



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR  
UMWELT, LANDWIRTSCHAFT,  
ERNÄHRUNG, WEINBAU  
UND FORSTEN

# WALDZUSTANDS- BERICHT 2013



Landesforsten  
Rheinland-Pfalz

## Impressum

### Herausgeber

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

Mainz, November 2013

### Gestaltung

Zentralstelle der Forstverwaltung  
Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz  
Hauptstraße 16  
67705 Trippstadt  
Telefon: 06306 911-0, Fax: 06306 911-200  
[zdf.fawf@wald-rlp.de](mailto:zdf.fawf@wald-rlp.de)  
[www.fawf.wald-rlp.de](http://www.fawf.wald-rlp.de)

nur als Download

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

### Titelbild:

Aufnahmeteams bei der Abstimmungsübung im Trippstadter Wald  
Foto: Th. Wehner

# WALDZUSTANDS- BERICHT 2013

	Seite
<b>Vorwort</b>	<b>4</b>
<b>Waldzustand 2013 im Überblick</b>	<b>6</b>
<b>Waldzustandserhebung (WZE)</b>	<b>10</b>
<b>Einflüsse auf den Waldzustand</b>	<b>34</b>
■ Entwicklung der Luftschadstoffbelastung	35
■ Witterungsverhältnisse	42
■ Allgemeine Waldschutzsituation	45
<b>Langzeitmessreihen - unverzichtbare Grundlage der Umweltkontrolle im Wald</b>	<b>50</b>
<b>Anhänge</b>	
■ Entwicklung der Waldschäden	64
■ Probestaumkollektiv 2013	70
■ Abkommen und gesetzliche Regelungen zur Luftreinhaltung	71

# VORWORT

Die diesjährige Waldzustandserhebung setzt eine nunmehr dreißigjährige Zeitreihe fort. Diese Langzeitmessreihe dient damit als Grundlage der Beschreibung der Waldzustandsentwicklung sowie der Belastungssituation des Waldes.

Durch die außergewöhnliche Kälte im März und der ersten Hälfte des Aprils verzögerte sich die Vegetationsentwicklung, allerdings sorgten die hohen Niederschläge im Mai, die bis in den Frühsommer auftraten, für eine gute Wasserversorgung der Waldbäume. Trockenstress konnte in 2013 nicht beobachtet werden. Für die Waldbäume bestanden relativ gute Wachstumsbedingungen. Trotzdem war die forstliche Vegetationszeit im Vergleich zum langjährigen Mittel wieder zu warm.

Der Waldzustandsbericht stellt heraus, dass sich der bereits im Vorjahr beobachtete leichte Erholungstrend der Waldbäume fortsetzt. Besonders deutlich zeigt sich das bei unseren wichtigsten heimischen Laubbaumarten, der Buche und der Eiche. Über alle Baumarten hat sich der Anteil an Bäumen mit deutlichen Schäden um 5 Prozentpunkte auf 23 % verringert. Eine Borkenkäferkalamität konnte in diesem Jahr aufgrund des kühlen Frühjahrs nicht beobachtet werden. Die Borkenkäferschäden hielten sich in Grenzen.

Allerdings sind weiterhin 70 % unserer Waldbäume schwach bis deutlich geschädigt, nur 30 % weisen keine sichtbaren Schadmerkmale auf. Neben den witterungsbedingten Belastungen wirken sich vor allem die immer noch hohen Schadstoffeinträge negativ auf den Wald aus.

Die Langzeitmessreihen des forstlichen Umweltmonitorings zeigen einen erheblichen Rückgang des Schwefel- und Säureeintrags sowie des Eintrags von Schwermetallen, die Stickstoffeinträge sind hingegen nur wenig bis gar nicht gesunken. Sie überschreiten weiterhin bei der Mehrzahl der Messstellen die Schwellenwerte der Ökosystemverträglichkeit. Der in den Wald eingetragene Stickstoff stammt sowohl aus der Tierhaltung als auch aus dem Straßenverkehr. Diese kontinuierliche Stickstoffanreicherung in unseren Waldökosystemen zieht eine Fülle von negativen Folgen wie Bodenversauerung, Nährstoffungleichgewichte, Schädigung von Bodenlebewesen oder aber Veränderungen in der Zusammensetzung der Waldbodenvegetation nach sich.

Auch die Zeitreihen der Bodenwasseranalysen bestätigen die Ergebnisse der Immissionsmessungen: einer Verringerung der Belastung des Bodenwassers durch Schwefel steht eine gleichbleibende Belastung durch Stickstoff gegenüber. Das Bodenwasser ist für viele Ökosystemfunktionen von entscheidender Bedeutung, Aufgaben wie die Puffer- und Filterfunktion sowie die Bereitstellung von Nährstoffen werden durch die chemische Beschaffenheit des Bodenwassers maßgeblich beeinflusst.

Die in den Langzeitmessreihen des forstlichen Umweltmonitorings dokumentierten Erfolge in der Verringerung der Umweltbelastung machen uns Mut, die Politik der „Reinen Luft“ energisch weiter zu verfolgen. Sie zeigen auch, wo die Anstrengungen noch verstärkt werden müssen. Stickstoffemissionen durch den Straßenverkehr,



aber auch durch die Landwirtschaft, müssen verringert werden. Dabei darf sich unser Engagement nicht auf Rheinland-Pfalz und Deutschland beschränken. Luftschadstoffe sind ein grenzüberschreitendes, internationales Problem. Die neue Bundesregierung muss daher die Luftreinhaltung noch energischer vorantreiben, nationale Emissionshöchstmengen (NEC: National Emission Ceilings) sollten aktualisiert werden. Ambitionierte Minderungsziele der Klimagasemission müssen in naher Zukunft international vereinbart werden. Aber auch die Bedeutung einer bewussten, verantwortungsvollen Ernährung, gerade was den Fleischkonsum betrifft, sollte weiter aktiv verdeutlicht werden. Unsere Kampagne „Rheinland-Pfalz isst besser“ ist hierfür ein wichtiges Instrument. Gerade die Massentierhaltung, die unseren hohen Fleischbedarf national wie auch international deckt, trägt maßgeblich zu den Ammoniakemissionen bei und wirkt damit schädlich auf den Wald. Auch hier hat sich die Landesregierung bereits mit mehreren Initiativen im Bundesrat für Verbesserungen eingesetzt.

In engem Zusammenhang damit stehen die Herausforderungen im Klimaschutz und zur Erhaltung der Biodiversität. Dazu müssen in den kommenden Jahren ergänzend zur Vitalität der Bäume und der Schadstoffbelastung von Luft und Böden weitere Parameter zur Beschreibung des Waldzustandes entwickelt werden. Mit der Einführung des Konzeptes zum Umgang mit Biotopbäumen, Altbäumen und Totholz (BAT) sowie der FSC-Zertifizierung des Landesbetriebs Landesforsten wurden wichtige organisatorische Weiterentwicklungen vorgenommen.

Der Klimawandel hinterlässt deutliche Spuren im Wald. Um natürliche Anpassungsmechanismen beobachten zu können, werden künftig die der freien Waldentwicklung gewidmeten Flächen im geplanten Nationalpark als wichtige Referenzgröße dienen. Die Wirkungen von Luftschadstoffen und klimatische Veränderungen auf die Waldökosysteme können hier unter Ausblendung der Veränderungen durch die menschliche Bewirtschaftung erforscht werden. Neben der Wuchsdynamik wird zu untersuchen sein, wie sich die aus der Bewirtschaftung herausgenommenen Waldflächen im Hinblick auf die Kohlenstoffspeicherung und den Bioelementhaushalt gegenüber bewirtschafteten Flächen entwickeln. Auch der Einfluss von Gegenspielern wie Insekten oder Pilze auf die Vitalität der Wälder kann mit und ohne Eingriffe des Menschen erforscht werden.

An dieser Stelle gilt mein besonderer Dank den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern von Landesforsten, insbesondere der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft in Trippstadt, die mit ihren routinierten Aufnahme- und Auswertungs- Teams maßgeblich zum Gelingen der diesjährigen Waldzustandserhebung beigetragen haben.

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

# WALDZUSTAND 2013



# EIN ÜBERBLICK

Der Kronenzustand der Waldbäume in Rheinland-Pfalz hat sich im Jahr 2013 gegenüber dem Vorjahr verbessert. Der Anteil an Bäumen mit deutlichen Schäden ist um 5 Prozentpunkte auf 23 % zurückgegangen.

Der Anteil schwach geschädigter Bäume ist um 4 Prozentpunkte auf jetzt 47 % und der Anteil an Bäumen ohne sichtbare Schadensmerkmale um 1 Prozentpunkt auf 30 % gestiegen. Damit setzt sich der leichte Erholungstrend in der Vitalität der Waldbäume fort.

Besonders deutlich hat sich der Kronenzustand von Eiche und Buche verbessert. Aber auch bei Kiefer und den meisten Nebenbaumarten ergaben sich merkliche Verbesserungen. Die Fichte zeigt eine nur geringe, nicht signifikante Verbesserung im Kronenzustand.

Lediglich bei der Esche war ein Anstieg der Kronenverlichtung festzustellen.

Die Verbesserung des Kronenzustands dürfte vor dem Hintergrund der verringerten Luftschadstoffbelastung, auf den günstigen Witterungsverlauf in den letzten beiden Jahren und dem weitgehenden Ausbleiben von besonderen Einflussfaktoren wie übermäßigem Fruchtanhang oder gravierendem Befall durch biotische Gegenspieler beruhen. Bei der Esche ist der Schadanstieg auf das inzwischen landesweit auftretende Eschentriebsterben zurückzuführen.

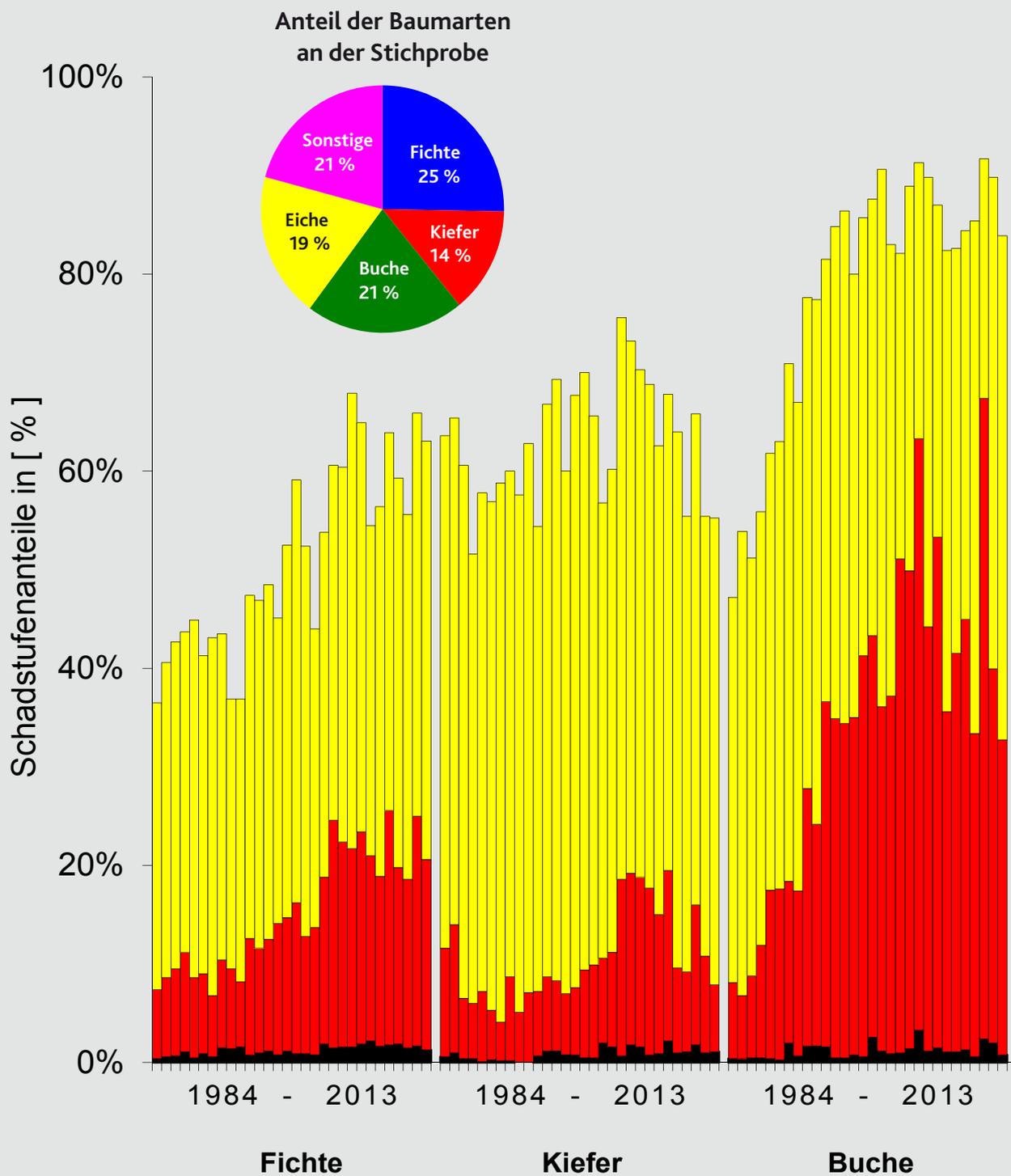
Die in 2013 erhobene Vollstichprobe mit 11.328 Stichprobenbäumen ermöglicht regional differenzierte Auswertungen und eine Differenzierung nach dem Alter der Waldbäume: Gegenüber der letzten Vollstichprobe im Jahr 2008 hat sich die Situation in den mittleren und südlichen Regionen des Landes verbessert. In den nordwestlichen Regionen blieb die Schadsituation relativ unverändert und in den nordöstlichen Landesteilen ist der Anteil von Bäumen mit deutlichen Schäden angestiegen. Aktuell liegt das Schadniveau in Taunus, Westerwald und Eifel merklich über und im Hunsrück sowie im Saarländisch-Pfälzischen Muschelkalkgebiet / Westlicher Moorniederung unter dem Landesschnitt. In der Regel zeigen jüngere Bäume einen besseren Kronenzustand als ältere Bäume. Die Altersverteilung hat daher einen erheblichen Einfluss auf das Schadniveau. Da sich der Anteil alter Bäume seit dem Beginn der Waldzustandserhebungen Mitte der 1980er Jahre

deutlich erhöht hat, trägt dies zum Anstieg der Kronenschäden bis zum Jahr 2006 bei und umso bemerkenswerter ist die Erholung in den letzten Jahren.

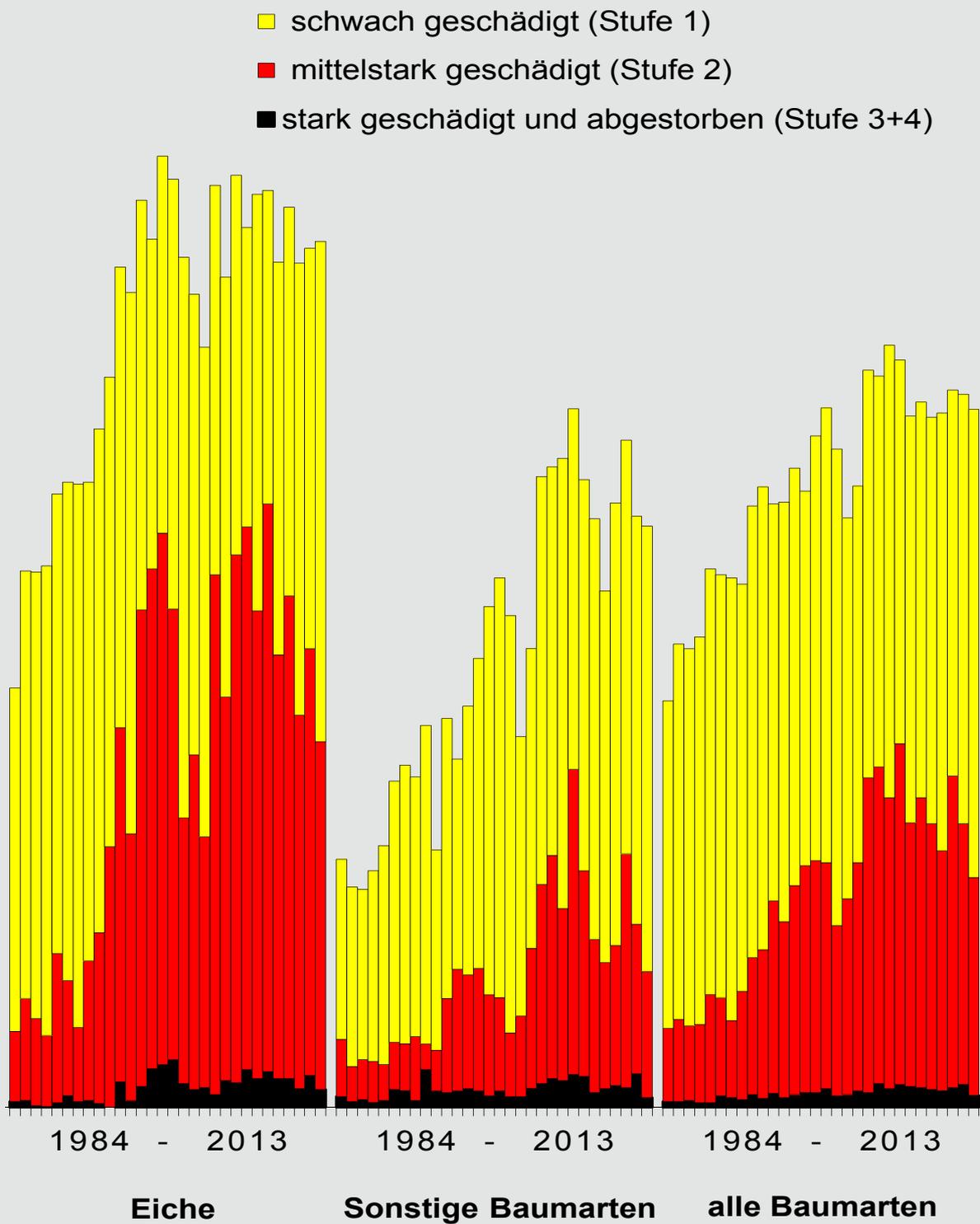
Dank durchgreifender Luftreinhaltemaßnahmen haben sich die Belastungen der Waldökosysteme seit Mitte der 1980er Jahre erheblich verringert. Die Schwefeldioxidbelastung ist um mehr als 90 % gesunken und auch der Säureeintrag sowie der Eintrag an Schwermetallen sind sehr deutlich zurückgegangen. Demgegenüber konnten die Stickstoffeinträge bislang nur unzureichend reduziert werden. Auch beim Ozon werden die Belastungsschwellen für Waldökosysteme nach wie vor überschritten.

Der Einfluss witterungsbedingter Belastungen ist in den letzten Jahren angestiegen. Die Vegetationszeit war in den letzten drei Jahrzehnten im Vergleich zum langjährigen Mittel nahezu in allen Jahren zu warm und häufig auch zu trocken. Die Vegetationszeit des Jahres 2013 war trotz des kühlen Frühjahrs und Frühsommers insgesamt zu warm, brachte aber ausreichend Niederschläge. Die Schäden durch Borkenkäferbefall hielten sich aufgrund des kühlen Frühjahrs in Grenzen. An Buchen waren örtlich erhebliche Blattschäden durch Buchenspringrüssler, an Douglasien Schäden durch die Rußige Douglasienschütte und in übershirmten Jungbeständen durch Befall mit Grauschimmelfäule und *Sirococcus* zu beobachten. Sorgen bereitet die weitere Ausbreitung des Eschentriebsterbens.

Die Waldzustandserhebung wurde in diesem Jahr zum dreißigsten Mal durchgeführt. Auch die Messungen zur Belastung des Waldes durch Luftverunreinigungen umfassen inzwischen meist drei Jahrzehnte. Diese Langzeitmessreihen sind die Grundlage für die Beschreibung der Waldzustandsentwicklung und der Veränderungen in der Belastungssituation des Waldes. Die Zeitreihen zeigen, dass der Trend einer beständigen Zunahme der Kronenverlichtung je nach Baumart zwischen 1999 und 2006 endet. Sie belegen die Erfolge der Luftreinhaltung, weisen aber auch auf Defizite, vor allem in der Verringerung der Stickstoffemission und der Emission der Vorläufersubstanzen für Ozon hin.



Entwicklung der Waldschäden von 1984 bis 2013 in Rheinland-Pfalz



# 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 2013 hat sich der Kronenzustand der Waldbäume überwiegend verbessert.

Erfreulich ist die Erholung bei Buche und Eiche, bei denen sich damit der Erholungstrend fortsetzt. Auch bei Kiefer und den meisten Nebenbaumarten verbesserte sich der Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr. Die Fichte zeigt nur eine geringfügige, nicht signifikante Verbesserung im Kronenzustand. Lediglich bei der Esche war ein Anstieg der Kronenverlichtung festzustellen.

### Durchführung

Die Waldzustandserhebung erfolgt seit 1984 auf einem systematischen, landesweiten Stichprobenraster. Dabei wird die Vollstichprobe im 4x4 km Raster in mehrjährigen Abständen aufgenommen. In den Zwischenjahren erfolgt die Erhebung auf einer Unterstichprobe im 4x12 km Raster. Im Jahr 2013 wurde der Kronenzustand an den Punkten der Vollstichprobe bonitiert.

Das Raster wurde 2012 auf neue Aufnahmeorte hin geprüft. Neben den bereits im Vorjahr erstmals aufgenommenen 4 neuen Punkten der Unterstichprobe wurden 10 weitere der Vollstichprobe 2013 erstmals angelegt und erhoben. Die Vollstichprobe in Rheinland-Pfalz umfasst damit insgesamt 486 Aufnahmeorte. An 14 dieser Punkte stockt zur Zeit kein geeigneter Waldbestand um Probestämme auszuwählen. An diesen Punkten kann erst wieder eine Aufnahme erfolgen sobald der nachfolgende Jungbestand etabliert ist. Insgesamt wurden 2013 an 472 Aufnahmeorten 11.328 Stichprobenbäume begutachtet.

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

26 Aufnahmeorte sind zugleich Teil des europaweiten Level I-Monitoringnetzes zum Waldzustand. Die auf diesen Punkten erhobenen Daten gehen in die bundesdeutsche und europäische Waldzustandserhebung ein. Weitere Informationen finden Sie im Internet unter [www.futmon.org](http://www.futmon.org) und [www.icp-forests.org](http://www.icp-forests.org)

Die Vollstichprobe erlaubt statistisch abgesicherte Aussagen zur Schadensentwicklung auf Landesebene für den Wald allgemein und die häufigsten Baumarten Fichte, Buche, Eiche und Kiefer, hier auch differenziert nach verschiedenen Altersstufen. Für die weniger häufigen Baumarten Douglasie, Lärche, Hainbuche und Esche sowie eingeschränkt auch für die Birke, Ahorn und Erle sind ebenfalls Aussagen möglich, jedoch bei geringerer statistischer Sicherheit. Für die Regionen des Landes können anhand der Hauptwaldgebiete eigene statistische Auswertungen zum Waldzustand abgeleitet werden. Hierdurch ist auch eine Bewertung der Zuverlässigkeit der modellierten Regionalisierung möglich.

Die Außenaufnahmen erfolgten einschließlich Schulung und Kontrollaufnahmen in der Zeit vom 01. Juli bis 22. August 2013.

### Aufnahmeteams bei der Abstimmungsübung

Foto: Th. Wehner

## Waldzustand allgemein

Für die gesamte Waldfläche von Rheinland-Pfalz über alle Baumarten und Altersstufen hat sich der Zustand des Waldes gegenüber dem Vorjahr verbessert. Der Anteil deutlicher Schäden ist um 5 Prozentpunkte niedriger als in 2012. Die mittlere Kronenverlichtung liegt um 2,1 Prozentpunkte unter dem Wert des Vorjahres, diese Abnahme ist statistisch signifikant. Auch gegenüber der letzten Vollstichprobe im Jahr 2008 zeigt sich eine Verbesserung im Schadniveau.

Die Entwicklung bei den einzelnen Baumarten differiert wie in den vorangegangenen Jahren erheblich. Besonders auffallend hat sich der Kronenzustand von Buche und Eiche, weniger stark der von Kiefer und den meisten Nebenbaumarten verbessert. Bei der Fichte zeigte sich dagegen keine wesentliche Veränderung des Kronenzu-

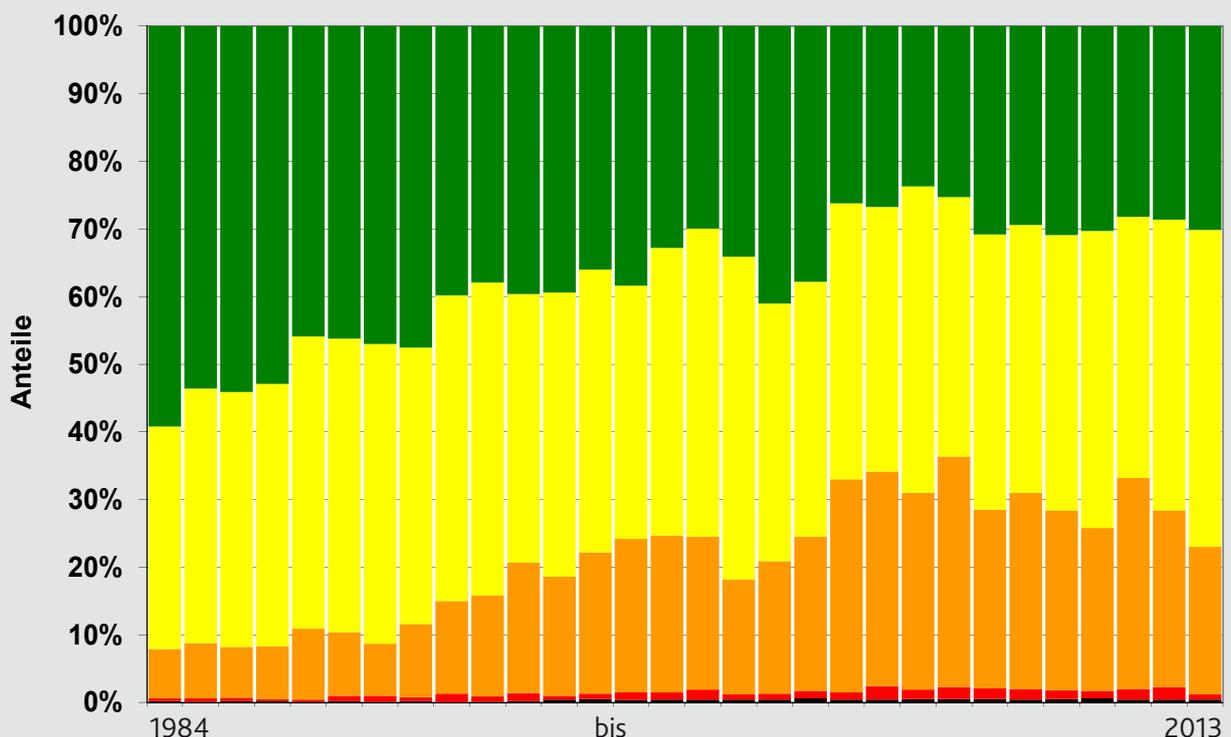
Analysen der Daten und eine Darstellung des Ursache-Wirkungsgeschehens sind auf den Webseiten der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft zu finden:  
<http://www.fawf.wald-rlp.de/index.php?id=3014>

standes. Bei der Esche ergab sich abweichend vom allgemeinen Trend ein Anstieg der Kronenverlichtung.

Der Witterungsverlauf 2013 war wechselhaft. Zunächst war der Winter durchschnittlich aber sehr sonnenscheinarm. Februar und März waren zu kalt und der März auch zu trocken. Der April war etwas zu warm, Mai und Juni dagegen zu kalt; in allen 3 Monaten fiel jedoch reichlich Niederschlag. Der Mai war deutlich zu nass. Erst im Juli



### Entwicklung der Schadstufenverteilung über alle Baumarten



kam eine warm-trockene, sonnenscheinreiche Periode. Lokal traten auch heftige Gewitterstürme auf, die kleinflächig zu Schäden durch Sturmwurf oder Hagelschlag führten. Der Austrieb erfolgte anfangs verzögert, holte aber rasch auf. Die Böden waren gut mit Wasser versorgt, so dass die Trockenperiode im Juli offenbar keinen Einfluss auf die Entwicklung der Laub- bzw. Nadelmasse hatte. Durch den vergleichsweise frühen Termin der Erhebung 2013 war der

Schwerpunkt der Außenaufnahmen abgeschlossen, bevor Verfärbungen infolge Hitze, Trockenheit oder starke Sonneneinstrahlung auftraten. Der Witterungsverlauf begünstigte die Entwicklung von blattbesiedelnden Pilzen. Insbesondere trat lokal ein erheblicher Mehltaubefall an Eiche auf. Auffällig war lokal auch Minierfraß an Buche durch Springrüsslerlarven, der zu weithin sichtbaren braunen Blattspitzen führte.

