anderen an sogenannten LESS („Light Exposed Sampling Site“) nach der im ICP-Forest-Manual (2010, Part VIII „Assessment of Ozone Injury“) beschriebenen Methodik erhoben. Die LESS ist ein entlang eines Südsüdwest exponierten Waldrandes angelegter 1 m breiter und 100 m langer, in Parzellen unterteilter Streifen, in dem die Blätter/Nadeln holziger und krautiger Pflanzen nach vorgegebenen Schlüsseln auf Ozonschadsymptome begutachtet werden. Bei beiden Verfahren werden Zweifelsfälle mikroskopisch überprüft. In Rheinland-Pfalz wurden bei den Blattprobenahmen aus der Lichtkrone in den Jahren 2001, 2003, 2007, 2010 und 2015 jeweils auf der Fläche Neuhäusel Ozonschadsymptome an Buchenblättern, 2001 auch an Eichenblättern der Fläche Merzalben gefunden. Im Saarland wurden an der Fläche Fischbach 2015 Ozonsymptome an Buchenblättern der Lichtkrone und in den Jahren 2011, 2013, 2014 und 2015 an Buchenblättern auf der LESS gefunden. Im aktuellen Jahr (2015) waren die Schäden auf der LESS besonders deutlich.

## Sichtbare Ozonschäden

Nach starken Ozoneinwirkungen sind an den Blättern der Waldbäume und der Waldbodenvegetation schon mit bloßem Auge charakteristische Ozon-Schadsymptome an der Blattoberseite zu erkennen. Sie treten an älteren Blättern häufiger auf als an jungen Blättern:



Deutliche Ozonschadsymptome Mitte August 2015 an Spitzahorn, Hartriegel und Hainbuche am Antonihof (Nähe Trippstadt)

Foto C. Lemmen

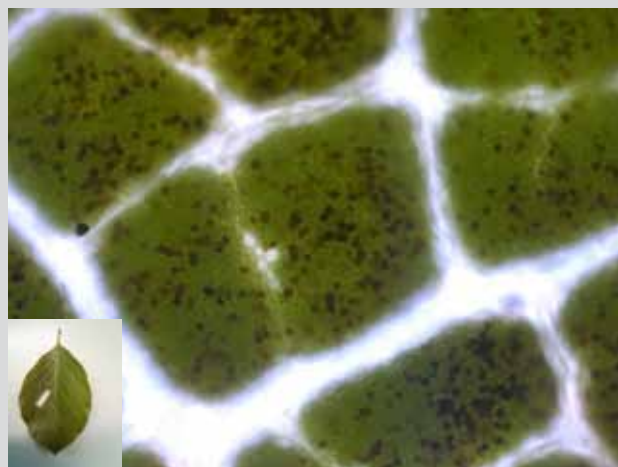


Beschattungseffekt bei Ozonschadsymptomen an Buche, LESS-Fläche Fischbach, aufgenommen am 4. September 2014: Das mit einem beigeen Pfeil gekennzeichnete Blatt wurde unter das vorherstehende Blatt gesteckt, um den Schatteneffekt zu demonstrieren. Die überdeckte und somit nicht so stark lichtexponierte Fläche ist wesentlich intensiver grün gefärbt. Die stärker der Strahlung exponierten Blattteile (lila Pfeil) sind bronziert. Dies sind typische Zeichen für den Einfluss von Photoxidantien, dessen Leitstoff Ozon ist.

Foto W. Werner

200-fache mikroskopische Vergrößerung (Auflicht) eines Blattstückes (wie unten links aus dem Blatt getrennt) mit Bronzierungen. Es sind braune und schwarze Punkte zu erkennen. Dies sind die Enden von Palisadenparenchymzellen, in denen als Einfluss von Photoxidantien Phenole abgelagert wurden.

Foto W. Werner





# WALD UND KLIMAWANDEL IN RHEINLAND-PFALZ

## DYNAMIK VON WALDNATURSCHUTZOBJEKTEN



Eichen-Blockschuttwald am Donnersberg

Foto: Archiv FAWF



Der Wald in Rheinland-Pfalz beherbergt eine Vielzahl an naturschutzfachlich wertvollen und geschützten Flächen, die sich durch eine besondere Arten- und Lebensraumvielfalt auszeichnen. Infolge des Klimawandels, insbesondere durch Temperaturanstieg, Veränderung der Niederschläge und häufig auftretende extreme Wetterereignisse wird erwartet, dass viele Standorte deutliche Veränderungen erfahren. Lebensräume und Arten könnten in ihrer Zusammensetzung und Dynamik erheblich beeinflusst werden. Doch welche der vielen Tausend Naturschutzflächen im Land sind im Klimawandel besonders gefährdet? Wo müssen die Managementziele gegebenenfalls angepasst werden?

Um diese Fragen zu beantworten, wird mit Hilfe von Szenarien die Veränderung bzw. die Dynamik von Lebensräumen im Wald analysiert und die mögliche Betroffenheit von naturschutzrelevanten Waldlebensräumen im Klimawandel eingeschätzt.

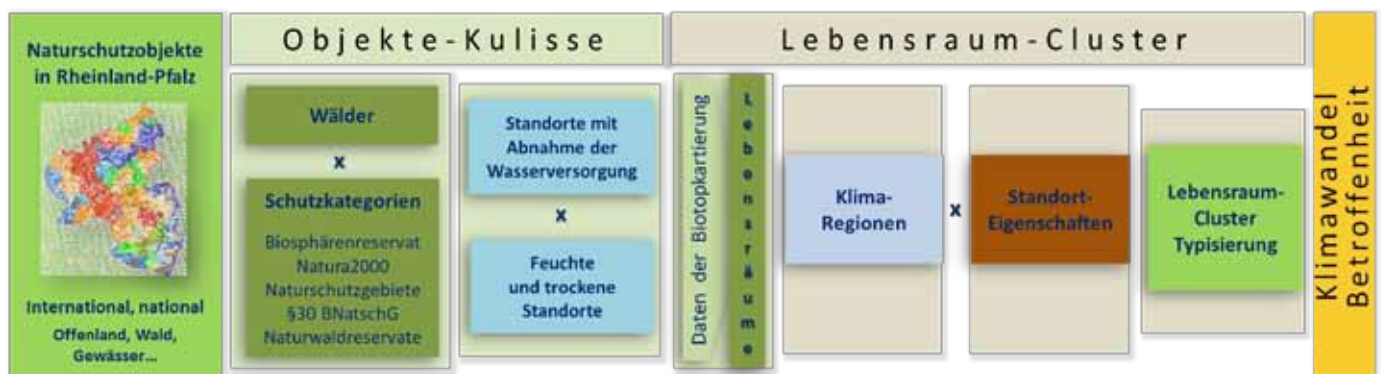
### Naturschutzobjekte im Wald

Nach internationalem und/oder nationalem Recht sind in Rheinland-Pfalz derzeit ca. 84.500 Naturschutzobjekte ausgewiesen, welche sich auf Gewässer-, Offenland- oder Waldbiotope verteilen. Zur Einschätzung der Betroffenheit von Waldnaturschutzobjekten durch den Klimawandel wurde ein mehrstufiges Verfahren angewandt. Die ersten wesentlichen Schritte sind:

- i) die Auswahl der Objekt-Kulisse, die vom Klimawandel besonders gefährdet sein könnte und
- ii) die Bildung von Lebensraum-Clustern.

Die verschiedenen Naturschutzkategorien unterscheiden sich in ihrer Größe, ihrem spezifischen Schutzzweck und ihren naturschutzfachlichen Zielsetzungen. Für die Abschätzung der klima-

wandelbezogenen Betroffenheit bzw. Dynamik von Naturschutzobjekten wurden Kategorien herangezogen, für die das Land im internationalen und nationalen Kontext eine besondere Verantwortung hat oder welche landesspezifisch von besonderer Bedeutung und Schutzwürdigkeit sind: Biosphärenreservate, Natura-2000-Gebiete, Naturschutzgebiete und Biotope nach § 30 Bundesnaturschutzgesetz. Die Analyse konzentrierte sich darüber hinaus auf waldgeprägte Objekte, die repräsentativ für den rheinland-pfälzischen oder gar den mitteleuropäischen Raum sein können. Daher wurden auch Naturwaldreservate einbezogen, die als Referenzflächen der natürlichen Waldentwicklung nach Waldrecht geschützt sind<sup>1)</sup>.



<sup>1)</sup> Der Nationalpark Hunsrück-Hochwald war zum Zeitpunkt der Analyse noch nicht rechtskräftig ausgewiesen und abgegrenzt.

Übersicht über die Naturschutzflächen bzw. -zonen der berücksichtigten Kategorien, die einen Waldcharakter aufweisen (Stand Februar 2015)

Naturschutzkategorien bzw. -zonen	Gesamtanzahl	Waldcharakter*	
		Anzahl	Fläche (ha)
Biosphärenreservat: Kernzonen (BR-KZo)	16	16	3.742
Natura-2000: Flora-Fauna-Habitat Gebiete (FFH)	120	108	190.668
Naturschutzgebiete (NSG)	520	371	33.003
Biotope nach § 30 Bundesnaturschutzgesetz (§ 30 BNatSchG)	46.861	7.771	15.097
Naturwaldreservate (NWR)	54	54	2.032

\* Bei BR-KZo und NSG über eine Verschneidung mit der Waldfläche von Rheinland-Pfalz (AKTIS), bei FFH und § 30 BNatSchG über Gebietsmerkmalstabellen erfasst.

### Waldnaturschutzobjekte unter heutigen und möglichen künftigen Bedingungen

Der Klimawandel spiegelt sich in einer Vielfalt von Veränderungen meteorologischer Phänomene und deren Interaktionen mit weiteren Umweltfaktoren wider. Um zu analysieren, welche Naturschutzobjekte in rheinland-pfälzischen Wäldern besondere Veränderungen infolge des Klimawandels erfahren könnten, wurden vom Fach Physische Geografie der Universität Trier zwei Indikatoren berechnet (potenzieller Trockenstress „Bwd9“ und jährliche Wasserbilanz „jWB“), welche verschiedene klimatische und auch standörtliche Parameter aggregieren. In einem zweiten Schritt wurden zusätzlich Objekte auf trockenen bzw. feuchten Standorten selektiert.

### Potenzieller Trockenstress in der Vegetationszeit

Die Veränderung des Wasserhaushaltes von Waldstandorten kann für die Dynamik von Naturschutzobjekten entscheidend sein. Mit Hilfe des Indikators „Bwd9“ („Bodenwasser-daily-9mm“) wurden Simulationen zum Wasserhaushalt auf Standorten im Wald durchgeführt. Ausgehend von der Häufigkeit und Intensität von Wasserdefiziten im Wurzelraum von Buchenbeständen kann der Indikator auch allgemein für bestockte Waldstandorte als Indikator für potenziellen Trockenstress in der Vegetationszeit und dessen Änderungen im Klimawandel herangezogen werden.

Nach einer Klassifizierung der Bwd9-Werte wurde die Veränderung dieses Indikators für die Zeiträume 1971–2000 („Referenz“) und 2071–2100 („ferne Zukunft“) untersucht und sieben Klassen zugeordnet:

- Erhöhung des Wasserangebots;
- stabil hohes Wasserangebot;
- stabil geringes Wasserangebot;
- mäßige Austrocknung (weiterhin mittleres bis hohes Wasserangebot);
- Austrocknung (weiterhin abnehmendes Wasserangebot);
- markante Austrocknung (von mittlerem zu geringem Wasserangebot);
- sehr markante Austrocknung (von hohem zu geringem Wasserangebot).

Die Höhenlagen (Eifel, Westerwald, Hunsrück, Pfälzerwald) sowie Regionen mit günstigeren Bodenverhältnissen werden im Verlauf des Jahrhunderts wenig anfällig bleiben. Dagegen schneiden Gebiete mit eher ärmeren Böden und einem planar oder auch kollin geprägten Klima deutlich schlechter ab. Auf dieser Grundlage bleibt die große Mehrzahl der Naturschutzobjekte in der Kategorie *stabil hohes Wasserangebot* oder erfährt eine *mäßige Austrocknung*. Standorte mit einer möglicherweise stärkeren Austrocknungstendenz wurden priorisiert und anschließend jene Objekte



weiter betrachtet, die unter die Kategorien *markante Austrocknung* und *sehr markante Austrocknung* fallen. Auf diese Weise wurden 504 Objekte als vom Klimawandel vermutlich besonders betroffen zur weiteren Analyse selektiert, 115 davon mit einer *sehr markanten Austrocknung*.

