



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR  
UMWELT, FORSTEN UND  
VERBRAUCHERSCHUTZ

# WALDZUSTANDS- BERICHT 2010



Landesforsten  
Rheinland-Pfalz

## Impressum

### Herausgeber

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

Mainz, November 2010

### Konzeption, Recherche und Redaktion

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

### Gestaltung, Grafik und Satz

Gellert und Partner Marketing-Service GmbH  
Bad Kreuznach

### Titelbild:

Beprobung des Bodensickerwassers an einer  
Messstation zur Untersuchung der Klimawandel-  
folgen im Wald

Foto: Landesforsten RLP/Markus Hoffmann

# WALDZUSTANDS- BERICHT 2010

---

	Seite
<b>Vorwort</b>	<b>4</b>
<b>Waldzustand 2010 im Überblick</b>	<b>6</b>
<b>Waldzustandserhebung (WZE)</b>	<b>10</b>
<b>Einflüsse auf den Waldzustand</b>	<b>26</b>
■ Entwicklung der Luftschadstoffbelastung	27
■ Witterungsverhältnisse	36
■ Eichenmehltau	38
■ Allgemeine Waldschutzsituation	39
<b>Schwermetalle in Waldökosystemen – Belastung spürbar gesunken</b>	<b>44</b>
<b>Biodiversität</b>	<b>50</b>
<b>Anhänge</b>	
■ Entwicklung der Waldschäden	70
■ Probestaumkollektiv 2010	76
■ Abkommen und gesetzliche Regelungen zur Luftreinhaltung	77

# VORWORT



Der vorliegende Waldzustandsbericht 2010 für Rheinland-Pfalz verdeutlicht, dass sich der bereits in den letzten Jahren beobachtete Trend einer leichten Verbesserung des Waldzustandes weiter fortsetzt. Diese Entwicklung kann als erfolgreiches Resultat eines umweltpolitischen Maßnahmenbündels gewertet werden, dessen Schwerpunkte in der Luftreinhaltung, in Aktivitäten zum Schutz der Waldböden sowie waldbaulichen Maßnahmen gesetzt wurden. Horrorszenarien großflächig absterbender Wälder, wie sie zu Beginn der 80er Jahre projiziert wurden, konnten auf diese Weise abgewendet werden. Angesichts des mühsamen und nur teilweise erfolgreichen internationalen Bemühens um den Erhalt der Wälder unserer Erde ist dieser Erfolg ein Ansporn, auch international Verantwortung für die Sicherung der Wälder für künftige Generationen zu tragen und eine Vorreiterrolle einzunehmen.

Der Schutz der Wälder ist wohl eines der vorrangigsten Probleme auf der Agenda der internationalen Umweltpolitik, aber auch in anderen Politikfeldern: Der Schutz der Erdatmosphäre, die Bekämpfung von Armut, die Frage der Zunahme der Weltbevölkerung und nicht zuletzt die Bewahrung der Biodiversität sind Themen, die aufs Engste mit dem Schutz der Wälder verknüpft sind. Insofern ist es nur konsequent, wenn dem „Internationalen Jahr der Biodiversität 2010“ das „Internationale Jahr der Wälder“ im kommenden Jahr folgt.

Eine ganze Reihe von Indikatoren zum Zustand des Waldes weisen darauf hin, dass es heute

---

mehr denn je gut um den Wald in Rheinland-Pfalz bestellt ist: Die Waldfläche bleibt stabil auf hohem Niveau, der Anteil der Laubbäume steigt kontinuierlich an und die Totholzvorräte – Schlüsselemente für die Biodiversität im Wald – haben inzwischen ein Niveau erreicht, das seit dem Höhepunkt der Waldzerstörung im ausgehenden 18. Jahrhundert nicht mehr erreicht worden ist. Durch eine Reihe von Monitoringinstrumenten ist nachweisbar, dass die Biodiversität unserer Wälder im Aufwind ist, eine Entwicklung, die wir über viele Jahre hinweg planmäßig verfolgen, die aber insbesondere im Jahr der Biodiversität eine besondere Aktualität aufweist.

Trotz aller Fortschritte und positiver Entwicklungen dürfen wir die Augen nicht vor den heute vor uns liegenden Herausforderungen verschließen, denen wir uns mit Blick auf die Vitalität und Diversität der Wälder stellen müssen: Trotz der enormen Fortschritte in der Luftreinhaltung überschreiten die Stickstoffeinträge vielerorts die langfristig ökosystemverträglichen Mengen. In der Konsequenz führt dies nicht nur zu Nährstoffungleichgewichten und Vitalitätsproblemen, sondern vielmehr zu einer großflächigen Egalisierung der Standortverhältnisse. Dort, wo die standörtliche Vielfalt verloren geht, ist auch die biologische Vielfalt in höchster Gefahr. Nach unserem heutigen Wissensstand werden auch die Auswirkungen des Klimawandels zu einer Gleichrichtung der Standortbedingungen führen, von dem wärme- und trockenheitstolerante Arten profitieren. Arten feuchter, kühler

Standorte dagegen werden negativ betroffen sein. Die hieraus begründete Sorge um die Erhaltung der Biodiversität wiegt umso schwerer, als dass das Tempo des Klimawandels nach allen durchgeführten Klimaprojektionen die Wanderungsgeschwindigkeit der Arten unter den heutigen Bedingungen einer vom Menschen geprägten Landschaft überschreitet.

Vor diesem Hintergrund ist es notwendig, nicht nur entschlossen an der Weiterentwicklung der Luftreinhalte- und Klimapolitik zu arbeiten sondern mit Hilfe geeigneter Monitoringinstrumente wie dem „Forstlichen Umweltmonitoring“ für heutige und zukünftige Herausforderungen die Hand am „Puls des Waldes“ zu haben. Rheinland-Pfalz wird sich daher auch dafür einsetzen, diese unverzichtbaren Instrumente im nationalen, europäischen und internationalen Kontext koordiniert und zielorientiert weiter zu entwickeln.

Margit Conrad  
Ministerin für Umwelt, Forsten und  
Verbraucherschutz des Landes Rheinland-Pfalz

# WALDZUSTAND 2010



# EIN ÜBERBLICK

Die leichte Verbesserung des Kronenzustandes der Waldbäume in Rheinland-Pfalz hat sich im Jahr 2010 fortgesetzt. Der Anteil der Bäume mit deutlichen Schäden ist um 2 Prozentpunkte auf 26 % gesunken. Allerdings ist auch der Anteil von Bäumen ohne sichtbare Schadensmerkmale um 1 Prozentpunkt auf 30 % zurückgegangen und der Anteil schwach geschädigter Bäume um 3 Prozentpunkte auf 44 % angestiegen. Bei den einzelnen Baumarten hat sich der Kronenzustand von Fichte und Buche gegenüber dem Vorjahr verbessert, der Kronenzustand der Eiche dagegen verschlechtert. Bei der Eiche haben Raupenfraß und Mehлтаubefall zur Verschlechterung des Kronenzustandes beigetragen. Bei der Kiefer blieb das vergleichsweise geringe Schadenniveau erhalten.

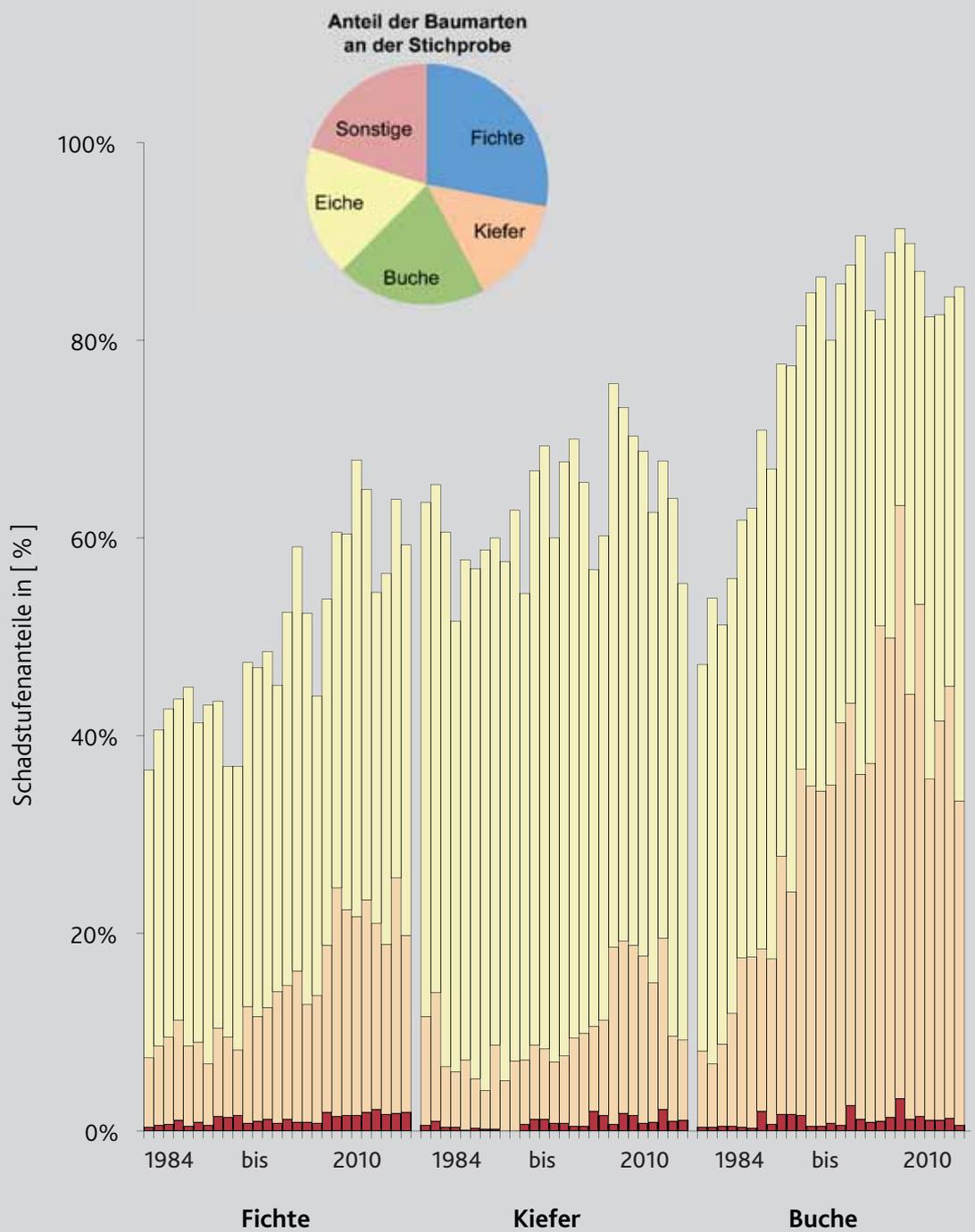
Die Belastungen der Waldökosysteme durch Schwefelverbindungen und Säureeinträge sind deutlich, die Stickstoffeinträge dagegen nur leicht zurückgegangen. Die Säure- und Stickstoffeinträge überschreiten vielerorts die ökosystemverträglichen Schwellenwerte noch erheblich. Die Ozonbelastung war in 2010 witterungsbedingt wieder höher als in den Vorjahren und überstieg die Belastungsschwelle für Waldökosysteme. Der Eintrag von Schwermetallen in die rheinland-pfälzischen Waldökosysteme ist weiter deutlich gesunken. Viele Waldökosysteme weisen jedoch aus Perioden mit noch höheren Einträgen, zum Beispiel vor der Einführung bleifreien Benzins, erhöhte Schwermetallgehalte auf.

Der Witterungsverlauf hat einen großen Einfluss auf die Waldökosysteme. Die Vegetationszeit 2010 war - wie meist in den beiden letzten Jahrzehnten - im Vergleich zum langjährigen Mittel zu warm.

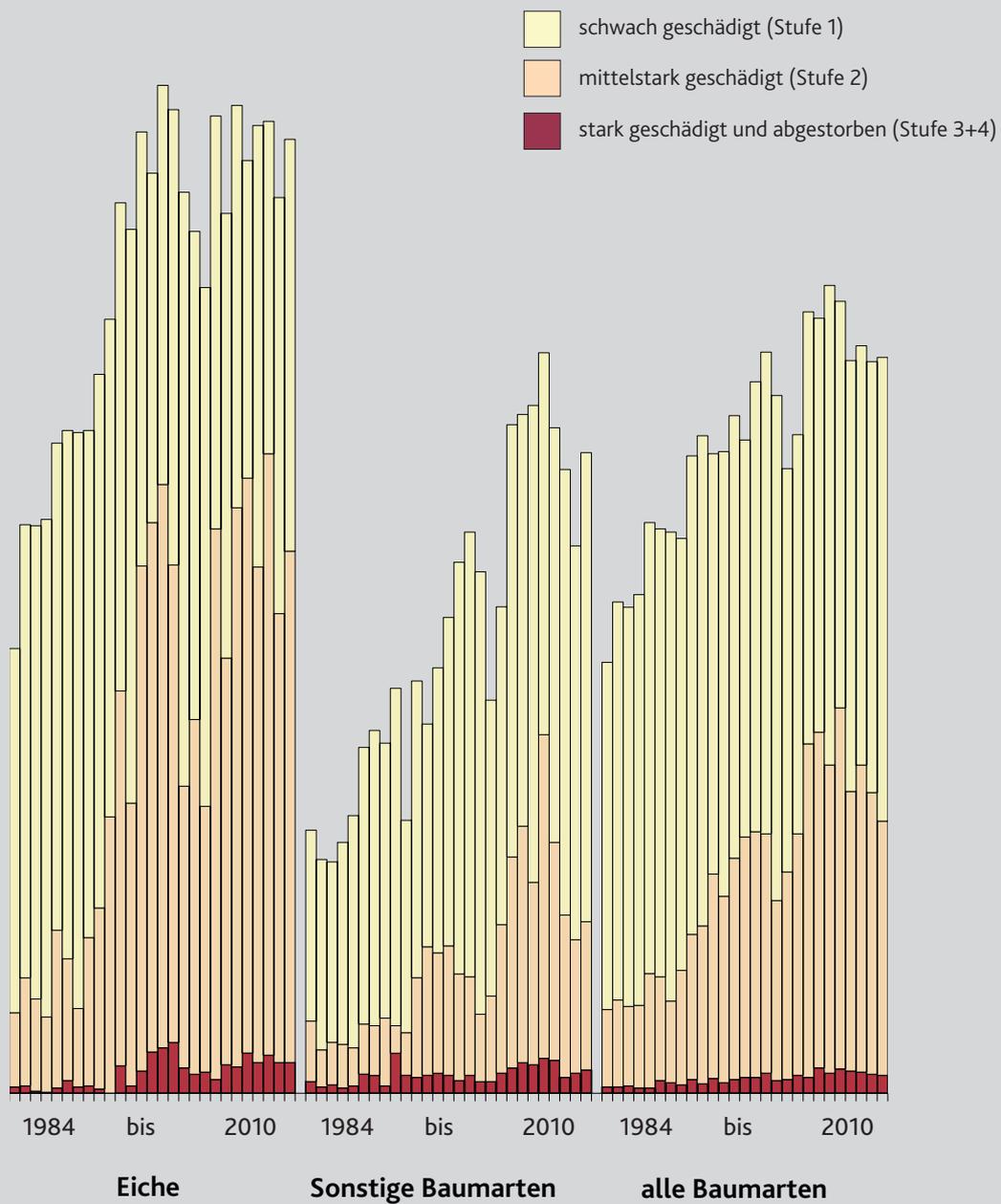
Durch Extremereignisse, allen voran durch den Sturm „Xynthia“ am 1. März mit einem Schadholzanfall von 2,1 Mio. Festmetern und auch durch lokale Hagelschauer entstanden auch im Jahr 2010 wieder erhebliche Schäden in unseren Wäldern.

Dem Wald kommt als einem naturnahen und sehr artenreichen Lebensraum eine besondere Bedeutung beim Erhalt der Biodiversität zu. Als walddreichtes Bundesland ist Rheinland-Pfalz in besonderem Maße der Erhaltung und Förderung der Vielfalt im Wald verpflichtet.

Die Eckpfeiler des Maßnahmenbündels zur Erhaltung der Biodiversität in unserem Wald bilden der naturnahe Waldbau einschließlich der Erhaltung und Pflege von Biotopen, die Waldentwicklung in Gebieten mit besonderen Schutzziele (z.B. Naturschutzgebiete, Schutzgebietsnetz Natura2000) sowie das Zulassen einer natürlichen Waldentwicklung in Naturwaldreservaten, den Kernzonen des Naturparks Biosphärenreservat Pfälzerwald und anderen ausgewählten Flächen. Um den Gefahren zu begegnen, die der Biodiversität durch Klimawandel und Luftschadstoffe drohen, sind besondere Anstrengungen zum Waldumbau, zur Förderung der genetischen Diversität der Waldbäume und Sträucher sowie zum Schutz der Vielfalt in unseren Waldböden erforderlich. Die Aufnahmen zur biologischen Vielfalt und ihrer Wirkungen in den Waldökosystemen im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings, der Waldinventuren und anderer Untersuchungen zeigen einen zunehmenden Anteil von Laubbäumen und Mischwäldern sowie bedeutende Totholzvorräte. Die landesweite Bodenzustandserhebung belegt die Wirksamkeit der ergriffenen Bodenschutzmaßnahmen zur Verringerung der Bodenversauerung und Wiederherstellung der standörtlichen Vielfalt.



## Entwicklung der Waldschäden von 1984 bis 2010 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 2010 hat sich der Kronenzustand von Fichte und Buche gegenüber dem Vorjahr verbessert, der Kronenzustand der Eiche dagegen verschlechtert. Bei der Kiefer blieb das vergleichsweise geringe Schadniveau erhalten. Über alle Baumarten und Altersstufen ist der Anteil deutlich geschädigter Bäume wie bereits im Vorjahr leicht gesunken.

### 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 2010 wurde der Kronenzustand an den Punkten der Unterstichprobe aufgenommen. Dabei wurden in Rheinland-Pfalz an 162 Aufnahmepunkten insgesamt 3.888 Stichprobenbäume begutachtet. An einem Aufnahmepunkt wurde der Waldbestand durch den Frühjahrssturm „Xynthia“ geworfen. Hier kann erst wieder eine Aufnahme erfolgen sobald der nachfolgende Jungbestand etabliert ist.

Die Unterstichprobe erlaubt statistisch abgesicherte Aussagen zur Schadentwicklung der Hauptbaumarten auf Landesebene.

Die Außenaufnahmen erfolgten einschließlich Schulung und Kontrollaufnahmen in der Zeit vom 05. Juli bis 23. Juli 2010.

26 Aufnahmepunkte sind zugleich Teil des europaweiten Leve 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)

### Waldzustand allgemein

Für die gesamte Waldfläche von Rheinland-Pfalz über alle Baumarten und Altersstufen hat sich der Zustand des Waldes gegenüber dem Vorjahr nur wenig verändert. Der Anteil deutlicher Schäden ist um 2 Prozentpunkte geringer als in 2009. Die mittlere Kronenverlichtung liegt um rund 0,5 Prozentpunkte unter dem Wert des Vorjahres; diese Veränderung ist aber nicht signifikant.

Die Entwicklung bei den einzelnen Baumarten differiert erheblich. Nachdem sich der Kronenzustand von Fichte und Buche von 2008 auf 2009 verschlechtert hatte, war auf 2010 wieder eine Verbesserung zu beobachten. Für die Eiche hingegen war nach der Verbesserung des Vorjahres eine Verschlechterung des Kronenzustandes zu verzeichnen. Auch bei den Nebenbaumarten zeigte sich überwiegend eine Verschlechterung des Kronenzustandes.

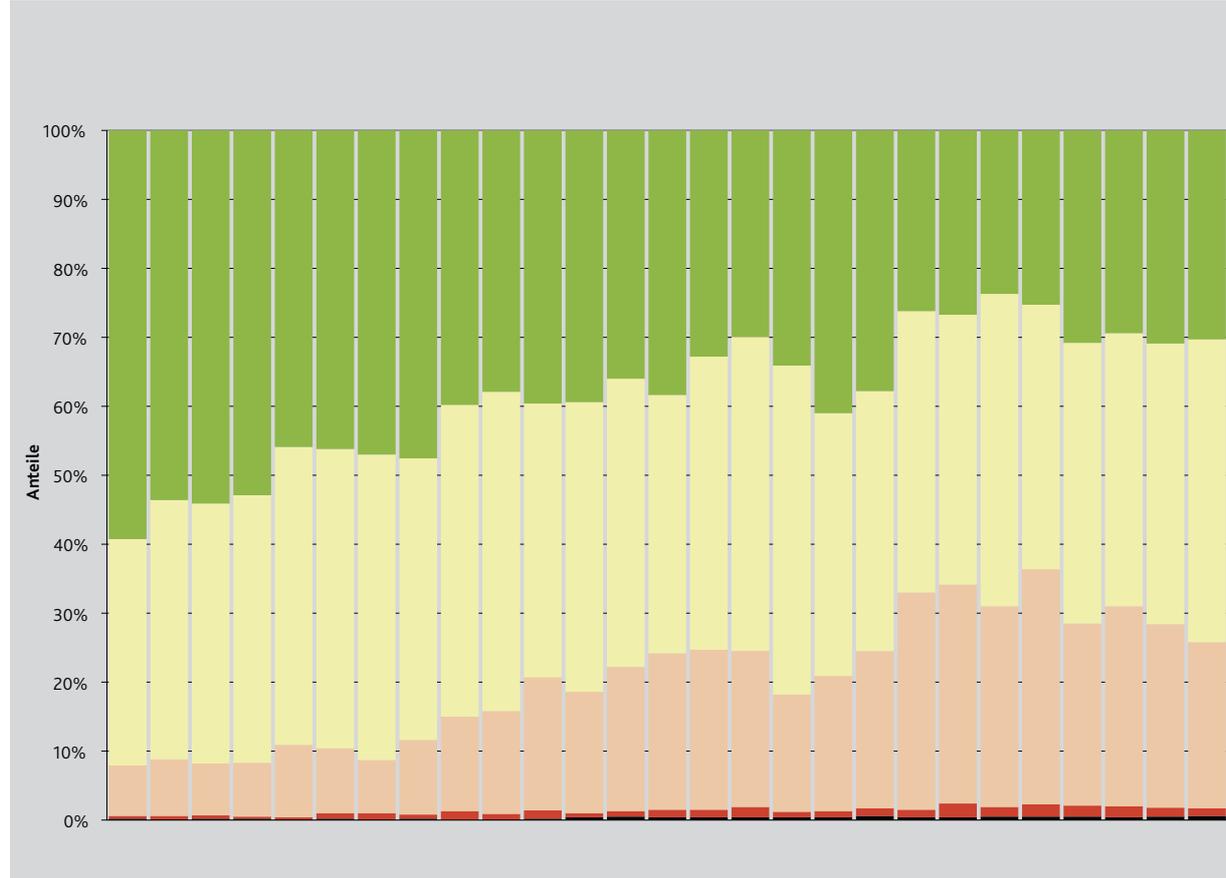
Nachdem in 2009 bei vielen Baumarten zum Teil starker Fruchtanhang aufgetreten war, fruktifiziert 2010 nur die Esche in nennenswertem Umfang. Der Witterungsverlauf 2010 war sehr wechselhaft. Auf einen kalten und schneereichen Winter folgte ein warm-trockener April mit rascher Vegetationsentwicklung. Der Mai war wiederum kühl-feucht. Ab Juni wurde es wieder warm-trocken und im Juli trat eine Hitzeperiode auf.

Die Trockenperioden in Juni und Juli wurden durch Starkniederschläge begrenzt, so dass meist kein ausgeprägter Trockenstress entstand. Der Sturm „Xynthia“ verursachte landesweit Schäden durch Wurf und Bruch mit Schwerpunkten in Teilen von Westerwald, Eifel und Hunsrück. Lokale Gewitterstürme führten kleinflächig ebenfalls zu Schäden durch Sturmwurf oder Hagelschlag. Erhöhter Stress durch die Witterungsverhältnisse trat so nur regional (Sturm) oder lokal (Hagel, Trockenheit) auf. Der Witterungsverlauf begünstigte die Entwicklung von Pilzen. So wurden Blattpilze auch häufiger als in den Vorjahren festgestellt; besonders die Eichen litten unter Mehltaubefall.

Ausführliche Informationen zum Verfahren, Analysen der Daten und eine Darstellung des Ursache-Wirkungsgeschehens sind im Internet unter [www.fawf.wald-rlp.de](http://www.fawf.wald-rlp.de) im Abschnitt „Forstliches Umweltmonitoring und begleitende Forschung“ zu finden.

