



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR  
UMWELT, FORSTEN UND  
VERBRAUCHERSCHUTZ

# WALDZUSTANDS- BERICHT 2009



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)

### **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

# WALDZUSTANDS- BERICHT 2009

	Seite
<b>Vorwort</b>	<b>4</b>
<b>Waldzustand 2009 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	35
■ Blüte und Fruktifikation	37
■ Allgemeine Waldschutzsituation	39
<b>Waldernährungserhebung (WEE)</b>	<b>44</b>
<b>Klimawandel und weltweiter Warenaustausch – zunehmende Risiken für unseren Wald</b>	<b>50</b>
<b>Douglasie – eine eingebürgerte Baumart mit Zukunft</b>	<b>56</b>
<b>Anhänge</b>	
■ Entwicklung der Waldschäden	62
■ Probestaumkollektiv 2009	68
■ Abkommen und gesetzliche Regelungen zur Luftreinhaltung	69

# VORWORT





Mit dem Abschluss der Waldzustandserhebung und der Vorlage des Waldzustandsberichts kann Rheinland-Pfalz in diesem Jahre auf 25 Jahre erfolgreiches forstliches Umweltmonitoring zurückschauen. Der Zeitraum seit der ersten Waldzustandserhebung 1984 umreißt eine Periode großer Herausforderungen für Politik, Wissenschaft und Gesellschaft im Bemühen um den Schutz und die Erhaltung unserer Wälder. Die seinerzeit unter dem Eindruck des damals befürchteten „Waldsterbens“ initiierte Waldzustandserhebung war der erste Baustein für ein umfassendes System der Waldüberwachung.

Die infolge dessen ergriffenen umweltpolitischen Maßnahmen haben sich als wirksam und erfolgreich erwiesen:

- Durch Maßnahmen der Luftreinhaltung konnte eine Reduzierung der Schwefel- und Bleieinträge um mehr als 90 % erreicht werden.
- Die flankierenden Maßnahmen der Bodenschutzkalkung im Wald führten zu einer langfristig wirksamen Verbesserung der Nährstoffversorgung sowie der Funktionsfähigkeit der Böden und Nährstoffkreisläufe.
- Mit der Umsetzung des naturnahen Waldbaus auf der Basis gemischter Wälder wird nicht zuletzt die Empfindlichkeit unserer Wälder gegenüber anthropogenen und natürlichen Störeinflüssen gemindert.

Mit dem Klimawandel stehen neue Veränderungen an, die nach unserem heutigen Kenntnisstand in ihrer räumlichen und zeitlichen Auswirkung sowie der Tragweite außerordentlicher Anstrengungen zur Bewältigung bedürfen. Neue Stressfaktoren wie zum Beispiel Hitze und Trockenheit wirken auf den Wald ein. Über die klimapolitische Prämissen der Reduzierung der anthropogenen Treibhausgasemissionen gehören insbesondere Maßnahmen zur Minderung der Klimafolgenwirkungen, der

Verringerung der Störungsanfälligkeit sowie eine aktive Anpassung an die unvermeidbaren Auswirkungen des Klimawandels zu den wald- und umweltpolitisch vordringlichen Maßnahmen.

Mit der bereits Ende der 80er Jahre begonnenen systematischen Erweiterung des forstlichen Umweltmonitorings, beispielsweise um intensiv beobachtete Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen oder die Bodenzustandserhebung im Wald, hat die Wissenschaft quasi die „Hand am Puls“ des Waldes, und kann unter Nutzung wertvoller Zeitreihen-Daten auch neue, bislang unbekannte Phänomene identifizieren und einwerten.

Auf Grund der Langlebigkeit und der langen Entwicklungszyklen von Wäldern benötigen diese Maßnahmen einer langfristigen Konzeption, Begleitung und Überwachung. Nur mit Hilfe der bewährten Instrumenten des forstlichen Umweltmonitorings und deren weiteren Anpassung an die Herausforderungen des Klimawandels wird es gelingen, Wälder als funktionsfähige Ökosysteme, als Lebensräume für Tier- und Pflanzenarten sowie als Lebensgrundlage des Menschen für nachfolgende Generationen zu erhalten.

Margit Conrad  
Staatsministerin für Umwelt, Forsten und  
Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz



# WALDZUSTAND 2009



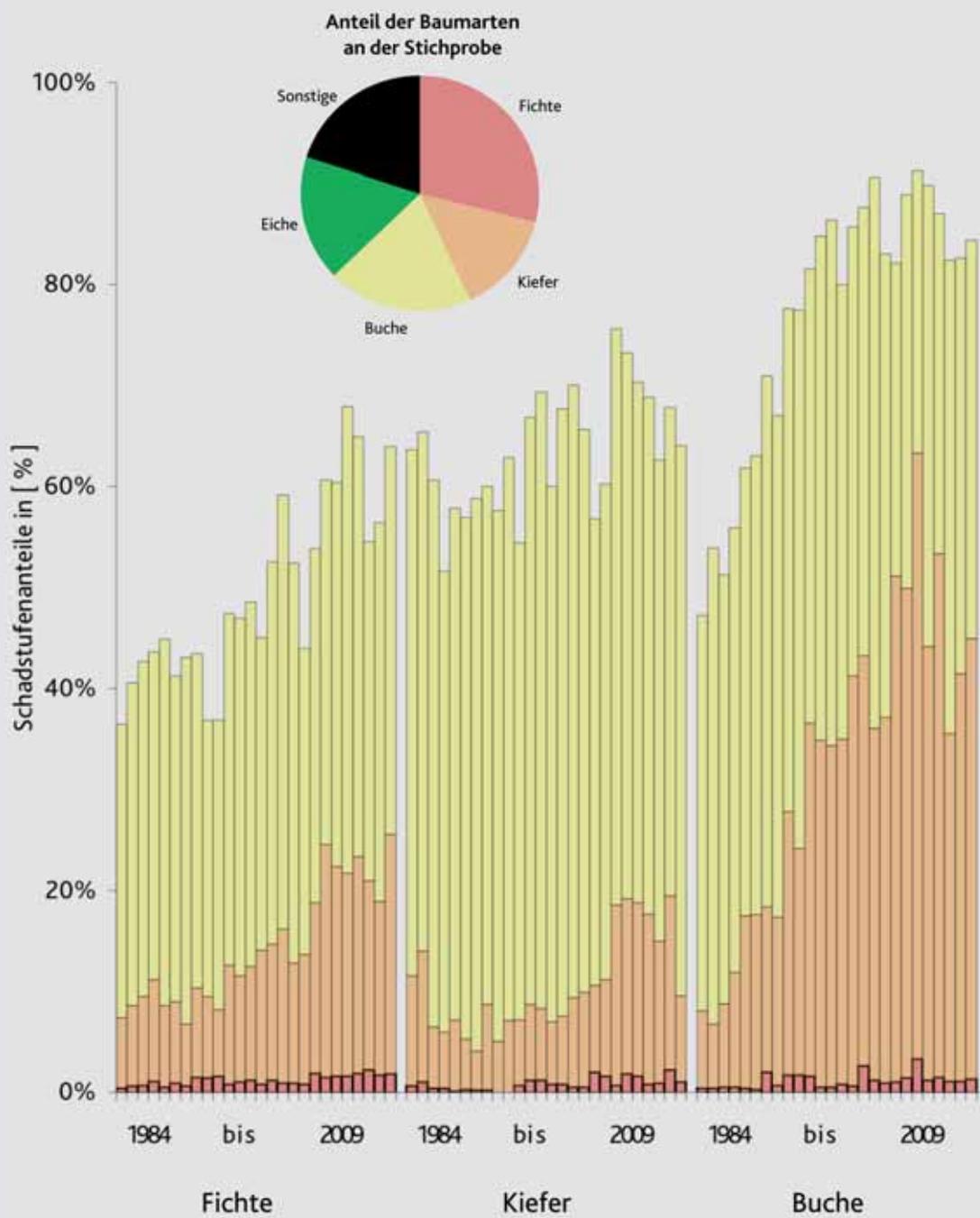
# EIN ÜBERBLICK

Nach der leichten Verschlechterung im Vorjahr hat sich der Kronenzustand der Waldbäume in Rheinland-Pfalz im Jahr 2009 wieder etwas verbessert. Der Anteil der Bäume mit deutlichen Schäden ist um 3 Prozentpunkte auf 28 % gesunken. Der Anteil von Bäumen ohne sichtbare Schadensmerkmale ist um 2 Prozentpunkte auf 31 % und der Anteil schwach geschädigter Bäume um einen Prozentpunkt auf 41 % angestiegen. Die einzelnen Baumarten haben sich dabei aber sehr unterschiedlich entwickelt: Einer deutlichen Verbesserung des Kronenzustandes bei Eiche und Kiefer steht eine ebenso deutliche Verschlechterung bei Buche und Fichte gegenüber. Die Verschlechterung im Kronenzustand bei Buche und Fichte ist im Wesentlichen auf die überaus starke Fruktifikation in diesem Jahr zurückzuführen.

Bei den Luftschadstoffen hat sich der Trend zu abnehmenden Belastungen der Waldökosysteme durch Schwefelverbindungen und Schwermetalle weiter fortgesetzt. Bei den Stickstoffverbindungen zeigen sich abnehmende Stickstoffdioxidkonzentrationen und in den letzten beiden Jahren geringere Stickstoffeinträge in den Waldboden. Allerdings übersteigen die Eintragsraten noch sehr deutlich die ökosystemverträglichen Schwellenwerte.

Sorge bereiten die durch Klimawandel und weltweiten Warenaustausch zunehmenden Risiken für unseren Wald durch die Einschleppung und Ausbreitung gebietsfremder Schadorganismen. So wurden im Frühjahr 2009 Larven des gefährlichen Asiatischen Laubholzbockkäfers in Verpackungsholz am Flughafen Zweibrücken entdeckt. Ein Befall stehender Bäume konnte aber offenbar noch verhindert werden.

Luftreinhaltemaßnahmen und Bodenschutzkalkungen haben in Rheinland-Pfalz eine deutliche Verringerung der Schadstoffgehalte in den Nadeln und Blättern und eine spürbare Verbesserung der Nährstoffversorgung der Waldbäume bewirkt. Die Befunde der zweiten landesweiten Waldernährungserhebung in den Jahren 2006 und 2007 zeigen signifikant höhere Calcium- und Magnesiumgehalte und deutlich geringere Schwefel- und Schwermetallgehalte gegenüber den Befunden der ersten Erhebung 1988. An der weit überwiegenden Anzahl der Untersuchungsorte ist die Nährstoffversorgung der Waldbäume, mit Ausnahme von Phosphor, ausreichend bis gut.



## Entwicklung der Waldschäden von 1984 bis 2009 in Rheinland-Pfalz



# WALDZUSTANDS- ERHEBUNG (WZE)



Die jährliche Waldzustandserhebung verwendet 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 2009 hat sich der Waldzustand leicht verbessert.

### Durchführung

Die Waldzustandserhebung erfolgt seit 1984 auf einem systematischen, landesweiten Raster. Dabei wird die Vollstichprobe im 4x4 km Raster in mehrjährigen Abständen aufgenommen. In den Zwischenjahren erfolgte die Erhebung auf einer Unterstichprobe im 4x12 km Raster. Im Jahr 2009 erfolgte die Aufnahme des Kronenzustandes an den Punkten der Unterstichprobe. Dabei wurden in Rheinland-Pfalz an 163 Aufnahmepunkten insgesamt 3.912 Stichprobenbäume begutachtet. Mit der Unterstichprobe sind Aussagen zur Schadentwicklung der Hauptbaumarten über das gesamte Land möglich. Die Außenaufnahmen erfolgten einschließlich Schulung und Kontrollaufnahmen in der Zeit vom 06. Juli bis 04. August 2009.

26 Aufnahmepunkte sind Teil des europaweiten Level I-Monitoringnetzes zum Waldzustand. Die auf diesen Punkten erhobenen Daten gehen in die bundesdeutsche und europäische Waldzustandserhebung ein. Weitere Informationen finden Sie im Internet unter [www.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 rheinland-pfälzischen Waldes gegenüber dem Vorjahr leicht verbessert. Der Anteil deutlicher Schäden ist um 3 Prozentpunkte geringer als in 2008. Die mittlere Kronenverlichtung liegt um rund 0,5 Prozentpunkte unter dem Wert des Vorjahres. Das entspricht in etwa dem Schadniveau des Jahres 2007.

Die einzelnen Baumarten differieren in ihrer Entwicklung erheblich. Während sich der Kronenzustand von Fichte und Buche von 2008 auf 2009 verschlechterte, hat sich der Zustand von Kiefer und Eiche verbessert.

Bei vielen Baumarten war 2009 zum Teil starker Fruchtanhang aufgetreten. Für die Fruchtbildung benötigen die Bäume Nähr- und Reservestoffe. Stehen diese nicht in genügendem Umfang zur Verfügung, bilden die Bäume häufig kürzere Triebe und kleinere Blätter. Auch kann es vorkommen, dass weniger Seitentriebe gebildet werden. Stärkerer Fruchtanhang führt daher häufig zu einer höheren Kronenverlichtung.

Im Übrigen blieb 2009 weitgehend frei von natürlichen Stressfaktoren für den Wald. Es war zwar insgesamt etwas zu warm, brachte aber auch reichlich Niederschläge. Auch die regionale Verteilung der Niederschläge war so, dass nirgendwo Perioden mit Trockenstress in der Hauptwachstumsphase auftraten. Schäden durch blattfressende

Insekten waren landesweit nur in geringem Ausmaß zu beobachten. Auch Pilzbefall, der bei feuchtwarmer Witterung verstärkt zu erwarten wäre, konnte während der Außenaufnahmen der Waldzustandserhebung in nur geringem Ausmaß festgestellt werden.