### Jährliche Wasserbilanz

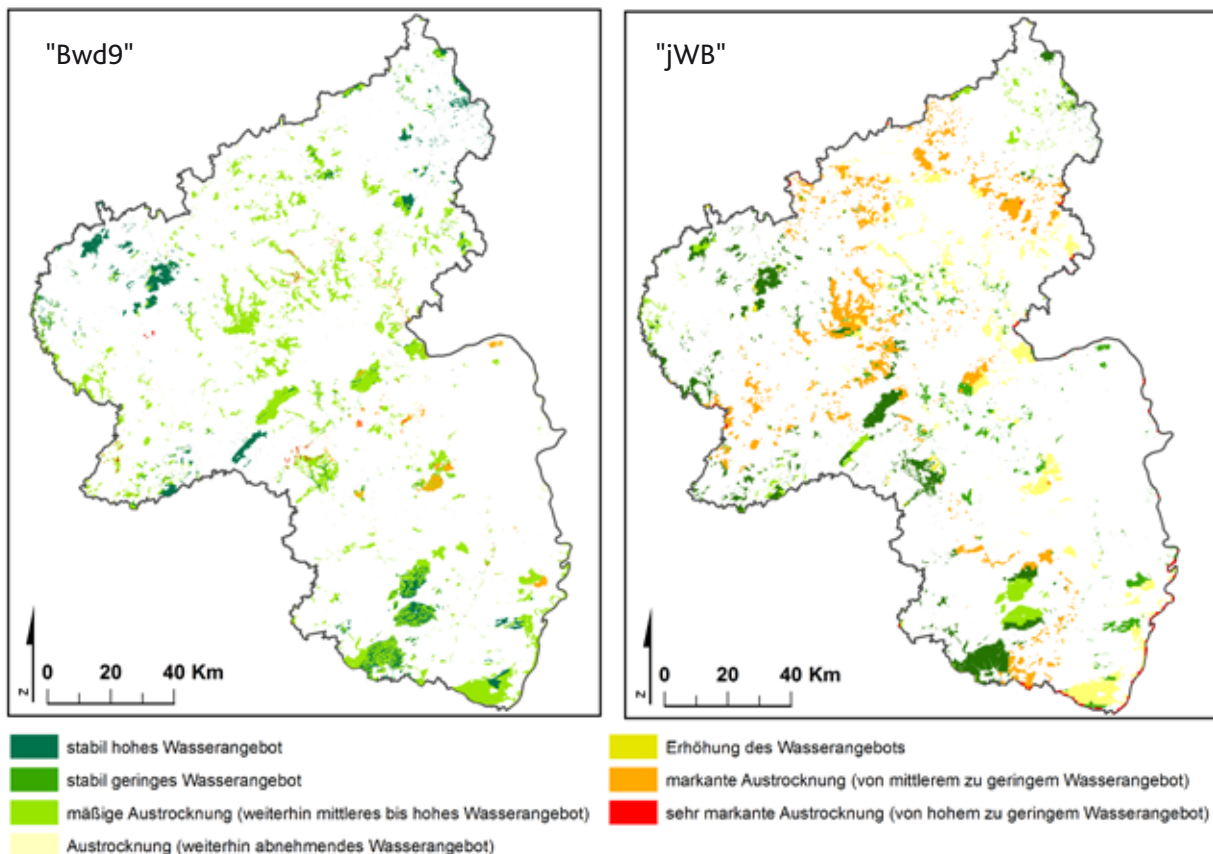
Die für das Wasserangebot an Standorten häufig als Kenngröße verwendete Wasserbilanz basiert auf dem Niederschlag, der Verdunstung und dem Abfluss. Simulationen zum Landschaftswasserhaushalt in verschiedenen Regionen stellen die Tallagen von Rheinland-Pfalz als sensitive Regi-

onen dar. Die damit verbundene Veränderung des Wasserhaushaltes kann für viele Pflanzen künftig erhöhten Wasserstress bedeuten.

Analog zum oben beschriebenen Verfahren für den Indikator „Bwd9“, wurden mit dem Indikator *jährliche Wasserbilanz* („jWB“) für die Referenzzeit (1971-2000) und die ferne Zukunft (2071-2100) die jährlichen Wasserbilanz-Werte in sechs Stufen von „äußerst hoch“ bis „sehr gering“ eingeordnet und anschließend den bereits genannten sieben Veränderungsklassen zugeordnet. Objekte mit einer möglichen stärkeren Austrocknungstendenz – *markante Austrocknung* (von mittlerem

Veränderungen des Indikators „Bwd9“ (links) und „jWB“ (rechts) zwischen dem Referenzzeitraum (1971-2000) und der fernen Zukunft (2071-2100) nach Klimaprojektion A1B-trocken (relativ starke Klimaänderung) anhand einer Klasseneinteilung für die Naturschutzobjekte mit Waldcharakter innerhalb der betrachteten Naturschutzkategorien

Die Objekte mit einer möglichen stärkeren Austrocknungstendenz – *markante Austrocknung* (von mittlerem zu geringem Wasserangebot) (orange) und *sehr markante Austrocknung* (von hohem zu geringem Wasserangebot) (rot) – wurden weiter analysiert.



zu geringem Wasserangebot) und *sehr markante Austrocknung* (von hohem zu geringem Wasserangebot) – wurden ebenso weiter analysiert. Auch bei diesem Indikator bleiben vor allem in den Höhenlagen des Landes positive Wasserbilanzen im Verlauf des Jahrhunderts erhalten, während in der Nordpfalz, der Rheinebene, dem Neuwieder-Becken und an der Lahn eher trockenere Verhältnisse projiziert werden. Im Moseltal, in niedrigen Lagen der Osteifel und des Westerwaldes sowie im nördlichen und südöstlichen Pfälzerwald finden sich jedoch deutliche Austrocknungen. Ein großer Teil der Naturschutzobjekte ist mit den Stufen *stabil hohes Wasserangebot* und *mäßige Austrocknung* (weiterhin abnehmendes Wasserangebot) charakterisiert. Nach dem vorgestellten Verfahren sind 1.235 Objekte als vom Klimawandel vermutlich besonders betroffen zu berücksichtigen, 66 davon sind mit einer *sehr markanten Austrocknung* (von hohem zu geringem Wasserangebot) charakterisiert.

### Extreme Standorte

Es sind vor allem besondere Standorte, auf denen schützenswerte Arten und Lebensräume vorkommen und sich natürliche Prozesse abspielen. Die Besonderheit hängt dabei oft mit der Seltenheit oder Schönheit der Objekte zusammen und ist oft durch extreme Standortbedingungen geprägt.

Unter der Annahme, dass trockene und warme Verhältnisse zunehmen, wäre zu erwarten, dass trockene Standorte noch trockener werden und extrem feuchte Standorte deutlich trockener werden. In beiden Fällen können heutige Artenvorkommen und Prozesse bedroht sein. Anhand der aktualisierten Standortinformationen für die heutige potenzielle natürliche Vegetation von Rheinland-Pfalz, erstellt durch das Landesamt für Umwelt und Gewerbeaufsicht, wurde eine Analyse der Standorteigenschaften der waldgeprägten Naturschutzobjekte durchgeführt. Hierbei wurden die Kategorien „Feuchtstandorte“, „Flussauen“ sowie „Sümpfe und Moore“ als *Feuchtgebiete* bezeichnet, die Kategorien „Trockengebiete“ und „wechsel-trockene Gebiete“ wurden als *Trockengebiete* bezeichnet.

Die Standorte verändern sich stark mit den Bodeneigenschaften sowie mit den örtlichen klimatischen Gegebenheiten und weisen deswegen eine deutliche lokale Variation auf. In den unterschiedlichen Naturschutzkategorien entfällt eine höhere Anzahl von Waldnaturschutzobjekten auf *Feuchtgebiete* als auf *Trockengebiete*.

Übersicht über die Waldnaturschutzobjekte in *Feucht-* und *Trockengebieten*

	<i>Feuchtgebiete</i>		<i>Trockengebiete</i>	
	Anzahl Objekte	mittlere Fläche Objekte (ha)	Anzahl Objekte	mittlere Fläche Objekte (ha)
<i>BR-KZo</i>	1	23	1	227
<i>FFH</i>	32	2.033	13	2.686
<i>NSG</i>	195	93	85	78
<i>§ 30 BNatschG</i>	3.121	2	1.861	3
<i>NWR</i>	10	32	4	30

Abkürzungen siehe Tabelle "Übersicht über die Naturschutzflächen"

### Ausgewählte Waldnaturschutzobjekte

Während mit Hilfe der beiden Indikatoren des Wasserangebots Objekte des Waldnaturschutzes abgebildet wurden, die sich infolge des Klimawandels – ggf. auch gravierend – verändern können (*Kulisse I*), umfasst die *Kulisse II* Objekte, die aufgrund ihrer bereits heute extremen Bedingungen besonders gefährdet sein können. Sämtliche identifizierten Objekte können sich durch den Klimawandel bedeutsam verändern; wegen der insgesamt großen Anzahl an Objekten wurden für die weitere Betrachtung allerdings nur solche

herangezogen, die zu beiden Kulissen gehören. Daraus resultieren 977 Waldnaturschutzobjekte.

Aus der Verschneidung von beiden Kulissen sind verschiedene Kombinationen von Standorteigenschaften und Wasserangebotsveränderungen erkennbar, wobei fast die Hälfte der betrachteten Objekte in *Trockengebieten* mit einer *markanten Austrocknung* vorzufinden ist. Objekte mit *sehr markanter Austrocknung* sind weniger häufig und v.a. auf *Feuchtgebiete* beschränkt.

### Zusammenfassung der Waldnaturschutzobjekte unter *Kulisse I* und *Kulisse II* sowie ihr Vorkommen in beiden Kulissen

	Indikator	Anzahl Objekte	alle Objekte $KI \cup KII$	gemeinsame Objekte $KI \cap KII$
<b><i>Kulisse I</i></b> stärkere klimatische Veränderungen möglich	<i>Bwd9</i>	504	5.934 Objekte	977 Objekte
	<i>jWB</i>	1.235		
<b><i>Kulisse II</i></b> heutige extreme Standorteigenschaften	<i>Feuchtgebiete</i>	3.359		
	<i>Trockengebiete</i>	1.954		

### Flächengröße

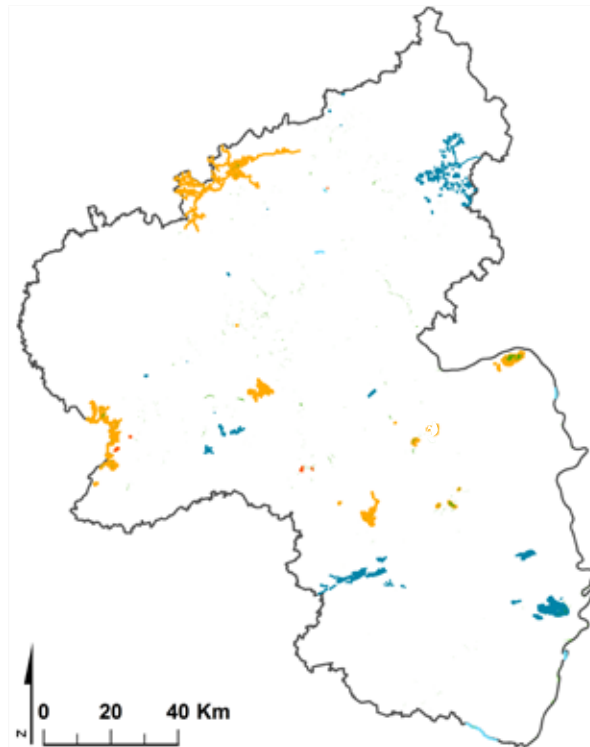
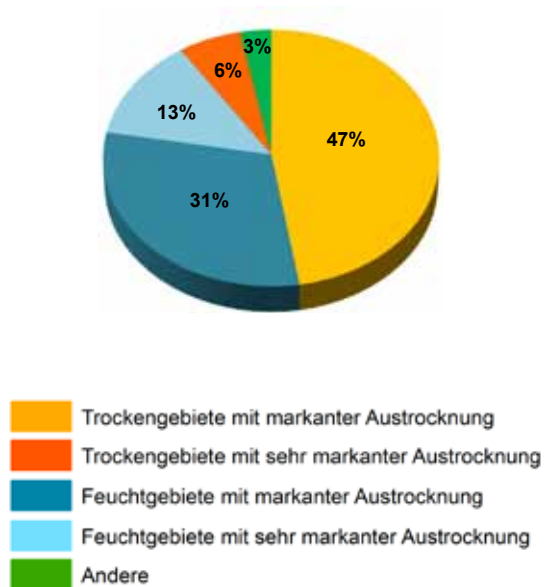
Rund 80 % aller selektierten Objekte sind nicht größer als 5 ha und ca. ein Viertel ist nicht größer als 0,5 ha. Auch wenn sich aufgrund der räumlichen Auflösung von Standort- und Klimainformationen die Betrachtung von sehr kleinen Flächen als schwierig erweist, sind aus naturschutzfachlicher Sicht die dort auftretenden

Arten, Lebensräume und natürlichen Prozesse möglicherweise besonders vom Klimawandel betroffen, bzw. durch den Klimawandel gefährdet. Solche Objekte haben in der Regel eine geringere Elastizität und somit ein geringeres Reaktionspotenzial als Objekte mit größerer Fläche.



## Ausgewählte Waldnaturschutzobjekte

Resultierende Kombinationen aus den Standortseigenschaften und den Veränderungen des Wasserangebotes infolge der Verschneidung von *Kulisse I* und *Kulisse II*. Unter „Andere“ werden Naturschutzobjekte aufgeführt, die gleichzeitig trockene und feuchte Verhältnisse aufweisen.



