



WALDZUSTANDS- BERICHT 2015



Impressum

Herausgeber

Ministerium für Umwelt und
Verbraucherschutz Saarland
Keplerstr. 18
66117 Saarbrücken

Ansprechpartner:
MR Dr. Hubertus Lehnhausen
Telefon: 0681 501-4622

Gestaltung

Zentralstelle der Forstverwaltung
Forschungsanstalt für Waldökologie und
Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz
Hauptstr. 16
67705 Trippstadt
Telefon: 06306 911-0, Fax: 06306 911-200
zdf.fawf@wald-rlp.de
www.fawf.wald-rlp.de

Mitwirkung

Landesamt für Umwelt und Arbeitsschutz
Don-Bosco-Str. 1
66119 Saarbrücken
Telefon: 0681 8500-0, Fax: 0681 8500-1384
lua@lua.saarland.de

Universität Trier
FB VI, Geobotanik
54286 Trier
Telefon: 0651 201-0
www.uni-trier.de

SaarForst Landesbetrieb
Von der Heydt 12
66115 Saarbrücken
Telefon: 0681 9712-01, Fax: 0681 9712-150
poststelle@sfl.saarland.de
www.saarforst-saarland.de

Saarbrücken, November 2015

als Download
www.saarland.de/Waldzustandsbericht.htm

Titelbild:

Foto: Th. Wehner

WALDZUSTANDS- BERICHT 2015

	Seite
Vorwort	4
Waldzustand 2015 - Ein Überblick	6
Waldzustandserhebung (WZE)	10
Einflüsse auf den Waldzustand	24
■ Entwicklung der Luftschadstoffbelastung	25
■ Witterungsverhältnisse	31
■ Allgemeine Waldschutzsituation	35
Alte Bäume im Wald und ihre Kronenverlichtung	38
Ozonbelastung rheinland-pfälzischer und saarländischer Waldökosysteme	46
Anhänge	
■ Entwicklung der Waldschäden	58
■ Probebaumkollektiv 2015	64
■ Zusammensetzung des Probebaumkollektives nach Altersklassen	65
■ Statistische Signifikanz der Veränderungen der mittleren Kronenverlichtung	66
■ Ausmaß und Ursachen des Ausscheidens von Probebäumen	67
■ Abkommen und gesetzliche Regelungen zur Luftreinhaltung	68

VORWORT



Foto: Th. Wehner



Liebe Bürgerinnen und Bürger des Saarlandes,

Der Waldzustandsbericht 2015 beschreibt die Ergebnisse der Waldzustandserhebung vom Sommer 2015. Es ist der 31. Bericht zu diesem Thema und rückschauend auf den Beginn der Erhebungen im Jahr 1984 wird heute deutlich, wie wichtig es ist, Umweltveränderungen durch langfristige Erhebungen zu beobachten. Von Jahr zu Jahr betrachtet wird eine als schädlich zu beurteilende Veränderung kaum erkennbar sein. Erst langjährige Messreihen lassen den negativen Trend einer Entwicklung erkennen und ermöglichen gezieltes Gegensteuern.

Wie im Vorjahr bereits begonnen, wurde die Erhebung 2015 wieder durch die Forstkollegen der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft aus Rheinland Pfalz durchgeführt.

Die Ergebnisse 2015 lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: Gegenüber 2014 hat sich der Waldzustand verschlechtert. Über alle Baumarten und Altersstufen ist der Anteil der Bäume ohne sichtbare Schäden um 3 % auf nunmehr 20 % gesunken. Der Anteil der Bäume mit deutlichen Schäden hat hingegen um 3 % auf nunmehr 30 % zugenommen. Die einzelnen Baumarten differieren in ihrer Schadentwicklung erheblich. Die deutlichen Schäden sind bei Buche (- 9 %) und Kiefer (- 5 %) erfreulicherweise rückläufig, bei Eiche (+ 13 %) und Fichte (+ 3 %) ist es hingegen zum Anstieg der deutlichen Schäden gekommen. Verschlechtert hat sich auch der Zustand der Esche. Aktuell zeigen 83 % der Eschen Infektionsmerkmale des Eschentriebsterbens.

Neben der Darstellung des Kronenzustandes werden von Jahr zu Jahr wechselnde Themen angesprochen. Da in diesem Jahr das Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz bereits einen sehr umfangreichen Bericht zum Zustand des Staatswaldes vorgelegt hat, in dem auch zahlreiche Themen angesprochen werden, die in den vergangenen Jahren im Waldzustandsbericht standen, beschränken wir uns in den Sonderthemen dieses Jahr auf die Problematik der Ozonbelastung unserer Wälder. Dieses Thema findet auch im Bericht aus Rheinland Pfalz dieses Jahr besondere Beachtung und die diesbezüglichen Datenreihen aus dem Saarland ermöglichen es den Wissenschaftlern die saarländische Situation ebenso wie die rheinland-pfälzische zu beurteilen. Hier kommt die Synergie der Kooperation zwischen Rheinland Pfalz und dem Saarland besonders zum tragen. Die Zusammenarbeit dazu hat wieder bestens funktioniert und ich möchte den Beteiligten dafür meinen Dank aussprechen.

Ich wünsche den Bürgerinnen und Bürgern viel Interesse beim lesen dieses Berichtes.

Reinhold Jost
Minister für Umwelt und Verbraucherschutz
Saarland

WALDZUSTAND 2015



EIN ÜBERBLICK

Bei Buche und Kiefer hat sich der Kronenzustand im Jahr 2015 gegenüber dem Vorjahr verbessert, bei Eiche, Fichte, Lärche, Esche und Birke dagegen verschlechtert. Insgesamt über alle Baumarten ist der Anteil an Bäumen mit deutlichen Schäden um drei Prozentpunkte auf 30 % und der Anteil schwach geschädigter Bäume um einen Prozentpunkt auf jetzt 51 % angestiegen. Der Anteil an Bäumen ohne sichtbare Schadensmerkmale ist um vier Prozentpunkte auf 19 % gesunken.

Bei der Buche wird der Kronenzustand erheblich durch die Fruktifikation beeinflusst: In Jahren mit starker Fruktifikation steigt die Kronenverlichtung erheblich an, im jeweiligen Folgejahr – meist ohne Fruktifikation – erholt sich der Kronenzustand wieder. Dies war auch im aktuellen Jahr gegenüber dem „Fruchtjahr“ 2014 der Fall. In der Langzeit-Zeitreihe seit 1984 liegt die Kronenverlichtung aktuell aber trotz der Erholung noch deutlich über dem Niveau der Kronenverlichtung zu Beginn der WZE-Aufnahmen.

Bei der Eiche hat sich der Kronenzustand nach der deutlichen Verbesserung im Vorjahr wieder etwas verschlechtert. Dies dürfte zum Teil mit Insektenfrass zusammenhängen.

Bei der Fichte ist in der Zeitreihe ein Anstieg des Schadniveaus zu verzeichnen. Dies könnte eine Folge der Häufung warm-trockener Vegetationszeiten seit Beginn der Erhebungen sein. Auch im aktuellen Jahr hat sich der Kronenzustand leicht verschlechtert.

Bei der Kiefer zeigt sich im Verlauf der Zeitreihe ein ausgeprägtes Maximum des Schadniveaus im Jahr 2006. In den Folgejahren verbesserte sich der Kronenzustand wieder soweit, dass das Schadniveau aktuell nur noch wenig über dem zu Beginn der Zeitreihe liegt.

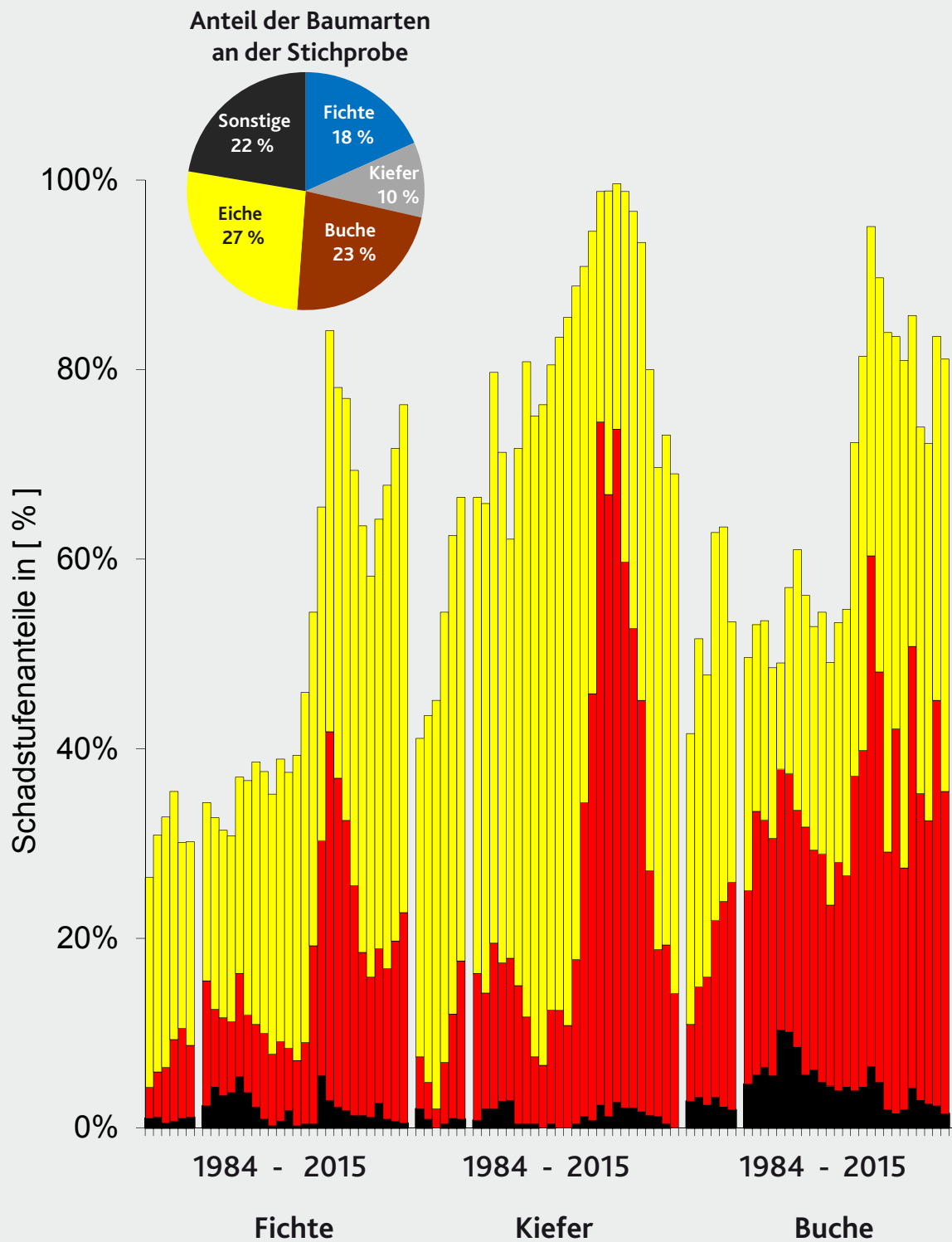
Besorgniserregend ist die Situation der Esche: Bei der aktuellen Erhebung wurden bei 83 % aller be- gutachteten Eschen Merkmale einer Infektion mit dem Pilz „Falsches Weißes Stängelbecherchen“, dem Erreger des Eschentriebsterbens festgestellt.

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.

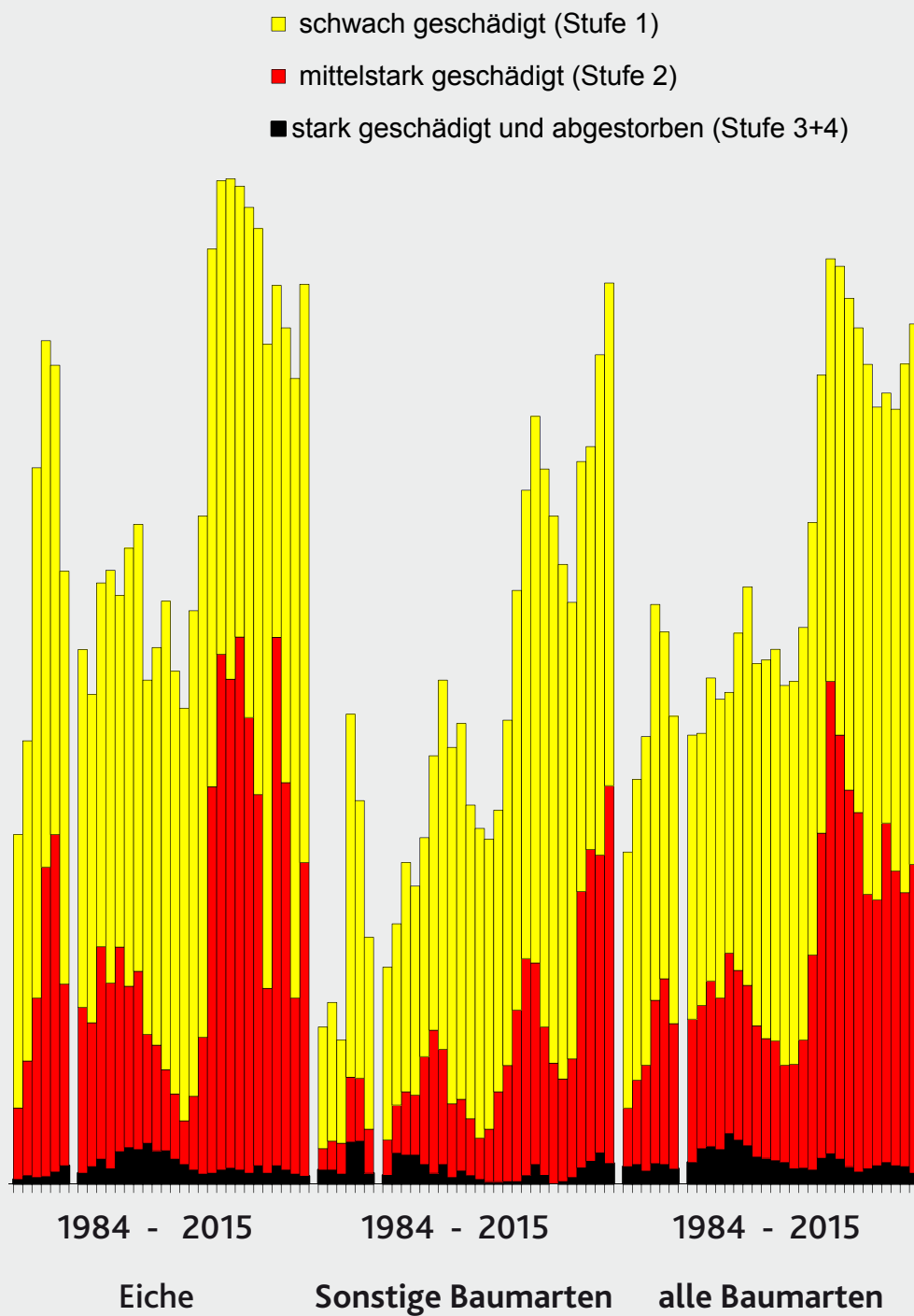
Differenzierte Kalkulationen der phytotoxischen Ozonosis an Messstationen des Forstlichen Umweltmonitorings der Länder Saarland und Rheinland-Pfalz zeigen, dass die Belastungsschwellen für Waldbäume in unseren Wäldern sehr deutlich überschritten werden und weitere Maßnahmen zur Emissionsminderung bei den Ozonvorläufer- substanzan 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 Sommer-trockenheit 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 im gemeinsamen Kollektiv der Waldzustandserhebungen der Länder Saarland und Rheinland-Pfalz belegt, dass Bäume auch in einem hohen Alter noch vital sein können und in der Lage sind, ihren Kronenzustand nach Stresseinflüssen wieder zu verbessern.



Entwicklung der Waldschäden von 1984 bis 2015 im Saarland



WALDZUSTANDS- ERHEBUNG (WZE)



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

Im Jahr 2015 hat sich der Kronenzustand über alle Baumarten etwas verschlechtert. Bei den einzelnen Baumarten treten dabei unterschiedliche Veränderungen auf.

Die Buche konnte sich gegenüber dem Vorjahr merklich erholen. Die Kiefer weist weiter ein geringes Schadniveau auf. Bei Eiche, Fichte und einigen anderen Baumarten zeigt sich dagegen ein Anstieg in der Kronenverlichtung. Besorgniserregend ist die Situation bei Esche, bei der nur noch wenige Bäume ohne sichtbare Schäden in der Baumkrone sind.

Durchführung

Die Waldzustandserhebung erfolgt seit 1984 auf einem systematischen, landesweiten Stichprobenraster. Bis 1988 wurde die Erhebung in einem 4x4 km-Raster mit den Daten des Waldschadenskatasters ergänzt. Im Jahr 1989 wurde das 4x4 km-Raster zu einem 2 x 4 km Gitternetz verdichtet, auf dem seitdem die jährliche Erhebung durchgeführt wird. Nur in 1990 musste die Waldzustandserhebung in Folge der Schäden der Frühjahrsstürme Vivian und Wiebke ausfallen. In 2015 umfasst das Aufnahmeraster 98 Aufnahmepunkte, wobei an einem Punkt zurzeit kein geeigneter Waldbestand stockt, um Probestämme auszuwählen. An diesem Punkt kann erst wieder eine Aufnahme erfolgen,

sobald der nachfolgende Jungbestand etabliert ist. Insgesamt wurden an 97 Aufnahmepunkten 2328 Stichprobenbäume begutachtet.

Die Stichprobe erlaubt statistisch abgesicherte Aussagen zur Schadensentwicklung auf Landesebene für den Wald allgemein und die häufigsten Baumarten Buche, Eiche, Fichte und Kiefer. Für die weniger häufigen Baumarten Esche, Birke, Lärche, Douglasie und Ahorn sind ebenfalls Aussagen möglich, jedoch bei geringerer statistischer Sicherheit. Eine Übersicht über die Zusammensetzung des Kollektivs der Probestämme nach den verschiedenen Baumarten und ihre Verteilung nach Altersklassen findet sich im Anhang des Berichtes.

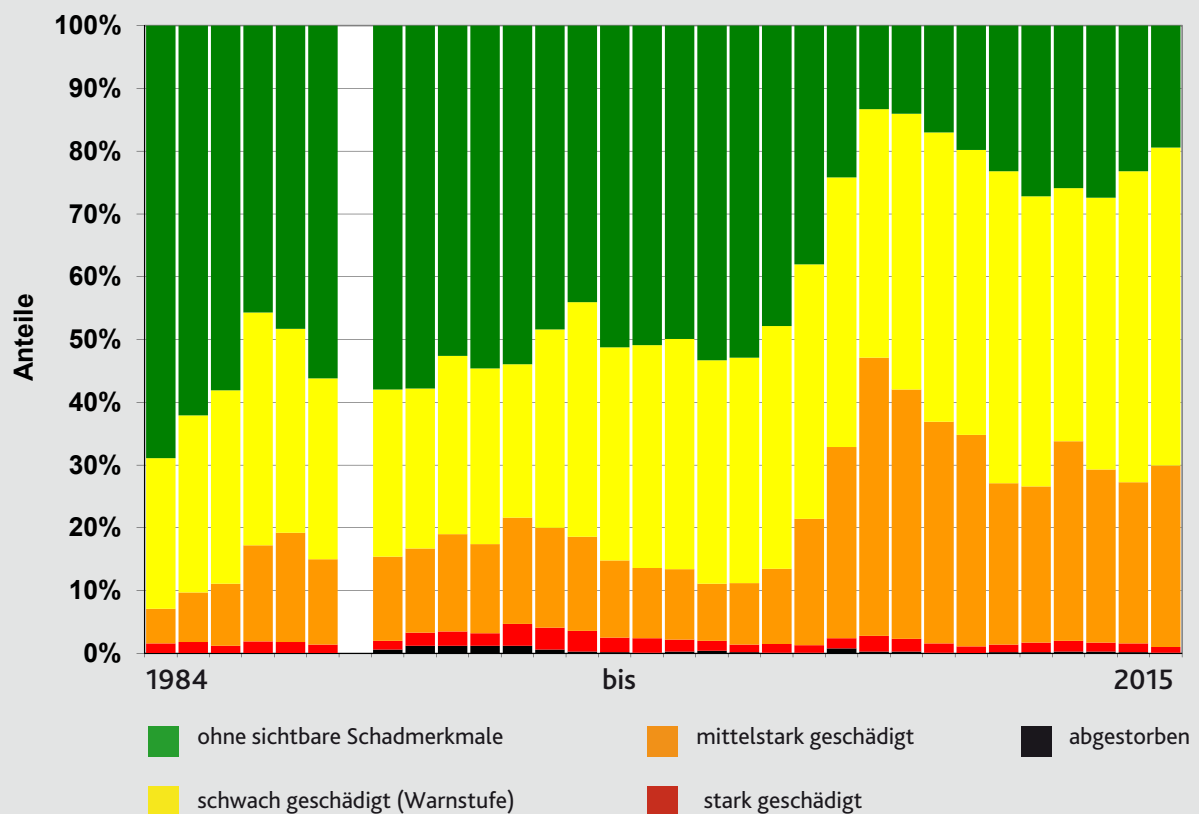
Die Außenaufnahmen erfolgten einschließlich Abstimmungsübung und Kontrollaufnahmen in der Zeit vom 06. bis 31. Juli 2015.