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.

## Fichte

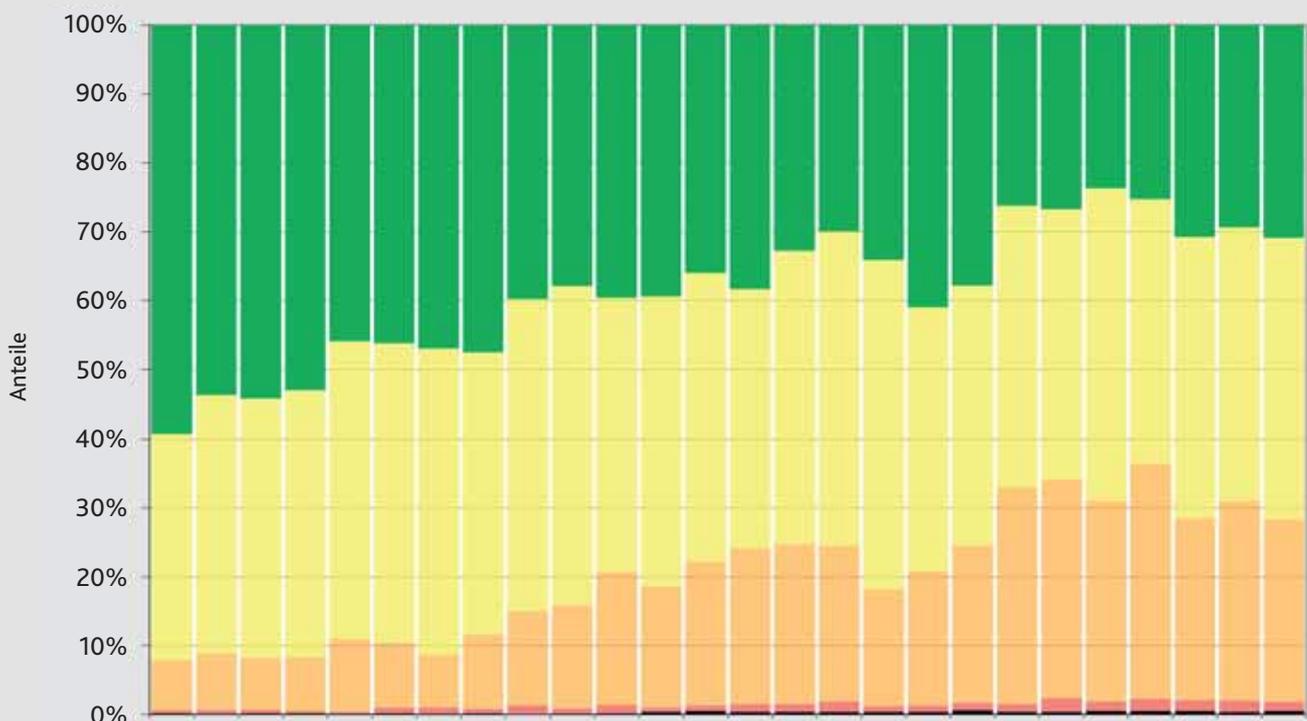
Das Niveau der Kronenschäden bei Fichte hat sich gegenüber dem Vorjahr verschlechtert.

Der Anteil der deutlich geschädigten Probestämme ist um 7 Prozentpunkte angestiegen. Der Anteil der Probestämme ohne sichtbare Schädmerkmale ist um 8 Prozentpunkte geringer geworden. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 2,6 Prozentpunkte höher als im Vorjahr.

Die Fichte zeigt in 2009 starken Fruchtanhang. Fast die Hälfte der älteren Fichten fruktifizierte und diese Bäume wurden in 2009 überwiegend mit höherer Kronenverlichtung bewertet als 2008. Die Fichten ohne Zapfenbehang sind im Niveau der Kronenverlichtung dagegen weitgehend unverändert. Auch in früheren Jahren wurde für stark fruktifizierende Fichten ein Trend zu höherer Kronenverlichtung beobachtet. Insgesamt ist der Zusammenhang jedoch nicht so deutlich wie bei der Buche.

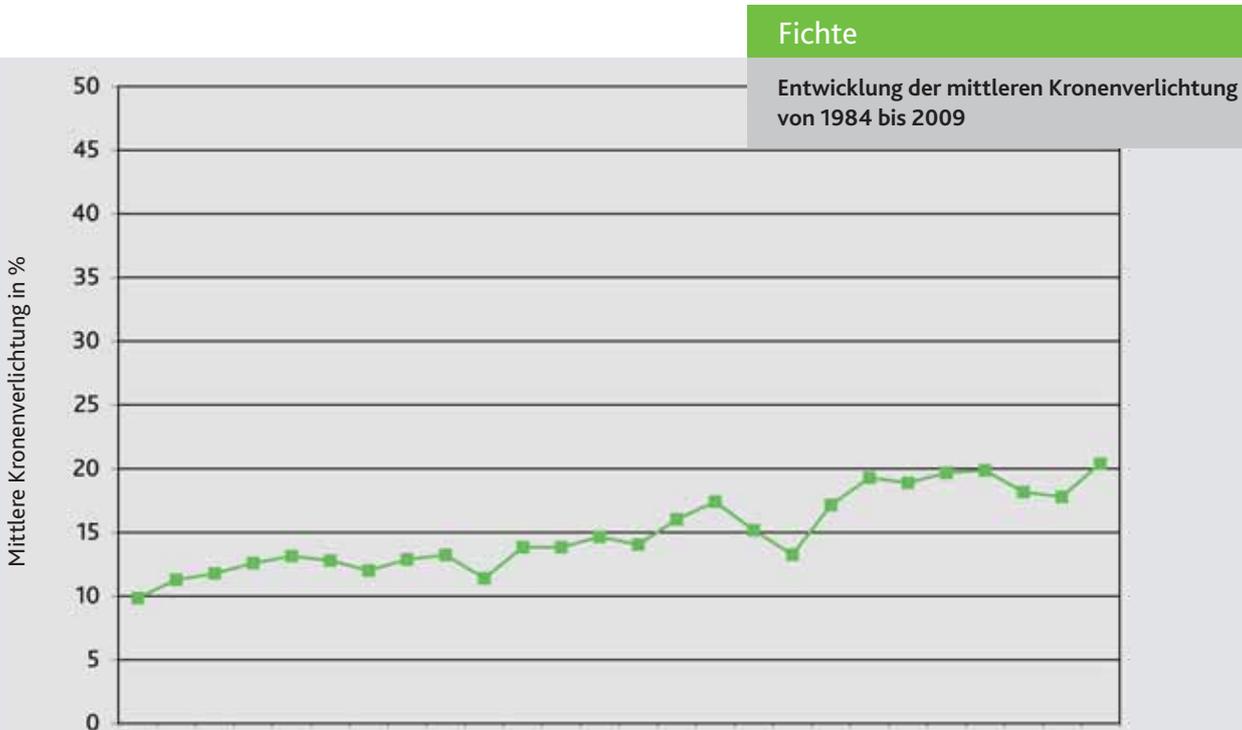
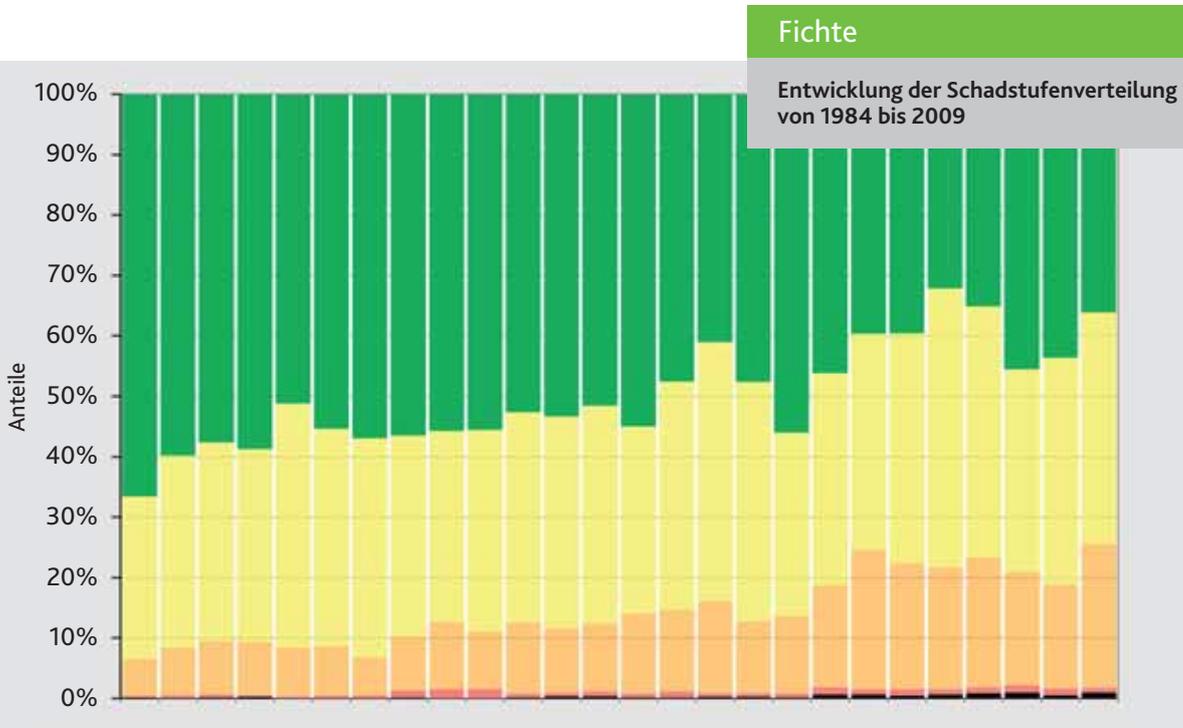


### Entwicklung der Schadstufenverteilung über alle Baumarten von 1984 bis 2009



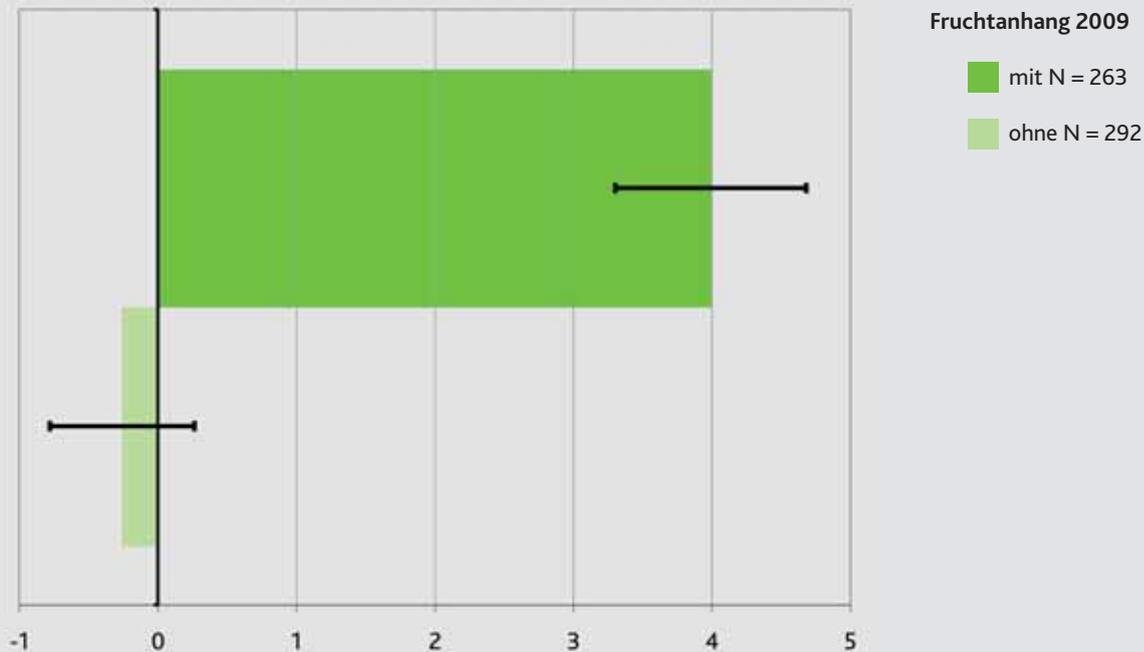
Die Fichte leidet stärker als andere Baumarten unter Sturmereignissen. In 2009 waren knapp die Hälfte der insgesamt 17 ausgeschiedenen Probe-

bäume bei Fichte durch Sturm geworfen worden. Die Ausscheidequote ist mit 1,5 % der Baumzahl aber insgesamt niedrig.



## Fichte älter 60 Jahre

Veränderung der mittleren Kronenverlichtung in Prozentpunkten von 2008 auf 2009 nach der Intensität des Fruchtanhanges



## Buche

Bei der Buche ist der Anteil der deutlichen Schäden um 3 Prozentpunkte angestiegen; der Anteil an Probestämmen ohne sichtbare Schädmerkmale ist etwas zurückgegangen. Die mittlere Kronenverlichtung liegt um 1,1 Prozentpunkte höher als der Vorjahreswert. Diese Veränderung ist signifikant. Das Schadniveau bleibt aber weiterhin deutlich unter dem Maximalwert des Jahres 2004.