### Lebensraum Cluster

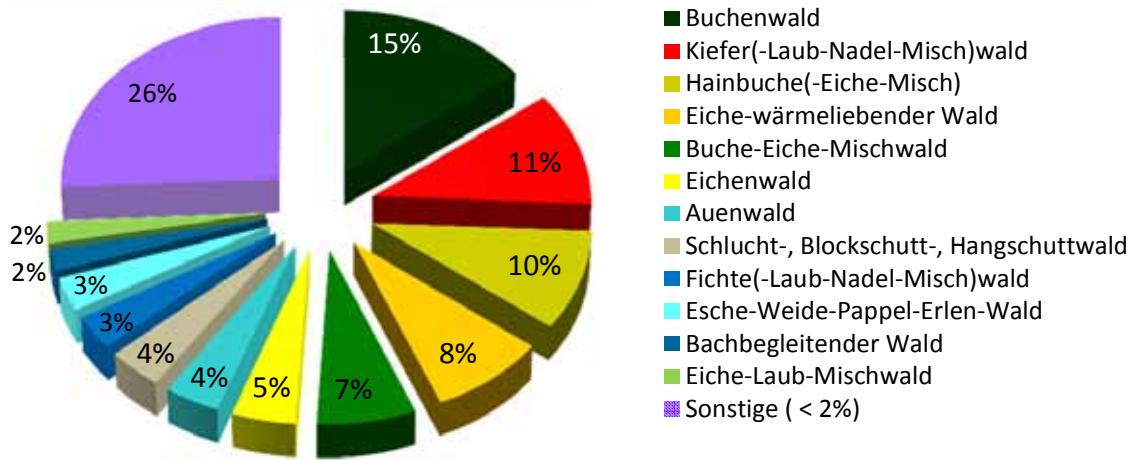
Bei der Gesamtkulisse von Waldnaturschutzobjekten sowie innerhalb der einzelnen Objekte selbst sind vielfältige Waldbiotop zu finden. Mit einer Typisierung in Lebensraum-Cluster, d.h. räumlich zusammenhängenden Einheiten aus Waldlebensräumen, Standortseigenschaften und klimatischen Bedingungen, ist eine bessere Charakterisierung und somit Einschätzung der möglichen Betroffenheit der Kulisse von Waldnaturschutzobjekten im Zuge des Klimawandels möglich.

### Lebensräume der Waldnaturschutzobjekte

Um welche Wälder bzw. Waldlebensräume es sich bei den bisher identifizierten Naturschutzobjekten handelt, wurde anhand der landesweiten Biotopkartierung untersucht. Dieses kontinuierlich aktualisierte Kataster liegt zwar nicht flächendeckend für ganz Rheinland-Pfalz vor, doch Flächen oder einzelne Naturdenkmale, die geschützt sind oder aus der Sicht des Naturschutzes schutzwürdig

sind, sind in großen Teilen abgedeckt. Insgesamt wurden 95 Waldbiotoptypen identifiziert und zusammen mit Experten typisiert und gruppiert. Orientiert an den Baumartenmischungen und Baumartenansprüchen, den standortsbedingten Vorkommen und der möglichen Klimawandelbetroffenheit resultieren daraus 30 Lebensräume. Diese umfassen insgesamt eine Fläche von ca. 9.400 ha.

Innerhalb der Kulisse der Naturschutzobjekte ist der Buchenwald der dominierende Lebensraum mit ca. 1.400 ha. Danach folgt der Kiefern(Laub-Nadel-Misch)wald. Wälder, bei denen die Eiche als Haupt- oder Mischkomponente auftritt, kommen ähnlich häufig vor. Unter „Sonstige“ werden Lebensräume wie Pionierwälder, Waldränder sowie sonstige Wälder aus einheimischen oder nicht einheimischen Laub- oder Nadelbaumarten zusammengefasst.



### Klimaverhältnisse der Waldnaturschutzobjekte

Die Zuordnung der Lebensräume zu regionalen klimatischen (und lokalen standörtlichen) Verhältnissen erlaubt eine verbesserte Aussage zu den künftigen möglichen Folgen des Klimawandels. Hierzu werden die nach der saisonalen Verteilung und Menge des heutigen und möglichen künftigen Niederschlags abgegrenzten 13 Klimaregionen für Rheinland-Pfalz mit den Lebensräumen der ausgewählten Naturschutzobjekte kombiniert. Die Lebensräume innerhalb

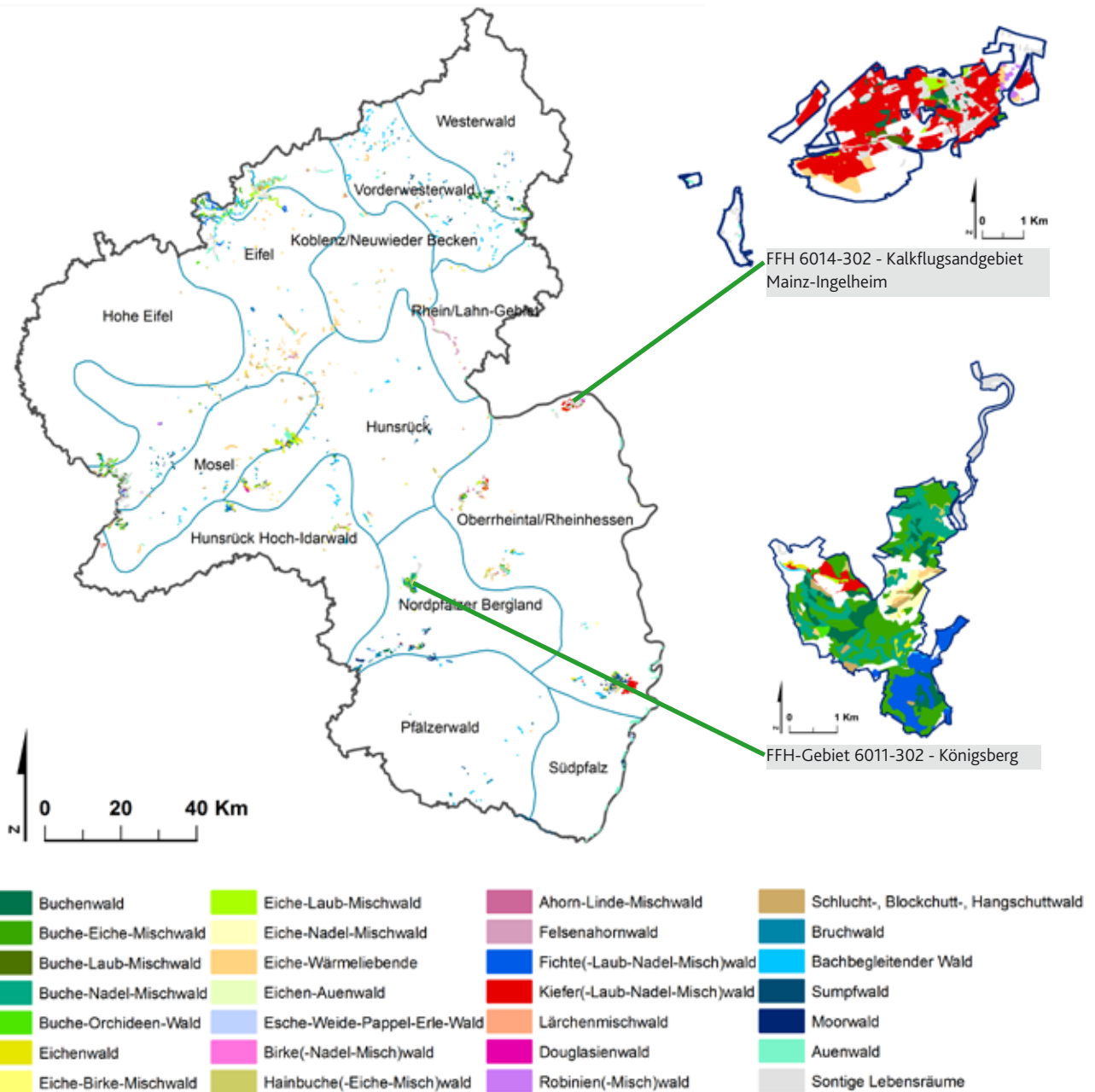
derselben Klimaregion finden heute dort ähnliche klimatische Verhältnisse vor und es kann angenommen werden, dass diese Objekte auch künftig regional ähnliche klimatische Veränderungen (in ihrer Tendenz und Größenordnung) erfahren könnten. Das Oberrheintal bzw. Rheinhessen ist mit ca. 2.500 ha die Klimaregion mit der größten Fläche an typisierten Lebensräumen, während der Pfälzerwald lediglich eine Flächensumme von ca. 60 ha aufweist.



Totholz in einem grenzüberschreitenden Naturschutzobjekt im Wasgau  
Foto: A. Vasconcelos

## Lebensräume der ausgewählten Waldnaturschutzobjekte, zugeordnet zu den entsprechenden Klimaregionen

Hervorgehoben sind ein vom Lebensraum „Kiefer(-Laub-Nadel-Misch)wald“ dominiertes Waldnaturschutzobjekt (FFH 6014-302 - Kalkflugsandgebiet Mainz-Ingelheim) und ein vom Lebensraum „Buche-Eiche-Mischwald“ dominiertes Waldnaturschutzobjekt (FFH 6411-302 – Königsberg)





## Ausblick

Für eine tiefergehende Bewertung von möglichen gefährdeten Waldnaturschutzobjekten wird die vorgestellte Kulisse – aus Objekten auf trockenen und feuchten Standorten, die im Zuge des Klimawandels markante Austrocknung erfahren können – durch weitere Analysen ergänzt. Schon bei kleinen Schwankungen im Wasserangebot können bestimmte, besonders empfindliche Naturschutzobjekte gefährdet sein. Die Kulisse wird daher um schützenswerte Lebensräume erweitert, die aufgrund ihrer Artenzusammensetzung und Standortsabhängigkeit auf Veränderungen des Wasserangebots besonders sensibel reagieren und somit im Zuge des Klimawandels besonders anfällig sein können. Nach Zuordnung zur entsprechenden Klimaregion und unter Berücksichtigung der aktuellen Nährstoffversorgung und des Bodenwasserangebots, kann die mögliche Reaktion der Lebensräume auf Klimaveränderungen und ihre Dynamik besser abgeschätzt werden. Dabei werden auch Veränderungen der Artenzusammensetzung, der Konkurrenzverhältnisse und Aus-

wirkungen auf wesentliche Prozesse betrachtet. Letztlich soll abgeschätzt werden, welche Waldlebensraumtypen regionalspezifisch gefährdet sind und inwieweit Schutzziele und ggf. erforderliche Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen angepasst werden müssen. Als Instrument zur Abschätzung von möglichen Veränderungen bieten sich z. B. die standortsabhängigen Zeigerwerte für einzelne Arten nach Ellenberg an sowie die Einbeziehung von Expertenwissen und, wenn möglich, Berücksichtigung einer Bandbreite von potentiellen klimatischen Veränderungen bis Ende des Jahrhunderts.

### Weiterführende Informationen:

- ➔ Klimawandelinformationssystem kwis-rlp: [www.kwis-rlp.de](http://www.kwis-rlp.de) » Handlungsfelder  
» Wald- und Forstwirtschaft: Themenblatt Wald ([www.klimawandel-rlp.de](http://www.klimawandel-rlp.de) » Schnellzugriff)



Kiefernwald auf trockenem Felsstandort im mittleren Pfälzerwald

Foto: A. Vasconcelos

# BIODIVERSITÄT IM WALD

## DAS BAT-KONZEPT



Seit 2011 werden in Rheinland-Pfalz Bäume im Wald mit „weißen Wellen“ markiert. Grund dafür ist das neue „Konzept zum Umgang mit Biotopbäumen, Altbäumen und Totholz“ (BAT) von Landesforsten Rheinland-Pfalz. Das Biotopbaum- und Totholzkonzept wurde aufgrund der europäischen Naturschutzgesetzgebung erschaffen und ist auch im Sinne des FSC®-Standards.

Das BAT-Konzept dient dem Erhalt der biologischen Vielfalt im Wald. Als Vorsorge sollen alle Lebensräume von Pflanzen, Tieren und Pilzen gesichert werden, was auch Ausdruck des Selbstverständnisses einer naturnahen Waldbewirtschaftung ist.

### **Biotopbäume, Altbäume und Totholz**

Abgestorbene Bäume und Teile davon, die aufgrund bestimmter Merkmale in besonderer Weise eine Biotop-Funktion erfüllen, werden als Biotopbäume bezeichnet. Altbäume oder „Methusalembäume“ sind sehr alte Bäume, die ihre wirtschaftliche Zieldimension weit überschritten haben; oft hat bei ihnen bereits eine wirtschaftliche Entwertung eingesetzt, aus ökologischer Sicht steigt aber ihr Wert wegen des zunehmenden Angebotes an Nischen und Lebensräumen. Sie sind daher zusammen mit Totholz wesentliche Lebensraumelemente für zahlreiche Waldarten. Ihr Anteil muss daher generell gesichert und weiterentwickelt werden. Andererseits entstehen mit einem hohen und gleichmäßig über die Fläche verteilten Vorkommen dieser Strukturelemente erhöhte Risiken für die im Wald tätigen Menschen.