- ohne sichtbare Schadmerkmale
- mittelstark geschädigt
- abgestorben
- schwach geschädigt (Warnstufe)
- stark geschädigt

### Entwicklung der Schadstufenverteilung über alle Baumarten von 1984 bis 2010



## Fichte

Die Fichte hat sich in ihrem Kronenzustand wieder verbessert und dabei den Schadanstieg des Vorjahres nahezu ausgeglichen. Der Anteil der deutlich geschädigten Probestämme ist um 6 Prozentpunkte zurückgegangen.

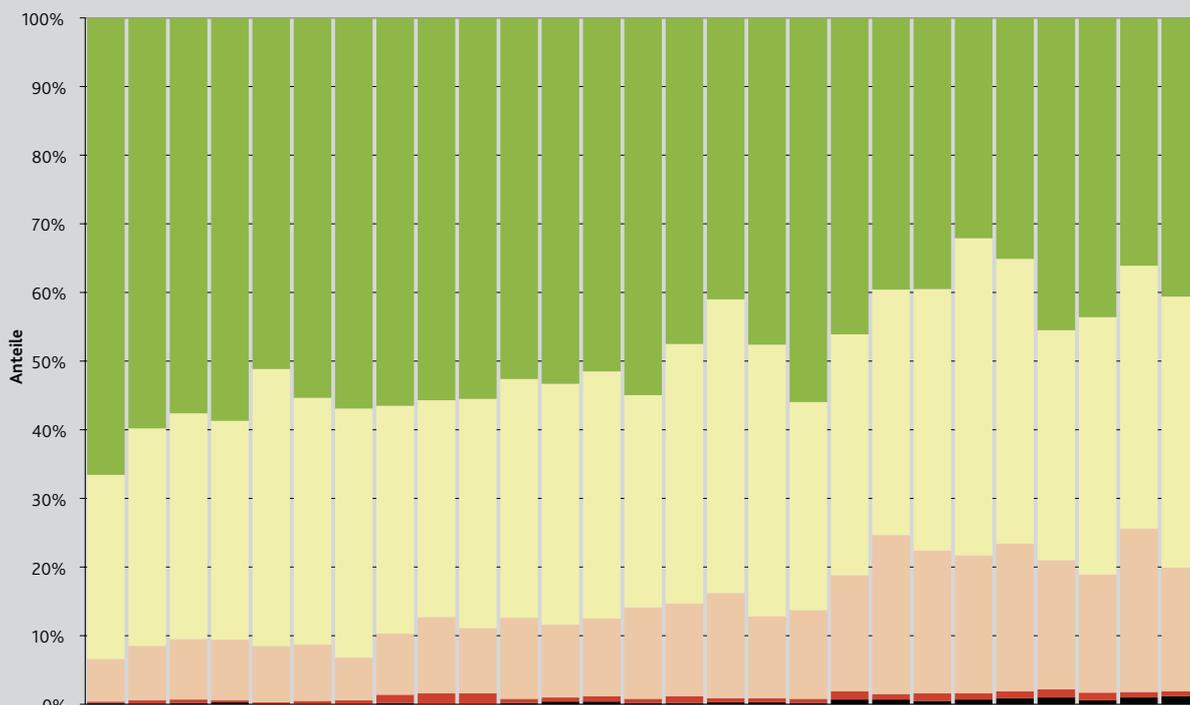
Der Anteil der Probestämme ohne sichtbare Schadmerkmale ist um 5 Prozentpunkte höher. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 1,9 Prozentpunkte geringer als im Vorjahr.

Die Fichte leidet stärker als andere Baumarten unter Sturmereignissen. In 2010 waren 65 der insgesamt 75 ausgeschiedenen Probestämme bei Fichte durch Sturm geworfen worden. Die Ausscheiderate ist mit 6,6 % der Baumzahl überdurchschnittlich hoch. Darunter sind auch die 24 Probestämme des Aufnahmepunktes, der in einem vollständig durch Sturmwurf zerstörten Waldbestand lag.

Abgesehen von den Sturmereignissen war der Witterungsverlauf 2010 für Fichte günstig. Der kühl-feuchte Mai hemmte die Entwicklung der Borkenkäfer. Die trocken-heiße Periode begann erst nach Abschluss der Triebbildung und endete rechtzeitig vor dem Einsetzen von Trockenstress. Der Fruchtanhang war 2010 gering. So konnte die Fichte bei ausbleibenden natürlichen Belastungen in 2010 wieder Nadelmasse regenerieren.

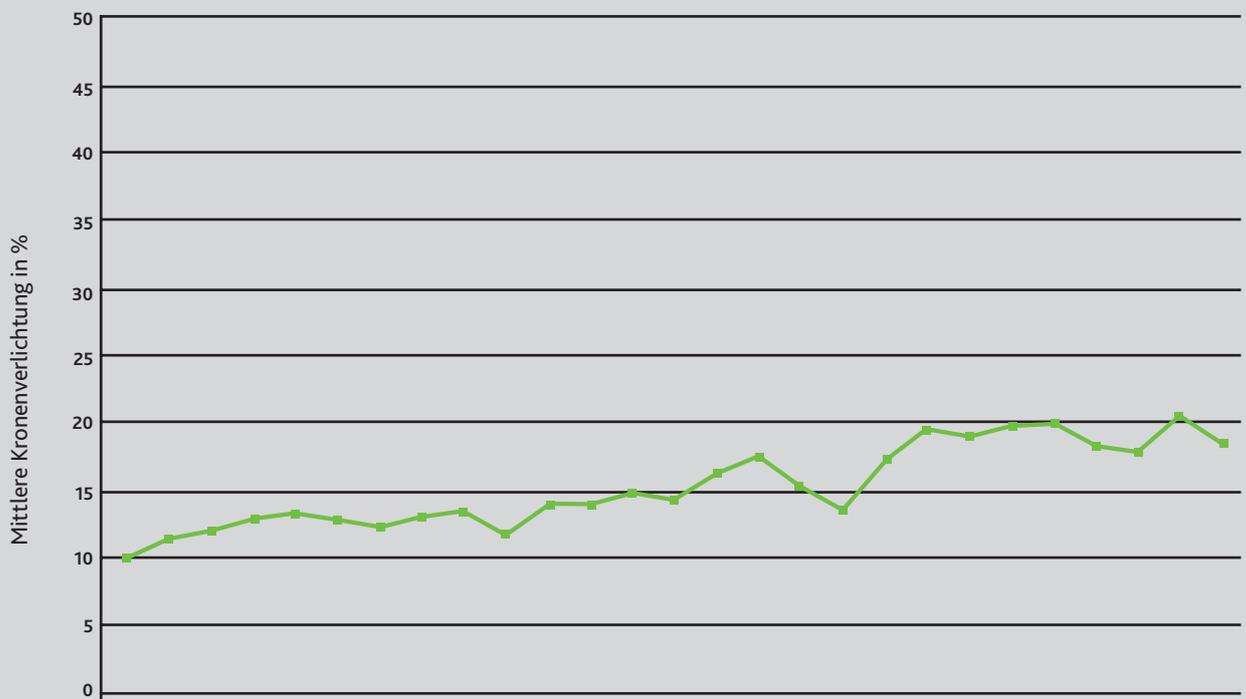
## Fichte

Entwicklung der Schadstufenverteilung von 1984 bis 2010



## Fichte

### Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung von 1984 bis 2010



## Buche

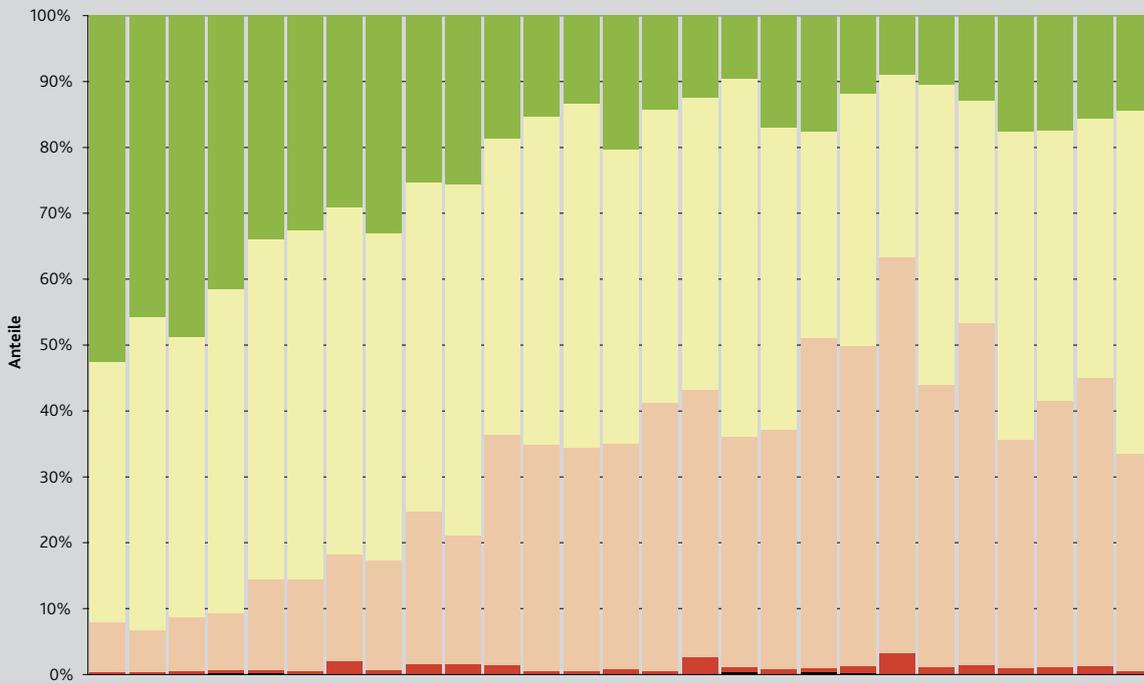
Das Niveau der Kronenschäden ist bei Buche geringer als in den Vorjahren. Der Anteil der deutlichen Schäden ist um 11 Prozentpunkte, der Anteil an Probestämmen ohne sichtbare Schadmerkmale allerdings ebenfalls um 2 Prozentpunkte zurückgegangen. Die Mittlere Kronenverlichtung liegt um 2,8 Prozentpunkte unter dem Vorjahreswert. Damit erreicht die Buche wieder das Niveau des Jahres 2007.

Nach dem starken Fruchtanhang in 2009 blieb eine Fruktifikation in 2010 bei Buche weitgehend aus. Schäden durch blattfressende Insekten oder Befall durch Blattpilze wurden in nur geringem Umfang beobachtet. Befall durch den Buchenspringrüssler (*Rhynchaenus fagi*) war mit rund 10 % der Probestämme am häufigsten zu beobachten. Stärkerer Befall trat aber kaum (1,3 %) auf. Insgesamt ist in 2010 kein negativer Einfluss durch Insekten oder Pilze auf den Kronenzustand der Buche festzu-

stellen. Vergilbung war in 2010 auch wegen des vergleichsweise frühen Termins der Erhebung so gut wie nicht zu beobachten. Da die Buche kaum Fruchtanhang ausbilden musste und auch andere natürliche Belastungen weitgehend ausgeblieben sind, hat sie sich in ihrem Kronenzustand merklich verbessern können.

## Buche

Entwicklung der Schadstufenverteilung  
von 1984 bis 2010



## Buche

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung  
von 1984 bis 2010



## Eiche

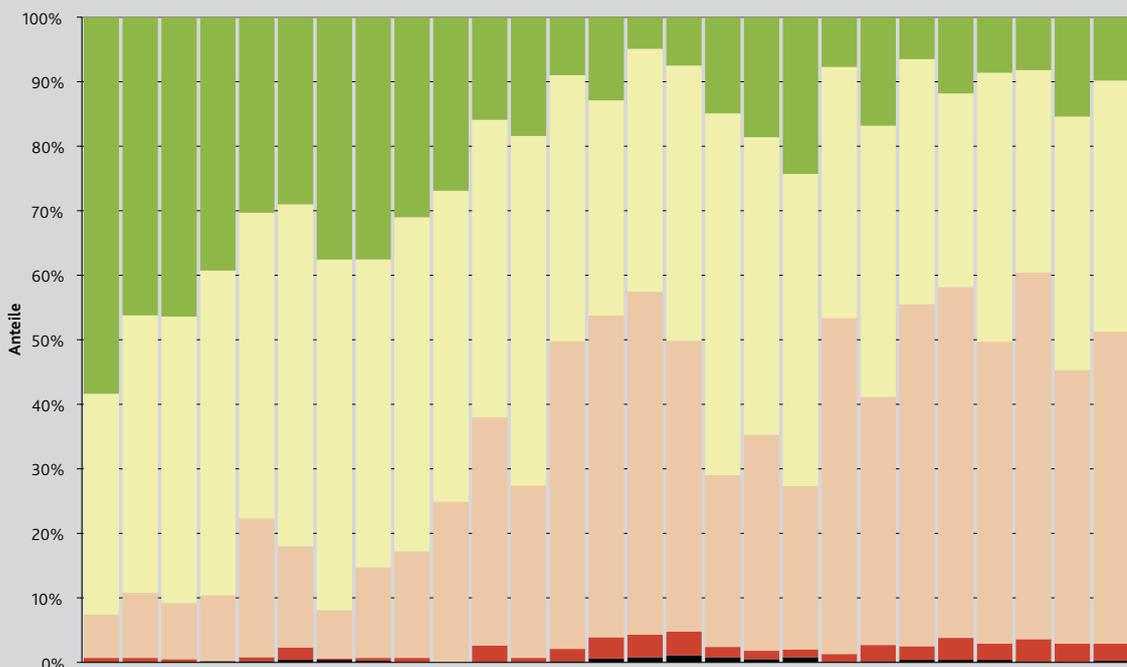
Der Kronenzustand der Eichen ist in 2010 wieder schlechter geworden. Der Anteil deutlich geschädigter Probestämme ist um 5 Prozentpunkte gegenüber dem Vorjahr angestiegen. Der Anteil der Eichen ohne sichtbare Schadensmerkmale ist um 5 Prozentpunkte niedriger. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 2,1 Prozentpunkte höher als im Vorjahr. Das Schadniveau bleibt aber unter dem des Jahres 2008.

Die Eiche erleidet regelmäßig mehr oder minder starke Schäden durch blattfressende Insekten. In 2010 wurden an 31 % der Probestämme Fraßschäden beobachtet.

Der nach den Fraßschäden erfolgte Neuaustrieb und der Witterungsverlauf im Frühjahr und Frühsommer begünstigten den Mehltau. Dieser Blattpilz war 2010 an 12,3 % der Probestämme festgestellt worden. Leichter Mehltaubefall ohne Blattdeformationen ist in den oberen Kronenteilen, auch mit Hilfe des Fernglases, nur schwer zu erkennen. Daher ist anzunehmen, dass das Ausmaß des Befalles eher unterschätzt wurde. Wie schon in früheren Jahren festgestellt und an den Dauerbeobachtungsflächen intensiver untersucht, bedeutet Insektenfraß und Mehltaubefall eine Belastung für die Bäume, die sich in einer Verschlechterung des Kronenzustandes äußert.

## Eiche

### Entwicklung der Schadstufenverteilung von 1984 bis 2010



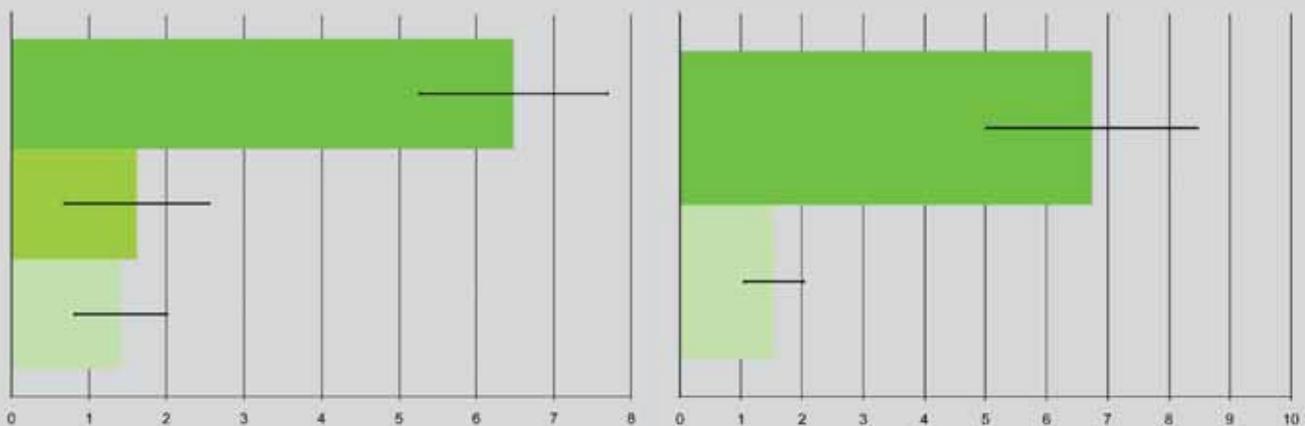
## Eiche

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung von 1984 bis 2010



## Eiche

Veränderung der Mittleren Kronenverlichtung in Prozentpunkten von 2009 auf 2010 nach der Intensität des Befalls durch blattfressende Insekten (links) und durch Mehltau (rechts).



■ deutlich 98 Probebäume  
■ schwach 108 Probebäume  
■ ohne 471 Probebäume

■ mit 83 Probebäume  
■ ohne 594 Probebäume

## Kiefer

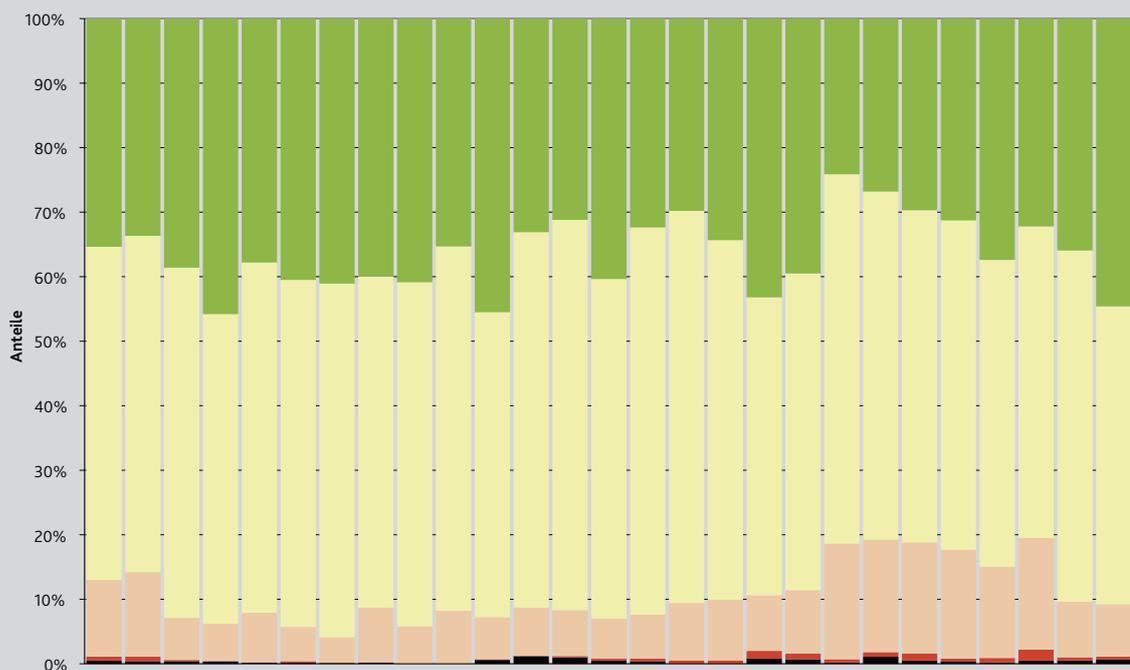
Bei der Kiefer hat sich der Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr nur wenig verändert. Sie zeigt ein vergleichsweise geringes Schadniveau. Der Anteil von Bäumen mit deutlichen Schäden ist gegenüber dem Vorjahr um 1 Prozentpunkt geringer und auch die mittlere Kronenverlichtung ist um 1 Prozentpunkt zurückgegangen. Mit nur 3 Nadeljährgängen reagiert die Kiefer vergleichsweise flexibel mit variierender Benadelungsdichte und kann unter günstigen Bedingungen auch rasch regenerieren.

Die Kiefer zeigt regelmäßigen und reichlichen Fruchtanhang, so auch im Jahr 2010; dieser hat jedoch keinen erkennbaren Einfluss auf den Kronenzustand. An 11,2 % der Probestämme wurde Befall mit Mistel festgestellt.

Starker Befall mit der Kiefernmistel bedeutet für den betroffenen Baum eine Belastung, die sich in einem schlechteren Kronenzustand äußert. Bei 10,4 % der Kiefern war Reifefraß durch Waldgärtner, einen auf Kiefer spezialisierten Borkenkäfer, zu beobachten. Durch den Reifefraß sterben einzelne einjährige Triebe ab.

## Kiefer

### Entwicklung der Schadstufenverteilung von 1984 bis 2010



Bei wiederholtem Befall kann es dadurch zu Störungen in der Verzweigung kommen. So ist der Anteil deutlicher Schäden unter den von Mistel oder von Waldgärtner befallenen Kiefern höher, als bei den Bäumen ohne erkennbaren Befall. Insgesamt haben sich die natürlichen Schadfaktoren aber auch 2010 nicht negativ auf die Entwicklung der Kronenverlichtung der Kiefer ausgewirkt. Im Frühjahr und Sommer 2010 sind lokal Gewitterstürme mit Hagelschlag aufge-

treten. Die Kiefer reagiert sehr empfindlich auf stärkere Hagelschäden, da Nadeln und Zweige in der Folge rasch von dem Pilz *Sphaeropsis sapinea* befallen und zum Absterben gebracht werden. In der Folge ergibt sich dann ein typisches Schadbild, in dem die dem Hagel exponierten Kronenteile braune Nadeln aufweisen. Es war jedoch keiner der Aufnahmepunkte der Waldschadenserhebung hierdurch betroffen.

## Kiefer

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung von 1984 bis 2010



## Douglasie

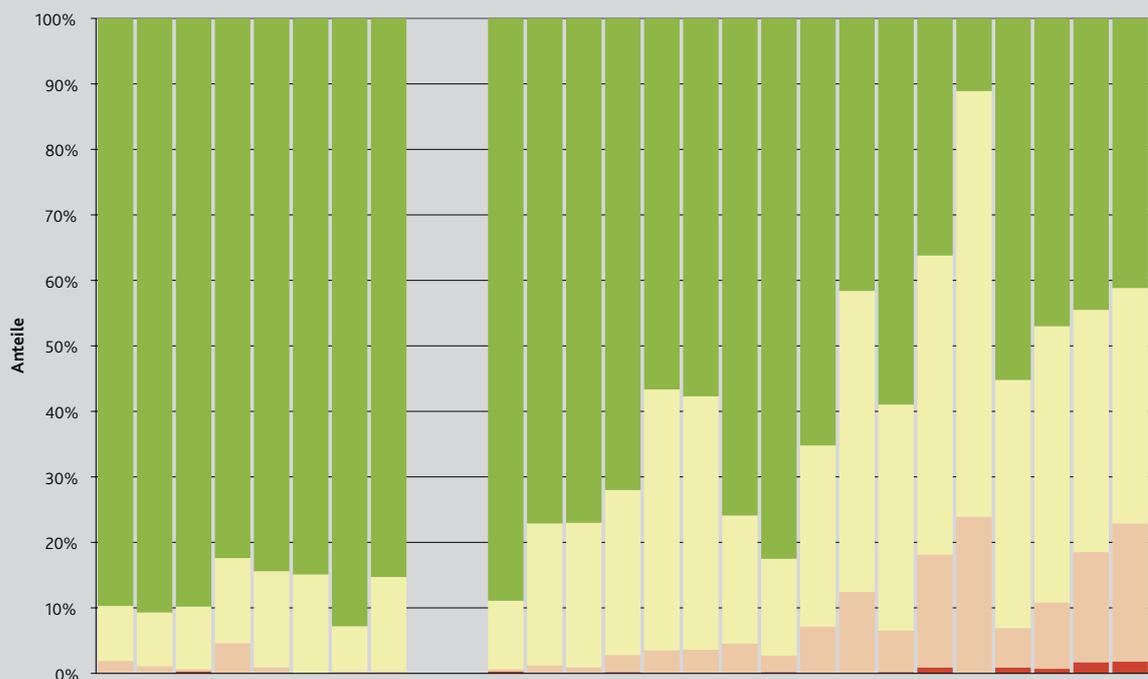
Der Anteil deutlich geschädigter Probestämme ist mit 23 % um 5 Prozentpunkte höher als im Vorjahr. Das mittlere Nadelverlustprozent stieg um 1 Prozentpunkt an. Die Douglasie zeigt seit Beginn der Erhebung 1984 einen merklichen Anstieg im Niveau der Kronenschäden. Allerdings variieren die Schadstufenverteilungen und die mittlere Kronenverlichtung von Jahr zu Jahr erheblich, was auch der nur geringen Anzahl an Stichprobestämmen geschuldet ist. Bei der Douglasie ist zu berücksichtigen, dass sich die Altersklassenverteilung des Stichprobenkollektivs in der Zeitreihe deutlich verschoben hat. Waren 1984 noch über die Hälfte der Stichprobestämme in der jüngsten Altersklasse, so ist diese in der Unterstichprobe 2010 nicht mehr vertreten. Der Schwerpunkt liegt

hier bei den mittelalten Beständen. Der Anteil über 60-jähriger Bäume ist 2010 fünf Mal so hoch als zu Beginn der Zeitreihe.