5 Aufnahmepunkte sind zugleich Teil des europäischen 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 www.ti.bund.de/de/startseite/institute/wo/projekte/waldzustandserfassung.html www.futmon.org und www.icp-forests.org

Waldzustand allgemein

Für die gesamte Waldfläche des Saarlandes über alle Baumarten und Altersstufen hat sich der Zustand des Waldes gegenüber dem Vorjahr leicht verschlechtert. Der Anteil deutlicher Schäden ist um 3 Prozentpunkte höher als in 2014. Die mittlere Kronenverlichtung liegt um 0,2 Prozentpunkte über dem Wert des Vorjahres, diese geringe Veränderung ist statistisch signifikant.

Entwicklung der Schadstufenverteilung über alle Baumarten



Die Entwicklung bei den einzelnen Baumarten differiert erheblich. Besonders auffallend hat sich der Kronenzustand der Buchen verbessert, etwas auch der der Kiefer. Hingegen hat sich bei Eiche und Fichte der Kronenzustand verschlechtert. Auch die meisten der weniger häufigen Laubbaumarten und die Lärche zeigen in 2015 einen Anstieg der Kronenverlichtung gegenüber dem Vorjahr. Eine leichte Verbesserung gab es dagegen bei der Schadsituation der Douglasie. Eine tabellarische Übersicht über die Zeitreihe der Schadstufenverteilung und mittleren Kronenverlichtung befindet sich im Anhang 1 ab Seite 58. Durch die Gegenüberstellung der sowohl 2014 als auch 2015 erhobenen Probestaumindividuen (identische Probestämme) lässt sich die beobachtete Entwicklung der Baumindividuen genauer analysieren und statistisch absichern. Hierauf wird bei den betreffenden Baumarten eingegangen. Eine Beschreibung und eine Tabelle mit den Ergebnissen zur Signifikanz der Veränderung der mittleren Kronenverlichtung gegenüber dem Vorjahr finden sich im Anhang 4 Seite 66.

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-wachstum. Folgen der im Jahresverlauf auftretenden Trockenheit wurden erst im Spätsommer sichtbar. Die Waldzustandserhebung wurde bereits Ende Juli abgeschlossen. Die bei vielen Laubbaumarten zu diesem Zeitpunkt 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. Demzufolge sind Vergilbungen an Nadel- oder Blattorganen im 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, sodass 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.

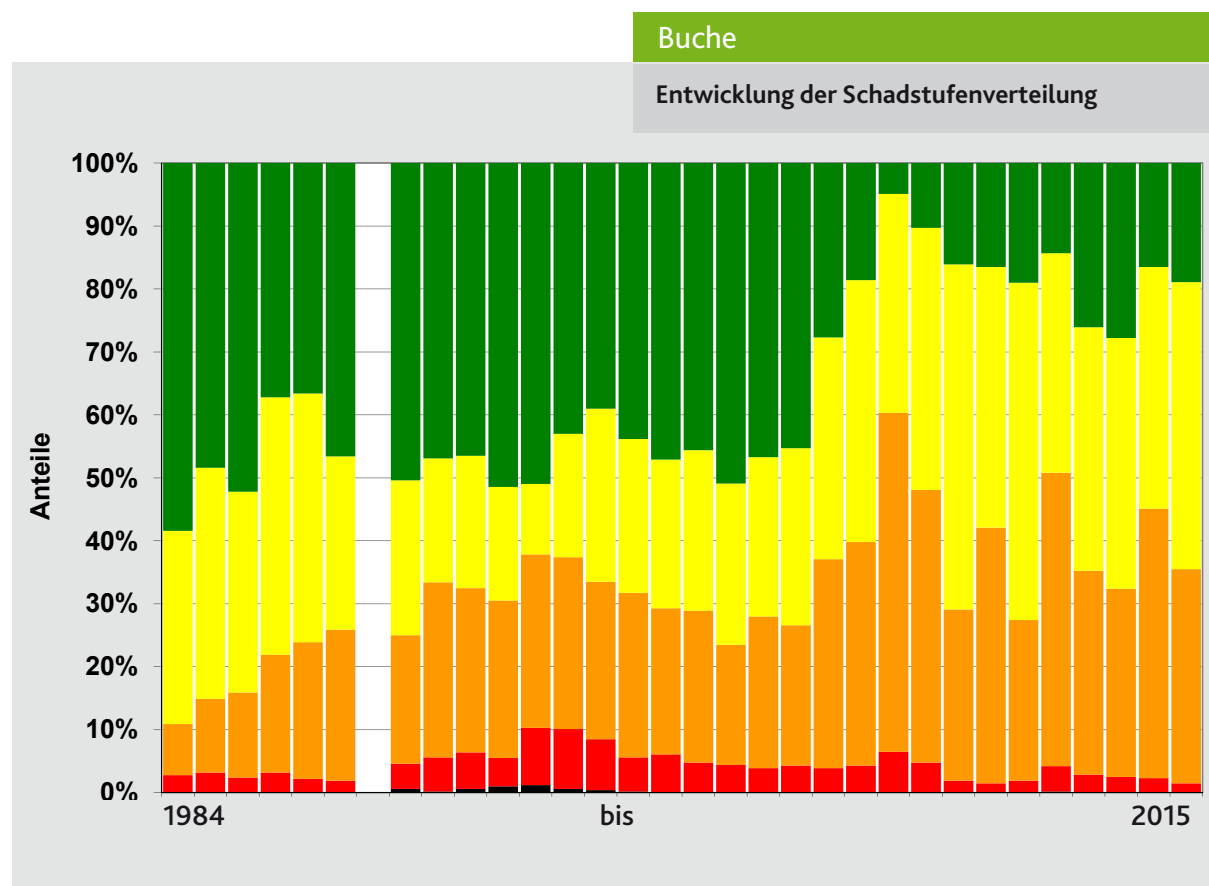
Insektenfraß war in vielen Laubbaumbeständen zu beobachten, blieb aber im Allgemeinen unter der kritischen Schwelle, ab der ein Einfluss auf den Kronenzustand zu erwarten ist. Der Minier- und Reifefraß durch Springrüssler an Buche und insbesondere Insektenfraß an Eiche war etwas häufiger als im Vorjahr verbreitet, aber nur lokal begrenzt von Bedeutung. Pilzbefall ist in 2015 an Esche (Eschentriebsterben) und an Nadelbäumen (Schütte) beobachtet worden.

Buche

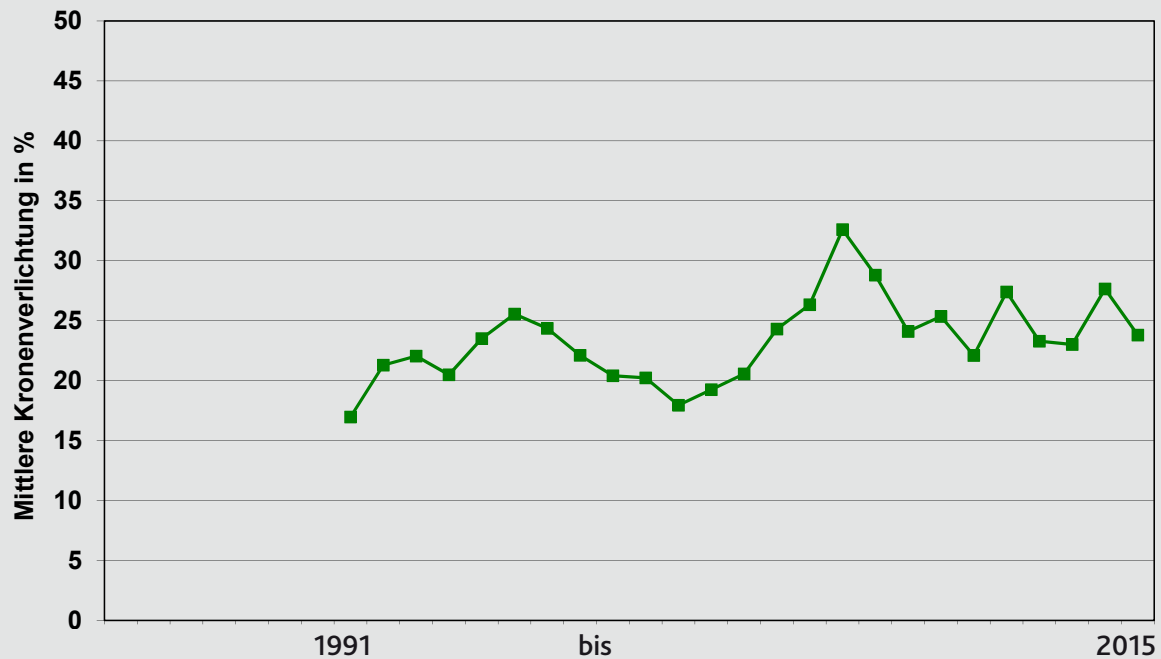
Die Buche ist im Saarland mit 23 % Flächenanteil die wichtigste Baumart und zugleich Leitbaumart der natürlich vorkommenden Waldgesellschaften. Auch in der Stichprobe der WZE ist sie mit einem Anteil von 23 % vertreten.

Der Kronenzustand der Buchen hat sich gegenüber dem Vorjahr merklich verbessert. Der Anteil der deutlichen Schäden ist um 9 Prozentpunkte zurückgegangen. Die mittlere Kronenverlichtung liegt um 3,9 Prozentpunkte unter dem Vorjahreswert; dieser Rückgang ist signifikant. Das Schadniveau der Buche blieb damit in 2015 allerdings etwas über den Werten der Jahre 2012 und 2013.

Seit Beginn der Zeitreihe der Waldzustandserhebung 1984 stieg die Kronenverlichtung bei der Buche an. Im Jahr 1995 wurde ein erstes Maximum erreicht, in den Folgejahren zeigte sich bis 2003 ein Erholungstrend. In der Folge des Trockensommers 2003 verschlechterte sich der Kronenzustand jedoch wieder und erreichte 2006 ein neuerliches



Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



Maximum. Unter günstigen Bedingungen konnte die Buche ihren Kronenzustand dann wieder verbessern. Starke Fruktifikation als interner, natürlicher Belastungsfaktor führte jeweils zu einem Anstieg des Schadniveaus, so in den Jahren 2009, 2011 und 2014. Dieser Einfluss des Fruchtanhangs auf den Kronenzustand bei Buche ist bereits mehrfach dokumentiert und beschrieben worden. So war erwartet worden, dass die Buche in 2015 kaum Fruchtanhang ausbildet und ihren Kronenzustand wieder entsprechend verbessert. Allerdings konnte die Buche den durch den Fruchtanhang 2014 ausgelösten Schadanstieg nicht vollständig ausgleichen.

Loch- und Minierfraß durch den Buchenspringrüssler (*Rhynchaenus fagi*) war an rund 7 % der Buchen-Probeebäume aufgetreten, blieb aber ohne besondere Bedeutung für den Kronenzustand.

Vergilbung war in 2015 nur an 4 Probeebäumen in einem nennenswerten Umfang notiert worden. Trotz der bereits Ende Juli beobachteten beginnenden Verfärbung in den Oberkronen der Buchen war zum Zeitpunkt der Außenarbeiten der Erhebung die Verfärbung noch nicht so weit fortgeschritten, dass sie als deutliche Gelbfärbung sichtbar wurde.

Dürreres 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. Mit der Erweiterung der Waldzustandserhebung um leicht erkennbare Schadursachen wird auch der Umfang abgestorbener Äste und des Feinreisigs in der Lichtkrone selbst gesondert bewertet und notiert. In 2015 wurden an 17 % der Buchen-Probeebäume Dürre- und abgestorbene Äste beobachtet. 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 aufwändige 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 Sonneneinstrahlung 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 Information zu Ozon, seiner Wirkung auf Waldbäume und Ansätze zur Abschätzung der Belastung sind im Kapitel „Ozonbelastung rheinland-pfälzischer und saarländischer Waldökosysteme“ zu finden.

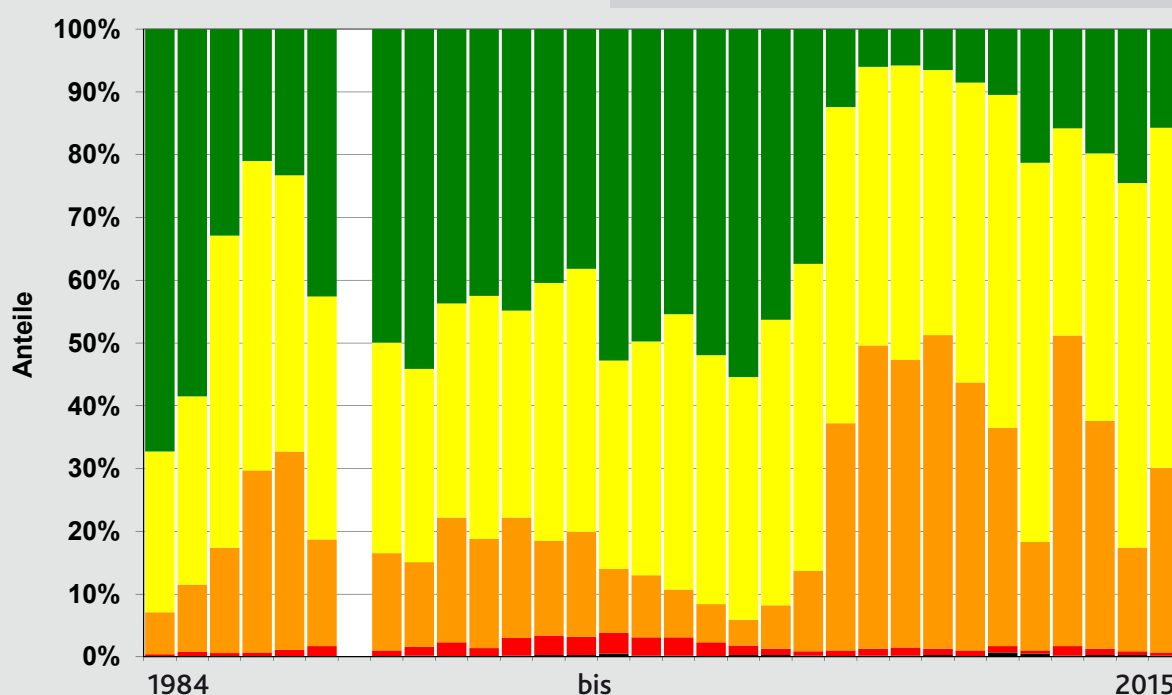
Eiche

Die Eiche hat im Saarland einen Flächenanteil von 21 %, im Kollektiv der WZE ist sie mit knapp 27 % häufiger vertreten.

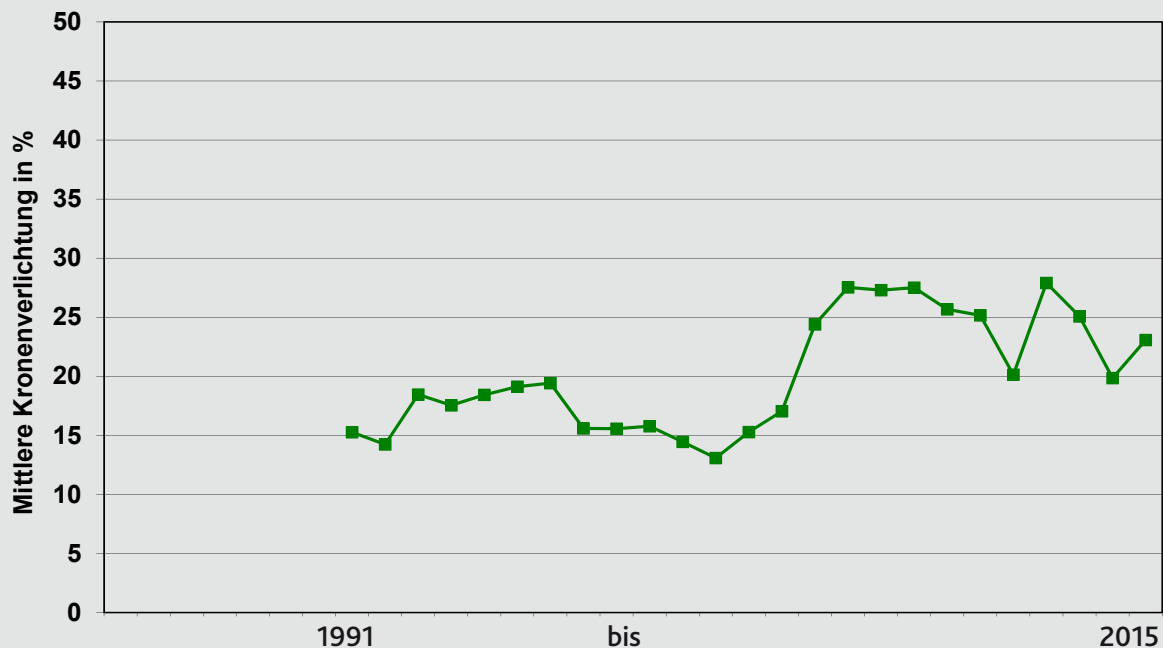
Der Kronenzustand der Eichen hat sich in 2015 verschlechtert. Der Anteil deutlich geschädigter Probebäume ist um 13 Prozentpunkte gegenüber dem Vorjahr angestiegen, der Anteil ohne sichtbare Schadmerkmale um 9 Prozentpunkte geringer. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 3,2 Prozentpunkte höher als im Vorjahr, diese Veränderung ist signifikant.

Eiche

Entwicklung der Schadstufenverteilung



Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



Die Eichen erleiden regelmäßig mehr oder minder starke Schäden durch blattfressende Insekten. Häufig wird der Wiederaustrieb durch den Eichenmehltau (*Microsphaera alphitoides*), einen Anfang des vorigen Jahrhunderts aus Nordamerika nach Europa eingeschleppten Blattpilz, befallen. In 2015 wurden an 22 % der Probestämme Fraßschäden beobachtet und damit merklich häufiger als im Vorjahr (7 %). Befall durch den Mehltau-pilz wurde dagegen nicht festgestellt. In 2015 ist der Insektenfraß überwiegen gering (um 5 % der Blattmasse), nur an einzelnen Eichen war ein stärkeres Ausmaß festzustellen. Doch zeigen die befallenen Eichen einen deutlicheren Anstieg der Kronenverlichtung als die Eichen ohne Fraßschäden. Insektenfraß hat sich immer wieder als ein bedeutsamer Einflussfaktor auf die Entwicklung des Kronenzustandes bei Eiche erwiesen, trägt in 2015 aber nur zum Teil zur Erklärung des Anstieges der Kronenverlichtung bei. Bei der Eiche ist, trotz des diesjährigen Schadanstieges, in den letzten 7 Jahren tendenziell ein Rückgang des Schadniveaus zu erkennen. Die Eichen profitieren anscheinend von einer längeren

Periode mit für sie überwiegend günstigen Wuchsbedingungen. Unterbrochen wurde dieser Trend im Jahr 2012, in dem merklicher Insektenfraß, örtlich bis hin zum Kahlfraß, zu einem Anstieg der Kronenverlichtung führte. Sorge bereitet auch nach wie vor der Eichenprachtkäfer, der die befallenen Bäume auch zum Absterben bringen kann. Prachtkäferbefall wurde 2015 allerdings nur an 2 Probestämmen festgestellt.

In 2015 wurde an 2,4 % der Probestämme Fruchtanhang beobachtet. Das Ausmaß ist bei der Eiche zum Zeitpunkt der Waldzustandserhebung aber nur unzureichend abschätzbar, sodass der Fruchtanhang meist unterschätzt wird und keine Aussagen zum Einfluss auf den Kronenzustand abgeleitet werden können.

An einigen Eichen werden immer wieder ins Gelbliche gehende Verfärbungen der Blätter oder hellgrüne bis gelbliche Partien zwischen den Blatt-rippen beobachtet. Deutliche Blattvergilbungen wurden 2015 an Eiche aber nicht beobachtet.

Fichte

Die Fichte hat im Saarland einen Flächenanteil von 16 %, im Aufnahmekollektiv der WZE macht sie einen Anteil von 18 % aus.

Die Fichte hat sich in ihrem Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr geringfügig verschlechtert. Der Anteil der deutlich geschädigten Probestämme ist um 3 Prozentpunkte angestiegen, der Anteil der Probestämme ohne sichtbare Schadmerkmale um 4 Prozentpunkte zurückgegangen. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 0,7 Prozentpunkte höher als im Vorjahr; diese Veränderung ist jedoch nicht signifikant. Im Verlauf der Zeitreihe ab 1984 ist ein ausgeprägtes Maximum des Schadniveaus im Jahr 2006 zu erkennen. In den Folgejahren verbesserte sich der Kronenzustand dann wieder, das Schadniveau bleibt jedoch merklich höher als in den Jahren zu Beginn der Zeitreihe.