Das BAT-Konzept zeigt für Landesforsten neue Wege auf, durch eine stärker gruppierte Verteilung totholzreicher Elemente mögliche Zielkonflikte zu minimieren und erhöhte Rechtssicherheit für die tägliche Arbeit der Waldbewirtschaftung zu erreichen. Es handelt sich um ein integratives Gesamtkonzept mit segregativen Elementen, das gekennzeichnet ist von Verbindlichkeit, Planmäßigkeit und einem vorsorgenden Ansatz. Im Staatswald des Landes wird das Konzept verbindlich umgesetzt, im übrigen Wald wird es zur Umsetzung empfohlen.

### **Alters- und Zerfallsphase - unverzichtbar für Waldlebensgemeinschaften**

Die Erhaltung der heimischen Artenvielfalt in unseren Wäldern steht in den letzten Jahren besonders im Fokus. Dabei besteht die Strategie nur teilweise darin, eigens Schutzgebiete auszuweisen. Vielmehr sollen auch Wirtschaftswälder einen wesentlichen Beitrag dazu leisten. Allerdings fehlen im Wirtschaftswald wegen der Holznutzung wichtige Teile der im natürlichen Lebenslauf des Waldes vorhandenen Entwicklungsphasen, nämlich die Alters- und die Zerfallsphase; sie sind allenfalls nur rudimentär vorhanden.



Mit einer "weißen Welle" werden Elemente des BAT-Konzepts markiert. Foto: H. Adam



### **Das BAT-Konzept**

Andere Länder Europas gehen den Weg der starken Trennung: unbewirtschaftete Schutzgebiete neben intensiv bewirtschafteten Plantagen. Landesforsten Rheinland-Pfalz führt mit dem BAT-Konzept hingegen die seit mehr als 20 Jahren praktizierte und bewährte „Naturnahe Forstwirtschaft“ fort, indem im Rahmen der forstlichen Bewirtschaftung Bereiche unterschiedlicher Größe ausschließlich dem Artenschutz und der Biotopentwicklung gewidmet werden. Mittelfristig wird ein landesweites Netz von kleineren und größeren Alt- und Totholzbiotopen entstehen.

Die einzelnen Elemente des BAT-Konzeptes sind:

#### Naturwaldgebiete

Große, zusammenhängende Gebiete, die nicht forstlich bewirtschaftet werden, wie z.B. Nationalpark, Naturwaldreservate, Kernzonen im Biosphärenreservat.

#### Waldrefugien

Waldflächen, die ab sofort ausschließlich der Biotopentwicklung gewidmet werden. Oft sind es Sonderstandorte wie besonders trockene oder vernässte Flächen.

#### Biotopbaumgruppen

In älteren Waldbeständen (ab Alter 120), oder dort wo die Reifephase und der Wechsel zur neuen Waldgeneration überwiegen, verbleiben ca. 15 Bäume als Baumgruppe und werden nicht geerntet. Pro 3 ha wird eine Baumgruppe eingerichtet. Die Biotopbaumgruppen bleiben bis zu ihrem Zerfall unberührt.

#### Einzelne Biotopbäume

Einzelne Bäume, die eine herausragende Bedeutung für den Artenschutz haben oder heute bereits „Methusalems“ sind, bleiben bis zu ihrem Zerfall erhalten.



**Felsenstandort**

Foto: J. Haedeke



**Birkenmoorbruch**

Foto: W. Schmidt

Alterungsprozesse und die im Zuge dessen entstehenden Habitatstrukturen, wie z.B. grobe bzw. abblätternde Borke, Kronenbrüche, Stammschäden, Frost- und Mantelrisse, tote und herausgebrochene Starkäste oder Höhlen sind wesentliche Schlüsselfaktoren für die biologische Vielfalt in Wäldern. Waldbäume können ein sehr hohes Alter (Buchen bis zu 300 Jahre, Eichen sogar doppelt so viel, einzelne Exemplare noch älter), enorme Höhen (46 m und mehr) und Stärken (2 m und mehr) erreichen. Stehende alte oder tote Bäume mit grober Borke sind Lebensvoraussetzung für viele Arten wie z.B. den Mittelspecht oder eine Reihe von Moosen, für die diese Strukturen sehr häufig wichtiger sind als die Baumart selbst, an der sie vorkommen.

Einer der bedeutendsten Lebensraumbildner im Wald ist das Totholz. Mindestens ein Viertel der ursprünglichen natürlichen Artenvielfalt bestand aus Totholzlebensgemeinschaften und damit auch aus Urwaldreliktarten, die an kontinuierliche Habitattradition und vor allem an das ständige Vorhandensein starken, stark zersetzten Totholzes gebunden waren. Von 6.500 Käferarten in Deutschland sind 1.400 auf Totholz angewiesen. Das gleiche gilt für 1.500 Pilzarten, 30 Vogelarten, 16 Fledermausarten und 54 Wildbienenarten. Hinzu kommen unzählige Grabwespen, Faltwespen, Schlupfwespen usw. und auch Wirbeltiere wie Haselmaus, Siebenschläfer, Wildkatze oder Baumrarder.

Bei der Realisierung des BAT-Konzeptes geht es insbesondere um den Schutz der auf Biotopbäume, Altbäume und Totholz angewiesenen Arten. Einen Eindruck zu ihrem Vorkommen vermitteln die Ergebnisse der ältesten Naturwaldre-



**Starkes Totholz - hier ein Baum mit Mulmhöhlen - ist Lebensraum für viele Arten**  
Foto: E. Segatz

servate in Rheinland-Pfalz wie „Tabener Urwald“ (seit 1938) und „Mörderhäufel“ (seit 1958). Sie erweisen sich als „hot spots“ der Käferdiversität und werden „Deutschlands Tropenwälder“ genannt. Zum Beispiel finden sich auf nur 45 ha Wald von zwei Naturwaldreservaten im Bienwald 22 % (= 1.410 Arten) aller Käferarten Deutschlands und 38 % (= 538 Arten) aller Totholzkäferarten. Wegen des hohen Baumalters, des Alters der Waldstandorte und der Dauer der Bewirtschaftungsruhe finden sich (nur) dort auch viele Urwaldreliktarten.

### Leit- und Verantwortungsarten

Für bestimmte Waldarten sind Biotopbäume, Altbäume und Totholz Schlüsselressourcen. Viele dieser Arten sind Leit- oder Verantwortungsarten und zudem oft gesetzlich (Naturschutzgesetz und Natura 2000) geschützt, zum Beispiel:

#### Europäische Vogelarten in Rheinland-Pfalz (RLP)

- Schwarzstorch
- Rotmilan
- Schwarzspecht
- Mittelspecht

#### Anhang-II-Arten in RLP

- Hirschkäfer
- Veilchenblauer Wurzelhalsschnellkäfer
- Bechsteinfledermaus

#### Anhang-IV-Arten in RLP

- Abendsegler
- Heldbock
- Eremit



Der Schwarzstorch ist ein scheuer Bewohner alter, geschlossener Wälder, die Still- und Fließgewässer aufweisen. Ende des 19. Jh. ist er aus den rheinland-pfälzischen Wäldern verschwunden. Rund 100 Jahre später begann mit einer ersten Brut in der Schneifel die Wiederbesiedlung. Aktuell leben in den Mittelgebirgslandschaften von Rheinland-Pfalz wieder 45-60 Paare.

Foto: H. Assmann



Abendsegler sind mit bis zu 46 cm Spannweite die größten Fledermäuse Europas. Lebensraum sind in erster Linie Wälder. Tagsüber schlafen sie in Baumhöhlen, am frühen Abend fliegen sie auf Nahrungssuche. Sie ernähren sich wie die meisten Fledermäuse fast ausschließlich von Insekten, vor allem Käfern, Libellen und Nachtfaltern.

Foto: D. Nill

Der Heldbock, oder auch Großer Eichenbock genannt, ist ein in Deutschland vom Aussterben bedrohter Käfer. Mit 24 bis 53 mm Länge zählt er zu den größten Käfern Mitteleuropas. Er bevorzugt sonnenexponierte, kränkelnde oder absterbende alte Stieleichen, seltener Traubeneichen, Buchen oder Ulmen. Ursprünglich war er wohl in Eichen-Urwäldern der Zerfallsphase und in Hartholzauen beheimatet. Restvorkommen gibt es vor allem in alten Parkanlagen und Hutewäldern.

Foto: F. Köhler





## Aktueller Umsetzungsstand des BAT-Konzepts im Staatswald

Seit Einführung und Schulung des Konzeptes im Jahre 2011 ist gegenwärtig folgender Stand der Umsetzung dokumentiert:

- 31.048 Bäume sind in Biotopbaumgruppen oder als einzelne Biotopbäume ausgewiesen und mit einer weißen Welle markiert. Sie stehen für eine Gesamtfläche von 394 ha mit durchschnittlich 10 Bäumen je Gruppe.
- Die 775 Waldrefugien umfassen landesweit insgesamt 2.274 ha Wald mit einer durchschnittlichen Größe von 2,9 ha je Einzelfläche.
- Die Naturwaldgebiete umfassen 14.230 ha Gesamtfläche und setzen sich zusammen aus:
  - Naturwaldreservate: 2.021 ha (54 Stück)
  - Kernzonen im Biosphärenreservat Pfälzerwald: 2.918 ha
  - Naturwaldfläche im Naturschutzgroßprojekt Bienwald: 1.543 ha
  - Nationalpark: 6.827 ha
  - Rezente Aue Forstamt Pfälzer Rheinauen: 921 ha

(Erfasst sind auch Flächen, auf denen während einer eindeutig begrenzten Übergangszeit noch standortfremde Baumarten entnommen und ggfs. standortheimische Baumarten eingebracht werden (Nationalpark, rezente Aue).

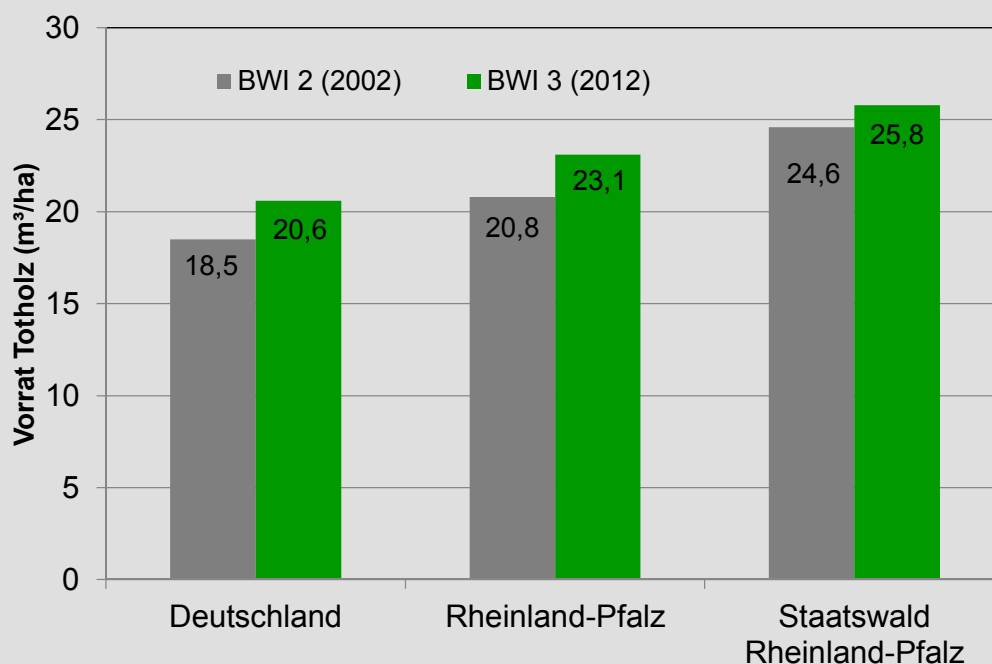
Die Gesamtheit der einer eigendynamischen Entwicklung zu überlassenden Gebiete umfasst rund 8 % der Staatswaldfläche.

## Entwicklungstrends im Spiegel der Bundeswaldinventur 3

Im Rahmen einer etwa alle 10 Jahre stattfindenden bundesweiten Waldinventur, der sog. Bundeswaldinventur ([www.bundeswaldinventur.de](http://www.bundeswaldinventur.de)), werden auch Parameter zu ökologisch wichtigen Strukturmerkmalen in unseren Wäldern erhoben.

Die in den Jahren 2011 und 2012 durchgeführte Bundeswaldinventur 3 (BWI 3) hat eine allgemeine Zunahme an Totholz im Wald im Vergleich zur Vorinventur aus dem Jahre 2002 konstatiert. Demnach gibt es im rheinland-pfälzischen Wald durchschnittlich rund 23 m<sup>3</sup> Totholz pro ha. Be-

Veränderung des Totholzvorrates pro Hektar: Deutschland - Rheinland-Pfalz - Staatswald Rheinland-Pfalz



### Schwarzspecht - Indikator und Verantwortungsart:

Der Schwarzspecht ist ein Beispiel für eine Indikator- und Verantwortungsart im BAT-Konzept. Sein Vorkommen zeigt eine gute ökologische Qualität des Waldes an. Als Lebensraum bevorzugt der Schwarzspecht alte Buchenwälder mit viel Totholz. Dabei hat er mit 200 bis 600 ha einen großen Aktionsraum.