In 2010 wurde bei Douglasie kaum Fruchtanhang festgestellt. Befall durch Insekten oder Pilze wurde nur an einzelnen Probestämmen beobachtet. Dennoch ist anzunehmen, dass das in diesem Frühjahr beobachtete Schütten älterer Nadeljahrgänge nach Befall durch die Rußige Douglasienschütte zur Verschlechterung des Kronenzustandes der Douglasie beigetragen hat. Bei der Douglasie brechen bei Sturmereignissen – wie auch in diesem Frühjahr – in erheblichem Umfang Zweige aus der Oberkrone aus. Die Baumkronen erhalten so ein zerzaustes Aussehen.

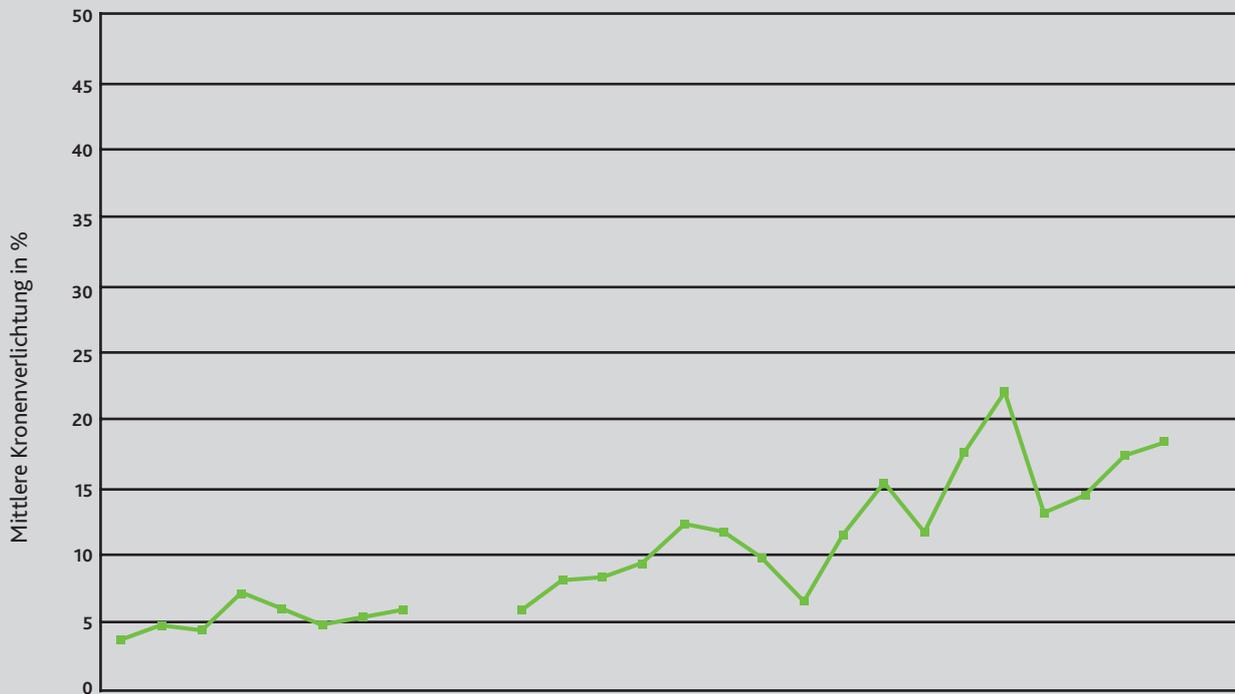
## Douglasie

### Entwicklung der Schadstufenverteilung von 1984 bis 2010



## Douglasie

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung von 1984 bis 2010



### Andere Baumarten

In unseren Wäldern findet sich neben den bereits genannten noch eine Vielzahl anderer Baumarten. Die Waldschadenserhebung erfasst mit dem Kollektiv der Unterstichprobe insgesamt 30 verschiedene Baumarten. Einige finden sich nur mit einzelnen Exemplaren, einige aber auch mit mehr als 100 Probestämmen, so dass eine baumartenspezifische Aussage zum Kronenzustand möglich ist. Wegen des geringeren Stichprobenumfangs sind die Aussagen hier jedoch mit höheren Unsicherheiten behaftet und auch die Unterschiede zwischen den Kollektiven der Unter- und Vollstichprobe sind von höherem Gewicht.

Die in der Gruppe der „Nebenbaumarten“ vertretenen Baumarten haben sich in ihrem Kronenzustand von 2009 auf 2010 unterschiedlich entwickelt. Insgesamt ist das Schadniveau etwas angestiegen, der Anteil der deutlich geschädigten Probestämme ist um 1 Prozentpunkt höher, der

Anteil an Probestämmen ohne sichtbare Schadmerkmale um 8 Prozentpunkte niedriger als im Vorjahr. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 1,4 Prozentpunkte angestiegen. Bei Lärche und Hainbuche hat sich der Kronenzustand weiter verbessert. Die Esche zeigt dagegen eine höhere Kronenverlichtung, wobei die Esche eine der wenigen Baumarten ist, die in 2010 stärkeren Fruchtanhang aufweisen, im Jahr 2009 dagegen kaum fruktifizierten. Der vergleichsweise frühe Erhebungstermin kommt vielen Laubbaumarten entgegen, da einige Arten (z.B. Hainbuche und Birke) bereits im August zu Vergilbung und erstem Blattfall neigen.

## Häufigste Nebenbaumarten

### Entwicklung der Schadstufenverteilung

Jahr	Baumart und Schadstufe											
	Lärche			Esche			Hainbuche			Andere LBA**		
	0	1	2-4	0	1	2-4	0	1	2-4	0	1	2-4
2010	34	44	22	35	51	14	31	55	14	42	45	13
2009	35	36	29	70	22	8	21	62	17	58	35	7
2008*	18	51	31	51	36	13	15	55	30	45	43	12
1984*	69	24	7	91	7	2	64	28	8	71	16	13

\* Nur Kollektiv der Unterstichprobe

\*\* LBA = Laubbaumarten

## Regionale Verteilung

Der Anteil deutlich geschädigter Probestämme variiert an den einzelnen Aufnahmepunkten erheblich. Punkte, die keine oder nur wenige deutlich geschädigte Probestämme aufweisen, liegen in direkter Nachbarschaft von solchen, an denen über die Hälfte der Probestämme deutlich geschädigt sind. Wegen der starken Unterschiede der Kronenschäden bei den verschiedenen Baumarten und Altersstufen wird das Niveau der Kronenschäden am einzelnen Aufnahmepunkt in erster Linie durch die Verteilung der Baumarten und das Alter der Probestämme am Aufnahmepunkt beeinflusst. Werden verschiedene Regionen miteinander verglichen, ist daher die Baumarten- und Alterszusammensetzung zu beachten. Weitere Bestimmungsgrößen, wie standörtliche Parameter, Witterung oder Immissions- und Depositionssituation, variieren in Rheinland-Pfalz weniger stark und überprägen den Einfluss von Baumart und Alter im Regelfall nicht.

Der am einzelnen Aufnahmepunkt festgestellte Grad der Schädigung sagt unmittelbar nur etwas über die Probestämme selbst und allenfalls über den in Artenszusammensetzung und Alter entsprechenden umgebenden Waldbestand aus. Erst die Zusammenfassung einer gewissen Anzahl an Aufnahmepunkten erlaubt eine repräsentative Aussage für das jeweilige Bezugsgebiet. Je höher dabei die Zahl der Stichprobestämme ist, umso zuverlässiger ist die gewonnene Aussage. Die in 2010 aufgenommene Unterstichprobe lässt Aussagen zum Waldzustand im gesamten Land, nicht aber für die einzelnen Waldgebiete zu.

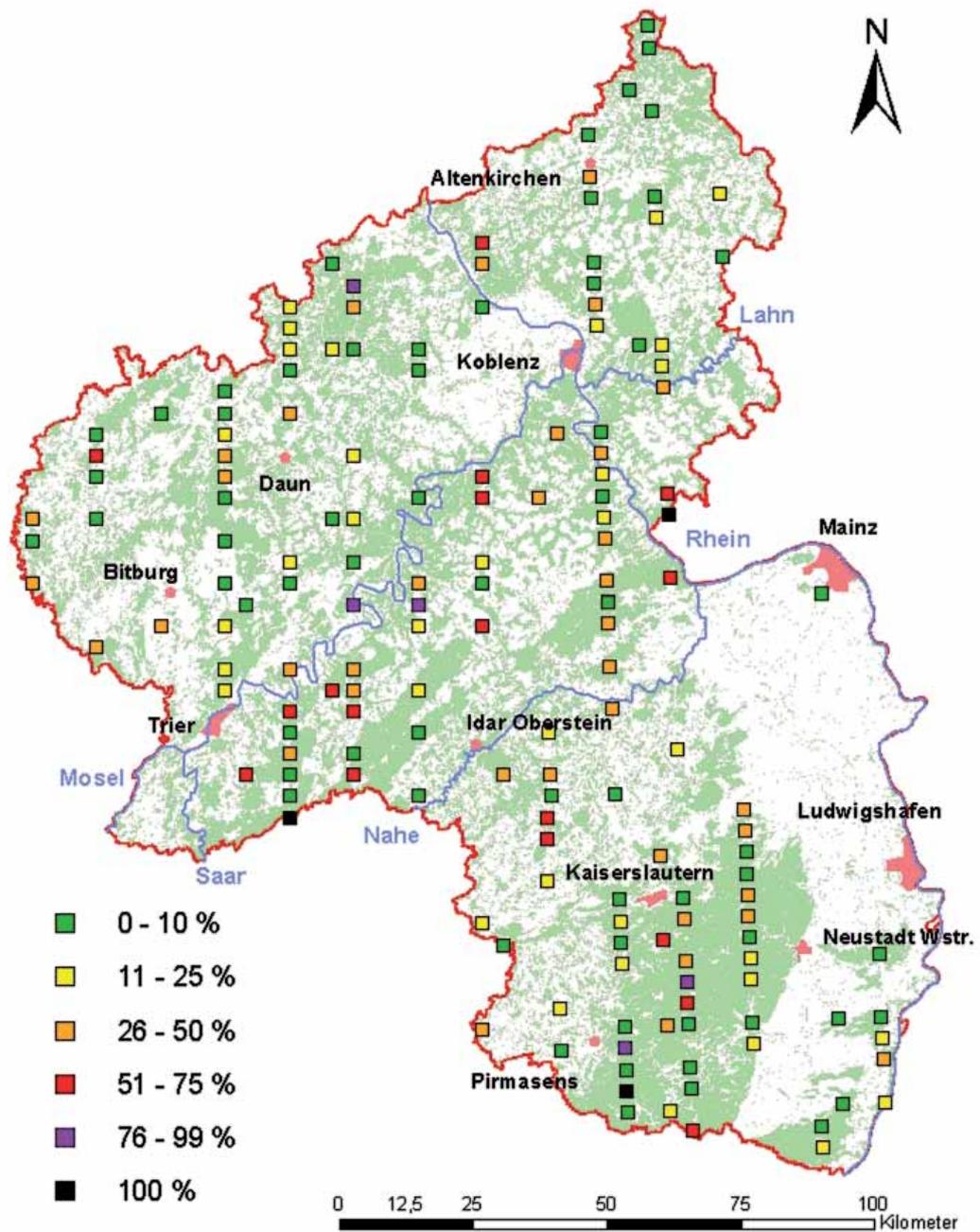
Informationen zu **regionalen Verteilung der Waldschäden** finden sich im Internet unter:

[www.fawf.wald-rlp.de](http://www.fawf.wald-rlp.de) über den Pfad

- Forschungsschwerpunkte
- Forstliches Umweltmonitoring
- Waldschadenserhebung
- Befunde ab 1984
- Regionale Verteilung

Diese ausführlichere Auswertung nach Wuchsgebieten basiert auf den Daten der letzten Vollstichprobe 2008

Anteil der deutlich geschädigten Probebäume am einzelnen Aufnahmepunkt 2010



## 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 starken 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 2010 sind insgesamt 124 Probebäume ausgeschieden, von denen 100 ersetzt werden konnten. 24 Probebäume eines Aufnahmepunktschieden ohne Ersatz aus. Da an diesem Punkt bisher kein gesicherter Jungbestand vorhanden ist, ruht hier die Aufnahme vorübergehend. Von den im Jahr 1984 ausgewählten Probebäumen sind noch 1653 im Kollektiv der Unterstichprobe erhalten. Das sind 47,5 % des ursprünglichen Gesamtkollektivs.

Die Aufnahmepunkte liegen fast alle im regulär bewirtschafteten Wald. Der überwiegende Teil (79 %) 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.

Es hat sich gezeigt, dass sich die Schadstufenverteilung der Ersatzbäume von der ihrer Vorgänger zum letzten Bonitieringstermin 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 2009 auf 2010 ist mit 3,2 % des Kollektivs der Unterstichprobe vergleichsweise hoch; im Laufe der Zeitreihe wurde eine durchschnittliche Ausscheidequote von 2 % pro Jahr beobachtet. Die überdurchschnittliche Ausscheiderate ist auf Schäden durch den Sturm „Xynthia“ zurückzuführen: Rund 67 % der ausgeschiedenen Probebäume wurden wegen Sturmwurf genutzt oder verblieben liegend im Bestand.

**Kontrolle der Messwerte einer Station des europäischen forstlichen Umweltmonitorings (FutMon) im Pfälzerwald.**

Das automatisch registrierende Feldmesssystem ist mit Tensiometern, TDR-Sonden, Dendrometern und verschiedenen meteorologischen Messfühlern bestückt. Die Daten werden zur Untersuchung des Wasserhaushalts des Waldökosystems und zur Ableitung der Reaktion der Waldbäume auf Trockenstress herangezogen.

Foto: J. Block





# EINFLÜSSE AUF DEN WALDZUSTAND



Die Belastung der Waldökosysteme durch natürliche und vom Menschen verursachte Stressinflüsse hat sich in den letzten Jahrzehnten erheblich verändert. Bis in die 1980er Jahre hinein standen Belastungen durch Schwefeldioxid und Säureeinträge im Vordergrund. Dank durchgreifender Luftreinhaltemaßnahmen ist die Schwefeldioxidbelastung um mehr als 90 % gesunken. Auch der Säureeintrag hat sich seit Mitte der 80er Jahre etwa halbiert. Demgegenüber steigt der Einfluss witterungsbedingter Belastungen an. Die Vegetationszeit 2010 war wieder zu warm und wies eine ausgeprägte trocken-warme Periode auf. Auch häufen sich Extremereignisse wie Stürme und Hagelschauer.

Witterungsbedingt lag 2010 auch die Ozonbelastung wieder höher als in den Vorjahren. Blattfraß durch Schmetterlingsraupen und Mehltaubefall haben in diesem Jahr den Kronenzustand der Eichen beeinträchtigt. Im Bereich der bekannten Maikäfervorkommen am Oberrhein werden die Waldbestände zunehmend durch den Engerlingsfraß des Waldmaikäfers bedroht.

Im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings in Rheinland-Pfalz werden alle wesentlichen Einflussfaktoren auf den Waldzustand erfasst und die Reaktion der Waldökosysteme auf die komplexen Stresseinwirkungen untersucht. Nachfolgend sind die wichtigsten Befunde zusammengefasst. Eine detaillierte Darstellung der Zeitreihen zur Luftschadstoffbelastung und der natürlichen Stresseinflüsse sowie ihrer vielfältigen Wechselbeziehungen befindet sich im Internet unter [www.fawf.wald-rlp.de](http://www.fawf.wald-rlp.de) (Forschungsschwerpunkte-Forstliches Umweltmonitoring).

### 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	2008	Veränderungen in % 1980 - 2008
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	7514	5311	498	- 93 %
Stickoxide (NO <sub>2</sub> )	3334	2877	1380	- 59 %
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	835	671	587	- 30 %
Flüchtige organische Verbindungen (ohne Methan) (NMVOC)	3224	3736	1267	- 61 %

Quelle: Umweltbundesamt (2010): [www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm](http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm) (Emissionsentwicklung 1990-2008);  
für 1980: UNECE 2001: [www.emep.int](http://www.emep.int)

### Schwefel

Schwefelverbindungen werden insbesondere bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe in Kraftwerken, Industrieheizungsanlagen und Heizungen freigesetzt. Ausgehend vom Jahr 1980 konnte die Schwefeldioxidemission in Deutschland bereits um 93 % reduziert werden. Dies hat sich auch in einer erheblichen Verringerung der Belastung der Waldökosysteme ausgewirkt. So liegen die Jahresmittelwerte der Schwefeldioxidkonzentrationen an den Waldstationen des Zentralen Immissionsmessnetzes (ZIMEN) seit 2007 nur noch bei  $2\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Selbst im vergleichsweise strengen Winter 2009/10 blieben die Tagesmittel der Schwefeldioxidkonzentrationen in den Waldgebieten meist deutlich unter  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Mitte der 1980er Jahre stiegen die SO<sub>2</sub>-Gehalte bei austauscharmen Wetterlagen im Winter demgegenüber noch auf Konzentrationen über  $200\mu\text{g}/\text{m}^3$  an. Die Belastungsschwellenwerte für Waldökosysteme und

auch für die besonders empfindlichen Flechten werden seit vielen Jahren nicht mehr überschritten.

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 7 – 16 kg Schwefel auf den Waldboden.

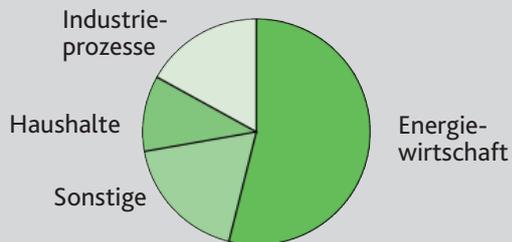
Begleitet wird die Verringerung der Schwefel-deposition von einem deutlichen **Anstieg der pH-Werte**. Während Mitte der 80er Jahre im Kronentraufwasser von Fichtenbeständen noch pH-Werte zwischen 3,5 und 4 ermittelt wurden, werden aktuell um zum Teil mehr als eine Einheit höhere Werte zwischen 4,5 und 5,5 gemessen.

### Jahresmittelwerte der Schwefeldioxidkonzentrationen in Waldgebieten

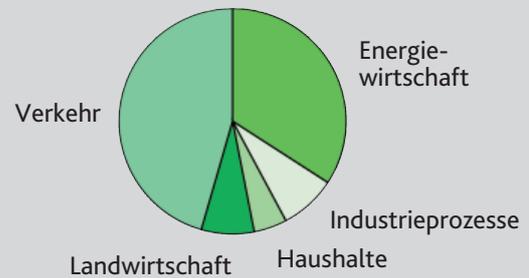


## Verteilung der Emmissionsquellen wichtiger Luftschadstoffe in Deutschland im Jahr 2008

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



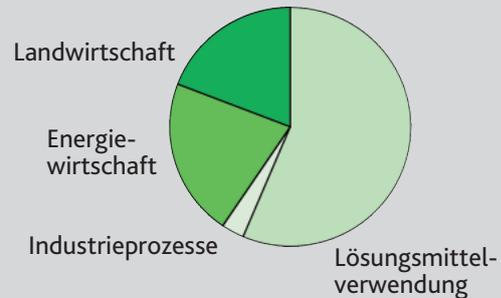
Stickstoffoxide (NO<sub>2</sub>)



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

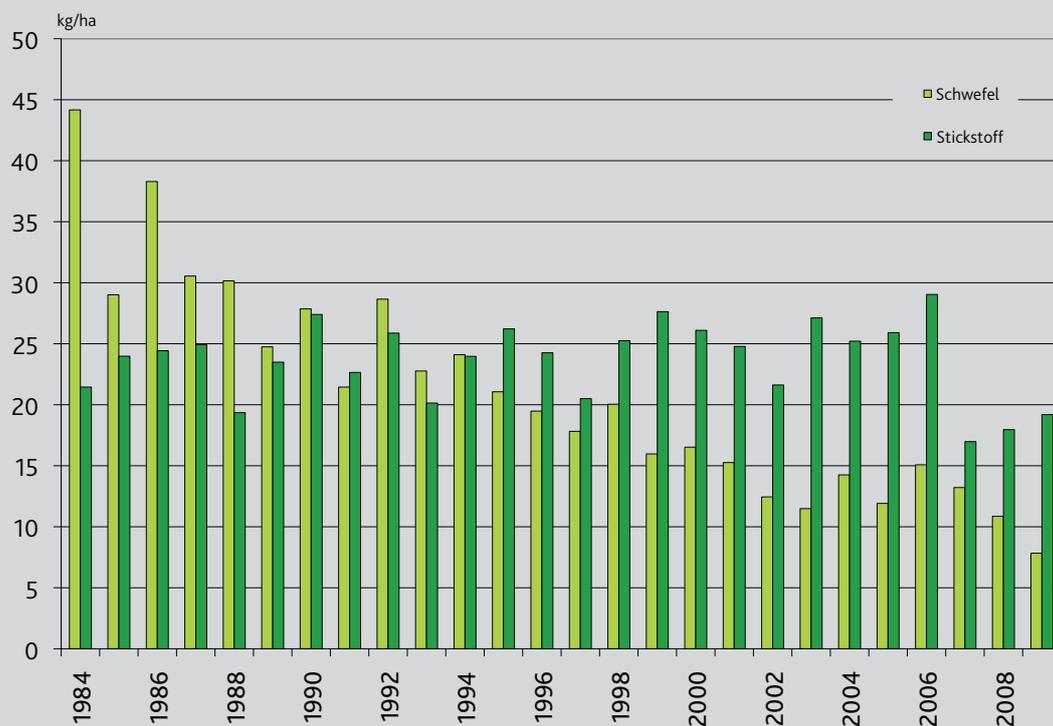


Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC)

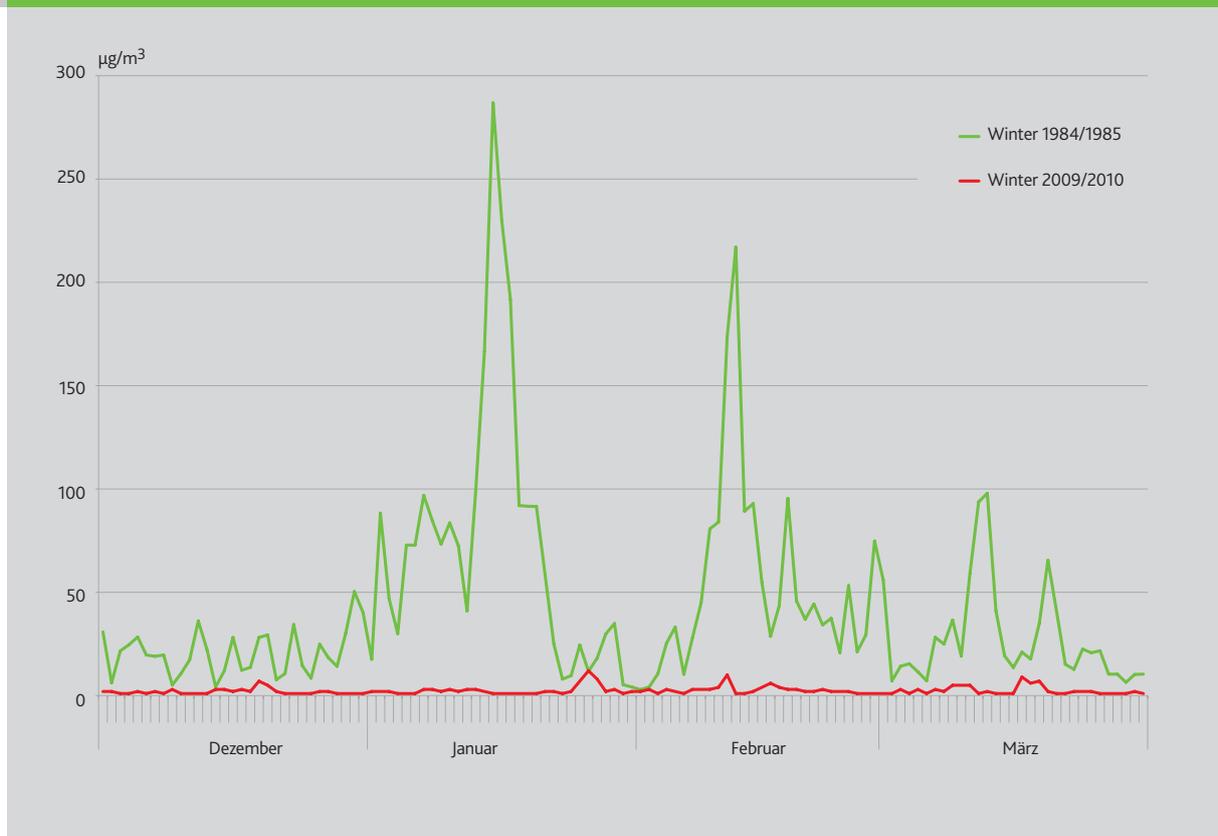


Quelle: Umweltbundesamt (2010)