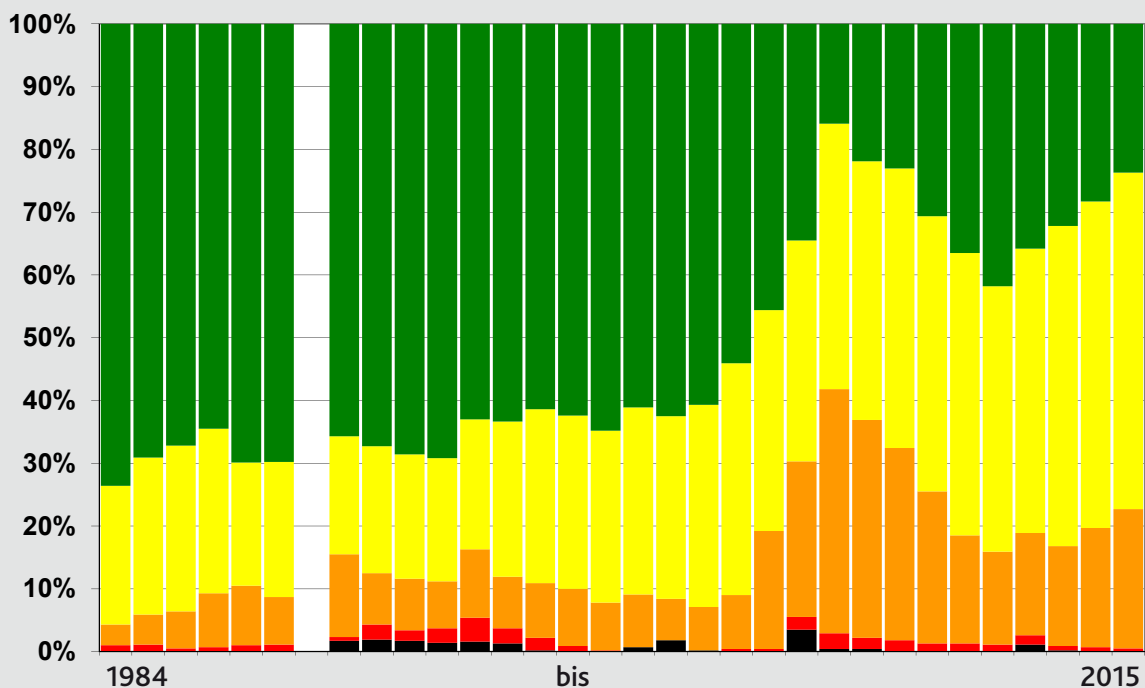
Die Fichten leiden stärker als die meisten anderen Baumarten unter Schadereignissen, besonders Sturmwurf oder Borkenkäferbefall, die zu einem

ungeplanten, vorzeitigen Ausfall der Bäume führen. In 2015 war die Ausscheiderate bei Fichte jedoch außerordentlich gering. Nur 3 Probestämme mussten ersetzt werden, in einem Fall wegen Insektenbefall. Im Verlauf der Zeitreihe ist die Ausscheiderate der Fichte im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten aber überdurchschnittlich hoch, wobei jedoch in einzelnen Jahren sehr unterschiedliche Werte auftreten.

In 2015 war bei Fichten an knapp 43 % der Probestämme Fruchtanhang zu beobachten. Im Laufe der Zeitreihe zeigte sich, dass stärkerer Fruchtanhang tendenziell zu einem Anstieg der Kronenverlichtung führen kann. Trotz des erheblichen Fruchtanhangs ist dieser Effekt in 2015 aber nicht nachzuweisen. Tendenziell ist der Schadanstieg bei den fruktifizierenden Fichten zwar etwas höher als bei denen ohne Fruchtanhang, es bestehen aber keine signifikanten Unterschiede.

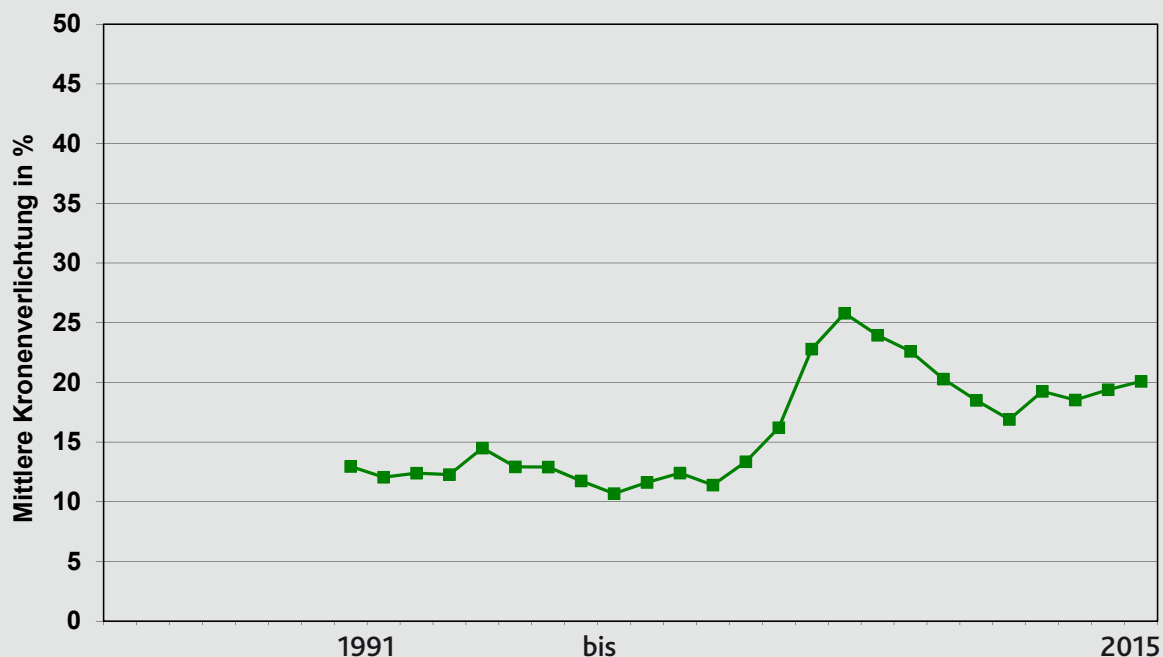
Fichte

Entwicklung der Schadstufenverteilung



Fichte

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



Kiefer

Die Kiefer hat im Saarland einen Flächenanteil von knapp 6 %. In der Stichprobe der WZE beträgt ihr Anteil 9 %, wobei Waldkiefer und Schwarzkiefer als eine Baumartengruppe gemeinsam ausgewertet werden.

Bei der Kiefer hat sich der Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr etwas verbessert. Der Anteil an Probestämmen mit deutlichen Schäden ist um 5 Prozentpunkte zurückgegangen, der Anteil ohne sichtbare Schädmerkmale ist um 4 Prozentpunkte höher. Die mittlere Kronenverlichtung liegt um 1,3 Prozentpunkte niedriger; diese Verbesserung ist signifikant. Mit nur 3 Nadeljohrgängen reagiert die Kiefer vergleichsweise flexibel mit variierender Benadelungsdichte und kann unter günstigen Bedingungen auch rasch regenerieren. Im Verlauf der Zeitreihe ab 1984 zeigt sich ein ausgeprägtes Maximum des Schädlevels im Jahr 2006. In den Folgejahren verbesserte sich der Kronenzustand wieder soweit, dass das Schädlevel nur noch um Weniges über dem zu Beginn der Zeitreihe liegt.

Kieferschütte (*Lophodermium seditiosum*) wurde bei 9 % der Kiefen-Probestämme (Vorjahr 14 %)

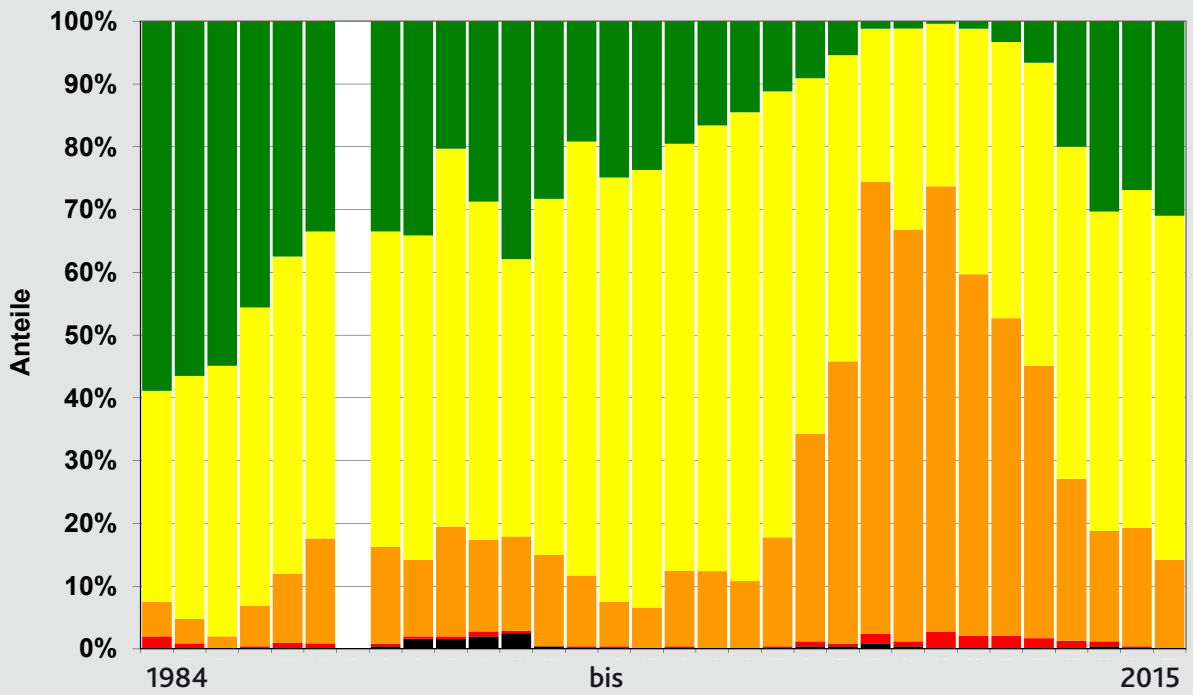
beobachtet. Dieser Pilz befällt die Nadeln der Kiefer und führt im Folgejahr zum vorzeitigen Abfall (Schütten) der älteren Nadeljohrgänge. Die dadurch entstehenden Nadelverluste gehen in die Kronenzustandsansprache mit ein. Bei knapp 9 % der Kiefen war Reifefraß durch Waldgärtner (*Tomicus piniperda* und *T. minor*) zu beobachten. Durch den Reifefraß dieser auf Kiefen 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.

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

Vergilbung war in 2015 an Kiefer nicht beobachtet worden. Bei heiß-trockener Witterung neigt die Kiefer dazu, ihren dritten Nadeljohrgang vorzeitig zu schütten, wobei sich die Nadeln zuvor gelb verfärben und dann abfallen. Dieses Phänomen wurde auf trockenen Standorten von Ende Juli an beobachtet, trat aber in der Zeit der Außenarbeiten der Erhebung an den Kiefen-Probestämmen nicht auf.

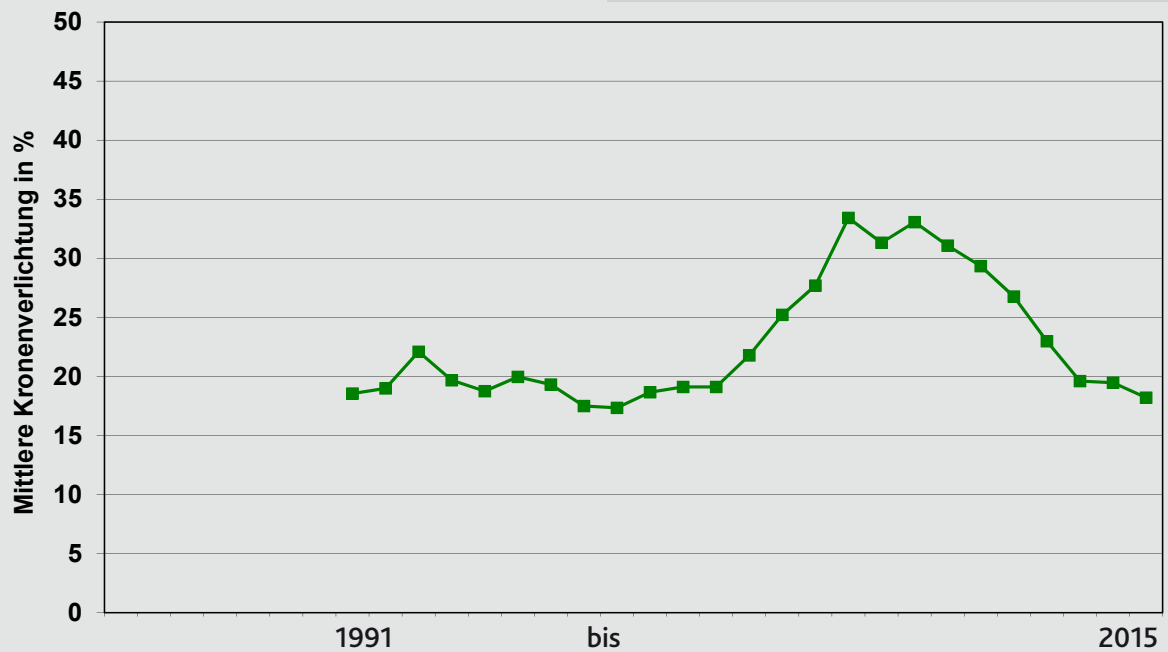
Kiefer

Entwicklung der Schadstufenverteilung



Kiefer

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



Andere Baumarten

In unseren Wäldern findet sich neben den bereits genannten noch eine Vielzahl anderer Baumarten, die insgesamt einen Flächenanteil von 34 % ausmachen. Die Waldzustandserhebung erfasst mit ihrem Kollektiv insgesamt 27 verschiedene Baumarten, die zusammen einen Anteil von 22 % an dem Probebaumkollektiv der WZE haben. Einige werden nur mit einzelnen Exemplaren, andere aber auch mit mehr als 50 Probebäumen erfasst, sodass eine baumartenspezifische Aussage zum Kronenzustand möglich ist. Wegen des geringeren Stichprobenumfangs sind die Aussagen hier jedoch mit höheren Unsicherheiten behaftet und die Veränderungen statistisch meist nicht zu sichern. Auch können in den Schadstufenanteilen oder bei der mittleren Kronenverlichtung von Jahr zu Jahr größere Sprünge auftreten, da sich starke Veränderungen auch nur einzelner Probebäume durchprägen und Veränderungen von gleich mehreren Prozentpunkten in der Statistik entsprechen können. Veränderungen zwischen den Jahren dürfen daher nur im längeren Verlauf der Zeitreihe bewertet werden.

In 2015 ist die Kronenverlichtung bei fast allen Nebenbaumarten durchgängig angestiegen, jedoch bei sehr unterschiedlichem Schadniveau. Eine leichte Entspannung der Schadsituation war nur bei der Douglasie zu erkennen.

Der Kronenzustand der Eschen hat sich seit 2011 rasant verschlechtert und auch in 2015 ist das Schadniveau weiter angestiegen. Der Schadanstieg der letzten Jahre wurde durch zunehmend massiveres Auftreten einer Infektion mit dem Pilz „Falsches Weißes Stängelbecherchen“ (*Hymenoscyphus pseudoalbidus*; Nebenfruchtform: *Chalara fraxinea*) ausgelöst. Das Eschentriebsterben tritt landesweit in einem als bestandsbedrohend anzusehenden Ausmaß auf. Bei der WZE gehen die infolge der Erkrankung abgestorbenen Triebe oder Blätter in die Bewertung der Kronenverlichtung mit ein. Bei der aktuellen Erhebung wurden bei 83 % aller begutachteten Eschen Infektionsmerkmale festgestellt.

Bei der Birke ist in 2015 ein starker Sprung auf ein hohes Schadniveau beobachtet worden. In

der Zeitreihe zeigt die Birke aber durchgehend ein moderates Schadniveau, zwar immer wieder mit Veränderungen doch ohne gerichteten Trend in der Entwicklung. Eine Ursache für den Schadanstieg ist nicht offensichtlich erkennbar, Insektenfraß oder Pilzbefall war nicht auffällig. Bei der Birke tritt besonders in Trockenjahren vorzeitiger Blattfall auf, der aber meist mit Vergilbung der Blätter einhergeht. Da Vergilbung in 2015 jedoch nur an einer Birke beobachtet wurde, erscheint „Hitzelaubfall“ als Ursache unwahrscheinlich. Es bleibt daher abzuwarten, ob in den Folgejahren das höhere Schadniveau bestätigt wird, oder der Schadsprung ein einmaliger Extremwert bleibt.

Die Lärche zeigt in 2015 einen Anstieg der Kronenverlichtung, bleibt aber auf dem seit 1991 zu beobachtenden Schadniveau. Offensichtliche Schädigungen durch Insekten- oder Pilzbefall sind nicht festgestellt worden, auch Vergilbung trat nicht auf.

Die Ahorne zeigen im Laufe der Zeitreihe ein vergleichsweise niedriges Schadniveau, auch der leichte Anstieg in 2015 ändert daran nichts. Besondere Belastungen wie Insektenfraß oder Pilzbefall wurden nicht beobachtet, auch Vergilbung trat nicht auf.

Die Douglasie bewegt sich seit Ende der 1990er Jahre auf einem vergleichsweise hohen Schadniveau. Nach einem Maximalwert in 2013 ist die Kronenverlichtung in den letzten Jahren zwar etwas zurückgegangen, jedoch ist die Schadsituation nach wie vor angespannt. Eine Ursache ist der Befall durch die Rußige Douglasienschütte (*Phaeocryptopus gaeumannii*), die im ganzen Land verbreitet ist und in einigen Douglasienbeständen massiv auftritt. In 2015 wurde sie an rund einem Fünftel der Probebäume festgestellt. In Kombination mit kalter Winterwitterung führt der Befall zu einer intensiven Nadelschütte. Der Pilz ist jedoch vermutlich in allen Beständen gegenwärtig, auch wenn zurzeit keine Symptome sichtbar sind. Bei den Douglasien brechen bei Sturmereignissen in erheblichem Umfang Zweige aus der Oberkrone aus. Die Baumkronen erhalten so ein typisch zerzaustes Aussehen.

Andere Baumarten

Entwicklung der Schadstufenverteilung

Baumart (bzw. Gattung)	Jahr	Anzahl an Probebäumen	Anteile der Schadstufen (in %)			mittlere Kronenverlichtung
			0	1	2-4	
Esche	2015	100	3	21	76	35,2
Esche	2014	100	12	21	67	36,8
Esche	2013	100	12	28	60	32,8
Esche	2001	99	82	17	1	6,5
Esche	1991	98	80	15	5	5,9
Birke	2015	89	8	48	43	26,8
Birke	2014	89	18	67	15	19,7
Birke	2013	90	50	42	8	13,3
Birke	2001	65	60	40	0	10,9
Birke	1991	67	57	34	9	11,2
Lärche	2015	87	7	70	23	22,6
Lärche	2014	86	20	69	12	19,1
Lärche	2013	86	24	53	22	20,5
Lärche	2001	84	21	75	4	17,4
Lärche	1991	89	83	14	3	9,3
Ahorn	2015	57	35	53	12	17,3
Ahorn	2014	57	46	46	9	14,9
Ahorn	2013	56	57	39	4	11,8
Ahorn	2001	38	95	5	0	4,3
Ahorn	1991	39	79	18	3	4,7
Douglasie	2015	52	17	42	41	23,4
Douglasie	2014	52	2	40	58	30,1
Douglasie	2013	52	6	29	65	32,3
Douglasie	2001	40	27	40	33	25,1
Douglasie	1991	39	95	5	0	3,2
weitere andere Baumarten	2015	135	27	50	23	21,8
	2014	136	32	42	26	21,7
	2013	134	35	35	30	22,4
	2001	164	87	11	2	6,5
	1991	155	84	13	3	6,4

Einfluss ausgeschiedener und ersetzter Probebäume

Von den markierten Stichprobenbäumen scheiden jedes Jahr einige aus dem Beobachtungskollektiv aus. Die Waldteile, in denen die Aufnahmepunkte der Waldzustandserhebung angelegt und die Stichprobenbäume markiert sind, werden meist regulär forstlich bewirtschaftet. Maßgeblich sind dabei die Ziele und Wünsche der jeweiligen Waldbesitzenden. Einzelne Probebäume werden daher im Zuge von Durchforstungen gefällt. Zudem werden durch Sturmwurf, Schneebruch oder Insektenbefall betroffene Bäume entnom-

men. 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 43 Probebäume ausgeschieden, die alle ersetzt werden konnten. Die Ausscheiderate beträgt damit 1,8 % des Kollektivs der Stichprobe, was etwas unter dem Mittel von

2,5 % der letzten 24 Jahre liegt. Von den aus-
schiedenen Probebäumen sind dabei rund 14 %
zwangsweise, vorzeitig wegen Insektenschäden
oder Sturmschäden geerntet worden oder sind
vom Sturm geworfen im Wald noch liegend vor-
handen. Der überwiegende Teil (67 %) der ausge-
schiedenen Probebäume wurde im bewirtschafteten
Wald für die Holznutzung aufgearbeitet. Der
andere Teil ist zwar noch am Aufnahmepunkt vor-
handen, die Bäume können aber nicht mehr in ih-
rem Kronenzustand bewertet werden, da der Pro-
bebaum nicht mehr am Kronendach des Bestandes
beteiligt ist. So sind beispielsweise 5 Probebäume
soweit von ihren Nachbarbäumen überwachsen
worden, sodass ihre Krone dadurch stark beschat-
tet wird und sie nicht mehr nach den Kriterien der
Waldzustandserhebung bewertet werden können.
Stehende abgestorbene Probebäume verbleiben
mit 100 % Nadel-/Blattverlust als bewertbare
Probebäume im Aufnahmekollektiv, bis das feine
Reisig aus der Krone herausgebrochen ist. Danach
werden sie aus dem Probebaumkollektiv entfernt,
auch wenn sie weiterhin als stehendes Totholz im
Wald verbleiben. In 2015 wurden 5 Probebäume
aus diesem Grund ersetzt. Insgesamt wurden 3
abgestorbene Probebäume im Kollektiv vermerkt,
von denen einer bereits beim letzten Erhebungs-
termin 2014 tot war. Eine Übersicht über die
Ursachen des Ausscheidens von Probebäumen und
eine Gegenüberstellung der Schadstufenverteilung
der ausgeschiedenen Probebäume mit der ihrer
Ersatzbäume findet sich im Anhang.