Der Schwarzspecht ist zwar nicht besonders gefährdet, seine Höhlen bieten aber die Schlüsselrequisite für seltene Arten wie Raufußkauz oder Hohltaube.

Spechtbäume müssen einen Mindestdurchmesser in Brusthöhe von 30 cm aufweisen. Für den Schwarzspecht ist die Bildung von Höhlenzentren, also eine räumliche Konzentration mehrerer Spechtbäume in einem kleinen Areal, typisch. Daher sind BAT-Strukturen für den Schwarzspecht sehr förderlich.



Der Schwarzspecht (links) baut die Baumhöhle, der Raufußkauz (rechts) nutzt sie als „Nachmieter“  
(Foto links: T. Weber; Foto rechts: E. Segatz )

sonders hoch ist der Totholzvorrat im Staatswald des Landes mit knapp 26 m<sup>3</sup>. Über die Hälfte (56 %) ist liegendes Totholz, 21 % stehendes Totholz, 23 % sind Wurzelstöcke und 1 % Abfuhrreste. Damit hat der Totholzvorrat fast 8 % des lebenden Holzvorrates erreicht. Gut die Hälfte (56 %) des Totholzes befindet sich im Stadium der fortgeschrittenen Zersetzung oder ist vermodert. Ein Viertel des Totholzes wird von ökologisch besonders wertvollen Dimensionen mit Durchmessern über 40 cm gebildet.

Erstmalig wurden bei der BWI 3 Biotopbäume gesondert erfasst. Daraus ergibt sich für den rheinland-pfälzischen Wald eine Anzahl von 2,4

Millionen Specht- und Höhlenbäumen (entspricht etwa 3 Stück pro ha) und 145.000 sog. Horstbäumen mit mittleren und großen Vogelnestern (entspricht etwa einem Horst auf 6 ha Waldfläche). Die positive und gewünschte Entwicklung dieser ökologisch bedeutsamen Strukturmerkmale hängt auch eng damit zusammen, dass in den rheinland-pfälzischen Wäldern immer mehr alte Bäume stehen. Die Zahl der über 160-jährigen Bäume ist in Rheinland-Pfalz um 500.000 Stück gestiegen, sodass jetzt knapp 5 Millionen Bäume im Land über 160 Jahre alt sind. 2,4 Millionen davon sind Buchen.







# ÖKONOMISCHE BEWERTUNG VON VERBISS UND SCHÄLE WIEDERKÄUENDER WILDARTEN IN RHEINLAND-PFALZ





Integraler Bestandteil des Ökosystems Wald ist eine unterschiedlich artenreiche Tierwelt. Die großen einheimischen Pflanzenfresser – im Wesentlichen Reh- und Rotwild – können einen durchaus beachtlichen Einfluss auf das Wachstum von Pflanzen ausüben. Das Leitbild einer multifunktionalen Waldwirtschaft erfordert einen Wildbestand, der eine den Zielsetzungen entsprechende nachhaltige Waldentwicklung gewährleistet. Hauptkriterium hierfür ist die erfolgreiche Verjüngung der Hauptbaumarten vorrangig ohne Schutzmaßnahmen. Mittel zum Zweck ist ein zielgerichtetes, intelligentes Wildmanagement.

### Ziele der Waldentwicklung

Im rheinland-pfälzischen Landeswaldgesetz sind die Waldbesitzenden unter anderem zu planmäßigem Handeln verpflichtet. In mittelfristigen Betriebsplänen legen sie grundsätzliche Ziele der Waldbewirtschaftung fest, die über konkrete Maßnahmen in jährlichen Wirtschaftsplänen umgesetzt werden. Vor dem Hintergrund des Leitbildes multifunktionaler Wälder umfassen diese Ziele und Maßnahmen die Aspekte der Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktion unserer Wälder. Allgemein ausgedrückt beschreibt ein Ziel einen in der Zukunft angestrebten Zustand, der mit Hilfe von betrieblichen Maßnahmen erreicht werden soll. Ein wesentliches Ziel, das mittel- und langfristig die Multifunktionalität unserer Wälder gewährleisten soll, ist das sogenannte Waldentwicklungsziel. Ausgehend von den standörtlichen Gegebenheiten (Geologie, Boden, Klima) beschreibt es für einen Waldbestand die langfristig angestrebte Leitbaumart in Verbindung mit Angaben zu den Arten sowie dem Mindestanteil von Mischbaumarten. Die Jagd auf die Schalenwildarten soll daher so gestaltet werden,

dass die vorhandenen Wilddichten es erlauben, die Gesamtheit der im Betrieb definierten Waldentwicklungsziele möglichst ohne aufwändige Schutzmaßnahmen zu erreichen.

### Schäden durch Schalenwild

Knospen, Zweige, Blätter, Nadeln und Rinde der Waldbäume sind neben der krautigen Vegetation ebenfalls ein Teil der natürlichen Nahrungsgrundlage von Pflanzen fressenden Wildtieren. Mit dem Verbeißen oder Fressen dieser Pflanzen oder einzelner Bestandteile wird deren Entwicklung und Wachstum beeinflusst. Die Beeinflussung des Pflanzenwachstums durch Wildtiere wird dann zum sogenannten Wildschaden, wenn vom Menschen definierte Ziele zur Waldbewirtschaftung durch Wildeinfluss gefährdet werden. Das bedeutet in der Konsequenz, dass nicht jedes verbissene oder gefressene Bäumchen auch einen Schaden darstellt. Schadensrelevant sind nur die Bäumchen nach Baumart und Anzahl, die für die weitere Entwicklung der betrieblich definierten Verjüngungsfläche bedeutsam sind.

### Verbiss

Unter Verbiss versteht man das Abbeißen von Knospen, Blättern, Nadeln oder Trieben durch Wildtiere. Der negative Einfluss des Wildverbisses auf die jungen Forstpflanzen besteht in einem verminderten Höhenwachstum durch Abbeißen des Leittriebes im Sommer oder der Leittriebnospe im Winter. Wiederholter Verbiss kann zur Verbuschung oder gar zum Absterben der Pflanz-

Weitere detaillierte Informationen zur Methodik der waldbaulichen Gutachten können auf der Homepage von Landesforsten abgerufen werden.

<http://www.wald-rlp.de/wild-jagd/tiere-im-oekosystem/forstfachliche-stellungnahme-waldbauliches-gutachten.html>

### Schalenwild in Rheinland-Pfalz

Als Schalenwild werden die Wildtiere bezeichnet, die sich auf Hufen (in der Jägersprache „Schalen“) fortbewegen. Als einheimische Wildarten kommen in unseren Wäldern verbreitet Rehwild (*Capreolus capreolus*), Rotwild (*Cervus elaphus*) und Schwarzwild (*Sus scrofa*) vor. In einigen Waldgebieten gibt es zudem kleinere Populationen des ursprünglich aus Korsika und Sardinien stammenden Muffelwildes (*Ovis orientalis musimon*) und des ursprünglich wahrscheinlich aus Klein- und Vorderasien stammenden Damwildes (*Dama dama*). Mit Ausnahme des Schwarzwildes sind diese Wildarten Wiederkäuer („wiederkäuendes Schalenwild“).

zen führen. Da insbesondere Rehwild beim Äsen seltene Baumarten bevorzugt, kann es dadurch zum Verlust seltenerer, ökologisch wertvoller Baumarten und somit zu einer Artenverarmung bzw. Entmischung kommen. Starker Wildverbiss kann die Waldverjüngung verhindern oder gar zum Verschwinden einzelner Baumarten führen. Die eher selten vorkommenden Baumarten Weißtanne, Eiche und die sonstigen Laubbäume unterliegen naturgemäß einer stärkeren Verbissbelastung als die häufiger vorkommenden bzw. weniger verbissattraktiven Baumarten Fichte, Kiefer, Lärche, Douglasie und Buche.

### Schälen der Baumrinde

Rotwild, wie auch das nur vereinzelt vorkommende Dam- und Muffelwild, ernährt sich teilweise auch durch Abschälen bzw. Abziehen von Rinde stehender Bäume. Bäume mit glatter Rinde sind stärker gefährdet als grobborkige Baumarten. Der Schaden entsteht durch Zuwachsverluste,

Minderung der Holzqualität bis hin zur Bruchgefahr nach Eintritt von Pilzen über die verletzten Oberflächen.

### Regelmäßige Erhebungen zur Schadenserfassung

Der Einfluss des wiederkäuenden Schalenwildes auf die Gesamtheit der Waldentwicklungsziele wird in Rheinland-Pfalz mit einem turnusmäßig durchgeführten Erhebungsverfahren („Forstbehördliche Stellungnahme“) erfasst. Dieses wird nach objektiven Kriterien systematisch in den einzelnen Jagdbezirken angewendet. Für die Durchführung der Erhebungen sind die Revierleitungen der Forstämter zuständig, die in den verbiss- und schälgefährdeten Waldbeständen nach vorgegebenen Regeln stichprobenartig die Verbiss- und Schäbelastung für die vorkommenden Baumarten ermitteln. Die Ergebnisse sind Grundlage für die Forstbehördlichen Stellungnahmen, in denen der Einfluss der vorkommenden Schalenwildarten



Anhand eines Weisergatters ist der Einfluss des Wildes auf die Waldverjüngung deutlich zu erkennen. Foto: M. Greve



auf die Erreichung waldbaulicher Betriebsziele in den Jagdbezirken beschrieben und bewertet wird. Sie sollen bei der Festlegung der Abschüsse der Folgejahre berücksichtigt werden. Als verbissgefährdet gelten Waldbestände mit planmäßiger Verjüngung in einem Höhenrahmen von 20 cm bis 150 cm; schälgefährdet sind Waldbestände einer baumartenspezifischen Altersspanne.

### Ökonomische Bewertung von Wald-Wildschäden

Ausweislich der langjährigen Erhebungen von Verbiss und Schäle – mündend in das „Waldbauliche Gutachten“ bzw. seit 2011 in die „Forstbehördliche Stellungnahme“ – können in der Betrachtung auf Landesebene kaum Fortschritte bei der Minderung der Wald-Wildschäden konstatiert werden. Bereits 2006 prüfte der Rechnungshof Rheinland-Pfalz die finanziellen Auswirkungen der Wald-Wildschäden und kam zu dem Ergebnis, dass 2004 landesweit frische Verbiss-, Schäl- und Schlagschäden wirtschaftliche Verluste der Waldbesitzenden in Höhe von 20,6 Mio. € zur Folge hatten. Die sehr aufwändige Herleitung der Bewertung erfolgte auf Basis der Waldbaulichen Gutachten von 2001 und 2004 sowie auf örtlichen Erhebungen.

Für die aktuelle ökonomische Bewertung der landesweiten Wald-Wildschäden wurden die Naturaldaten aus der mittelfristigen Betriebsplanung (Forsteinrichtung) und der Bundeswaldinventur (BW13) herangezogen. Die Bewertung der Wildschäden beruht auf der „Konvention zur Bewertung von Wildschäden im Wald“ des Deutschen Forstwirtschaftsrates (DFWR) von 2013. Das Bezugsjahr dieser Betrachtung ist das Jahr 2012. Zu betonen ist, dass diese Herleitung keine wissenschaftlich exakten Daten liefern kann, sondern vielmehr eine qualifizierte Schätzung mit den zur Verfügung stehenden Daten aus Forsteinrichtung, Bundeswaldinventur, Forstbehördlicher Stellungnahme und der Bewertungskonvention des Deutschen Forstwirtschaftsrates darstellt.

### Verbisschäden

Bei der Kalkulation der Vermögenseinbußen durch Wildverbiss wird nur der Verbiss der Terminalknospe bei Pflanzenhöhen von 0,2 bis 1,5 m



Starker Schälschaden an einer Douglasie Foto: M. Jochum

(nach Forstbehördlicher Stellungnahme), also lediglich der einjährige Zuwachsausfall im eindeutigen Verbisshöhenrahmen, berücksichtigt und bewertet. Alle anderen möglichen Schäden müssen unberücksichtigt bleiben, da sie spekulative Elemente beinhalten. Die vorliegende Bewertung des Wildverbisses stellt also eine absolute Untergrenze der vorhandenen Schäden dar. Auf der Grundlage der mittelfristigen Betriebsplanung (Forsteinrichtungsdaten) wurde die Verjüngungsfläche im öffentlichen Wald (Kommunalwald und

### Bundeswaldinventur

Die Bundeswaldinventur ist eine terrestrische Stichprobe mit permanenten Probepunkten, die im 4x4 Kilometer-Raster über das ganze Land gelegt wird. An immer denselben Probepunkten werden Gelände-, Bestandes- und Baummerkmale erhoben. In Probekreisen von einem Meter Radius werden auch Verbisschäden an Pflanzen ab 20 cm Höhe erfasst. Die Schäden an älteren Bäumen werden in Probekreisen mit einem Radius von 25 m aufgenommen.