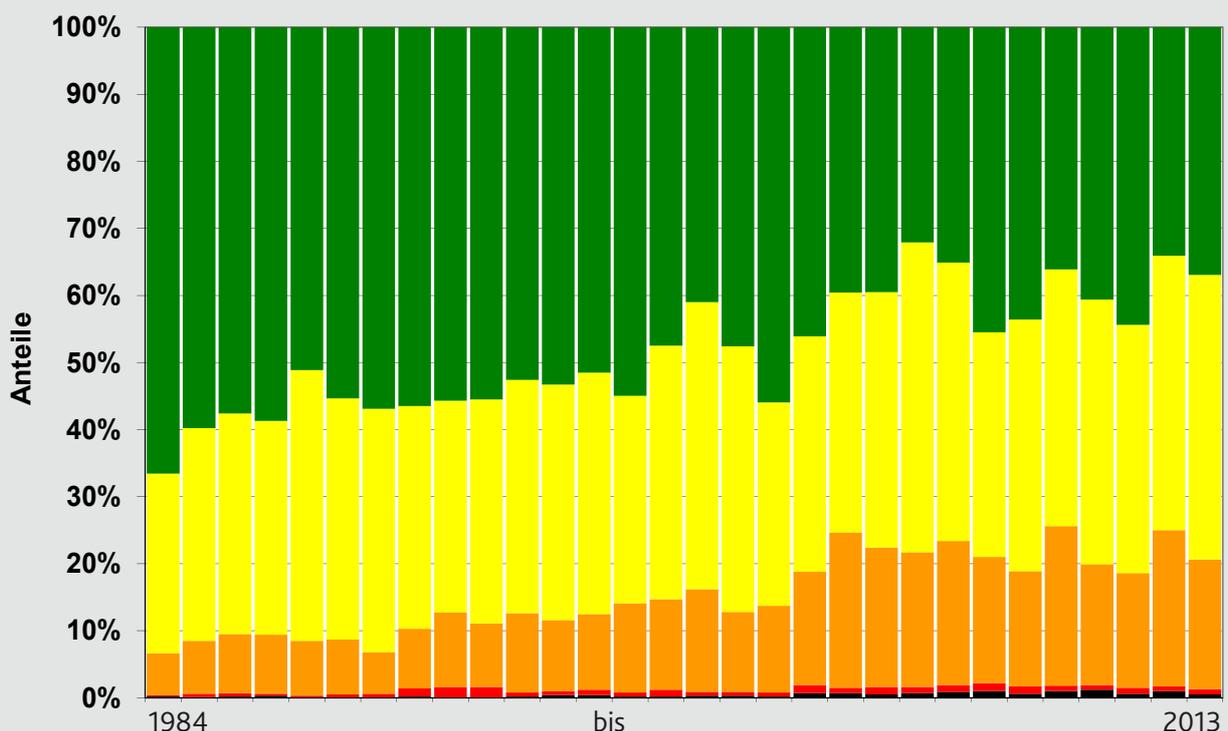
## Fichte

Die Fichte hat sich in ihrem Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr tendenziell verbessert. Der Anteil der deutlich geschädigten Probestämme ist gegenüber dem Vorjahr um 4 Prozentpunkte zurückgegangen und der Anteil der Probestämme ohne sichtbare Schadmerkmale ist um 3 Prozentpunkte höher. Auch die mittlere Kronenverlichtung ist um 1,8 Prozentpunkte geringer als im Vorjahr. Diese Verbesserung ist jedoch überwiegend dem größeren Kollektiv der Vollstichprobe

zuzuordnen. Die im direkten Vergleich 2012 und 2013 bewerteten Probestämme der Unterstichprobe zeigen nur eine leichte Verbesserung, mit um 1 Prozentpunkt geringerem Anteil deutlicher Schäden und eine nahezu unveränderte mittlere Kronenverlichtung. Die festgestellten Veränderungen sind nicht signifikant. Gegenüber der letzten Vollstichprobe 2008 ist das Schadniveau angestiegen.

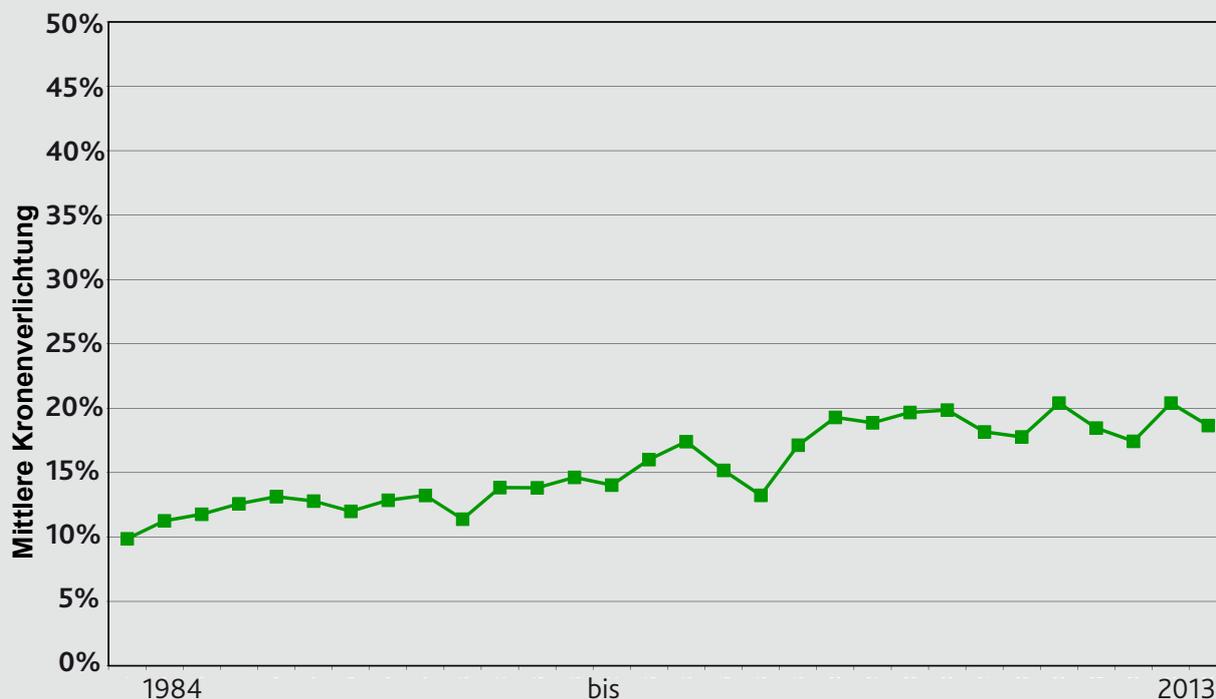
## Fichte

### Entwicklung der Schadstufenverteilung



## Fichte

### Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



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 2013 war bei 111 der insgesamt 378 ausgeschiedenen Fichten-Probeebäume Sturmwurf oder Insektenbefall die Ursache. Die Ausscheiderate ist mit 2,6 % der Baumzahl überdurchschnittlich hoch. So ist seit 2003 das Niveau der Kronenverlichtung bei Fichten zwar stabil, die Ausscheiderate jedoch durchgehend über dem Durchschnitt aller Baumarten.

In 2013 war bei Fichten Fruchtanhang nur selten zu beobachten. Trotz des günstigen Witterungsverlaufes im Frühjahr ist das Niveau der Kronenschäden gegenüber dem Vorjahr nur tendenziell zurückgegangen.

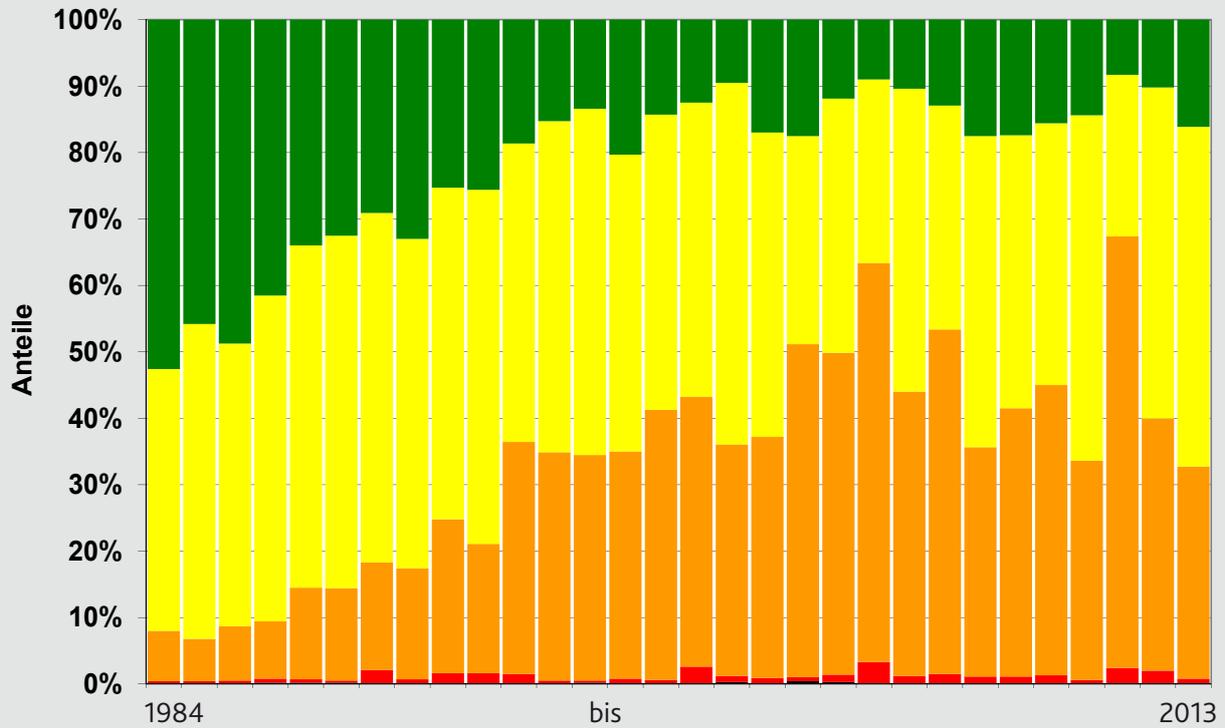
## Buche

Der Kronenzustand der Buchen hat sich gegenüber dem Vorjahr weiter verbessert. Der Anteil der deutlichen Schäden ist um 7 Prozentpunkte zurückgegangen und der Anteil an Probeebäumen ohne sichtbare Schadmerkmale um 6 Prozentpunkte angestiegen. Die mittlere Kronenverlichtung liegt um 2,8 Prozentpunkte niedriger als der Vorjahreswert; dieser Rückgang ist signifikant. Damit hat die Buche ihren Kronenzustand das zweite Jahr in Folge merklich verbessern können. Auch gegenüber der letzten Vollstichprobe 2008 ist eine leichte, ebenfalls signifikante Verbesserung des Kronenzustandes zu verzeichnen.

In 2013 waren keine außergewöhnlichen Belastungen für die Buche festzustellen. Fruchtanhang war an 16 % der Probeebäume zu beobachten und damit etwas häufiger als im Vorjahr, aber meist nur von geringer Intensität. Für Buche ist in der

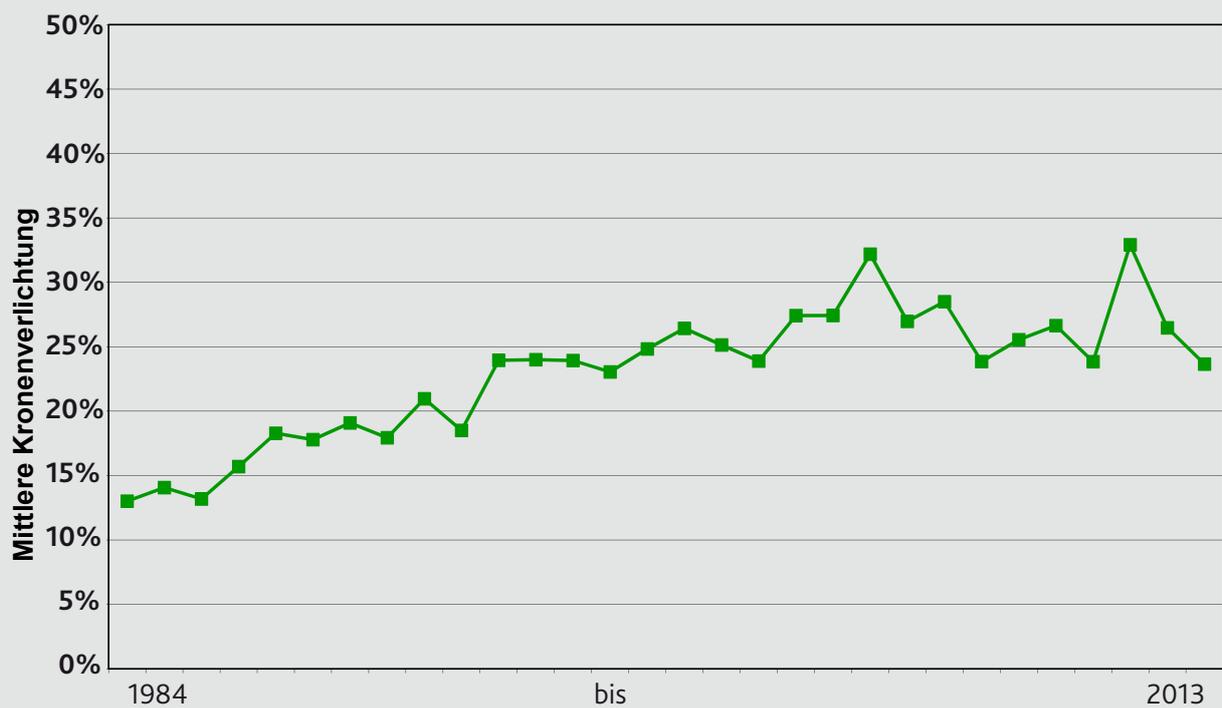
## Buche

### Entwicklung der Schadstufenverteilung



## Buche

### Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



langen Zeitreihe der Waldzustandserhebung der Einfluss des Fruchtanhangs auf den Kronenzustand bereits mehrfach dokumentiert worden. So ist zu beobachten, dass bei der Buche insbesondere durch stärkeren Fruchtanhang wie im Jahr 2011 ein Anstieg des Schadniveaus ausgelöst wird. Mit der günstigen Entwicklung in 2013 konnte der in 2011 ausgelöste Schadensschub jetzt wieder ausgeglichen werden.

Schäden durch blattfressende Insekten oder Befall durch Blattpilze wurden nicht merklich häufiger als im Vorjahr beobachtet. Loch- und Minierfraß durch den Buchenspringrüssler (*Rhynchaenus fagi*) war an rund 20 % der Probestämme am häufigsten aufgetreten, stärkerer Befall aber nur selten festzustellen. Diese von Fraß betroffenen Buchen zeigten im Gegensatz zu den nicht betroffenen lediglich eine geringere, nicht signifikante Verbesserung ihres Kronenzustandes. Blattbräune durch den Pilz *Apiognomonium errabunda* wurde zwar gelegentlich beobachtet, jedoch überwiegend mit geringem Befall im Bereich der Schattkrone und ohne Einfluss auf den Kronenzustand.

Vergilbung war in 2013 seltener als im Vorjahr notiert worden; hier wird der spätere Beginn der Vegetationsentwicklung im Frühjahr und der relativ frühe Abschluss der Erhebung eine wesentliche Rolle gespielt haben. Vergilbung war an 2 % aller Buchen festgehalten worden, aber nur bei 4 Probestämmen in einem nennenswerten Umfang. An nur einem Probestamm war die Vergilbung so stark, dass er in eine höhere Schadstufe eingewertet wurde, als durch die Kronenverlichtung vorgegeben war.

## Eiche

Der Kronenzustand der Eichen hat sich in 2013 verbessert. Der Anteil deutlich geschädigter Probestämme ist um 9 Prozentpunkte gegenüber dem Vorjahr zurückgegangen, aber auch der Anteil der

Eichen ohne sichtbare Schädmerkmale ist um 1 Prozentpunkt niedriger. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 2,5 Prozentpunkte niedriger als im Vorjahr. Mit dieser signifikanten Verbesserung wurde der im Vorjahr beobachtete Anstieg des Schadniveaus wieder ausgeglichen. Auch gegenüber der letzten Vollstichprobe 2008 hat sich der Kronenzustand der Eichen deutlich verbessert.

In 2013 wurde bei den Eichen an knapp 10 % der Probestämme Fruchtanhang beobachtet. Das Ausmaß ist aber zum Zeitpunkt der Waldzustandserhebung nur unzureichend abschätzbar, so dass der Fruchtanhang meist unterschätzt wird und keine Aussagen zum Einfluss auf den Kronenzustand abgeleitet werden können.

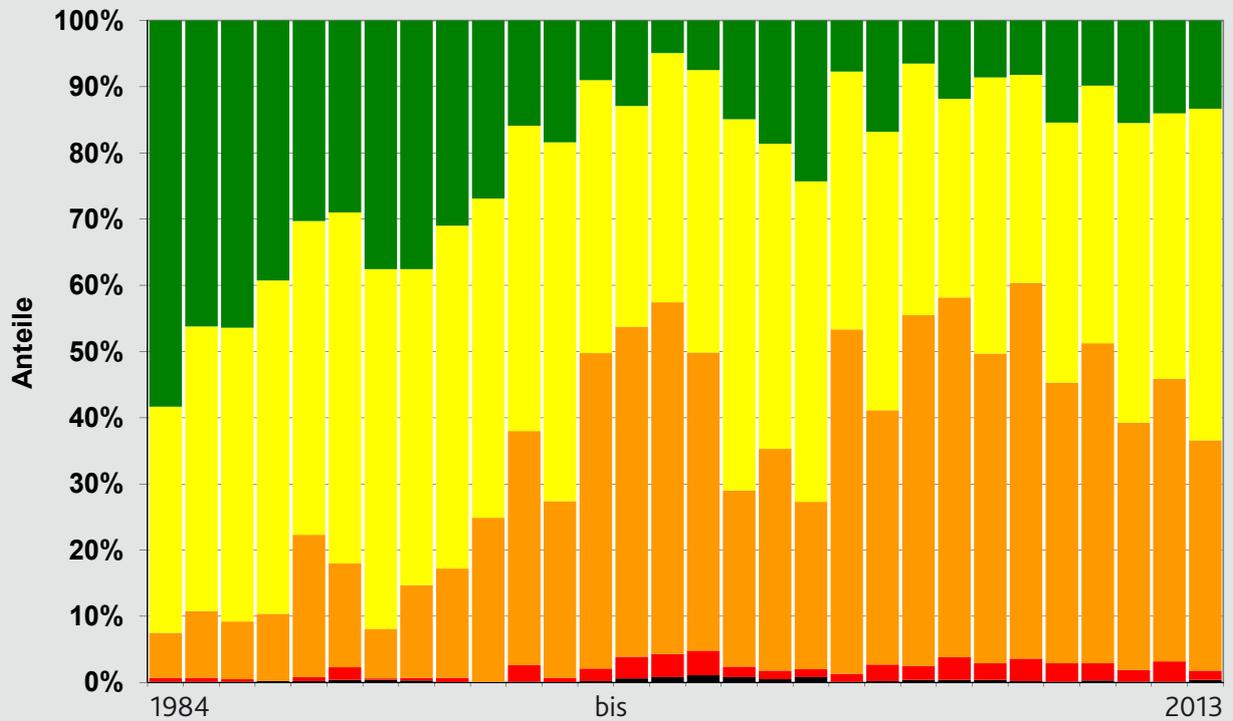
Die Eichen erleiden regelmäßig mehr oder minder starke Schäden durch blattfressende Insekten. Häufig wird der Wiederaustrieb durch den Eichenmehltau (*Microsphaera alphitoides*), einen Anfang des vorigen Jahrhunderts aus Nordamerika nach Europa eingeschleppten Blattpilz, befallen.

In 2013 wurden an 14 % der Probestämme Fraßschäden beobachtet. Damit ist der Anteil der von Fraßschäden betroffenen Eichen merklich geringer als im Vorjahr. Befall durch den Mehltaupilz wurde an rund 2,4 % der Probestämme und damit auch seltener als im Vorjahr beobachtet. Insektenfraß und Mehltaubefall ist häufig gemeinsam an den Probestämmen zu finden. Der Frühjahrstrieb ist befallen, der zweite Austrieb durch den Mehltaupilz befallen. Insektenfraß hat sich als ein bedeutsamer Einflussfaktor auf die Entwicklung des Kronenzustandes bei Eiche erwiesen. In 2013 ist die mittlere Kronenverlichtung der Eichen, an denen Insektenfraß beobachtet wurde, zwar auch zurückgegangen, aber die Verbesserung ist im Gegensatz zu den nicht von Fraßschäden betroffenen Eichen nicht signifikant.

Blattvergilbung wurde 2013 nur selten beobachtet. Nur 2 Eichen wiesen nennenswerte Vergilbung auf.

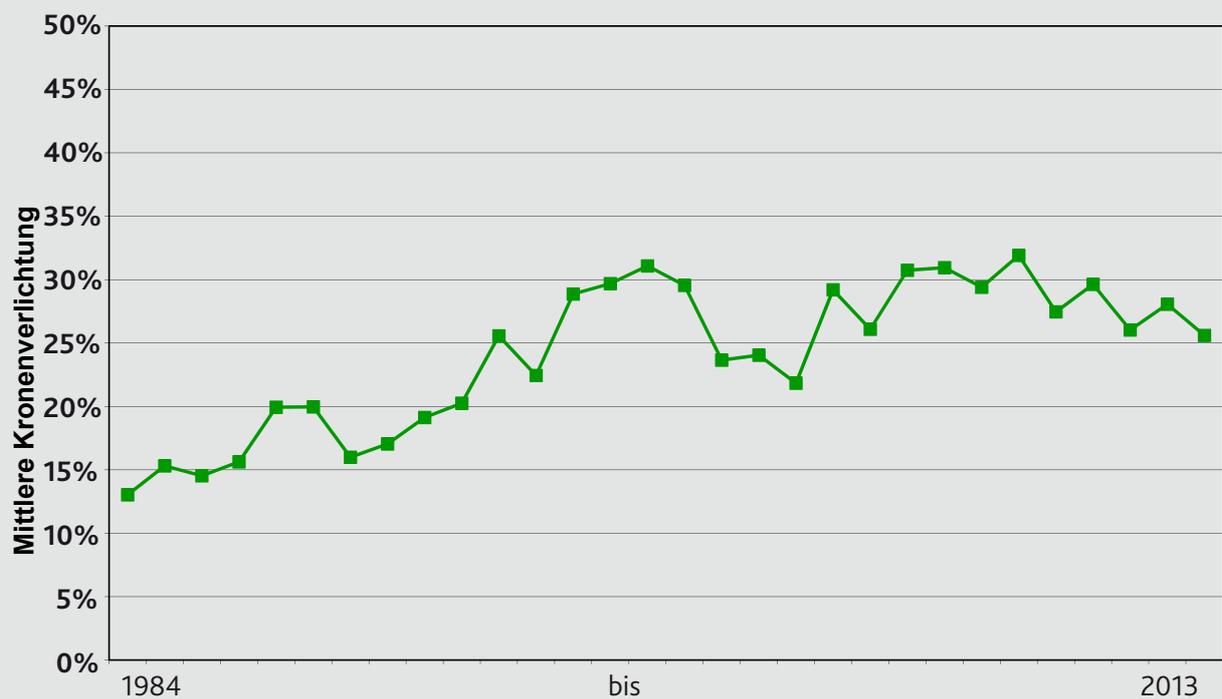
## Eiche

### Entwicklung der Schadstufenverteilung



## Eiche

### Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



## Kiefer

Bei der Kiefer hat sich der Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr leicht verbessert. Der Anteil an Probestämmen mit deutlichen Schäden ging um 3 Prozentpunkte zurück und die mittlere Kronenverlichtung um 0,7 Prozentpunkte; diese Verbesserung ist signifikant. Gegenüber der letzten Vollstichprobe 2008 ist eine merkliche Verbesserung im Kronenzustand festzustellen.

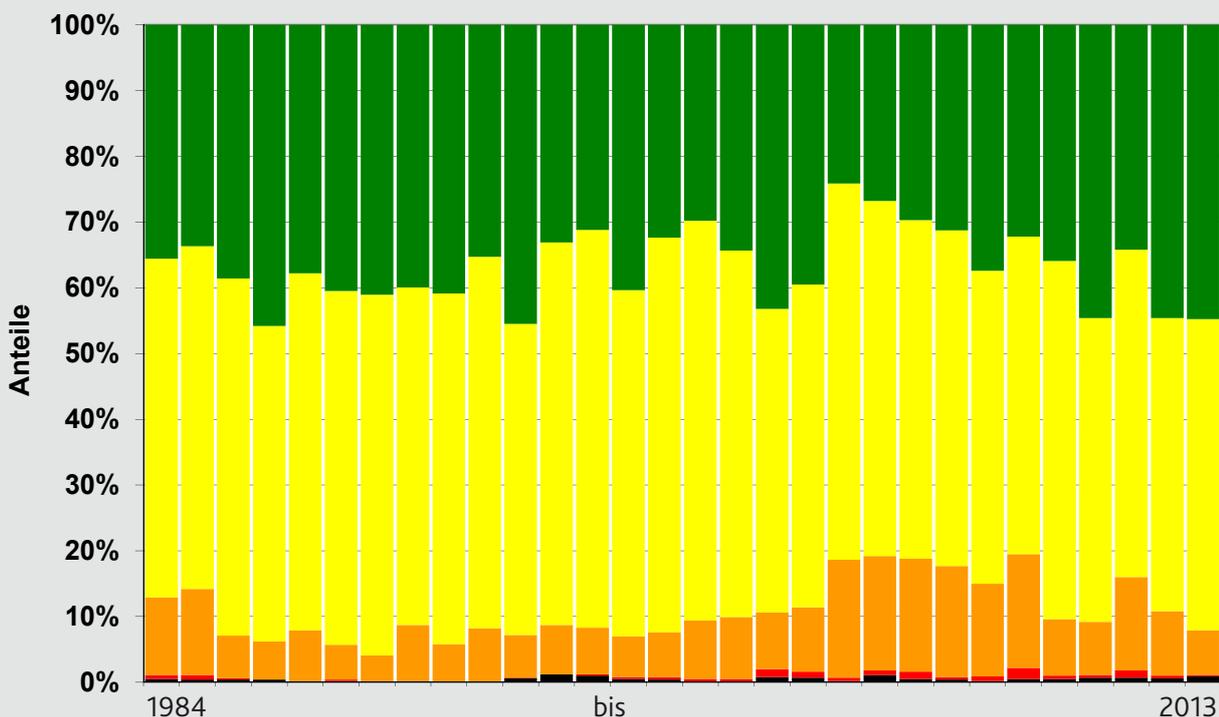
Die Kiefer hat ein vergleichsweise geringes Schadenniveau. Mit nur 3 Nadeljahrgängen reagiert sie vergleichsweise flexibel mit variierender Benadelungsdichte und kann unter günstigen Bedingungen auch rasch regenerieren. So zeigt sich in der Zeitreihe ein Auf und Ab des Schadenniveaus ohne gerichteten Trend.

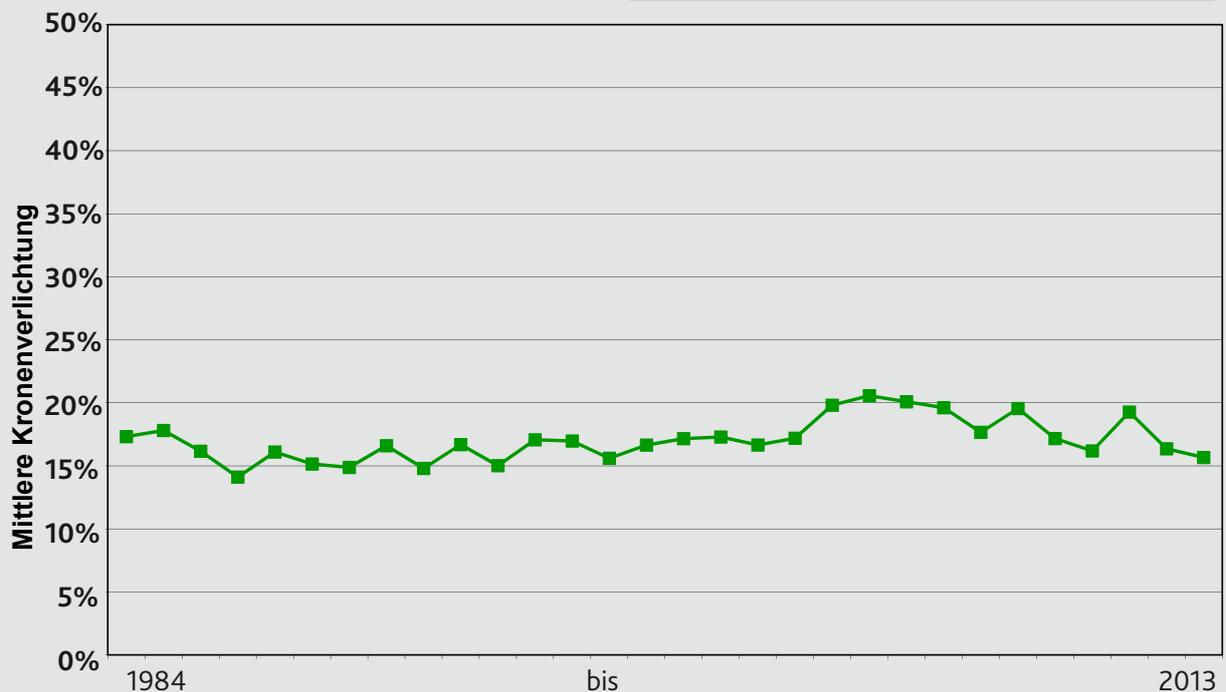
Bei 9 % der Kiefern war Reifefraß durch Waldgärtner (*Tomicus piniperda*, *T. minor*) zu beobachten.

Durch den Reifefraß dieser auf Kiefern spezialisierten Borkenkäfer sterben einjährige Triebe ab. Bei wiederholtem Befall kann es dadurch zu Störungen in der Verzweigung kommen. An 11 % der Probestämme wurde Befall mit Mistel festgestellt. Besonders häufig ist Mistelbefall in der Rheinebene zu beobachten; hier sind über die Hälfte aller Kiefern betroffen. Starker Befall mit der Kiefernmistel bedeutet für den betroffenen Baum eine Belastung, da sie die Kiefernadeln verdrängt und auch in Trockenzeiten Wasser verdunstet und so den Trockenstress des Baumes verstärkt. Starker Mistelbefall äußert sich daher in der Regel in einem schlechteren Kronenzustand. So ist der Anteil deutlicher Schäden unter den von Mistel oder von Waldgärtner befallenen Kiefern höher, als bei den Bäumen ohne erkennbaren Befall. Im Sommer treten regelmäßig lokale Gewitter-

## Kiefer

### Entwicklung der Schadstufenverteilung





stürme mit Hagelschlag auf. Die Kiefer reagiert sehr empfindlich auf stärkere Hagelschäden, da diese Eintrittspforten für den Pilz *Sphaeropsis sapinea* darstellen. Im aktuellen Jahr war jedoch keiner der Aufnahmepunkte der Waldzustandserhebung hierdurch betroffen.

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

### Douglasie

Bei der Douglasie hat sich der Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr weiter verbessert. Der Anteil deutlich geschädigter Probestämme ging um 9 Prozentpunkte zurück. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 4,3 Prozentpunkte niedriger als im Vorjahr. Der Rückgang der Kronenverlichtung ist signifikant. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass ein Teil dieser Verbesserung dem umfangreicheren Kollektiv der Vollstichproben geschul-

det ist; die im direkten Vergleich 2012 und 2013 erhobenen Probestämme zeigen zwar ebenfalls eine signifikante Verbesserung ihres Kronenzustandes, aber in geringerem Umfang. Gegenüber der letzten Vollstichprobe 2008 ist das Niveau der Kronenschäden angestiegen.