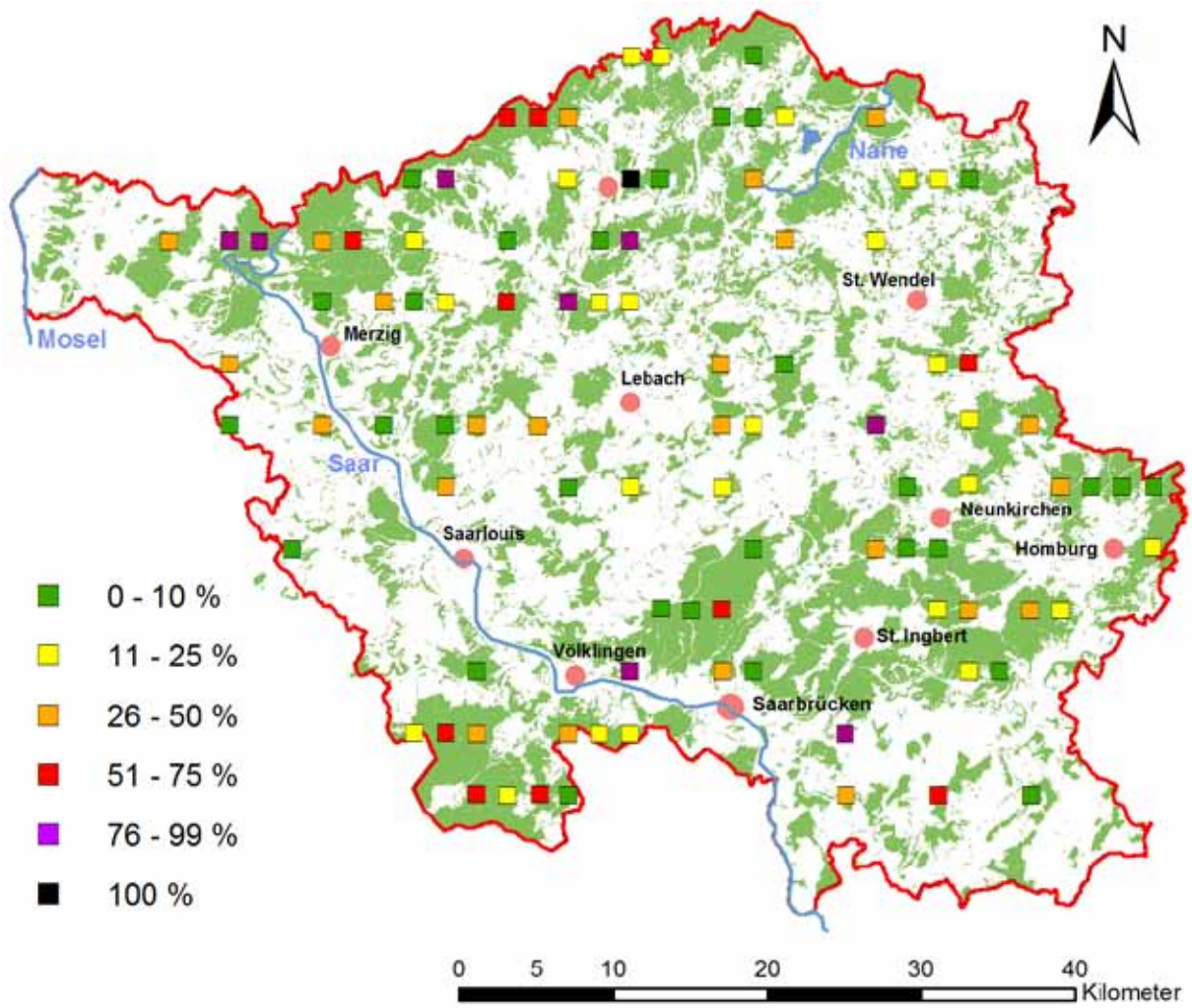
Es hat sich gezeigt, dass sich die Schadstufenver-
teilung der Ersatzbäume von der ihrer Vorgänger
zum letzten Bonitieringstermin nicht wesentlich
unterscheidet. Auch ist der Einfluss des Ersat-
zes oder der Neuaufnahme von Probebäumen
auf die Entwicklung der Schadstufenverteilung
des gesamten Stichprobenkollektivs 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.

Eine eingehende Beschreibung der Methodik
finden Sie auf der Webseite
[www.saarforst.de/downloads/wze/Methoden-
beschreibung_WZE_Saar.pdf](http://www.saarforst.de/downloads/wze/Methoden-
beschreibung_WZE_Saar.pdf)

Regionale Verteilung

Der Anteil deutlich geschädigter Probebäume
variiert an den einzelnen Aufnahmepunkten
erheblich. Punkte, die keine oder nur wenige
deutlich geschädigte Probebäume aufweisen,
liegen in direkter Nachbarschaft von solchen, an
denen über die Hälfte der Probebäume deutlich
geschädigt sind. Wegen der starken Unterschie-
de der Kronenschäden bei den verschiedenen
Baumarten und Altersstufen wird das Niveau der
Kronenschäden am einzelnen Aufnahmepunkt in
erster Linie durch die Verteilung der Baumarten
und das Alter der Probebäume am Aufnahme-
punkt beeinflusst. Werden verschiedene Regionen
miteinander verglichen, sind daher die Baumarten
und Alterszusammensetzung zu beachten. Weitere
Bestimmungsgrößen wie standörtliche Parameter,
Witterung oder Immissions- und Depositionssi-
tuation, variieren weniger stark und überprägen
den Einfluss von Baumart und Alter im Regelfall
nicht. Der am einzelnen Aufnahmepunkt festge-
stellte Grad der Schädigung sagt unmittelbar nur
etwas über die Probebäume selbst und allenfalls
über den in Artenzusammensetzung und Alter
entsprechenden umgebenden Waldbestand aus.
Erst die Zusammenfassung einer gewissen Anzahl
an Aufnahmepunkten erlaubt eine repräsentative
Aussage für das jeweilige Bezugsgebiet. Je höher
dabei die Zahl der Stichprobebäume ist, umso
zuverlässiger ist die gewonnene Aussage.

Anteil der deutlich geschädigten Probebäume am einzelnen Aufnahmepunkt 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 - ohne Gegenmaßnahmen wie die Bodenschutzkalkung - noch über dem Pufferpotenzial vieler Waldstandorte.

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.

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 Forstreviere und die Hinweise der Waldbesitzenden zum Auftreten von Waldschädlingen oder von Schäden durch extreme Witterungseinflüsse. Nachfolgend sind die wichtigsten Befunde zusammengefasst.

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 Vege-

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

In dem auf den Wald einwirkenden Stressorenkomplex stellen Luftschadstoffe 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.

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

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

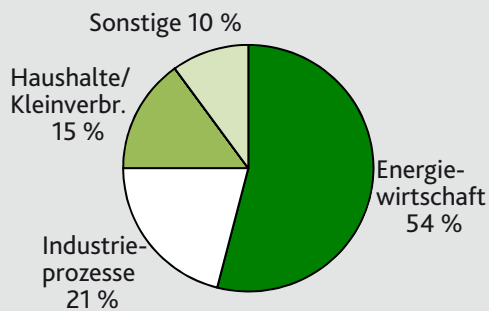
Entwicklung der Schadstoffemissionen in Deutschland

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

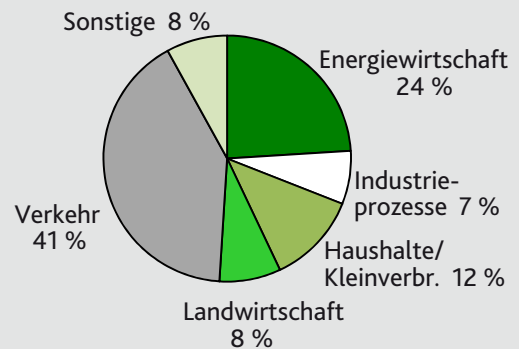
Quelle: Umweltbundesamt (August 2015): www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland;
für 1980: UNECE 2012: www.emep.int

Verteilung der Emissionsquellen wichtiger Luftschadstoffe in Deutschland

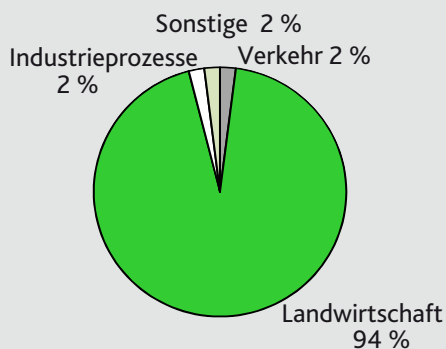
Schwefeldioxid (SO₂)



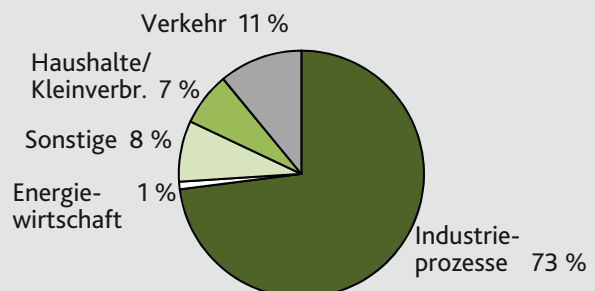
Stickstoffoxide (NO_x)



Ammoniak (NH₃)



Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC)



Quelle: Umweltbundesamt (2015)

Schwefel

Schwefelverbindungen werden insbesondere bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe in Kraftwerken, Industrieheizungsanlagen und Heizungen freigesetzt. Ausgehend vom Jahr 1980 konnte der Ausstoß an Schwefeldioxid in Deutschland bereits um 94 % reduziert werden. Die deutlich reduzierte SO₂-Emission hat sich in einer erheblichen Verringerung der SO₂-Immission und damit auch der Belastung der Ökosysteme durch Schwefeldioxid ausgewirkt: Mitte der 1980er Jahre lagen die Jahresmittelwerte der Schwefeldioxidkonzentrationen an den Stationen des Immissionsmessnetzes Saar (IMMESA) noch zwischen 29 und 50 µg/m³. Seit einigen Jahren werden dagegen nur noch Jahresmittelwerte von 3 bis 8 µg/m³ ermittelt. Der Grenzwert für den Schutz von Ökosystemen von 20 µg/m³ im Kalenderjahr wird seit vielen Jahren eingehalten.

Die Langzeitmessreihen zur Deposition von Luftschadstoffen im Wald auf den forstlichen Dauerbeobachtungsflächen zeigen, dass entsprechend

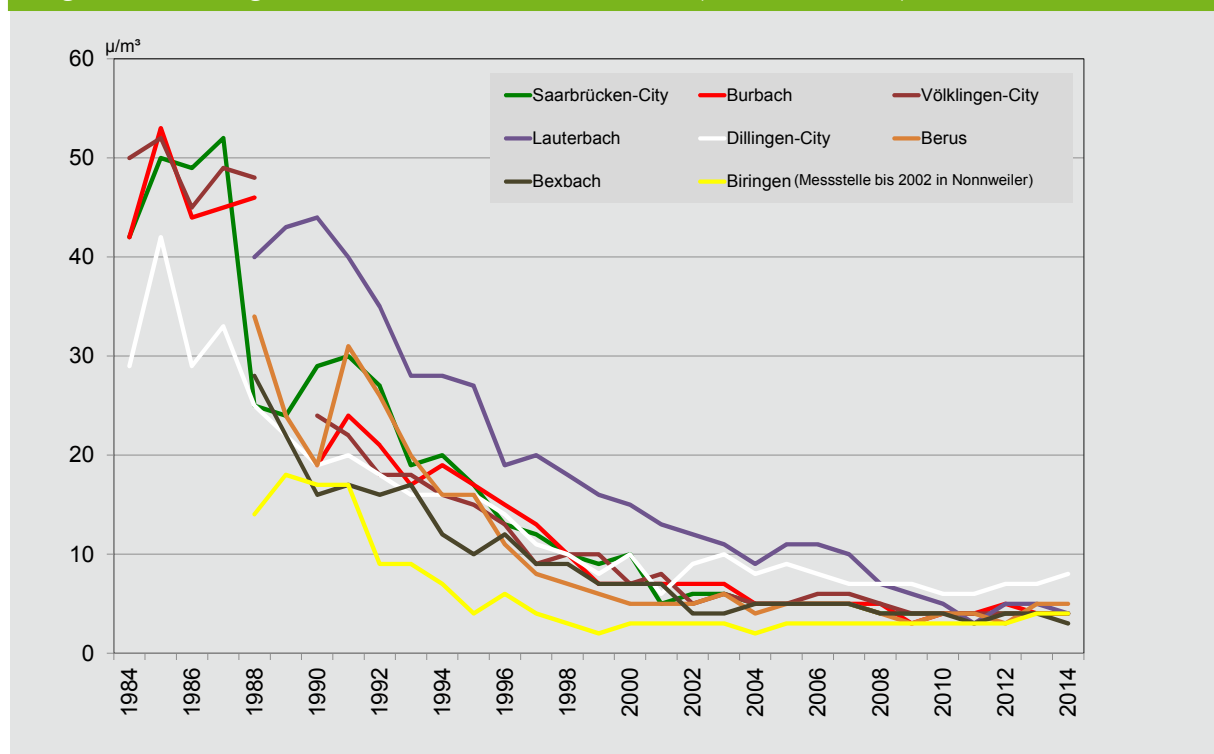
Eingehende Informationen zur Luftreinhaltung im Saarland finden Sie im Internet unter www.saarland.de/41141.htm

Zeitreihen und auch tagesaktuelle Luftschadstoffdaten aus dem Immissionsmessnetz Saar (IMMESA) unter www.saarland.de/41137.htm

Umfassende Informationen zur Luftschadstoffbelastung der saarländischen Wälder unter www.saarland.de/70484.htm

der merklichen Abnahme der Schwefeldioxidemission und -immission auch die Belastung der Waldökosysteme über den Bodenpfad deutlich zurückgegangen ist. Während der Schwefeleintrag zu Beginn der Messreihen Anfang der 1990er Jahre meist zwischen 25 und 40 kg/ha lag, gelangen aktuell meist weniger als 10 kg Schwefel auf den Waldboden (vgl. „Die forstlichen Dauerbeobachtungsflächen im Saarland“ www.saarland.de/70484.htm).

Langzeitentwicklung der Schwefeldioxidkonzentrationen (Jahresmittelwerte) der IMMESA Stationen



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 geringem Umfang auch aus der Herstellung und Anwendung stickstoffhaltiger Mineraldünger, der Rauchgasentstickung und dem Kraftfahrzeugverkehr.

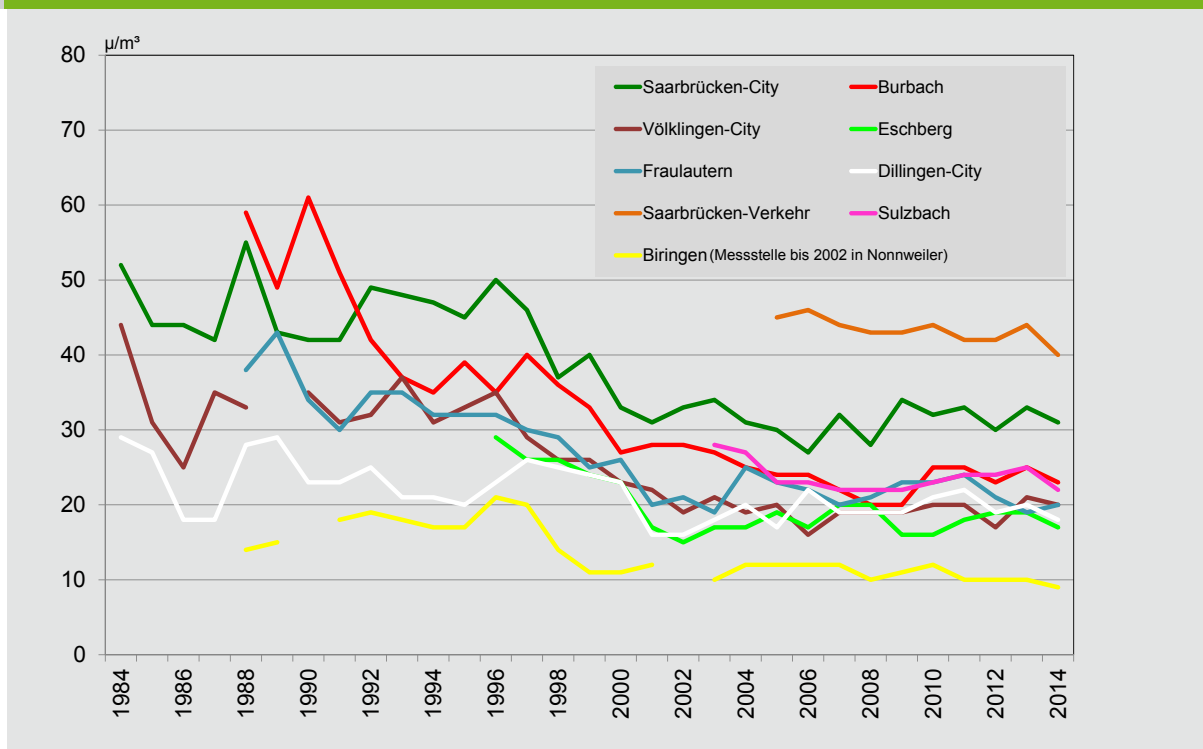
Die Emission der Stickoxide (NO und NO₂ kalkuliert als NO₂) ist in Deutschland insbesondere durch den Einsatz von Katalysatoren in Kraftfahrzeugen und Entstickungsanlagen in Kraft- und Heizwerken seit 1980 um 62 % zurückgegangen. Die Langzeitmessreihen der IMMESA-Stationen zeigen zwar eine langsame Abnahme der Stickstoffdioxidkonzentration in den ersten Jahren

nach Beginn der Messreihe im Jahr 1984. Seit Anfang dieses Jahrtausends ist allerdings keine Verbesserung der Stickstoffdioxidbelastung mehr zu beobachten; die Werte stagnieren mit geringen Schwankungen.

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

Die Langzeitmessreihen zur Stickstoffdeposition im Wald auf den forstlichen Dauerbeobachtungsflächen zeigen, dass sich die bislang erreichte Emissionsminderung bei NO_x und NH₃ auf den Stickstoffeintrag in den Waldboden nur sehr verhalten auswirkt. Die Stickstoff-Depositionsraten zeigen erst seit 2006 einen vermutlich abnehmenden Trend, wobei der Ammoniumanteil an der Stickstoffdeposition steigt (vgl. „Die forstlichen Dauerbeobachtungsflächen im Saarland“ www.saarland.de/70484.htm).

Langzeitentwicklung der Stickstoffdioxidkonzentrationen (Jahresmittelwerte) der IMMESA Stationen



Säureinträge

Aufgrund der beträchtlichen Reduktion der Emission und Immission von Schwefeldioxid zeigt auch die Gesamtsäure-Deposition, die außer Schwefel auch aus anderen Quellen, insbesondere aus dem Eintrag von Stickstoffverbindungen stammt, einen abnehmenden Trend. Dieser weist aber auf allen Standorten erhebliche Varianzen auf (vgl. „Die forstlichen Dauerbeobachtungsflächen im Saarland“ www.saarland.de/70484.htm). Eine Bilanzierung der säurebildenden und säurepuffernden Prozesse belegt, dass immer noch netto Säure in

die Systeme eingetragen wird, was zu mehr als 50 % auf Stickstoff und dessen Umwandlung beruht. Das belegt den hohen Einfluss der überhöhten Stickstoffeinträge, insbesondere des aus der Landwirtschaft stammenden Ammoniums. Zum Schutz unserer Waldökosysteme vor fortschreitender Versauerung sind daher nach wie vor weitere Anstrengungen zur Verringerung der Emission der Säurevorläufer und eine Fortsetzung der Bodenschutzkalkungen erforderlich.



Bodenschutzkalkung, Ausbringung mit dem Hubschrauber
Foto: H. Lehnhausen

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.