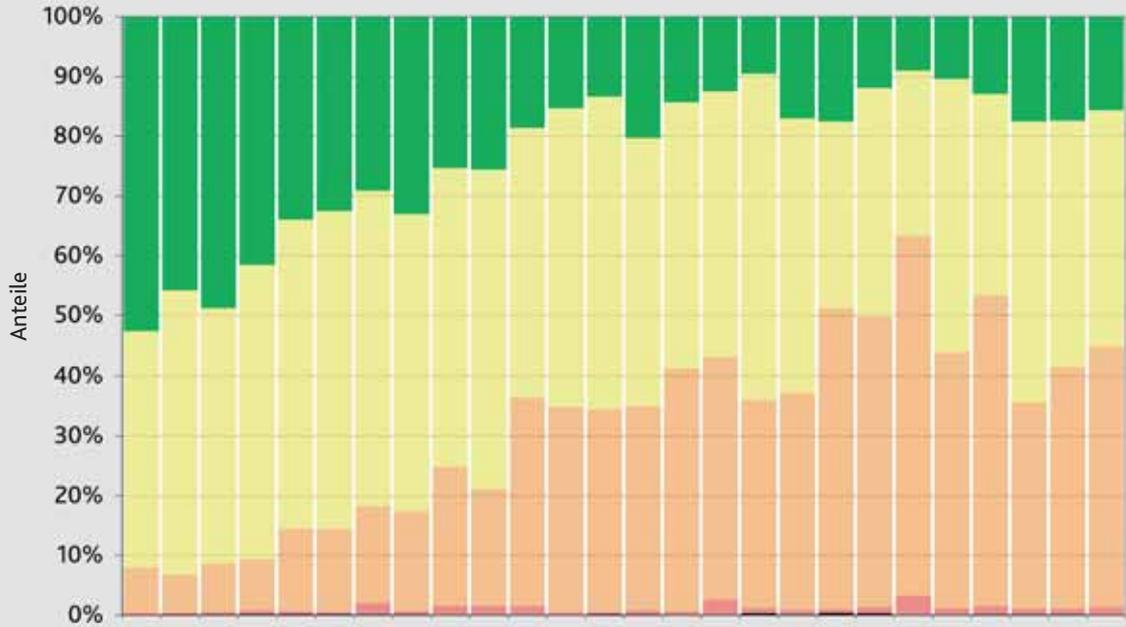
In 2009 war bei Buche nach 2-jähriger Pause wieder starker Fruchtanhang zu beobachten. Etwa drei Viertel aller über 60-jährigen Buchen fruktifizieren. Bei den jüngeren noch rund ein Drittel. Die Verschlechterung des Kronenzustandes steht bei Buche sehr deutlich mit dem Fruchtanhang in Zusammenhang. Die jüngeren Buchen und ältere Buchen ohne Fruchtanhang haben ihren Kronenzustand in 2009 sogar verbessern können. Ältere Buchen mit nur schwachem Fruchtanhang blieben im Niveau der Kronenverlichtung weitgehend

unverändert. Mittelstark und stark fruchttragende Buchen weisen in 2009 dagegen eine deutlich höhere Kronenverlichtung auf. Da knapp die Hälfte aller Buchen mittelstarken oder starken Fruchtanhang aufweisen, wirkt sich der Anstieg der Kronenverlichtung in dieser Gruppe auf das Gesamtergebnis bei Buche aus.

Schäden durch blattfressende Insekten oder Befall durch Blattpilze wurden in nur geringem Umfang beobachtet. Befall durch Buchenspringgrüssler (*Rhynchaenus fagi*) war mit rund 7 % der Probestämme am häufigsten zu beobachten. Stärkerer Befall trat aber nur an einem Aufnahmepunkt auf. Insgesamt ist in 2009 kein negativer Einfluss durch Insekten oder Pilze auf den Kronenzustand der Buche festzustellen. Vergilbung war in 2009 auch wegen des vergleichsweise frühen Termins der Erhebung so gut wie nicht zu beobachten.

## Buche

Entwicklung der Schadstufenverteilung  
von 1984 bis 2009



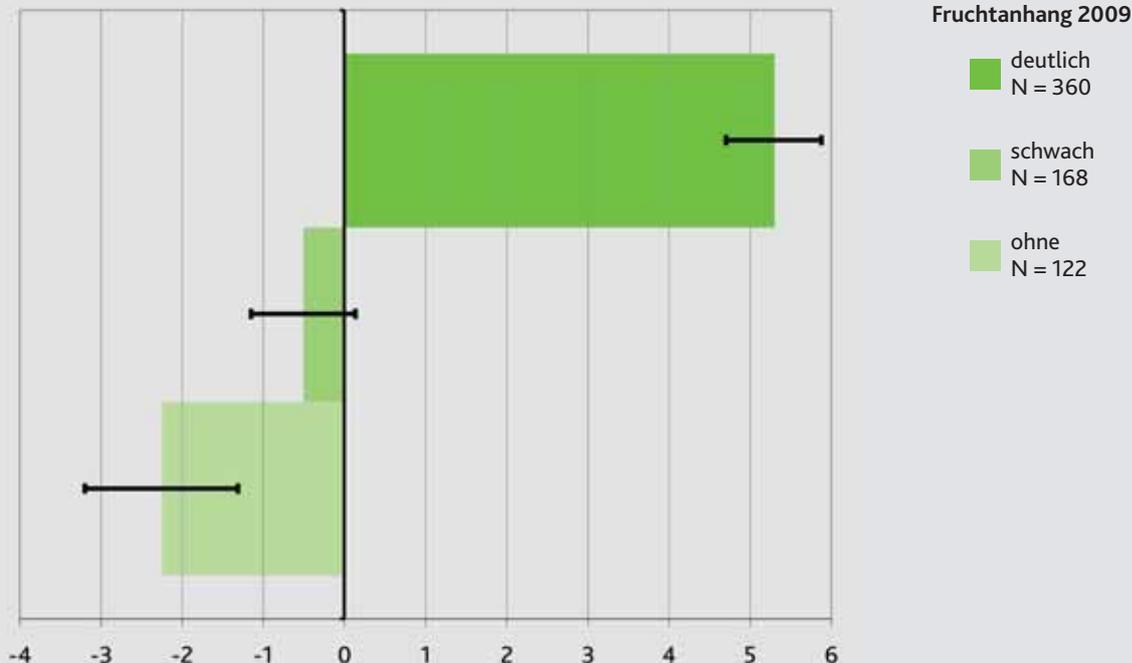
## Buche

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung  
von 1984 bis 2009



## Buche älter 60 Jahre

Veränderung der mittleren Kronenverlichtung  
in Prozentpunkten von 2008 auf 2009 nach der  
Intensität des Fruchtanhanges



## Eiche

Der Kronenzustand der Eichen hat sich in 2009 klar verbessert. Der Anteil deutlich geschädigter Probestämme liegt um 14 Prozentpunkte unter dem Wert des Vorjahres; der Anteil der Eichen ohne sichtbare Schadmerkmale ist um 7 Prozentpunkte höher. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 4,4 Prozentpunkte signifikant niedriger als im Vorjahr.

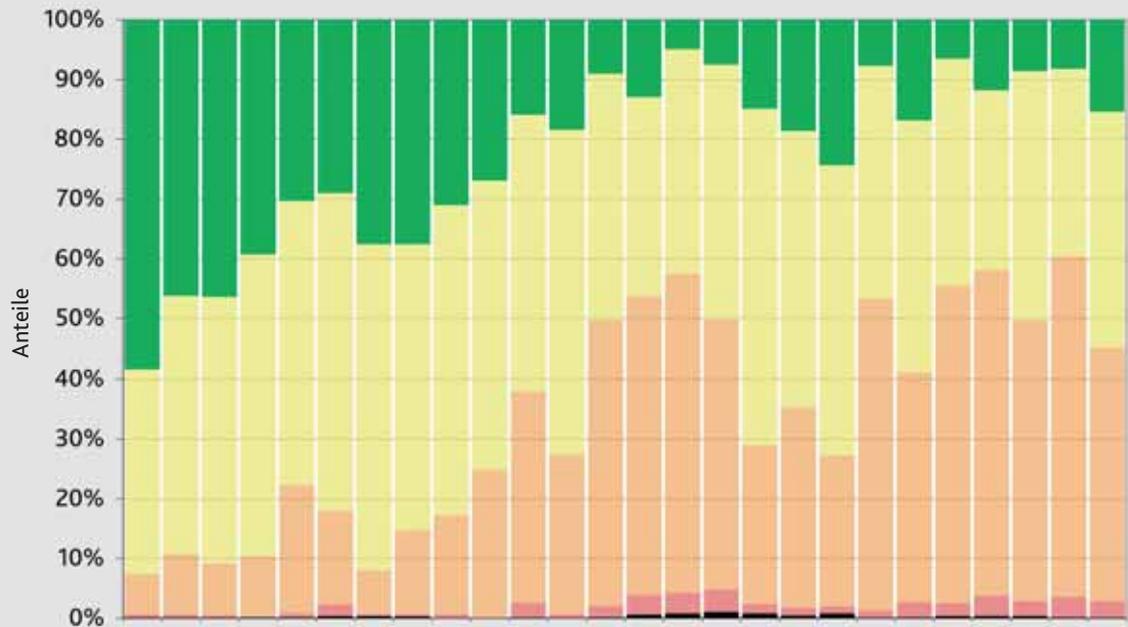
Auch bei der Eiche tritt in 2009 Fruchtanhang auf. Die Eicheln sind aber zum Termin der Waldschadenserhebung noch recht klein und daher in den meisten Fällen noch nicht zu erkennen, so dass das Ausmaß des Fruchtanhanges nicht zuverlässig abgeschätzt werden kann. Das Ausmaß des Fruchtanhanges und seine Wechselwirkungen mit dem Kronenzustand kann daher nur auf den Intensivuntersuchungsflächen analysiert werden. Nach bisherigen Befunden zeigen sich hier bei Eiche keine so deutlichen Zusammenhänge zwi-

schen Fruktifikation und Kronenzustandsentwicklung wie bei Buche.

Die Eiche erleidet regelmäßig mehr oder minder starke Schäden durch blattfressende Insekten. Auch in 2009 waren an 11 % der Probestämme Fraßschäden zu beobachten. Mittelstarke oder starke Fraßschäden waren aber nur an wenigen Probestämmen (4,4 %) festzustellen, diese zeigten meist eine Verschlechterung ihres Kronenzustandes. Die feucht-warme Witterung begünstigte den Mehltau. Dieser Blattpilz entwickelt sich vorzugsweise am zweiten Austrieb der Eiche und war im Spätsommer an vielen Stellen auffällig zu sehen. An den Probestämmen der Waldzustandserhebung wurde er jedoch nur ausnahmsweise (1 %) festgestellt. Insgesamt war der Befall durch Insekten oder Pilze so gering, dass er 2009 ohne Einfluss auf die Entwicklung des Kronenzustandes der Eichen blieb.

## Eiche

Entwicklung der Schadstufenverteilung  
von 1984 bis 2009



Weitere Informationen zum Einfluss des  
Insektenfraßes im Internet über den Pfad:  
[www.fawf.wald-rlp.de](http://www.fawf.wald-rlp.de)

- Forschung an Dauerbeobachtungsflächen
- Kronenzustand
- Einflussfaktoren
- Insekten- und Pilzbefall  
(im oberen Schaubild)

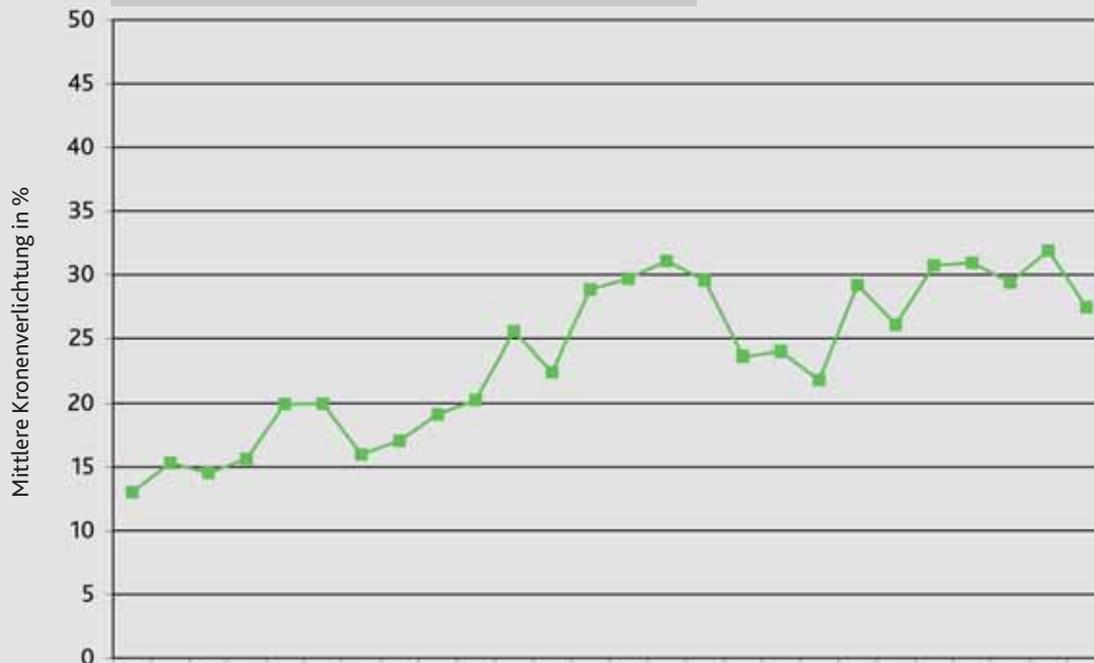
In diesem Jahr waren die Triebe der Eichen vielfach von  
Eichenmehltau *Microsphaera alphitoides* befallen.