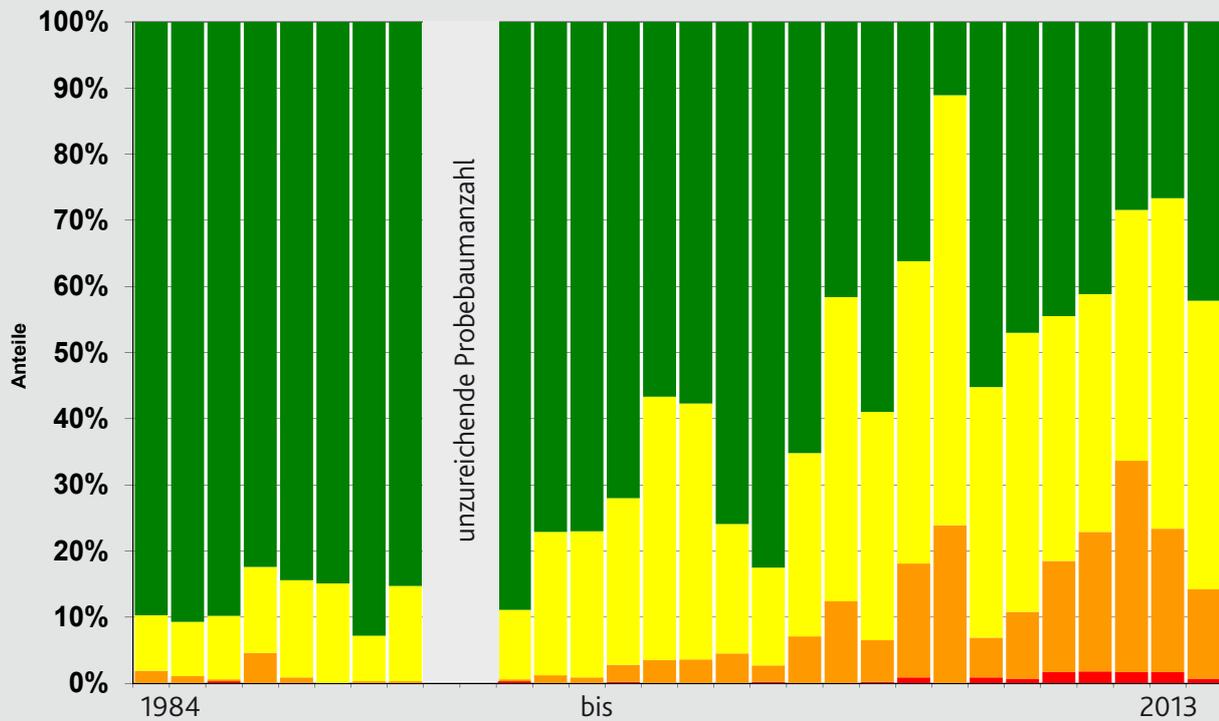
In 2013 war bei Douglasien Fruchtanhang in normalem Umfang zu beobachten.

Problematisch für die Douglasie ist der im ganzen Land auftretende Befall durch die Rußige Douglasenschütte (*Phaeocryptopus gaeumannii*), die an gut 11 % der Probestämme festgestellt wurde. Der Befall führt in Kombination mit kalter Winterwitterung zu einer intensiven Nadelerschütte; diese Nadelverluste gehen in die Kronenzustandsansprache mit ein. Schäden durch Insektenbefall oder andere Schäden (z.B. Spätfrost) wurden nur an einzelnen Probestämmen festgestellt.

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

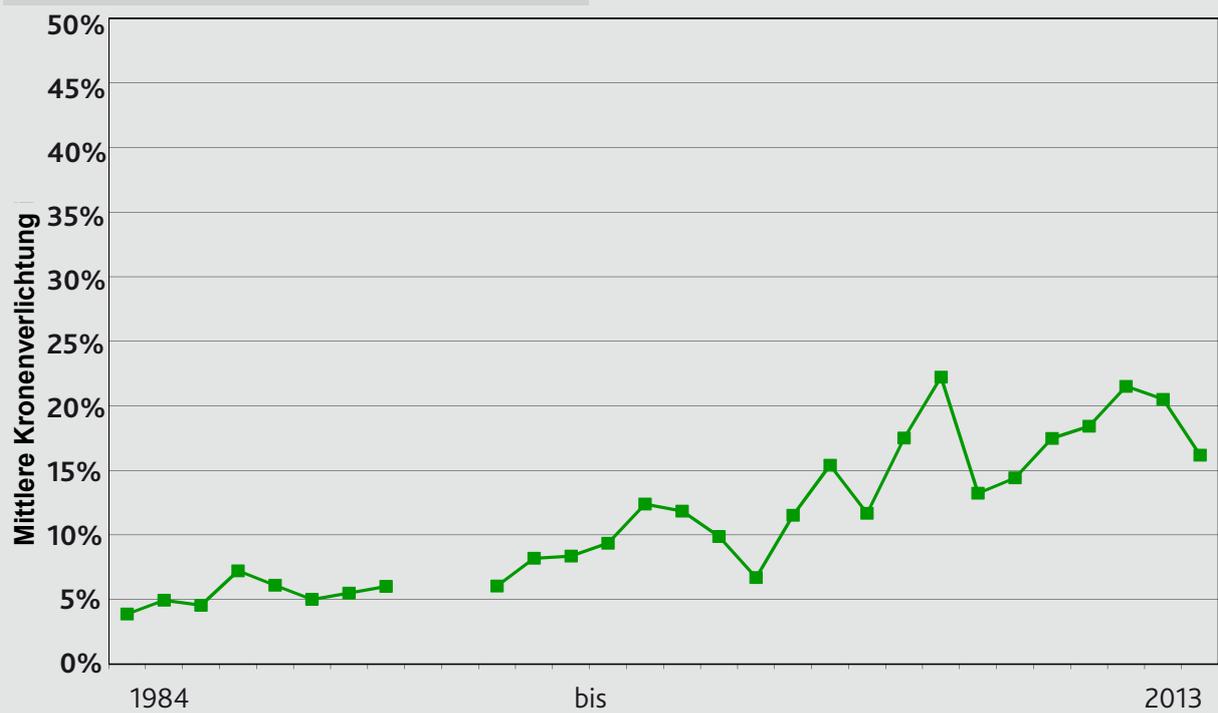
## Douglasie

### Entwicklung der Schadstufenverteilung



## Douglasie

### Entwicklung der mittleren Kronverlichtung



## Häufigste Nebenbaumarten

### Entwicklung der Schadstufenverteilung

Baumart (bzw. Gattung)	Jahr	Anzahl an Probebäumen	Anteile der Schadstufen (in %)			mittlere Kronenverlichtung
			0	1	2 bis 4	
<b>Lärche</b>	<b>2013</b>	<b>355</b>	<b>34</b>	<b>52</b>	<b>14</b>	<b>18,0</b>
Lärche	2008	354	31	46	23	20,1
Lärche	2004	357	20	49	31	24,3
Lärche	1994	357	50	35	15	15,8
Lärche	1984	349	75	21	4	7,7
<b>Hainbuche</b>	<b>2013</b>	<b>328</b>	<b>37</b>	<b>54</b>	<b>9</b>	<b>16,9</b>
Hainbuche	2008	294	30	51	19	19,5
Hainbuche	2004	291	13	31	56	30,4
Hainbuche	1994	241	37	49	14	17,8
Hainbuche	1984	224	63	29	8	11,9
<b>Esche</b>	<b>2013</b>	<b>198</b>	<b>24</b>	<b>51</b>	<b>25</b>	<b>20,5</b>
Esche	2008	171	49	37	14	15,3
Esche	2004	152	26	54	20	21,1
Esche	1994	103	63	31	6	12,2
Esche	1984	96	92	7	1	4,6
<b>Ahorn</b>	<b>2013</b>	<b>175</b>	<b>66</b>	<b>32</b>	<b>2</b>	<b>10,1</b>
Ahorn	2008	161	68	29	3	10,0
Ahorn	2004	169	53	37	10	14,9
Ahorn	1994	116	86	8	6	7,5
Ahorn	1984	62	97	3	0	2,9
<b>Birke</b>	<b>2013</b>	<b>174</b>	<b>51</b>	<b>41</b>	<b>8</b>	<b>14,6</b>
Birke	2008	159	26	44	30	22,5
Birke	2004	149	27	33	40	26,8
Birke	1994	140	44	35	21	18,1
Birke	1984	118	43	45	12	15,3
<b>Erle</b>	<b>2013</b>	<b>148</b>	<b>48</b>	<b>43</b>	<b>9</b>	<b>14,6</b>
Erle	2008	108	58	35	7	13,0
Erle	2004	106	69	25	6	12,3
Erle	1994	62	69	23	8	9,4
Erle	1984	27	keine Aussage möglich			0,7
<b>Tanne</b>	<b>2013</b>	<b>64</b>	<b>61</b>	<b>22</b>	<b>17</b>	<b>13,8</b>
Tanne	2008	57	54	28	18	16,4
Tanne	2004	57	60	17	23	15,2
Tanne	1994	52	54	13	33	18,3
Tanne	1984	63	40	16	44	21,5

## Andere Baumarten

In unseren Wäldern finden sich neben den bereits genannten noch eine Vielzahl anderer Baumarten. Die Waldzustandserhebung erfasst mit dem Kollektiv der Vollstichprobe insgesamt 38 verschiedene Baumarten. Einige werden nur mit einzelnen Exemplaren, andere aber auch mit mehr als 100 Probestämmen erfasst, so dass eine baumartenspezifische Aussage zum Kronenzustand möglich ist. Wegen des geringeren Stichprobenumfanges sind die Aussagen hier jedoch mit höheren Unsicherheiten behaftet und die Veränderungen meist nicht signifikant. Auch die Unterschiede zwischen den Kollektiven der Unter- und Vollstichprobe sind von höherem Gewicht, im Vergleich werden daher die Veränderungen gleicher Stichprobenkollektive besonders betrachtet. Naturgemäß entwickeln sich die in der Gruppe der „Nebenbaumarten“ vertretenen Baumarten in ihrem Kronenzustand unterschiedlich.

In 2013 ist das Schadniveau der Nebenbaumarten insgesamt zurückgegangen. Der Anteil der deutlich geschädigten Probestämme ist um 4 Prozentpunkte niedriger, der Anteil an Probe-

bäumen ohne sichtbare Schadmerkmale um 1 Prozentpunkt höher als im Vorjahr. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 2 Prozentpunkte zurückgegangen. Insbesondere Lärche und Hainbuche haben sich in ihrem Kronenzustand verbessert, auch Kirsche, Eberesche, Aspe und Ahorn tendieren zu einem besseren Kronenzustand. Eine merkliche Verschlechterung des Kronenzustandes war bei der Esche, die auch stärkeren Fruchtanhang aufwies, zu beobachten.

Der Kronenzustand der Nebenbaumarten wird durch biotische Schaderreger mit beeinflusst. Besonders ist hier die Esche zu betrachten, die zunehmend und mittlerweile landesweit unter dem Eschentriebsterben leidet. Die infolge der Erkrankung frisch abgestorbenen Triebe gehen in die Bewertung der Kronenverlichtung mit ein. Vereinzelt waren auch Blattschäden durch ein Spätfrostereignis festzustellen. Ansonsten waren in 2013 Fraßschäden durch Insektenlarven oder Käfer an den Blättern oder Befall durch Blattpilze in nur geringem Umfang zu beobachten.

## Entwicklung der Kronenschäden in verschiedenen Altersstufen

Bei der systematischen Erhebung der Waldschäden zeigte sich von Anfang an eine Differenzierung nach Baumart und Alter der Bäume. In den Waldzustandsberichten werden die Ergebnisse daher stets nach Baumarten getrennt dargestellt, teilweise auch nach „jung“ und „alt“ unterteilt. Wird eine Korrelation zwischen dem Alter der Probestämme und ihrer Kronenverlichtung berechnet, so ist diese meist signifikant, ältere Bäume sind stärker geschädigt als jüngere. Für Rheinland-Pfalz ist in 2013 für den Wald über alle Baumarten hinweg eine signifikante Korrelation mit dem Alter gegeben, ebenso für die einzelnen Baumarten, wobei der Zusammenhang bei den verschie-

denen Arten jedoch unterschiedlich stark ist. Für Fichte, Buche, Eiche, Kiefer und selbst für die weniger häufigen Baumarten Lärche, Esche, Hainbuche, Ahorn, Birke und Tanne lassen sich diese Zusammenhänge bestätigen. Lediglich bei Douglasie und Erle bietet das Alter der Probestämme 2013 keinen signifikanten Anteil zur Erklärung der Höhe der Kronenverlichtung. Bei Douglasie überprägt vermutlich der Befall durch den Schütteppilz das Ergebnis und bei der Erle ist eine Altersklasse dominant, so dass die Berechnung nicht möglich ist.

Mit dem umfangreicheren Kollektiv der Vollstichprobe ist es für die Hauptbaumarten Fichte, Buche, Eiche und Kiefer möglich, die Auswertung der Entwicklung der Kronenverlichtung nach Altersstufen differenziert vorzunehmen. Damit ergeben sich Hinweise auf das unterschiedliche Niveau der Kronenschäden und auch die unterschiedlichen Reaktionen der Baumarten in den verschiedenen Altersstufen.

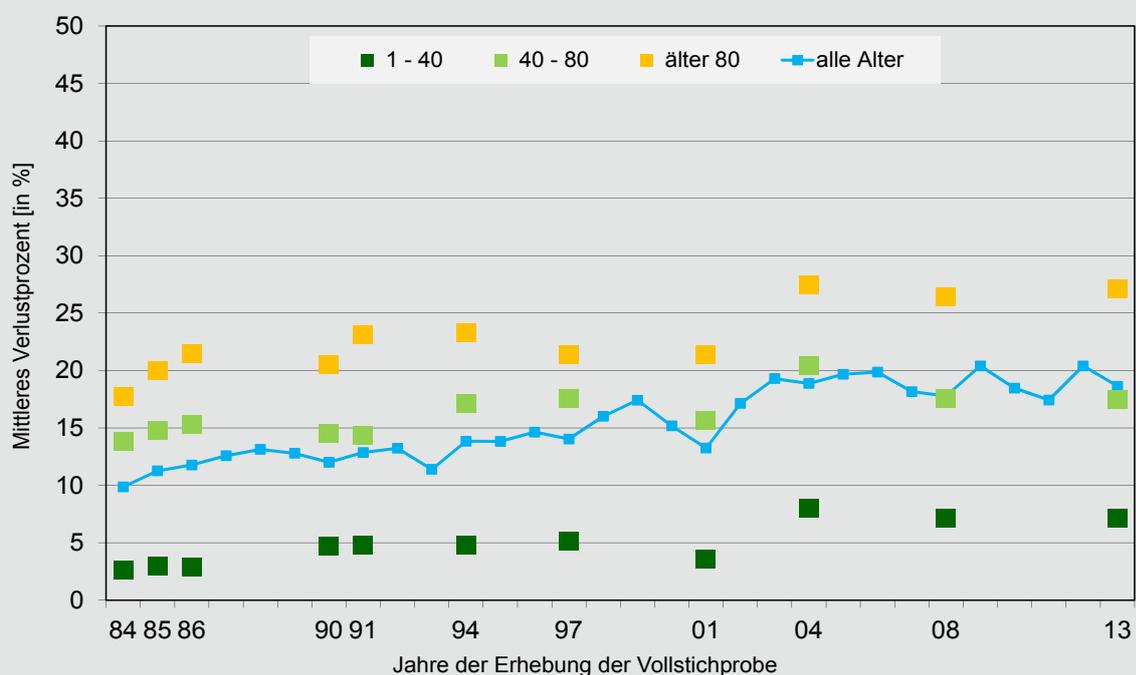
Bei der **Fichte** besteht ein sehr straffer Zusammenhang zwischen dem Alter und dem Schadenniveau. Die nach Altersklassen differenzierte Betrachtung der Schadstufenverteilung in der Zeitreihe ab 1984 verdeutlicht, dass vor allem bei den älteren über 60-jährigen Fichten der Anteil der deutlichen Kronenschäden angestiegen ist. Bei den jüngeren Fichten sind deutliche Kronenschäden dagegen von untergeordneter Bedeutung und bleiben in ihrem Anteil in der Zeitreihe auch relativ unverändert. Die mittlere Kronenverlichtung steigt dagegen in allen Altersstufen an, wobei sich ein weitgehend gleichgerichteter Verlauf auf

sehr unterschiedlichem Niveau ergibt. Über alle Altersstufen hinweg ist der Anstieg der mittleren Kronenverlichtung etwas stärker ausgeprägt als in den einzelnen Altersstufen, da neben dem allgemeinen Anstieg des Schadenniveaus auch der Anteil an Probestäumen in den älteren Altersstufen angestiegen ist. So hat sich seit 1984 der Anteil der jüngsten Altersklassen bis 40 Jahre in etwa halbiert, der der ältesten ab 80 Jahre dagegen verdoppelt.

Auch bei der **Buche** besteht ein klarer Zusammenhang zwischen dem Alter und dem Schadenniveau. Die nach Altersklassen differenzierte Betrachtung der Schadstufenverteilung weist zu Beginn der Zeitreihe in den 80er Jahren für die jüngsten Altersklassen (bis 40 Jahre) nur einzelne Probestäume mit deutlichen Schäden aus. Bei den mittelalten Buchen (41 bis 120 Jahre) war der Anteil deutlicher Schäden unter 10 %, bei den ältesten (ab 120 Jahre) lag er zwischen 10 und 20 %. Ab 1990 stieg das Schadenniveau an und zwar überproportional mit dem Alter der Probestäume.

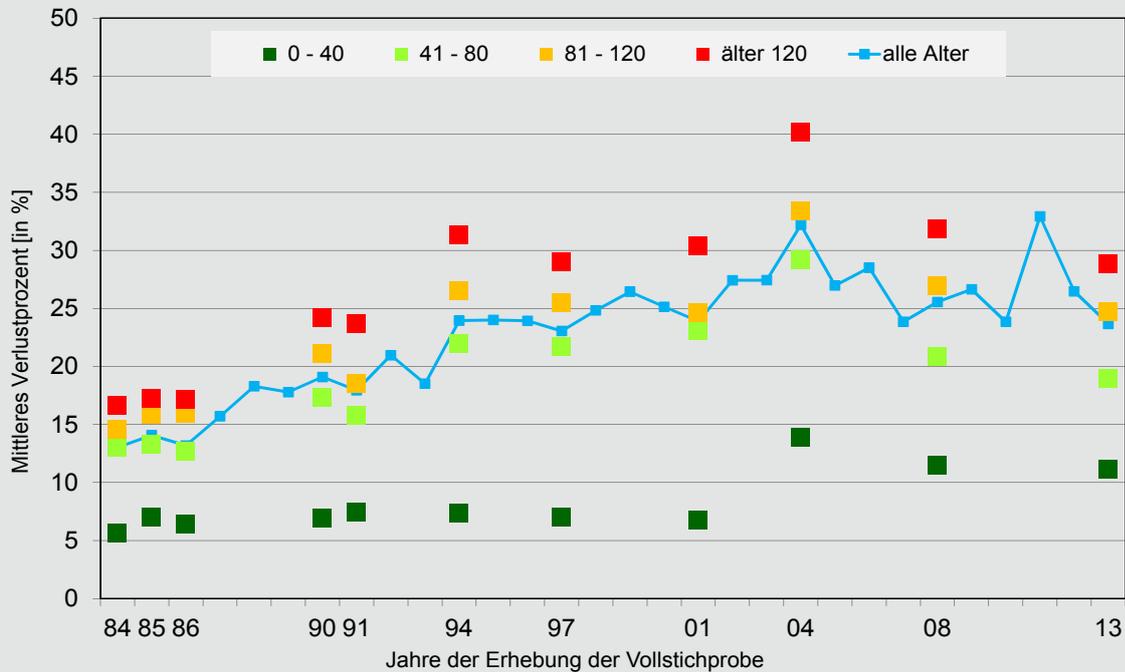
## Fichte

### Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung differenziert nach 3 Altersstufen



## Buche

### Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung differenziert nach 4 Altersstufen



Bei den jüngsten (bis 40-jährigen) blieb der Anteil der deutlichen Schäden meist unter 10 %, die älteren Buchen hingegen verlichteten stark und zeigten auch zunehmend Schäden in der Verzweigungsstruktur. Die mittlere Kronenverlichtung der verschiedenen Altersstufen liegt von Anfang an auf unterschiedlich hohem Niveau und steigt in der Zeitreihe recht gleichgerichtet in allen Altersstufen an, wobei der stärkere Anstieg in den älteren Altersstufen augenfällig wird. Auch bei der Buche ist zu beachten, dass sich die Alterszusammensetzung des Kollektivs der Probestämme seit 1984 verschoben hat. Das mittlere Alter ist von 83 Jahren (1984) auf 104 Jahre (2013) angestiegen. Besonders auffällig ist der dreimal höhere Anteil sehr alter, über 160-jähriger Buchen.

Bei **Eiche** ist der Zusammenhang zwischen dem Alter und dem Schadniveau nicht so markant wie bei Fichte und Buche, aber gut erkennbar. Ab 1990 ist bei Eiche in allen Altersklassen das Schadniveau angestiegen. Dieser Schadanstieg

ist bei älteren Bäumen stärker ausgeprägt als bei den jüngeren. Umgekehrt ist in den Phasen mit Verbesserung des Kronenzustandes bei den jüngeren Bäumen eine durchgreifendere Erholung als bei den älteren zu beobachten. Auch bei Eiche hat sich die Alterszusammensetzung des Kollektivs der Probestämme verschoben. Der Anteil der jüngeren, bis 60-jährigen Probestämme, hat sich in etwa halbiert, der Anteil der über 120 Jahre alten dagegen verdoppelt.

Die **Kiefer** zeigt einen nur schwachen Zusammenhang zwischen dem Alter und dem Schadniveau. Die im Laufe der Zeitreihe beobachteten Schwankungen in der Schadstufenverteilung und der mittleren Kronenverlichtung betreffen alle Altersklassen.

Eine ausführliche Darstellung der Auswertungen der Waldschäden differenziert nach Altersklassen für die Baumarten Fichte, Buche, Eiche und Kiefer findet sich in der Internetpräsentation der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft: <http://www.wald-rlp.de/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/FUM/umweltmonitoring/hauptbaumarten.html>

## Einfluss ausgeschiedener und ersetzter Probebäume

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

Im Jahr 2013 sind insgesamt 972 Probebäume ausgeschieden, von denen 900 ersetzt werden konnten. Seit der letzten Erhebung der Vollstichprobe 2008 schieden an 3 Aufnahmepunkten alle 72 Probebäume ohne Ersatz aus. Da an diesen Punkten bisher kein gesicherter Jungbestand vorhanden ist, ruht hier die Aufnahme vorübergehend. Zusätzlich mussten 93 Probebäume neu ausgewählt werden, da die Markierung der letzten Erhebung von 2008 an den Bäumen nicht mehr erkennbar war. Von den im Jahr 1984 ausgewählten Probebäumen sind noch 4431 im Kollektiv der Vollstichprobe erhalten. Das sind 43,2 % des ursprünglichen Gesamtkollektivs. Die Aufnahmepunkte liegen fast alle im regulär bewirtschafteten Wald. Der überwiegende Teil (88 %) der ausgeschiedenen Probebäume wurde daher für die Holznutzung aufgearbeitet. Der andere Teil ist zwar noch am Aufnahmepunkt vorhanden, die Bäume können aber nicht mehr in ihrem Kronenzustand bewertet werden, da der Probebaum nicht mehr am Kronendach des Bestandes beteiligt ist. Stehende abgestorbene

Probebäume verbleiben mit 100 % Nadel-/Blattverlust als bewertbare Probebäume im Aufnahmekollektiv, bis das feine Reisig aus der Krone herausgebrochen ist. Danach werden sie aus dem Probebaumkollektiv entfernt. 9 bereits bei der letzten Erhebung abgestorbene Probebäume wurden aus diesem Grund ersetzt. 16 weitere Probebäume waren bei der letzten Erhebung noch lebend angetroffen worden, sind aber bis 2013 abgestorben, hatten ihr Feinreisig verloren und sind deswegen aus dem Kollektiv ausgeschieden und wurden ersetzt.

In 2013 wurden insgesamt 44 abgestorbene Probebäume vermerkt, davon waren 14 bereits beim letzten Erhebungstermin 2013 bzw. 2008 tot.

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

Die Ausscheiderate von 2012 auf 2013 liegt mit 1,4 % des Kollektivs der Unterstichprobe deutlich unter der im Laufe der Zeitreihe beobachteten durchschnittlichen jährlichen Ausscheiderate von 2,4 %. Jedoch mussten auch auf 2013 wieder etliche der genutzten Probebäume zwangsweise vorzeitig wegen Insekten- oder Sturmschäden geerntet werden. Im Kollektiv der 2008 zuletzt erhobenen Vollstichprobenpunkte liegt die durchschnittliche, jährliche Ausscheiderate mit 2,4 % genau im langjährigen Schnitt.

## Regionale Verteilung

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

## Regionalisierung der Waldzustandsbefunde

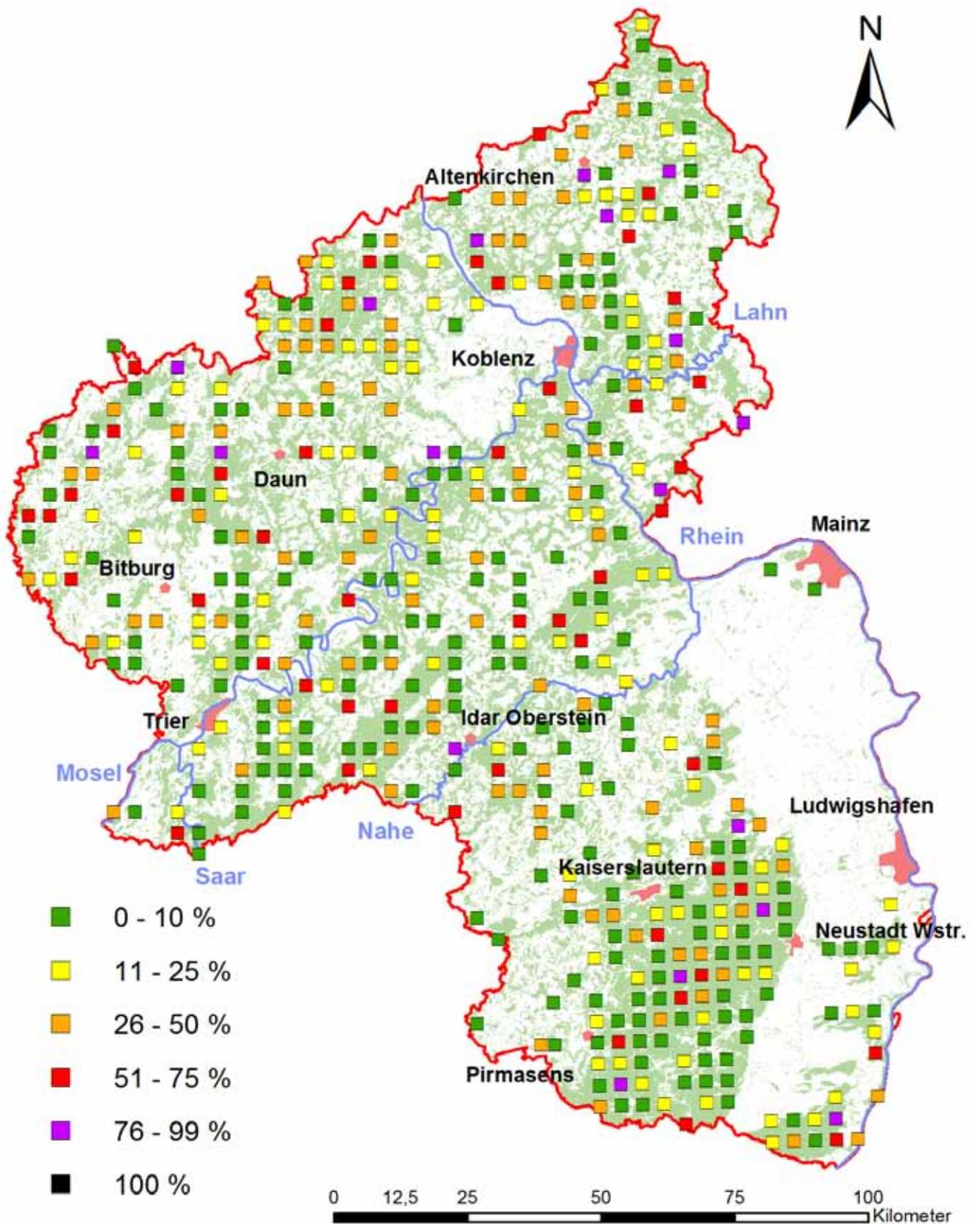
Punktförmig vorliegende Informationen, wie die Daten der Waldzustandserhebung, können über eine Regionalisierung in eine flächenhafte Information transformiert werden. Hierfür ist es erforderlich, die an den Aufnahmepunkten vorliegende Information zur Kronenverlichtung über multiple Regressionen mit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

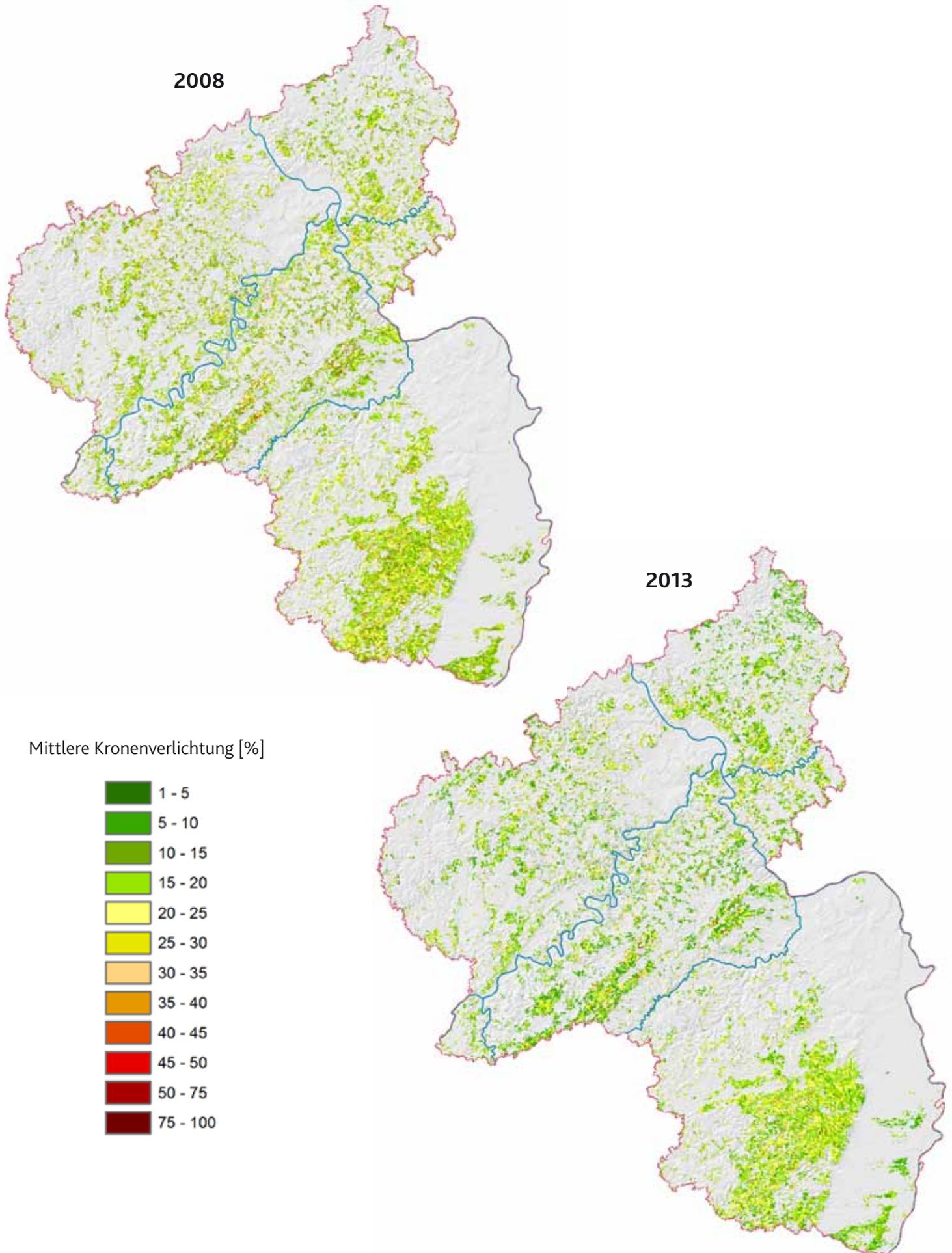
nenzustand, wie Fruchtanhang, Insektenfraß, Pilzbefall oder die Luftschadstoffbelastung im Beurteilungsjahr, liegen nicht als flächendeckende Information vor und können daher nicht einbezogen werden. Die Modellierung kann die Varianz der Kronenverlichtung nicht vollständig erklären. Es liegt keine parzellenscharfe Abgrenzung nach den Waldorten zugrunde, sondern eine Zusammenfassung auf 100 x 100 m Rasterzellen. Dargestellt ist nur die Fläche des öffentlichen Waldes. Die Regionalisierung bietet damit eine Aussage zur regionalen Differenzierung des Waldzustandes in Rheinland-Pfalz auf Basis der mittleren Kronenverlichtung.