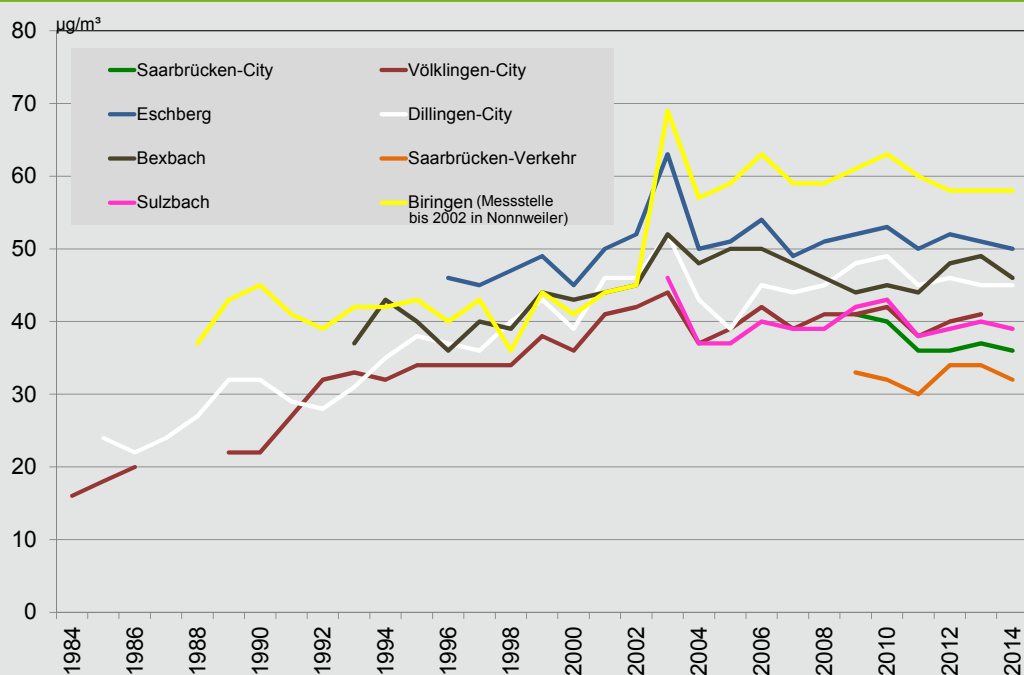
Ozon entsteht als sekundäre Luftverunreinigung aus Vorläufersubstanzen, im Wesentlichen aus Luftsauerstoff, Stickoxiden und flüchtigen Kohlenwasserstoffen (NMVOC), unter der Einwirkung der Sonneneinstrahlung. Die Ozonvorläufersubstanzen gelangen aus natürlichen und anthropogenen Quellen in die Atmosphäre. 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. Die Langzeitmessreihen der IMMESA-Stationen zeigen für Ozon über die Jahre einen Anstieg

der mittleren Konzentrationen. Auffallend hohe Werte wurden 2003, dem Jahr mit dem „Jahrhundertsummer“ gemessen. In den letzten Jahren scheinen sich die Werte auf einem hohen Niveau einzupendeln. Trotz der bereits erheblichen Verringerung der Emission der Ozonvorläufersubstanzen - Stickoxide und flüchtige Kohlenwasserstoffe - in Deutschland um 62 % beim NO₂ und 71 % beim NMVOC ist das Ozonbildungspotenzial aber nach wie vor hoch.

In der 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. 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“.

Langzeitentwicklung der Ozonkonzentrationen (Jahresmittelwerte) der IMMESA Stationen



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.

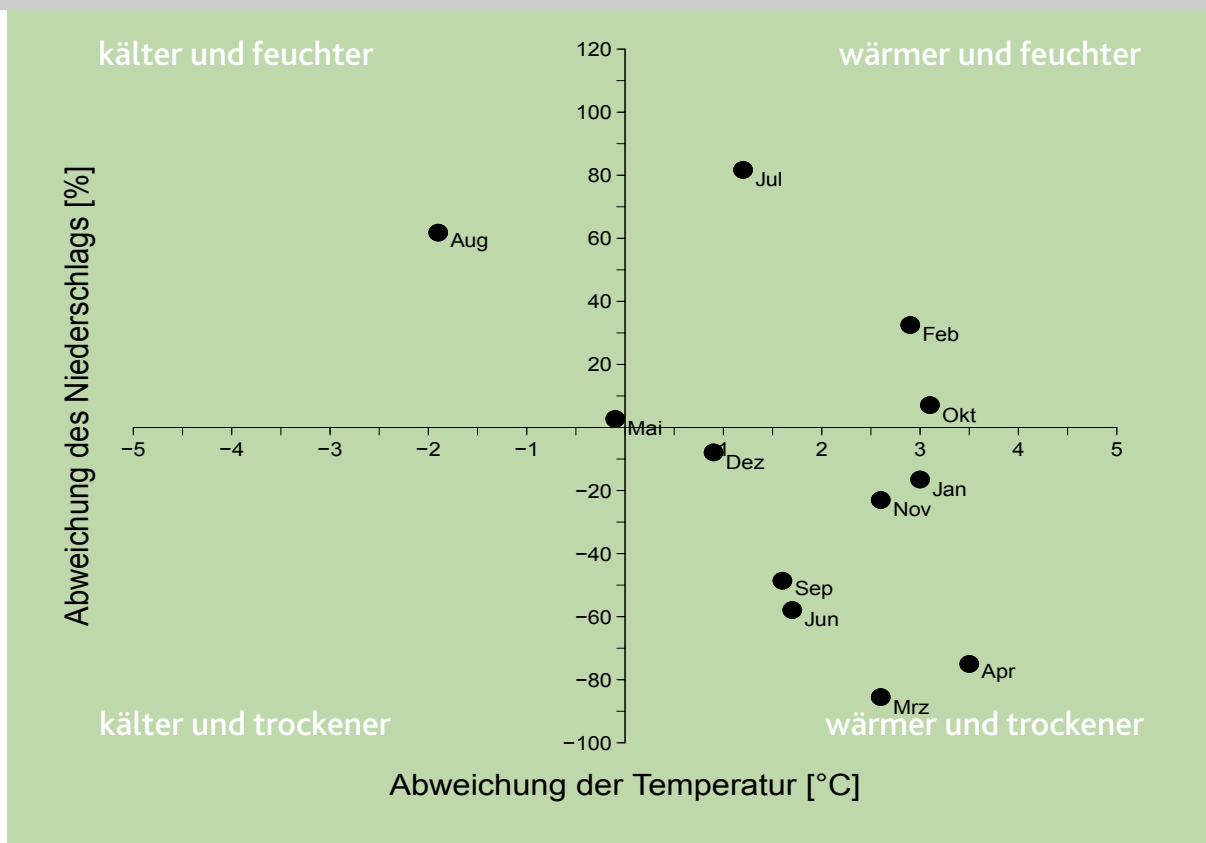
Im Vorjahr (2014) waren nahezu alle Kalendermonate meist erheblich zu warm. Lediglich der August war im Vergleich zum langjährigen Mittel zu kühl und der Mai traf in Temperatur und Niederschlag in etwa das langjährige Flächenmittel für das Saarland. Januar bis April waren sehr trocken, aber der Hochsommer sehr niederschlagsreich. Daher lagen die Vegetationszeitniederschläge im Jahr 2014 insgesamt über dem langjährigen Mittel. Auch im aktuellen Jahr (2015) waren nahezu alle Monate des bisherigen Jahres wärmer und trockener als die langjährigen Mittelwerte. Sowohl im Frühling als auch im Hochsommer traten ausgedehnte Trockenperioden auf. Im Juli war das Saarland nach Angaben des Deutschen Wetterdienstes das zweitwärmste und mit durchschnittlich nur 33 mm das trockenste Bundesland. Die Ausprägung der Trockenheit war örtlich sehr unterschiedlich, da die Niederschläge meist in Zusammenhang mit Gewittern erfolgten, die regional sehr unterschied-

liche Niederschlagsmengen brachten. Anfang Juli und Anfang August waren durch extreme Hitze gekennzeichnet. In Saarbrücken wurden am 4. Juli und 7. August Temperaturmaxima von 39 bzw. 37°C erreicht. 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 Sommertrockenheit im aktuellen Jahr stellte eine erhebliche Belastung für die Waldbäume dar. Augenfällige Trockenschäden traten allerdings nur an extremen Trockenstandorten wie Felsrippen und Schutthalden auf.



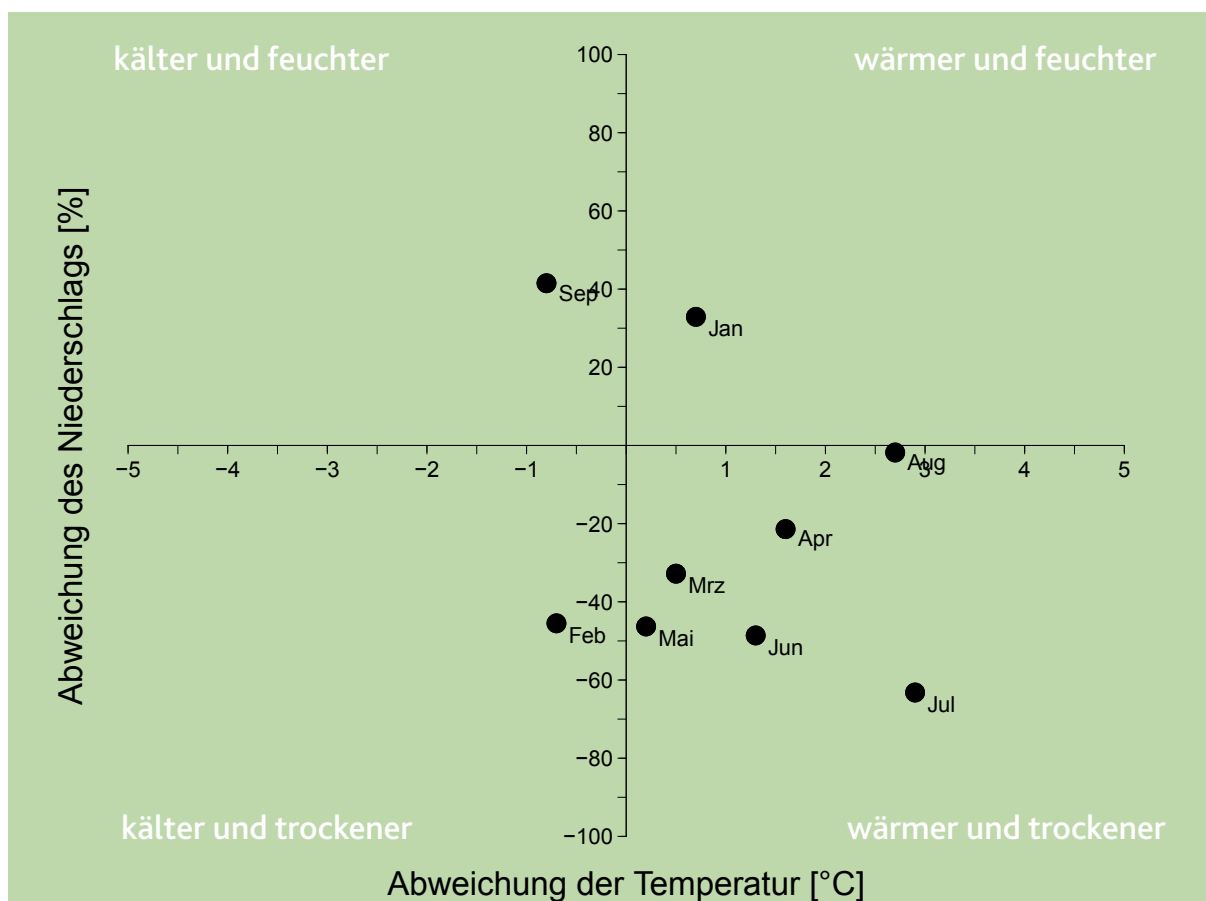
Probenahme an einer Depositionsmesstation

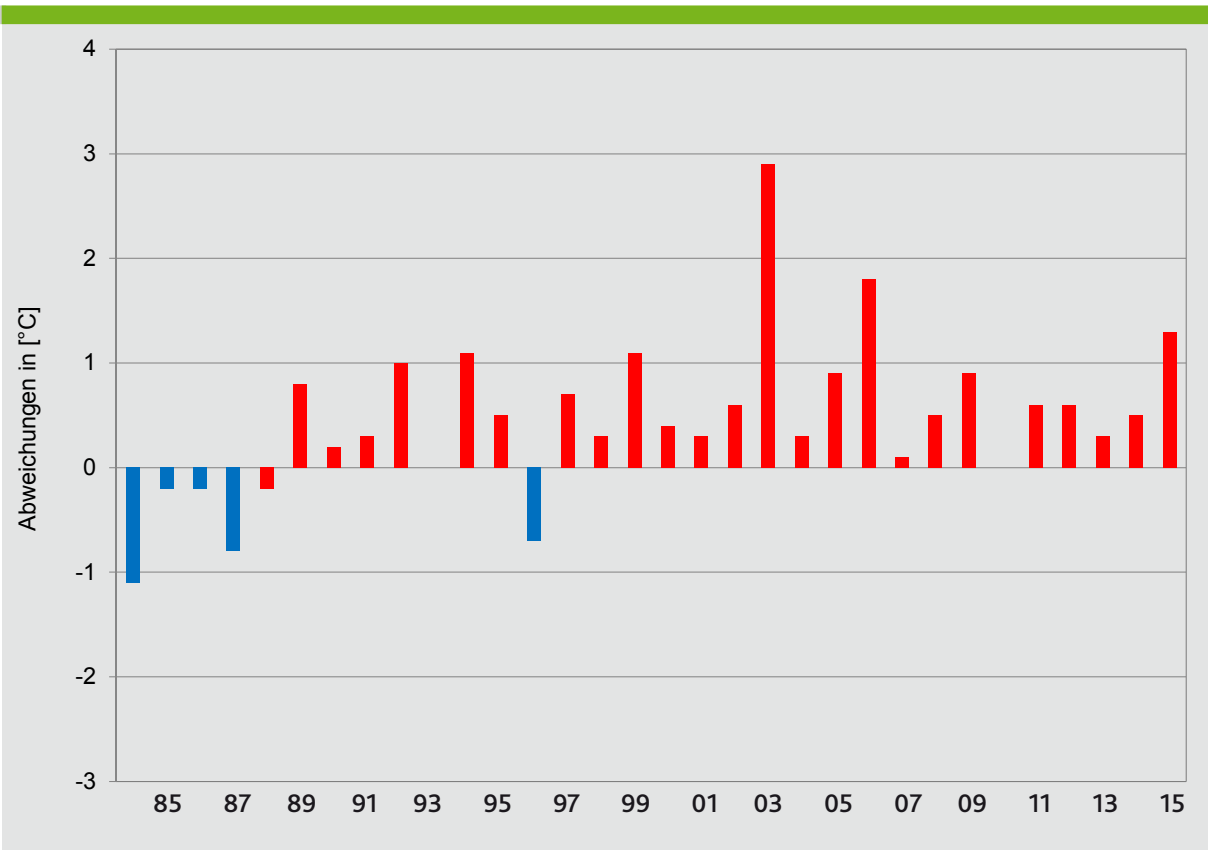
Foto: M. Haßdenteufel



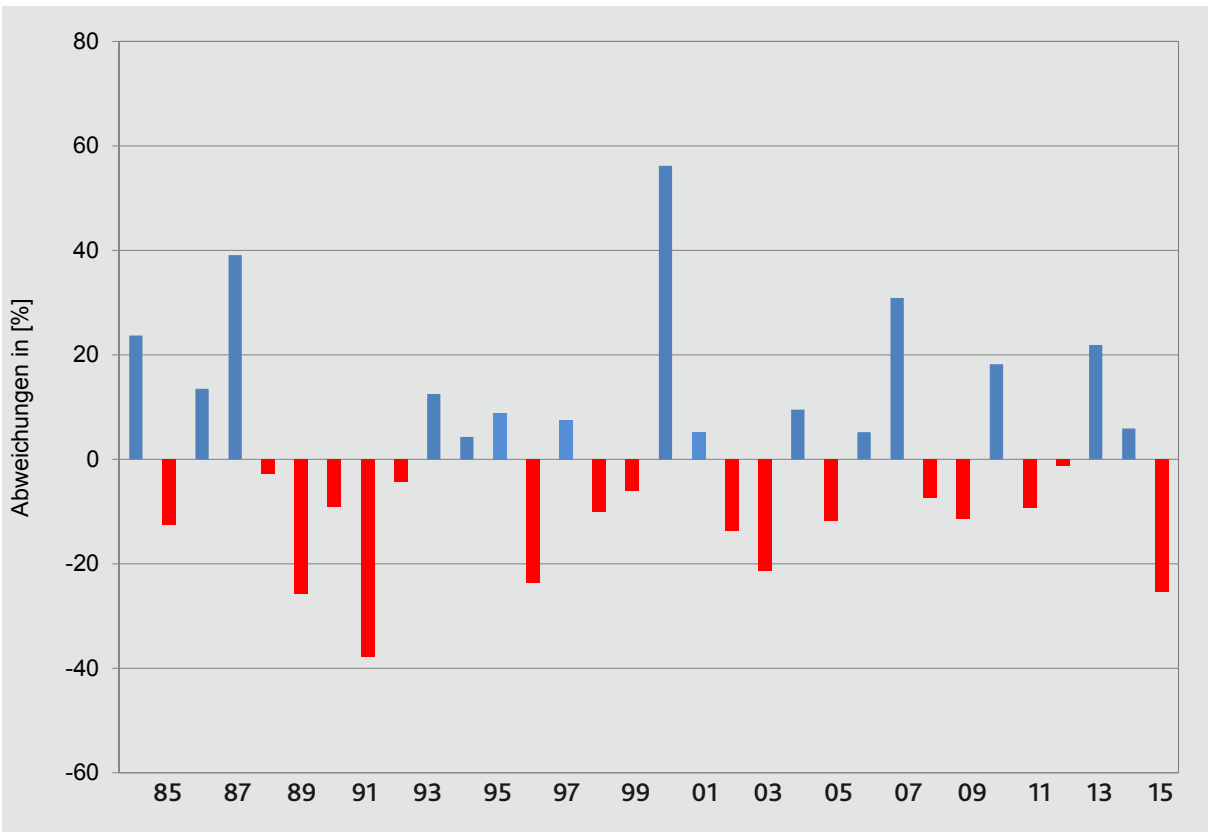
Thermopluviogramme für die Jahre 2014 (oben) und 2015 (unten). Dargestellt sind für die einzelnen Monate die kombinierten Abweichungen von Temperatur (waagrechte Achse) und Niederschlag (senkrechte Achse) zum langjährigen Mittel 1971-2000 (Vergleich jeweils anhand der Flächenmittel für das Saarland).

(Quelle: Deutscher Wetterdienst)

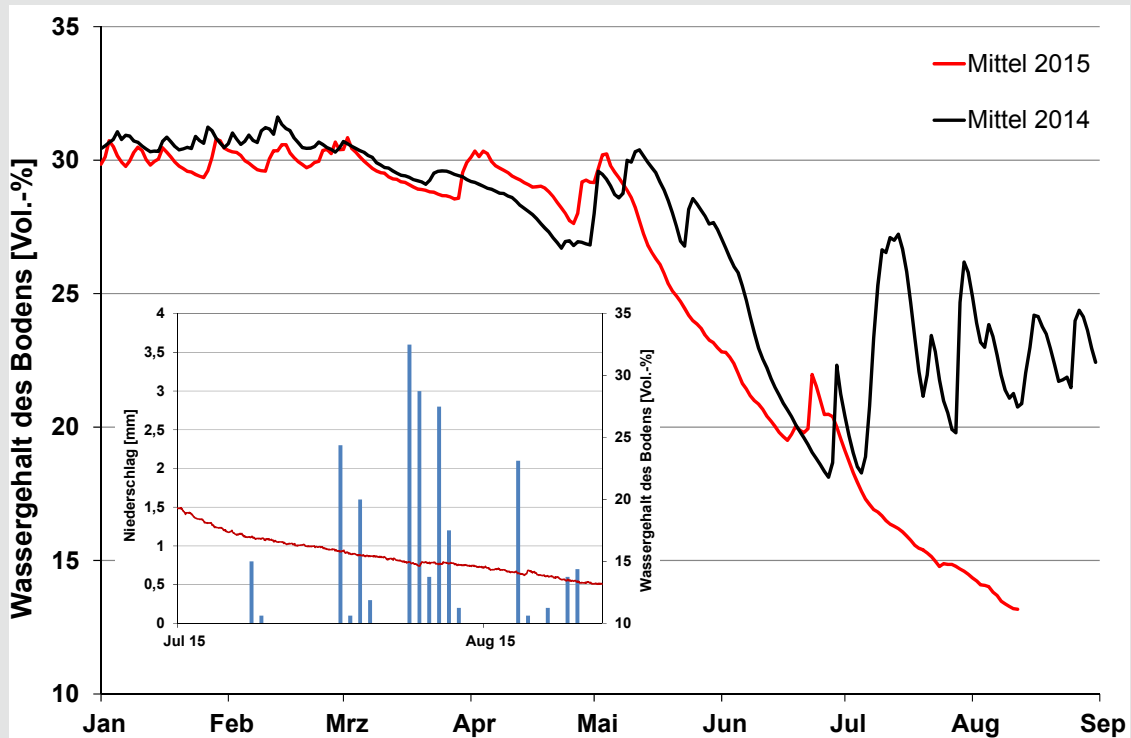




Abweichungen der Temperatur (oben) und der Niederschläge (unten) in den forstlichen Vegetationszeiten (Mai bis September) 1984 bis 2015 vom langjährigen Flächenmittel Saarland 1971-2000
 (Quelle: Deutscher Wetterdienst)



Verlauf des Wassergehalts im Boden (25 cm Tiefe) in einem Eichen-Buchen-Mischbestand auf Siltsteinverwitterung des Karbon (Kohlenlehme) im Saarkohlenwald. Im Vergleich zu 2014 beginnt die Austrocknung des Bodens in 2015 früher. Der Wassergehalt sinkt bis Mitte August weit unter 15 Vol.-%, während in 2014 bereits Mitte Juli die größte Austrocknung mit knapp 20 Vol.-% erreicht ist (große Abbildung). Die geringen Niederschläge im Juli und August 2015 erreichen die Tiefe von 25 cm nicht, sodass der Boden kontinuierlich austrocknet (kleine Abbildung).