## Entwicklung der Schwefel- und Stickstoffdeposition in einem Fichtenbestand im Forstamt Birkenfeld



## Verlauf der SO<sub>2</sub>-Konzentrationen (Tagesmittel) im Winter 1984/1985 und im Winter 2009/2010 an der ZIMEN-Station Leisel



### Stickstoff

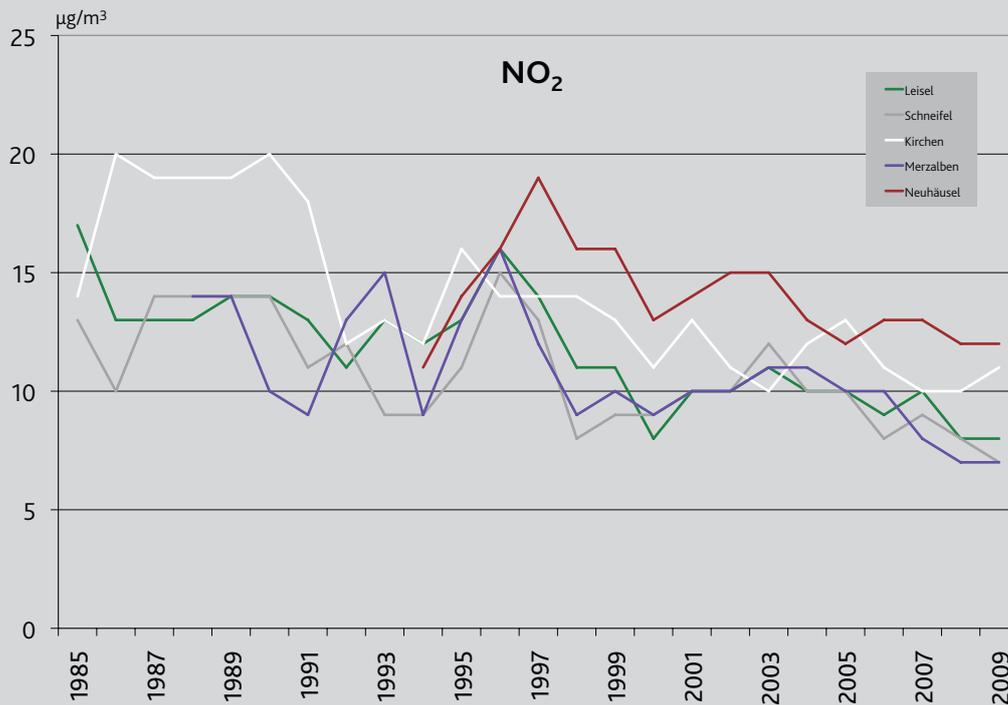
Stickstoff in oxidiert Form wird bei Verbrennungsprozessen durch Reaktion des im Brennstoff und in der Verbrennungsluft enthaltenen Stickstoffs, in reduzierter Form hingegen beim mikrobiellen Abbau von Harnstoffen, Protein oder ähnlichen biogenen Ausscheidungsprodukten sowie durch Zersetzung ammoniumhaltiger 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 ist in Deutschland insbesondere durch den Einsatz von Katalysatoren in Kraftfahrzeugen und Entstickungsanlagen in Kraft- und Heizwerken um 59 % zurückgegangen. Dies schlägt sich auch in den Stickstoffdioxidkonzentrationen der bodennahen Luft in den Waldgebieten, vor allem in merklich verringerten Spitzenwerten,

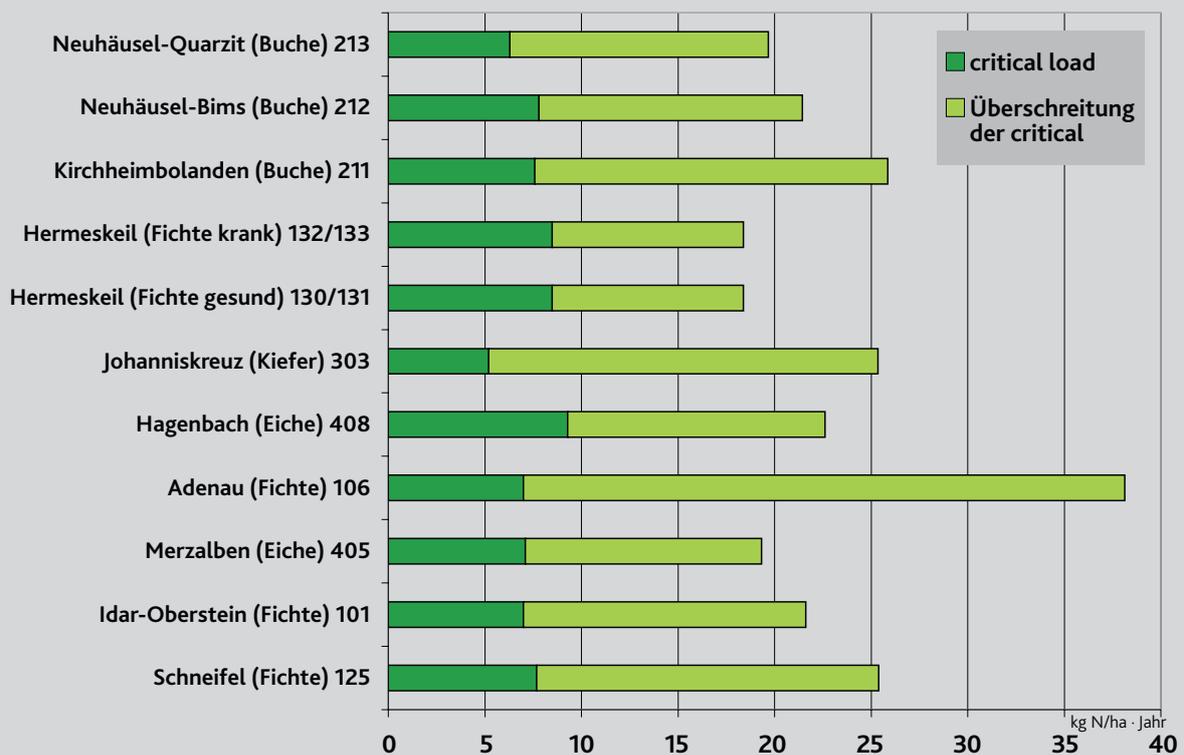
nieder. Bei den reduzierten Stickstoffverbindungen konnte die Emission demgegenüber bislang nur um 30% reduziert werden.

Auf den Stickstoffeintrag in den Waldboden (Deposition) hat sich die bislang erreichte Emissionsminderung nur sehr verhalten ausgewirkt. An der Mehrzahl der Untersuchungsflächen übersteigt die Stickstoffdeposition nach wie vor die ökosystemverträglichen Schwellenwerte (Critical Loads).

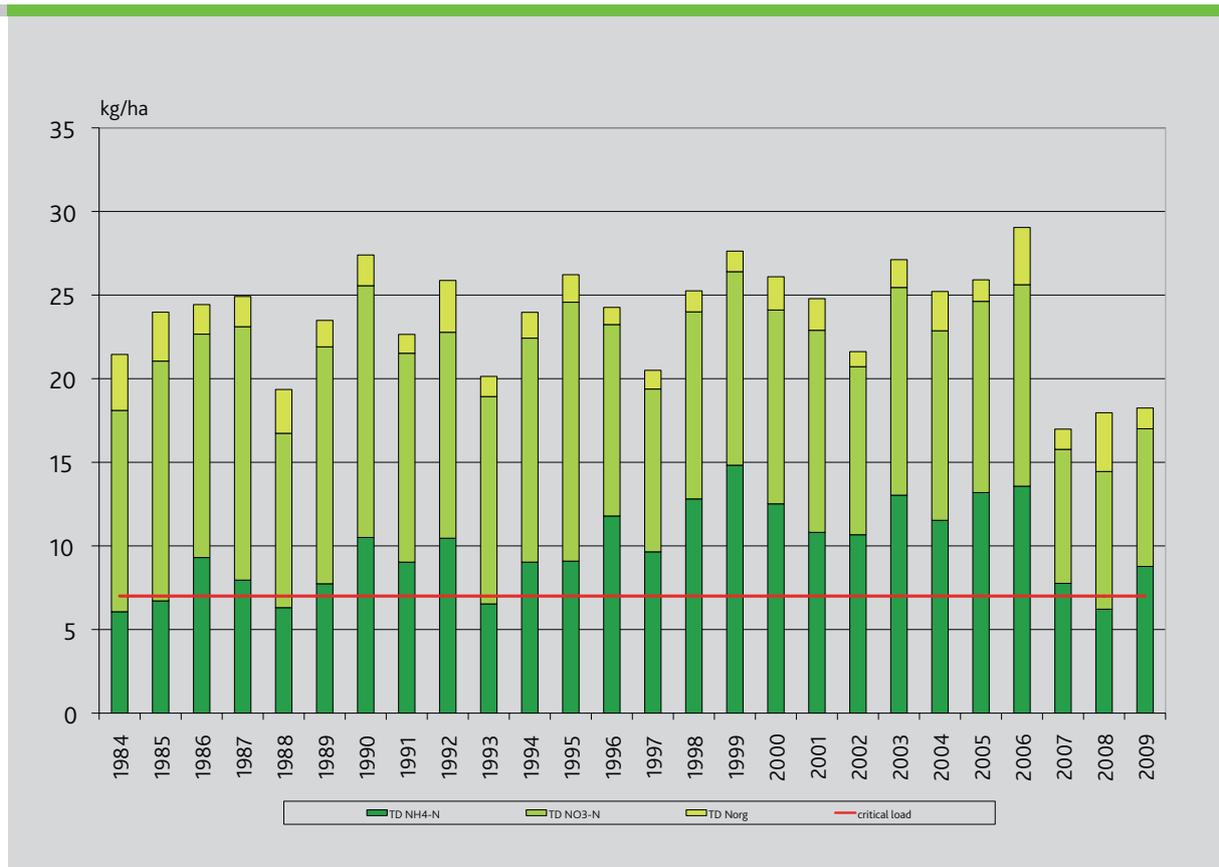
## Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxidkonzentrationen in Waldgebieten



## Critical Loads für eutrophierende Stickstoffeinträge\* und Überschreitung der Critical Loads durch die aktuelle Gesamtstickstoffdeposition (Mittel des Zeitraumes 2005-2009)



\*Kalkulation: Öko-Data GmbH

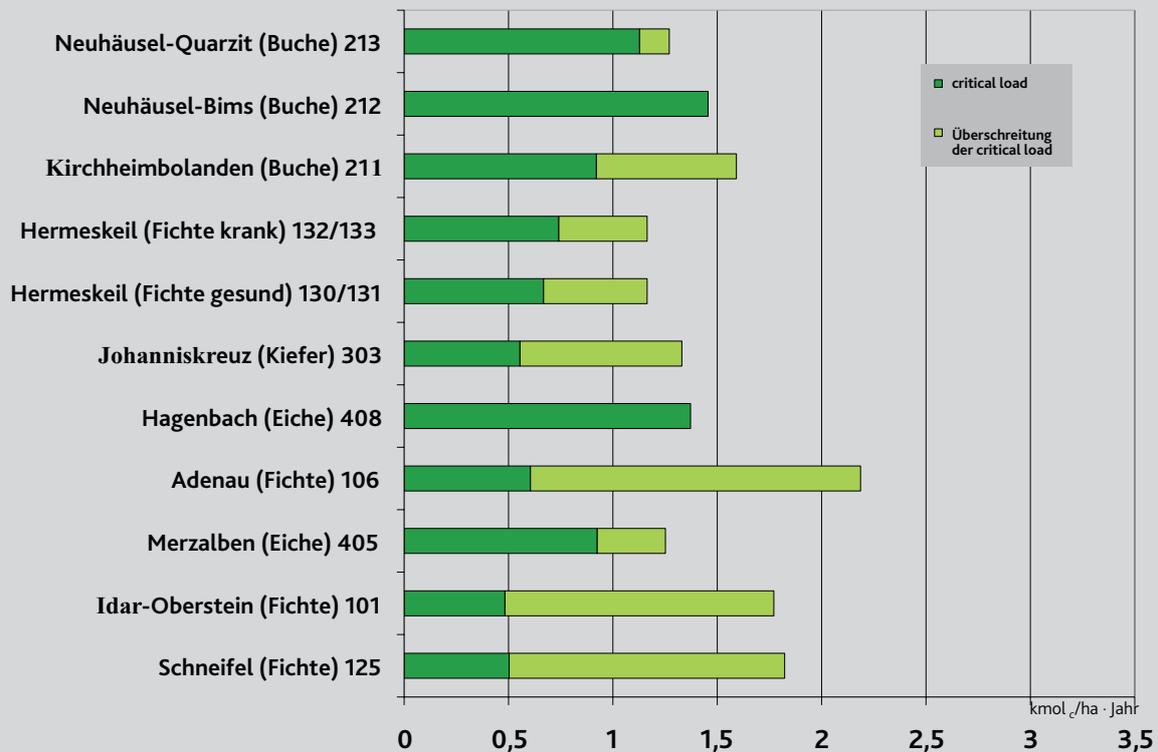


Entwicklung der Überschreitung der Critical Loads für eutrophierenden Stickstoff (durchgezogene Linie) durch den Gesamtstickstoffeintrag (Säulen) am Standort Idar-Oberstein (Fichtenbestand auf Decklehm über Quarzit) aufgeteilt in den Eintrag an Ammoniumstickstoff (NH<sub>4</sub>-N), Nitratstickstoff (NO<sub>3</sub>-N) und organisch gebundenen Stickstoff (Norg)

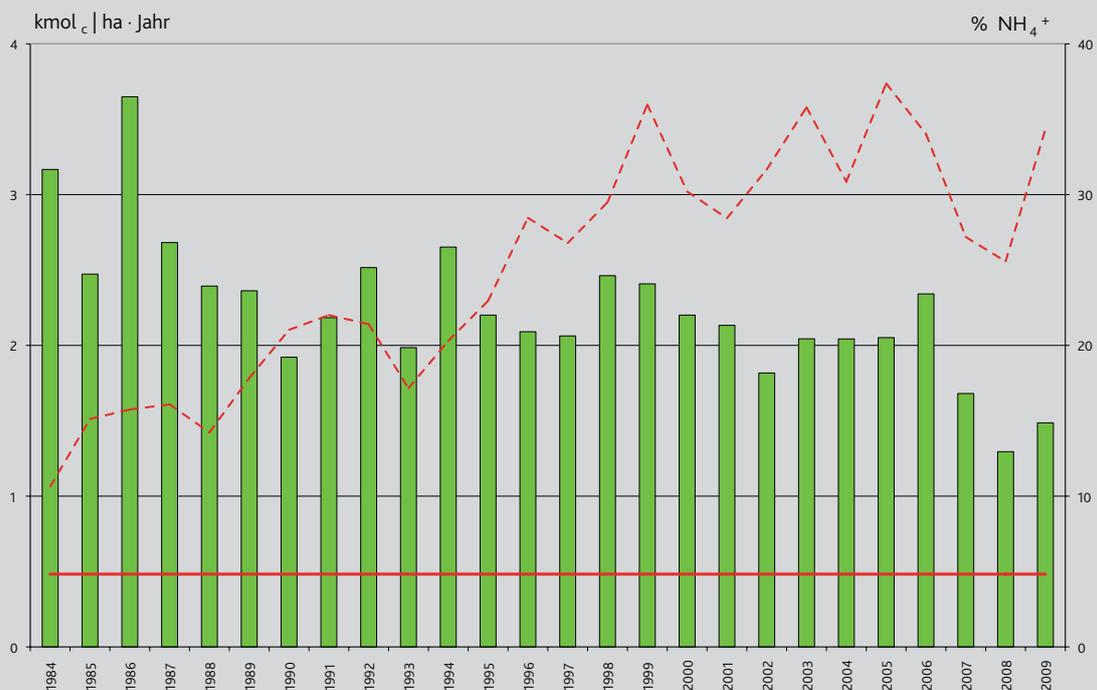
## Säureinträge

Trotz der beträchtlichen Reduktion des Eintrags von Schwefelverbindungen übersteigen die Säureeintragsraten noch an der Mehrzahl der Standorte die Critical Loads. 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 nach wie vor weitere Anstrengungen zur Verringerung der Emission der Säurevorläufer und eine Fortsetzung der Bodenschutzkalkungen erforderlich.

## Critical Loads für Säureeinträge\* und Überschreitung der Critical Loads durch die aktuelle Säuredeposition (Mittel des Zeitraumes 2005-2009)



\*Kalkulation: Öko-Data GmbH



Entwicklung der Überschreitung der Critical Loads für Säure (durchgezogene Linie) durch den Säureeintrag (Säulen) am Beispiel des Standortes Idar-Oberstein (Fichtenbestand auf Decklehm über Quarzit). Zudem ist der Verlauf des prozentualen Ammoniumanteils am Säureeintrag (gestrichelte Linie, Achse an der rechten Seite) dargestellt.

## Ozon

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 vor allem in sonnenscheinreichen Sommern zu erwarten. Trotz der bereits erheblichen Verringerung der Emission der Ozonvorläufersubstanzen - Stickoxide und flüchtige Kohlenwasserstoffe - um jeweils etwa 60% ist das Ozonbildungspotenzial nach wie vor sehr hoch. Daher waren in den aus-

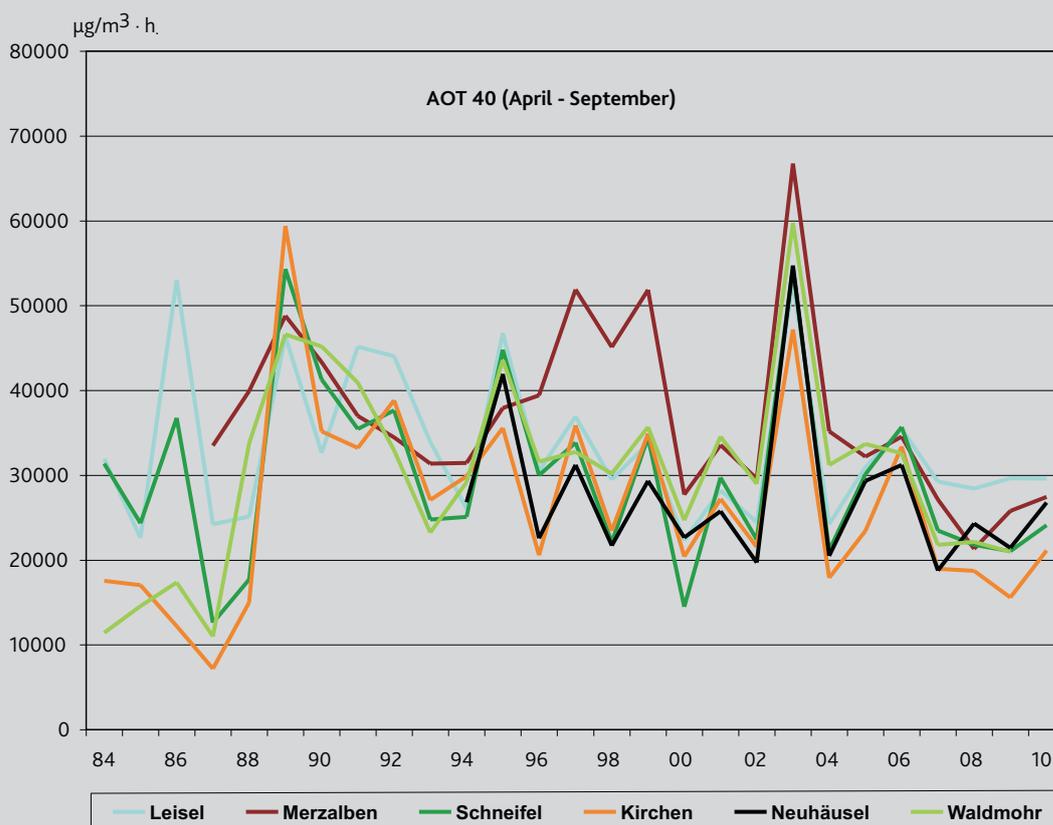
gedehnten Schönwetterperioden in Juni und Juli 2010 vergleichsweise hohe Ozonbelastungen in den Waldgebieten zu verzeichnen. An allen sechs ZIMEN-Waldstationen wurde in der Vegetationszeit des Jahres 2010 die Belastungsschwelle (Critical Level) für Waldökosysteme (AOT 40, April bis September:  $20.000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ ) überschritten.

Eine detaillierte Darstellung der Luftschadstoffbelastung der rheinland-pfälzischen Wälder und eine Bewertung der Befunde befindet sich im Internet: [www.fawf.wald-rlp.de](http://www.fawf.wald-rlp.de)

- Forschungsschwerpunkte
- Forstliches Umweltmonitoring
- Luftschadstoffbelastung des Waldes.

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

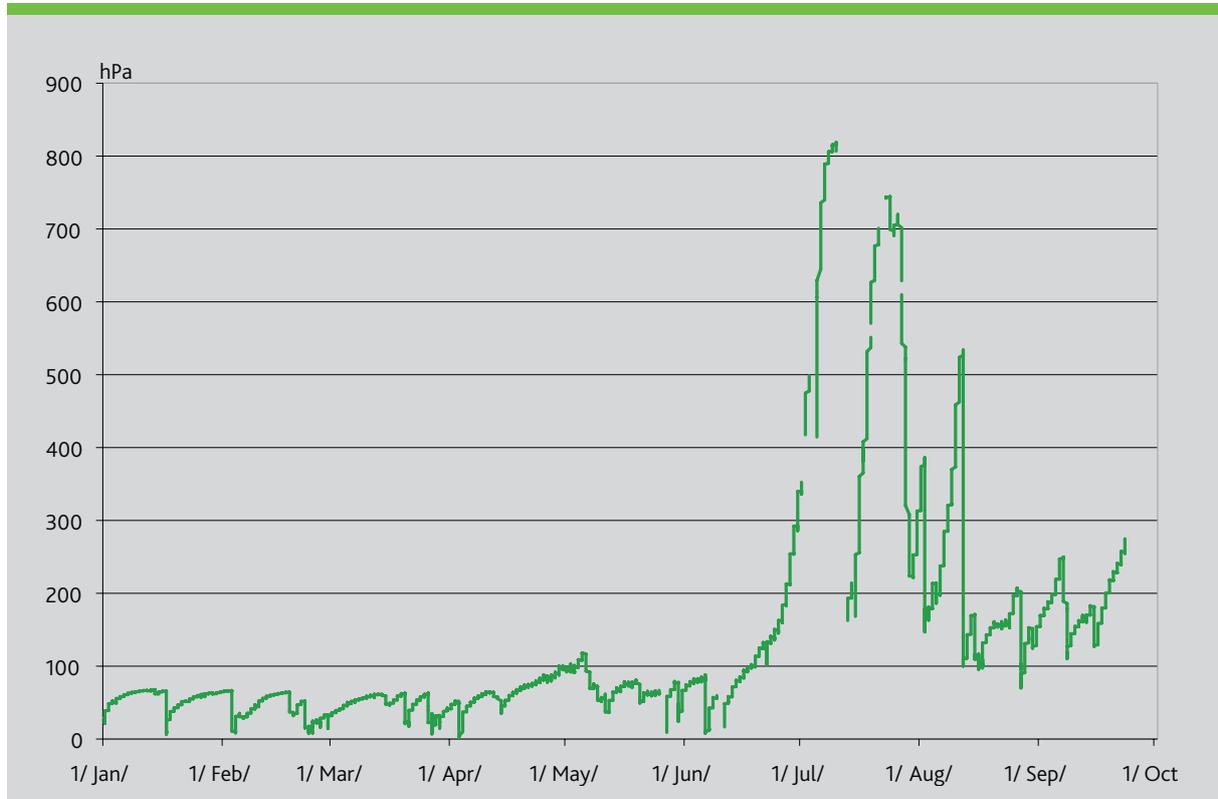
### Verlauf der AOT 40-Werte – April bis September – an den ZIMEN-Waldstationen





Deutscher Abstimmungskurs sichtbare Ozonschäden am 14. September 2010 in Trippstadt

Foto: C. Lemmen



Verlauf der Bodensaugspannung (Kraft, mit der das Wasser im Boden gebunden ist) in einem Buchen-Douglasien-Mischbestand auf Buntsandstein im Pfälzerwald im Jahr 2010. Vom 2. bis 28. Juli war die Wasserverfügbarkeit deutlich eingeschränkt (Saugspannung > 500 hPa); Trockenstress (Saugspannung > 900 hPa) trat in diesem Ökosystem im Sommer 2010 nicht auf.