Betrachtet wird im Folgenden die Regionalisierung der Kronenverlichtung der Buche für 2013 und 2008, dem Jahr der letzten Vollstichprobe. Der Rückgang des Schadniveaus wird in allen Regionen erkennbar. Die Anteile dunkelgrüner Flächen mit nur sehr geringer mittlerer Kronenverlichtung sind 2013 im ganzen Land mehr geworden, die orange und rot getönten dagegen seltener. Die regionale Differenzierung hat sich nicht wesentlich verändert, die räumliche Verteilung der Verlichtungsklassen ist vergleichbar. Zusätzlich wird deutlich, dass das gewählte Modellierungsverfahren auf Basis der multiplen Regression die fein differenzierte Vielgestaltigkeit des Waldes und des Waldzustandes widerspiegelt.

Eine ausführliche Darstellung der Regionalisierung der Kronenverlichtung für den Wald insgesamt und die Baumarten Fichte, Buche, Eiche und Kiefer findet sich in der Internetpräsentation der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft: <http://www.wald-rlp.de/fileadmin/website/fawfseiten/fawf/FUM/umweltmonitoring/regionalisierung.html>

Anteil der deutlich geschädigten Probebäume am einzelnen Aufnahmepunkt 2013





## Waldzustand in den Wuchsgebieten

Die in 2013 erhobene Vollstichprobe bietet die Möglichkeit, die Schadstufenverteilung und mittlere Kronenverlichtung für die Wuchsgebiete des Landes gesondert zu berechnen. Die forstlichen Wuchsgebiete geben die größeren Waldregionen mit vergleichbaren Bodenverhältnissen und Klimabedingungen in Rheinland-Pfalz wieder. Der Waldzustand hat sich von 2008 auf 2013 regional unterschiedlich entwickelt. Insgesamt hat sich die Situation in den mittleren und südlichen Regionen des Landes verbessert. In den nordwestlichen Regionen (Eifel) ist die Schadsituation relativ unverändert geblieben und in den nordöstlichen Landesteilen (Westerwald, Taunus) sind die Waldschäden sogar angestiegen. Ein vergleichsweise geringes Schadniveau zeigt sich 2013 im Hunsrück. Die Wälder im Saar-Nahe-Bergland haben sich am deutlichsten in ihrem Kronenzustand verbessern können. Die räumliche Verteilung der Schäden und auch die Entwicklung des Schadniveaus lassen sich teilweise mit der Baumarten- und Altersklassenverteilung der einzelnen Waldregionen erklären. Ist das Stichprobenkollektiv in einer Waldregion durch einen hohen Anteil an Buchen oder Eichen geprägt, so zeigen sich höhere Schäden, da bei diesen beiden Baumarten der Anteil der deutlichen Schäden höher als bei den anderen Baumarten ist. Ein hoher Kiefernanteil dagegen führt, dem geringeren Schadniveau der Kiefer entsprechend, zu einem unterdurchschnittlichen Schadniveau des jeweiligen Wuchsgebiets. Wegen des höheren Schadniveaus der älteren Bäume gegenüber den jüngeren, hat ein hoher Anteil an älteren Bäumen für eine Waldregion einen höheren Anteil an deutlichen Schäden zur Folge. Bei der Betrachtung der einzelnen Wuchsgebiete ist zu beachten, welchen Anteil es an der Landeswaldfläche hat und wie viele Aufnahmepunkte in das Gebiet fallen. Für kleinere Wuchsgebiete ist das Ergebnis der WZE nicht im gleichen Maße repräsentativ, wie für die großen Wuchsgebiete.

Im **Bergischen Land** und **Sauerland** hat sich der Kronenzustand von 2008 auf 2013 verschlechtert, das Schadniveau stieg wieder auf den Wert von 2004. Die Fichte ist hier mit 66 % im Probebaumkollektiv dominant und bestimmt damit auch das Gesamtergebnis. In dieser Region präsentiert sich die Fichte mit einem etwas schlechteren Kronenzustand als im landesweiten Schnitt.

Im **Gutland** zeigt das Schadniveau eine geringfügige Verschlechterung von 2008 auf 2013, bleibt aber noch leicht unter dem Landesschnitt. Die Baumartenverteilung in der Stichprobe ist außerordentlich vielgestaltig: Eiche, Kiefer, Buche und Fichte sind gleichmäßig vertreten, aber auch Ahorn, Douglasie, Esche und Lärche sind mit nennenswerten Anteilen vorhanden.

Im **Hunsrück** hat sich der Waldzustand von 2008 auf 2013 weiter verbessert. Lag das Schadniveau in der Zeitreihe bisher immer nahe dem Landesschnitt, so liegt es in 2013 klar unterhalb. Auch die einzelnen Baumarten sind vergleichsweise geringer geschädigt als im Landesschnitt. Der Hunsrückhauptkamm wird von Fichte geprägt, die mit 39 % Anteil am Stichprobenkollektiv auch Hauptbaumart im Wuchsgebiet ist. Zweithäufigste Baumart ist die Eiche mit 21 % Anteil, die besonders im Bereich des Moselhunsrücks in Mischung mit Hainbuche vertreten ist.

Im **Mittelrheintal** und im **Moseltal** hat sich der Anteil deutlicher Schäden von 2008 auf 2013 merklich verringert. Die Eiche stellt mit 41 % einen hohen Anteil der Probepflanzen. Entsprechend wird das Schadniveau dieser Wuchsgebiete von der Eiche bestimmt, die sich hier in ihrem Kronenzustand etwas mehr als im landesweiten Durchschnitt verbessern konnte.

In der **Nordwesteifel** lag das Schadniveau bis 1997 merklich unter dem Landesschnitt, stieg

dann auf das durchschnittliche Schadniveau in Rheinland-Pfalz an und blieb von 2008 auf 2013 nahezu unverändert. Das Aufnahmekollektiv wird von der Fichte bestimmt, die einen Anteil von 51 % ausmacht. Das Schadniveau der Fichte entspricht hier aber in etwa dem Landesschnitt. Mit bedeutsamen Anteilen sind auch noch Buche und Eiche vertreten, die hier beide ein überdurchschnittlich hohes Schadniveau aufweisen und damit den Hauptanteil der deutlichen Schäden ausmachen. Dadurch ist das Schadniveau 2013 höher als im landesweiten Schnitt.

Das **Oberrheinische Tiefland** mit der **Rhein-Main-Ebene** wies bis 2004 ein weit unter dem Landesschnitt liegendes Schadniveau auf. Auf 2008 war eine gravierende Verschlechterung festzustellen. Von 2008 auf 2013 hat sich der Waldzustand verbessert. Die Kiefer ist hier mit einem Anteil von 44 % am Stichprobenkollektiv die prägende Baumart dieser Region. 56 % aller Kiefern-Probeebäume sind hier mit Misteln befallen (landesweit 11 %). Fast alle Kiefern, die deutliche Kronenschäden zeigen, weisen auch Mistelbefall auf. Das Schadniveau der Kiefer liegt 2013 im landesweiten Schnitt und hat sich damit gegenüber 2008 signifikant verbessert. Jedoch weisen viele der hier vorkommenden Laubbaumarten keine Verbesserung gegenüber 2008 auf und haben dadurch ein überdurchschnittlich hohes Schadniveau.

In der **Osteifel** sind die Kronenschäden von 2008 auf 2013 zurückgegangen, bleiben aber etwas über dem Landesschnitt. Im Kollektiv der Probeebäume sind alle vier Hauptbaumarten, Fichte, Buche, Eiche und Kiefer, vertreten. Insbesondere die Eiche zeigt hier ein höheres Schadniveau als im Landesschnitt.

Im **Pfälzerwald** ist der Anteil deutlicher Schäden bis 2004 kontinuierlich und überdurchschnittlich angestiegen und geht seitdem wieder zurück. Auch von 2008 auf 2013 hat sich die Schadsituation weiter verbessert und das Schadniveau liegt nun leicht unter dem Landesschnitt. Den Schwer-

punkt im Kollektiv der Probeebäume bildet die Kiefer mit 41 %; insofern bestimmt das geringe Schadniveau der Kiefer auch das Schadniveau im Wuchsgebiet. Die Buche ist mit einem Anteil von 29 % hier die häufigste Laubbaumart und liegt mit ihrem Schadniveau leicht über dem Landesschnitt. Die im Pfälzerwald bedeutsame Eiche weist dagegen ein leicht besseres Schadniveau als im Landesschnitt auf. Die Fichte ist hier relativ selten und liegt in ihrem Schadniveau merklich über dem Landesschnitt. Der Pfälzerwald zeichnet sich durch einen vergleichsweise hohen Anteil sehr alter Bäume aus.

Im **Saarländisch-pfälzischen Muschelkalkgebiet** und der **Westricher Moorniederung** ist die Kronenverlichtung seit Beginn der Erhebung bis 2008 langsam angestiegen. Von 2008 auf 2013 haben sich die Kronenschäden merklich verbessert, das Schadniveau liegt weit unter dem Landesschnitt. Im Kollektiv der Probeebäume sind viele Baumarten recht gleichmäßig vertreten: Kiefer mit 25 %, Fichte mit 20 %, Buche mit 19 % und Birke mit 16 %, die anderen Laubbaumarten zusammen mit 20 %. Der Anteil jüngerer Waldbestände ist in dieser Region überdurchschnittlich hoch.

Im **Saar-Nahe-Bergland** ist der Anteil der deutlichen Schäden im Laufe der Zeitreihe stark angestiegen und lag 2008 weit über dem Landesschnitt. Auf 2013 hat sich die Schadsituation durchgreifend verbessert und das Schadniveau liegt nahe dem Landesdurchschnitt. Der Anteil der Laubbäume ist in dieser Region besonders hoch. Die Eiche dominiert hier mit einem Anteil von 37 % das Kollektiv der Probeebäume, gefolgt von der Buche mit 22 %. Die verschiedenen Nadelbaumarten machen zusammen nur knapp ein Viertel des Kollektivs der Probeebäume aus. Eiche und Buche haben sich besonders gut erholt und weisen hier im Vergleich zum Landesschnitt ein geringeres Schadniveau auf. Hier befinden sich die Bäume recht häufig in den mittleren Altersstufen von 40 bis 80 Jahre.

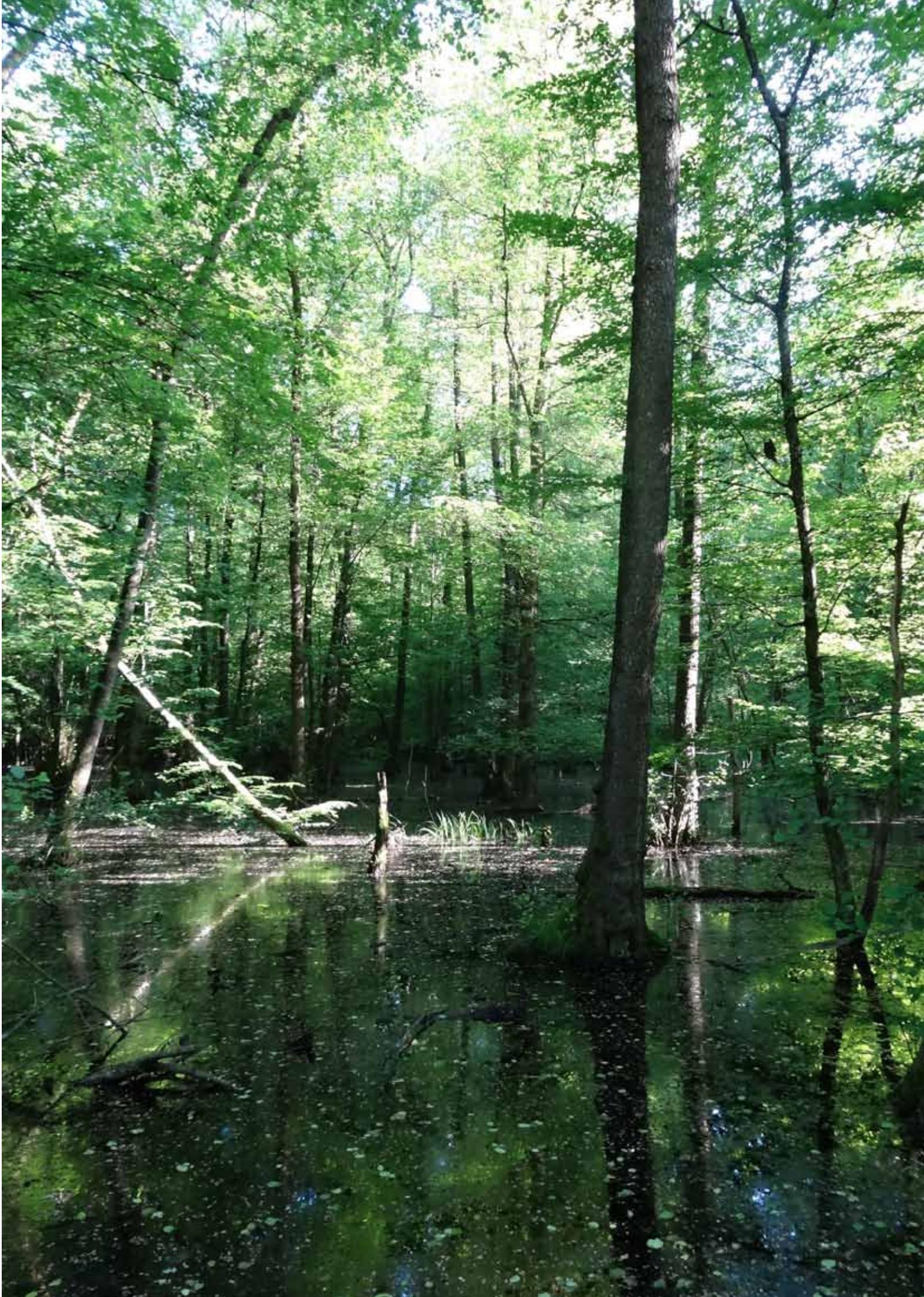
## Wuchsgebiete

Schadstufenverteilung; alle Baumarten, alle Alter

Name	Anteil am Stichprobenkollektiv in (%)	Anteile der Schadstufen (in %)																							
	2013	0								1								2 - 4							
		Aufnahmejahr								Aufnahmejahr								Aufnahmejahr							
Bergisches Land u. Sauerland	3,0	86	91	94	97	01	04	08	13	86	91	94	97	01	04	08	13	86	91	94	97	01	04	08	13
Gutland	3,8	50	44	48	54	42	30	53	33	43	50	43	31	41	45	28	46	7	6	9	15	17	25	19	21
Hunsrück	18,2	59	49	47	47	49	37	31	40	32	39	37	30	35	30	40	43	9	12	16	23	16	33	29	17
Mittelrheintal und Moseltal	6,4	58	51	31	25	24	18	17	21	32	39	53	45	53	42	46	59	10	10	16	30	23	40	37	20
Nordwesteifel	8,9	61	63	51	49	51	35	32	30	34	30	35	35	30	34	37	40	5	7	14	16	19	31	31	30
Oberrheinisches Tiefland und Rhein-Main Ebene	5,3	56	43	41	31	43	23	26	25	40	47	43	54	43	60	42	53	4	10	16	15	14	17	32	22
Osteifel	12,1	51	41	37	41	41	23	24	18	39	44	38	38	34	38	46	56	10	15	25	21	25	39	30	26
Pfälzerwald	18,2	36	38	35	35	35	19	25	37	53	46	45	44	42	43	44	42	11	16	20	21	23	38	31	21
Saar-Nahe-Bergland	8,7	65	52	35	31	36	23	15	25	28	39	29	25	43	42	35	53	7	9	36	44	21	35	50	22
Saarl.-Pfälzisches Muschelkalkgebiet Westricher Moorniederung	2,3	36	42	52	38	47	35	33	51	55	46	34	42	41	46	44	40	9	12	14	20	12	19	23	9
Taunus	2,5	50	40	11	12	16	4	29	9	44	46	44	38	42	25	29	46	6	14	45	50	42	71	42	45
Westerwald	10,6	70	55	39	39	47	28	44	27	26	34	37	37	29	40	34	44	4	11	24	24	24	32	22	29
Rheinland-Pfalz	100	54	48	39	38	41	27	29	30	38	41	40	38	38	39	40	47	8	12	21	24	21	34	31	23

Der **Taunus** zeigt ab Beginn der 1990er Jahre durchgehend ein überdurchschnittlich hohes Schadniveau. Nach der Verbesserung auf 2008 sind die Kronenschäden auf 2013 wieder etwas angestiegen. Zu berücksichtigen ist, dass das Probebaumkollektiv hier recht gering und heterogen ist. Von 12 Aufnahmepunkten fallen 5 in Eichen- oder Buchenbestände, die älter als 140 Jahre sind. Diese stärker geschädigten älteren Laubbaumbestände dominieren das Aufnahmekollektiv, während die, in der Regel wenig geschädigten, jüngeren Waldbestände bis zu 40 Jahren, im Taunus nicht von der Stichprobe erfasst worden sind.

Im **Westerwald** ist das Schadniveau von 1984 bis 1994 angestiegen und blieb dann recht stabil. 2004 ist ein Maximum der Verlichtung festzustellen. Nach dem Rückgang auf 2008 stieg das Schadniveau auf 2013 wieder an und liegt merklich über dem Landesdurchschnitt. Die Fichte stellt mit 40 % den Hauptanteil des Probebaumkollektives. Nennenswerte Anteile haben noch Buche und Eiche. Das Schadniveau der Fichte entspricht in etwa dem landesweiten Durchschnitt. Buche und Eiche weisen ein überdurchschnittlich hohes Schadniveau auf.





# EINFLÜSSE AUF DEN WALDZUSTAND



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

Bei der Einwirkung von Luftschadstoffen konnten der Schwefeleintrag, der Säureeintrag und der Eintrag an Schwermetallen in unseren Wäldern dank durchgreifender Luftreinhaltemaßnahmen erheblich reduziert werden. Demgegenüber sind die Stickstoffeinträge in die Waldökosysteme nur wenig gesunken; sie überschreiten an der Mehrzahl der Waldstandorte nach wie vor die Schwellenwerte der Ökosystemverträglichkeit (Critical Loads).

Deutlich zugenommen hat in den letzten Jahren der Einfluss witterungsbedingter Belastungen. In den letzten drei Jahrzehnten war die forstliche Vegetationszeit im Vergleich zum langjährigen Mittel (1971-2000) nahezu in allen Jahren zu warm und häufig auch zu trocken. Auch im aktuellen Jahr war die Vegetationsperiode trotz des kühlen Frühjahrs und Frühsommers insgesamt wieder zu warm. Die Niederschläge lagen allerdings über dem langjährigen Mittel. Da langandauernde Trockenperioden ausblieben, herrschten 2013 recht günstige Wachstumsbedingungen für die Waldbäume.

Die Borkenkäferschäden hielten sich aufgrund des kühlen Frühjahrs in Grenzen. Bei Buche traten häufig Blattschäden durch Buchenspringrüssler, bei Douglasie Schäden durch die Rußige Douglasienschütte und in Jungbeständen durch Grauschimmelfäule und Sirococcus-Triebsterben auf. Sorgen bereitet die weitere Ausbreitung des Eschentriebsterbens.

Im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings werden alle wesentlichen Einflussfaktoren auf den Waldzustand erfasst und die Reaktion der Waldökosysteme auf die komplexen Stresseinwirkungen untersucht. Ausgewertet werden zudem die Meldungen der Forstämter und die Hinweise der Waldbesitzenden zum Auftreten von Waldschädlingen oder von Schäden durch extreme Witterungseinflüsse. Nachfolgend sind die wichtigsten Befunde zusammengefasst. Eine detaillierte Darstellung der Zeitreihen zur Luftschadstoffbelastung und der natürlichen Stresseinflüsse sowie ihrer vielfältigen Wechselbeziehungen findet sich auf den Webseiten der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz [www.fawf.wald-rlp.de](http://www.fawf.wald-rlp.de).

### Entwicklung der Luftschadstoffbelastung

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

Luftpfad wirken vor allem gasförmige Luftverunreinigungen wie Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Ammoniak und Ozon unmittelbar auf die Vegetationsorgane der Bäume ein und verursachen physiologisch-biochemische Stressreaktionen. Luftverunreinigungen, die von Wolken- und Regentropfen aufgenommen oder von den Baumkronen ausgefiltert werden und dann mit den nachfolgenden Niederschlägen auf den Boden gelangen, beeinflussen die Waldökosysteme über den Bodenpfad. Sie verändern das chemische Bodenmilieu insbesondere über Versauerung und Eutrophierung und können vor allem über Veränderungen im Nährelementangebot und die Schädigung der Baumwurzeln den Wasser- und Nährstoffhaushalt der Bäume beeinträchtigen. In dem auf den Wald einwirkenden Stressorenkomplex stellen Luftschadstoffe so meist eine chronische Belastung dar, die langfristig destabilisierend wirkt. Die Waldökosysteme werden hierdurch anfällig gegenüber kurzfristig einwirkenden Stressfaktoren wie Witterungsextreme, Insektenfraß, Pilzbefall oder starke Fruchtbildung.

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

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

## Entwicklung der Schadstoffemissionen in Deutschland

Schadstoffe in Kilotonnen	1980	1990	2011	Veränderungen in % 1980 - 2011
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	7514	5292	445	- 94 %
Stickoxide (NO <sub>x</sub> )	3334	2877	1288	- 61 %
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	835	706	563	- 33 %
Flüchtige organische Verbindungen (ohne Methan) (NMVOC)	3224	3131	1006	- 69 %

Quelle: Umweltbundesamt (2013): [www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm](http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm) (Emissionsentwicklung 1990-2011); für 1980: UNECE 2012: [www.emep.int](http://www.emep.int)

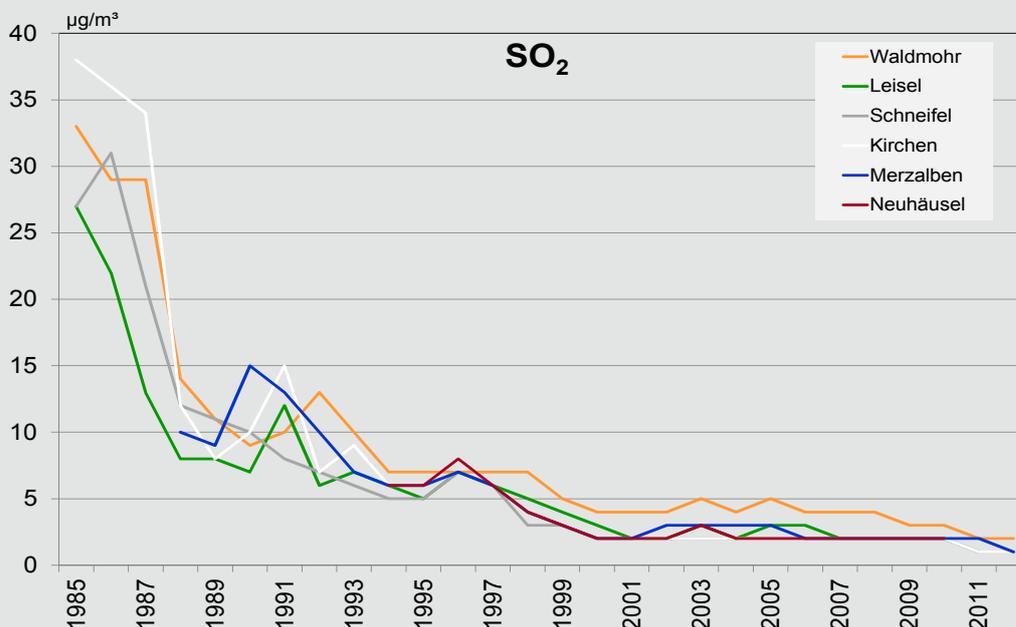
### Schwefel

Schwefelverbindungen werden insbesondere bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe in Kraftwerken, Industriefeuerungsanlagen und Heizungen freigesetzt. Ausgehend vom Jahr 1980 konnte die Schwefeldioxidemission in Deutschland bereits um 94 % reduziert werden. Die Emissionsobergrenze der NEC-Richtlinie 2001/81/EG vom 23.10.2001 für die SO<sub>2</sub>-Emission in Deutschland (520 kt) wird bereits seit einigen Jahren eingehalten. Die deutlich reduzierte SO<sub>2</sub>-Emission hat sich auch in einer erheblichen Verringerung der Belastung der Waldökosysteme ausgewirkt. Mitte der 1980er Jahre lagen die Jahresmittelwerte der Schwefeldioxidkonzentrationen an den Waldstationen des Zentralen Immissionsmessnetzes (ZIMEN) noch zwischen 25 und 40 µg/m<sup>3</sup>. Seit einigen Jahren werden dagegen nur noch Jahres-

mittelwerte von 1 bis 2 µg/m<sup>3</sup> ermittelt. Selbst bei austauscharmen Wetterlagen im Winter steigen die SO<sub>2</sub>-Gehalte kaum mehr über 10 µg/m<sup>3</sup> im Tagesmittel an. Der Grenzwert für den Schutz von Ökosystemen von 20 µg/m<sup>3</sup> im Kalenderjahr und im Wintermittel wird seit vielen Jahren eingehalten.

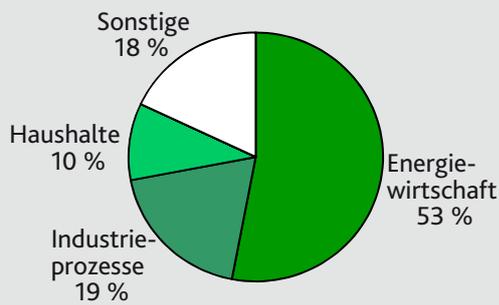
Entsprechend der merklichen Abnahme der Schwefeldioxidemission und -immission ist auch die Belastung der Waldökosysteme über den Bodenpfad deutlich zurückgegangen. Während der Schwefeleintrag in Fichtenbeständen zu Beginn der Messreihen Mitte der 80er Jahre meist zwischen 40 und 70 kg/ha lag, gelangen aktuell meist nur noch 5 – 13 kg Schwefel auf den Waldboden.