Infolge von Trockenstress teilweise grün herabgefallene Buchenblätter Ende August im Saarkohlenwald

Foto: M. Haßdenteufel



Ein Blick von der Halde Lydia im Saarkohlenwald auf umliegende Waldbestände lässt Trockenschäden (bräunlich-gelbliche Verfärbungen) auf den flachgründigen Standorten erkennen. Foto: M. Haßdenteufel

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.

Außergewöhnliche biotische oder abiotische Schadereignisse waren im Jahr 2015 (bis Ende September) allerdings nicht zu verzeichnen.

Der Verlauf der Flugaktivität des Buchdruckers (*Ips typographus*) als wichtigstem Fichtenborkenkäfer wird in einem gemeinsamen Projekt mit Landesforsten Rheinland-Pfalz und der FVA Baden-Württemberg u. a. auch im saarländischen Hochwald bei Eisen mit Pheromonfallen und Kontrollen des Brutfortschritts an mit Pheromondispensern bekönderten Probestämmen überwacht. Auf Grundlage dieser Daten werden fortlaufend Empfehlungen zur effektiven Kontrolle der Waldbestände auf Stehendbefall abgeleitet.

Der Schwärmflug der überwinternden Käfer begann in diesem Jahr Ende April. Größere Mengen an Buchdruckern wurden in den Pheromonfallen

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 7 DWD-Wetterstationen im Saarland unter Einbindung einer 7-Tagesprognose eingeschätzt:

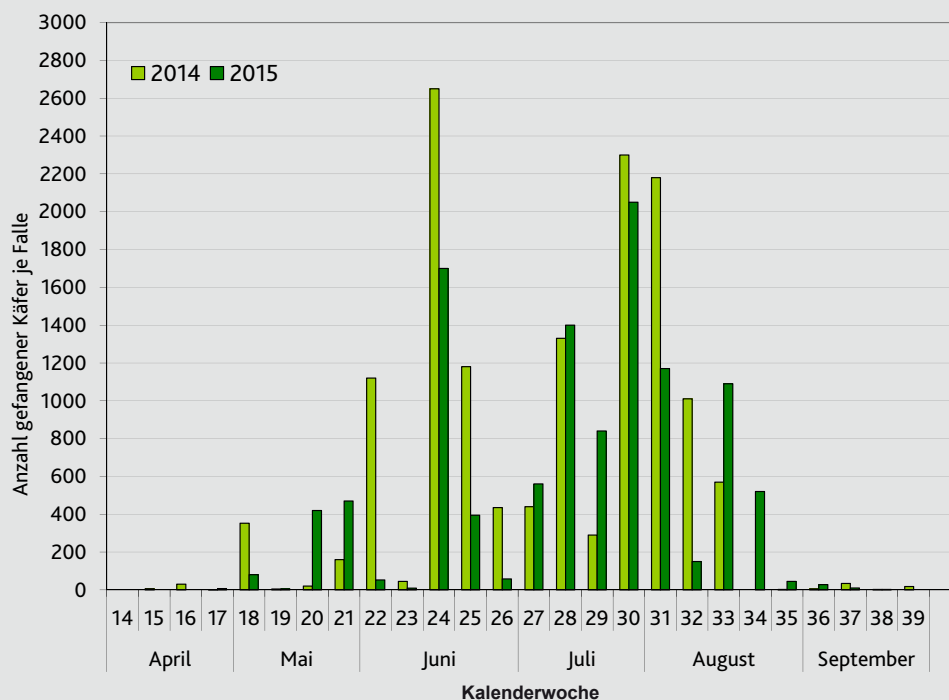
<http://iff-risikanalysen.boku.ac.at/typo3/index.php?id=74>

(in der Laufzeile Rheinland-Pfalz, Saarland wählen)

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 Schad-

Buchdruckerentwicklung 2015 an der Monitoringfläche Eisen





Kontrolle des Flugverlaufs des Buchdruckers (*Ips typographus*) mit einer Pheromonfalle und im Bild zu sehen des Brutfortschritts an Probestämmen an der Monitoringfläche Saarforst-Eisen Foto: U. Christ

erreger 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 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 Douglasienschütte kann es zum Befall durch den Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus*), den Furchenflügeligen Fichtenborkenkäfer (*Pityophthorus pityographus*) oder den Hallimasch (*Armillaria ostoyae*) kommen. Zudem trat in diesem Jahr vermehrt Befall durch die Douglasienwolllaus (*Gilletteella cooleyi*) auf.

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/indexjs.html?http://www.fva-bw.de/monitoring/ws/kaefer/kaefer.php?datei=fi_bk.inc.php&b=a&v=0&jahr=2015&land=rp
Die Informationen und Empfehlungen für den Hochwald umfassen auch die Daten der saarländischen Monitoringfläche Eisen.

Das durch den Pilz „Falsches Weißes Stängelbecherchen“ (*Hymenoscyphus pseudoalbidus*) (Nebenfruchtform: *Chalara fraxinea*) ausgelöste Eschentriebsterben breitet sich in unseren Wäldern weiter aus. Der europaweite wissenschaftliche Austausch über die EU-Plattform FRAXBACK zeigt allgemein ein weiteres Fortschreiten des Eschentriebsterbens nahezu im gesamten natürlichen Verbreitungsgebiet der Esche (*Fraxinus excelsior*). Die Esche ist sehr klimatolerant und galt daher zumindest für hinreichend basenreiche Standorte als eine im Klimawandel zunehmend interessante, zukunftsfähige Baumart. Der Krankheitserreger, das Falsche Weiße Stängelbecherchen, wurde vermutlich mit dem weltweiten Warenverkehr aus Ostasien (Japan, nordöstliches China, fernöstliches Russland) eingeschleppt. Dieser Pilz lebt ursprünglich in den Blättern der Mandschurischen Esche, verursacht an dieser Baumart aber keine Schäden. In Europa sind Eschen auf Nass-Standorten und im Dichtstand besonders gefährdet. Waren ursprünglich vor allem Bäume aus dem Jungwuchs betroffen, treten inzwischen auch gravierende Schäden in Stangen-, Baum- und Althölzern auf. An betroffenen Bäumen sind zum Teil 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.

Galle der Japanischen Esskastanien-Gallwespe und dadurch abnorm entwickelte Blattform

Foto: J. Schumacher



Eschentriebsterben an einem Bestandesrand Foto: J. Block

Seit 2013 ist ein Erstbefall von Esskastanien im Raum Mannheim (Baden-Württemberg) und seit 2015 in Rheinland-Pfalz (Forstämter Bad Dürkheim und Annweiler) durch die Japanische Esskastanien-Gallwespe (*Dryocosmus kuriphilus*) bestätigt. Dieses ursprünglich aus Südchina stammende Insekt wurde spätestens 2002 vermutlich mit befallenen Jungpflanzen nach Südeuropa verschleppt und breitet sich seither stetig aus. Es ist anzunehmen, dass diese invasive Art auch in die saarländischen Esskastanienwälder einwandert. Durch die Larven der Wespe werden Gallen induziert, womit eine erhebliche Vitalitätsschwächung, Zuwachsverluste und Einschränkungen in der Fruchtproduktion verbunden sind.

Aktuelle Informationen zum Eschentriebsterben:
<http://www.fraxback.eu/>
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/wsinfo2014_01.pdf

ALTE BÄUME IM WALD UND IHRE KRONENVERLICHTUNG

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



Foto: Th. Wehner

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 Bäu-

men 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
Eiche über 160 Jahre	14 %	10 %
Buche über 140 Jahre	18 %	23 %
Kiefer über 140 Jahre	8 %	13 %
Fichte über 100 Jahre	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

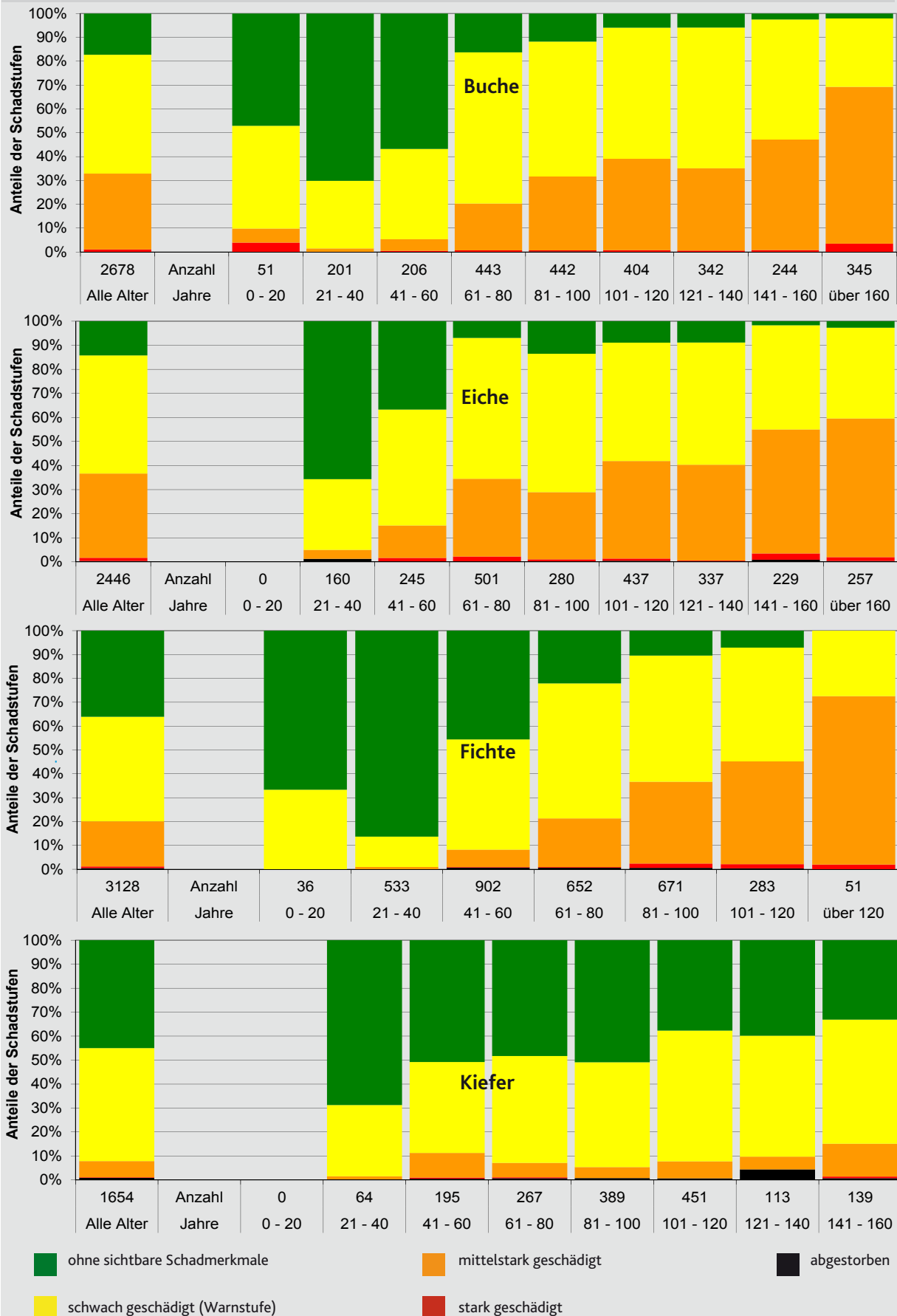
Eine der ersten Beobachtungen bei der WZE war, dass die Kronenverlichtung bei der jeweiligen Baumart erheblich vom Alter der Bäume beeinflusst wird. Ältere Bäume waren immer und durchgehend über die gesamte Beobachtungszeitreihe stärker verlichtet als jüngere. So steigt der Anteil deutlich verlichteter 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 Aufnahmepunkte 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 Probe-

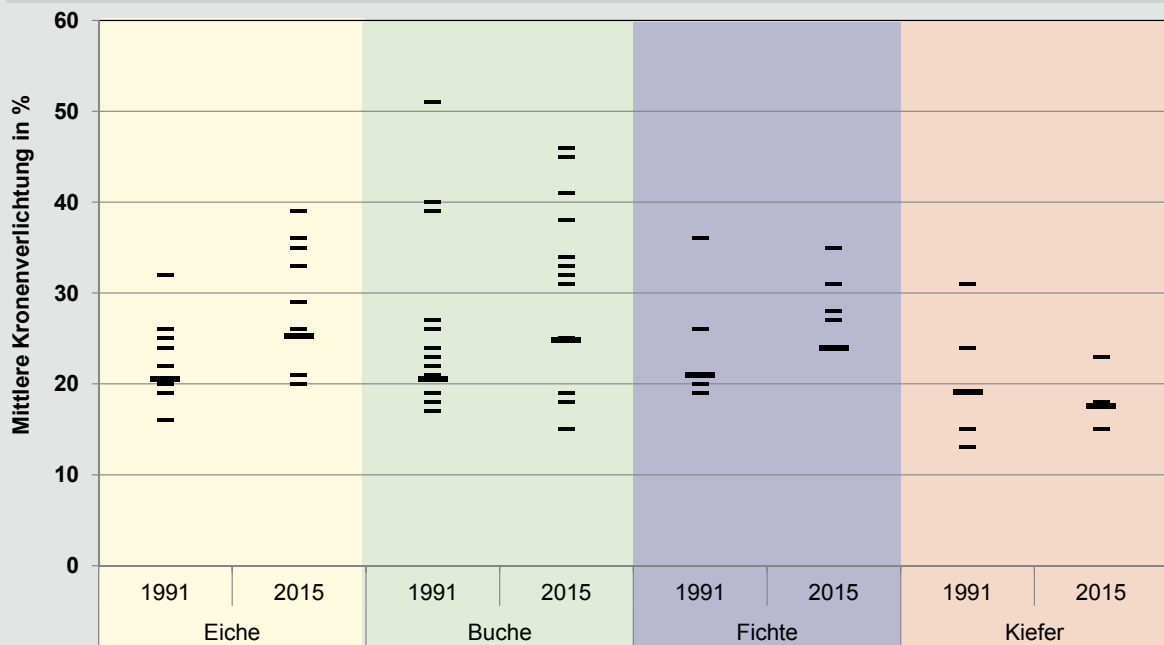
bäume der jeweils betrachteten Baumart für den einzelnen Aufnahmepunkt berechnet. Gegebenenfalls schon als Ersatz für ausgefallene Stichprobenbäume mit in das Kollektiv aufgenommene, jüngere Probestämme wurden dabei ausgeblendet. Zum Vergleich zu diesen Stichprobenpunkten mit sehr alten Bäumen wird die 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 Mehltaubefall 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 Mehltaubefall hat sich der Kronenzustand wieder verbessert und verharrt 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.

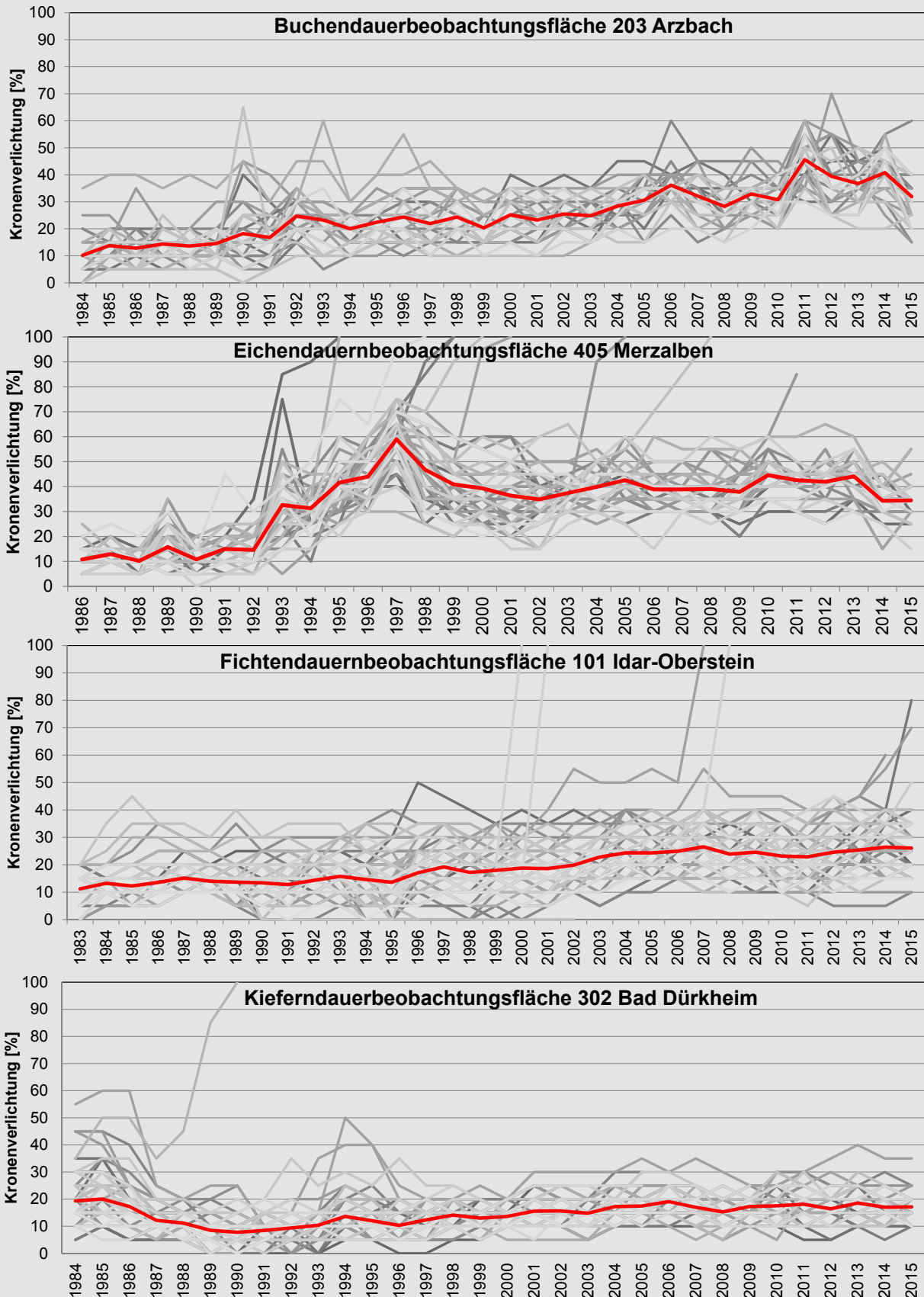
Die Kiefer zeigt im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten ein merklich geringeres Niveau der Kronenverlichtung und meist keinen gerichteten Trend in der Entwicklung des Kronenzustandes. Dies gilt auch für die inzwischen 152-jährigen Kiefern der Dauerbeobachtungsfläche 302 „Bad Dürkheim“.