Foto: J. Block



## Eiche

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung von 1984 bis 2009



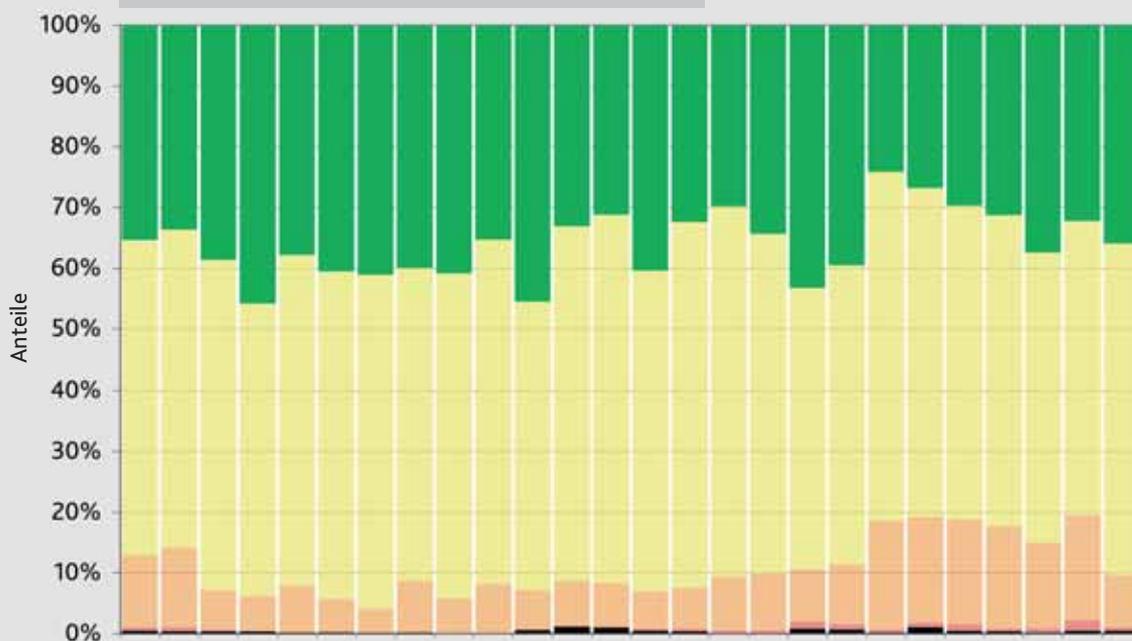
## Kiefer

Auch bei der Kiefer ist der Anteil von Bäumen mit deutlichen Schäden gegenüber dem Vorjahr zurückgegangen, insgesamt um 10 Prozentpunkte. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 2,3 Prozent-

punkte signifikant geringer. Mit nur 3 Nadeljährgängen reagiert die Kiefer vergleichsweise flexibel mit variierender Benadelungsdichte und kann unter günstigen Bedingungen auch rasch regenerieren.

## Kiefer

Entwicklung der Schadstufenverteilung von 1984 bis 2009



Die Kiefer zeigt regelmäßigen und reichlichen Fruchtanhang, so auch im Jahr 2009; es ist jedoch kein Einfluss auf den Kronenzustand erkennbar. An 13,7 % der Probestämme bei Kiefer wurde Befall mit Mistel festgestellt. Starker Befall mit der Kiefern-mistel bedeutet für den betroffenen Baum eine Belastung, die sich in einem schlechteren Kronenzustand äußert. Bei 5,9 % der Kiefern war Reifefraß

durch Waldgärtner, einen auf Kiefer spezialisierten Borkenkäfer, zu beobachten. Durch den Reifefraß sterben einzelne einjährige Triebe ab. Bei wiederholtem mehrjährigen Befall kann es dadurch zu Defiziten in der Verzweigung kommen. Insgesamt haben sich diese natürlichen Schadfaktoren aber nicht negativ auf die Entwicklung der Kronenverlichtung der Kiefer ausgewirkt.

## Kiefer

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung von 1984 bis 2009



## Douglasie

Der Anteil deutlich geschädigter Probestämme ist mit 18 % um 7 Prozentpunkte höher als im Vorjahr. Das mittlere Nadelverlustprozent stieg um 3 Prozentpunkte an. Aufgrund der unterschiedlichen Stichprobenkollektive (Vollstichprobe 2008, Unterstichprobe 2009) ist diese Veränderung jedoch nicht signifikant gesichert. Die Gruppe der Probestämme die sowohl 2008 als auch 2009 begutachtet wurden (identische Probestämme), weist keine wesentliche Veränderung im Schadniveau auf. Im Laufe der Zeitreihe sind bei Douglasie

immer wieder Schwankungen in der Schadstufenverteilung und der mittleren Kronenverlichtung zu beobachten. Festzuhalten bleibt jedoch, dass seit Beginn der Erhebung 1984 das Niveau der Kronenschäden angestiegen ist.

Im Kollektiv der Waldschadenserhebung ist die Douglasie in der Unterstichprobe mit 3,0 % und in der Vollstichprobe mit 4,1 % Anteil vertreten, während die Baumart nach dem Ergebnis der Bundeswaldinventur 2 (2002) mit einem Anteil von 5,9 % an der Waldfläche des Landes beteiligt

## Verteilung der Stichprobenbäume bei Douglasie auf Altersklassen

1984 und 2008 Vollstichprobe, 2009 Unterstichprobe

Jahr	Anzahl	Anteil in der Altersklasse [in %]					
		0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	über 100
1984	359	59,1	24,2	10,3	3,9	2,5	0
2008	455	2,6	47,0	34,5	8,8	5,5	1,5
2009	119	0	25,2	41,2	21,8	11,8	0

ist. Es gibt somit offensichtliche und deutliche Unterschiede zwischen den Stichprobenkollektiven. Besonders die Unterstichprobe ist bei Douglasie nicht in dem Maße repräsentativ, wie bei den Hauptbaumarten. Entsprechend sind die Ergebnisse unsicherer, es treten höhere zufallsbedingte Schwankungen auf. Die Entwicklung in der Zeitreihe ist damit umso wichtiger.

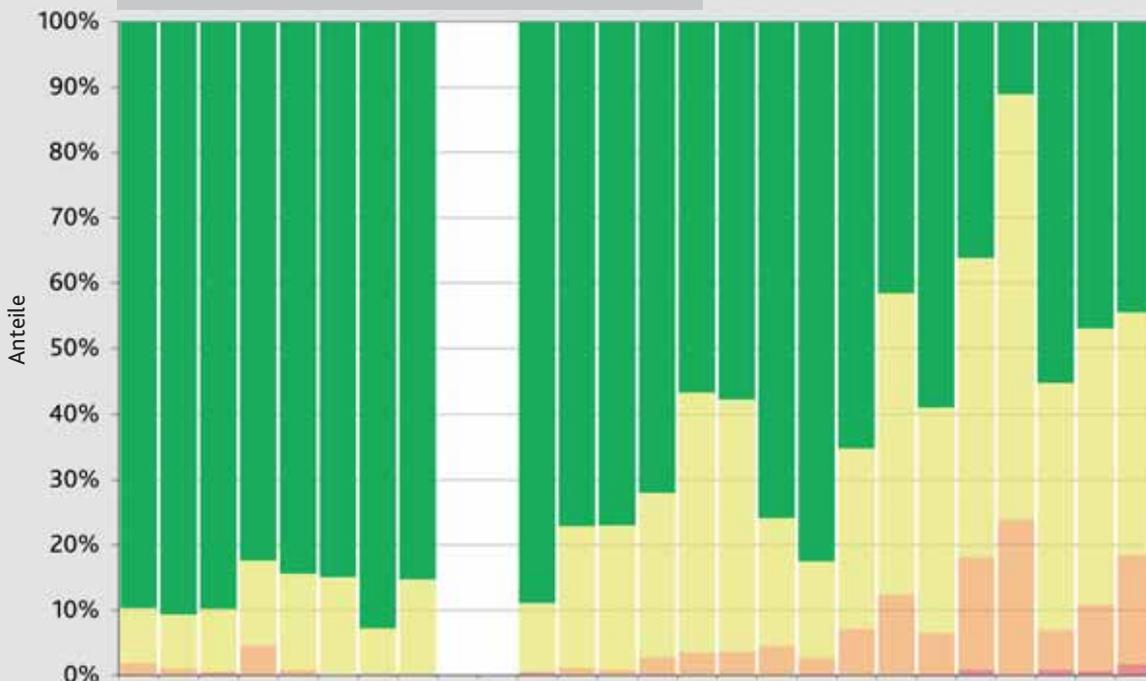
Bei der Douglasie ist besonders zu berücksichtigen, dass sich die Altersklassenverteilung des Stichprobenkollektivs deutlich verschoben hat. Waren 1984 noch über die Hälfte in der jüngsten Altersklasse, so ist diese in der Unterstichprobe 2009 nicht mehr vertreten. Der Schwerpunkt liegt hier bei den mittelalten Beständen. Der Anteil über 60-jährigen Bäume ist 2009 fünf mal so hoch als zu Beginn der Zeitreihe.

Da auch bei Douglasie mit zunehmendem Alter ein Trend zu höherer Kronenverlichtung erkennbar ist, wird der Anstieg der Kronenverlichtung zum Teil durch die Verschiebung zu höheren Altersklassen erklärt.

In 2009 wurde bei Douglasie starker Fruchtanhang festgestellt; ein Zusammenhang zur Entwicklung der Kronenverlichtung kann jedoch nicht abgeleitet werden. Befall durch Insekten oder Pilze wurde nicht beobachtet. Auffällig zu beobachten ist, dass bei Douglasie nach Sturmereignissen häufig grüne Zweige am Boden liegen, die aus den Ästen der Oberkrone ausgeweht wurden. Die Baumkronen erhalten so ein zerzaustes Aussehen, was die Zustandsansprache erschwert.

## Douglasie

Entwicklung der Schadstufenverteilung von 1984 bis 2009



## Douglasie

Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung von 1984 bis 2009



### 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, für die eine eigene 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.

Für fast alle der in der Gruppe der „Nebenbaumarten“ vertretenen Baumarten wurde von 2008 auf 2009 eine Verbesserung des Kronenzustandes festgestellt. Insgesamt ging der Anteil der deutlich geschädigten Probestämme bei den Nebenbaumarten um 6 Prozentpunkte zurück und die mittlere

Kronenverlichtung liegt um gut 2 Prozentpunkte niedriger. Bei den meisten Nebenbaumarten insbesondere Lärche, Esche und auch Hainbuche konnte sich der Trend der Erholung des Kronenzustandes damit fortsetzen. Es ist dabei aber auch zu berücksichtigen, dass der vergleichsweise frühe Erhebungstermin vielen Laubbaumarten entgegenkommt, 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
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
2007	24	50	26	18	40	42	1	33	66	46	37	17
1984*	69	24	7	91	7	2	64	28	8	71	16	13

\* Nur Kollektiv der Unterstichprobe

## 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 Artensammensetzung 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, um so zuverlässiger ist die gewonnene Aussage.

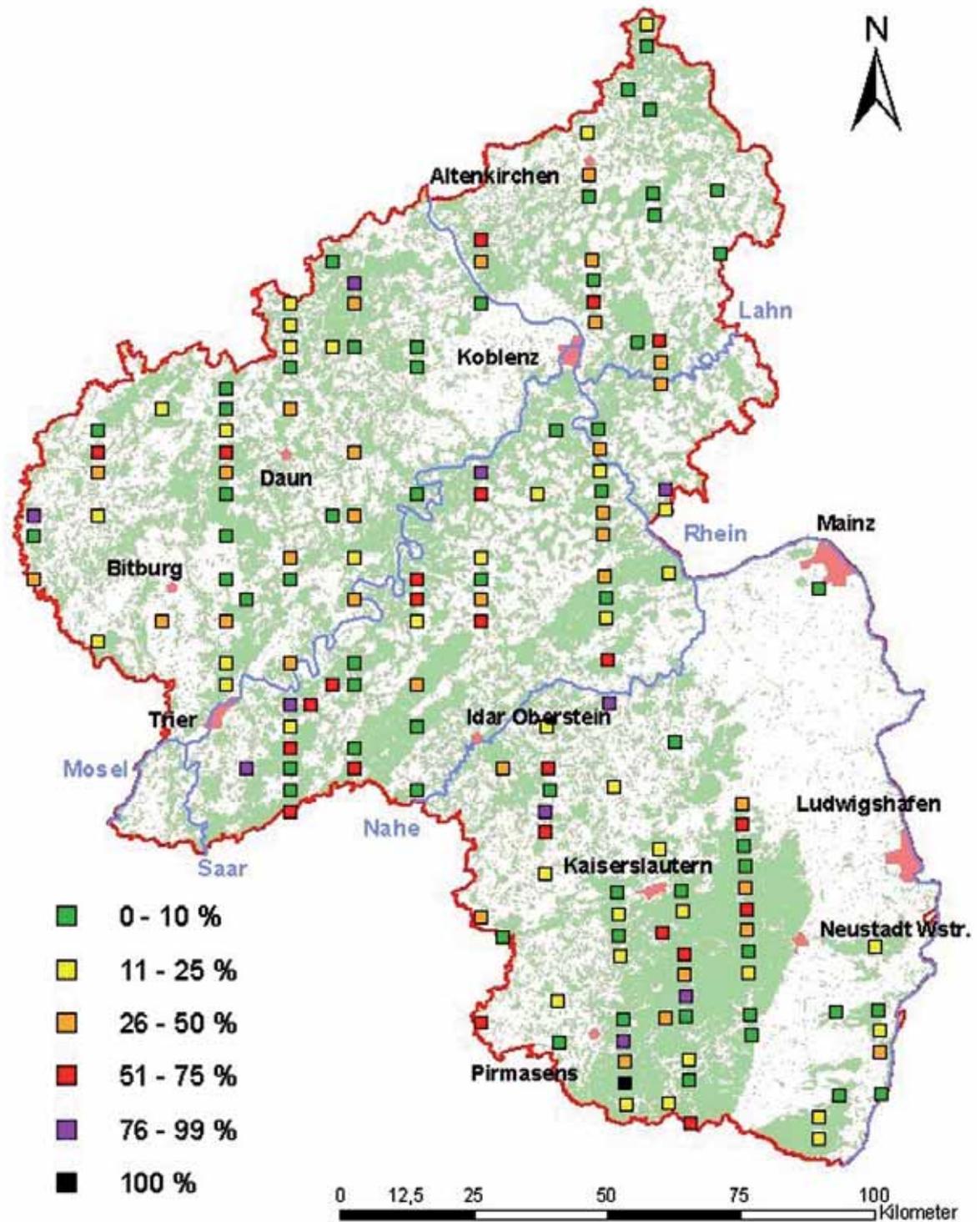
### Informationen zur regionalen Verteilung der Waldschäden finden sich im Internet unter:

[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 Probestämme am einzelnen Aufnahmepunkt 2009



## Einfluss ausgeschiedener und ersetzter Probebäume

Von den markierten Stichprobenbäumen scheiden jedes Jahr einige aus dem Beobachtungskollektiv aus. Die Waldteile, in denen die Aufnahmepunkte der TWE angelegt und die Stichprobenbäume markiert sind, werden regulär bewirtschaftet. Maßgeblich sind dabei die Ziele und Wünsche des jeweiligen Waldbesitzers. 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 vollständig überwachsen wurden, aus dem Stichprobenkollektiv aus. Ein Ersatz ausgeschiedener Probebäume ist notwendig, damit die TWE den aktuellen Zustand des Waldes widerspiegelt.