### Jahresmittelwerte der Schwefeldioxidkonzentrationen in Waldgebieten

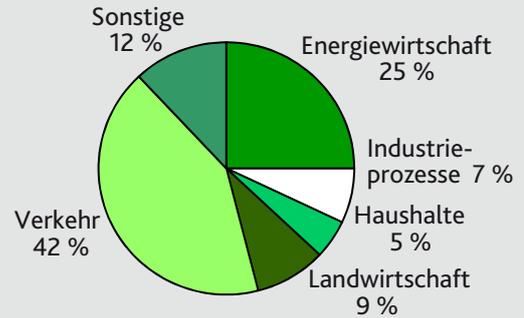


## Verteilung der Emissionsquellen wichtiger Luftschadstoffe in Deutschland

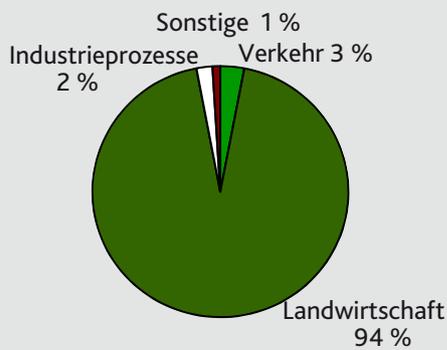
### Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)



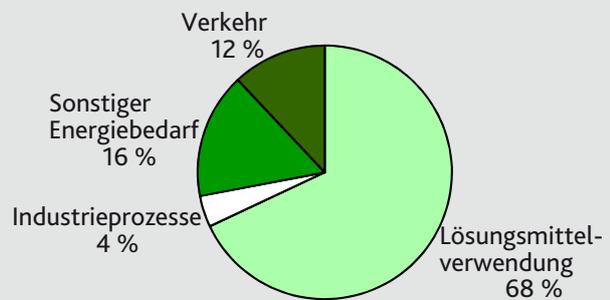
### Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>)



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

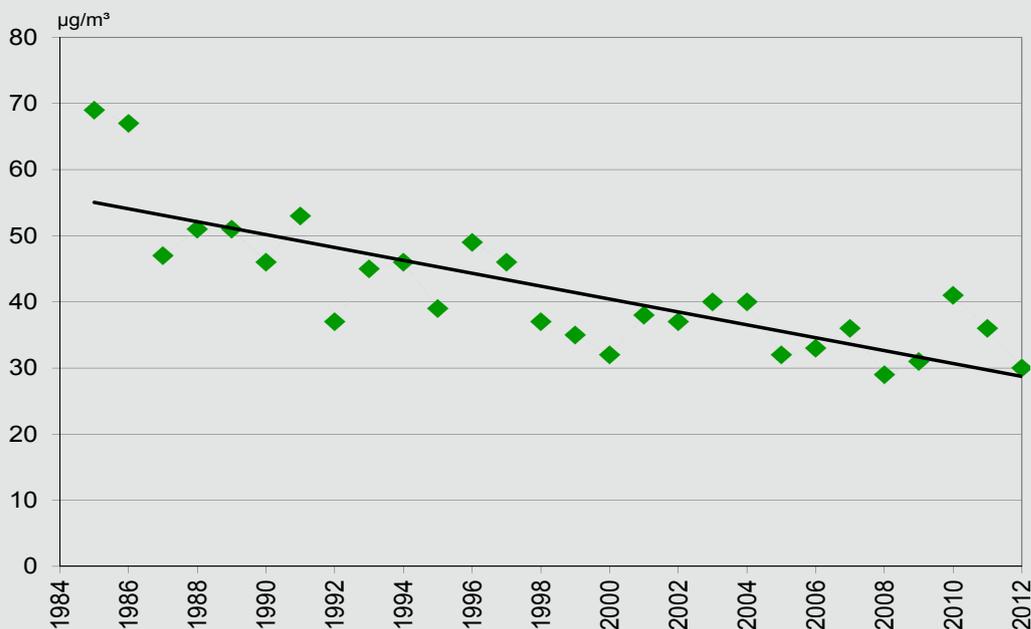


### Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC)

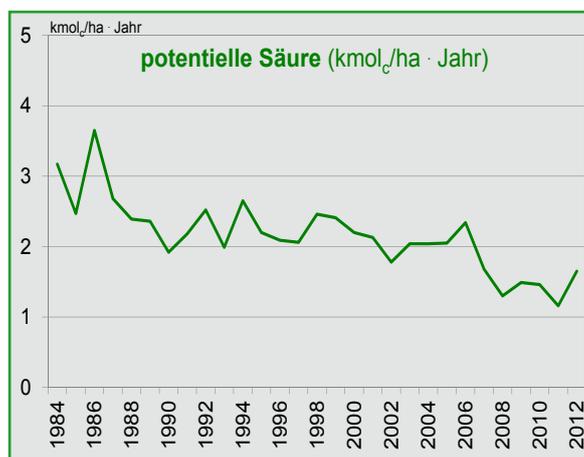
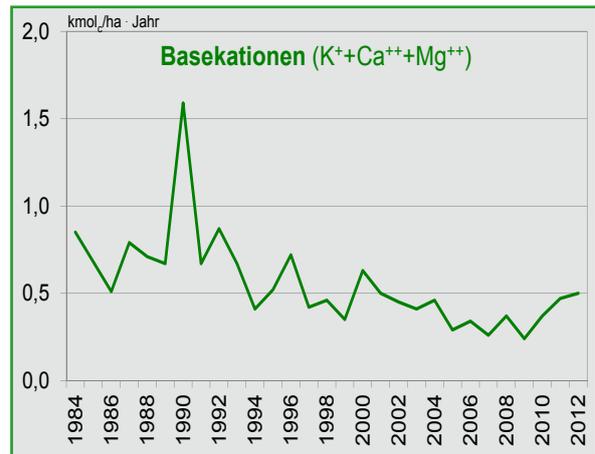
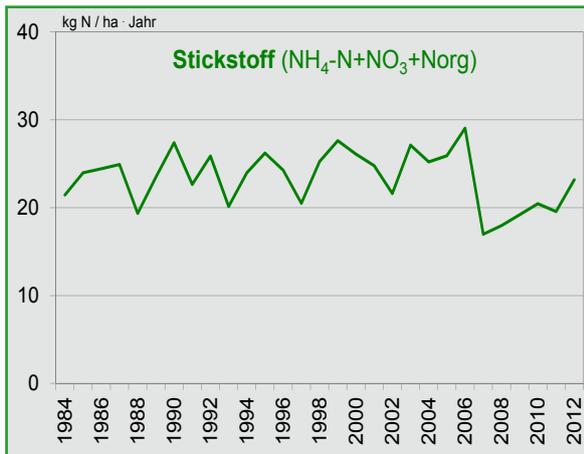
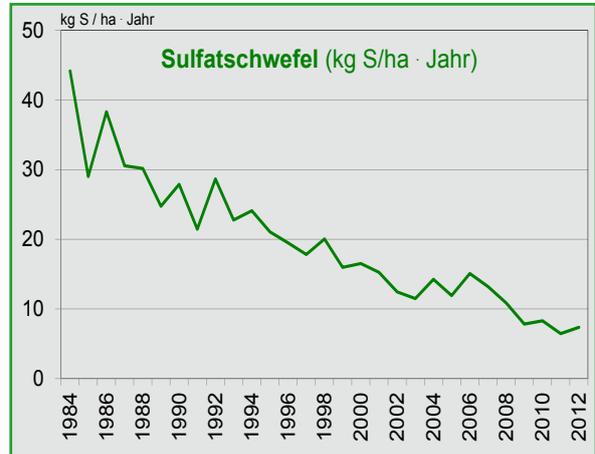
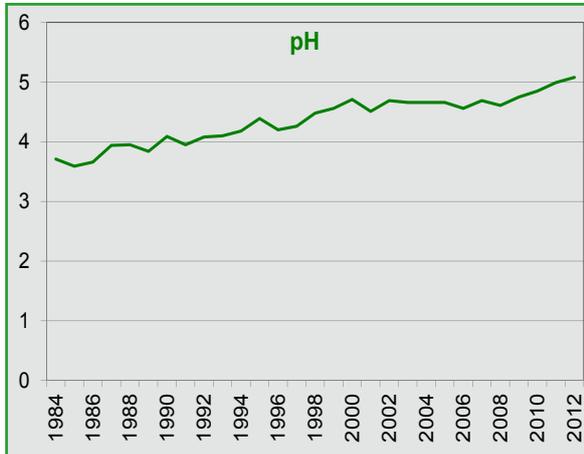


Quelle: Umweltbundesamt (2013)

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



Langzeitmessreihe des pH-Wertes im Kronentraufwasser und der Einträge an Sulfatschwefel, Stickstoff (Summe Nitrat-N, Ammonium-N, organisch gebundener N), Basekationen (Summe  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ) und an potentieller Säure in einem Fichtenökosystem im Forstamt Birkenfeld, Hunsrück



## Stickstoff

Stickstoff in oxidierter Form wird bei Verbrennungsprozessen durch Reaktion des im Brennstoff und in der Verbrennungsluft enthaltenen Stickstoffs, in reduzierter Form hingegen beim mikrobiellen Abbau von Harnstoffen, Protein oder ähnlichen biogenen Ausscheidungsprodukten sowie durch Zersetzung ammoniumhaltiger Dünger freigesetzt. Hauptquelle der Stickoxide ist der Straßenverkehr, gefolgt von Kraft- und Heizwerken. Reduzierter Stickstoff stammt überwiegend aus der Tierhaltung und in geringerem Umfang auch aus der Herstellung und Anwendung stickstoffhaltiger Mineraldünger, der Rauchgasentstickung und dem Kraftfahrzeugverkehr.

Die Emission der Stickoxide (NO und NO<sub>2</sub> kalkuliert als NO<sub>2</sub>) ist in Deutschland insbesondere durch den Einsatz von Katalysatoren in Kraftfahrzeugen und Entstickungsanlagen in Kraft- und Heizwerken seit 1980 um 61 % zurückgegangen. Die Emissionsobergrenze der EU-NEC-Richtlinie für die NO<sub>x</sub>-Emission in Deutschland (1051) wird allerdings

deutlich verfehlt.

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

Bei den reduzierten Stickstoffverbindungen (Ammoniak) konnte die Emission seit 1980 bislang nur um 33% reduziert werden. Die Emissionsobergrenze der EU-NEC-Richtlinie für die NH<sub>3</sub>-Emission in Deutschland (550 kt) wird nach den vorläufigen Emissionsdaten für 2011 leicht überschritten.

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

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

## Säureeinträge

Aufgrund der beträchtlichen Reduktion der Emission von Schwefeldioxid sind die pH-Werte im Niederschlagswasser deutlich angestiegen. Mitte der 1980er Jahre wurden im Freilandniederschlag meist pH-Werte zwischen 4 und 4,5 und im Kronentraufwasser der Fichtenbestände sogar zwischen 3,5 und 3,8 gemessen. Heute liegen die pH-Werte sowohl im Freilandniederschlag als auch in der Kronentraufe meist knapp über 5, also etwa 1 pH-Einheit höher. Dennoch übersteigen die Säureeintragsraten meist noch die

Critical Loads zum Schutz der Waldökosysteme vor Versauerung. Dies ist im Wesentlichen auf die noch zu hohen Eintragsraten der Stickstoffverbindungen, insbesondere des aus der Landwirtschaft stammenden Ammoniums zurückzuführen. 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.

## 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 und dort die Zellstrukturen schädigen. 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 im Wesentlichen aus Luftsauerstoff, Stickoxiden und flüchtigen Kohlenwasserstoffen 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.

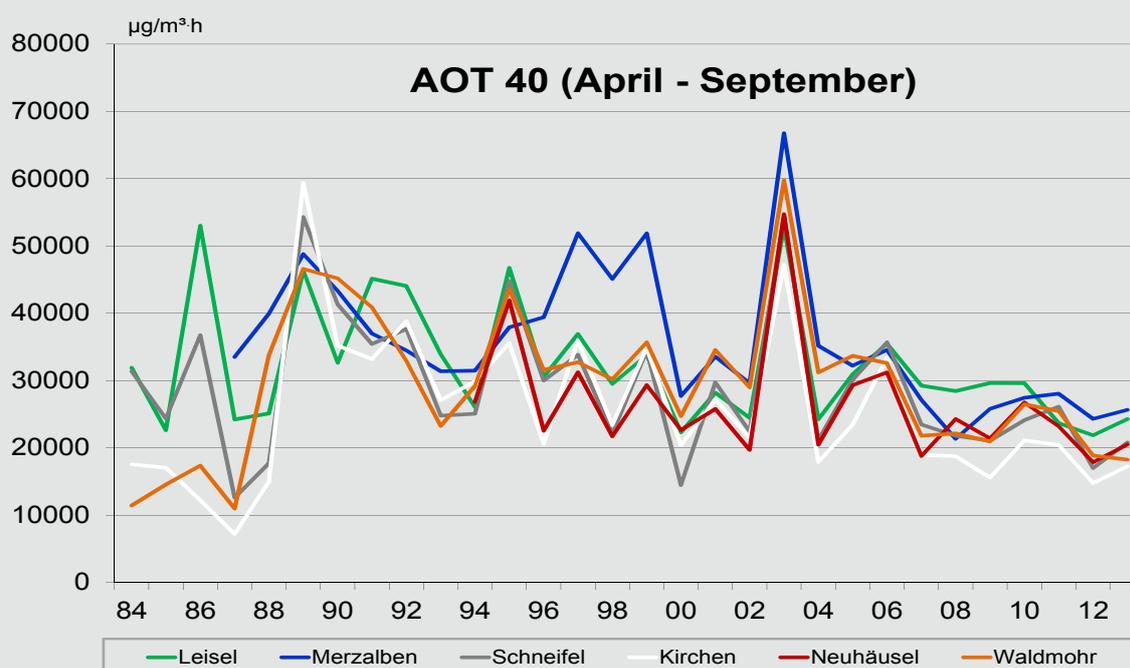
Entscheidend für die Ozonkonzentration ist nicht nur die Konzentration der Vorläufersubstanzen, sondern insbesondere auch der Witterungsverlauf. Hohe Ozonkonzentrationen sind daher

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

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

vor allem in sonnenscheinreichen Sommern zu erwarten. Trotz der bereits erheblichen Verringerung der Emission der Ozonvorläufersubstanzen - Stickoxide und flüchtige Kohlenwasserstoffe - um 61 % beim  $\text{NO}_2$  und 69 % beim NMVOC ist das Ozonbildungspotenzial nach wie vor hoch. Im Jahr 2013 traten ab Juni bis in die erste Septemberwoche hinein immer wieder mehrere Tage anhaltende Perioden mit erhöhten Ozonkonzentrationen auf. Ozon stellt nach wie vor eine erhebliche Belastung für unsere Waldökosysteme dar. An allen sechs ZIMEN-Waldstationen wurde in der Vegetationsperiode 2013 die Belastungsschwelle (Critical Level) für Waldökosysteme (AOT 40, April bis September  $10.000 \text{ } (\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h})$ ) deutlich überschritten.

### Verlauf der AOT 40-Werte - April bis September - an den ZIMEN-Waldstationen





Sammler zur Erfassung der atmosphärischen Deposition und des Streufalls auf einer Level II-Fläche im Forstamt Johanniskreuz Foto: F. Frank



Aufmessung eines Probebaumes auf einer Kalkungsversuchsanlage im Forstamt Adenau Foto: M. Greve

## 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 jährlichen Waldzustandserfassungen 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 (2012) waren 6 Monate im Vergleich zum langjährigen Mittel zu warm und ebenfalls 6 Monate zu niederschlagsarm. Außergewöhnlich kalt und niederschlagsarm war der Februar 2012, extrem warm und sehr trocken der März des Vorjahres.

Im aktuellen Jahr fällt vor allem der sehr kalte und niederschlagsarme März auf; Mitte März sanken die Minimumtemperaturen auf Werte unter  $-10^{\circ}\text{C}$ . Die außergewöhnliche Kälte zog sich bis weit in den April hinein. Auch der Februar 2013 war sehr kalt, der Januar in etwa durchschnittlich. Der Mai war kühl und außergewöhnlich nass. An einigen Messstationen traten im Zeitraum 23. bis 26. Mai erhebliche Nachtfröste von bis zu  $-1,7^{\circ}\text{C}$

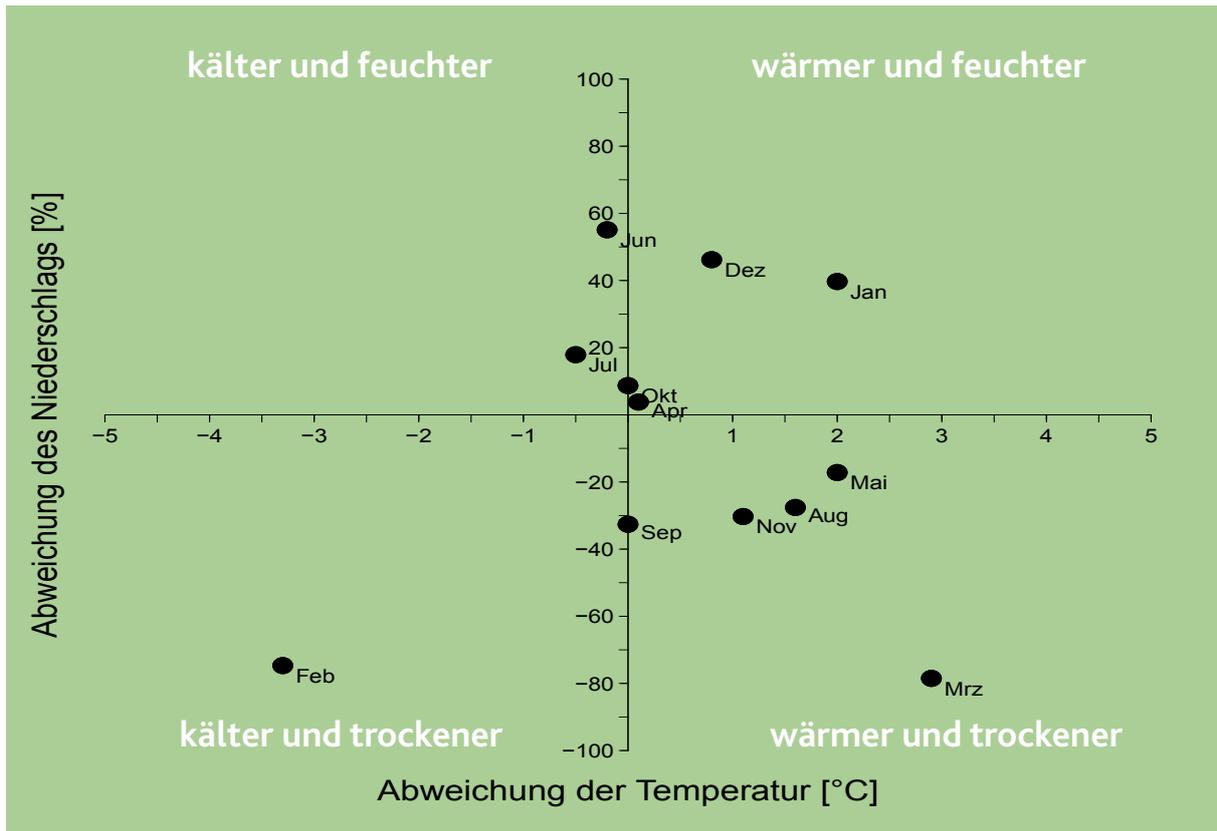
Die Daten der rheinland-pfälzischen Waldklimastationen und vieler weiterer Messstationen in Rheinland-Pfalz finden Sie im Landesportal [www.wetter-rlp.de](http://www.wetter-rlp.de).

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

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

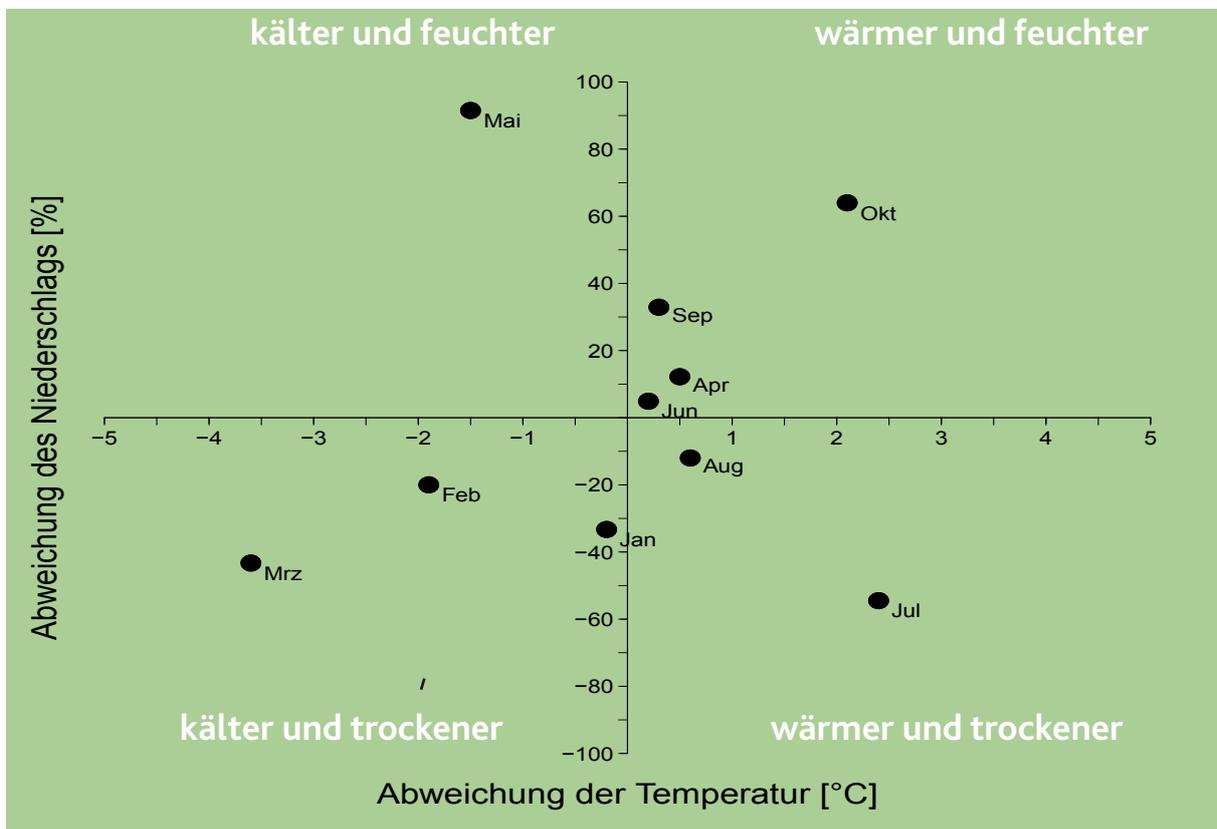
in 2 m Höhe auf. Hierdurch wurden lokal Spätfrostschäden verursacht. Hiervon waren nicht nur Jungwüchse in Muldenlagen, sondern örtlich auch ältere Eichen betroffen. Von den Sommermonaten zeigten der Juni und der August durchschnittliche Wärme und Niederschläge. Der Juli war erheblich zu warm und zu trocken. Im Juli und im August wurden zum Teil Tagesmaxima von über  $35^{\circ}\text{C}$  gemessen. Der September war durchschnittlich warm, aber regenreich.

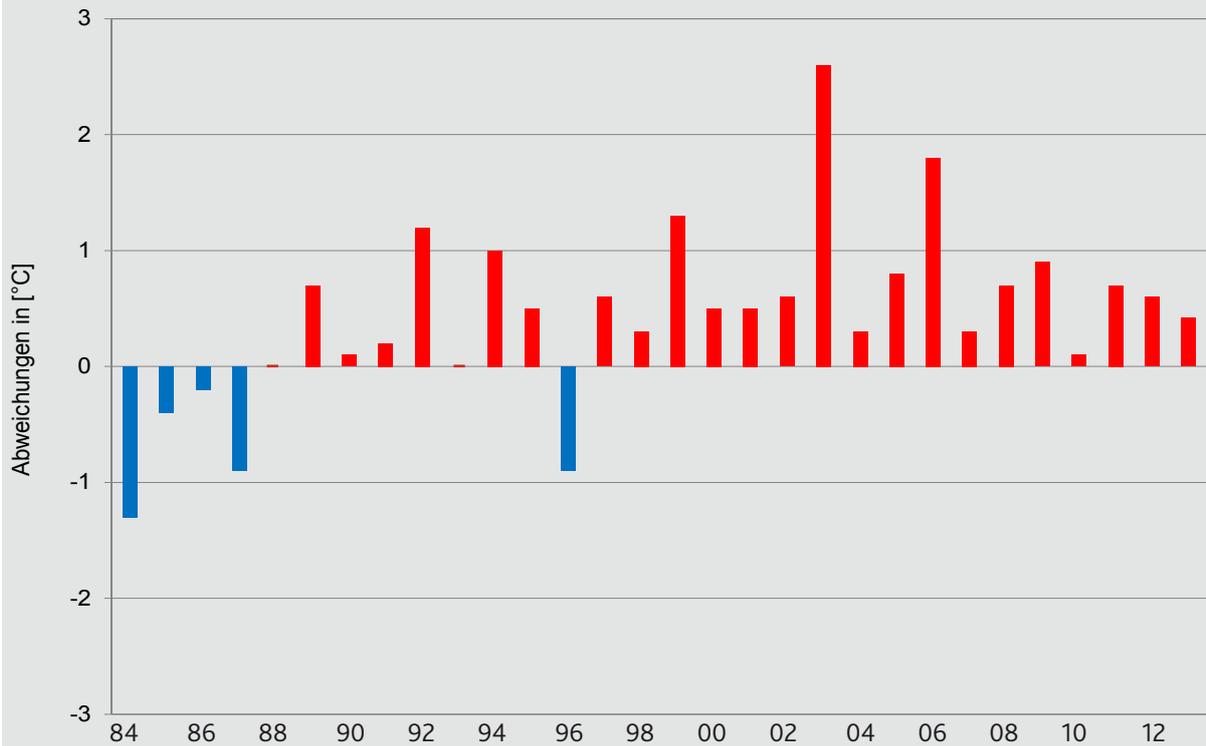
Die Vegetationsperiode 2013 ist somit durch große Gegensätze geprägt: Durch die außergewöhnliche Kälte im März und der ersten Hälfte des Aprils verzögerte sich die Vegetationsentwicklung. Der Mai lieferte hohe Niederschläge und sorgte bis in den Frühsommer für eine gute Wasserversorgung der Waldbäume. Trockenphasen traten erst ab Mitte Juli ein; diese hielten regional bis Anfang September an. Gravierender Trockenstress trat 2013 aber nicht auf.



Thermopluviogramme für die Jahre 2012 (oben) und 2013 (unten). Dargestellt sind für die einzelnen Monate die kombinierten Abweichungen von Temperatur (waagerechte Achse) und Niederschlag (senkrechte Achse) zum langjährigen Mittel 1971-2000 (Vergleich jeweils anhand der Flächenmittel für Rheinland-Pfalz).

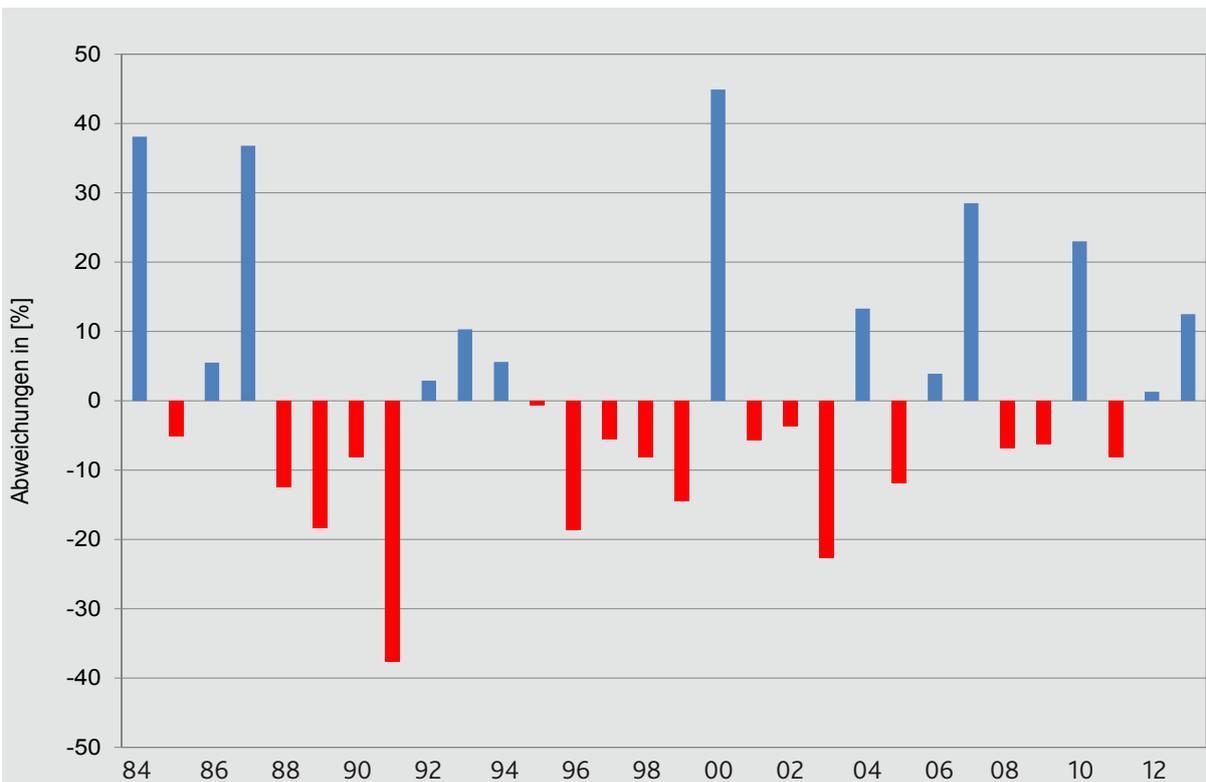
(Quelle: Deutscher Wetterdienst)





Abweichungen der Temperatur (oben) und der Niederschläge (unten) in den forstlichen Vegetationszeiten (Mai bis September) 1984 bis 2013 vom langjährigen Flächenmittel Rheinland-Pfalz 1971 bis 2000

(Quelle: Deutscher Wetterdienst)



## Allgemeine Waldschutzsituation

Neben abiotischen Schadfaktoren wie Frost, Hagel und Sturm können auch biotische Faktoren, insbesondere Insekten und Pilze, einen erheblichen Einfluss auf die Vitalität unserer Wälder ausüben.

Wie bereits im Vorjahr traten auch im Mai 2013 lokal erhebliche Nachtfröste auf, die zu Schäden insbesondere in Laubholz- und Douglasienkulturen, örtlich auch in bereits älteren Eichenbeständen führten.

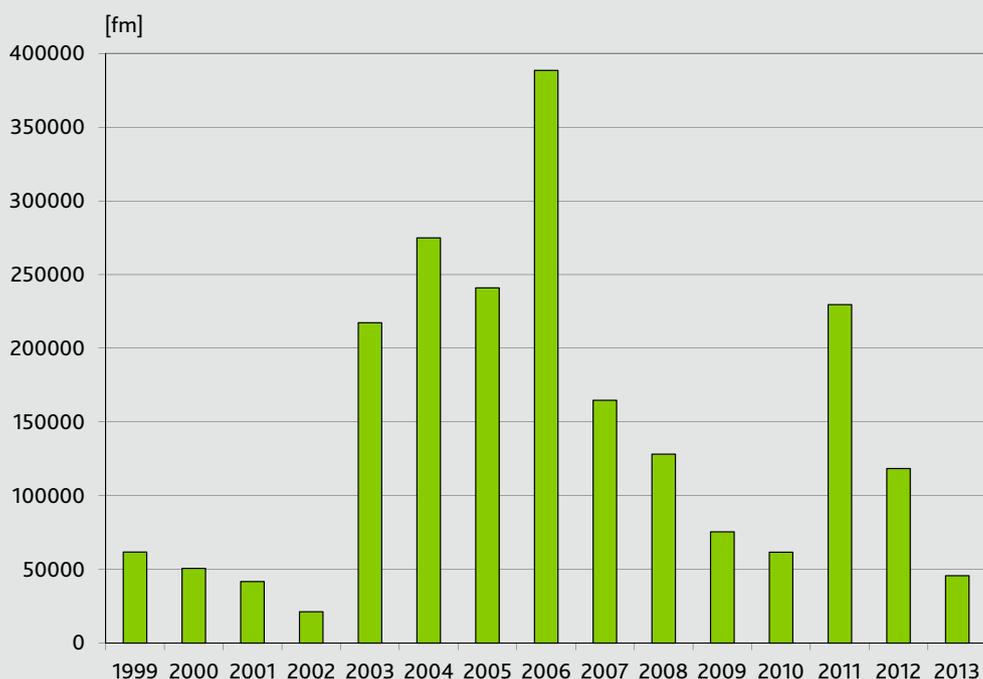
Bis Mitte Oktober wurden von den Forstämtern keine nennenswerten Sturmholzmengen gemeldet. Die Käferholzmenge beläuft sich bis Ende September auf 45.600 fm. Im Vorjahr betrug die gemeldete Käferholzmenge etwa 118.000 fm.