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



Unsere Wälder sind nach wie vor hohen Ozonbelastungen 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 (O₃) 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 O₃-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 O₃-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 (Con-

Aufnahme von Ozonschadsymptomen an einer LESS
Foto J. Block

Umfassendere Informationen:

zu den Messflächen und den dortigen Messprogrammen:

Saarland: www.saarland.de/70484.htm

Rheinland-Pfalz: www.fawf.wald-rlp.de/indexphp?id=3017

Zur Methodik der Passivsammler: www.icp-forests.org/Manual.htm

Zu den Ozonmessungen im ZIMEN: 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

vention 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 O₃-Konzentration mit Hilfe des Modells DO₃SE (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. Artspezifische Empfindlichkeiten 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/m²) 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 Tageslicht einfließen, wird auch berücksichtigt, dass ohne Licht die

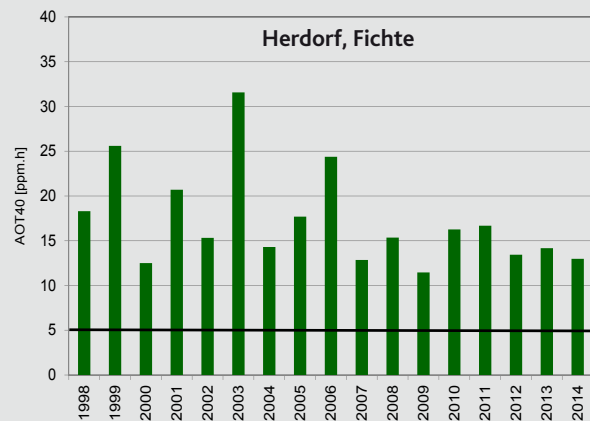
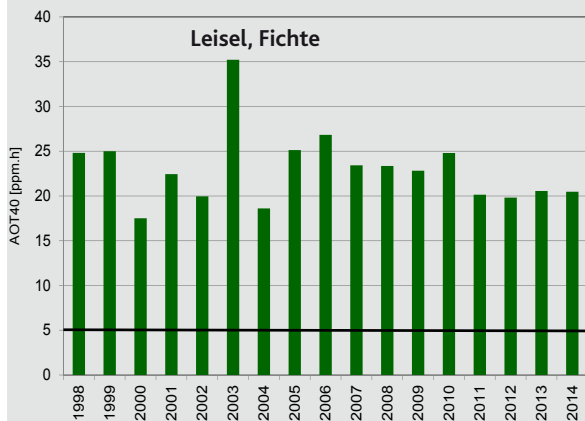
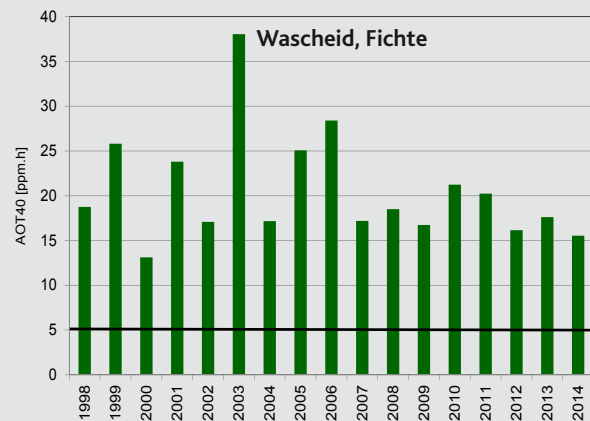
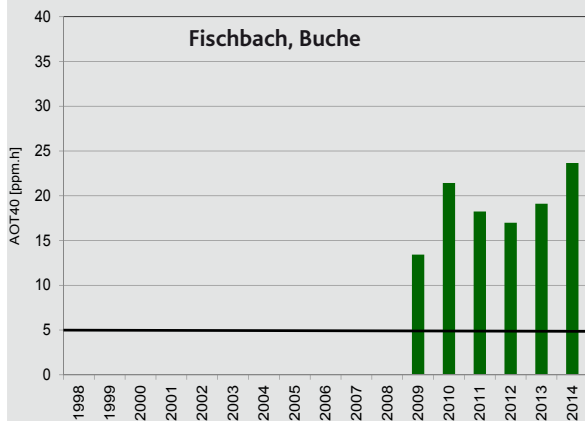
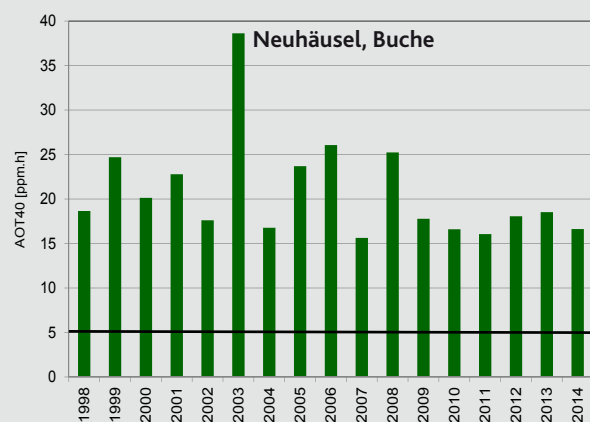
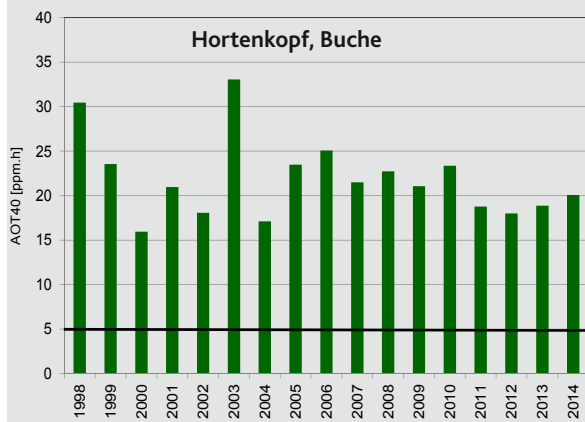
Ozon-Risikoabschätzung nach der MPOC-Methode für 6 Dauerbeobachtungsflächen mit ZIMEN-Waldstationen

Herdorf (Fichte)	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
8 Stunden O ₃ -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 ₃ -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 ₃ -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 ₃ -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 ₃ -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 ₃ -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
Neuhäusel (Buche)	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
8 Stunden O ₃ -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 ₃ -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 ₃ -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 ₃ -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 ₃ -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 ₃ -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
Hortenkopf (Buche)	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
8 Stunden O ₃ -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 ₃ -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 ₃ -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 ₃ -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 ₃ -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 ₃ -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
Hortenkopf (Eiche-Buche)	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
8 Stunden O ₃ -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 ₃ -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 ₃ -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 ₃ -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 ₃ -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 ₃ -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
Leisel (Fichte)	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
8 Stunden O ₃ -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 ₃ -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 ₃ -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 ₃ -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 ₃ -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 ₃ -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
Warscheid (Fichte)	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
8 Stunden O ₃ -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 ₃ -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 ₃ -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 ₃ -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 ₃ -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 ₃ -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 ₃ -Mittel	<92	92-164	165-295	>295
24 Stunden O ₃ -Mittel	<74	74-130	131-229	>229
7 Tage O ₃ -Mittel	<50	50-86	87-148	>148
30 Tage O ₃ -Mittel	<37	37-63	64-108	>108
90 Tage O ₃ -Mittel	<29	29-50	51-86	>86
April-September O ₃ -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



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 5 ppm-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 Über-

schreitungen jährliche ozonbedingte Wachstums- einbußen der Waldbäume zwischen 10 bis 20 % schlussfolgern.

POD_y (Phytotoxic Ozone Dose)

Gegenüber den vorstehend beschriebenen konzentrationsbasierten Ansätzen erfolgt beim Indikator POD_y 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_y 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_y akkumuliert, für die im CLRTAP-Manual Critical Level definiert sind. Für die Buche (*Fagus sylvatica*) ist aktuell ein POD₁ 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 gesamte Biomasseproduktion bei

Die in diesem Kapitel enthaltenen AOT40- und POD_y-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

Berechnung POD_y mit DO₃SE (Deposition of Ozone for Stomatal Exchange):
<http://sei-international.org/do3se>

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 [$^{\circ}C$], 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 geographische 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 Wasserdampfsättigungsdefizit 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 Wasserdampfsättigungsdefizit 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).

POD₁-Befunde, Buche Pfälzerwald

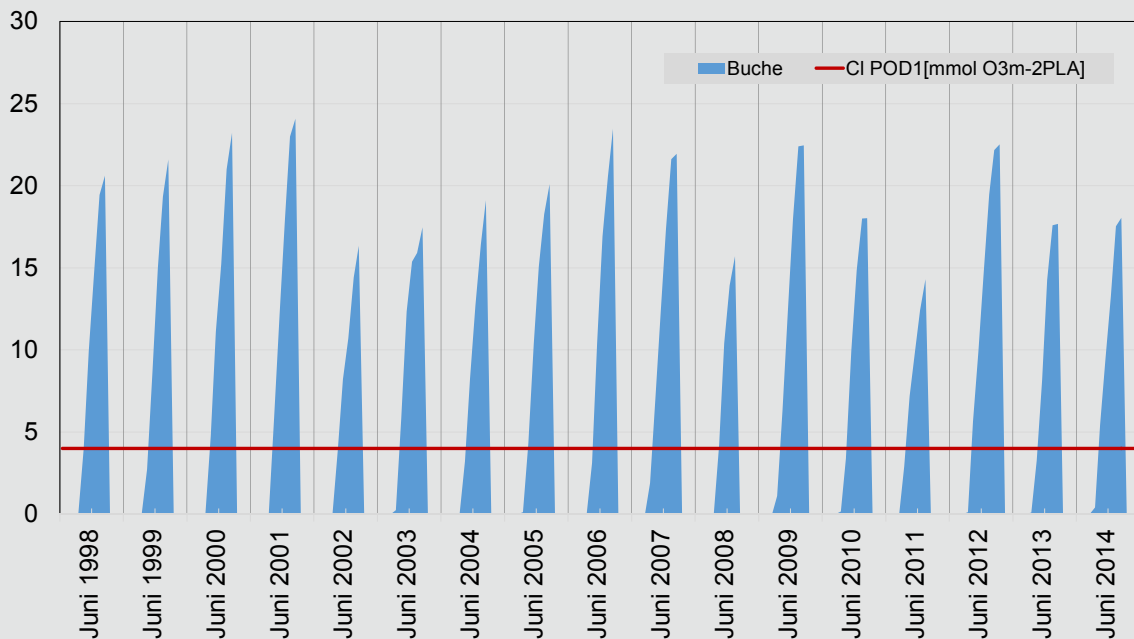
Die Ergebnisse der Ozonflusskalkulationen werden am Beispiel eines Buchenbestandes im Pfälzerwald (ForeStClim-Fläche Merzalben, ZIMEN-Station Hortenkopf) erörtert:

Die phytotoxische Ozondosis (POD_1) als akkumulierte Ozonflüsse über einem Schwellenwert von $1\ nmol\ O_3\ m^{-2}\ s^{-1}$ variieren in der Zeitreihe 1998 bis 2014 zwischen 14 (2011) und 24 (2001) $mmol\ O_3\ m^{-2}\ PLA$. Der kritische Wert ($CL\ POD_1=4\ mmol\ O_3\ m^{-2}\ PLA$) 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.

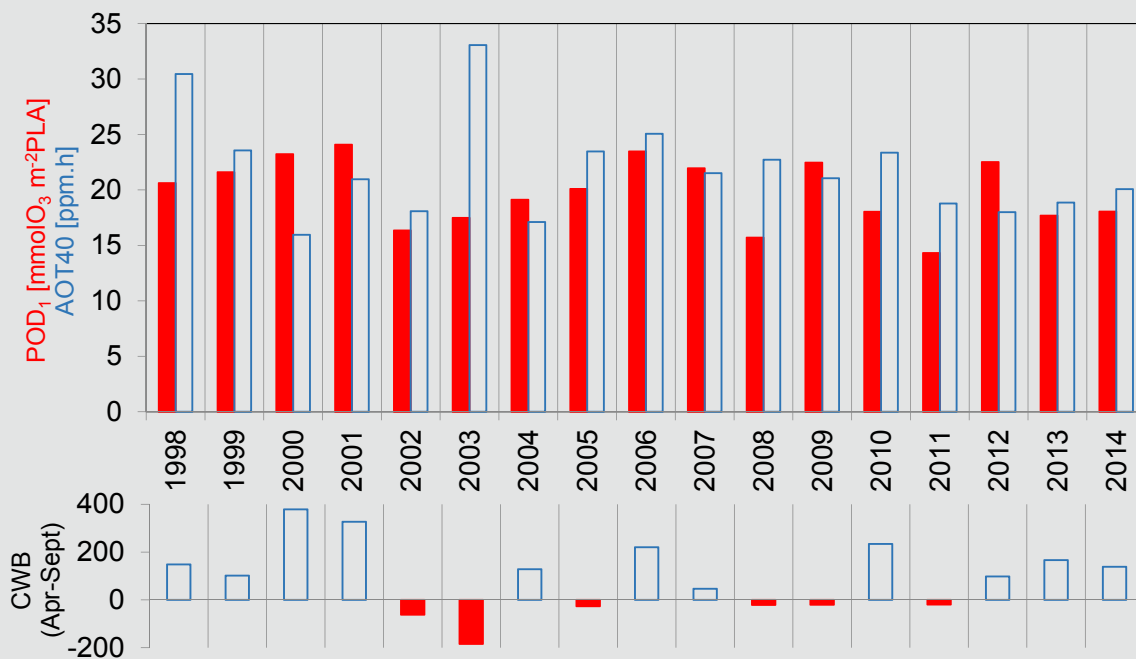
Jahre mit Trockenperioden (2002, 2003, 2008, 2011) weisen geringere POD_1 -Werte auf als Jahre mit geringerem Wasserstress (2000, 2001, 2006, 2014). In Jahren mit feuchterer Witterung können die Spaltöffnungen aufgrund des geringeren Wasserdampfsättigungsdefizits als auch der höheren Vorräte an pflanzenverfügbarem 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_1 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, sondern muss mit dem Gaswechselgeschehen (Transpiration und Photosynthese) in Verbindung gebracht werden. Bei Wasserstress, der vor allem in trocken-heißen Sommern mit hohem Ozonbildungspotential

Zeitreihe der Phytotoxischen Ozon Dosis (POD₁ in mmol O₃ m⁻² PLA) für den Buchenbestand Merzalben (ZIMEN Hortenkopf). In den jeweiligen Jahren sind die monatlich aufsummierten POD₁-Werte dargestellt. Die rote Linie markiert den Critical Level von 4 mmol O₃ m⁻² PLA



Über die Vegetationszeit aufsummierte phytotoxische Ozondosis (POD₁ in mmol O₃ m⁻² 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⁻²) April bis September der jeweiligen Jahre dargestellt.



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 Frühjahrstagen 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 Superoxiddismutase, 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_1 -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_1 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.

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.

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: www.uni-trier...

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

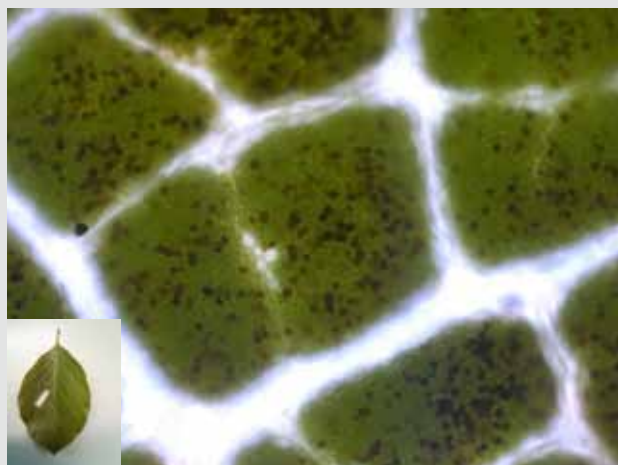


Beschattungseffekt bei Ozonschadsymptomen an Buche, LESS-Fläche Fischbach, aufgenommen am 4. September 2014: Das mit einem beigeen Pfeil gekennzeichnete Blatt wurde unter das vorherstehende Blatt gesteckt, um den Schatteneffekt zu demonstrieren. Die überdeckte und somit nicht so stark lichtexponierte 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 Blattteilstücks (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



Anhang 1 Zeitreihentabellen der Anteile der Schadstufen

Änderungen des Aufnahmeasters und der Methodik in der Zeitreihe siehe www.saarforst.de/downloads/wze/Methodenbeschreibung_WZE_Saar.pdf.

Alle Baumarten		Anteile der Schadstufen [in %]						Mittlere Kronenverlichtung
Jahr	Anzahl Probebäume N	ohne Schadmerkmale 0	schwach geschädigt 1	Summe deutlich geschädigt 2 bis 4	mittelstark geschädigt 2	stark geschädigt 3	abgestorben 4	
2015	2328	19	51	30	28,9	0,9	0,1	22,6
2014	2328	23	50	27	25,7	1,4	0,2	22,4
2013	2328	27	44	29	27,6	1,4	0,3	22,2
2012	2304	26	40	34	31,8	1,7	0,3	23,3
2011	2303	27	46	27	24,9	1,5	0,2	20,8
2010	2304	23	50	27	25,7	1,2	0,2	21,6
2009	2304	20	45	35	33,7	1,1	0,0	23,1
2008	2256	17	46	37	35,3	1,5	0,1	24,2
2007	2304	14	44	42	39,7	2,0	0,3	25,9
2006	2280	13	40	47	44,3	2,5	0,3	27,6
2005	2279	24	43	33	30,5	1,6	0,8	23,1
2004	2279	38	41	21	20,1	1,2	0,1	18,6
2003	2279	48	39	13	12	1,4	0,1	16,1
2002	2279	53	36	11	9,8	1,2	0,2	14,1
2001	2279	53	36	11	9,1	1,6	0,4	14,4
2000	2278	50	37	13	11,2	1,9	0,3	15,2
1999	2278	51	35	14	11,2	2,3	0,1	15,2
1998	2278	51	34	15	12,3	2,3	0,2	15,7
1997	2278	44	37	19	15	3,3	0,3	18,2
1996	2278	48	32	20	15,9	3,5	0,6	18,4
1995	2278	54	24	22	16,9	3,5	1,2	17,3
1994	2230	55	28	17	14,2	2,0	1,2	16,2
1993	2254	53	28	19	15,5	2,3	1,2	16,9
1992	2254	58	25	17	13,4	2,1	1,2	15,0
1991	2254	58	27	15	13,4	1,4	0,6	13,7
1990		keine Angaben möglich						
1989	2112	56	29	15	13,6	1,4		
1988	2661	48	33	19	17,4	1,8		
1987	2661	46	37	17	15,3	1,9		
1986	2661	58	31	11	9,9	1,2		
1985	2661	62	28	10	7,9	1,8		
1984	2661	69	24	7	5,5	1,6		

Buche		Anteile der Schadstufen [in %]						Mittlere Kronenverlichtung
Jahr	Anzahl Probebäume N	ohne Schadmerkmale 0	schwach geschädigt 1	Summe deutlich geschädigt 2 bis 4	mittelstark geschädigt 2	stark geschädigt 3	abgestorben 4	
2015	524	19	46	36	34,0	1,5	0,0	23,8
2014	526	17	38	45	42,8	2,3	0,0	27,7
2013	528	28	40	32	29,9	2,5	0,0	23,0
2012	525	26	39	35	32,4	2,9	0,0	23,3
2011	524	14	35	51	46,6	4,0	0,2	27,4
2010	525	19	54	27	25,5	1,9	0,0	22,1
2009	527	17	41	42	40,6	1,5	0,0	25,4
2008	522	16	55	29	27,2	1,9	0,0	24,1
2007	522	10	42	48	43,3	4,8	0,0	28,8
2006	492	5	35	60	53,9	6,5	0,0	32,6
2005	488	19	41	40	35,5	4,3	0,0	26,3
2004	488	28	35	37	33,2	3,9	0,0	24,3
2003	488	45	28	27	22,3	4,3	0,0	20,6
2002	486	47	25	28	24,1	3,9	0,0	19,3
2001	477	51	26	23	19,1	4,4	0,0	18,0
2000	478	46	25	29	24,1	4,8	0,0	20,2
1999	478	47	24	29	23,2	6,1	0,0	20,4
1998	479	44	24	32	26,1	5,4	0,2	22,1
1997	480	39	28	33	25,0	8,1	0,4	24,4
1996	484	43	20	37	27,3	9,5	0,6	25,6
1995	483	51	11	38	27,5	9,1	1,2	23,5
1994	484	51	18	31	25,0	4,5	1,0	20,5
1993	482	46	21	33	26,1	5,8	0,6	22,1
1992	482	47	20	33	27,8	5,4	0,2	21,3
1991	480	50	25	25	20,4	4,0	0,6	17,0
1990		keine Angaben möglich						
1989		47	27	26	24,0	1,9		
1988		37	39	24	21,7	2,2		
1987		37	41	22	18,7	3,2		
1986		52	32	16	13,5	2,4		
1985		48	37	15	11,7	3,2		
1984		58	31	11	8,1	2,8		

Eiche		Anteile der Schadstufen [in %]						Mittlere Kronenverlichtung
Jahr	Anzahl Probebäume N	ohne Schadmerkmale 0	schwach geschädigt 1	Summe deutlich geschädigt 2 bis 4	mittelstark geschädigt 2	stark geschädigt 3	abgestorben 4	
2015	618	16	54	30	29,4	0,5	0,2	23,1
2014	617	25	58	17	16,5	0,6	0,3	19,9
2013	615	20	42	38	36,3	1,0	0,3	25,1
2012	612	16	33	51	49,5	1,5	0,2	27,9
2011	611	21	61	18	17,3	0,5	0,5	20,1
2010	612	11	53	36	34,8	1,0	0,7	25,2
2009	611	8	48	44	42,7	1,0	0,0	25,7
2008	587	7	42	51	49,9	1,0	0,3	27,5
2007	618	6	47	47	45,8	1,3	0,2	27,3
2006	615	6	44	50	48,3	1,1	0,2	27,5
2005	613	12	51	37	36,2	1,0	0,0	14,4
2004	609	37	49	14	12,8	0,7	0,2	17,0
2003	609	46	46	8	6,9	1,0	0,3	15,3
2002	613	55	39	6	4,1	1,5	0,3	13,1
2001	618	52	40	8	6,1	2,3	0,0	14,5
2000	619	45	44	11	7,6	2,9	0,2	15,8
1999	619	50	37	13	9,9	2,9	0,2	15,6
1998	615	53	33	14	10,2	3,3	0,5	15,6
1997	618	38	42	20	16,7	2,9	0,3	19,4
1996	614	40	41	19	15,1	3,1	0,3	19,1
1995	613	45	33	22	19,2	2,8	0,2	18,4
1994	576	42	39	19	17,4	1,4	0,0	17,5
1993	572	44	34	22	19,9	2,3	0,0	18,5
1992	572	54	31	15	13,5	1,4	0,2	14,2
1991	573	50	33	17	15,5	1,0	0,0	15,3
1990		keine Angaben möglich						
1989		42	39	19	17,0		1,7	
1988		23	44	33	31,6		1,1	
1987		21	49	30	29,0		0,7	
1986		33	50	17	16,8		0,6	
1985		58	30	12	10,7		0,8	
1984		67	26	7	6,7		0,4	