Im Jahr 2009 sind insgesamt 40 Probebäume ausgeschieden und konnten ersetzt werden. Von den 1984 ursprünglich ausgewählten Probebäumen sind noch 1708 im Kollektiv der Unterstichprobe erhalten. Das sind 44 % des ursprünglichen Gesamtkollektives.

Die Aufnahmepunkte liegen fast alle im regulär bewirtschafteten Wald. Der überwiegende Teil (69 %) 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 Aufnahme-

kollektiv bis das feine Reisig aus der Krone herausgebrochen ist. Danach werden sie aus dem Probebaumkollektiv ausgesondert.

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 2008 auf 2009 ist mit 1 % des Kollektivs der Unterstichprobe vergleichsweise gering; im Laufe der Zeitreihe wurde eine durchschnittliche Ausscheidequote von 2 % pro Jahr beobachtet.

**Messung der Luftschadstoff-Immission und -Deposition  
im Forstamt Birkenfeld**

Foto: H. W. Schröck





# EINFLÜSSE AUF DEN WALDZUSTAND



Der Zustand unserer Waldökosysteme wird von einer Vielzahl menschenverursachter und natürlicher Faktoren beeinflusst. Der Beitrag von Luftschadstoffen in diesem Stresskomplex ist in den letzten Jahrzehnten dank durchgreifender Luftreinhaltemaßnahmen gesunken. Zurückgegangen sind insbesondere die Einwirkungen von Schwefelverbindungen und von Schwermetallen. Witterungsbedingt war in den letzten drei Jahren auch die Ozonbelastung vergleichsweise gering. Trockenstress trat in der Vegetationszeit 2009 aufgrund der reichlichen und gut verteilten Niederschläge nicht auf. Allerdings lagen die Vegetationszeittemperaturen wiederum merklich über den langjährigen Mittelwerten. Negativ auf den Kronenzustand der Waldbäume hat sich der bei fast allen Baumarten starke Fruchtbehang im Jahr 2009 ausgewirkt.

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

**Vor allem an Waldrändern fruktifizierten viele Buchen im Jahr 2009 überaus stark. In Verbindung mit einer Hitze- und Trockenperiode im August führte dies vielfach zu gelben bis braunen Blättern und teilweise auch zu vorzeitigem Blattfall.**

Foto: J. Block

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 und können vor allem über Veränderungen im Mineralstoffangebot und Schädigung der Baumwurzeln den Wasser- und Nährstoffhaushalt der Bäume beeinträchtigen. In dem auf den Wald einwirkenden Stresskomplex stellen Luftschadstoffe so meist eine chronische Belastung da, die langfristig destabilisierend wirkt. Die Waldökosysteme werden hierdurch anfällig gegenüber kurzfristig einwirkenden Stressfaktoren wie Witterungsextreme, Insektenfraß oder starke Fruchtbildung.

#### Schwefel

Die Belastung unserer Waldökosysteme durch Luftschadstoffe hat sich in den letzten Jahrzehnten erheblich verändert. Bei Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), das vor allem bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe in Kraftwerken, Industriefeuerungsanlagen und Heizungen freigesetzt wird, konnte die Emissionsrate in Deutschland dank durchgreifender Luftreinhaltemaßnahmen seit 1980 um mehr als 90 % reduziert werden. Dies wirkt sich auch in einer erheblichen

## Entwicklung der Schadstoffemissionen in Deutschland

Schadstoffe in Kilotonnen	1980	1990	2007	Veränderungen in % 1980 - 2007
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	7514	5353	494	- 93 %
Stickoxide (NO <sub>x</sub> )	3334	2862	1294	- 61 %
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	835	738	624	- 25 %
Flüchtige organische Verbindungen (ohne Methan) (NMVOC)	3224	3769	1280	- 60 %

Quelle: Umweltbundesamt (2009): [www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm](http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm) (Emissionsentwicklung 1990-2007) für 1980: UNECE 2001: [www.emep.int](http://www.emep.int)

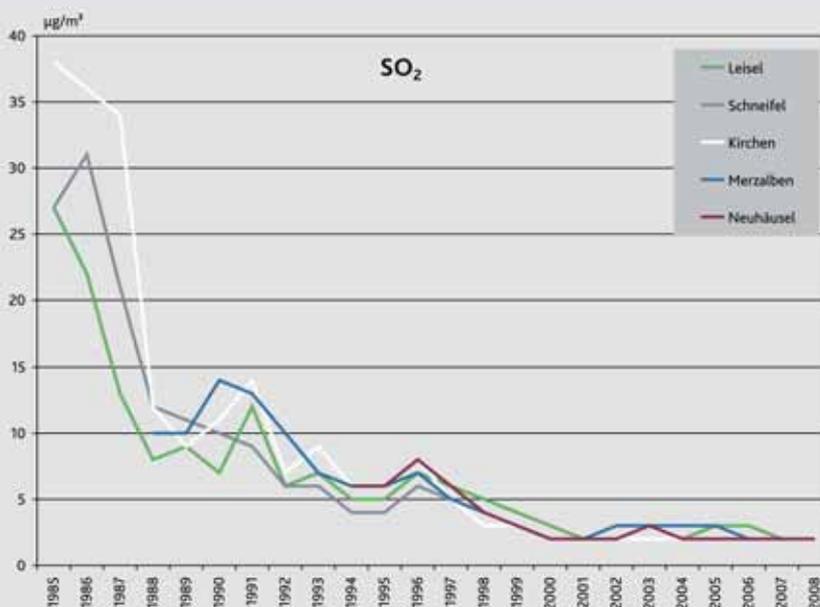
Verringerung der Belastung der Waldökosysteme aus. So sind die Jahresmittelwerte der SO<sub>2</sub>-Konzentrationen an den Waldstationen des Zentralen Immissionsmessnetzes (ZIMEN) von über 30 µg/m<sup>3</sup> Mitte der 80er Jahre auf inzwischen stets unter 5 µg/m<sup>3</sup> gesunken. Selbst bei winterlichen Inversionswetterlagen steigen die Schwefeldioxidkonzentrationen kaum mehr an.

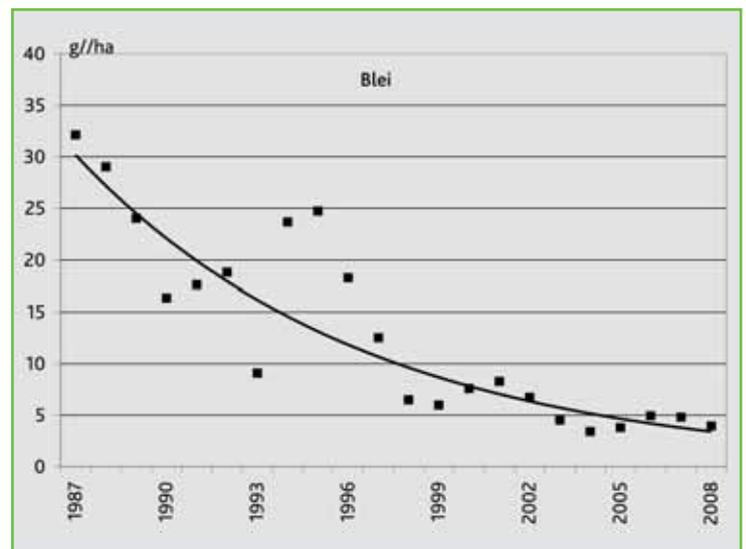
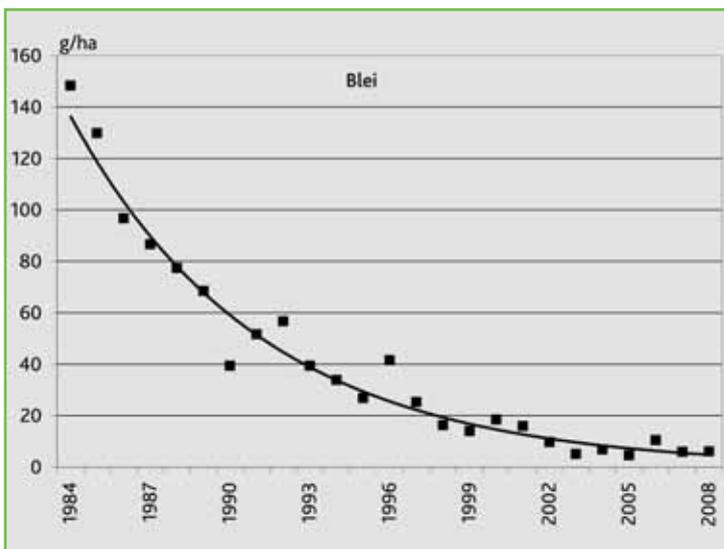
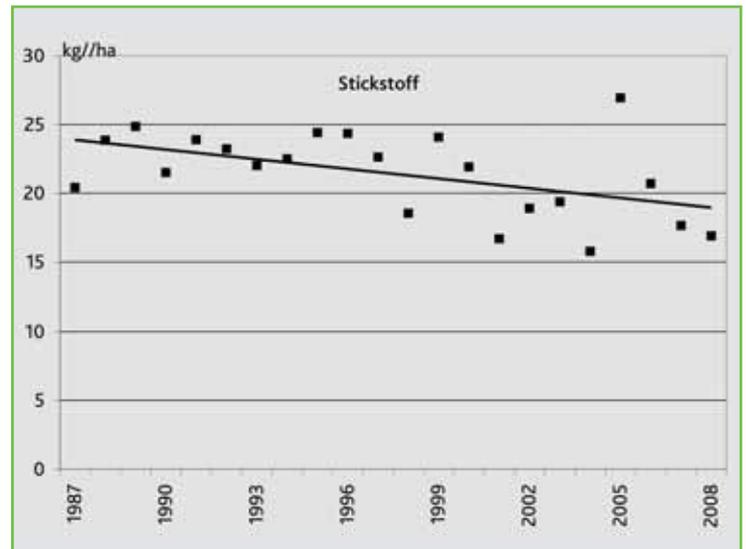
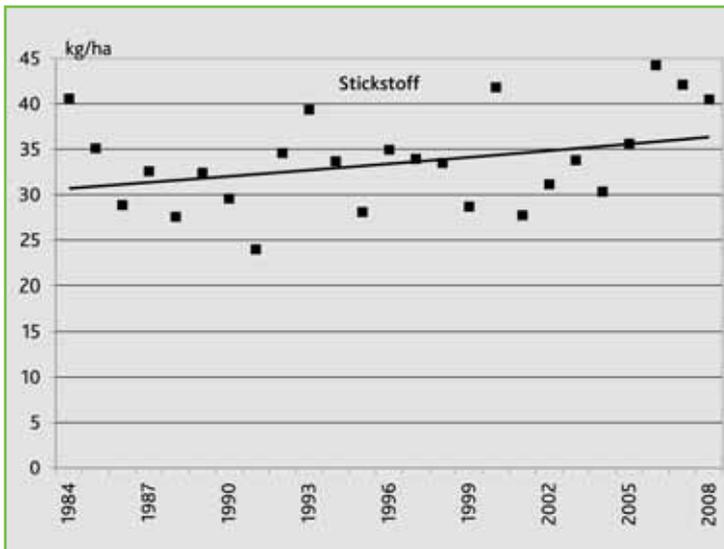
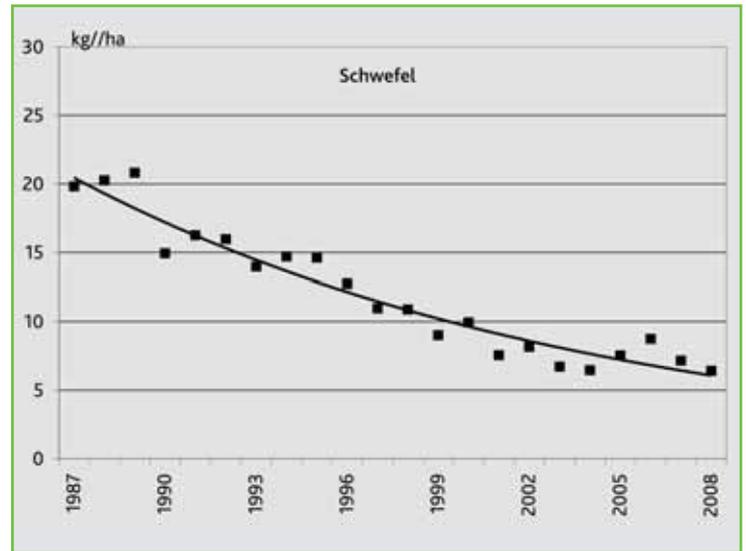
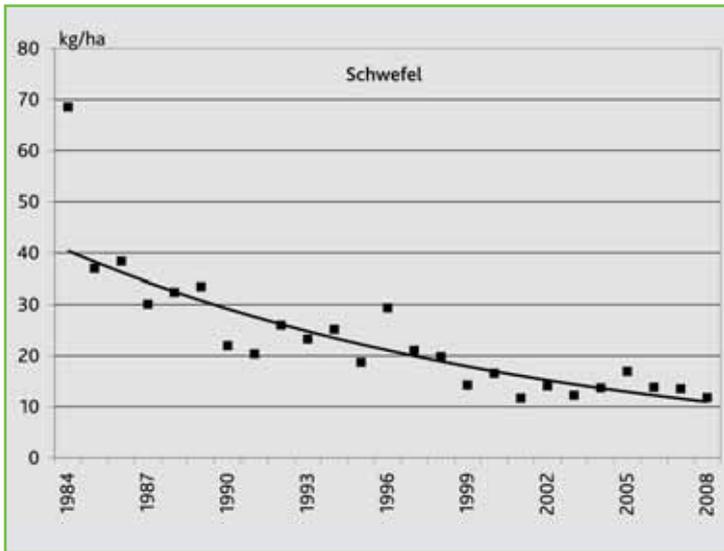