Der Verlauf der Flugaktivität des Buchdruckers (*Ips typographus*), als wichtigstem Fichtenborkenkäfer, wird in den Forstämtern Kaiserslautern, Otterberg und Hochwald mit Pheromonfallen und Kontrollen des Brutfortschritts an mit Phe-

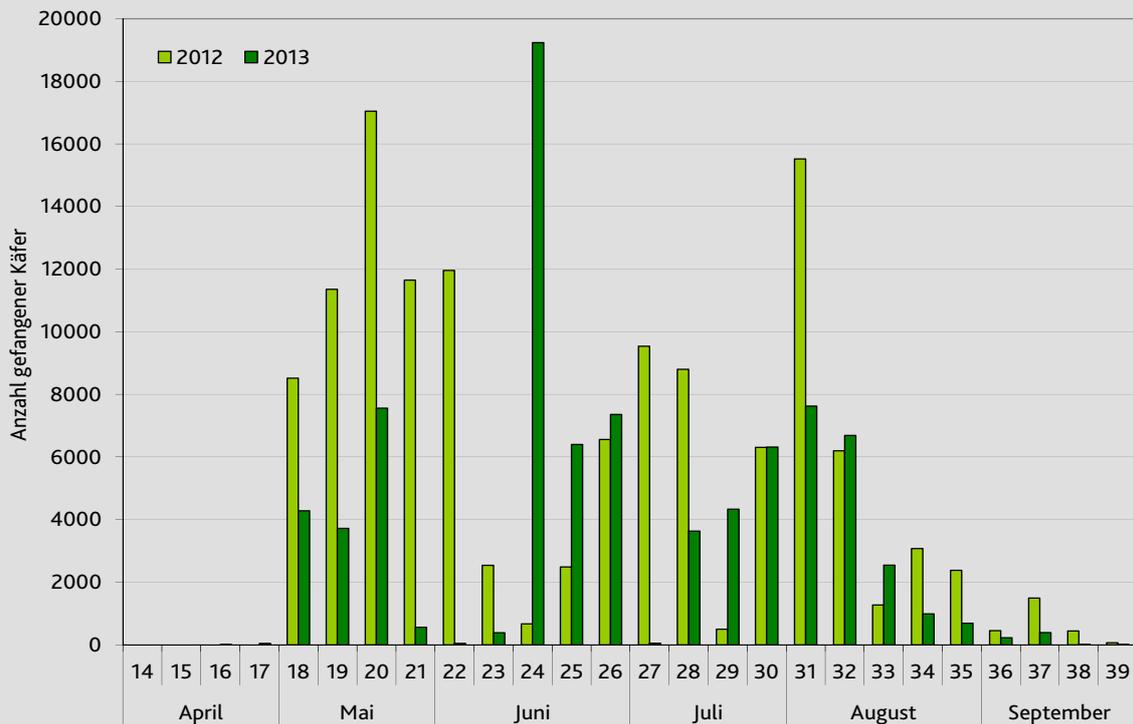
romondispensern beködeten Probestämmen überwacht. Der Buchdrucker startete im Jahr 2013 mit einer geringen Populationsdichte. Der Flug setzte 1-2 Wochen später als im Vorjahr erst Mitte Mai ein. Dieser Ausflug der überwinterten Käfer war relativ schwach, die überwinterten Buchdrucker hatten auch in diesem Frühjahr witterungsbedingt zunächst schlechte Startbedingungen. Der Schwarmhöhepunkt war Mitte Juni zu verzeichnen. Mit Beginn der trockenheißen Wetterperiode ab Anfang Juli hat sich die Buchdrucker-Entwicklung stark beschleunigt.

Aktuelle Informationen zur Aktivität der Fichtenborkenkäfer und Empfehlungen für die forstliche Praxis finden Sie auf den Webseiten der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg: <http://www.fva-bw.de/monitoring/index9.html> (in der Laufzeile Bundesland Rheinland-Pfalz wählen).

## Käferholzeinschlag in Rheinland-Pfalz (alle Waldbesitzarten; 2013 bis einschließlich September)



## Buchdruckerentwicklung 2012 und 2013 im Forstamt Kaiserslautern



Im Juli gab es generell eine starke Flugaktivität und damit Stehendbefall. Die seit Juli angelegte zweite Generation hat sich bei trocken-heißer Witterung rasch weiterentwickelt. Unter solchen Bedingungen ist die Entwicklung vom Ei zum Käfer in spätestens sechs Wochen abgeschlossen. Durch den späten Start im Frühjahr blieben die Borkenkäferschäden in 2013 dennoch in Grenzen.

In vielen Douglasienbeständen ist ein starker Befall der Douglasien mit der Rußigen Douglasienschütte (*Phaeocryptopus gaeumannii*) festzustellen. Dieser pilzliche Schaderreger ist

in Europa bereits seit 1925 bekannt und in allen Douglasienbeständen vorzufinden. Seinen Namen hat die Erkrankung von den an der Nadelunterseite befindlichen Fruchtkörpern des Pilzes (*Pseudothecien*), die auf den ersten Blick einem rußartigen Belag ähneln und ganzjährig sichtbar sind. Die Sporen werden jedoch nur Ende Mai bis Anfang Juli freigesetzt und befallen bei feuchter Witterung die jungen Nadeln. Das Mycel des Pilzes durchdringt das Gewebe der Nadel. Die

Den mit dem Modell PHENIPS simulierten Entwicklungsstand der Buchdruckerpopulation finden Sie auf den Webseiten der Universität für Bodenkultur Wien: <http://ifff-riskanalyses.boku.ac.at/typo3/index.php?id=74> (in der Laufzeile Rheinland-Pfalz wählen).

Kontrolle des Flugverlaufs des Buchdruckers (*Ips typographus*) mit Pheromonfalle  
Foto: J. Lunk



Anlage der Fruchtkörper erfolgt im Bereich der Spaltöffnungen. Gegenüber starken Frösten im Winter, wie in den Jahren 2012 und 2013, sind die befallenen Nadeln sehr empfindlich, so dass sie verröten und vorschnell abfallen; andernfalls können befallene Nadeln zwei Jahre grün bleiben. Knospen und Neuaustriebe bleiben jedoch intakt. In Abhängigkeit von der Witterung kann der Nadelverlust über mehrere Jahre beträchtliche Ausmaße annehmen. Als Sekundärschäden in Folge der Rußigen Douglasenschütte kann es zum Befall durch den Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus*), den Furchenflügligen Fichtenborckenkäfer (*Pityophthorus pityographus*) oder den Hallimasch (*Armillaria ostoyae*) kommen. Weitere Informationen zur Rußigen Douglasenschütte: [http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2012\\_02.pdf](http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2012_02.pdf)

In jüngeren Douglasienbeständen in der Eifel und im Hunsrück wurde örtlich ein Absterben des aktuellen Jahrestriebs beobachtet. Laboranalysen ergaben, dass diese Schäden zum Teil durch den Erreger der Grauschimmelfäule (*Botrytis cinerea*) und zum Teil auch durch den Erreger des Sirococcus-Triebsterbens (*Sirococcus conigenus*) verursacht worden sind. Als Schwächeparasiten wurden auch *Rhizosphaera sp.* und *Kabatina abietis* nachgewiesen. Der Befall mit diesen Pilzen dürfte mit der nass-kalten Witterung in diesem Frühsommer in Zusammenhang stehen.

Vor allem im Westerwald waren Buchenbestände örtlich von starkem Befall durch den Buchenspringrüssler (*Rhynchaenus fagi*) betroffen. Durch den Reifungsfraß der Käfer entstehen kleine Löcher in den Blättern. Die Larven minieren in den Blättern bis hin zu ausgedehntem Platzfraß. Bei starkem Befall werden die Baumkronen „braun“; in der Regel entstehen aber keine längerfristigen Schädigungen der Bäume. Fraßschäden durch die „Eichenfraßgesellschaft“ (Eichenwickler, Schwammspinner, verschiedene Frostspanner- und Eulenarten) hielten sich in diesem Jahr in Grenzen. Allerdings zeichnet sich eine Bedeutungszunahme entsprechend dem populationsdynamischen Zyklus ab, sodass in den nächsten Jahren mit einem weiteren Anstieg der Dichten und daraus resultierenden Schäden zu



Schäden durch Spätfrost (23.-26.05.2013) an Eiche (rechter Zweig)  
Foto: H.W. Schröck

rechnen ist.

Der Eichenprozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*) trat im Jahr 2013 nur vereinzelt auf. Die Meldungen des Auftretens dieses Insekts beschränken sich bislang auf die südlichen Landesteile. Hier ist nach wie vor lokal von Gesundheitsgefahren durch diesen Schmetterling auszugehen. Ältere Raupen verfügen über spezielle Brennhaare mit dem Nesselgift Thaumetopein, das Haut- und Augenreizungen bis hin zu schweren Allergien auslösen kann. Die Brennhaare reichern sich als Häutungsreste in den Raupennestern an und bleiben auch nach der Verpuppung der Raupen eine Gefahr. Aktuelle Informationen zum Eichenprozessionsspinner: [http://www.fva-bw.de/publikationen/sonstiges/130910eps\\_aktuell\\_08.pdf](http://www.fva-bw.de/publikationen/sonstiges/130910eps_aktuell_08.pdf)

In der Oberrheinebene sind auf trockenen Sandstandorten zahlreiche Waldbestände von einer ausgedehnten Gradation des Waldmaikäfers (*Melolontha hippocastani*) betroffen. Im gesamten Verbreitungsgebiet des Waldmaikäfers in der Oberrheinebene haben die Schäden durch Engerlingsfraß in den letzten Jahren zugenommen und nach den Meldungen der betroffenen Forstämter 2012 einen Flächenumfang von ca. 1.000 ha erreicht.

In den Kiefernbeständen der Rheinebene treten mit steigender Tendenz Schäden durch Misteln (*Viscum album*) auf. Gravierender Mistelbefall wurde von den Forstämtern auf einer Fläche von

ca. 2.300 Hektar gemeldet. Der Mistelbefall führt vor allem im Zusammenhang mit Trockenstress zu Minderzuwachs und zu einer erhöhten Absterberate.

Das durch den Pilz „Falsches Stängelbecherchen“ (*Hymenoscyphus pseudoalbidus*) ausgelöste Eschentriebsterben ist in Rheinland-Pfalz weiter vorangeschritten. Damit ist diese Baumart, auf die im Rahmen des Klimawandels große Erwartungen gesetzt wurden, erheblich bedroht. Nach den inzwischen europaweiten Erfahrungen muss man von einer weiteren Zunahme der Krankheit auch in Stangen-, Baum- und Althölzern ausgehen. Untersuchungen haben gezeigt, dass Eschen auf Nass-Standorten und im Dichtstand besonders gefährdet sind, da hier die Vitalität oft zu gering ist, abgestorbene Triebe zu regenerie-



Der Erreger des Buchenkrebesses *Nectria ditissima* dringt über Wunden, zum Beispiel durch Hagelschlag, in die Rinde ein und verursacht ein Absterben der Äste

Foto: E. Eisenbarth

ren (AFZ-Der Wald 1/2011, S. 24-28). Weiterhin zeigten die Untersuchungen, dass es auf allen Flächen noch symptomfreie Eschen gibt. Ob es sich hier um resistente Individuen handelt wird gegenwärtig europaweit, u.a. auch an der FVA Baden-Württemberg in Zusammenarbeit mit der FAWF Rheinland-Pfalz, untersucht. Aktuelle Informationen zum Eschentriebsterben:

[http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2012\\_03.pdf](http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2012_03.pdf)

Der durch *Cryphonectria parasitica* verursachte Esskastanienrindenkrebs stellt eine gravierende Gefahr für die Esskastanienwälder dar. *C. parasitica* ist ein pilzlicher Krankheitserreger und Quarantäne-Schadorganismus, der bereits 1938 nach Südeuropa eingeschleppt wurde. Seit 1992 tritt die Erkrankung auch in Rheinland-Pfalz auf. In der

Pfälzer Haardt sind inzwischen ca. 57 ha Esskastanienwälder betroffen.

Im Rahmen eines von 2010 bis 2012 laufenden transnationalen EU-Interreg Projekts („Die Edelkastanie am Oberrhein - eine Baumart verbindet Menschen, Kulturen und Landschaften“) wurden Möglichkeiten zur Eindämmung der Krankheit geprüft. So wurde untersucht, ob eine sogenannte „Hypovirulenz“ auftritt. Unter Hypovirulenz wird ein Befall des Schadpilzes durch spezifische Viren verstanden, die die Aggressivität des Pilzes deutlich herabsetzen. Die Hoffnung auf eine sich natürlich einstellende Hypovirulenz hat sich bislang für Rheinland-Pfalz nicht bestätigt. Daher wurde mit dem Ziel, den Schaden durch den Rindenkrebs in der Haardt einzudämmen, das entsprechende Virus aus der Ortenau, einem anderen Verbreitungsgebiet des Rindenkrebesses, 2011 und 2012 an vom Rindenkrebs befallenen Bäumen versuchsweise ausgebracht. Ein Jahr nach der Beimpfung konnte jetzt die erfolgreiche Virusübertragung an lebenden Bäumen durch Reisolierung bestätigt werden. In den nächsten Jahren muss sich zeigen, ob eine weitere Übertragung der Hypovirulenz auf erkrankte Nachbarbäume erfolgt und, ob sich schließlich die Bestände insgesamt gesünder entwickeln werden.

Eine weitere erhebliche Gefahr für unsere Esskastanienwälder geht von der Japanischen Esskastanien-Gallwespe (*Dryocosmus kuriphilus*) aus. Durch die Larven der Wespe werden Gallen induziert, womit eine erhebliche Vitalitätsschwächung, Zuwachsverluste und Einschränkungen in der Fruchtproduktion verbunden sind. Vor allem in Kombination mit Rindenkrebs können stark betroffene Bäume auch absterben. Dieses ursprünglich aus Südchina stammende Insekt wurde spätestens 2002 vermutlich mit befallenen Jungpflanzen nach Südeuropa verschleppt und breitet sich seither stetig aus. Seit Juni 2013 ist ein Erstbefall mit *D. kuriphilus* in verschiedenen Waldstandorten im Raum Mannheim (Baden-Württemberg) bestätigt. In Rheinland-Pfalz wurde die Japanische Esskastanien-Gallwespe bislang noch nicht gefunden; eine Ausbreitung auch in unsere Wälder ist aber zu befürchten. Aktuelle Informationen zur Esskastanien-Gallwespe: [http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2013\\_01.pdf](http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2013_01.pdf)



Durch Grauschimmelbefall (*Botrytis cinerea*) abgestorbene Triebe an jungen Douglasien

Fotos: H.W. Schröck



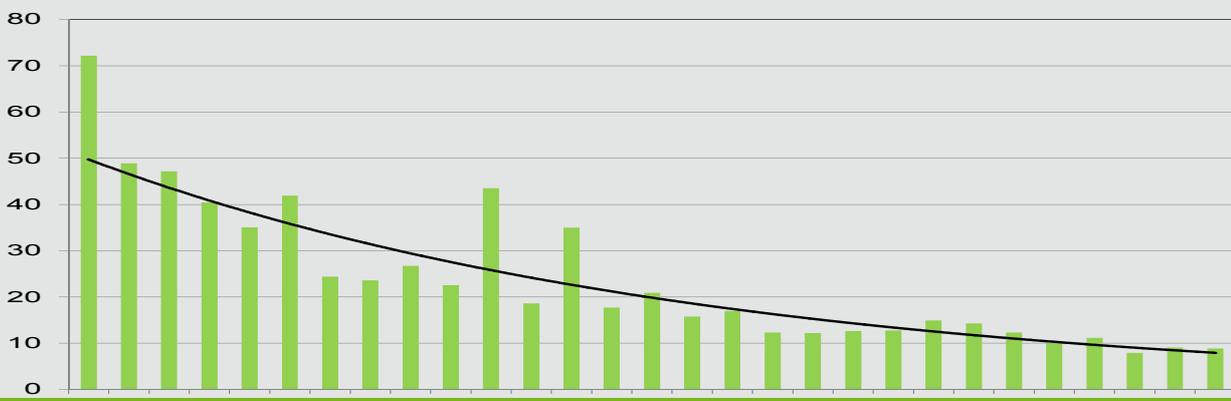
Starker Befall von Buchen durch den Buchenspringrüssler (*Rhynchaenus fagi*).  
Detailfoto: Lochfraß durch den Käfer und Minier-/Platzfraß durch die Larven

Fotos: H.W. Schröck

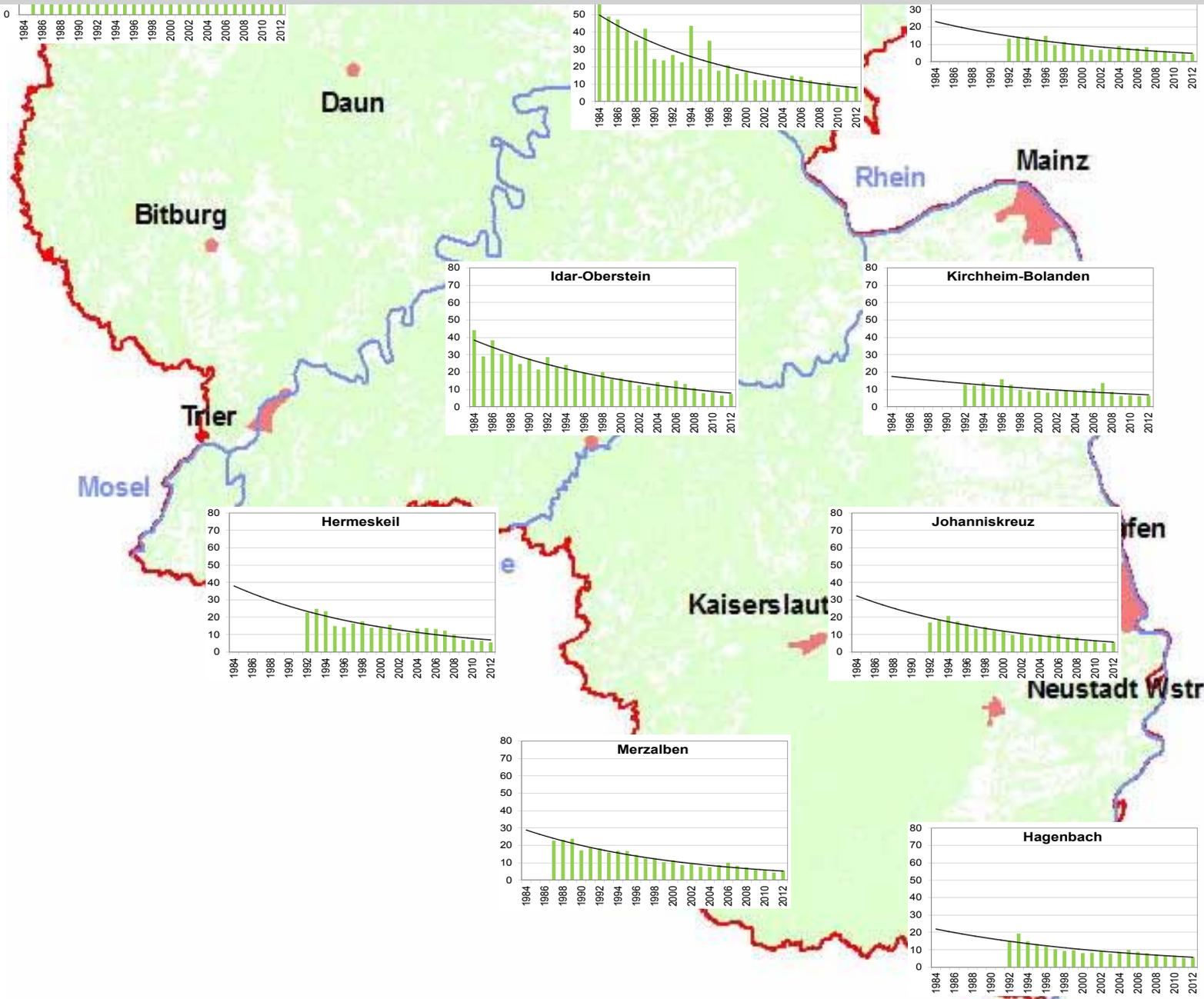
Durch Befall mit *Hymenoscyphus pseudoalbidus* verursachtes Eschentriebsterben in einer Samenplantage

Foto: K. Thomas





# LANGZEITMESSREIHEN - UNVERZICHTBARE GRUNDLAGE DER UMWELTKONTROLLE IM WALD



Wie hat sich der Waldzustand entwickelt?

Hat sich die Belastungssituation des Waldes verändert?

Sind die Luftschadstoffbelastungen zurückgegangen und zeigen die Luftreinhaltemaßnahmen die erhoffte Wirkung?

Diese und andere Fragen können mit den Langzeitmessreihen des Forstlichen Umweltmonitorings beantwortet werden.

Die Waldzustandserhebung wird seit 1984 nach einem einheitlichen Verfahren durchgeführt. Somit steht zur Bewertung der Entwicklung des Vitalitätszustandes unserer Wälder eine 30-jährige Zeitreihe zum Kronenzustand zur Verfügung. Bei der Erstaufnahme im Sommer 1984 wurden landesweit 10.248 Stichprobenbäume ausgewählt, dauerhaft markiert und erstmals begutachtet. Von diesen „Startbäumen“ befinden sich noch 4431 Bäume im aktuellen Aufnahmekollektiv. Die übrigen sind durch reguläre Nutzung oder Absterben ausgeschieden und wurden durch benachbarte Bäume ersetzt.

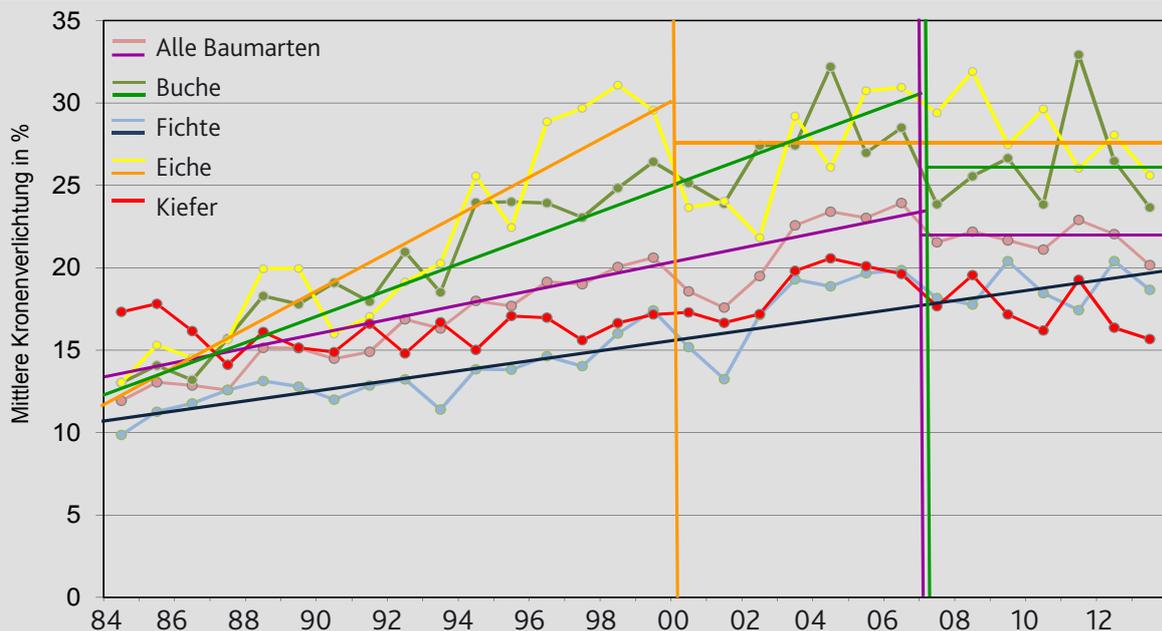
Die Zeitreihe der Waldzustandserhebung zeigt über alle Baumarten von 1984 bis 2006 eine Verschlechterung des Kronenzustandes mit einer Verdoppelung der mittleren Kronenverlichtung. Von 2007 bis 2013 ergibt sich kein statistisch signifikanter Trend. Allerdings ist die Kronenverlichtung aktuell niedriger als im Mittel dieser Periode. Nach Baumarten differenziert zeigt die Buche einen aufwärts gerichteten Trend in der Kronenverlichtung bis zum Jahr 2006 und in den Folgejahren keine gerichtete Entwicklung. Bei Eiche liegt der Trendbruch bereits zwischen den Jahren 1999 und 2000. Seit dem Höchstwert im Jahr 2009 nimmt die Kronenverlichtung wieder ab. Bei Fichte ist die Kronenverlichtung weniger stark angestiegen als bei Buche und Eiche, zeigt aber bislang keinen signifikanten Bruch im aufwärtsgerichteten Trend. Bei Kiefer liegt kein signifikanter Trend in der Zeitreihe der Kronenverlichtung vor.

Die Zeitreihen der Waldzustandserhebung sind zugleich eine wichtige Datengrundlage für weiterführende Auswertungen. So wurden beispielsweise die Zeitreihendaten der rheinland-pfälzischen Waldzustandserhebungen zur Schätzung der Überlebensfunktionen der Hauptbaumarten verwendet (STAUPENDAHL und ZUCCHINI 2010). Die Befunde werden zur Einbindung von Risiken in der forstlichen Planung verwendet, was vor dem Hintergrund des Klimawandels und der damit voraussichtlich einhergehenden Zunahme von Kalamitäten immer bedeutsamer wird.

Um Ursache-Wirkungszusammenhänge zu untersuchen, wurden Mitte der 80er Jahre parallel zur Waldzustandserhebung auch Messungen der Umweltbedingungen im Wald gestartet. Zur Erfassung der Belastung der Wälder durch gasförmige Luftschadstoffe (Immission) wurden in den wichtigsten Waldgebieten des Landes in

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

## Trends der mittleren Kronenverlichtung seit 1984, Hauptbaumarten und über alle Baumarten

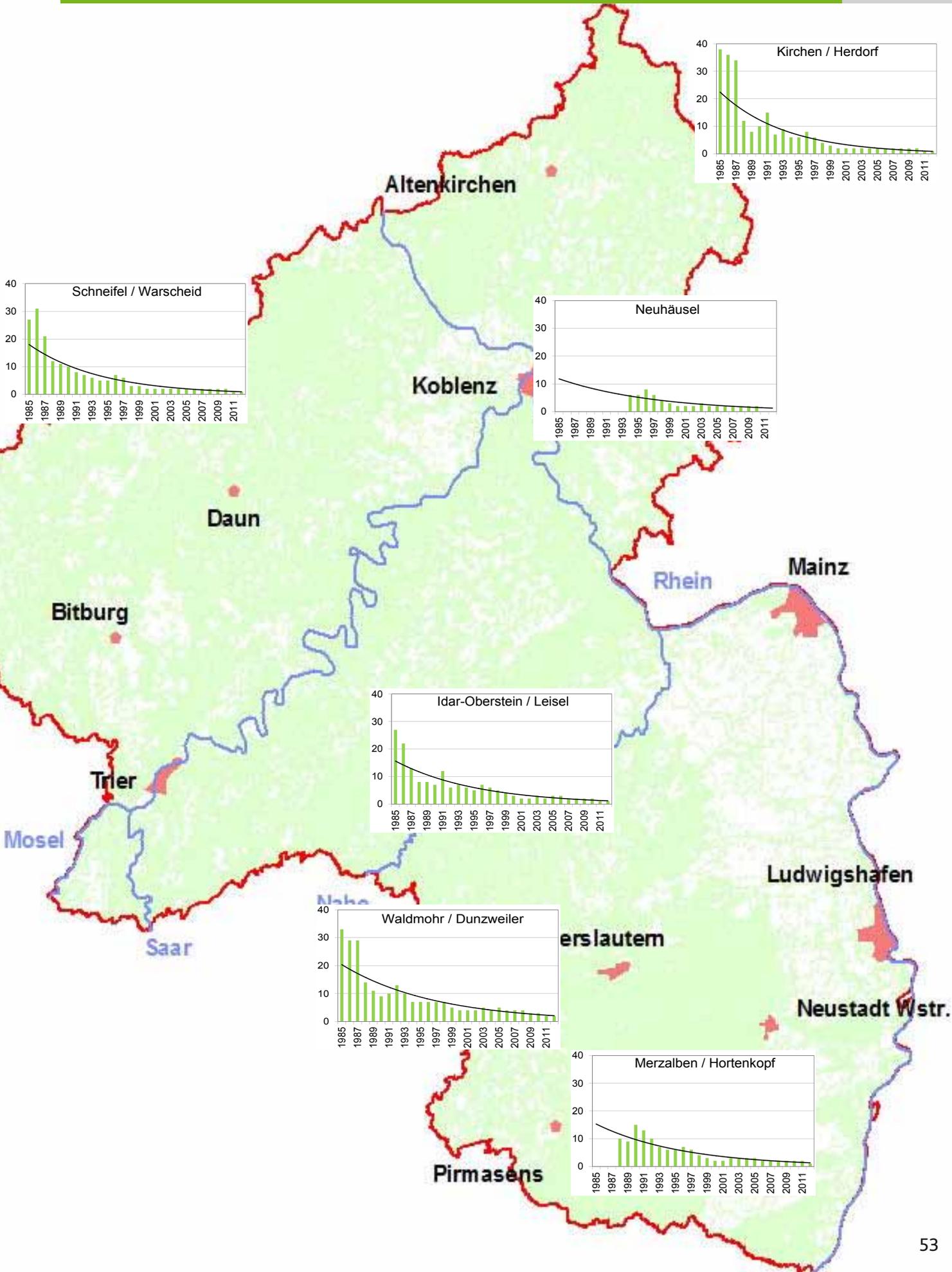


Höhenlagen zwischen 455 und 680 m über NN 6 Waldmessstationen des Zentralen Immissionsmessnetzes (ZIMEN) eingerichtet. Seit 1984/87 werden hier kontinuierlich die Konzentrationen der Gase Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ), Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ), Stickstoffmonoxid ( $\text{NO}$ ) und Ozon ( $\text{O}_3$ ) sowie die Schwebstaubkonzentrationen und seit 2001/02 auch die Konzentrationen der Feinstäube erfasst. Die Zeitreihen zeigen eine deutliche Veränderung der Luftschadstoffbelastung des Waldes und belegen die Erfolge der Luftreinhaltung. Entsprechend der beträchtlichen Verringerung der  $\text{SO}_2$ -Emission in Deutschland um mehr als 90 % seit 1980 sind auch die Schwefeldioxidkonzentrationen in der bodennahen Luft in unseren Waldgebieten erheblich gesunken. Mitte der 1980er Jahre lagen die  $\text{SO}_2$ -Jahresmittelwerte in den Waldgebieten zwischen 25 und 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , heute dagegen meist nur noch zwischen 1 bis 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Der starke Rückgang der  $\text{SO}_2$ -Emission und -Immission ist auf die deutlich verbesserte Abgasreinigungstechnik (Rauchgasentschwefelung) im Kraftwerksbereich, die Altanlagenanierung nach TA-Luft und den Einsatz schwefelarmer bzw. schwefelfreier Kraft- und Brennstoffe im Kraftfahrzeug- und Hausbrandbereich zurückzuführen.