Fichte		Anteile der Schadstufen [in %]						Mittlere Kronenverlichtung
Jahr	Anzahl Probebäume N	ohne Schadmerkmale 0	schwach geschädigt 1	Summe deutlich geschädigt 2 bis 4	mittelstark geschädigt 2	stark geschädigt 3	abgestorben 4	
2015	427	24	54	23	22,2	0,5	0,0	20,1
2014	427	28	52	20	19,0	0,7	0,0	19,4
2013	429	32	51	17	15,9	0,7	0,2	18,5
2012	453	36	45	19	16,3	1,5	1,1	19,3
2011	447	42	42	16	14,8	1,1	0,0	16,9
2010	447	36	45	19	17,2	1,3	0,0	18,5
2009	447	31	44	25	24,2	1,3	0,0	20,3
2008	447	23	45	32	30,6	1,8	0,0	22,6
2007	447	22	41	37	34,7	1,8	0,4	24,0
2006	447	16	42	42	38,9	2,5	0,4	25,8
2005	552	35	35	30	24,8	2,0	3,5	22,8
2004	552	46	35	19	18,8	0,4	0,0	16,2
2003	552	54	37	9	8,6	0,4	0,0	13,4
2002	450	61	32	7	6,9	0,0	0,2	11,4
2001	453	63	29	8	6,6	0,0	1,8	12,4
2000	453	61	30	9	8,4	0,0	0,7	11,6
1999	449	65	27	8	7,6	0,2	0,0	10,7
1998	449	62	28	10	9,1	0,9	0,0	11,8
1997	448	61	28	11	8,7	2,0	0,2	12,9
1996	449	63	25	12	8,2	2,4	1,3	12,9
1995	449	63	21	16	10,9	3,8	1,6	14,5
1994	439	69	20	11	7,5	2,3	1,4	12,3
1993	465	68	20	12	8,2	1,7	1,7	12,4
1992	465	67	20	13	8,2	2,4	1,9	12,1
1991	469	66	19	15	13,2	0,6	1,7	13,0
1990		keine Angaben möglich						
1989		70	21	9	7,6		1,1	
1988		70	20	10	9,5		1,0	
1987		65	26	9	8,6		0,7	
1986		67	27	6	5,9		0,5	
1985		69	25	6	4,8		1,1	
1984		74	22	4	3,3		1,0	

Kiefer		Anteile der Schadstufen [in %]						Mittlere Kronenverlichtung
Jahr	Anzahl Probebäume N	ohne Schadmerkmale 0	schwach geschädigt 1	Summe deutlich geschädigt 2 bis 4	mittelstark geschädigt 2	stark geschädigt 3	abgestorben 4	
2015	239	31	55	14	14,2	0,0	0,0	18,2
2014	238	27	54	19	18,9	0,4	0,0	19,5
2013	238	30	51	19	17,6	0,8	0,4	19,6
2012	240	20	53	27	25,8	1,3	0,0	23,0
2011	242	7	48	45	43,4	1,7	0,0	26,8
2010	243	3	44	53	50,6	2,1	0,0	29,3
2009	243	1	39	60	57,6	2,1	0,0	31,1
2008	224	0	26	74	71,0	2,7	0,0	33,1
2007	247	1	32	67	65,6	0,8	0,4	31,3
2006	243	1	24	75	72,0	1,6	0,8	33,4
2005	242	5	49	46	45,0	0,4	0,4	27,7
2004	242	9	57	34	33,1	0,8	0,4	25,2
2003	242	11	71	18	17,4	0,4	0,0	21,8
2002	241	14	75	11	10,8	0,0	0,0	19,1
2001	241	17	71	12	12,4	0,0	0,0	19,1
2000	241	20	68	12	12,0	0,4	0,0	18,7
1999	241	24	69	7	6,6	0,0	0,0	17,3
1998	241	25	68	7	7,1	0,4	0,0	17,5
1997	240	19	69	12	11,3	0,4	0,0	19,3
1996	240	28	57	15	14,6	0,0	0,4	20,0
1995	240	38	44	18	15,0	0,4	2,5	18,8
1994	247	29	54	17	14,6	0,8	2,0	19,7
1993	246	20	60	20	17,5	0,4	1,6	22,1
1992	246	34	52	14	12,2	0,4	1,6	19,0
1991	245	34	50	16	15,5	0,4	0,4	18,6
1990		keine Angaben möglich						
1989		34	49	18	16,7		0,9	
1988		38	50	12	11,0		1,0	
1987		46	47	7	6,5		0,4	
1986		55	43	2	2,0		0,0	
1985		56	39	5	3,9		0,9	
1984		59	34	7	5,5		2,0	

Sonstige Arten		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	520	16	47	37	35,4	1,5	0,4	25,0
2014	520	22	47	31	27,9	2,3	0,6	23,9
2013	518	31	38	31	29,2	1,7	0,4	22,4
2012	474	32	41	27	25,9	1,3	0,2	21,2
2011	479	45	43	12	11,1	0,4	0,2	15,0
2010	477	42	48	10	9,6	0,0	0,2	15,3
2009	476	37	52	11	11,3	0,0	0,0	15,9
2008	476	33	52	15	13,9	0,8	0,0	17,7
2007	470	28	51	21	18,9	0,9	0,9	19,8
2006	483	35	44	21	20,3	0,6	0,2	18,8
2005	484	45	39	16	16,1	0,0	0,2	16,0
2004	488	57	32	11	10,9	0,0	0,2	13,6
2003	488	65	26	9	8,4	0,2	0,0	12,3
2002	489	68	27	5	4,9	0,0	0,2	10,3
2001	490	67	29	4	3,9	0,2	0,2	10,3
2000	487	65	29	6	5,3	0,4	0,4	11,1
1999	491	57	35	8	6,7	1,0	0,2	12,8
1998	494	59	33	8	6,9	0,4	0,2	12,5
1997	492	53	34	13	10,8	1,6	0,2	14,9
1996	491	60	26	14	13,4	0,6	0,4	14,9
1995	493	67	21	12	10,1	0,2	1,6	11,8
1994	484	72	20	8	5,6	0,4	2,3	11,9
1993	489	70	21	9	5,9	0,2	2,5	11,5
1992	489	76	17	7	4,5	0,4	2,5	10,4
1991	487	80	16	4	3,3	0,4	0,4	7,1
1990		keine Angaben möglich						
1989		77	18	5	4,1	1,0		
1988		64	26	10	5,9	4,0		
1987		56	34	10	6,1	3,9		
1986		86	10	4	2,9	0,9		
1985		83	13	4	2,7	1,3		
1984		85	12	3	2,0	1,3		

Probebaumkollektiv 2015

Baumart	Häufigkeit	Anteil in %	Mittleres Alter
Trauben-/Stieleiche	618	26,6	100
Buche	524	22,6	98
Fichte	426	18,3	62
Kiefer	206	8,9	96
Esche	100	4,3	63
Birke	89	3,8	52
europäische Lärche	68	2,9	74
Douglasie	52	2,3	44
Bergahorn	49	2,1	50
Hainbuche	37	1,6	66
Schwarzkiefer	33	1,4	79
Kirsche	29	1,2	51
japanische Lärche	19	0,8	71
Schwarz-/Grauerle	12	0,5	73
Aspe	11	0,5	40
Eberesche	11	0,4	29
Pappel	8	0,3	52
Robinie	7	0,3	79
Weymouthskiefer	6	0,3	106
Spitzahorn	5	0,2	48
Ulme	5	0,2	39
Küstentanne	4	0,2	39
Feldahorn	3	0,1	49
Roteiche	3	0,1	113
Elsbeere	1	0,0	49
Mehlbeere	1	0,0	76
Sitkafichte	1	0,0	41
Gesamt	2328	100	83

Zusammensetzung des Probestaumkollektives nach Altersklassen

Seit Beginn der Waldzustandserhebung ist der Wald insgesamt älter geworden. Besonders deutlich ist der Anstieg des Anteils der über 100-jährigen Bäume. Auffällig ist die Abnahme des Anteils der jüngsten Altersklassen. So sind Probestaume bis 20 Jahre so gut wie nicht mehr vertreten, wobei aber zu berücksichtigen ist, dass im Verfahren der Waldzustandserhebung Verjüngung unter einem Altholzschirm nicht erfasst wird, da die Probestaume nur aus der obersten Bestandesschicht, dem Altholzschirm, ausgewählt werden. Bei Fichte ist die Dominanz der Altersklasse III (41- bis 60-jährig) auffällig. Die Altersklassenverteilung spiegelt auch die natürliche Lebensdauer der betreffenden Baumarten wieder, so sind über 160-jährige Probestaume nur bei Eiche und Buche vertreten.

	Jahr	Anteil in der Altersklasse (in %)								
		0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	über 160
Alle Arten	1994	7,8	24,5	26,0	8,4	13,8	5,1	7,2	3,2	3,9
	2015	0,4	10,6	24,2	25,9	9,1	12,3	4,9	6,9	5,8
Buche	1994	3,7	11,2	23,6	9,3	16,1	6,0	11,0	9,5	9,7
	2015	0,0	3,6	18,7	23,3	10,5	15,3	5,5	9,7	13,4
Eiche	1994	0,9	10,4	31,8	11,8	12,7	8,9	12,2	4,5	6,9
	2015	0,0	6,0	8,9	30,7	11,3	12,5	8,6	11,7	10,4
Fichte	1994	5,5	61,3	15,5	6,2	11,6	0,0	0,0	0,0	0,0
	2015	0,0	6,1	56,9	17,1	10,8	9,1	0,0	0,0	0,0
Kiefer	1994	0,4	9,7	28,7	11,3	29,1	7,7	13,0	0,0	0,0
	2015	0,0	3,8	10,0	29,7	10,9	24,7	7,9	13,0	0,0
Esche	1994	35,7	23,5	26,5	2,0	2,0	10,2	0,0	0,0	0,0
	2015	0,0	34,0	25,0	26,0	2,0	3,0	10,0	0,0	0,0
Birke	1994	9,5	61,9	22,2	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0
	2015	0,0	39,3	32,6	24,7	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0
Ahorn	1994	36,8	18,4	36,8	2,6	2,6	2,6	0,0	0,0	0,0
	2015	0,0	49,1	15,8	31,6	1,8	1,8	0,0	0,0	0,0
Lärche	1994	0,0	10,2	78,4	1,1	8,0	0,0	2,3	0,0	0,0
	2015	0,0	0,0	13,8	70,1	1,1	12,6	0,0	2,3	0,0
Douglasie	1994	27,5	60,0	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0
	2015	17,3	28,8	44,2	0,0	0,0	9,6	0,0	0,0	0,0

Statistische Signifikanz der Veränderungen der mittleren Kronenverlichtung

Die Veränderungen der mittleren Kronenverlichtung bei den einzelnen Baumarten zwischen den Aufnahmetermi-
nen werden mit Hilfe eines T-Testes* für abhängige (gepaarte) Stichproben auf ihre statistische
Signifikanz überprüft (s. signifikant; n.s. nicht signifikant). Hierbei sind nur Probestämme einbezogen, die
jeweils an beiden Aufnahmetermi-
nen bonitiert wurden (identische Probestämme). Das Konfidenzintervall be-
trägt 95 %, die Irrtumswahrscheinlichkeit damit 5 %. Verglichen wird das aktuelle Jahr mit dem Vorjahr.

Baumart (Baumartengruppe)	Anzahl der Probestämme	Kollektiv der 2015 und 2014 bonitierten, identen Probestämme			Signifikanz (zweiseitig)
		Mittleres Verlustprozent			
		2015	2014	2015-2014	
Alle Baumarten	2285	22,63	22,21	0,42	0,045 s.
Eiche	597	23,04	19,67	3,37	0,000 s.
Buche	518	23,85	27,61	- 3,76	0,000 s.
Fichte	424	20,12	19,45	0,67	0,090 n.s.
Kiefer	234	18,18	19,57	- 1,39	0,024 s.
Esche	97	35,05	34,90	0,15	0,933 n.s.
Birke	88	26,99	19,60	7,39	0,000 s.
Lärche	86	22,44	19,13	3,31	0,000 s.
Ahorn	57	17,28	14,91	2,37	0,030 s.
Douglasie	51	23,53	30,10	- 6,57	0,000 n.s.

* T-Test oder Paardifferenztest untersucht, ob sich
die Mittelwerte zweier Gruppen systematisch
unterscheiden

Ausmaß und Ursachen des Ausscheidens von Probebäumen

Im Jahr 2015 sind insgesamt 43 Probebäume ausgeschieden, von denen alle ersetzt werden konnten. Die Gründe für das Ausscheiden der Probebäume sind vielfältig:

- 25 infolge regulärer, planmäßiger Nutzung zur Holzernte
- 1 infolge außerplanmäßiger Nutzung nach Insekten- oder Pilzbefall
- 1 infolge außerplanmäßiger Nutzung nach Sturmwurf, Schneebruch oder Blitzschlag
- 2 Nutzung zur Holzernte; ob planmäßig oder außerplanmäßig blieb unbekannt
- 2 sind umgeworfen oder umgebogen infolge Sturm oder Schneedruck
- 0 sind durch Sturm angeschoben oder hängen in einem Nachbarbaum
- 2 haben durch einen Kronenbruch über die Hälfte ihrer grünen Krone verloren
- 5 sind von Nachbarbäumen vollständig überwachsen worden
- 5 sind abgestorbene Bäume, die jetzt kein Feinreisig mehr aufweisen

Gegenüberstellung der Schadstufenverteilung der ausgeschiedenen Probebäume und ihrer Ersatzbäume

Die ausgeschiedenen Probebäume werden im Zuge der Waldzustandserhebung nach objektiven Kriterien ersetzt. Die Schadstufenverteilung der Ersatzbäume wird der ihrer Vorgänger zum jeweils letzten Bonitierungsstermin gegenübergestellt. Auf diese Weise kann abgeschätzt werden, welchen Einfluss Ausscheiden und Ersatz der Probebäume auf die Schadstufenverteilung und die Entwicklung der Waldschäden hat.

	Anzahl	Anteile der Schadstufen in %					
		0	1	2	3	4	2 bis 4
Ersatzbäume 2015	43	18,6	51,2	30,2	0,0	0,0	30,2
Vorgänger 2014	43	16,3	53,5	14,0	7,0	9,3	30,3

Über die komplette Zeitreihe zeigt sich durchgehend, dass die Ersatzbäume eher selten den Schadstufen 3 und 4 angehören. Auch ist in den letzten Jahren ein höherer Anteil an Laubbäumen unter den Ersatzbäumen als unter ihren Vorgängern.

Im Jahr 2015 waren 4 Probebäume frisch abgestorben, 2 davon mussten direkt ersetzt werden, 2 weitere stehen mit 100 % Kronenverlichtung weiterhin im Probebaumkollektiv. Ein weiterer toter Probebaum steht ebenfalls mit 100 % Kronenverlichtung im Kollektiv, war jedoch bereits im Vorjahr abgestorben. 5 Probebäume, die im Vorjahr abgestorben waren sind in 2015 aus dem Probebaumkollektiv ausgesondert und ersetzt worden, nachdem das Feinreisig morsch und abgefallen war.

Normalerweise entsprechen die Ersatzbäume in Baumart und Alter ihren Vorgängerbäumen. In Mischbeständen kommt es aber vor, dass durch die Ersatzbäume eine Verschiebung zu einer anderen Baumart erfolgt. In ungleichaltrigen Waldbeständen kann es sein, dass die Ersatzbäume aus dem nachwachsenden Jungbestand ausgewählt werden, sobald im Altbestand keine geeigneten Ersatzbäume mehr vorhanden sind. Fällt ein Aufnahmepunkt in seiner Gesamtheit aus, so wird geprüft, ob unter dem alten Bestand bereits ein Nachfolgebestand etabliert ist, aus dem die Probebäume komplett neu ausgewählt werden können. Ist dies nicht der Fall ruht die Aufnahme an diesem Punkt bis ein Nachfolgebestand vorhanden ist. Diese „Ersatzbäume“ sind dann wesentlich jünger und weisen damit im Allgemeinen ein geringeres Schadniveau als ihre älteren Vorgängerbäume auf. Diese Verjüngung der Probebäume ist jedoch genauso erforderlich wie die Verjüngung im Wald, nur so ist das Kollektiv der Probebäume repräsentativ für den Wald als Ganzes.

Abkommen und gesetzliche Regelungen zur Luftreinhaltung

Maßnahme	Jahr	Ziel
Internationale Abkommen und Richtlinien		
Montreal-Protokoll	1987	Schutz der stratosphärischen Ozonschicht
Europäische Abkommen zur Luftreinhaltung im Rahmen der UN-ECE-Verhandlungen:		
Helsinki-Protokoll	1985	1. und 2. Schwefel-Protokoll zur
Sofia-Protokoll	1988	Rückführung der Stickstoffoxidemissionen
Genfer-Protokoll	1991	Rückführung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen
Oslo-Protokoll	1994	Reduzierung der Schwefelemissionen
Aarhus-Protokoll	1998	Rückführung von Schwermetallen und persistenten organischen Verbindungen
Göteborg-Protokoll	1999	Bekämpfung von Versauerung, Eutrophierung und bodennahem Ozon
VOC-Richtlinie (VOC = Volatile Organic Compounds)	1999	Begrenzung von Emissionen flüchtiger, organischer Verbindungen
Abfallverbrennungsrichtlinie	2000	Emissionsbegrenzung bei der Verbrennung und Mitverbrennung von Abfällen
Großfeuerungsanlagen-Richtlinie	2001	Begrenzung von Schadstoffemissionen von Großfeuerungsanlagen in die Luft
Richtlinie über nationale Emissionshöchstgrenzen für bestimmte Luftschadstoffe (NEC = National Emissions Ceilings)	2002	Festsetzen von nationalen Emissionshöchstgrenzen für die Mitgliedstaaten bei den Schadstoffen SO ₂ , NO _x , NH ₃ und VOC
Richtlinie über Arsen, Cadmium, Quecksilber, Nickel und PAK in der Luft	2004	Zielwerte in der Luft, die bis 2012 eingehalten werden sollen
Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa	2008	Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität EU-Immissionsgrenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Benzol Partikel (PM ₁₀ , PM _{2.5}) und Blei sowie Ozon in der Luft
Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung von Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie)	2008	Genehmigungspflicht für bestimmte industrielle und landwirtschaftliche Tätigkeiten mit einem hohen Verschmutzungspotential
Richtlinie über Industrieemissionen (IED-Richtlinie)	2012	Neufassung der IVU-Richtlinie Verstärkte Berücksichtigung der „besten verfügbaren Technik“ (BVT)
Thematische Strategie zur Luftreinhaltung (Clean Air Policy Package mit dem Programm „Saubere Luft für Europa“)	2013	Kurz- und Langfristmaßnahmen im Bereich Anlagen, Verkehr, Hausbrand und Landwirtschaft zur weiteren Senkung der Emissionen und Immissionsbelastungen
Nationale Regelungen		
Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)	2005	Neufassung vom September 2002
1. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchV)	2010	Neufassung der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen
2. BImSchV	2013	Neufassung der Verordnung über die Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen organischen Verbindungen

Maßnahme	Jahr	Ziel
10. BImSchV	2013	Verordnung über die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualitäten von Kraftstoffen
13. BImSchV	2013	Neufassung der Verordnung über Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen
17. BImSchV	2013	Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen
20. BImSchV	2013	Neufassung der Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen beim Umfüllen und Lagern von Ottokraftstoffen
21. BImSchV	2013	Neufassung der Verordnung zur Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen bei der Betankung von Kraftfahrzeugen
28. BImSchV	2013	Verordnung über Emissionsgrenzwerte bei Verbrennungsmotoren
31. BImSchV	2013	Neufassung der Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen
35. BImSchV	2007	Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung
36. BImSchV	2012	Verordnung zur Durchführung der Regelungen der Biokraftstoffquote
39. BImSchV	2010	Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen
Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung (Biokraft-NachV)	2009	Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen
TA Luft	2002	Neufassung der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft, Emissionsbegrenzung bei Industrieanlagen nach dem Stand der Technik
Änderungen der Kfz-Steuerregelung	2009	Ausrichtung der Kfz-Steuer für Pkw nach dem Emissionsverhalten und CO ₂ -Emissionen
EURO 1 Norm für Pkw	1991	Verschärfung der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 1992/93
EURO I Norm für Lkw	1991	Verschärfung der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 1992/93
EURO II Norm für Lkw	1991	2. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 1995/96
EURO 2 Norm für Pkw	1994	2. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 1996/97
EURO 3 Norm für Pkw	1998	3. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 2000/2001
EURO 4 Norm für Pkw	1998	4. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 2005/2006
EURO 5 Norm für Pkw	2006	5. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 2009/2010
EURO III Norm für Lkw	1999	3. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 2000
EURO IV Norm für Lkw	1999	4. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 2005
EURO V Norm für Lkw	1999	5. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw (NO _x) 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 Regierung des Saarlandes 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 im Saarland ist eingebunden in das deutsche und europäische Forstliche Umweltmonitoring.

Die Kronenzustandserhebungen auf dem 16x16 km-EU-Raster und die Intensivuntersuchungen auf den saarländischen Level-II-Flächen wurden bis 2006 im Rahmen des EU-Forest Focus-Programms und von 2009 bis Juni 2011 im Rahmen des LIFE+-FutMon-Projekts (www.futmon.org) von der Europäischen Union finanziell unterstützt.



SAARLAND

Großes entsteht immer im Kleinen.



Ministerium für Umwelt und
Verbraucherschutz
Keplerstraße 18
66117 Saarbrücken

www.umwelt.saarland.de