Der Belastungsschwellenwert für Waldökosysteme und natürliche Vegetation wird seit 1988, der Schwellenwert für die besonders empfindlichen Flechten seit 1994 nicht mehr überschritten. Entsprechend der merklichen Abnahme der Schwefeldioxidkonzentration in der Luft ist auch der Eintrag an Sulfatschwefel in den Waldboden deutlich gesunken. Während der Schwefeleintrag in Fichtenbeständen zu Beginn der Messreihen Mitte der 80er Jahre meist zwischen 40 und 70 kg je Hektar lag, gelangen aktuell meist weniger als 15 kg Schwefel je Hektar auf den Waldboden. Begleitet wird die Verringerung der Schwefel-deposition von einem Anstieg der pH-Werte im Niederschlagswasser.

**Sickerwasserbeprobung an der Waldmessstation Merzalben.** Mit einer Unterdruck-Saugkerzenanlage wird Sickerwasser aus verschiedenen Bodentiefen gewonnen und auf Säure sowie Nähr- und Schadstoffe analysiert.  
Foto: F. Frank

## Jahresmittelwerte der Schwefeldioxidkonzentrationen in Waldgebieten





Trend des Eintrages an Schwefel, Stickstoff und Blei (S und N: berechnete Gesamtdeposition; Pb: Deposition mit dem Waldniederschlag) in einem Fichtenbestand in der Eifel (Adenau) und einem Traubeneichen-Buchenbestand im Pfälzerwald (Merzalben). Die Rückgänge in der Schwefel- und Bleideposition sind an beiden Standorten hochsignifikant. Die Veränderungen der Stickstoffdeposition sind demgegenüber nicht signifikant.

## Schwermetalle

Dank durchgreifender Emissionsminderungsmaßnahmen ist auch der Eintrag des für viele Bodenlebewesen giftigen Schwermetalls Blei sehr deutlich gesunken. Entsprechend nahm auch der Bleigehalt der Blätter und Nadeln deutlich ab (vgl. Kap. Waldernährungserhebung). An der Mehrzahl der Messorte zeigt sich auch bei den Schwermetallen Cadmium und Zink eine merkliche Verringerung der Eintragsrate.

## Stickstoff

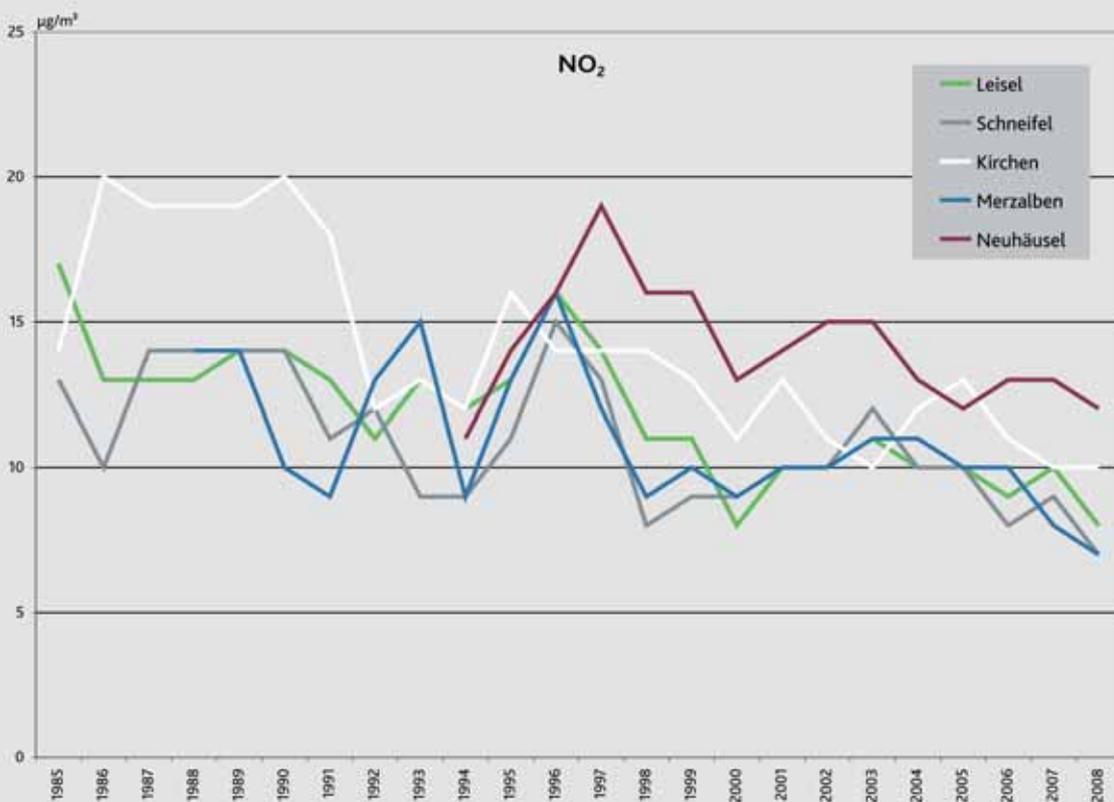
Stickstoff wird in oxidiert Form bei Verbrennungsprozessen durch Oxidation des im Brennstoff und in der Verbrennungsluft enthaltenen Stickstoffs und in reduzierter Form bei mikrobiellem Abbau von Harnstoffen, Protein oder ähnlichen Ausscheidungsprodukten sowie durch Zersetzung ammoniumhaltiger Dünger freigesetzt. Hauptquelle der Stickoxide ist der Straßenverkehr, gefolgt von Kraft- und Heizwerken. Reduzierter Stickstoff stammt überwiegend aus der Tierhaltung

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

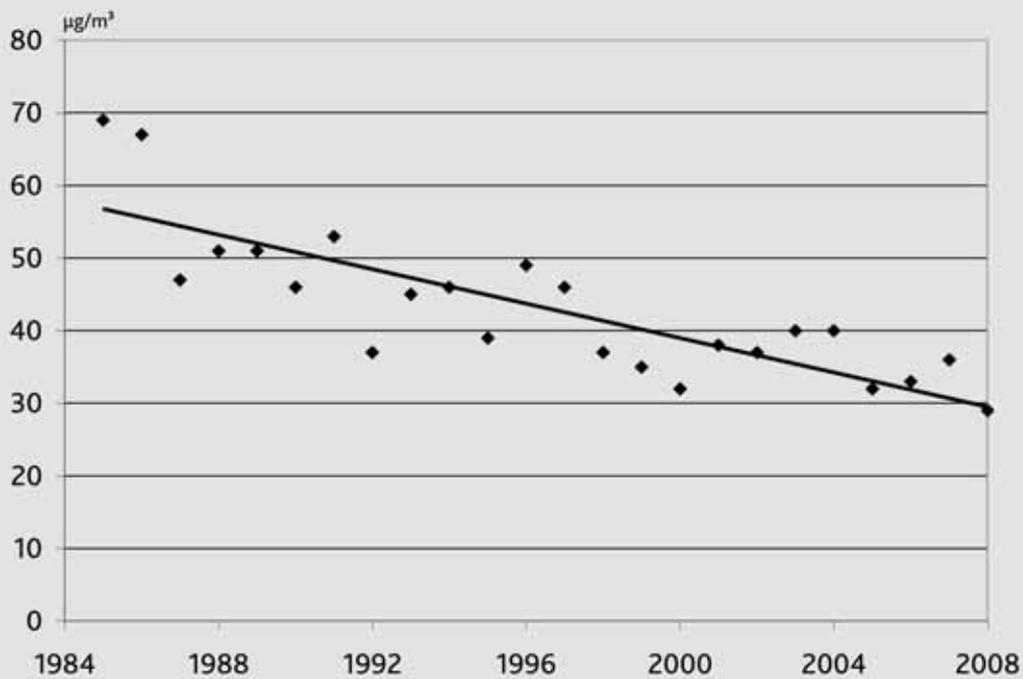
Die Emission der Stickoxide ist in Deutschland insbesondere durch den Einsatz von Katalysatoren in Kraftfahrzeugen und Entstickungsanlagen in Kraft- und Heizwerken um etwa 60 % zurückgegangen. Dies schlägt sich auch in den Stickstoffdioxidkonzentrationen der bodennahen Luft in den Waldgebieten, vor allem in merklich verringerten Spitzenwerten nieder. Bei den reduzierten Stickstoffverbindungen konnte die Emission demgegenüber nur etwa um ein Viertel reduziert werden.

Der Stickstoffeintrag in den Waldboden (Deposition) übersteigt nach wie vor die ökosystemverträglichen Schwellenwerte (Critical Loads). Bislang ist auch kein einheitlicher Trend zu abnehmenden Überschreitungsbeträgen zu erkennen, wobei allerdings der Anteil des reduzierten Stickstoffs im Vergleich zum oxidierten Stickstoff deutlich zugenommen hat.

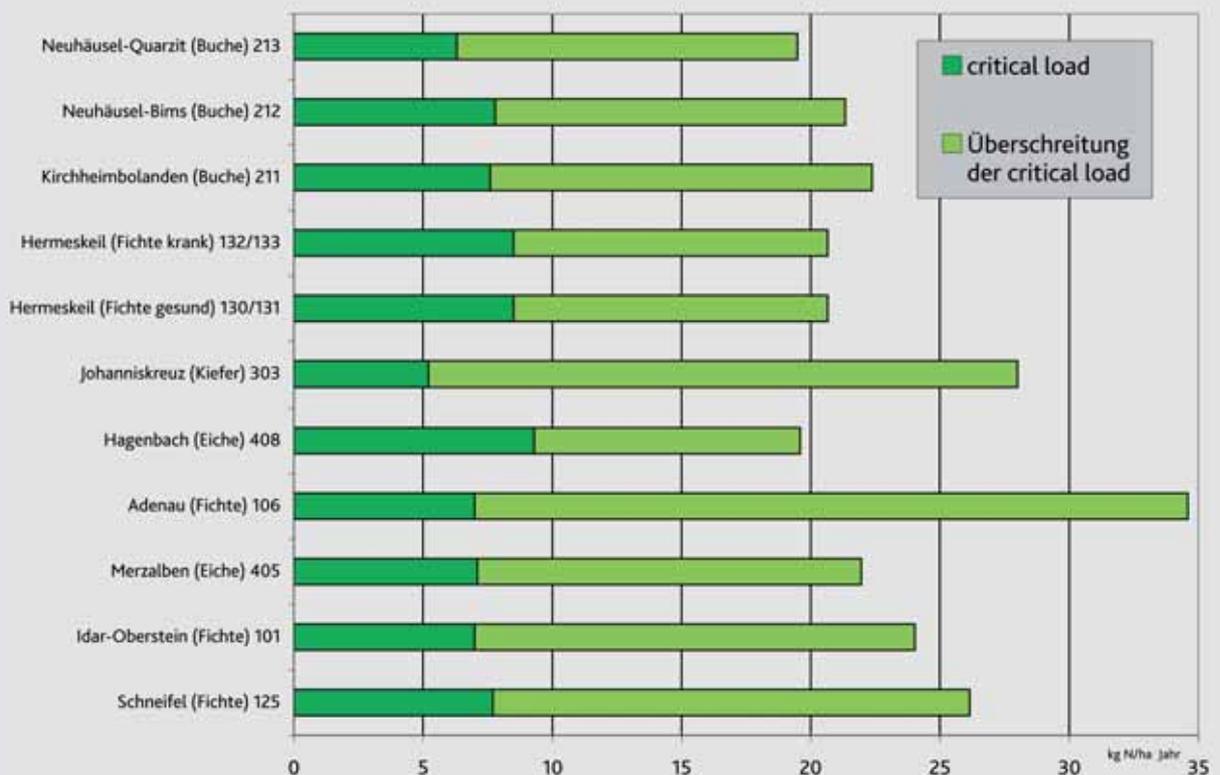
## Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxidkonzentrationen in Waldgebieten