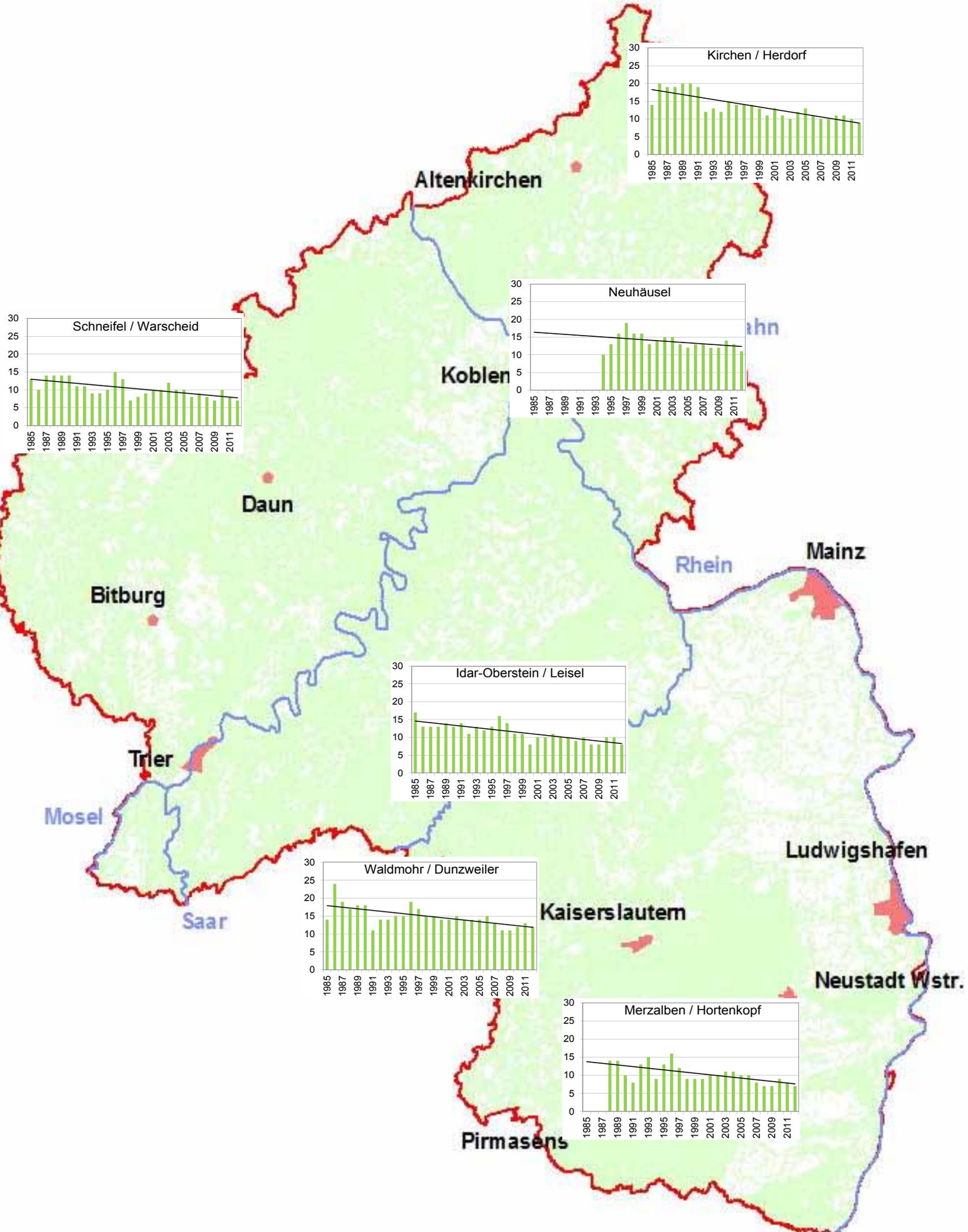
Auch bei den Stickstoffoxiden ( $\text{NO}$  und  $\text{NO}_2$ , zusammengefasst  $\text{NO}_x$ ) hat sich dank erfolgreicher Verringerung der Stickoxidemissionen im Industriebereich und beim Straßenverkehr durch die Festlegung von Euro-Normen (1 bis 5 für PKW und I bis V für LKW) die  $\text{NO}_2$ -Immission in den Waldgebieten deutlich verbessert. Allerdings ist die Reduktion bei den Stickoxiden nicht so stark wie beim Schwefeldioxid.

Ozon ist ein Sekundärschadstoff, der in einem komplexen photochemischen, radikalischen Prozess unter Einwirkung des Sonnenlichts aus Vorläufersubstanzen wie Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen gebildet wird. Die Ozonkonzentration in der bodennahen Luft wird daher nicht nur von der Verfügbarkeit der Vorläufersubstanzen, sondern auch vom Witterungsverlauf, insbesondere der Sonneneinstrahlung, beeinflusst. Ozon gelangt über die Spaltöffnungen ins Pflanzeninnere und schädigt dort die Zellstrukturen. Für den Schadeinfluss auf die Pflanzen sind nicht die Spitzenkonzentrationen, sondern die Ozonaufnahme über die gesamte Vegetationszeit entscheidend. Daher geht bereits von mittleren Ozonkonzentrationen eine hohe Gefährdung aus. Zur Bewertung des Ozoneinflusses auf die

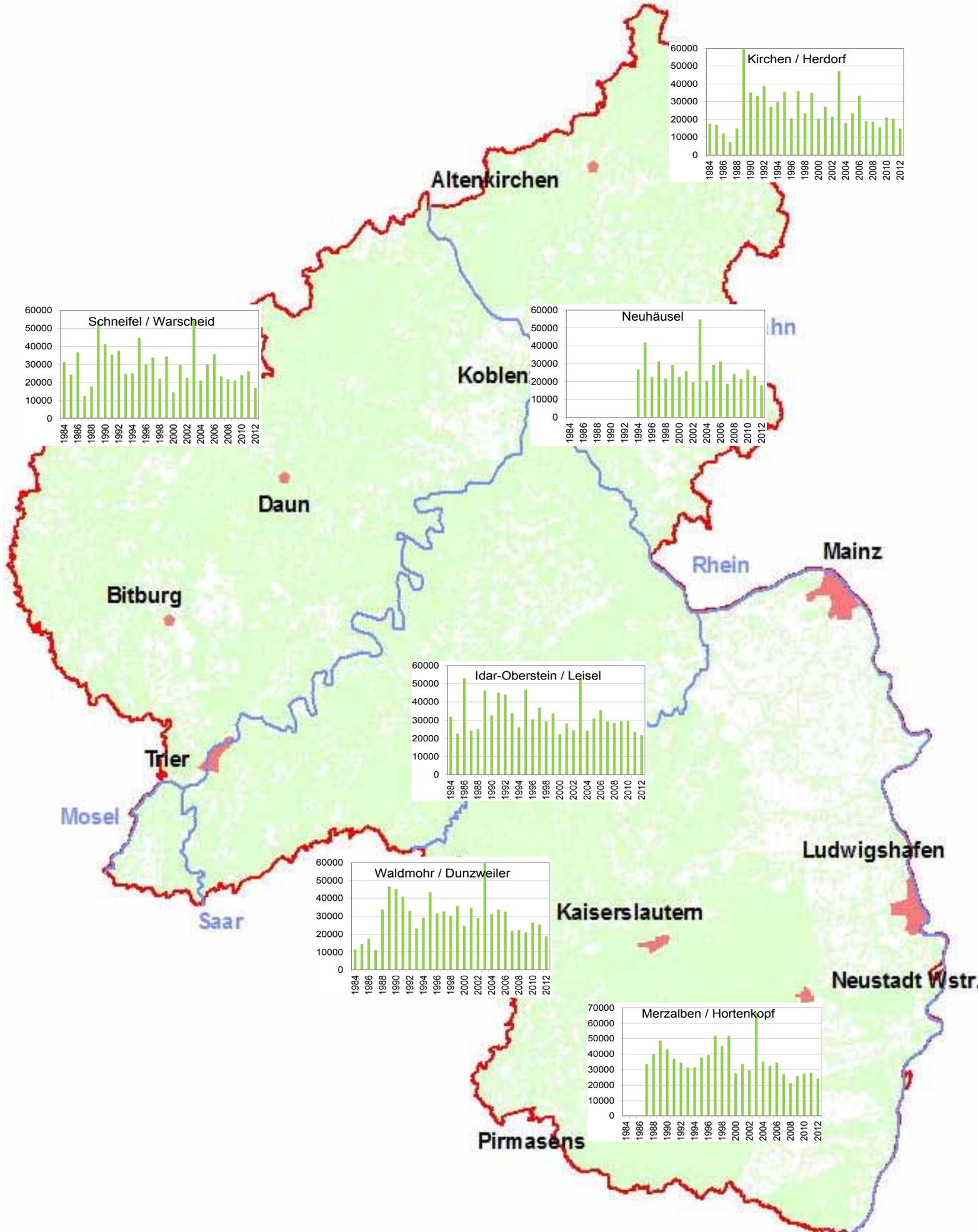
# Entwicklung der SO<sub>2</sub>-Immission (Jahresmittelwerte in µg/m<sup>3</sup>) in den Waldgebieten



Entwicklung der NO<sub>2</sub>-Immission (Jahresmittelwerte in µg/m<sup>3</sup>) in den Waldgebieten



Entwicklung der AOT 40 Werte in ( $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ ) in den Waldgebieten



Vegetation werden sogenannte AOT 40-Werte berechnet („AOT40 = **A**ccumulated exposure **O**ver a **T**hreshold of **40** ppb“). Der Kennwert wird als Summe der Überschreibungsbeträge von 80 µg Ozon je m<sup>3</sup> (= 40 ppb) unter ausschließlicher Verwendung der 1-Stundenmittelwerte zwischen 8 Uhr und 20 Uhr mitteleuropäischer Zeit kalkuliert. Für Waldbäume wird meist ein Kalkulationszeitraum von April bis September (= forstliche Vegetationszeit) verwendet. Während die Ozon-Spitzenwerte deutlich zurückgegangen sind, zeigen die Zeitreihen der AOT 40-Werte an den Waldstationen bislang meist keinen signifikant abnehmenden Trend. Die Belastungsschwelle für Waldökosysteme von 10 000 (µg/m<sup>3</sup>) \* h wird an allen Messorten in allen Jahren überschritten. Um einer Schädigung der Waldbäume durch Ozon zukünftig vorbeugen zu können, reichen die bislang ergriffenen Luftreinhaltemaßnahmen demnach nicht aus.

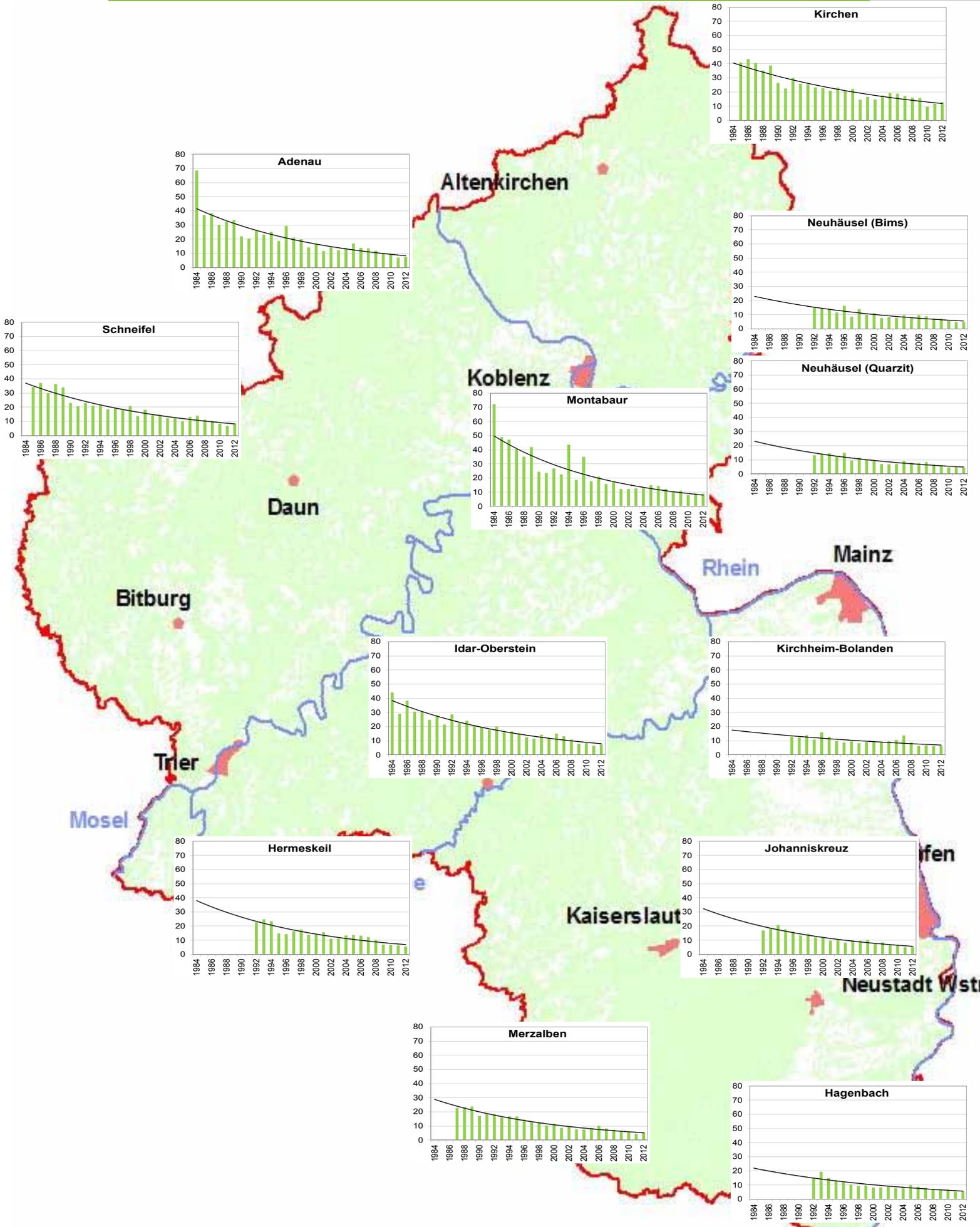
Um den Weg der Luftverunreinigungen von der Emission über die Immission weiter zu verfolgen, wird seit Mitte der 1980er Jahre auch die atmosphärische Deposition der Luftverunreinigungen in den Waldökosystemen gemessen. Unter „Deposition“ versteht man in diesem Zusammenhang den Fluss von Fremdstoffen, die durch natürliche und anthropogene Prozesse in die Atmosphäre gelangen und von dort nach mehr oder weniger weitem Transport wieder an der Erdoberfläche deponiert werden. Wälder besitzen mit ihrem Kronenraum meist eine große und raue Oberfläche. Daher sind die atmosphärischen Stoffeinträge unter Wald meist höher als bei anderen Landnutzungsformen. Über die atmosphärische Deposition werden vor allem Schwefel- und Stickstoffverbindungen, Calcium, Magnesium und Kalium, aber auch Meersalz (Natrium, Chlorid) und eine Fülle von Spurenstoffen darunter auch Schwermetalle in den Waldökosystemen abgelagert. Die atmosphärische Deposition trägt zum einen zur Versorgung der Ökosysteme mit Nährstoffen bei, führt auf der anderen Seite aber auch zu Bodenversauerung, Stickstoffeutrophierung und Belastung der Böden mit gegebenenfalls toxisch wirkenden Schwermetallen. Depositionsmessungen erfolgen in Rheinland-Pfalz aktuell an 11 Standorten jeweils auf Frei-

flächen und unter Waldbeständen. Aus den ermittelten Flussraten mit dem Freiland- und Bestandesniederschlag werden unter Einsatz von Kronenraummodellen Gesamtdepositionsraten aller bedeutsamen Komponenten und auch die (potentielle) Säuredeposition hergeleitet. Auch werden die Daten zur Eintrags-Austragsbilanzierung von Nähr- und Schadstoffen verwendet. Dabei werden neben Eintrag aus der atmosphärischen Deposition auch die Freisetzung aus der Mineralverwitterung, die Entnahme mit der Holzernte und der Austrag mit dem Sickerwasserfluss kalkuliert. Diese Bilanzierungen lassen Aussagen zu, ob die Ökosysteme unter den aktuellen Bedingungen Nährstoffe verlieren oder anreichern und ob die Böden weiterhin versauern.

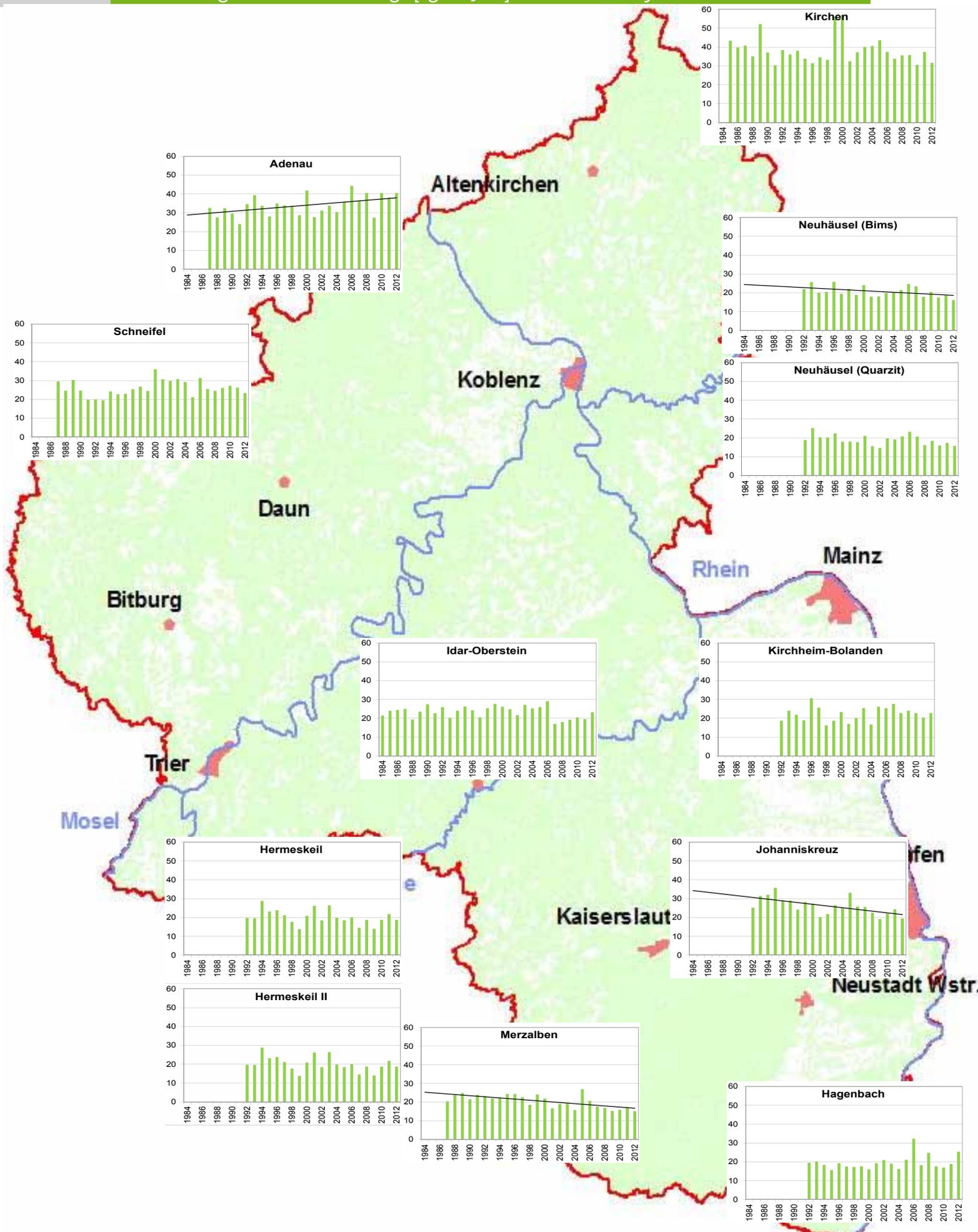
Die Schwefeldeposition in unseren Waldökosystemen ist von 40 bis 70 kg/ha\*Jahr Mitte der 1980er Jahre auf aktuell 5 bis 13 kg/ha\*Jahr zurückgegangen. Die Luftreinhaltemaßnahmen führen somit zu einer erheblichen Entlastung der Waldökosysteme im Hinblick auf den Eintrag von Schwefelverbindungen. Allerdings besitzen unsere Waldböden ein „Langzeitgedächtnis“ in Form von im Boden aufgespeichertem Sulfat. Dieses stammt aus der Zeit mit deutlich höheren Schwefeleinträgen. Das gespeicherte Sulfat wird nur sehr langsam wieder aufgelöst und mit dem Sickerwasser ausgetragen. Die hiermit verbundenen immer noch hohen Sulfatkonzentrationen im Sickerwasser haben zur Folge, dass zusammen mit den Sulfatanionen in hohen Raten auch Kationen ausgewaschen werden. Dabei gehen dem Ökosystem wichtige Nährstoffe, vor allem Magnesium, Calcium und Kalium verloren. Die „Altlasten“ aus den überhöhten Schwefeleinträgen bis Ende der 1980er Jahre wirken demnach immer noch negativ auf den Nährstoffhaushalt unserer Waldökosysteme nach.

Stickstoff gelangt in unterschiedlichen Verbindungen in unsere Waldökosysteme. Über die atmosphärische Deposition werden vor allem Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) und organisch gebundener Stickstoff (N<sub>org</sub>) eingetragen. Der Gesamtstickstoffeintrag (NO<sub>3</sub>-N + NH<sub>4</sub>-N + N<sub>org</sub>) liegt über die gesamte Zeitreihe an nahezu allen Messorten über den ökosystemverträg-

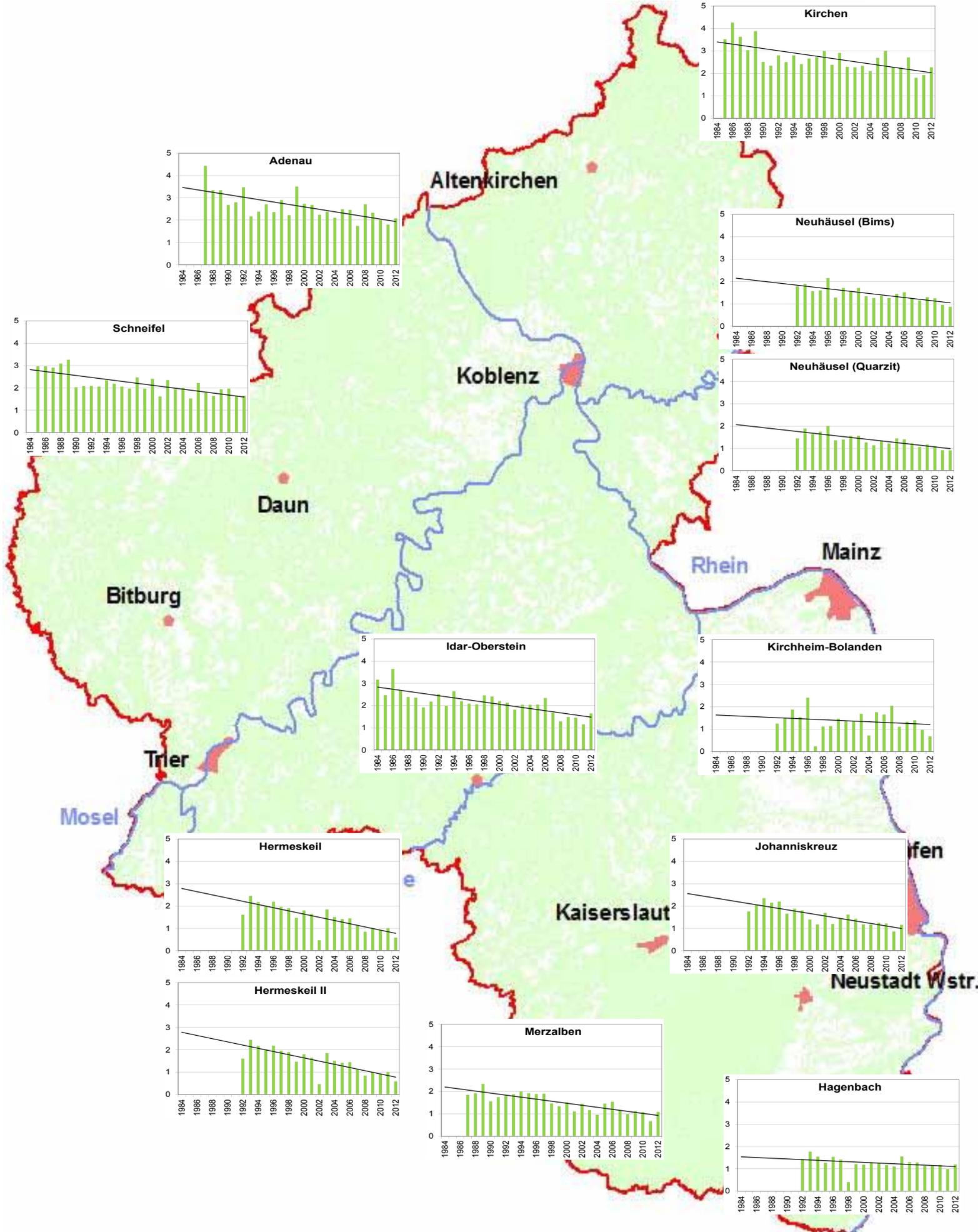
# Entwicklung der Schwefeleinträge [kg/ha·Jahr] in die Waldökosysteme



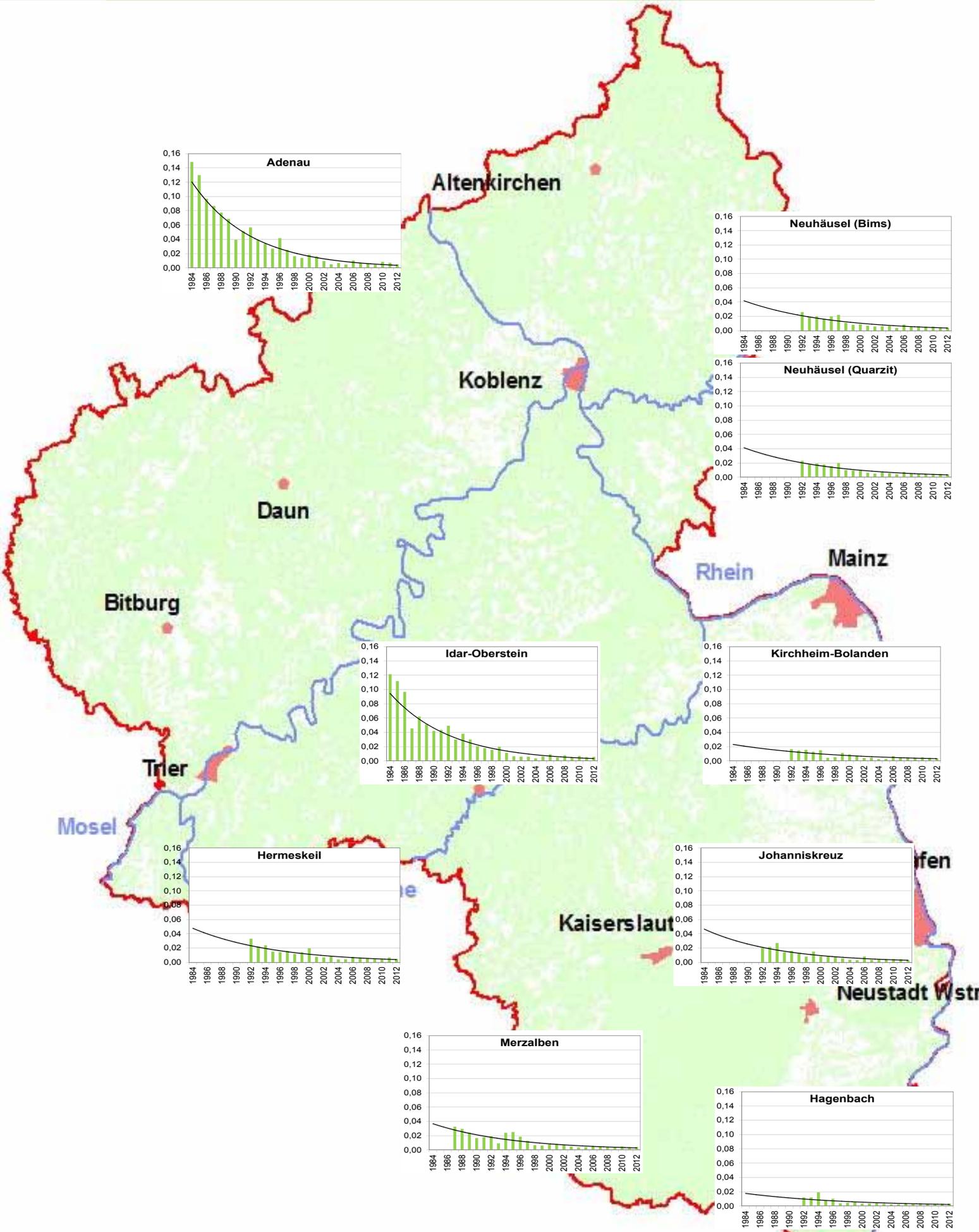
# Entwicklung der Stickstoffeinträge [kg/ha·Jahr] in die Waldökosysteme



# Entwicklung der Säureeinträge [kmol<sub>e</sub>/ha·Jahr] in die Waldökosysteme



# Entwicklung der Bleieinträge [kg/ha·Jahr] in die Waldökosysteme



lichen Schwellenwerten (maximal 5 bis 15 kg N/ha\*Jahr). Zudem zeigen die Ökosystembilanzen in der Regel deutliche Überschüsse. Daher ist mit einer kontinuierlichen Stickstoffanreicherung in den Waldökosystemen und einer fortschreitenden Stickstoffeutrophierung mit einer Fülle an negativen Folgen wie Bodenversauerung, Nährstoffungleichgewichte, Schädigung von Bodenlebewesen und Veränderungen in der Zusammensetzung der Waldbodenvegetation zu rechnen.

Die Zeitreihen der Stickstoffeinträge zeigen bislang keine einheitliche Entwicklung: nur an drei der 11 Messstationen ergibt sich ein signifikant abnehmender, an einer Station ein signifikant zunehmender und an sieben Stationen kein signifikanter Trend. Die Anstrengungen zur Verringerung der Stickstoffemission aus dem Straßenverkehr und vor allem aus der Landwirtschaft müssen daher verstärkt fortgesetzt werden.

Aus den Depositionsmessdaten lassen sich auch die Einträge an (Netto-)Säure herleiten. Hierzu werden die Gesamtdepositionen der Einträge an Sulfat, Nitrat, Ammonium und Chlorid aufsummiert und die Summe der Einträge an Calcium, Magnesium und Kalium hiervon abgezogen. Die Berechnungen erfolgen auf Ionenäquivalentbasis ( $\text{kmol}_c/\text{ha}^*\text{Jahr}$ ) und in die Kalkulationen gehen nur die nicht meersalzbürtigen Anteile der Deposition ein.