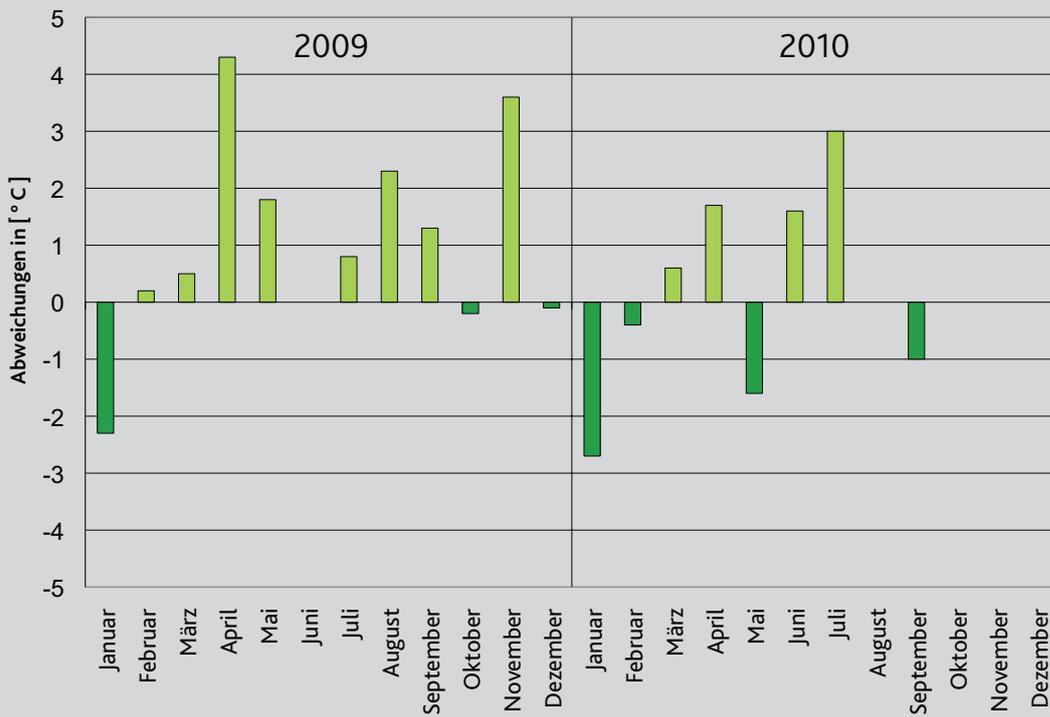
## Witterungsverhältnisse

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.

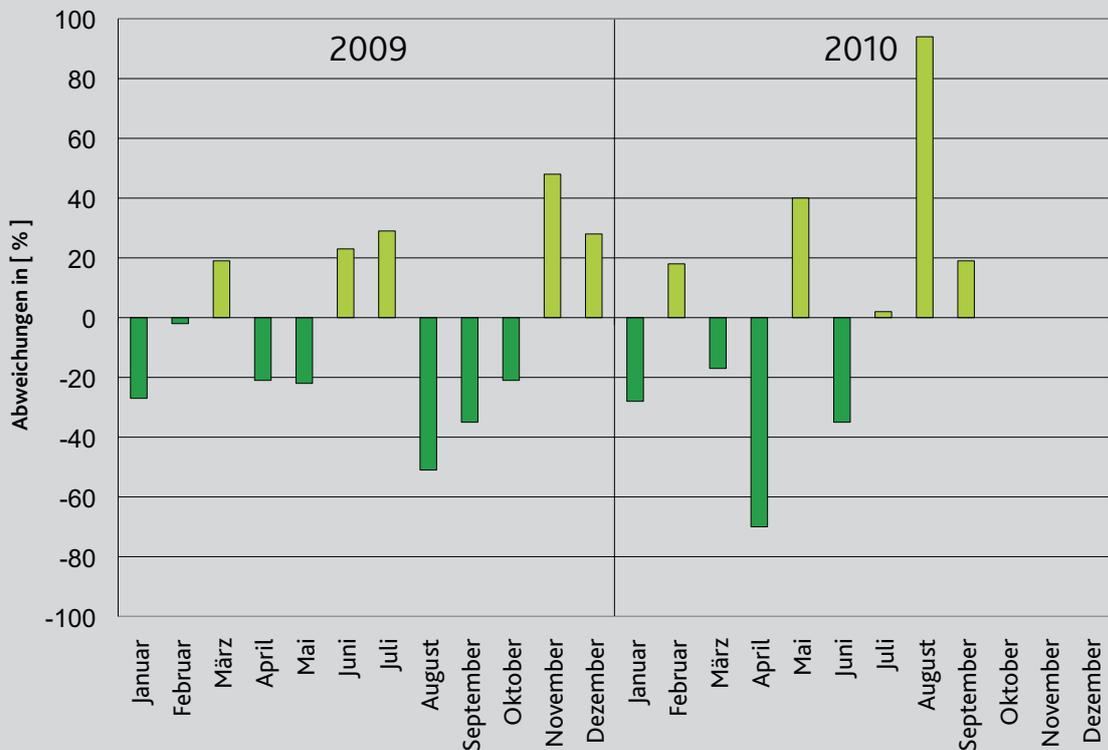
Der Vitalitätszustand der Bäume wird nicht nur von der Witterung des aktuellen Jahres, sondern auch von den Witterungsverläufen der Vorjahre beeinflusst.

Die Vegetationszeiten der Jahre 2009 und 2010 waren in Rheinland-Pfalz, wie meist in den letzten zwei Jahrzehnten, zu warm. Allerdings traten in beiden Jahren keine ausgeprägten Trockenperioden auf. Der Winter 2009/10 war wie bereits der Winter 2008/09 vergleichsweise kalt und zudem sehr schneereich. Nach einem durchschnittlich warmen März und einen trocken-warmen April folgte dann ein sehr kühler und niederschlagsreicher Mai. Juni und Juli 2010 wiesen weit über den langjährigen Mittelwerten liegenden Temperaturen, der Juni auch unterdurchschnittliche Niederschlagssummen auf. Im Juli trat eine ausgeprägte Hitzeperiode mit Lufttemperaturen bis zu 35°C auf. Der August war durchschnittlich warm und ausserordentlich regenreich. Auch der September wies eine über dem langjährigen Mittel liegende Niederschlagssumme auf und war etwas zu kalt. Durch die reichlichen Niederschläge im Mai waren die Bäume in der ersten Hälfte der Vegetationszeit

sehr gut mit Wasser versorgt. Erst eine Mitte Juni einsetzende niederschlagsarme Periode führte ab Anfang Juli zu zunehmender Bodentrockenheit, die aber bereits in der letzten Juliwoche durch ergiebige Niederschläge beendet wurde. Auch wenn in den letzten Jahren keine so ausgeprägten Trockenstressperioden wie zuletzt in den Jahren 2006 und 2003 auftraten, muss davon ausgegangen werden, dass die Häufung zu warmer Vegetationszeiten in Kombination mit den hiermit zusammenhängenden Einflüssen durch übermäßige Fruktifikation wie im letzten Jahr oder Mehлтаubefall wie im aktuellen Jahr, langfristig den Waldzustand beeinträchtigt.



Abweichungen der Monatsmittel-Temperaturen in den Jahren 2009 und 2010 (Flächenmittel Rheinland-Pfalz/Saarland) vom langjährigen Mittel (1961 bis 1990; Quelle: Deutscher Wetterdienst)



Abweichungen der Monatsniederschläge in den Jahren 2009 und 2010 (Flächenmittel Rheinland-Pfalz/Saarland) vom langjährigen Mittelwert (1961 bis 1990; Quelle: Deutscher Wetterdienst)



## Eichenmehltau

Der Kronenzustand der Eiche wurde 2010 durch einen starken Befall durch den Eichenmehltau (*Microsphaera alphitoides*) beeinträchtigt. Schon im Vorjahr waren auffällig viele Eichen durch diesen Pilz befallen. Der Eichenmehltau wurde vermutlich Anfang des vorigen Jahrhunderts aus Nordamerika nach Europa eingeschleppt. Befallen werden überwiegend junge Blätter. Die bedeutendsten Schäden treten daher meist in Baumschulen, an frisch gepflanzten Jungpflanzen und an im Schatten von Altbäumen aufwachsenden Naturverjüngungspflanzen auf. An älteren Eichen werden im Normalfall nur der Johannistrieb und der Neuaustrieb nach Raupenfraß befallen. Der Pilz überzieht die Blätter mit einem weißen Pilzgeflecht (*Oberflächenmycel*) und dringt über Saugfortsätze (*Haustorien*) in die Blattzellen ein, um Nahrung aufzunehmen. Bei trocken-warmer Witterung bilden sich auf den Pilzfäden Sommer-

sporen (*Konidien*), die das Blatt wie mit Mehl bestäubt aussehen lassen. Später rollt sich das Blatt ein, färbt sich braun und fällt vorzeitig ab. Befallene Triebspitzen können auch Missbildungen und Krümmungen aufweisen.

Der Pilz beeinträchtigt die Photosynthese und den Nährstoffhaushalt der Eichen. An älteren Bäumen treten gravierende Schäden meist nur in Zusammenhang mit vorausgegangenem Blattfraß durch Schmetterlingsraupen der Eichenfraßgesellschaft (insbesondere Eichenwickler und Frostspannerarten) auf. Während durch die Raupen die Blätter des ersten Austriebs verloren gehen, verliert der Wiederaustrieb durch den Mehлтаubefall seine Funktionsfähigkeit. Hierdurch ist die Photosynthese über die gesamte Vegetationszeit hinweg stark beeinträchtigt.

**Der Eichenmehltau (*Microspheera alphitoides*) befällt vornehmlich den Johannistrieb oder Ersatztriebe nach vorangegangenen Raupenfraß.**

Foto: F. Schmidt

Über die Verbraunung und das Abfallen stark befallener Blätter wirkt sich der Mehлтаubefall auch auf die Einwertung der Kronenverlichtung bei der Waldzustandserhebung aus. Mehлтаubefall wird bei der Erhebung gesondert erfasst. Allerdings ist der Befall zum Zeitpunkt der Erhebung im Juli häufig noch nicht sehr ausgeprägt und in den frühen Entwicklungsstadien vom Boden aus in den Baumkronen schwer zu erkennen. Da gravierender Mehлтаubefall meist in Verbindung mit vorausgegangenem Raupenfraß auftritt und dieser in 2010 sehr unterschiedlich auftrat, variiert auch der Mehлтаubefall von Aufnahmepunkt zu Aufnahmepunkt erheblich.

Die eingehenden Untersuchungen an Dauerbeobachtungsflächen und auch die differenzierenden Auswertungen der Daten der Waldzustandserhebung belegen, dass von Raupenfraß und Mehлтаubefall betroffene Eichen sich im Kronenzustand von 2009 auf 2010 verschlechtert haben, während sich der Kronenzustand der nicht von dem Pilz betroffenen Bäume verbessert hat.

---

## Allgemeine Waldschutzsituation

Auch blatt- und nadelfressende Schmetterlingsraupen, bast-, holz- oder wurzelfressende Käferlarven sowie wurzel-, nadel- und blattbesiedelnde Pilze können einen erheblichen Einfluss auf die Baumvitalität und den Zustand unserer Wälder ausüben. Zudem häuften sich in den letzten Jahren Schäden durch abiotische Einwirkungen wie Sturm und Hagel.

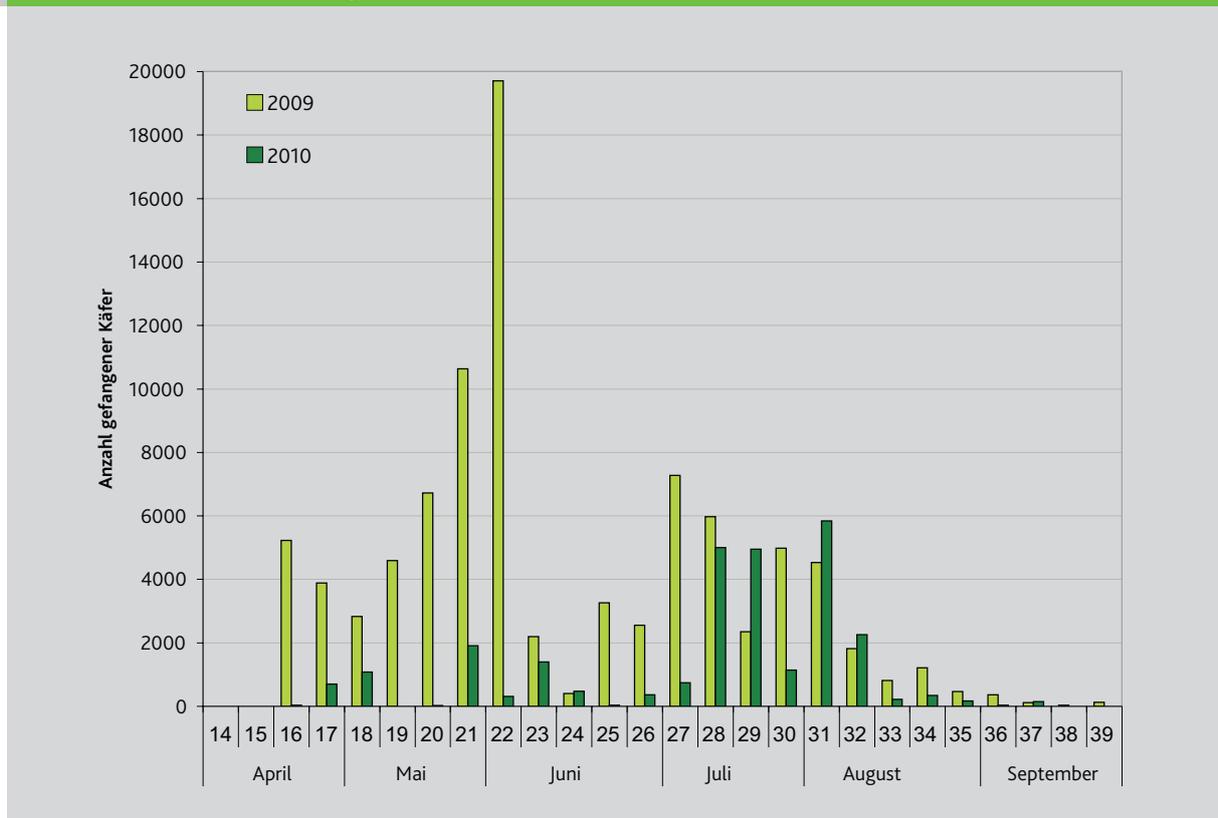
Nach den Orkanen „Kyrill“ (18.01.2007) und „Emma“ (01.03.2008) hat auch der **Orkan „Xynthia“** am 01. März 2010 große Schäden in den rheinland-pfälzischen Wäldern angerichtet. Insgesamt fielen 2,1 Millionen Festmeter Schadholz – vor allem Fichte – an. Betroffen waren insbesondere der Westerwald, die Eifel und der Hunsrück, aber auch der Taunus und die Region Trier. Das Kalamitätsholz wurde rasch und mit einer auf Borkenkäferprophylaxe orientierten Strategie aufgearbeitet und vermarktet, in ge-

ringem Umfang auch in Nasslagern konserviert. Hierdurch ist es gelungen, trotz der trockenheißen Periode in Juni und Juli eine Massenvermehrung rindenbrütender Borkenkäfer in Grenzen zu halten.

Der Käferholzanfall blieb daher in 2010 (bis einschließlich September) auf 35.000 fm beschränkt. Der Verlauf der Flugaktivität des **Buchdruckers (*Ips typographus*)**, als wichtigstem Fichtenborkenkäfer, wird in den Forstämtern Kaiserslautern (Pfälzerwald) und Hochwald (Hunsrück) mit Pheromonfallen überwacht.

Auch in 2010 wurde, wie bereits in den Vorjahren, nur in den wärmeren Lagen des Landes eine zweite Buchdruckergeneration fertig ausgebildet. In den kühleren Regionen wurde sie allenfalls noch angelegt aber in der Entwicklung nicht abgeschlossen.

## Buchdruckerentwicklung 2010



**Buchdruckerentwicklung 2009 und 2010 im Forstamt Kaiserslautern. Aufgrund der kühlen Maiwitterung verlief der Frühjahrsflug nur sehr verhalten. Insgesamt wurden im Jahr 2010 weitaus weniger Käfer in den Pheromonfallen gefangen als im Vorjahr.**

Insbesondere in der Oberrheinebene aber auch in anderen Landesteilen sind örtlich Fraßschäden durch die Eichenfraßgesellschaft aufgetreten, wobei der **Eichenwickler** (*Tortix viridana*) offenbar wesentlich beteiligt war. Nachdem die betroffenen Eichen wieder Blätter ausgetrieben haben, wurden diese in den trocken-warmen Wochen im Juni/Juli vielerorts intensiv vom **Mehltau** (*Microsphaera alphitoides*) befallen.

Ein Erholungswald bei Worms wurde im Frühjahr mit einem *Bacillus thuringiensis*-Präparat behandelt, um der vom **Eichenprozessionsspinner** (*Thaumetopoea processionea*) ausgehenden Gesundheitsgefährdung rechtzeitig zu begegnen. Im Lennebergwald bei Mainz, Forstamt Rheinhessen, hat sich die Situation in diesem Jahr offenbar wieder etwas entspannt. In den anderen, in den

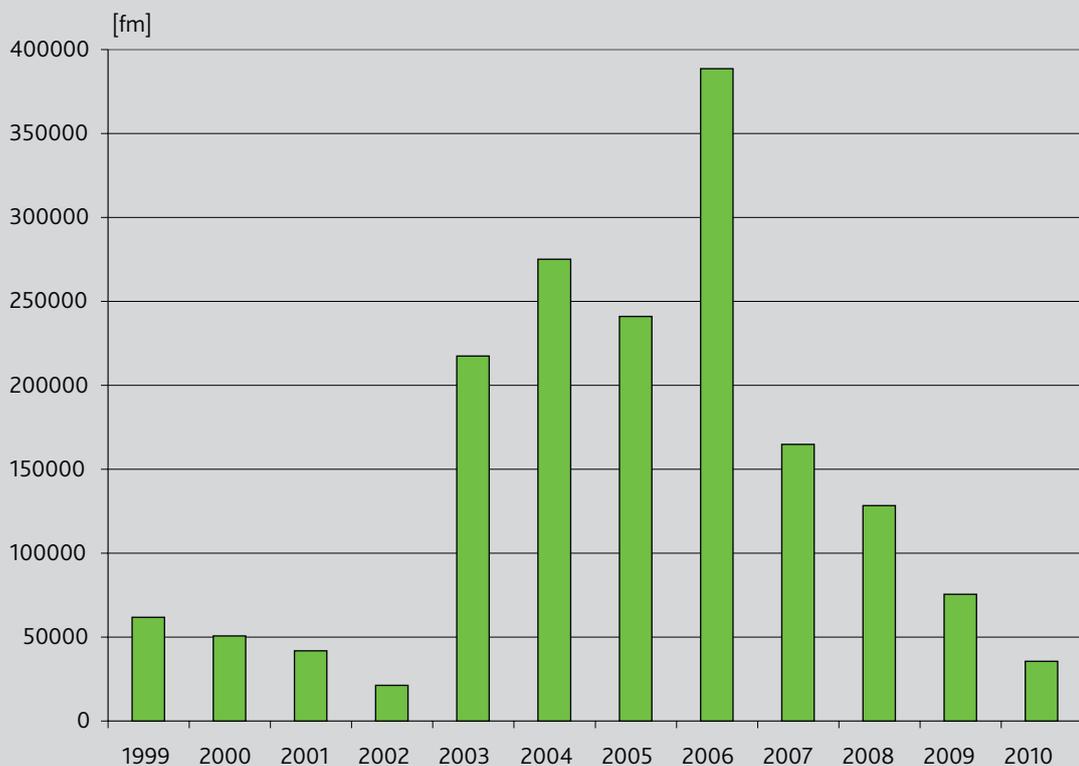
letzten Jahren besonders betroffenen Forstämtern sind bisher keine gravierenden Fälle von Gesundheitsschäden oder bedeutendem Blattfraß durch Eichenprozessionsspinner bekannt geworden. Lediglich aus dem Forstamt Bienwald wurden explizit wieder Gespinstvorkommen gemeldet.

Im Bienwald wurde in diesem Frühjahr wieder ein stärkeres Auftreten des **Schwammspinners** (*Lymantria dispar*) beobachtet. Allerdings sind keine gravierenden Fraßschäden entstanden.

In den Forstämtern Pfälzer Rheinauen und Westrich wurden im Rahmen der Waldzustandserhebung weitere Fälle des **Eschentriebsterbens** festgestellt. Diese bedrohliche Erkrankung wird durch den Pilz *Chalara fraxinea* verursacht. Erst kürzlich erbrachten Untersuchungen in der Schweiz, dass es sich hierbei nicht, wie bislang angenommen, um die Nebenfruchtform des Weißen Stengelbecherchens (*Hymenoscyphus albidus*) handelt, sondern um eine von diesem nur durch molekulargenetische Untersuchungen unterscheidbare neue Art *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, die entweder neu entstanden oder eingewandert ist.

Eine Reihe von Waldbeständen am Oberrhein ist von einer Gradation des **Waldmaikäfers** (*Melolontha hippocastani*) betroffen. Im kommenden Jahr ist der Flug des Südstammes im Forstamt Bienwald, in 2012 der Flug des Nordstammes im Forstamt Pfälzer Rheinauen zu erwarten. Mit dem Erreichen älterer Larvenstadien sind aktuell beträchtliche Engerlingsschäden festzustellen: In 2009 wurden von den Forstämtern gravierende Schäden auf 850 ha gemeldet; 2008 waren es „nur“ 611 ha. Im Bienwald sind in diesem Frühjahr wieder Erwarten in erheblichem Umfang Waldmäikäfer geflogen, was auf eine für den Wald sehr ungünstige Abspaltung eines Nebenflugstammes hindeutet.

#### Käferholzeinschlag in Rheinland-Pfalz (alle Waldbesitzarten; 2010 bis einschließlich September)





Nadelverlust durch die Rußige Douglasenschütte (linkes Bild). Auf der Unterseite befallener Nadeln erscheinen im Frühjahr die ca. 0,1 mm großen, schwarzen Fruchtkörper des Pilzes (rechtes Bild).

Fotos: H. Metzler

In vielen Douglasienbeständen wurde in diesem Frühjahr intensive Nadelschütte beobachtet. Dies wurde durch einen erheblichen Befall der Douglasien mit der Rußigen **Douglasienschütte** (*Phaeocryptopus gaeumannii*) in Kombination mit der kalten Winterwitterung verursacht. Durch den Pilzbefall büßen die Nadeln ihre Frosthärte ein und fallen nach Frostereignissen ab. Häufig weist die Douglasie in der folgenden Vegetationsperiode dann nur noch einen Nadeljahrgang auf. In einem Fall bei Kusel war auch die Rostige Douglasienschütte (*Rhabdocline pseudotsugae*) Ursache der festgestellten Nadelverluste.

Im Rahmen der Waldzustandserhebung ist im Donnersbergkreis Pilzbefall durch *Sphaeropsis sapinea* nach Hagelschlagschäden an Kiefern

festgestellt worden.

Untersuchungen durch das Institut für Waldschutz der Universität Göttingen in potenziell gefährdeten Kiefernbeständen in Rheinland-Pfalz erbrachten keinen Nachweis eines Befalls durch die als Quarantäneorganismus eingestufte **Kiefernadelbräune** *Mycosphaerella pini*.