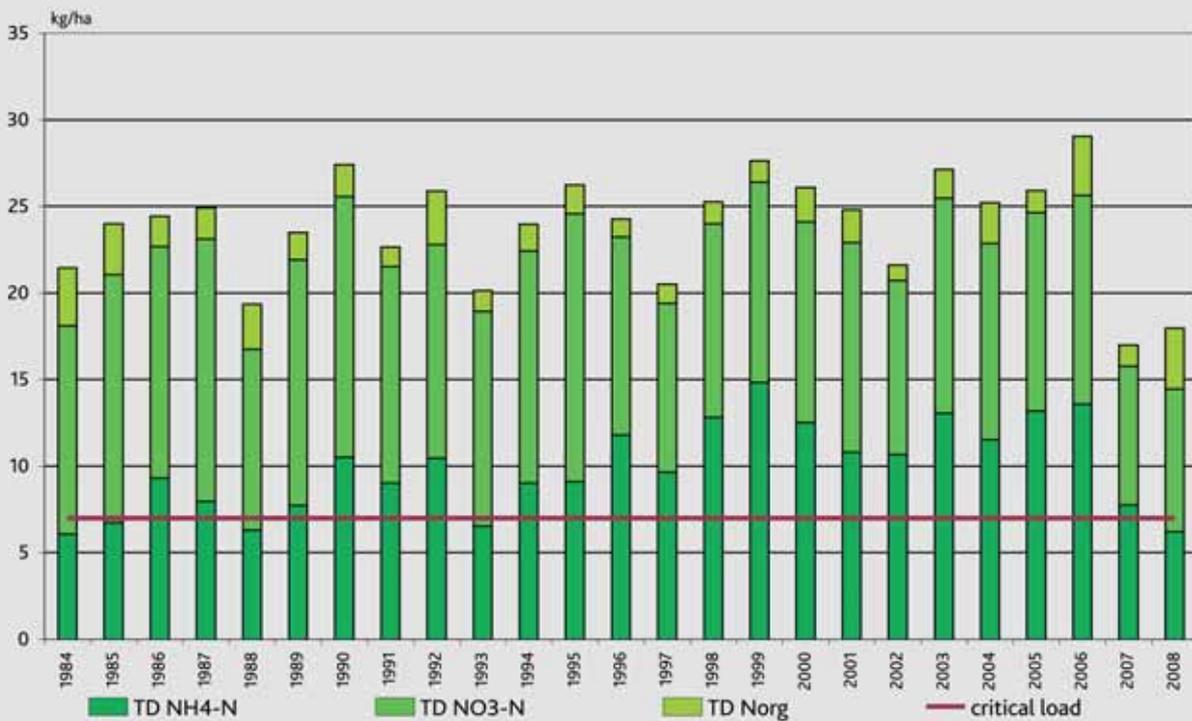
## Verlauf der NO<sub>2</sub>-Spitzenkonzentration (98%-Wert) an der ZIMEN-Waldstation Leisel



## Critical Loads für eutrophierende Stickstoffeinträge\* und Überschreitung der Critical Loads durch die aktuelle Gesamtstickstoffdeposition (Mittel des Zeitraumes 1992-2008)



\*Kalkulation: Öko-Data GmbH



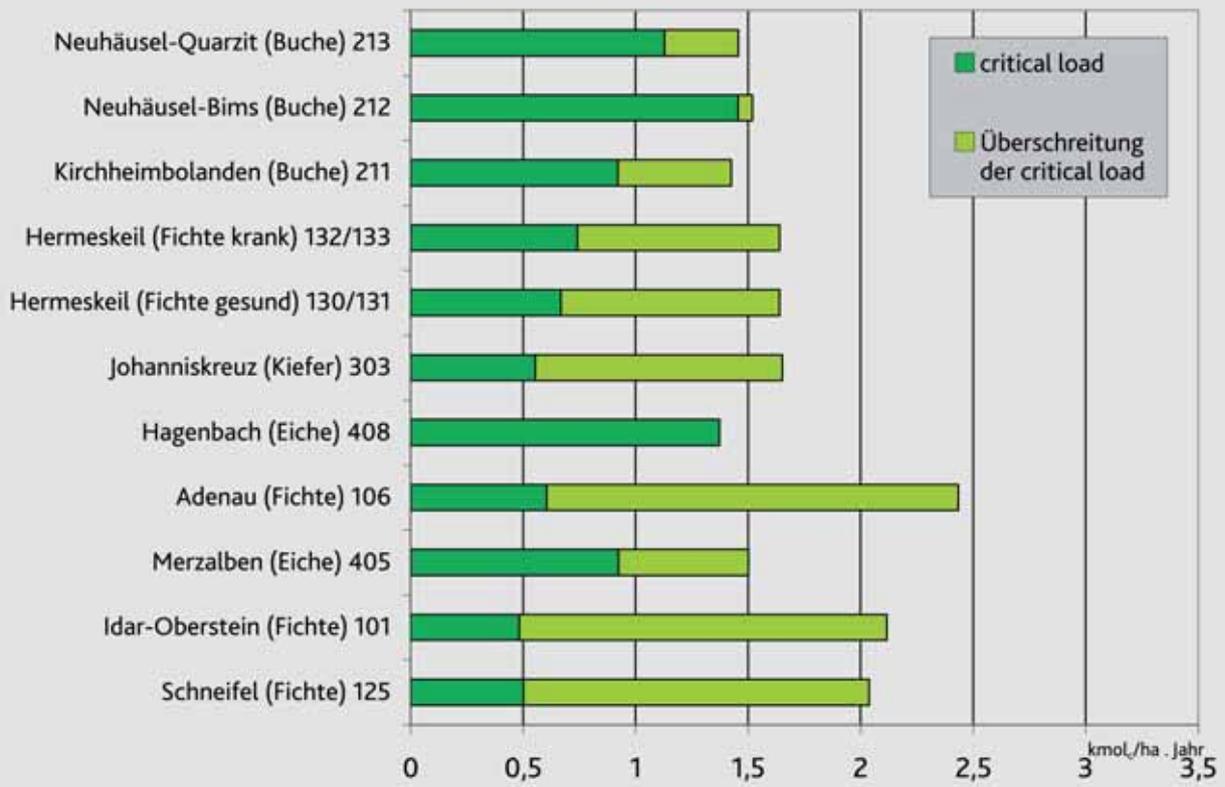
Entwicklung der Überschreitung der Critical Loads für eutrophierenden Stickstoff (durchgezogene Linie) durch den Gesamtstickstoffeintrag (Säulen) am Standort Idar-Oberstein (Fichtenbestand auf Decklehm über Quarzit, aufgeteilt in den Eintrag an Ammoniumstickstoff (NH<sub>4</sub>-N), Nitratstickstoff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

## Säureinträge

Trotz der beträchtlichen Reduktion des Eintrags von Schwefelverbindungen sind die Säureeintragsraten nur mäßig gesunken und übersteigen nach wie vor an der Mehrzahl der Standorte die Critical Loads. Dies ist im Wesentlichen auf die noch zu hohen Eintragsraten der Stickstoffverbindungen zurückzuführen. Beim Ammoniumstickstoff zeigt die Eintragsrate an einigen Standorten sogar einen ansteigenden Trend. Demzufolge ist der Ammoniumanteil am Säureeintrag kontinuierlich gestiegen und der Sulfateintrag zurückgegangen. Zum Schutz unserer Waldökosysteme vor fort-

schreitender 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 1992-2008)



\*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 durch menschliche Aktivitäten freigesetzten Vorläufersubstanzen.

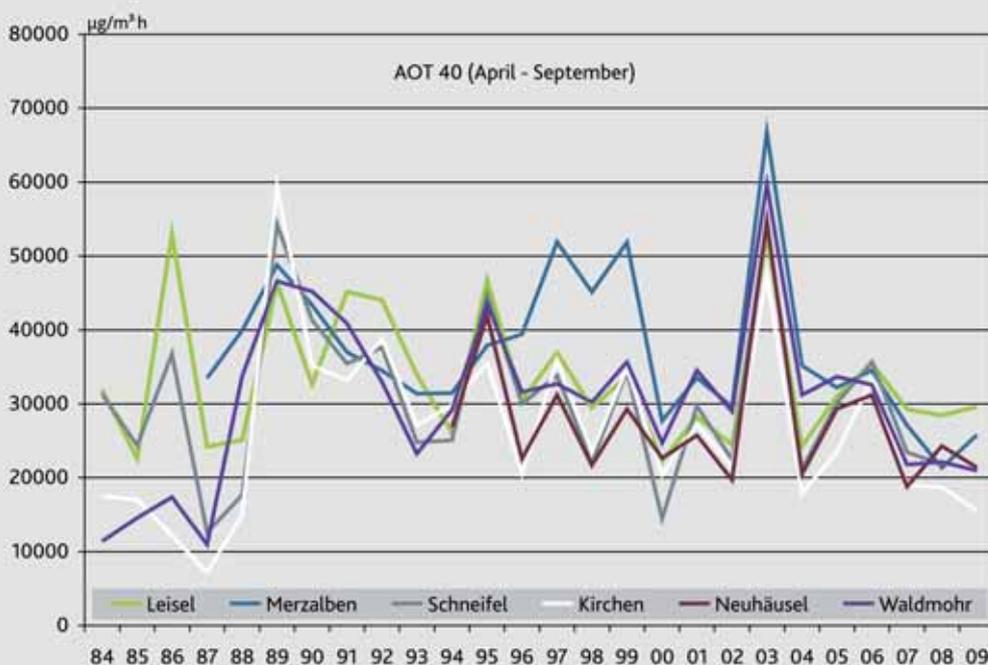
Entscheidend für die Ozonkonzentration ist nicht nur die Konzentration der Vorläufersubstanzen sondern insbesondere auch der Witterungsverlauf. Hohe Ozonkonzentrationen sind daher vor allem in sonnenscheinreichen Sommern zu erwarten. Im Jahr 2009 war daher die Ozonbelastung im Vergleich zur Zeitreihe seit 1985 eher gering, überstieg aber an 5 der 6 ZIMEN-Waldstationen die Belastungsschwelle (Critical Level) für Wald-ökosysteme (AOT 40, April bis September:  $20.000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ ).

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

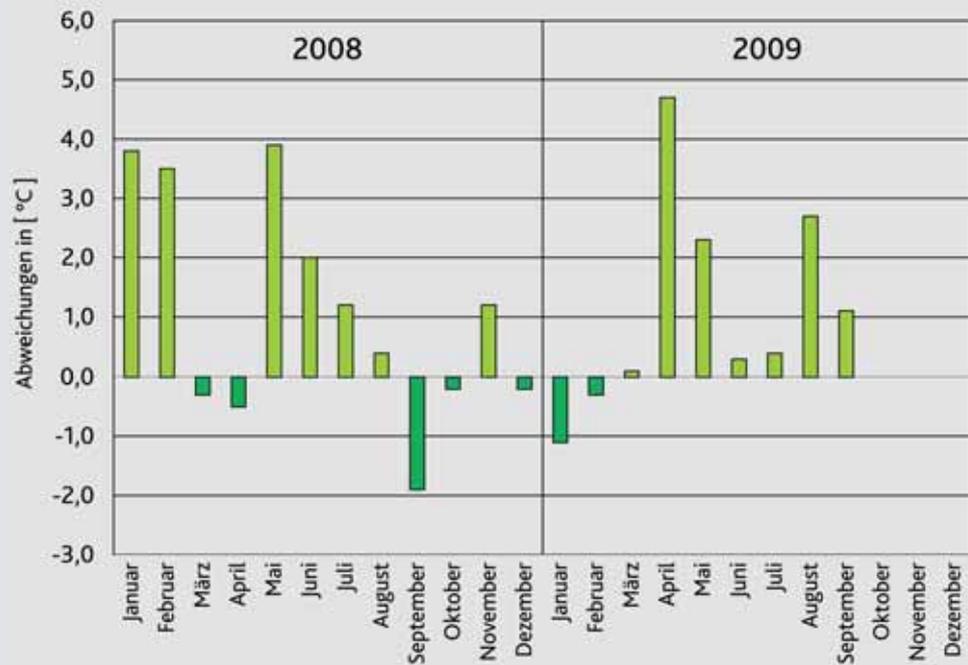
- Forschungsschwerpunkte
- Forstliches Umweltmonitoring
- Luftschadstoffbelastung des Waldes

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



Abweichungen der Monatsmittel-Temperaturen in den Jahren 2008 und 2009 an der DWD-Station Weinbiet/ Pfälzerwald vom langjährigen Mittel (Quelle: Deutscher Wetterdienst)

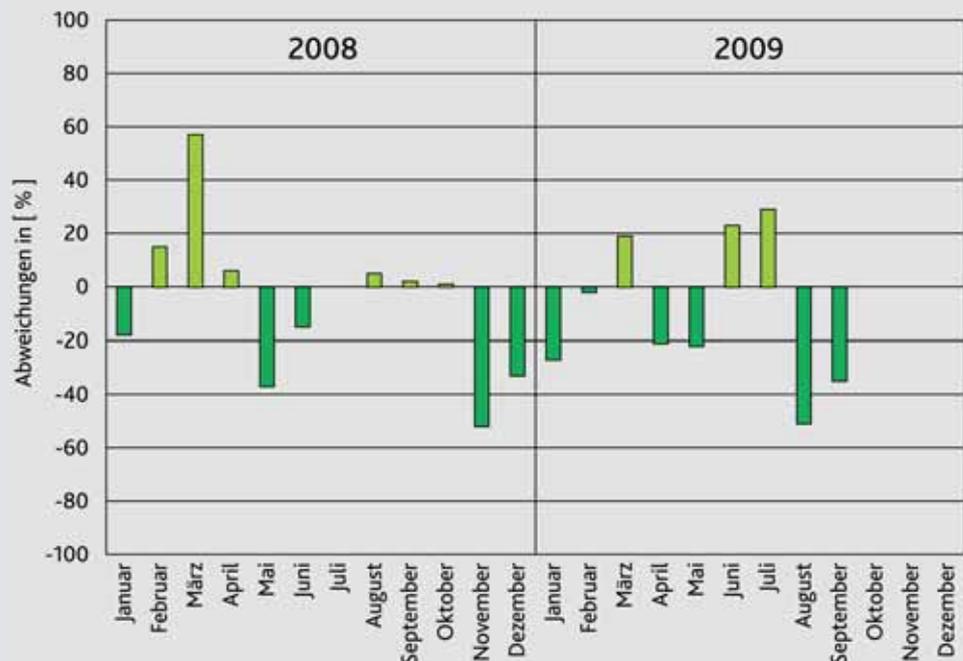


### Witterungsverhältnisse

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.