Landeswald) für die einzelnen Baumarten landesweit hergeleitet. Mithilfe der vom Deutschen Forstwirtschaftsrat vorgegebenen Standardpflanzenzahlen und der über die in den letzten drei Jahren erhobenen mittleren Verbissprozent wurde die Anzahl geschädigter Pflanzen für jede Baumart berechnet. Die mittleren Verbissprozent sind die gemittelten Verbissprozent der Jahre 2011 bis 2013 aus den Erhebungen zur Forstbehördlichen Stellungnahme. Die Anzahl verjüngter Pflanzen ergibt sich aus der baumartenweise Verjüngungsfläche multipliziert mit der Standardpflanzenzahl. Das mittlere Verbissprozent reduziert diese Gesamtzahl auf die Anzahl geschädigter Pflanzen. Diese geschädigten Pflanzen werden mit den baumartenspezifischen Entschädigungsbeträgen (von 0,18 Euro/Pflanze (Kiefer) bis 0,36 Euro/Pflanze (Buche/Eiche)) nach DFWR-Konvention hochgerechnet, woraus für den öffentlichen Wald ein Gesamtschaden durch Verbiss von rd. 14 Mio. Euro je Jahr resultiert.

### Schältschäden

Grundlage für die Bewertung von Schältschäden ist die Erlösminderung, die durch den Schaden zum Zeitpunkt der Ernte des geschälten Baumes erwartet wird. Bei den vom Deutschen Forstwirtschaftsrat herausgegebenen Entschädigungstabellen wurde der Erlös für geschädigtes und ungeschädigtes Holz für die wichtigsten Baumartengruppen berechnet und die Differenz auf den Schadenszeitpunkt unter Berücksichtigung der Verzinsung zurückgerechnet. Erster Bewertungsansatz war zunächst die baumartenweise Herleitung der Fläche der schälgefährdeten Bäume für den öffentlichen Wald (Kommunal- und Landeswald) aus der aktuellen mittelfristigen Betriebsplanungsdatei. Auf der Grundlage des landesweiten über die Forstbehördliche Stellungnahme ermittelten mittleren Schälprozents wurde die Schadensfläche auf die gesamte Jagdfläche hochgerechnet und mithilfe der aktuellen Bewertungsansätze des Deutschen Forstwirtschaftsrates die Schadensbeträge kalkuliert. Ein zweiter Bewertungsansatz basiert auf den Ergebnissen der BWI3. Hierbei wurde die Anzahl geschädigter Bäume für jede Baumartengruppe nach Altersklassen aus der BWI3 herangezogen und mit



Verbiss an Weißtanne

Foto: M. Jochum

den altersabhängigen Entschädigungswerten aus der DFWR-Konvention hochgerechnet. Bei Durchsicht des Tabellenwerkes des DFWR ist unschwer zu erkennen, dass alle Schadenswerte sehr vorsichtig angesetzt sind, und eher die Untergrenze des möglichen Schadausmaßes markieren. In der Summe beläuft sich die berechnete Holzentwertung durch Schältschäden beim Berechnungsansatz aus der Betriebsplanungsdatei auf rd. 5,7 Mio. € pro Jahr für den öffentlichen Wald und auf Grundlage der BWI3 auf 8,1 Mio. € für die Gesamtwaldfläche pro Jahr.

### Wildschadensverhütungsmaßnahmen

Zur Verhütung von Wildschäden werden vielfältige Maßnahmen ergriffen, dies allerdings nur bei besonderer Gefährdung und nicht etwa flächendeckend. Zum einen gibt es den flächigen Schutz durch Zäune und Gatter, zum anderen den Einzelbaumschutz mittels Wuchshüllen, verschiedener Verfahren mechanischer und chemischer Art sowie diverse Schältschutzverfahren. Im Staatswald Rheinland-Pfalz wurden im Mittel der Jahre 2011–2013 jährlich rund 1,7 Mio. Euro aufgewendet. Zahlen für den Kommunal- und Privatwald liegen nicht vor. Da der Landeswald rund ein Viertel und der Kommunalwald rd. die Hälfte der Gesamtwaldfläche ausmacht, kann der Aufwand im Kommunalwald etwa in doppelter Höhe der des Staatswaldes angenommen werden, also etwa 3,4 Mio. Euro, so dass der Gesamtaufwand im öffentlichen Wald für Wildschadensverhütungsmaßnahmen mit rund 5 Mio. Euro eingeschätzt werden kann.

### **Zusammenfassung und Schlussbetrachtung**

Die dargestellte qualifizierte Schätzung der finanziellen Auswirkungen von Wald-Wildschäden durch wiederkäuende Schalenwildarten für das Jahr 2012 beläuft sich im öffentlichen Wald von Rheinland-Pfalz auf rd. 19,8 Mio. Euro. Hinzu kommen nochmals 5 Mio. Euro für Wildschadensverhütungsmaßnahmen. Greift man im Falle der Schäle auf die BWI 3 – Datenbasis zurück, summieren sich die Schäden durch Verbiss (rd. 14 Mio. Euro) und Schäle (8,1 Mio. Euro) auf insgesamt 22,1 Mio. Euro. Hinzu kommen die rd. 5 Mio. Euro für Wildschadensverhütungsmaßnahmen (ohne Privatwald), zusammen also rd. 27 Mio. Euro. Damit wird der Tenor des Rechnungshofberichtes von 2006 tendenziell bestätigt. Der Gesetzgeber hat mit der Novellierung des Landesjagdgesetzes im Jahr 2010 und der Landesjagdverordnung von 2013 auf die Schadenssituation reagiert und bisherige Restriktionen für die Schalenwildbejagung abgebaut. Dabei wurde insbesondere Wert auf eine bessere Einflussnahme der Grundeigentümer als Jagdrechtsinhaber gelegt. Privatrechtliche Abschussvereinbarungen anstatt begrenzender jagdbehördlicher Festlegungen, eine Verlängerung der Jagdzeiten für Rot- und Rehwild und der Verzicht auf die Einteilung des Schalenwildes in Güte- und Gewichtsklassen erhöhen den Gestaltungsspielraum der unmittelbar Betroffenen zur Vermeidung von Wildschäden

Die aktuellen jagdgesetzlichen Regelungen für Rheinland-Pfalz finden Sie hier: <http://www.wald-rlp.de/wild-jagd/jagdliche-regelungen-in-rheinland-pfalz/gesetzliche-vorschriften.html>.

durch eine effektive Abschussgestaltung. Behördliche Mindestabschusspläne und der körperliche Nachweis erlegten Wildes greifen dort ein, wo aufgrund von Beeinträchtigungen freiwillige Vereinbarungen nicht zielführend sind oder nicht zustande kommen.

Offen bleibt derzeit noch die Frage, ob die neuen rechtlichen Vorgaben greifen, d.h. wie verantwortungsvoll die Waldbesitzer, Jagdgenossenschaften und Eigenjagdbesitzer aber auch die Jagdausübungsberechtigten und die Hegegemeinschaften mit ihren neuen Gestaltungsmöglichkeiten umgehen und so zur Minderung von Wald-Wildschäden beitragen. Diese Frage soll eine Überprüfung beantworten, deren Ergebnisse 2016 erwartet werden.

Die Gestaltung des komplexen Wald-Wild-Gefüges im Hinblick auf die Realisierung der Waldentwicklungsziele bleibt nach wie vor eine große Herausforderung.

### **Konvention des DFWR zur Bewertung von Wildschäden im Wald**

Die Konvention geht im Wesentlichen zurück auf das rheinland-pfälzische Verfahren zur Bewertung von Verbiss- und Schälenschäden aus dem Jahr 2006, herausgegeben vom damaligen Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz, der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft sowie dem Waldbesitzerverband Rheinland-Pfalz. Sie soll als praxistaugliches Instrumentarium dazu dienen, bei der Abgeltung der Vermögensschäden im Vorverfahren zwischen geschädigtem Waldbesitzer und Jagdausübungsberechtigten auf unkompliziertem Wege eine Schadensregulation zu ermöglichen. Die darin verwendeten Bewertungsansätze für Verbiss- und Schälenschäden basieren auf unterschiedlichen Kalkulationsmodellen. Verbisschäden wurden auf der Grundlage des Schadenersatzrechts hergeleitet, d.h. auf dem Anspruch des Geschädigten auf Naturalersatz bzw. –wiederherstellung (sog. Naturalrestitution). Mithilfe von Baumschulpreisen werden die Kosten für die Ersatzbeschaffung einer Pflanze kalkuliert und aus der Wertdifferenz unterschiedlich alter Pflanzen auf den einjährigen Zuwachsausfall einer geschädigten Pflanze heruntergerechnet. Die Herleitung der Schälenschäden beruht auf dem Ertragswertverfahren. Hierbei werden auf der Basis derzeitiger Preisansätze aus der Summe der zu erwartenden Erlöse und einer Rückrechnung auf den Schadenszeitpunkt unter Berücksichtigung der Verzinsung für die häufigsten Baumarten Entschädigungsbeträge ermittelt.



# ZERTIFIZIERUNG DER FORSTBETRIEBE

- SICHERUNG DER NACHHALTIGEN  
WALDBEWIRTSCHAFTUNG DURCH  
EINHEITLICHE STANDARDS



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. Mit einem Zertifizierungssystem soll dem kritischen Konsumenten, über die bei uns im Landeswaldgesetz von Rheinland-Pfalz bestehenden gesetzlichen Regelungen hinaus, eine zusätzliche Sicherheit gegeben werden, dass eine nachhaltige Waldbewirtschaftung gewährleistet ist. Des Weiteren soll mit dieser Vorbildfunktion die Forderung nach Zertifizierung tropischer Wälder nach gleichen Standards unterstützt werden. Dort werden nach wie vor große Waldflächen gerodet und übernutzt.

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

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 mit der FSC-Lizenznummer FSC®-C111982 ist die bei der Landesbetriebsleitung angesiedelte Gruppenleitung. Mit Stand 01.07.2015 sind 41 Forstämter mit einer Staatswaldfläche von 194.365 ha in das Gruppenzertifikat von Landesforsten Rheinland-Pfalz aufgenommen. Die 3 Forstämter in der Nationalparkkulisse wurden wegen der anstehenden Umorganisation zunächst von einer Zertifizierung ausgenommen. Nach Neuorganisation und Bildung des Nationalparks im Frühjahr 2015, wurden die 3 Forstämter Idarwald, Hochwald und Birkenfeld zwischenzeitlich erfolgreich auditiert. Mit der offiziellen Aufnahme in die Zertifizierungsgruppe Landesforsten Rheinland-Pfalz wird bis zum Jahresende 2015 gerechnet. Das Aufnahmeverfahren wäre damit für die gesamte Staatswaldfläche des Landes abgeschlossen. Von der Zertifizierung allerdings ausgenommen sind neben dem Nationalpark verschiedene weitere Schutzflächen, auf denen nicht die Waldwirtschaft, sondern die Biopotententwicklung im Vordergrund steht.

Die jeweilige Forstamtsleitung trägt in ihrem Zuständigkeitsbereich die Verantwortung für die Einhaltung der anzuwendenden FSC-Standards bei allen Maßnahmen der Waldbewirtschaftung. Zur Überprüfung der Einhaltung der FSC-Standards finden jährlich bei einer durch internationale FSC-Regularien festgelegten Stichprobengröße von einzelnen Gruppenmitgliedern aber auch bei der Gruppenleitung externe Überwachungsaudits durch die Zertifizierungsstelle statt. Die Regularien legen zudem fest, dass von

Der FSC Deutschland ist eine nationale Initiative, die als gemeinnütziger „Verein für verantwortungsvolle Waldwirtschaft e.V.“ organisiert ist. Er sieht seine Mission darin, weltweit eine verantwortungsvolle Waldbewirtschaftung zu fördern, die ökologisch angepasst, sozial förderlich und ökonomisch rentabel ist. Leitbild ist dabei die natürliche Waldgesellschaft. Das ist die Lebensgemeinschaft von Baumarten, Pflanzen, Tieren und Pilzen, die ohne menschlichen Einfluss im Wald vorkommen würde. Diese in Jahrtausenden entstandenen Lebensgemeinschaften werden als stabil gegen äußere Einflüsse wie Schnee, Sturm, Feuer oder Klimaveränderungen erachtet.

der Gruppenleitung bei einem weiteren Teil der Gruppenmitglieder zusätzliche interne Audits veranlasst werden müssen. Externe und interne Audits laufen nach gleichen Regeln ab. Über jedes externe und interne Audit wird durch die Auditoren ein schriftlicher Auditbericht erstellt, der von der Zertifizierungsstelle genehmigt werden muss. Dieser wird allen Gruppenmitgliedern zur Verfügung gestellt. Die externen Berichte werden zudem in einer etwas gekürzten Form auf der internationalen FSC-Datenbank veröffentlicht (<http://info.fsc.org/certificate.php>). Alle festgestellten Abweichungen von den FSC-Standards sowie die ergriffenen Korrekturmaßnahmen werden in einem Abweichungsbericht dokumentiert.