Das Befallsareal des **Esskastanienrindenkrebses** (*Cryphonectria parasitica*) in den Wäldern der Haardt hat sich auf 30 ha ausgeweitet. Um die Esskastanie als eine in dieser Region für die Kultur und den Tourismus sehr bedeutsamen Baumart zu erhalten und alle Möglichkeiten zur Eindämmung der Erkrankung auszuloten, wurde im Juni 2010 unter der Federführung der rheinland-pfälzischen Forschungsanstalt für Waldökologie und Forst-

wirtschaft das transnationale EU-Interreg Projekt „Die Edelkastanie am Oberrhein – eine Baumart verbindet Menschen, Kulturen und Landschaften“ gestartet.

In einer Kurzumtriebsplantage bei Reipoltskirchen (Forstamt Kusel) sind viele Pappeln oberirdisch abgestorben, die vom **Schwarzen Nutzholzborkenkäfer** (*Xylosandrus germanus*) und **Ungleichen Holzbohrer** (*Anisandrus dispar*) befallen waren. Der Schwarze Nutzholzborkenkäfer stammt ursprünglich aus Ostasien und wurde um 1930 nach Nordamerika, wenig später auch nach Europa eingeschleppt. Er hat sich inzwischen weit ausgebreitet. Bisher ist er als typischer Sekundärschädling bekannt geworden, der nur frisch eingeschlagenes Holz, Stöcke sowie gelegentlich absterbende stehende Bäume befällt. An den betroffenen Pappeln war allerdings keine Vorschädigung festzustellen.



# SCHWERMETALLE IN WALD- ÖKOSYSTEMEN – BELASTUNG SPÜRBAR GESUNKEN



Der Eintrag von Schwermetallen in die rheinland-pfälzischen Waldökosysteme ist deutlich zurückgegangen. Aber viele Waldökosysteme sind durch Altlasten aus Perioden mit noch höheren Einträgen, zum Beispiel vor der Einführung bleifreien Benzins, belastet. Überhöhte Schwermetallgehalte können die Bodenorganismen schädigen und zu Störungen im Nährstoffhaushalt der Ökosysteme führen.

Schwermetalle wie Cadmium, Blei, Zink und andere gelangen sowohl aus natürlichen Quellen wie dem Vulkanismus als auch aus anthropogenen Quellen, insbesondere als Folge industrieller Prozesse, der Verbrennung fossiler Brennstoffe und des Straßenverkehrs in die Atmosphäre. Sie unterliegen wie andere Luftschadstoffe auch dem Ferntransport und werden über verschiedene Depositionsprozesse in die Waldökosysteme eingetragen. Die verschiedenen Schwermetalle verhalten sich in den Ökosystemen sehr unterschiedlich. Kupfer und Blei bilden besonders stabile organische Verbindungen und reichern sich daher stark im Auflagehumus an. Demgegenüber sind Zink und Cadmium mobiler und können mit dem Sickerwasser in tiefere Bodenschichten oder sogar bis ins Grundwasser gelangen.

Alle Schwermetalle sind in höheren Konzentrationen für Bodenorganismen und Pflanzen toxisch. Kupfer und Zink zählen jedoch zu den wichtigen Spurennährstoffen. Die bedeutsamsten Folgen überhöhter Schwermetallkonzentrationen in den Waldböden sind Beeinträchtigungen der für den

Streuabbau wichtigen Bodenlebewesen, wodurch Störungen im Stoffhaushalt der Ökosysteme verursacht werden können. Das Schadpotential der Schwermetalle in den Ökosystemen ist nicht nur von den absoluten Gehalten abhängig, sondern auch von ihrer Mobilität und Verfügbarkeit. Der mobile und demnach gegebenenfalls verfügbare Anteil der einzelnen Schwermetalle steigt unterhalb eines elementspezifischen pH-Wertes stark an. Bei Cadmium ist dies bereits ab pH-Werten unter 6,5 der Fall, bei Blei erst bei pH-Werten unter 4. Das Risiko von Funktionsstörungen in den Ökosystemen durch Schwermetalle steigt somit mit zunehmender Versauerung der Böden.

Im Forstlichen Umweltmonitoring wird sowohl der Eintrag von Schwermetallen in die Waldökosysteme als auch ihre Gehalte in den Waldböden und den Bäumen überwacht und ihre möglichen Wirkungen auf Waldökosystemfunktionen bewertet.

**An dieser Untersuchungsfläche im Forstamt Hinterweidenthal wird bereits seit 1987 der Eintrag von Schwermetallen in das Eichen-Buchen-Ökosystem gemessen.**

Foto: R. Rohe-Wachowski

Der Eintrag von Schwermetallen in die Waldökosysteme hat sich seit dem Beginn der Messungen in Rheinland-Pfalz Mitte der 80er Jahre erheblich verringert. So ist der Bleieintrag in die Ökosysteme um mehr als 90 % zurückgegangen. Blei wurde bis in die 1980er Jahre als Antiklopfmittel den Kraftstoffen zugesetzt und gelangte mit den Autoabgasen in erheblichem Umfang in die Umwelt. Ebenfalls merklich gesunken, wenngleich nicht so deutlich wie beim Blei, sind die Einträge an Cadmium und Zink.

Die Analyse der bundesweit durchgeführten Waldbodenzustandserhebung (BZE) zeigt, in welchem Umfang sich Schwermetalle in den rheinland-pfälzischen Waldökosystemen angereichert haben und welche Regionen besonders betroffen sind. Auffällig hohe Blei-gehalte in der Humusauf-lage finden sich im Westerwald und im Taunus. Diese können vermutlich auf Bleiemissionen der Keramikindustrie im sogenannten Kannebäckerland, durch Schwermetall verarbeitende Industrie oder auch durch lokal begrenzte Abwehungen von Abraumhalden aus altem Erzbergbau zurückge-

führt werden. Im Pfälzerwald sind die Schwermetallbelastungen meist nur gering, in den übrigen größeren Waldgebieten des Landes wurden jeweils nur an einzelnen Aufnahmepunkten erhöhte Schwermetallgehalte in der Humusauf-lage und im oberen Mineralboden gefunden.

Zur Bewertung möglicher negativer Wirkungen erhöhter Schwermetallgehalte auf die Wald-ökosystemfunktionen können verschiedene Beurteilungswerte verwendet werden. Diese sind zum Teil von der Bodenart und vom pH-Wert des Bodens abhängig. Die Orientierungswerte für Schwermetallkonzentrationen im Humus nach TYLER (1992), ab denen mit schädigenden Effekten auf Bodenlebewesen zu rechnen ist, wurden bei Kupfer an 32 %, Chrom an 30 %, Blei an 13 % und bei Cadmium, Zink und Quecksilber jeweils an 1 % der Aufnahmepunkte überschritten. Das Bundesbodenschutzgesetz (1998) definiert Vorsorgewerte als „Bodenwerte, bei deren Überschreiten ... die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung besteht“ (§ 8).

Entwicklung des Blei (Pb)-Eintrags in einem Fichtenbestand im Forstamt Adenau



### Entwicklung des Cadmium (Cd)-Eintrags in einem Fichtenbestand im Forstamt Adenau



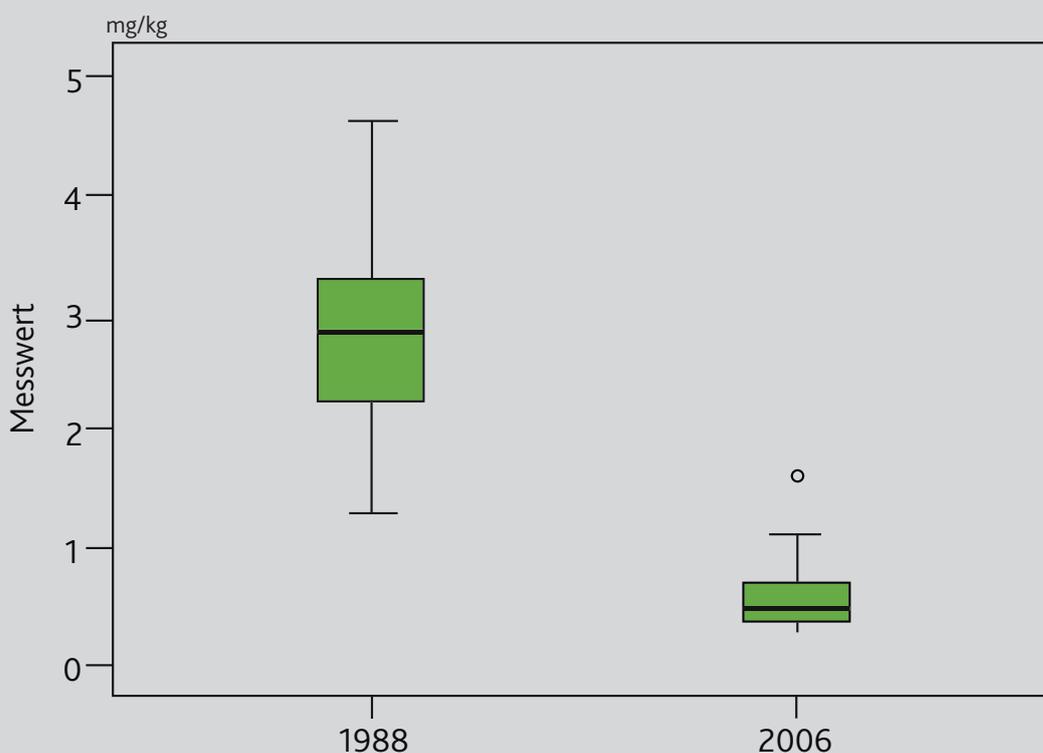
### Entwicklung des Zink (Zn)-Eintrags in einem Fichtenbestand im Forstamt Adenau



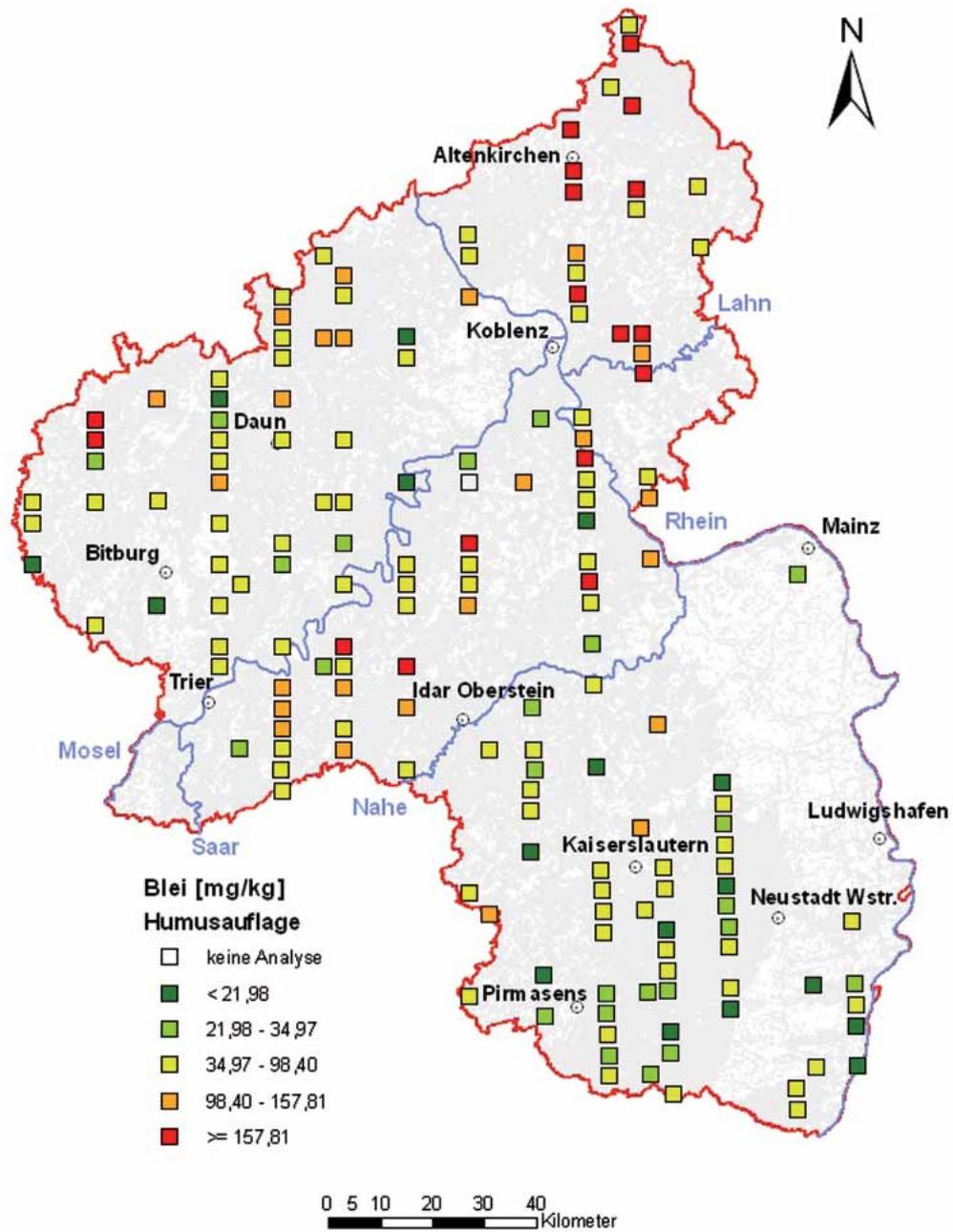
Die in der Bundesbodenschutzverordnung (1999) aufgeführten Vorsorgewerte für Metalle gelten aber nur bei Humusgehalten unter 8%, wodurch sie für Waldböden nur zur groben Orientierung herangezogen werden können. Für den obersten Mineralbodenhorizont werden die Vorsorgewerte nur bei Zink an allen Beprobungspunkten eingehalten. Bei Blei und Nickel werden sie an etwa der Hälfte, bei Kupfer, Chrom, Cadmium und Quecksilber jeweils an 7 bis 12% der Aufnahmepunkte überschritten.

Zwischen der BZE I (1989) und der BZE II (2006) haben sich die Schwermetallbelastungen der Waldböden nur wenig verändert. Wenig mobile Schwermetalle wie Blei können auch nur in geringem Umfang über die Holz- und Biomassenutzung oder Bodenverlagerung aus den Ökosystemen wieder entfernt werden. Daher sind viele Ökosysteme durch Schwermetalle aus Perioden mit noch höheren Einträgen beeinträchtigt. In den Nadeln von Fichten und Kiefern sind die Bleigehalte seit den 80er Jahren demgegenüber sehr deutlich gesunken. Dies ist ein Beleg, dass Neukontaminationen der Ökosysteme spürbar zurückgegangen sind.

Boxplot der Bleigehalte im 1. Nadeljahrgang bei Kiefer



Bleigehalte in der Humusauflage an den Standorten der landesweiten Waldbodenzustandserhebung





# BIODIVERSITÄT IM WALD – GEFAHREN DURCH KLIMAWANDEL UND LUFT- SCHADSTOFFE BEGEGNEN



Die Vereinten Nationen haben das Jahr 2010 zum „Internationalen Jahr der Biodiversität“ erklärt. Es ruft weltweit zu entschlossenem Handeln zum Schutz der Biodiversität auf. Rheinland-Pfalz trägt als walddreichstes Bundesland mit einem der höchsten Laubwaldanteile aller Flächenländer in besonderem Maße Verantwortung für die Erhaltung und Förderung der Biologischen Vielfalt im Wald.

Erhebungen und Untersuchungen zur biologischen Vielfalt werden in Rheinland-Pfalz in unterschiedlichen Intensitäten von der intensiven Fallstudie bis hin zu landesweiten Übersichtserhebungen durchgeführt.

Die drei tragenden Säulen des waldbezogenen Konzepts zur Erhaltung und Entwicklung der Biodiversität bilden der naturnahe Waldbau, eine auf das Schutzziel ausgerichtete Bewirtschaftung von Schutzgebieten (Naturschutzgebiete, Natura 2000 Gebiete) und schließlich auch das Zulassen eigendynamischer Waldentwicklung wie etwa in Naturwaldreservaten oder Kernzonen des Biosphärenreservates Pfälzerwald. Alle waldbezogenen Maßnahmen sind eingebunden in die Biodiversitätsstrategie des Landes.

In Folge des Klimawandels und durch den Eintrag von Luftschadstoffen unterliegen die Wälder in Rheinland-Pfalz großflächigen Umwelteinflüssen, die zu einer Nivellierung der standörtlichen und letztendlich der biologischen Vielfalt führen können. Um zu vermeiden, dass sich hieraus ein Verlust an Biodiversität ergibt, sind besondere Anstrengungen zum Waldumbau, zur Förderung der genetischen Diversität der Waldbäume und Sträucher sowie zum Schutz der Vielfalt in unseren Waldböden erforderlich, wie sie in Rheinland-Pfalz bereits eingeleitet worden sind.

Biodiversität umspannt als Begriff die Vielfalt aller Organisationseinheiten der belebten Natur, von der Vielfalt der genetischen Variationen einer Art über die Artenvielfalt bis hin zur Vielfalt der Lebensräume. Weltweit ist die Biodiversität zunehmend durch nicht nachhaltige, ausbeuterische Nutzung und Zerstörung bislang unberührter und natürlicher Lebensräume bedroht. Seit dem Erdgipfel in Rio de Janeiro im Jahr 1992, bei dem 190 Staaten die Konvention über die Biologische Vielfalt (CBD) verabschiedeten, bilden die Bemühungen um eine Trendumkehr einen Schwerpunkt der internationalen Umweltpolitik.

Dem Wald kommt als einem der artenreichsten und naturnahen Lebensräume eine besondere Bedeutung beim Erhalt der Biodiversität zu. Natürliche und naturnahe Wälder sind weltweit durch eine nicht nachhaltige Waldnutzung, insbesondere aber durch Rodung und Umwandlung in andere Nutzungsformen bedroht. Etwa 13 Mio. Hektar Urwälder werden jährlich vernichtet. Nur ein Teil von ihnen wird in Plantagenwälder überführt, die den Verlust an Biodiversität nicht im Entferntesten kompensieren können. Der damit verbundene Artenverlust ist erschreckend: Täglich verschwinden heute 150 Arten unwiederbringlich. Mit den Arten verschwindet nicht nur ein Glied einer Lebensgemeinschaft, sondern auch die genetische Information geht unwiederbringlich verloren.

Zwar droht in Rheinland-Pfalz keine großflächige Waldvernichtung durch Rodung wie in vielen Regionen der Südhemisphäre, aber auch bei uns ist die Wald-Biodiversität gefährdet – insbesondere durch Klimawandel und Luftschadstoffeinträge.

**In der Zerfallsphase eines Buchenbestandes, wie hier im Naturwaldreservat Gottlob (Hunsrück), entstehen große Mengen an stehendem und liegendem Totholz. Es dient einer Fülle von Arten als Lebensraum**

Foto: P. Balcar

## Ökosystem Boden: Verborgene Biodiversität

Mehr als ein Viertel aller Arten lebt im Boden. Die meisten dieser Lebewesen sind Mikroorganismen wie Bakterien, Pilze und Protozoen (Einzeller). Ein Teelöffel Boden kann tausende Arten, Millionen Individuen und hundert Meter Pilzgeflecht enthalten. Die Bodenorganismen sind verantwortlich für unverzichtbare Bodenfunktionen wie die Streuzersetzung, die Kohlenstoffspeicherung, die Bodenauflockerung und unterstützen die Filterfunktionen des Bodens für Schadstoffe. Nur die Vielfalt der Organismen gewährleistet diese für unsere Lebensgrundlagen überaus wichtigen Ökosystem-Dienstleistungen und stellt zudem ein ungeheures genetisches Potenzial dar.

Bereits in der Vergangenheit wurden wichtige Antibiotika wie Penicillin oder Streptomycin aus Bodenpilzen isoliert. Auch in Zukunft könnten Bodenlebewesen für die Entwicklung neuer Pharmazeutika von großer Bedeutung sein.

Aber nicht nur die Zerstörung des Bodens durch Überbauung oder Erosion, sondern auch die Veränderung seiner chemischen und physikalischen Eigenschaften insbesondere durch Luftschadstoffeinträge und Klimawandel können die Boden-Biodiversität erheblich beeinträchtigen. So hat die luftschadstoffbedingte Versauerung zu einem erheblichen Verlust der Lebensraumvielfalt in der Humusaufgabe und im oberen Mineralboden geführt. Ähnlich weitreichende Beeinträchtigungen der Lebensraumvielfalt sind zu erwarten, wenn unsere Böden im Zuge des Klimawandels zunehmend sommerlichen Austrocknungsphasen unterliegen sollten.

Ein Verlust an Biodiversität kann wiederum die Funktionsfähigkeit der Böden als Kohlenstoffspeicher beeinträchtigen, so dass ihre Potenziale zur Abschwächung des Klimawandels nicht zum Tragen kommen können.





**Viele Waldgebiete in Rheinland-Pfalz sind durch Laubmischwälder geprägt. Hier ein Blick vom Luitpoldturm auf die Hochlagen des Pfälzerwaldes**

Foto: F. Schmidt

**Die Struktur der oberen Bodenschicht ist ein guter Indikator für das Wohlergehen der Bodenlebewesen. Versauerung, Eutrophierung und Schwermetallanreicherung können die Lebensgemeinschaften im Boden schädigen.**

Foto: C.-D. Fath

Um dem drohenden Verlust an Biodiversität gezielt entgegenwirken zu können, müssen möglichst eingehende Informationen über die Lebensgemeinschaften, ihre Interaktionen und ihre Wirkungen auf die Ökosystemfunktionen vorliegen. Im Waldbereich werden in Rheinland-Pfalz entsprechende Aufnahmen und Untersuchungen zur biologischen Vielfalt und ihrer Wirkungen in den Waldökosystemen auf unterschiedlichen Ebenen von der intensiven Fallstudie bis hin zu landesweiten Strukturanalysen durchgeführt. Untersuchungen zur Wald-Biodiversität sind integraler Bestandteil der regelmäßigen Waldinventuren, der forstlichen Betriebsplanung, des Forstlichen Umweltmonitorings und stehen an zentraler Stelle in der Waldökosystem- und Naturwaldforschung.

## Biodiversität im Spiegel der Waldinventuren

Bei Bundes- und Landeswaldinventuren wird die Zusammensetzung und Struktur unseres Waldes erfasst. Dabei zeigt sich Erfreuliches: So verfügt Rheinland-Pfalz über einen sehr vielfältigen, durch Laubbäume und Mischbestände dominierten Waldbestand. Bei der Landeswaldinventur im Jahr 2002 wurden 47 Baumarten erfasst. Der Anteil der Laubbäume liegt mit 57 % weit über dem Bundeschnitt (38 %). Darüber hinaus verfügt Rheinland-Pfalz mit einem Eichenanteil von 18 % über die größte Eichenfläche in Deutschland. Gerade die Eiche ist für die Artenvielfalt von großer Bedeutung. So sind 289 monophage, also sich nur von dieser Pflanze ernährende, Insektenarten auf die Eiche angewiesen. Bei der Buche, unserer von Natur aus häufigsten Laubbaumart, ist der Anteil der Spezialisten mit „nur“ 96 monophagen Insektenarten deutlich geringer. Positive Auswirkungen auf die Vielfalt der Arten und Lebensräume sind auch von der weiteren Entwicklung in Richtung auf laubbaumreiche und gemischte Wälder zu erwarten. So zeigt die Waldinventur 2002 einen Anteil von 71 % Laubbäumen in der Waldverjüngung. Auch in den Daten der mittelfristigen Betriebsplanung (Forsteinrichtung) spiegelt sich der Strukturreichtum der rheinland-pfälzischen Wälder wider. So dominieren bereits aktuell laubbaumgeprägte Mischwälder und die Planungen sehen den weiteren Waldumbau in Richtung naturnaher, gemischter und laubbaumreicher Waldbestände vor. In der forstlichen Standortkartierung wird die Vielfalt unserer Böden und Standortbedingungen erfasst. Diese Daten sind eine unverzichtbare Grundlage für eine standortsspezifische Baumartenwahl und Bewirtschaftung und damit den Erhalt oder auch die Erhöhung der Waldtypenvielfalt.

## Biodiversität im Forstlichen Umweltmonitoring

Bei der seit 1984 jährlich durchgeführten **Waldzustandserhebung (WZE)** wird der Vitalitätszustand aller von der Stichprobe erfassten Baumarten aufgenommen. Bei der letzten Vollstichprobe im Jahr 2008 wurden an den 464 Rasterpunkten 37 verschiedene Baumarten erfasst.