Die Säureeinträge sind in der Zeitreihe an neun der elf Messstationen signifikant gesunken. Dies korrespondiert mit dem deutlich angestiegenen pH-Wert des Niederschlagswassers sowohl im Freiland als auch im Kronentraufwasser unter den Waldbeständen (vgl. Kap. „Einflüsse auf den Waldzustand“). Die Abnahme der Säureeinträge ist vor allem auf die deutlich gesunkenen Einträge an Sulfat zurückzuführen und belegt somit die Wirksamkeit der Schwefeldioxid-Emissionsminderung. Allerdings überschreiten die Säureeinträge zum Teil noch die Verträglichkeitsschwellen der Ökosysteme (Critical Loads). Daher sind weitere Anstrengungen zur Reduktion insbesondere der Emission der Stickstoffverbindungen und auch weiterhin Bodenschutzkalkungen erforderlich.

Luftreinhaltemaßnahmen, insbesondere der Ersatz von Blei als Antiklopfmittel in Kraftstoffen, aber auch andere Maßnahmen im Industriebereich haben zu einem deutlichen Rückgang der Schwermetalleinträge in den Waldgebieten geführt. So ist der Bleieintrag in die rheinland-pfälzischen Waldökosysteme seit den 1980er Jahren um mehr als 90 % gesunken. Auch die Einträge an Zink und Cadmium sind merklich zurückgegangen. Die Befunde der landesweiten Waldbodenzustandserhebung belegen eine deutliche Abnahme der Bleigehalte in der Humusaufgabe zwischen den Erhebungen 1989 und 2006. Da zudem infolge der zurückgegangenen Säureeinträge und der Bodenschutzkalkung eine Verringerung der Bodenversauerung in der Humusaufgabe und im oberen Mineralboden und damit in den besonders schwermetallreichen Bodenschichten erreicht wurde, dürfte die biologische Verfügbarkeit der Schwermetalle und damit ihr Schadpotential inzwischen merklich reduziert sein.

Für viele Ökosystemfunktionen, wie die Puffer- und Filterwirkung des Bodens und die Bereitstellung von Nährstoffen, ist die chemische Beschaffenheit des Bodenwassers von großer Bedeutung. Daher werden im forstlichen Umweltmonitoring in Rheinland-Pfalz an aktuell 14 Flächen mit Hilfe von Saugkerzen und Unterdrucksystemen Bodenwasserproben aus unterschiedlichen Bodentiefen gewonnen und chemisch analysiert. Die Flächen sind nicht gekalkt. An zwei Flächen wurden gesonderte Kalkungspartellen eingerichtet.

An 6 der 14 Flächen zeigt die 20 bis 25 Jahre umfassende Zeitreihe einen leichten Anstieg des pH-Wertes, an den übrigen Flächen keinen Trend. Die Sulfatkonzentration ist überall deutlich gesunken. Die Nitratgehalte im Bodenwasser sind an 4 Flächen angestiegen und an einer Fläche gesunken. An den übrigen Flächen zeigen sich erheblich schwankende Nitratkonzentrationen ohne gerichteten Trend. Die Gehalte der als Kationen im Bodenwasser befindlichen Elemente Calcium, Kalium, Magnesium und Aluminium sind meist mehr oder minder deutlich gesunken. Dies dürfte im Wesentlichen auf der erheblichen Abnahme

der Konzentration der Sulfatanionen zurückzuführen sein. Das molare Verhältnis der Summe der Basekationen  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  und  $\text{K}^+$  zu  $\text{Al}^{+++}$ , ein Indikator für die Gefährdung von Pflanzenwurzeln und Bodenorganismen durch Aluminiumtoxizität, ist meist unverändert geblieben und liegt an einigen Flächen nach wie vor im „Risikobereich“ (Werte  $<1$ ). Auf gekalkten Parzellen wurde demgegenüber der „Risikobereich“ wenige Monate nach der Kalkung verlassen.

Die Zeitreihen der Bodenwasseranalysen bestätigen somit die Befunde der Immissions- und Depositionsmessungen: Die Belastungen durch Schwefel sind zurückgegangen, nicht dagegen die Belastungen durch Stickstoff. Die Gefährdung der Ökosysteme durch Versauerung ist auf nicht gekalkten Flächen mit basenarmen Böden nach wie vor akut.

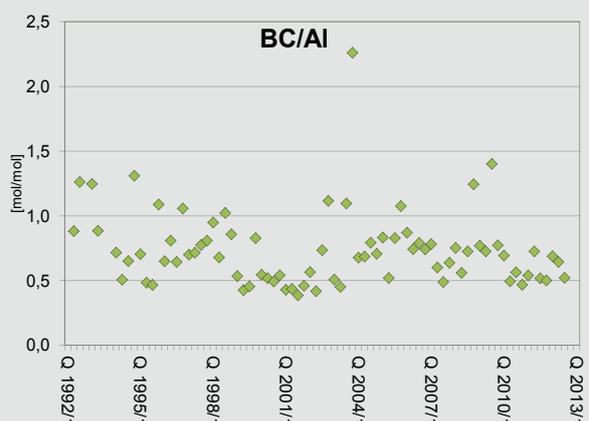
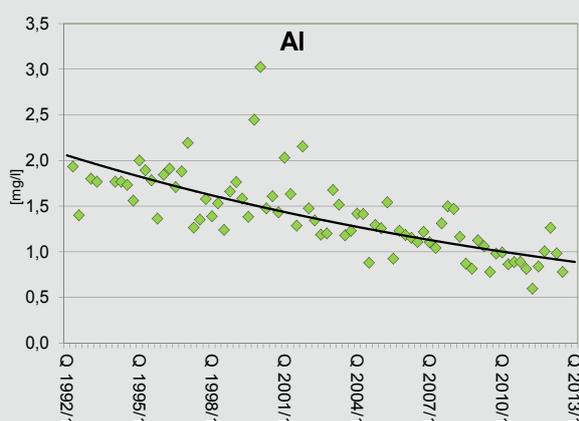
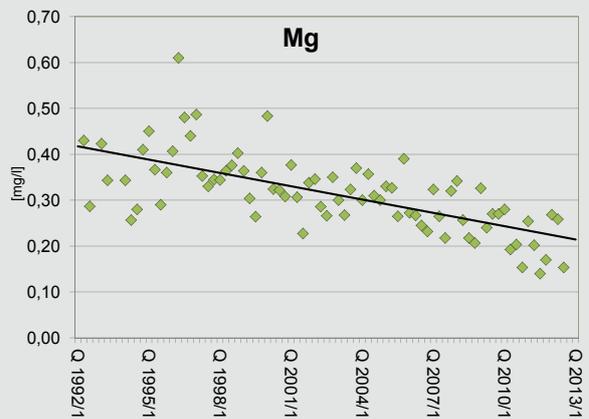
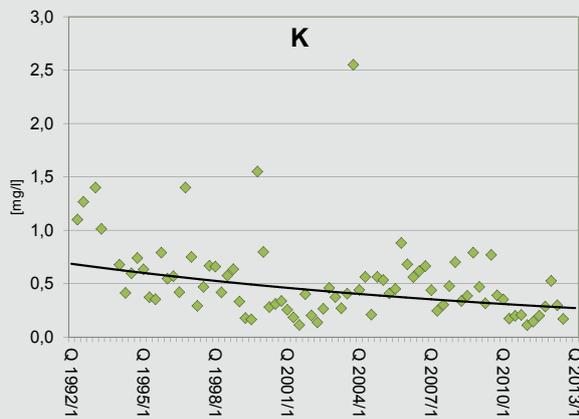
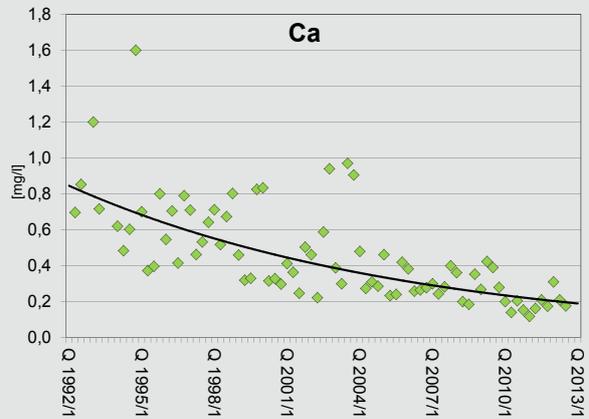
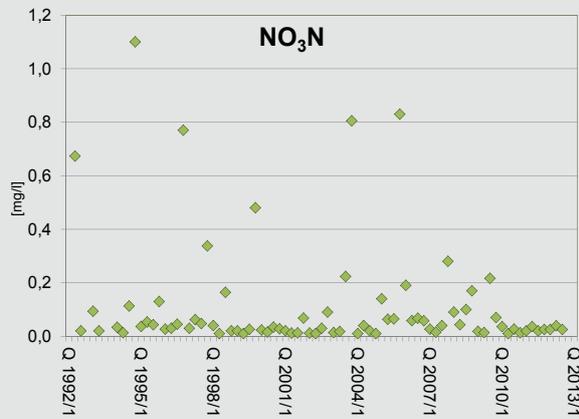
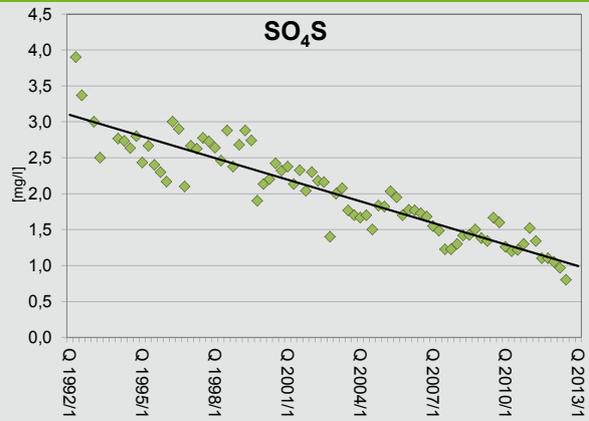
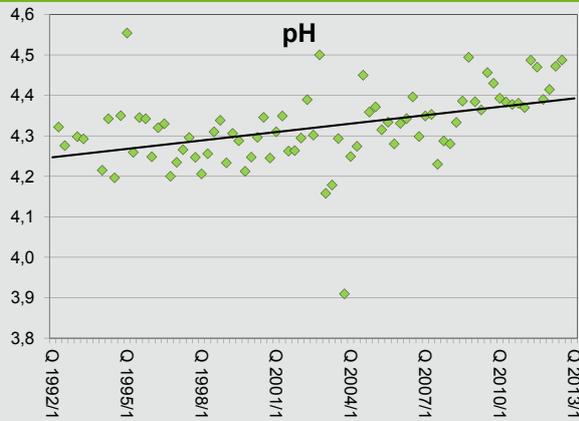
In der Zusammenschau belegen die bis zu drei Jahrzehnte umfassenden Zeitreihen des forstlichen Umweltmonitorings in Rheinland-Pfalz eindeutig die Erfolge der Maßnahmen zur Emissionsminderung, weisen aber auch auf die noch bestehenden Defizite, vor allem in der Verringerung der Stickstoffemission und der Vorläufersubstanzen für Ozon hin.

Zur Reduzierung der Stickoxidemission im Verkehrsbereich sind weitere Maßnahmen bereits vorgesehen - etwa die Euro 6/VI-Norm für PKW/

LKW. In der Landwirtschaft sind zur Verringerung der Ammoniakemission die konsequente Anwendung der guten fachlichen Praxis und insbesondere die strikte Einhaltung der Vorschriften zur Ausbringung und Lagerung von Wirtschaftsdüngemitteln zwingend. Auch jeder Einzelne kann durch bewusste Ernährung, insbesondere eine sinnvolle Einschränkung des Fleischkonsums, zur Reduktion der Ammoniakemission beitragen. Auf versauerungsgefährdeten Standorten muss der Waldboden zudem weiterhin durch Bodenschutzkalkung geschützt werden. Dank der Abnahme der Säurebelastungen sind Kalkungen allerdings nicht mehr so häufig notwendig wie in den vergangenen Jahrzehnten. Zur Verringerung der Ozonbelastung muss der Ausstoß der Vorläufersubstanzen im Verkehrsbereich, bei der Verwendung von Lösemitteln, bei Industrieprozessen, im Gewerbe und in privaten Haushalten weiter gesenkt werden.

Trotz der bereits deutlich sichtbaren Erfolge dürfen die Anstrengungen zur weiteren Emissionsbegrenzung nicht nachlassen. Da sich Luftverunreinigungen grenzüberschreitend ausbreiten, gilt dies nicht nur für Deutschland: Die für 2010 festgelegten nationalen Emissionshöchstmengen der NEC-Richtlinie 2001/81/EG vom 23.10.2001 sollten in allen europäischen Ländern mit ambitionierten Zielen fortgeschrieben werden.

Zeitreihen des pH-Wertes und der Konzentrationen von Sulfatschwefel, Nitratstickstoff, Calcium, Kalium, Magnesium, Aluminium sowie des Stressindikators BC/Al im Bodenwasser aus 60 cm Tiefe auf einer Kiefern-Buchen-Level II-Fläche (0707 Johanniskreuz) im Pfälzerwald



## Anhang 1

Entwicklung der Waldschäden nach Baumarten im Vergleich der Jahre 1984 bis 2013 über alle Alter

Anteile der Schadstufen [in %]

Baumart	Jahr	ohne	schwach	Summe	mittel-	stark	ab-
		Schadens- merkmale 0	geschädigt 1	deutlich geschädigt 2-4	stark geschädigt 2	geschädigt 3	gestorben 4
Fichte	2013	37	42	21	19,3	0,8	0,5
	2012	34	41	25	23,3	0,7	1,0
	2011	44	37	19	17,1	0,9	0,6
	2010	41	39	20	18,0	0,7	1,2
	2009	36	38	26	23,8	0,8	1,0
	2008	44	37	19	17,2	1,1	0,6
	2007	45	34	21	18,8	1,2	1,0
	2006	35	42	23	21,5	1,0	0,9
	2005	32	46	22	20,1	0,9	0,7
	2004	40	38	22	20,8	1,1	0,5
	2003	39	36	25	23,1	0,8	0,7
	2002	46	35	19	17,0	1,2	0,7
	2001	56	30	14	12,9	0,6	0,2
	2000	47	40	13	11,9	0,6	0,3
	1999	41	43	16	15,3	0,6	0,3
	1998	47	38	15	13,5	1,0	0,3
	1997	55	31	14	13,3	0,6	0,2
	1996	51	36	13	11,3	0,8	0,4
	1995	53	35	12	10,6	0,6	0,4
	1994	52	35	13	11,8	0,6	0,2
	1993	63	29	8	6,6	1,6	0,0
	1992	63	27	10	8,1	1,4	0,0
	1991	57	33	10	8,9	1,3	0,2
	1990	57	36	7	6,2	0,6	0,0
	1989	59	32	9	8,1	0,9	0,0
	1988	55	36	9	8,1	0,5	0,0
	1987	56	33	11	10,1	0,8	0,3
	1986	57	33	10	8,8	0,5	0,2
	1985	59	32	9	8,0	0,5	0,1
	1984	64	29	7	7,0	0,2	0,2

Anteile der Schadstufen [in %]

Baumart	Jahr	ohne	schwach	Summe	mittel-	stark	ab-
		Schadens- merkmale	geschädigt	deutlich geschädigt	stark geschädigt	geschädigt	gestorben
		0	1	2-4	2	3	4
Kiefer	2013	45	47	8	6,8	0,2	0,9
	2012	44	45	11	9,8	0,4	0,6
	2011	34	50	16	14,2	1,1	0,7
	2010	45	46	9	8,1	0,4	0,7
	2009	36	54	10	8,6	0,5	0,5
	2008	32	48	20	17,3	1,7	0,5
	2007	37	48	15	14,1	0,7	0,2
	2006	31	51	18	16,9	0,4	0,4
	2005	30	51	19	17,2	1,1	0,5
	2004	27	54	19	17,4	0,7	1,1
	2003	24	57	19	17,9	0,5	0,2
	2002	40	49	11	9,6	0,9	0,7
	2001	43	46	11	8,6	1,2	0,8
	2000	34	56	10	9,4	0,5	0,0
	1999	30	61	9	8,9	0,5	0,0
	1998	32	60	8	6,8	0,4	0,4
	1997	40	53	7	6,2	0,3	0,5
	1996	31	61	8	7,1	0,2	1,0
	1995	33	58	9	7,5	0,0	1,2
	1994	46	47	7	6,5	0,1	0,6
	1993	37	56	7	7,1	0,0	0,0
	1992	42	53	5	5,1	0,0	0,0
	1991	40	51	9	8,5	0,0	0,2
	1990	41	55	4	3,9	0,1	0,1
	1989	43	52	5	5,0	0,1	0,2
	1988	42	51	7	7,1	0,0	0,1
	1987	48	46	6	5,6	0,0	0,4
	1986	39	54	7	6,1	0,1	0,3
	1985	35	51	14	13,0	0,6	0,4
	1984	36	52	12	11,0	0,5	0,1

Anteile der Schadstufen [in %]

Baumart	Jahr	ohne	schwach	Summe	mittel-	stark	ab-
		Schadens- merkmale 0	geschädigt 1	deutlich geschädigt 2-4	stark geschädigt 2	geschädigt 3	gestorben 4
Buche	2013	16	51	33	31,9	0,8	0,0
	2012	10	50	40	37,9	2,0	0,0
	2011	8	25	67	64,9	2,4	0,0
	2010	14	52	34	33,0	0,6	0,0
	2009	16	39	45	43,7	1,3	0,0
	2008	17	41	42	40,4	1,0	0,1
	2007	17	47	36	34,5	1,0	0,1
	2006	13	34	53	51,8	1,4	0,1
	2005	10	46	44	42,8	1,2	0,0
	2004	9	28	63	60	3,3	0,0
	2003	12	38	50	48,5	1,1	0,3
	2002	18	31	51	50,1	0,6	0,4
	2001	17	46	37	36,3	0,8	0,1
	2000	10	54	36	34,9	0,9	0,3
	1999	13	44	43	40,7	2,6	0,0
	1998	15	44	41	40,7	0,6	0,6
	1997	20	45	35	34,2	0,7	0,1
	1996	14	52	34	33,9	0,3	0,2
	1995	15	50	35	34,4	0,5	0,0
	1994	18	45	37	35,0	1,6	0,0
	1993	23	53	24	22,5	1,7	0,0
	1992	22	50	28	26,1	1,7	0,0
	1991	33	50	17	16,7	0,6	0,1
	1990	29	53	18	16,4	2,0	0,0
	1989	37	45	18	17,3	0,2	0,1
	1988	38	44	18	17,1	0,3	0,1
	1987	44	44	12	11,4	0,4	0,1
	1986	49	42	9	8,3	0,4	0,1
	1985	46	47	7	6,4	0,3	0,1
	1984	53	39	8	7,7	0,4	0,0

Anteile der Schadstufen [in %]

Baumart	Jahr	ohne	schwach	Summe	mittel-	stark	ab-
		Schadens- merkmale 0	geschädigt 1	deutlich geschädigt 2-4	stark geschädigt 2	geschädigt 3	gestorben 4
Eiche	2013	13	50	37	34,8	1,4	0,4
	2012	14	40	46	42,7	3,1	0,1
	2011	16	45	39	37,4	1,8	0,1
	2010	10	39	51	48,3	2,6	0,3
	2009	15	39	46	42,4	2,8	0,1
	2008	8	32	60	56,8	3,4	0,2
	2007	9	41	50	46,8	2,5	0,4
	2006	12	30	58	54,3	3,4	0,4
	2005	7	38	55	53,0	2,1	0,4
	2004	17	42	41	38,4	2,5	0,2
	2003	8	39	53	52,0	1,2	0,1
	2002	24	49	27	25,1	1,2	0,8
	2001	19	46	35	33,5	1,3	0,5
	2000	15	56	29	26,6	1,6	0,8
	1999	7	43	50	45,1	3,7	1,1
	1998	5	38	57	53,2	3,5	0,8
	1997	13	33	54	50,0	3,3	0,6
	1996	9	41	50	47,7	1,9	0,2
	1995	19	54	27	26,7	0,7	0,0
	1994	16	46	38	35,4	2,5	0,1
	1993	27	47	26	26,1	0,0	0,0
	1992	32	50	18	17,1	0,4	0,0
	1991	37	48	15	14,0	0,4	0,3
	1990	38	54	8	7,4	0,2	0,4
	1989	37	50	13	11,5	1,1	0,1
	1988	39	46	15	14,9	0,4	0,1
	1987	46	47	7	7,1	0,0	0,1
	1986	46	45	9	8,7	0,2	0,0
	1985	46	43	11	10,2	0,6	0,1
	1984	58	34	8	7,0	0,6	0,0

Anteile der Schadstufen [in %]

Baumart	Jahr	ohne	schwach	Summe	mittel-	stark	ab-
		Schadens- merkmale 0	geschädigt 1	deutlich geschädigt 2-4	stark geschädigt 2	geschädigt 3	gestorben 4
Sonstige	2013	42	44	14	12,6	0,7	0,3
Baumarten	2012	41	41	18	15,0	3,2	0,2
	2011	33	41	26	23,4	1,7	0,4
	2010	40	44	16	14,0	1,4	0,6
	2009	48	37	15	12,6	1,4	0,5
	2008	41	42	17	15,3	1,2	0,3
	2007	37	39	24	20,5	2,6	0,5
	2006	30	36	34	30,5	3,0	0,3
	2005	35	45	20	17,2	2,2	0,5
	2004	36	39	25	22,4	2,5	0,4
	2003	37	41	22	20,0	2,1	0,3
	2002	54	30	16	14,0	1,5	0,4
	2001	63	28	9	8,1	0,9	0,2
	2000	51	42	7	6,4	0,7	0,4
	1999	47	42	11	9,3	1,2	0,5
	1998	50	39	11	10,1	0,4	0,8
	1997	55	31	14	12,2	1,0	0,7
	1996	60	27	13	11,4	0,9	1,0
	1995	65	21	14	12,1	1,1	0,6
	1994	61	28	11	9,4	1,2	0,3
	1993	74	20	6	4,0	0,5	1,2
	1992	62	32	6	2,6	3,8	0,0
	1991	67	26	7	6,4	0,4	0,3
	1990	66	28	6	4,7	1,7	0,0
	1989	67	26	7	4,7	1,0	0,8
	1988	74	22	4	3,6	0,4	0,3
	1987	76	19	5	4,1	0,4	0,1
	1986	78	17	5	4,0	0,8	0,0
	1985	78	18	4	3,5	0,5	0,1
	1984	75	18	7	5,7	0,6	0,5

Anteile der Schadstufen [in %]

Baumart	Jahr	ohne	schwach	Summe	mittel-	stark	ab-
		Schadens- merkmale 0	geschädigt 1	deutlich geschädigt 2-4	stark geschädigt 2	geschädigt 3	gestorben 4
Alle	2013	30	47	23	21,8	0,8	0,4
Baumarten	2012	29	43	28	26,1	1,9	0,4
	2011	28	39	33	31,2	1,6	0,4
	2010	30	44	26	24,1	1,1	0,6
	2009	31	41	28	26,6	1,3	0,5
	2008	29	40	31	29,0	1,6	0,4
	2007	31	41	28	26,4	1,6	0,5
	2006	25	39	36	34,1	1,8	0,5
	2005	24	45	31	29,1	1,4	0,5
	2004	27	39	34	31,7	2,0	0,4
	2003	26	41	33	31,5	1,1	0,4
	2002	38	38	24	22,8	1,1	0,6
	2001	41	38	21	19,6	0,9	0,4
	2000	34	48	18	17,0	0,8	0,4
	1999	29	46	25	22,6	1,5	0,4
	1998	33	42	25	23,2	1,1	0,4
	1997	38	38	24	22,7	1,1	0,4
	1996	36	42	22	20,9	0,8	0,5
	1995	39	42	19	17,6	0,6	0,4
	1994	39	40	21	19,3	1,2	0,2
	1993	46	40	14	12,8	0,9	0,2
1992	46	41	13	11,7	1,5	0,0	
1991	47	41	12	10,8	0,6	0,2	
1990	47	44	9	7,7	0,9	0,1	
1989	50	40	10	9,4	0,7	0,2	
1988	50	39	11	10,1	0,3	0,1	
1987	54	37	9	8,1	0,4	0,2	
1986	54	38	8	7,5	0,4	0,1	
1985	54	37	9	8,1	0,5	0,1	
1984	58	34	8	7,5	0,5	0,2	

### Entwicklung des Probestaumkollektives nach Baumarten

Im Jahr 1984 wurde das Stichprobenraster angelegt und die Ausgangslage zum Beginn der Zeitreihe dokumentiert. Alle folgenden Erhebungen erfolgten auf dem gleichen Grundraster, damit sind Veränderungen im Vergleich zur Ausgangslage zu erkennen. Die Zusammensetzung des Probestaumkollektives hat sich im Laufe der Jahre verändert. Der Anteil an Fichte ist geringer geworden. Die Fichtenbestände waren durch die verheerenden Sturmwürfe 1990 besonders betroffen; die Wiederaufforstungen erfolgten mit höheren Laubholzanteilen. Die Zahl der Probestaumpunkte ist größer geworden, bei der Überprüfung des Rasters sind etliche Stichprobenpunkte, die in Wald fallen, neu angelegt worden. Diese Punkte ergaben sich aus Erstaufforstungen nach 1984 und solchen Punkten die bei der Anlage des Rasters 1984 übersehen wurden (z.B. in kartographisch nicht erfasstem Kleinprivatwald), hierbei waren überproportional die sonst weniger häufigen Laubbaumarten vertreten.

Art (Gattung)	Anzahl		Anteil (in %)	
	2013	1984	2013	1984
Fichte	2865	3371	25,3	32,9
Buche	2388	1918	21,1	18,7
Eiche	2151	1718	19,0	16,8
Kiefer	1567	1633	13,8	15,9
Douglasie	460	359	4,1	3,5
Lärche	355	349	3,1	3,4
Hainbuche	328	224	2,9	2,2
Esche	198	96	1,7	0,9
Ahorn	175	62	1,5	0,6
Birke	174	118	1,5	1,2
Erle	148	27	1,3	0,3
Kirsche	89	32	0,8	0,3
Esskastanie	87	53	0,8	0,5
Tanne	64	63	0,6	0,6
Kulturpappel	58	52	0,5	0,5
Roteiche	38	29	0,3	0,3
Linde	37	42	0,3	0,4
Eberesche	36		0,3	
Robinie	34	9	0,3	0,1
Aspe	29	31	0,3	0,3
Salweide	14		0,1	
andere Weiden	12	7	0,1	0,1
Strobe	5	19	0,0	0,2
Mehlbeere	8		0,1	
Elsbeere	4		0,0	
Ulme	1	9	0,0	0,1
Holzapfel	1		0,0	
Pflaume	1		0,0	
Weißdorn	1		0,0	
nicht spezifizierte Laubbäume		27		0,2
Insgesamt	11328	10248	100,0	100,0

## Anhang 3

### Abkommen und gesetzliche Regelungen zur Luftreinhaltung

Maßnahme	Jahr	Ziel
<b>Internationale Abkommen und Richtlinien</b>		
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
Oslo-Protokoll	1994	Reduzierung der Schwefelemissionen
Sofia-Protokoll	1988	Rückführung der Stickstoffoxidemissionen
Genfer-Protokoll	1991	Rückführung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen
Aarhus-Protokoll	1998	Rückführung von Schwermetallen und persistenten organischen Verbindungen
Göteborg-Protokoll	1999	Bekämpfung von Versauerung, Eutrophierung und bodennahem Ozon
Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa	2008	Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität EU-Immissionsgrenzwerte für Schwefeldioxid, Stick- stoffoxide, Benzol Partikel (PM10, PM2.5) und Blei sowie Ozon in der Luft
Richtlinie über Arsen, Cadmium, Quecksilber, Nickel und PAK in der Luft	2004	Zielwerte in der Luft, die bis 2012 eingehalten werden sollen
Thematische Strategie zur Luftreinhaltung (CAFE = Clean Air For Europe)	2005	Verbesserter Schutz der menschlichen Gesundheit, Reduzierung der Versauerung und Eutrophierung
Richtlinie über nationale Emissionshöchstgrenzen für bestimmte Luftschadstoffe (NEC = National Emissions Ceilings)	2002	Festsetzen von nationalen Emissionshöchstgrenzen für die Mitgliedstaaten bei den Schadstoffen SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> und VOC
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 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)
<b>Nationale Regelungen</b>		
Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)	2005	Neufassung vom September 2002
1. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchV)	2010	Neufassung der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen
2. BImSchV	2004	Neufassung der Verordnung über die Emissions- begrenzung von leichtflüchtigen organischen Verbindungen

Maßnahme	Jahr	Ziel
10. BImSchV	2010	Verordnung über die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualitäten von Kraftstoffen
13. BImSchV	2012	Neufassung der Verordnung über Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen
17. BImSchV	2009	Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen
20. BImSchV	2009	Neufassung der Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen beim Umfüllen und Lagern von Ottokraftstoffen
21. BImSchV	2002	Neufassung der Verordnung zur Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen bei der Betankung von Kraftfahrzeugen
28. BImSchV	2004	Verordnung über Emissionsgrenzwerte bei Verbrennungsmotoren
31. BImSchV	2004	Neufassung der Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen
35. BImSchV	2006	Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung
36. BImSchV	2007	Verordnung zur Durchführung der Regelungen der Biokraftstoffquote
39. BImSchV	2010	Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen
Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung (Biokraft-NachV)	2009	Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen
TA Luft	2002	Neufassung der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft, Emissionsbegrenzung bei Industrieanlagen nach dem Stand der Technik
Änderungen der Kfz-Steuerregelung	2009	Ausrichtung der Kfz-Steuer für Pkw nach dem Emissionsverhalten und CO <sub>2</sub> -Emissionen
EURO 1 Norm für Pkw	1991	Verschärfung der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 1992/93
EURO I Norm für Lkw	1991	Verschärfung der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 1992/93
EURO II Norm für Lkw	1991	2. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 1995/96
EURO 2 Norm für Pkw	1994	2. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 1996/97
EURO 3 Norm für Pkw	1998	3. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 2000/2001
EURO 4 Norm für Pkw	1998	4. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 2005/2006
EURO 5 Norm für Pkw	2006	5. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 2009/2010
EURO III Norm für Lkw	1999	3. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 2000
EURO IV Norm für Lkw	1999	4. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 2005
EURO V Norm für Lkw	1999	5. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw (NO <sub>2</sub> ) ab 2008
EURO 6 Norm für Pkw	2007	6. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 2014/2015
EURO IV Norm für Lkw	2007	6. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 2013/2014

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Landesregierung Rheinland-Pfalz herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einer politischen Gruppe verstanden werden könnte.

Das Waldmonitoring in Rheinland-Pfalz ist eingebunden in das deutsche und europäische Forstliche Umweltmonitoring.

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

Die Darstellungen zu den Witterungsverhältnissen und den Wasserhaushaltsuntersuchungen enthalten Ergebnisse des EU-Interreg IVB-Projekts ForeStClim ([www.forestclim.eu](http://www.forestclim.eu)).





Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR  
UMWELT, LANDWIRTSCHAFT,  
ERNÄHRUNG, WEINBAU  
UND FORSTEN

Kaiser-Friedrich-Straße 1  
55116 Mainz

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