Eine Abweichung vom Standard liegt vor, wenn eine durchgeführte oder geplante Maßnahme nicht dem FSC-Standard bzw. den betrieblichen Anweisungen von Landesforsten entspricht und das Vorliegen oder die Anwendung einer Ausnahmeregelung nicht ausreichend begründet werden kann. Die festgestellten Abweichungen werden nach Umfang und Schwere in geringfügige und erhebliche Abweichungen unterschieden. Die vom Forstbetrieb einzuleitenden Korrekturmaßnahmen müssen geeignet sein, die festgestellten Abweichungen ausreichend zu korrigieren

(Korrektur) und ein zukünftiges Wiederauftreten wirksam zu verhindern (Vorbeugemaßnahme). Seit 2015 muss zudem eine Ursachenanalyse erfolgen, um die Gründe der Abweichungen zu ermitteln.

Die Beurteilung, ob eine eingeleitete Korrekturmaßnahme wirksam ist, trifft bei externen Audits die Zertifizierungsstelle auf Grundlage der Empfehlungen des externen Auditors, bei internen Audits die Gruppenleitung auf Grundlage der Empfehlungen des internen Auditors.

Landesforsten hat die Absicht, die FSC-Zertifizierung bzw. die damit einhergehenden Audits zu einem wesentlichen Baustein der betrieblichen Qualitätssicherung zu machen. Wegen der zeitlichen und räumlichen Auditdichte (jedes Jahr wird rund die Hälfte der Forstämter einem 1-2-tägigen externen oder internen Audit unterzogen) und der strikten Ausrichtung auf ISO-Standards ist das Zertifikat für diesen Zweck besonders gut geeignet.

### **Die FSC-Zertifizierung des rheinland-pfälzischen Kommunalwaldes**

Auch viele kommunale Forstbetriebe sind im Rahmen eines Gruppenzertifikats des Gemeinde-

### **Auditformen bei FSC**

- **Definition Audit** (Duden): [unverhofft durchgeführte] Überprüfung, von lateinisch *auditus* = das (An)hören.
- Das **Vorausaudit** ist eine Art Machbarkeitsstudie, die feststellt, ob der Waldbesitzende die nötigen grundsätzlichen Voraussetzungen für die FSC-Zertifizierung erfüllt.
- Im **Hauptaudit** wird der gesamte FSC-Waldstandard mit allen Indikatoren und Subindikatoren abgeprüft. Mit Bestehen des Hauptaudits wird das FSC-Zertifikat für eine Laufzeit von 5 Jahren erteilt. Nach Ablauf der 5 Jahre ist eine Rezertifizierung mit neuem Hauptaudit erforderlich.
- Die **Überwachungsaudits** stellen innerhalb der Zertifikatslaufzeit stichprobenartig fest, ob der Zertifikatshalter die Vorgaben des Standards weiterhin erfüllt. Sie haben i.d.R. bestimmte Schwerpunktthemen.
- Bei Gruppenzertifizierungen sind zusätzliche **interne Audits** durch die Gruppenleitung durchzuführen, als zusätzliche **interne Überwachungsaudits** und als **Aufnahmeaudits** für neu aufzunehmende Gruppenmitglieder.
- **Außerplanmäßige Audits** können sowohl durch den internen als auch durch den externen Auditor durchgeführt werden. Anlass können bestimmte betriebliche Probleme oder aber auch eingegangene Beschwerden sein.



und Städtebunds Rheinland-Pfalz FSC-zertifiziert – einige Betriebe bereits seit 1999. Das Gruppensertifikat wurde im Herbst 2013 für weitere fünf Jahre bis Anfang 2019 erteilt. Aktuell (Stand 29.01.2015) umfasst diese Gruppensertifizierung 188 Teilnehmer.

### **Überarbeitung der nationalen Standards von FSC Deutschland**

FSC hat weltweit 10 einheitliche Prinzipien („principles“) und 70 Kriterien („criteria“) für die Bewirtschaftung der Wälder definiert. Auf diesen weltweit gültigen Prinzipien und Kriterien bauen die nationalen Standards auf. Diese Standards werden alle 5 Jahre in einem Revisionsprozess überarbeitet. Federführend für die Überarbeitung der Standards ist der paritätisch aus Vertretern der Wirtschafts-, Sozial- und Umweltkammer besetzte Richtlinienausschuss. Beschlossen werden müssen die Änderungen durch die Mitgliederversammlung mit Dreiviertel-Mehrheit.

Die Revision von Standards soll veränderte gesellschaftliche Ansprüche an den Wald, Erfahrungen aus der Praxis aber auch neue wissenschaftliche Erkenntnisse berücksichtigen. Allgemeine Erläuterungen zum derzeit in Deutschland laufenden Revisionsprozess finden sich unter <http://www.fsc-deutschland.de/revision-deutscher-standard.123.htm>.

Der Gemeinde- und Städtebund und Landesforsten bringen sich für den rheinland-pfälzischen Wald in diesen Revisionsprozess aktiv ein, indem - der Zielsetzung entsprechend - langjährige Erfahrungen der Praxis wie auch wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse aus eigenen Forschungsaktivitäten eingesteuert werden.

Im aktuellen Revisionsprozess stehen die Themen Referenzflächen (nicht bewirtschaftete Vergleichsflächen), gebietsfremde Baumarten, Verjüngung von Lichtbaumarten, standortsdifferenzierte Nutzungsintensität und Nutzung von Nicht-Derbholz sowie Bürokratieaufwand im Fokus der Diskussion.

In der Diskussion um die Verjüngung von Lichtbaumarten steht mit einem Schwerpunkt im Pfälzerwald die (Trauben-)Eiche im Zentrum

des Interesses. Eichengeprägte Wälder zeichnen sich im Allgemeinen durch hohe ökologische wie auch hohe ökonomische Wertigkeit aus. Das gilt in besonderem Maße für die Eichenwälder im Pfälzerwald mit hohen Anteilen hochwertigster Furnier- und Fashölzer. Andererseits gelten Stiel- und Traubeneiche wegen der hohen Anzahl der auf sie spezialisierten Arten als „Schlüsselbaumarten zum Erhalt der Biodiversität in Wäldern“. Insofern kommt der erfolgreichen Verjüngung der Eichenwälder im Pfälzerwald für die Zukunft eine besondere Bedeutung zu. Rund 1.000 ha Alteichenbestände mit einem Alter über 200 Jahre stehen zur Verjüngung an. Vorläufige Auswertungen von regionalen Versuchsflächen belegen die außerordentliche Konkurrenzkraft der Buche gegenüber der Eiche bei kleinflächigen Verjüngungsverfahren. Diese Erkenntnisse werden entsprechend der Zielsetzung des Revisionsprozesses in die Diskussion um die Formulierung der Standards eingebracht.

Eine vermehrte Nutzung von Holz und sonstiger Biomasse aus dem Wald verbessert nicht nur die ökonomische Situation der Forstbetriebe, sondern sie trägt substantiell zur Versorgung der Wirtschaft mit einem wertvollen Rohstoff, zu einem sparsameren Umgang mit fossilen Rohstoffen und damit zur nachhaltigen Entwicklung bei. Im Gegenzug muss insbesondere bei der Nutzung von zunehmend schwächeren Holzdimensionen und forstlicher Biomasse der hiermit verbundene Nährstoffentzug aus den Waldökosystemen berücksichtigt werden, um das Leistungspotenzial der Standorte langfristig nicht zu gefährden.

Um diesen Grenzbereich fachlich fundiert ausloten zu können, erarbeitet die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Entscheidungsgrundlagen für Planung und Praxis. Nutzungsmöglichkeiten in den Wäldern können damit differenziert nach Standort und Baumart auf der Basis von Nährstoffbilanzen und Nährstoffvorräten im Boden abgeleitet werden. Im Hinblick auf eine wissenschaftliche, sachliche Diskussion, wurde der Erkenntnisstand bereits mehreren FSC-Gremien präsentiert, um in diesem Revisionsprozess der Standards berücksichtigt werden zu können.



Gelungene Eichenverjüngung in einem Femel

Foto: F. Schmidt

### 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 587.676 ha.

Die Nachhaltigkeit der Waldbewirtschaftung wird auf regionaler Ebene dokumentiert und kontrolliert, da viele Nachhaltigkeitsweiser, wie z. B. die Biodiversität, auf einzelbetrieblicher Ebene kaum überprüfbar sind.

Das Verfahren der regionalen Zertifizierung wird mit der Bildung einer regionalen Arbeitsgruppe eingeleitet. Dazu werden alle relevanten Interessensgruppen eingeladen, sich an der Arbeit zu beteiligen. Die Hauptaufgaben der regionalen Arbeitsgruppe sind die Erstellung des Regionalen Waldberichtes und die Erarbeitung und Umsetzung von Regelungen zur Einhaltung und Kon-

trolle der Standards, um teilnehmende Betriebe und interessierte Kreise mit Informationen zu versorgen und wirksame Rückkopplungsmechanismen einzurichten.

Mit dem Regionalen Waldbericht wird die regionale Waldbewirtschaftung und Waldentwicklung im Hinblick auf die Nachhaltigkeit anhand von Kriterien und Indikatoren objektiv und nachvollziehbar dokumentiert. Mit der positiven Begutachtung des regionalen Waldberichtes durch einen akkreditierten Auditor erhalten die Waldbesitzer in der Region die Möglichkeit, an der Zertifizierung nach PEFC teilzunehmen. Notwendig ist dazu die Unterzeichnung einer freiwilligen Selbstverpflichtungserklärung, mit der sich der Waldeigentümer zur Einhaltung der PEFC-Standards verpflichtet.

Aktuell arbeitet die regionale Arbeitsgruppe Rheinland-Pfalz an der Erstellung des 4. Regionalen Waldberichtes, der noch im Jahr 2015 fertig-



gestellt werden soll. Überwachungsaudits in den Forstbetrieben finden regelmäßig und kontinuierlich statt. Die zu auditierenden Forstbetriebe werden jährlich über ein flächengewichtetes Losverfahren ausgewählt. Vor Ort wird durch einen akkreditierten Auditor überprüft, ob die forstliche

Praxis die Standards nachhaltiger Waldwirtschaft erfüllt. Am Ende des Audits stehen ein mündlicher Bericht durch den Gutachter sowie ein schriftlicher Feststellungsbericht, der die Qualität der Bewirtschaftung und mögliche Abweichungen dokumentiert.



Foto: F. Schmidt



## Anhang 1

Entwicklung der Waldschäden nach Baumarten im  
Vergleich der Jahre 1984 bis 2015 über alle Alter

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

<b>Fichte</b>		<b>Anteile der Schadstufen [in %]</b>						<b>Mittlere Kronenverlichtung</b>
<b>Jahr</b>	<b>Anzahl Probebäume N</b>	<b>ohne Schadmerkmale 0</b>	<b>schwach geschädigt 1</b>	<b>Summe deutlich geschädigt 2 bis 4</b>	<b>mittelstark geschädigt 2</b>	<b>stark geschädigt 3</b>	<b>abgestorben 4</b>	
<b>2015</b>	1013	<b>28,0</b>	<b>45,7</b>	<b>26,0</b>	25,2	0,8	0,5	
<b>2014</b>	1039	<b>34,8</b>	<b>43,5</b>	<b>21,7</b>	19,9	1,2	0,6	<b>19,2</b>
<b>2013</b>	2865	<b>36,9</b>	<b>42,5</b>	<b>20,6</b>	19,3	0,8	0,5	<b>18,6</b>
<b>2012</b>	1071	<b>34,1</b>	<b>40,9</b>	<b>25,0</b>	23,3	0,7	1,0	<b>20,4</b>
<b>2011</b>	1061	<b>44,4</b>	<b>37,0</b>	<b>18,6</b>	17,1	0,9	0,6	<b>17,4</b>
<b>2010</b>	1086	<b>40,6</b>	<b>39,5</b>	<b>19,9</b>	18,0	0,7	1,2	<b>18,5</b>
<b>2009</b>	1129	<b>36,1</b>	<b>38,3</b>	<b>25,6</b>	23,8	0,8	1,0	<b>20,4</b>
<b>2008</b>	3011	<b>43,6</b>	<b>37,5</b>	<b>18,9</b>	17,2	1,1	0,6	<b>17,8</b>
<b>2007</b>	1136	<b>45,5</b>	<b>33,5</b>	<b>21,0</b>	18,8	1,2	1,0	<b>18,2</b>
<b>2006</b>	1170	<b>35,1</b>	<b>41,5</b>	<b>23,4</b>	21,5	1,0	0,9	<b>19,9</b>
<b>2005</b>	1197	<b>32,1</b>	<b>46,2</b>	<b>21,7</b>	20,1	0,9	0,7	<b>19,7</b>
<b>2004</b>	3133	<b>39,5</b>	<b>38,1</b>	<b>22,4</b>	20,8	1,1	0,5	<b>18,9</b>
<b>2003</b>	1229	<b>39,5</b>	<b>35,7</b>	<b>24,6</b>	23,1	0,8	0,7	<b>19,3</b>
<b>2002</b>	1220	<b>46,1</b>	<b>35,1</b>	<b>18,8</b>	16,9	1,2	0,7	<b>17,1</b>
<b>2001</b>	3168	<b>55,9</b>	<b>30,3</b>	<b>13,7</b>	12,9	0,6	0,2	<b>13,2</b>
<b>2000</b>	1222	<b>47,6</b>	<b>39,6</b>	<b>12,8</b>	11,9	0,6	0,3	<b>15,2</b>
<b>1999</b>	1226	<b>41,0</b>	<b>42,8</b>	<b>16,2</b>	15,3	0,6	0,3	<b>17,4</b>
<b>1998</b>	1221	<b>47,5</b>	<b>37,8</b>	<b>14,7</b>	13,5	1,0	0,2	<b>16,0</b>
<b>1997</b>	3142	<b>54,9</b>	<b>30,9</b>	<b>14,1</b>	13,3	0,6	0,2	<b>14,0</b>
<b>1996</b>	1089	<b>51,5</b>	<b>36,0</b>	<b>12,5</b>	11,3	0,8	0,4	<b>14,6</b>
<b>1995</b>	1076	<b>53,3</b>	<b>35,1</b>	<b>11,6</b>	10,6	0,6	0,4	<b>13,8</b>
<b>1994</b>	2838	<b>52,6</b>	<b>34,8</b>	<b>12,6</b>	11,8	0,6	0,2	<b>13,8</b>
<b>1993</b>	317	<b>55,5</b>	<b>33,4</b>	<b>11,1</b>	9,5	1,6	0,0	<b>11,4</b>
<b>1992</b>	316	<b>55,7</b>	<b>31,6</b>	<b>12,7</b>	11,1	1,6	0,0	<b>13,2</b>
<b>1991</b>	2722	<b>56,5</b>	<b>33,2</b>	<b>10,3</b>	8,9	1,2	0,2	<b>12,9</b>
<b>1990</b>	2731	<b>56,9</b>	<b>36,3</b>	<b>6,8</b>	6,2	0,6	0,0	<b>12,0</b>
<b>1989</b>	1190	<b>55,4</b>	<b>36,0</b>	<b>8,7</b>	8,2	0,5	0,0	<b>12,8</b>
<b>1988</b>	1188	<b>51,2</b>	<b>40,4</b>	<b>8,5</b>	8,2	0,3	0,0	<b>13,1</b>
<b>1987</b>	1190	<b>58,7</b>	<b>31,9</b>	<b>9,4</b>	8,8	0,3	0,3	<b>12,6</b>
<b>1986</b>	3316	<b>57,6</b>	<b>32,9</b>	<b>9,5</b>	8,8	0,5	0,2	<b>11,8</b>
<b>1985</b>	3320	<b>59,8</b>	<b>31,7</b>	<b>8,5</b>	7,9	0,5	0,1	<b>11,3</b>
<b>1984</b>	3371	<b>66,5</b>	<b>26,8</b>	<b>6,6</b>	6,2	0,2	0,2	<b>9,9</b>