Im Rahmen der bundesweiten **Bodenzustandserhebungen im Wald (BZE)** werden landesweit an 165 Stichprobenpunkten die Vielfalt der Waldböden und ihre Funktionsfähigkeit erhoben. Der ungeheure Artenreichtum, das nur bruchstückhafte Wissen zur Biologie und Lebensweise vieler Arten und deren Zusammenspiel im Boden lassen ein unmittelbares Monitoring der einzelnen Organismen nicht zu. Anstatt dessen werden die Lebensbedingungen, vor allem die ihnen drohenden Gefahren zum Beispiel durch Versauerung und Stickstoffeutrophierung erfasst. Hierzu wird eine Vielzahl chemischer und physikalischer Bodenkennwerte erhoben, aus denen menschenverursachte Belastungen der Bodenbiozöosen, etwa durch Säure- und Stickstoffeinträge, Schwermetalldeposition oder Bodenverdichtung abgeleitet, beobachtet und beurteilt werden können. Auch aus der Entwicklung der Humusform und der Humusmorphologie können Informationen über das Wohlergehen der Bodenorganismen und ihre Leistungen bei der Streuzersetzung abgeleitet werden.

Die zweite Bodenzustandserhebung im Jahr 2006 belegt, dass der bis in die 1980er Jahre hinein zu beobachtende Trend einer zunehmenden Verschlechterung der Lebensbedingungen von Bodenorganismen durch effektive Luftreinhaltung und gezielte Bodenschutzmaßnahmen gestoppt werden konnte. Ein Beleg für die Wirksamkeit der ergriffenen Maßnahmen ist, dass die Humusform „Rohhumus“ in unseren Wäldern inzwischen kaum mehr vorkommt. Beim Rohhumus ist der Stoffkreislauf des Ökosystems erheblich gestört.

Ein Rohhumus bildet sich, wenn die Zersetzung der Baumstreu durch eine Beeinträchtigung der Bodenlebewesen erheblich gehemmt ist. Auch der Eintrag an Schwermetallen und ihre zunehmende Anreicherung in den Böden konnte verringert werden. Allerdings sind in vielen Waldböden noch „Altbelastungen“ vorhanden, die die Bodenlebewelt beeinträchtigen. Ein wichtiger Bestandteil der landesweiten BZE sind auch eingehende Aufnahmen der Bodenvegetation an allen Rasterpunkten. Sie belegen, wie groß die Artenvielfalt an Pflanzen und Moosen in

unserem Wald ist. Am artenreichsten Aufnahme-punkt wurden auf einem viertel Hektar 82 Arten gefunden. Die Aufnahmen zeigen aber auch, dass in vielen Ökosystemen noch Säurezeiger über das natürliche Maß hinaus dominieren. Dies weist auf die immer noch bestehende Nährstoffarmut und die über alle Standorte hinweg zu beobachtende Versauerung unserer Waldböden hin. An vielen Rasterpunkten sind zudem Eutrophierungszeiger zu finden. Dies ist als Hinweis zu werten, dass den Waldlebensgemeinschaften Gefahren durch überhöhte Stickstoffeinträge drohen.

**Bodenlebewesen zerkleinern und zersetzen die Nadel-/Blattstreu der Bäume und schließen die hierin vorkommenden Nährstoffe wieder auf. Bei der ungeheuren Vielfalt lassen sich die einzelnen beteiligten Arten kaum bestimmen, aber ihre Wirkung lässt sich wie hier mit Streu-„Minicontainern“ messen.**

Foto: T. Caspari



In den flächenmäßig bedeutsamen Waldökosystemtypen des Landes wurden **Intensivuntersuchungsflächen (Level II)** eingerichtet. An diesen erfolgt eine Dauerbeobachtung der Waldbäume, der Bodenvegetation und der verschiedenen Bodenkompartimente (Humusaufgabe, Mineralboden). Damit sind diese Level-II-Standorte gleichzeitig Bestandteil eines bundesweiten Netzes von Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF). An ausgewählten Flächen wurden auch eingehende Studien zur Bodenfauna, zur baumbesiedelnden Fauna und zur Streuzersetzung durch Bodenorganismen durchgeführt. Die auf kontinuierliche Langzeitbeobachtung ausgelegten Intensivuntersuchungen an diesen Flächen erlauben Einblicke in die komplexen Interaktionen der verschiedenen Waldökosystemkompartimente mit ihren jeweiligen Lebensgemeinschaften.

Von besonderem Interesse zur Beurteilung der Lebensbedingungen im Wald sind baumbewohnende **Flechten**. Da sie besonders empfindlich auf Veränderungen in den Umweltbedingungen reagieren und ihre ökologische Standortsamplitude recht gut untersucht ist, eignen sie sich in besonderem Maße zur Bioindikation. An den rheinland-pfälzischen Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen wird die Flechtenvegetation in enger Kooperation der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft mit dem Pfalzmuseum für Naturkunde (Dr. Volker John) aufgenommen und bewertet. Bei den Untersuchungen hat sich gezeigt, dass viele Flechtenarten nur in den lichtdurchfluteten Baumkronen, nicht aber im schattigen Stammraum zu finden sind. Daher werden seit Ende der 90er Jahre die Aufnahmen an Bäumen durchgeführt, die im Zuge von regulären Durchforstungen der Dauerbeobachtungsflächen gefällt werden.

An den rheinland-pfälzischen Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen konnten insgesamt 64 Flechtenarten registriert werden. Mitte der 80er Jahre war die Flechtenflora insbesondere infolge des Ferntransports von Schwefeldioxid auch bis in die industriefernen Waldgebiete hinein verarmt. Häufig beschränkte sich die Besiedlung auf vergleichsweise gegenüber Säure und Luftschadstoffen tolerante Arten wie *Hypogymnia*

*physodes*. Auf Eutrophierung hinweisende Flechten fehlten in den 80er Jahren noch völlig. Inzwischen werden die Bäume wieder vermehrt auch durch empfindlichere Arten besiedelt. Zudem kann eine Ausbreitung stickstofftoleranter und wärmeliebender Arten wie beispielsweise *Flavoparmelia caperata* und *Candelariella reflexa* festgestellt werden. Erstmals wurden auch vereinzelte Lager von Eutrophierung anzeigenden Flechten beispielsweise *Amandinea punctata*, *Lecanora hagenii* und *Melanohalea exasperatula* in den Baumkronen beobachtet.

Die Flechtenuntersuchungen im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings belegen die Bedeutung eines integrierten Monitoringsystems für die Überwachung der Wald-Biodiversität. So zeigen sie, dass Luftreinhaltemaßnahmen wirksam zu einer Verbesserung der Lebensbedingungen im Wald beigetragen und hierdurch eine Wiederbesiedelung mit zuvor durch Luftverschmutzung zurückgedrängten Arten ermöglicht haben. Gleichzeitig weisen sie aber auf Grund ihrer differenzierten Beobachtungsansätze auch auf neue Veränderungen in den Umweltbedingungen der Wälder wie die Klimaerwärmung und die zunehmende Stickstoffsättigung hin.



## Luftschadstoffe: Die großen Gleichmacher

Auch in industriiefernen Waldgebieten haben sich die Standortsbedingungen im Laufe der Zeit durch den Eintrag versauernder und eutrophierender Luftschadstoffe erheblich verändert. In der Mehrzahl unserer Waldstandorte mussten sich die Waldlebensgemeinschaften auf die Versauerung und Verarmung ihres Lebensraums an wichtigen Nährstoffen einstellen. Gleichzeitig stieg auf vielen versauerten Standorten die Stickstoffverfügbarkeit merklich an. „Sauer“ und gleichzeitig „stickstoffreich“ ist aber eine von Natur aus nicht vorkommende Kombination.

Auch der Eintrag von Schwermetallen wie Blei und Cadmium und der Streusalzeintrag entlang viel befahrener Straßen dürfte in besonders betroffenen Waldgebieten zu erheblichen Beeinträchtigungen vor allem der Bodenlebewelt geführt haben.

Da luftgetragene Schadstoffe durch den Ferntransport nahezu überall einwirken, wurden die Standortsbedingungen großräumig in Richtung „versauert und nährstoffarm“ nivelliert. Dies gilt umso mehr für die in Rheinland-Pfalz von Natur aus überwiegend nährstoffarmen Böden, deren

Differenzierung hierdurch im Wesentlichen verlorengegangen ist. Vor allem in den Humusauflagen und in oberen Bodenschichten ging die natürliche Vielfalt der chemischen und physikalischen Verhältnisse weitgehend verloren. So wurden bei der ersten landesweiten Waldbodenzustandserhebung im Jahr 1989 70% der untersuchten Böden als „stark bis sehr stark versauert“ beurteilt. Nur etwa 8% der Böden wiesen keine oder nur geringe Versauerungsmerkmale auf. Dank durchgreifender Luftreinhaltung und ergänzender Bodenschutzmaßnahmen haben sich die Lebensbedingungen in unseren Wäldern vielfach deutlich verbessert. An nahezu allen Untersuchungspunkten haben sich der pH-Wert und besonders deutlich die Basensättigung im Oberboden erhöht. Aber immer noch drohen den Waldlebensgemeinschaften Gefahren durch Luftschadstoffe, insbesondere durch die noch erheblich die Verträglichkeitsschwellen überschreitenden Stickstoffeinträge.

Um einen weiteren Verlust an Biodiversität durch Stickstoff-Eutrophierung zu vermeiden, sind weitere Anstrengungen zur Verringerung der Stickstoffemission insbesondere aus Landwirtschaft und Straßenverkehr erforderlich.

**Flechten reagieren sehr empfindlich auf Veränderungen der Umweltbedingungen und sind daher wertvolle Bioindikatoren. In unseren Wäldern werden zunehmend wärmeliebende Flechtenarten wie hier *Flavoparmelia caperata* angetroffen.**

Foto: V. John



## Biodiversität in der Naturwaldforschung

Seit rund 40 Jahren werden Naturwaldreservate als unbewirtschaftete Waldflächen eingerichtet und bezüglich Waldstrukturen, Böden und Artenzusammensetzung untersucht. Seit nunmehr rd. 20 Jahren werden sie außerdem im direkten Vergleich mit vergleichbaren bewirtschafteten Waldflächen untersucht, um die strukturellen Besonderheiten und Prozesse in Wäldern unter natürlicher Entwicklung bewirtschafteten Wäldern gegenüberstellen zu können.

Die Waldstrukturen als Schlüsselemente für natürliche wie vom Menschen gesteuerte Entwicklungen werden in den Naturwaldreservaten periodisch erfasst, also vor allem die Baumartenzusammensetzung, die räumliche Bestandesstruktur, die Verjüngung sowie Totholz mengen und -qualitäten und weitere Baummerkmale. Die Waldstrukturdaten sind zugleich die wesentlichen Lebensraumdaten für im Wald lebende Arten und Basis für Indikation bzw. für Erklärung

von Veränderungen – auch in der Biodiversität. Denn Artenvielfalt hängt eng mit Strukturvielfalt zusammen.

Ein bestimmender Faktor des Waldes ist die Baumart. In Mitteleuropa dominiert natürlicherweise die Buche. In den rheinland-pfälzischen Naturwaldreservaten gewinnt sie ohne die menschliche Steuerung zunehmend an Dominanz, wobei die Wälder zumeist dichter, dunkler, struktur- und artenärmer werden. Auch in naturnah bewirtschafteten Wäldern wurde sie zunehmend zur Gewinnerin. Da außerdem Baumarten wie Eiche oder Tanne vom Wild bevorzugt verbissen werden, kommt dies oft zusätzlich der Buchennaturverjüngung zugute.

Deutschland ist das natürliche Verbreitungsgebiet für ein Viertel der weltweiten Rotbuchenwälder und besitzt daher besondere Verantwortung für deren Erhalt und die Sicherung ihrer biologischen Vielfalt.

Seit einem Kahlfraß durch Schwammspinnerrauen Mitte der 1990er Jahre weisen zwei im Bienwald gelegene Naturwaldreservate (hier NWR Stuttpferch) sehr hohe Totholz mengen auf.

Spezialisten haben dort in den letzten Jahren über 1.400 Käferarten gefunden, davon 38% der in Deutschland vorkommenden Totholzkäferarten. Darunter sind auch Käferarten, die offenbar erst im Zuge des Klimawandels ihr Areal in unsere Region ausweiten.

Foto: P. Balcar



In den Naturwaldreservaten sind auch seltene Totholzkäferarten, wie hier der Veränderliche Edelscharrkäfer

*Gnorimus variabilis* anzutreffen.

Foto: F. Köhler

Die Buchenwälder sind heute auf ein Drittel ihrer ursprünglichen Fläche zurück gedrängt, die Buche ist dort nur noch zu 14 % beteiligt. Daher ist ihre „Renaissance“ durchaus positiv zu sehen.

In einer über Jahrtausende von Menschen gestalteten Landschaft haben wir es aber vorwiegend mit einer kulturhistorisch gewachsenen und somit überprägten natürlichen Biodiversität zu tun. Gemessen an den absoluten Artenzahlen übersteigt sie meist die natürliche Diversität dadurch, dass die Nutzungen den Wald öffneten und auch für licht- und wärmebedürftige Arten günstige Lebensbedingungen schufen.

Licht bringt Leben in den Wald - diesen Grundsatz hat auch die Naturwaldforschung bestätigt. Lücken sind Schlüsselfaktoren für Verjüngung, Strukturen und Totholz. Die Strukturvielfalt eines Waldes wird wesentlich durch die Häufigkeit und Größe von natürlichen und anthropogenen Störungen wie Windwurf, Feuer und Insektenfraß bestimmt. Dadurch finden immer wieder Pionierbaumarten günstige Lebensbedingungen oder auch Blütenpflanzen, an die häufig auch ausgesprochene Waldbewohner wie Totholzkäfer in einem Lebensabschnitt angewiesen sind.

Das wesentliche strukturelle Unterscheidungsmerkmal von Natur- und Wirtschaftswald ist das Totholz, wie im Rahmen der Naturwaldforschung herausgearbeitet wurde. Es zählt zum wichtigsten Lebensraum und ist Voraussetzung für eine enorme Vielfalt an spezialisierten Arten, darunter 1.300 Totholzkäferarten, 1.500 Pilzarten, 30 Vogelarten, 16 Fledermausarten, 54 Wildbienenarten und auch Haselmaus, Wildkatze oder Baummarter.

„Alte“ Naturwaldreservate sind meist reich an Totholz. Schon auf kleiner Fläche beherbergen sie einen erheblichen Teil der in Deutschland vorkommenden Tierarten. Viele Naturwaldreservate erweisen sich deswegen als „hot spots“ für die Biodiversität und stellen wichtige Spendeflächen für umliegende Wälder dar. Die Naturwaldforschung dokumentiert ihre Weiterentwicklung zum „Urwald von morgen“ und belegt auch den Wandel der Ökosysteme durch Klimaänderungen.

## Biodiversität und Klimawandel

Das Klima ist ein entscheidender Faktor für das Gedeihen jeder Art. Während eine Reihe von Arten aus kühleren Verbreitungsgebieten bei der projizierten Temperaturzunahme eher leiden wird, könnten an warme Klimate angepasste Arten durchaus vom Klimawandel profitieren. Konkret vorhersagen lässt sich jedoch die Entwicklung der Areale der einzelnen Arten nicht, da die Arten in ihrer Lebensgemeinschaft und zu ihrer Umwelt in einem komplexen, meist nur wenig bekannten Beziehungsgeflecht leben.

Steter Wandel gehört zur Natur und so passen sich auch die Lebensgemeinschaften beständig an die sich verändernden Umweltbedingungen an. Das zeigen schon die „Wanderungsbewegungen“ der verschiedenen Baumarten nach der letzten Eiszeit. Allerdings verläuft diese Anpassung nur sehr langsam. Die Umweltbedingungen verändern sich einerseits durch variierende natürliche Einflüsse, aber seit mehr als Tausend Jahren greift auch der Mensch entscheidend in die Umwelt ein. Die aktuell berechneten Veränderungen der Klimabedingungen laufen in weitaus kürzeren Zeiträumen ab als die Erwärmung nach der letzten Eiszeit. Zudem wird die natürliche Anpassung durch die Zersplitterung und Isolierung der Waldareale durch landwirtschaftlich genutzte oder besiedelte Gebiete gebremst.

Bei der erwarteten Klimaveränderung könnte daher ein beträchtlicher Teil unserer Wälder instabil werden und die gesellschaftlichen Bedürfnisse wie die Bereitstellung des Ökorohstoffes Holz, aber auch die vielfältigen Schutz- und Erholungsfunktionen nicht mehr zuverlässig erfüllen. Um dies zu verhindern sind aktive Anpassungsmaßnahmen der Forstwirtschaft erforderlich (Adaption).

Unsere heimischen Baumarten verfügen über sehr unterschiedliche Anpassungen an die jeweils herrschenden Standortbedingungen. Diese Vielfalt bietet große Chancen. So können an künftige Klimabedingungen besser angepasste Baumarten gezielt gefördert und weniger angepasste langsam zurückgedrängt werden. Reinbestände werden aus Gründen der Risikostreuung zunehmend in Mischbestände umzubauen sein.

Es ist davon auszugehen, dass der Anteil der klimasensitiven Fichte deutlich sinkt, während der Anteil der klimaplastischen Buche weiter steigt. In Zukunft wohl häufiger auftretende Extremereignisse wie Sturm oder Hagelschauer werden in größerem Umfang Lücken und Freiflächen entstehen lassen. Hierdurch dürfte der Anteil von Pionierbaumarten wie Birke, Aspe und Eberesche steigen. Auch bislang seltene Baumarten wie Elsbeere und Speierling werden gezielt gefördert und damit an Bedeutung gewinnen. Insgesamt werden der Laubbaumanteil und der Anteil laubbaumgeprägter Mischwälder weiter ansteigen.

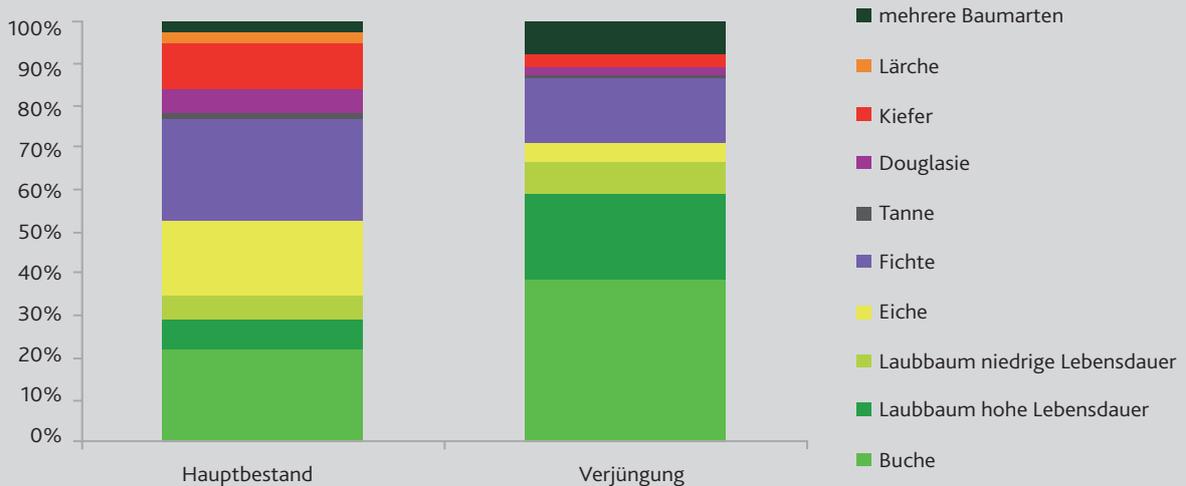
Da gegenüber dem Klimawandel sensitive Baumarten nicht völlig verschwinden werden, in der jeweiligen Region bislang nicht vertretene Arten aber hinzukommen können, dürfte sich die Vielfalt an Baumarten und Mischungstypen erhöhen. Vorausgesetzt, dass sich die Veränderungen unseres Klimas in Grenzen halten, bieten die anstehenden Anpassungen der Wälder an den Klimawandel die Chance, die Wald-Biodiversität nicht nur zu erhalten, sondern sogar zu erweitern.

**Im Naturwaldreservat Grünberg (Pfälzerwald) ist unter den Alt-Douglasien eine mischbaumartenreiche Naturverjüngung aufgewachsen.**

Foto: J. Hädeke

## Baumartenzusammensetzung des rheinland-pfälzischen Waldes:

Die Daten der Landeswaldinventur zeigen eine größere Artenvielfalt und vor allem einen höheren Anteil an Laubbäumen in der Verjüngung im Vergleich zum Hauptbestand. Mit Blick auf eine Risikostreueung im Klimawandel muss diese Vielfalt erhalten werden. Wegen der Konkurrenzkraft der Buche und des selektiven Wildeinflusses sind zur Erhaltung und Förderung seltener und lichtbedürftiger Baumarten aktive waldbauliche Maßnahmen notwendig.



## Maßnahmen zur Förderung der Biodiversität im Wald

Die vielfältigen Maßnahmen zur Erhaltung der Biodiversität im Wald sind eingebunden in die Biodiversitätsstrategie des Landes. Die Eckpfeiler des waldbezogenen Maßnahmenbündels sind ein naturnaher Waldbau im Wirtschaftswald einschließlich der Erhaltung und Pflege von Biotopen, die Waldentwicklung in Gebieten mit besonderen Schutzziele (Natura 2000 und andere) und die eigendynamische Entwicklung von Wäldern in Wildnisgebieten und Prozessschutzflächen. Hinzu kommen Maßnahmen zur Wiederherstellung der standörtlichen Vielfalt unserer Wälder und zur Erhaltung der genetischen Diversität der Baum- und Straucharten.



## Naturnaher Waldbau im Wirtschaftswald und Biotoppflege

Eine der wesentlichsten Maßnahmen zur Erhaltung und Förderung der Biodiversität im Wald ist die naturnahe Waldbewirtschaftung. Diese nutzt natürlich ablaufende Prozesse um stabile, ökologisch intakte Waldökosysteme aufzubauen. Die Ziele und Grundsätze des naturnahen Waldbaus sind für den Staatswald des Landes als gesetzliche Vorgabe verankert und werden auch von vielen privaten und kommunalen Waldbesitzenden auf freiwilliger Basis als Richtschnur ihres betrieblichen Handelns angewendet.

Zur Sicherung der biologischen Vielfalt werden insbesondere folgende Grundsätze umgesetzt: Verzicht auf Kahlschläge zur Aufrechterhaltung der Habitatkontinuität alter Waldstandorte, Vorrang der Naturverjüngung zum Erhalt hoher genetischer Variabilität, Integration von natürlichen Sukzessionsphasen und Erhaltung von Altbäumen und Totholz aus Biotop- und Artenschutzgründen.

Alte Wälder (Baumalter meist über 120 Jahre) bieten beste Voraussetzungen für eine hohe Biodiversität. Mit dem Alter und der Größe von Bäumen nimmt nämlich ihre Bedeutung als Habitatelement und für die Brut und Aufzucht von Vögeln und höhlenbewohnenden Tieren erheblich zu. In alten Wäldern steigt zudem der Totholzanteil. Totholz ist eine zentrale Requisite für die Lebensgemeinschaften der Zersetzerket-

ten; es beherbergt viele seltene und geschützte Arten.

In Rheinland-Pfalz sind etwas mehr als 13 % aller Wälder und knapp 19 % der Laubwälder älter als 120 Jahre, wobei die Baumart Buche mit 28 % Spitzenreiter ist. Um auch im Wirtschaftswald eine naturwaldähnliche Artenausstattung zu ermöglichen, werden im Rahmen eines Biotopbaumkonzepts in Wäldern der Reifephase Biotop-, Alt- und Totbäume, Biotopbaumgruppen und Waldrefugien ihrer weiteren Entwicklung überlassen. Ebenso erhalten werden Kleinstrukturen und Sonderstandorte wie Quellbereiche, Felsformationen, Windwurfteiler oder freigelegte Mineralbodenbereiche, denen als meist punktuellen Habitatelementen eine besondere Bedeutung zukommt. Einer besonderen Pflege unterliegen auch linienhafte Strukturen im Wald. Zu ihnen zählen vor allem Waldaußenränder, Innenrandbereiche einschließlich Schneisen und Wegen, Säume sowie in dieser Funktion auch alle Formen von Gewässer-Lebensraumtypen im Wald. Sie sind einerseits als Verbindungsachsen von Bedeutung, andererseits vereinen sie durch Lichteinfall und Randaspekte unterschiedliche sukzessionale Stadien auf engem Raum. Sie sind gleichzeitig wichtige Bruträume und Jagdhabitats.

**Der Schwarzstorch braucht – anders als sein bekannter Vetter der Weißstorch – hohe Bäume zur Anlage seines Horstes**

Foto: I. Lamour

**Gewässer im Wald leisten einen großen Beitrag zur Lebensraumvielfalt. Pflegemaßnahmen, wie hier die „Entfichtung“ eines Bachlaufs, helfen die natürliche Vielfalt zu erhalten oder wiederherzustellen**

Foto: B. Mahl

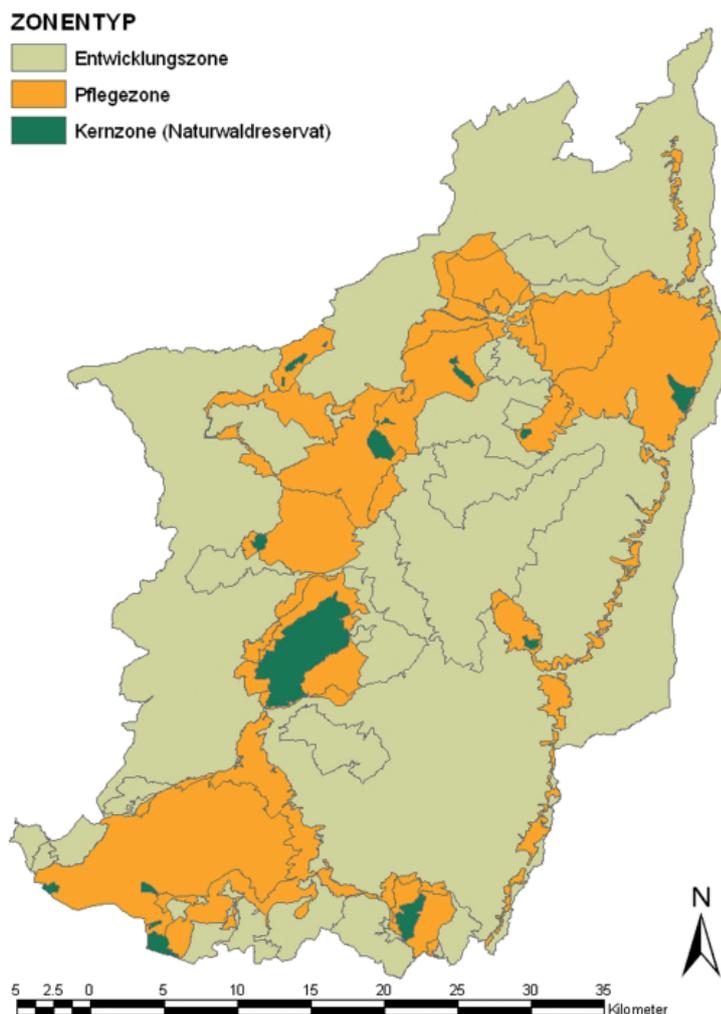


## Waldentwicklung in Schutzgebieten

Der Wald in Rheinland-Pfalz unterliegt in vielfältiger Form besonderen naturschutzfachlichen Anforderungen. Hierzu zählt insbesondere das Netz der europäischen Natura 2000-Gebiete, wozu etwa ein Drittel aller Wälder in Rheinland-Pfalz zählt. Darüber hinaus liegen Naturschutzgebiete mit über 23.000 ha, Naturparke mit 335.000 ha, Landschaftsschutzgebiete mit 313.000 ha und über 46.000 ha Pflegezonen des Biosphärenreservates Pfälzerwald-Nordvogesen im Wald. Die Schutzziele dieser Flächen sind individuell differenziert, so dass sich hierauf ausgerichtete Ziele für die Waldbewirtschaftung ergeben.

Hierzu gehören in bemessenem Umfang auch Flächen, die einer eigendynamischen Entwicklung unterliegen, in denen also die Bewirtschaftung ruht. Der derzeitige Anteil unbewirtschafteter Waldflächen (Naturwaldreservate, Kernzonen des Biosphärenreservates Pfälzerwald, Großnaturschutzgebiet Bienwald und andere Schutzgebiete) liegt bei knapp 4 % der Staatswaldfläche. Diese Flächen bilden ein eng geknüpftes Sicherheitsnetz für Biodiversität, für die Erhaltung von wildlebenden Vögeln, Tieren und Pflanzenarten sowie Lebensräumen von europäischer Bedeutung.

### Zonierung Biosphärenreservat Pfälzerwald



Quelle: Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd (2005, verändert)

Große Teile des rheinland-pfälzischen Waldes unterliegen besonderen Schutzziele. So wurden die im Biosphärenreservat Pfälzerwald/Nordvogesen ausgewiesenen „Kernzonen“ aus der Bewirtschaftung herausgenommen, um eine Waldentwicklung ohne unmittelbare menschliche Einflussnahme zu ermöglichen.

Die Pflegezone dient demgegenüber der Erhaltung von Ökosystemen, die durch menschliche Nutzung entstanden sind. Hier sollen insbesondere die von den Baumarten Eiche und Kiefer geprägten Waldökosysteme durch eine spezielle, am Lichtbedarf der beiden Baumarten orientierte Waldbehandlung erhalten und gepflegt werden.



**Bodenschutzkalkung mittels Hubschrauber:**  
Die durch Luftschadstoffeinträge verursachte Bodenversauerung beeinträchtigt die Waldboden-Lebensgemeinschaften. Im Verbund mit Luftreinhaltung und waldbaulichen Maßnahmen trägt die Kalkung zur (Wieder-) Verbesserung der Lebensbedingungen der Bodenlebewesen und damit zur Sicherung der Artenvielfalt bei.

Foto: E. Eisenbarth

## Waldumbau und Bodenrestauration

Das Land Rheinland-Pfalz investiert seit vielen Jahren systematisch in den Umbau von Nadelbaumreinbeständen in laubbaumreiche Mischbestände. So wird durch die Einbringung von Buchenjungpflanzen in Fichtenaltbestände bereits heute in diesen Beständen ein Laubbaumanteil für die nächste Waldgeneration geschaffen. Dadurch entstehen Mischbestände, die nicht nur eine höhere Struktur- und Artenvielfalt sondern auch eine höhere Stabilität gegen Stürme, Witterungsextreme und Kalamitäten durch Insekten oder Pilze erwarten lassen. In den kommenden Jahrzehnten werden etwa 30.000 ha reine Fichtenwälder in Mischwälder umzubauen sein. Landesforsten wendet hierfür jährlich einen Betrag von rd. 2 Mio. € auf.

Auch die waldbauliche Einbindung von natürlich angesamten Pionierbaumarten wie der Birke, der Eberesche, der Kirsche und der Aspe sowie die Einbringung und Förderung von bisher seltenen Baumarten wie Elsbeere, Speierling, Wildapfel und Wildbirne erhöhen die Baumdiversität und damit auch die Vielfalt der Waldlebensgemeinschaften.

Durch die konsequente Umsetzung dieses ökologisch orientierten Waldbaukonzepts hat sich der Laubbaum- und Mischwaldanteil in unseren Wäldern bereits deutlich erhöht. Etwa 80 % unserer Wälder sind Mischwälder. 56 % der Wälder sind laubbaumdominiert und auf einem Drittel der Waldfläche hat sich bereits wieder Verjüngung – meist an Laubbäumen – unter dem Altbestand etabliert.

Zum Schutz der Waldböden vor fortschreitender Versauerung sind seit dem Jahr 1983 in Rheinland-Pfalz 647.000 Hektar zum Teil bereits in Wiederholung überwiegend mit Dolomit vom Hubschrauber aus gekalkt worden. Die Waldkalkungen sind eingebunden in ein umfassendes Bodenschutzkonzept. Dieses Konzept setzt vor allem auf eine Aktivierung der ökosystemaren Nährstoffkreisläufe insbesondere durch den Aufbau strukturreicher Mischbestände mit Baumarten mit leicht zersetzlicher Streu und die Förderung einer standortsangepassten Bodenvegetation.

Auf durch Luftschadstoffeinträge versauerten und nährstoffverarmten Standorten ist eine Kalkung zum Aufbau solcher Mischbestände unabdingbar. Langjährige Feldstudien in speziellen Kalkungsversuchen belegen eine lang anhaltende Pufferung der über die Luftschadstoffdeposition eingetragenen Säuren und eine erfolgreiche Reaktivierung der ökosystemaren Stoffkreisläufe. So konnten mit Hilfe engmaschiger Analysen signifikant positive Auswirkungen wie eine langsame aber nachhaltige Verbesserung der Magnesiumversorgung und der biologischen Aktivität, eine Stabilisierung des Mineralbodenhumus sowie eine Verbesserung der Lebensbedingungen für Wurzeln und Bodenlebewesen nachgewiesen werden.

Auch die Bodenschutzkalkung trägt somit zur Sicherung der Artenvielfalt und zur Stabilität der Waldökosysteme bei. Da die Kalkung mit Dolomit die bodenchemischen Verhältnisse nur sehr behutsam wieder verbessert, gehen keine Arten verloren. Stattdessen können sich viele Arten, die zuvor auf Refugien wie z.B. in Zersetzung befindliche Baumstümpfe verdrängt waren, wieder ausbreiten.

Diese Birnen wachsen nicht in einer Obstplantage sondern in einem Wildbirnen-Generhaltungssamengarten. Hier wird Saatgut mit höherer genetischer Vielfalt erzeugt als es bei dieser sehr seltenen Baumart in der freien Natur heute möglich ist

Foto: B. Haase



## Erhaltung und Förderung der genetischen Vielfalt

Für die Stabilität der Waldökosysteme und die Gewährleistung der Waldfunktionen auch bei einer Veränderung des Klimas oder anderer Standortbedingungen ist nicht nur die Baumartenvielfalt sondern auch die genetische Vielfalt innerhalb der einzelnen Arten von besonderer Bedeutung. Eine breite genetische Basis befähigt die Arten, sich an Veränderungen der Umweltbedingungen anpassen zu können.

Die einzelnen Baumarten unterscheiden sich beträchtlich in ihrer genetischen Diversität. Baumarten, die von Natur aus in sehr unterschiedlichen Klimaten vorkommen, wie Buche oder Douglasie sind genetisch sehr breit aufgestellt. Sie haben sich im Rahmen der Evolution, also durch eine fortwährende Weiterentwicklung, Selektion und Anpassung der genetischen Zusammensetzung der Population, auf die jeweils herrschenden Umweltbedingungen eingestellt.

So zeigen die verschiedenen europäischen Buchenherkünfte große Unterschiede in der Trockenstresstoleranz. Die genetische Differenzierung der Herkünfte dieser Baumarten wird bei der Anpassung unserer Wälder an den Klimawandel künftig verstärkt zu nutzen sein.

Andere Baumarten, wie insbesondere die Wildobst- und einige Sorbusarten sind durch Jahrtausende lange menschliche Wirtschaft auf Restvorkommen zurückgedrängt worden. Sie sind häufig nur mehr als Einzelexemplare oder in kleinen Gruppen anzutreffen und haben nicht die

Möglichkeit, sich untereinander zu bestäuben. Daher können Inzuchtmerkmale wie schlechte Keimfähigkeit oder Wuchsdepressionen auftreten. Da diese Baumarten nicht nur wertvolles Holz liefern, sondern meist auch wärmetolerant sind, werden sie künftig eine größere Rolle im Waldbau spielen. Allerdings muss gewährleistet sein, dass das Saat- und Pflanzgut eine hohe genetische Diversität aufweist. Daher wurden in Rheinland-Pfalz Samengärten dieser Baumarten angelegt. In den Samengärten wird eine große Anzahl individueller Genotypen zu Fortpflanzungseinheiten zusammengeführt. Deren Nachkommenschaften sind mit höherer genetischer Vielfalt und dementsprechend besserer Anpassungsfähigkeit ausgestattet. Für 25 seltene Baumarten wurden Generhaltungs-Samengärten in Rheinland-Pfalz angelegt, darunter alle bei uns vorkommenden wärmeliebenden Baumarten wie Sommerlinde, Speierling, Elsbeere, Vogelkirsche, Wildapfel, Wildbirne, Spitzahorn und Robinie.

Rheinland-Pfalz verfügt vor allem entlang der Täler von Rhein, Mosel und anderen Flüssen über große ehemalige Niederwaldareale. Die dort wachsenden Bäume haben teilweise seit Jahrhunderten in warmen Weinbaulagen überdauert und tragen wahrscheinlich Erbinformationen in sich, die große Bedeutung für die Anpassung unserer Wälder im Klimawandel erlangen können. Erste genetische Untersuchungen hierzu fanden in einem Eichen-Niederwaldbestand im Forstamt Zell einen höheren Anteil von Genen der Dehydrin-Gruppe als in benachbarten Eichenwirtschaftswäldern auf besser wasserversorgten Standorten. Dehydrine bewirken, dass die Zellen bei Wassermangel nicht so schnell austrocknen. Um das genetische Potenzial der Niederwälder zu sichern, werden geeignete Eichenbestände als Saatguterntebestände von sogenannten „Trockeneichen“ zugelassen. Die aus dem Samen dieser Bäume erzeugten Pflanzen werden bei der Neubegründung von Eichenbeständen in Klumpen beigepflanzt, so dass sich diese später mit den „normalen Eichen“ aus dem Hochwald kreuzen können und die Nachfolgegeneration eine noch größere genetische Vielfalt und Anpassungsfähigkeit an die neuen Klimaverhältnisse hat.



---

Die Eichen in diesem ehemaligen Niederwald im Forstamt Zell sind an Trockenheit angepasst.  
Ihr genetisches Potenzial kann im Klimawandel von großer Bedeutung sein.

Foto: B. Haase



Wo geeignete Baumarten und auch für künftige Klimaverhältnisse geeignete Herkünfte vorkommen, ist die natürliche Verjüngung ein geeignetes Mittel, die genetische Vielfalt zu erhalten. Dabei werden möglichst lange Verjüngungszeiträume angestrebt, damit Bäume unterschiedlichen Alters und unterschiedlicher sozialer Stellung zur Verjüngung beitragen können. Wo eine natürliche Verjüngung nicht möglich ist und die neue Waldgeneration über Saat oder Pflanzung entsteht, wird nicht nur auf für den Anbauort geeignete Herkünfte geachtet, sondern auch auf die genetische Diversität des Saat- oder Pflanzguts. So wird nach Möglichkeit Saatgut verwendet werden, das aus einer Vollmast gewonnen wurde, da hierbei nahezu alle Bäume des Bestandes fruktifizieren.

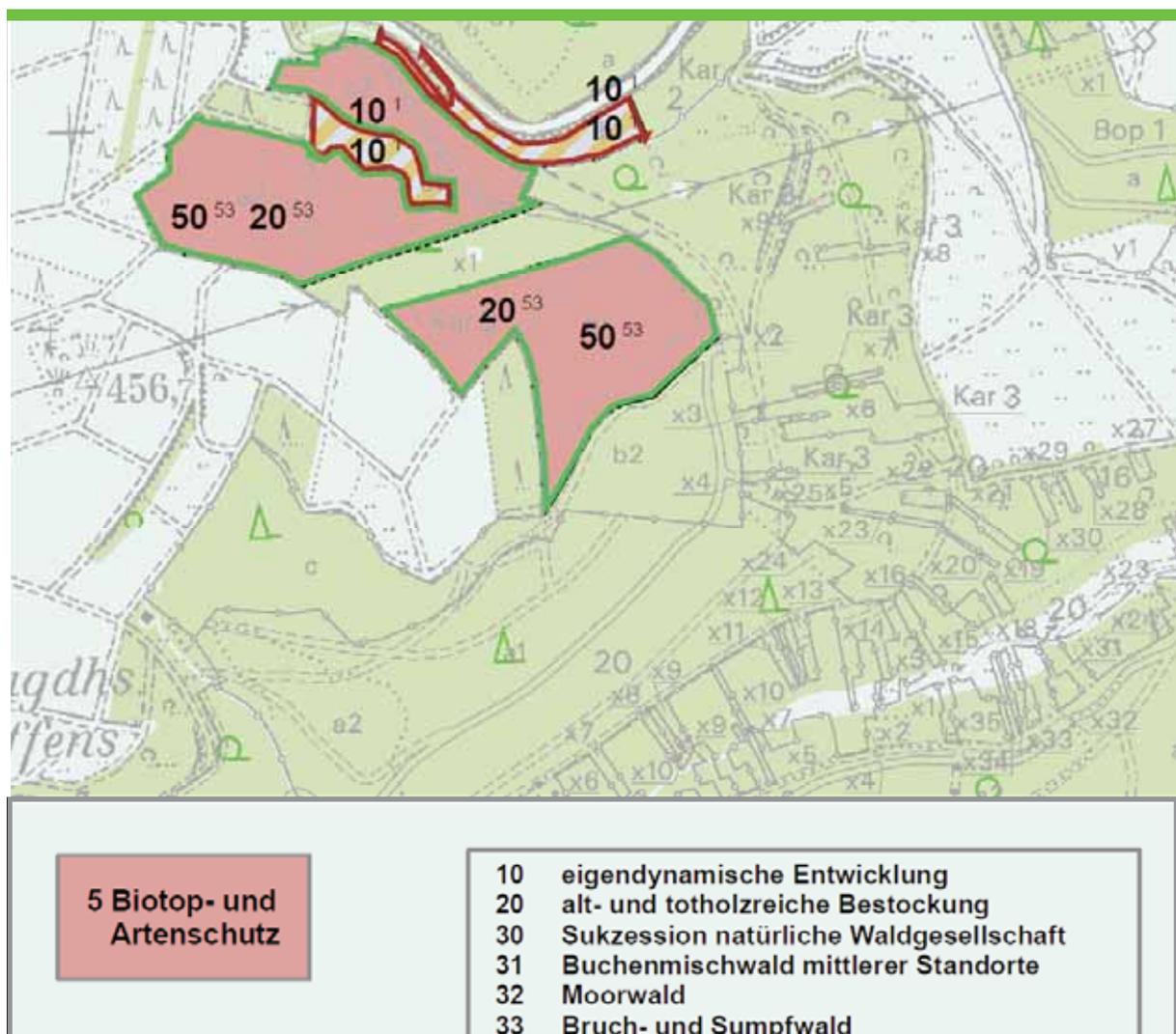
Eine Züchtung von besonders trockenheitsresistenten Bäumen kommt nicht in Betracht, da die Züchtung mit einer Einengung der genetischen Diversität verbunden wäre. Zudem wird die Fokussierung auf nur einen Standortfaktor (Wasserversorgung) den komplexen und sich im Laufe eines Baumlebens kaum vorhersehbar ändernden Umwelteinflüssen nicht gerecht.

## **Umweltvorsorgeplanung in der Forsteinrichtung**

Seit 2004 wird im Rahmen der mittelfristigen Betriebsplanung (Forsteinrichtung) neben der Nutzungsplanung grundsätzlich eine Umweltvorsorgeplanung durchgeführt. Da der Wald neben der Nutzfunktion zahlreichen Umweltwirkungen dient, wird auch die Sicherstellung und Verbesserung dieser Wirkungen im Rahmen der Planung analysiert und ggf. mit gesonderten Maßnahmen beplant. Solche Maßnahmen können dabei unterschiedlichen Gruppen von Waldwirkungen dienen, wie z. B. dem Arten- und Biotopschutz, aber auch dem Boden-, Klima, Wasser- oder Landschaftsschutz. Häufig dient eine Maßnahme zahlreichen Waldwirkungen gleichzeitig. Die Anreicherung mit standortgerechten Laubbäumen z.B. hat positive Auswirkungen auf den Arten- und Biotopschutz, aber auch den Wasser- sowie den Bodenschutz. Die Anlage eines strukturreichen Waldrandes verbindet Arten- und Biotopschutzziele mit denen der Landschaftsgestaltung und Erholung. Entsprechend der Naturschutzgesetzgebung sind negative Eingriffe in Natur und Landschaft auszugleichen oder es ist durch die Aufwertung an anderer Stelle Ersatz zu schaffen. Nachdem solche Ersatzmaßnahmen im Offenland immer schwerer zu finden sind, bietet die Umweltvorsorgeplanung für den Waldbesitzer die Möglichkeit, Wald außerhalb der Nutzfunktion in Wert zu setzen, indem potenzielle Ersatzmaßnahmen für eigene Eingriffe eingesetzt werden oder an Dritte vermarktet werden können. Ersatzmaßnahmen können auch im Vorgriff möglicher Eingriffe schon durchgeführt und in ein Ökokonto eingebucht werden.

Weitere Bedeutung erhält die Umweltvorsorgeplanung im Bereich des europäischen Schutzgebietsnetzes Natura 2000. Einerseits lassen sich die gesetzlichen Erhaltungsziele für den Waldbesitzer mit Hilfe der Umweltvorsorgeplanung konkretisieren, andererseits auf Basis naturschutzfachlicher Ziele mögliche Verbesserungen aufzei-

gen. Grundlage der Umweltvorsorgeplanung in Vogelschutz- und FFH-Gebieten sind immer die Vorgaben der Naturschutzbehörden. Innerhalb eines Schutzgebietes lassen sich die Umweltvorsorgeplanungen verschiedener Waldbesitzer zu einem Gesamtkonzept zusammenfassen.



Umweltvorsorgeplanung für einen Gemeindewaldbetrieb.

Der Kartenauszug zeigt Areale mit besonderer Bedeutung für den Biotop- und Artenschutz

## Anhang 1

Entwicklung der Waldschäden nach Baumarten im Vergleich der Jahre 1984 bis 2010 über alle Alter

Anteile der Schadstufen [in %]

Baumart	Jahr	ohne Schadensmerkmale	schwach geschädigt	Summe deutlich geschädigt	mittelstark geschädigt	stark geschädigt	abgestorben
		0	1	2-4	2	3	4
Fichte	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 0	geschädigt 1	deutlich geschädigt 2-4	stark geschädigt 2	geschädigt 3	gestorben 4
Kiefer	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	2010	14	52	34	33,0	0,6	0,0
	2009	16	39	45	43,7	1,3	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	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	2010	40	44	16	14,0	1,4	0,6
Baumarten	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	2010	30	44	26	24,1	1,1	0,6
Baumarten	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	

## Probebaumkollektiv 2010

Art (Gattung)	2010	
	Anzahl	Anteil (in %)
Fichte	1086	27,9
Buche	783	20,1
Eiche	683	17,6
Kiefer	556	14,3
Lärche	155	4,0
Douglasie	114	2,9
Esche	113	2,9
Hainbuche	100	2,6
Birke	55	1,4
Ahorn	49	1,3
Esskastanie	32	0,8
Tanne	27	0,7
Pappel	25	0,6
Erle	24	0,6
Eberesche	22	0,6
Aspe	18	0,5
Linde	12	0,3
Kirsche	10	0,3
Roteiche	5	0,1
Salweide	6	0,2
Weymouthskiefer	4	0,1
Elsbeere	4	0,1
Mehlbeere	3	0,1
Robinie	1	0,0
Ulme	1	0,0
Insgesamt	3888	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
Göteborg-Protokoll	1999	Bekämpfung von Versauerung, Eutrophierung und bodennahem Ozon
<b>Luftqualitäts-Rahmenrichtlinie und</b>		
1. Tochterrichtlinie für SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , PM10 und Blei in der Luft	1996 1999	Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität EU-Immissionsgrenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft
2. Tochterrichtlinie für Benzol und CO in der Luft	2000	EU-Immissionsgrenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft
3. Tochterrichtlinie über den Ozongehalt der Luft	2002	Zielwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Vegetation
4. Tochterrichtlinie über Arsen, Cadmium, Quecksilber, Nickel und PAK in der Luft	2004	Zielwerte in der Luft, die bis 2012 eingehalten werden sollen
Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa	2008	Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität EU-Immissionsgrenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Benzol Partikel (PM10, PM2.5) und Blei sowie Ozon in der Luft
Thematische Strategie zu Luftreinhaltung (AFE = Clean Air For Europe)	2005	Verbesserter Schutz der menschlichen Gesundheit, Reduzierung der Versauerung und Eutrophierung
Richtlinie über nationale Emissionshöchstgrenzen für bestimmte Luftschadstoffe	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
Emissionshandelsrichtlinie	2003	System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten
Änderungsrichtlinie	2009	
<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 Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen organischen Verbindungen

Maßnahme	Jahr	Ziel
3. BImSchV	2009	Neufassung der Verordnung über den Schwefelgehalt bestimmter flüssiger Kraft- oder Brennstoffe
10. BImSchV	2009	Verordnung über die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualitäten von Kraftstoffen
13. BImSchV	2009	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	2008	6. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 2014/2015
EURO IV Norm für Lkw	2008	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 seit 2009 im Rahmen des LIFE+-FutMon-Projekts von der Europäischen Union finanziell unterstützt.





RheinlandPfalz

MINISTERIUM FÜR  
UMWELT, FORSTEN UND  
VERBRAUCHERSCHUTZ

Kaiser-Friedrich-Straße 1  
55116 Mainz

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