<b>Kiefer</b>		<b>Anteile der Schadstufen [in %]</b>						<b>Mittlere Kronenverlichtung</b>
<b>Jahr</b>	<b>Anzahl Probebäume N</b>	<b>ohne Schadmerkmale 0</b>	<b>schwach geschädigt 1</b>	<b>Summe deutlich geschädigt 2 bis 4</b>	<b>mittelstark geschädigt 2</b>	<b>stark geschädigt 3</b>	<b>abgestorben 4</b>	
<b>2015</b>	541	<b>47,0</b>	<b>44,0</b>	<b>9,2</b>	7,9	0,0	1,3	<b>16,3</b>
<b>2014</b>	539	<b>46,8</b>	<b>46,6</b>	<b>6,7</b>	5,8	0,0	0,9	<b>15,8</b>
<b>2013</b>	1567	<b>44,8</b>	<b>47,4</b>	<b>7,9</b>	6,8	0,2	0,9	<b>15,7</b>
<b>2012</b>	540	<b>44,6</b>	<b>44,6</b>	<b>10,8</b>	9,8	0,4	0,6	<b>16,4</b>
<b>2011</b>	550	<b>34,2</b>	<b>49,8</b>	<b>16,0</b>	14,2	1,1	0,7	<b>19,3</b>
<b>2010</b>	556	<b>44,6</b>	<b>46,2</b>	<b>9,2</b>	8,1	0,4	0,7	<b>16,2</b>
<b>2009</b>	555	<b>35,9</b>	<b>54,4</b>	<b>9,6</b>	8,6	0,5	0,5	<b>17,2</b>
<b>2008</b>	1620	<b>32,2</b>	<b>48,3</b>	<b>19,5</b>	17,3	1,7	0,5	<b>19,6</b>
<b>2007</b>	559	<b>37,4</b>	<b>47,6</b>	<b>15,0</b>	14,1	0,7	0,2	<b>17,7</b>
<b>2006</b>	562	<b>31,3</b>	<b>51,1</b>	<b>17,7</b>	16,9	0,4	0,4	<b>19,6</b>
<b>2005</b>	559	<b>29,7</b>	<b>51,5</b>	<b>18,8</b>	17,2	1,1	0,5	<b>20,1</b>
<b>2004</b>	1653	<b>26,8</b>	<b>54,0</b>	<b>19,2</b>	17,4	0,7	1,1	<b>20,6</b>
<b>2003</b>	552	<b>24,1</b>	<b>57,2</b>	<b>18,6</b>	17,9	0,5	0,2	<b>19,8</b>
<b>2002</b>	564	<b>39,5</b>	<b>49,1</b>	<b>11,4</b>	9,8	0,9	0,7	<b>17,2</b>
<b>2001</b>	1683	<b>43,2</b>	<b>46,2</b>	<b>10,6</b>	8,6	1,2	0,8	<b>16,7</b>
<b>2000</b>	562	<b>34,3</b>	<b>55,7</b>	<b>9,9</b>	9,4	0,5	0,0	<b>17,3</b>
<b>1999</b>	561	<b>29,8</b>	<b>60,8</b>	<b>9,4</b>	8,9	0,5	0,0	<b>17,2</b>
<b>1998</b>	562	<b>32,4</b>	<b>60,1</b>	<b>7,6</b>	6,8	0,4	0,4	<b>16,7</b>
<b>1997</b>	1685	<b>40,4</b>	<b>52,7</b>	<b>7,0</b>	6,2	0,3	0,5	<b>15,6</b>
<b>1996</b>	522	<b>31,2</b>	<b>60,5</b>	<b>8,3</b>	7,1	0,2	1,0	<b>17,0</b>
<b>1995</b>	519	<b>33,1</b>	<b>58,2</b>	<b>8,7</b>	7,5	0,0	1,2	<b>17,1</b>
<b>1994</b>	1627	<b>45,5</b>	<b>47,3</b>	<b>7,2</b>	6,5	0,1	0,6	<b>15,0</b>
<b>1993</b>	329	<b>35,3</b>	<b>56,5</b>	<b>8,2</b>	8,2	0,0	0,0	<b>16,7</b>
<b>1992</b>	328	<b>40,9</b>	<b>53,4</b>	<b>5,8</b>	5,8	0,0	0,0	<b>14,8</b>
<b>1991</b>	1545	<b>39,9</b>	<b>51,3</b>	<b>8,7</b>	8,5	0,0	0,2	<b>16,6</b>
<b>1990</b>	1545	<b>41,1</b>	<b>54,9</b>	<b>4,1</b>	3,9	0,1	0,1	<b>14,9</b>
<b>1989</b>	524	<b>40,5</b>	<b>53,8</b>	<b>5,7</b>	5,3	0,2	0,2	<b>15,2</b>
<b>1988</b>	547	<b>37,8</b>	<b>54,3</b>	<b>7,9</b>	7,7	0,0	0,2	<b>16,1</b>
<b>1987</b>	548	<b>45,8</b>	<b>48,0</b>	<b>6,2</b>	5,8	0,0	0,4	<b>14,1</b>
<b>1986</b>	1620	<b>38,6</b>	<b>54,3</b>	<b>7,1</b>	6,5	0,2	0,4	<b>16,2</b>
<b>1985</b>	1614	<b>33,7</b>	<b>52,2</b>	<b>14,2</b>	13,1	0,7	0,4	<b>17,81</b>
<b>1984</b>	1633	<b>35,6</b>	<b>51,6</b>	<b>12,9</b>	11,8	0,6	0,5	<b>17,3</b>



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

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

sonstige BA		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	
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 Probestaumkollektives 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 Probestaumkollektives hat sich im Laufe der Jahre verändert. Der Anteil an Fichte ist geringer geworden. Die Fichtenbestände waren durch die verheerenden Sturmwürfe 1990 besonders betroffen; die Wiederaufforstungen erfolgten mit höheren Laubholzanteilen. Die Zahl der Probestaumpunkte ist größer geworden, bei der Überprüfung des Rasters sind etliche Stichprobenpunkte, die in Wald fallen, neu angelegt worden. Diese Punkte ergaben sich aus Erst-aufforstungen nach 1984 und solchen Punkten die bei der Anlage des Rasters 1984 übersehen wurden (z.B. in kartographisch nicht erfasstem Kleinprivatwald), hierbei waren überproportional die sonst weniger häufigen Laubbaumarten vertreten. Im Vergleich zu anderen Inventuren zeigt sich, dass der Fichtenanteil noch geringer, der Buchenanteil jedoch höher ist, hier sind jedoch auch Baumartenanteile unter Schirm, die von der WZE verfahrensbedingt nicht erfasst werden von Bedeutung. In den Daten der Forsteinrichtung fehlt der Privatwald. Douglasie ist vom Raster der WZE mit einem zu geringem Anteil erfasst.

Art (Gattung)	2015 Anzahl	2015 Anteil (in %)	1984 Anteil (in %)	Anteil nach Forsteinrichtung 2006	Anteil nach Bundeswald- inventur 2012
Fichte	1013	26,2	32,9	21 %	19,5 %
Buche	785	20,3	18,7	29 %	21,8 %
Eiche	688	17,8	16,8	16 %	20,2 %
Kiefer	541	14,0	15,9	13 %	9,9 %
Lärche	146	3,8	3,4	3 %	2,4 %
Esche	132	3,4	0,9		(0,8 %)
Douglasie	129	3,3	3,5	6 %	6,4 %
Hainbuche	107	2,8	2,2		
Birke	54	1,4	1,2		(1,8 %)
Ahorn	49	1,3	0,6		
Erle	36	0,9	0,3		(1,3 %)
Edelkastanie	34	0,9	0,5		
Tanne	33	0,9	0,6	1 %	0,7 %
Kirsche	26	0,7	0,3		
Kulturpappel	25	0,6	0,5		
Eberesche	20	0,5			
Linde	12	0,3	0,4		
Aspe	13	0,3	0,3		
Roteiche	6	0,2	0,3		
Strobe	4	0,1	0,2		
Salweide	3	0,1			
Mehlbeere	3	0,1			
Elsbeere	3	0,1			
Robinie	1	0,0	0,1		
Ulme	1	0,0	0,1		
Insgesamt	3864	100,0	99,7*	89 %*	84,8 %*

\*

\* Den Fehlbetrag zu 100 % bilden die mit leerem Feld be-  
lassenen Baumarten. Für diese Baumarten liegen die Daten  
nicht weiter aufgegliedert vor.

## Anhang 3

### Abkommen und gesetzliche Regelungen zur Luftreinhaltung

Maßnahme	Jahr	Ziel
<b>Internationale Abkommen und Richtlinien</b>		
Montreal-Protokoll	1987	Schutz der stratosphärischen Ozonschicht
<b>Europäische Abkommen zur Luftreinhaltung im Rahmen der UN-ECE-Verhandlungen:</b>		
Helsinki-Protokoll	1985	1. und 2. Schwefel-Protokoll zur
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 <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> und VOC
Richtlinie über Arsen, Cadmium, Quecksilber, Nickel und PAK in der Luft	2004	Zielwerte in der Luft, die bis 2012 eingehalten werden sollen
Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa	2008	Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität EU-Immissionsgrenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Benzol Partikel (PM10, PM2.5) 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
<b>Nationale Regelungen</b>		
Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)	2005	Neufassung vom September 2002
1. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchV)	2010	Neufassung der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen
2. BImSchV	2013	Neufassung der Verordnung über die Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen organischen Verbindungen

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
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 <sub>2</sub> -Emissionen
EURO 1 Norm für Pkw	1991	Verschärfung der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 1992/93
EURO I Norm für Lkw	1991	Verschärfung der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 1992/93
EURO II Norm für Lkw	1991	2. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 1995/96
EURO 2 Norm für Pkw	1994	2. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 1996/97
EURO 3 Norm für Pkw	1998	3. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 2000/2001
EURO 4 Norm für Pkw	1998	4. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 2005/2006
EURO 5 Norm für Pkw	2006	5. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 2009/2010
EURO III Norm für Lkw	1999	3. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 2000
EURO IV Norm für Lkw	1999	4. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 2005
EURO V Norm für Lkw	1999	5. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw (NO <sub>2</sub> ) ab 2008
EURO 6 Norm für Pkw	2007	6. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 2014/2015
EURO IV Norm für Lkw	2007	6. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 2013/2014



---

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](http://www.futmon.org)) von der Europäischen Union finanziell unterstützt.





Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR  
UMWELT, LANDWIRTSCHAFT,  
ERNÄHRUNG, WEINBAU  
UND FORSTEN

Kaiser-Friedrich-Straße 1  
55116 Mainz

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