Abweichungen der Monatsniederschläge in den Jahren 2008 und 2009 (Flächenmittel Rheinland-Pfalz/Saarland) vom langjährigen Mittelwert (Quelle: Deutscher Wetterdienst)



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

Während die Winter 2006/07 und 2007/08 überdurchschnittlich warm waren, lagen die Temperaturen von Dezember 2008 bis Februar 2009 merklich unter den langjährigen Mittelwerten. Nach einem durchschnittlich warmen März folgte dann ein sehr warmes Frühjahr mit weit über den langjährigen Mittelwerten liegenden Temperaturen in April und Mai. Da auch August und September deutlich über dem langjährigen Mittel liegende Temperaturen aufwies, war, wie meist in den letzten zwei Jahrzehnten, die forstliche Vegetationszeit erheblich zu warm.

Der Winter 2008/09 war erheblich zu trocken. Erst im März erhielten die Böden ausreichende Niederschläge. Im April und Mai waren unterdurchschnittliche, Juni und Juli überdurchschnittliche und in August und September unterdurchschnittliche Niederschlagssummen zu verzeichnen. Insgesamt war der Sommer 2009 sehr wechselhaft. Kurzen trocken-heißen Perioden folgten regelmäßig Gewitterfronten mit häufig sehr ergiebigen Niederschlägen. Erst im August trat eine längere Trockenperiode auf, die ab Ende des Monats zu mäßiger Bodentrockenheit führte. Auf exponierten Standorten wurde bei Buche in der zweiten Augushälfte „Hitzelaub“ und vor allem in Kombination mit sehr starker Fruktifikation auch vorzeitiger Blattfall beobachtet.

Der den Bäumen zur Verfügung stehende Wasservorrat im Boden wird für ausgewählte Waldstandorte mit Hilfe eines Wasserhaushaltsmodells ermittelt. Das Beispiel zeigt den Jahresverlauf der Bodenwasservorräte in einem Fichtenbestand im Forstamt Adenau für das Trockenjahr 2003 und das „Normaljahr“ 2008 im Vergleich zum langjährigen Mittel (1988-2008). Fällt der Bodenwasserhaushalt unter 40 % der nutzbaren Feldkapazität (gestrichelter Bereich), leiden die Bäume unter Trockenstress.



Männliche Blüten  
an einem Buchenzweig

Foto: H. W. Schröck

## Blüte und Fruktifikation

Blüte und Fruchtbildung sind natürliche, zur Art-erhaltung der Waldbäume unverzichtbare Prozesse. Allerdings wird deren Häufigkeit und Intensität von den Umweltbedingungen mitbestimmt. Daher können auch menschliche Aktivitäten, wie die Emission von eutrophierenden oder versauernden Luftschadstoffen, einen wichtigen Einfluss auf diese Prozesse haben.

Die Blüte verändert die Blattbildung und die Verzweigungsstruktur. Zudem kann der erhöhte Reservestoffverbrauch für die Bildung der Blüten und das Wachstum der Früchte bei ungünstiger Ausgangslage zu „Versorgungsengepässen“ führen, wodurch kleinere Blätter und Nadeln oder kürzere Triebe ausgebildet werden. Beide Prozesse beeinflussen den Kronenzustand der Bäume. Allerdings unterscheiden sich die Auswirkungen von Baumart zu Baumart erheblich.

Den größten Einfluss hat die Fruktifikation auf den Kronenzustand der **Buche**. Männliche und weibliche Blüten werden anstelle vegetativer Knospen in der Achsel von Blattknospen gebildet,

wobei weibliche Blütenstände meist nur an Langtrieben, männliche auch an Kurztrieben sitzen. Eine starke Blütenbildung an den Langtrieben wirkt sich somit auf die Seitenverzweigung des Folgejahres aus. Buchen bilden in Fruchthjahren bereits sehr früh in der Vegetationsperiode große Mengen an Früchten. Nach den Befunden der Streufallmessungen auf Dauerbeobachtungsflächen werden bei starker Fruktifikation je Hektar mehr als 3 t Trockenmasse an Bucheckern und Fruchtkapseln produziert. Hiermit ist ein hoher Bedarf an Kohlehydraten, Eiweißen und Fetten und damit ein entsprechender Verbrauch an Reservestoffen verbunden. Da diese den Bäumen offenbar häufig nicht in hinreichendem Maße zur Verfügung stehen, führt die „Umsteuerung“ dieser Stoffe in die Früchte meist zu einer Reduktion der Trieblänge und der Blattgröße.

Nach den Befunden der Waldzustandserhebung und der Untersuchungen auf Dauerbeobachtungsflächen steigt die Kronenverlichtung in Jahren mit starker Fruktifikation stets merklich an. Dies ist auch 2009 deutlich zu beobachten. Nicht oder

nur wenig fruktifizierende Buchen verbesserten sich im Kronenzustand von 2008 auf 2009; bei mittelstark und stark fruktifizierenden Buchen erhöhte sich der Blattverlust um mehr als 5 Prozentpunkte.

Zur Erklärung des langjährigen Anstiegs der Kronenverlichtung und der Veränderungen in der Kronenstruktur reicht die Fruktifikation alleine aber nicht aus. So stieg die Kronenverlichtung auch in Jahren ohne nennenswerte Fruktifikation weiter an. Auch zeigten Bäume, die im Verlauf der letzten 20 Jahre nie mittel oder stark fruktifizierten einen erheblichen Anstieg im mittleren Blattverlust.

Ins Auge springt eine Häufung von „Mastjahren“ in den letzten 20 Jahren. Nach älteren Beobachtungen ging man bei Buche in einem Jahrzehnt durchschnittlich nur von einem bis zwei Mastjahren aus. Tatsächlich traten seit 1990 sieben starke Fruktifikationsjahre und weitere fünf Jahre mit mittlerem Fruchtanhang auf. Hinsichtlich dieser Häufung von Jahren mit starker Fruktifikation stellt sich die Frage, ob hier Änderungen in den Umweltbedingungen eine Rolle spielen. Die Entscheidung, ob Blütenknospen oder vegetative Knospen gebildet werden, ist von den Witterungsbedingungen zum Zeitpunkt der Knospenanlage, also den Sommermonaten des Vorjahres abhängig. Erfahrungsgemäß gehen Mastjahren Jahre mit warm-trockenen Vegetationszeiten voran. Da warm-trockene Vegetationszeiten in den letzten beiden Jahrzehnten häufig vorkamen, ist auch die Häufung von Blühjahren nicht verwunderlich. Allerdings entsteht nicht aus jeder Blüte eine Mast. Voraussetzung für das Gedeihen der Früchte ist eine Ansammlung von Assimilaten. Hier kann

die zunehmende Stickstoffverfügbarkeit in unseren Waldökosystemen eine Rolle spielen. Stickstoff verändert das Spross-Wurzel-Verhältnis zu Gunsten der oberirdischen Biomasse und fördert so die Ansammlung von Assimilaten. Bei älteren Bäumen kann offenbar Stickstoff den Blütenansatz erhöhen, da das vegetative Wachstum auf das Stickstoffangebot nicht mehr so stark reagiert wie bei jungen Gehölzen und die intensivierete Photosynthese der Fruktifikation zugute kommt.

Deutlich wird, dass die Blüte und die Fruktifikation von einer Reihe von Umweltfaktoren abhängen, von denen einige durchaus durch Klimawandel und Luftschadstoffbelastung erheblich beeinflusst werden. Ein anthropogener Einfluss auf Häufigkeit und Intensität der Fruktifikation ist daher durchaus wahrscheinlich, kann aber beim gegenwärtigen Wissensstand nicht quantifiziert werden.

Bei der **Eiche** hat die Fruktifikation offenbar trotz der zum Teil beträchtlichen Samenmengen von bis zu 3 t Trockenmasse an Eicheln und Hüllen je Hektar keine so große Auswirkungen auf den Kronenzustand wie bei der Buche. Die Samen entwickeln sich im Vergleich zur Buche deutlich später und wirken sich wohl deshalb meist weniger auf die Belaubung aus als bei der Buche. So zeigt sich auch in 2009 trotz einer regional ausgeprägten Eichenmast sogar eine deutliche Verbesserung des Kronenzustandes gegenüber dem Vorjahr.

Bei der **Kiefer** hat die Blüte einen Einfluss auf das Erscheinungsbild der Krone, da männliche Blüten anstelle von Nadeln gebildet werden. Die männliche Blüte konzentriert sich jedoch meist auf den unteren Teil der Krone, während bei der Bonitierung der Kronenverlichtung nur die Lichtkrone betrachtet wird. Daher ist auch bei hoher Blühintensität eine volle Benadelung möglich. Die Kiefer fruktifiziert häufig und regelmäßig. Zwischen der Intensität des Fruchtanhangs und der Kronenverlichtung war bisher kein Zusammenhang festzustellen.

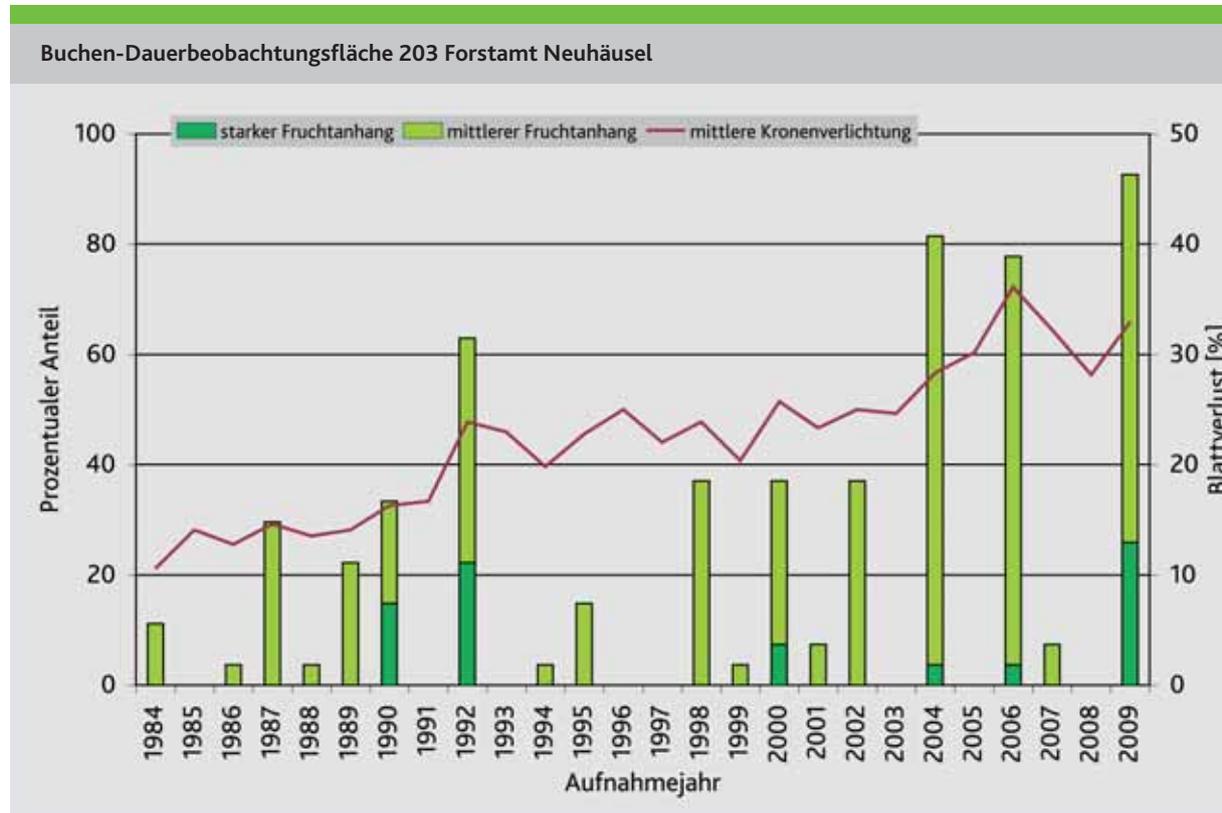
Im Gegensatz zur Kiefer zeigt die **Fichte** ausgeprägte Fruktifikationsjahre. Starker Fruchtbehang bei Fichte war in den Jahren 1992, 1995, 2004, 2006 und 2009 zu beobachten. Die Zapfen werden an den Zweigspitzen anstelle des aktuellen Jahrestriebs gebildet. Fruchttragende Bäume weisen tendenziell eine höhere Kronenverlichtung auf,

Bei der Fichte sitzen die Zapfen an den Zweigspitzen anstelle des aktuellen Jahrestriebs  
Foto: H.W. Schröck



als Bäume ohne Fruchtanhang. Dies war auch im aktuellen Jahr zu beobachten. Allerdings ist der Einfluss der Fruktifikation bei Fichte nicht so ausgeprägt, wie bei Buche. Dies dürfte auch

darin liegen, dass auch in Fruktifikationsjahren die Trockenmasse der Fichtenzapfen meist unter 1 t je Hektar bleibt.



Anteil mittel und stark fruktifizierender Buchen und Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung. In Jahren mit starker Fruktifikation (1992, 2004, 2006, 2009) steigt die Kronenverlichtung deutlich an.

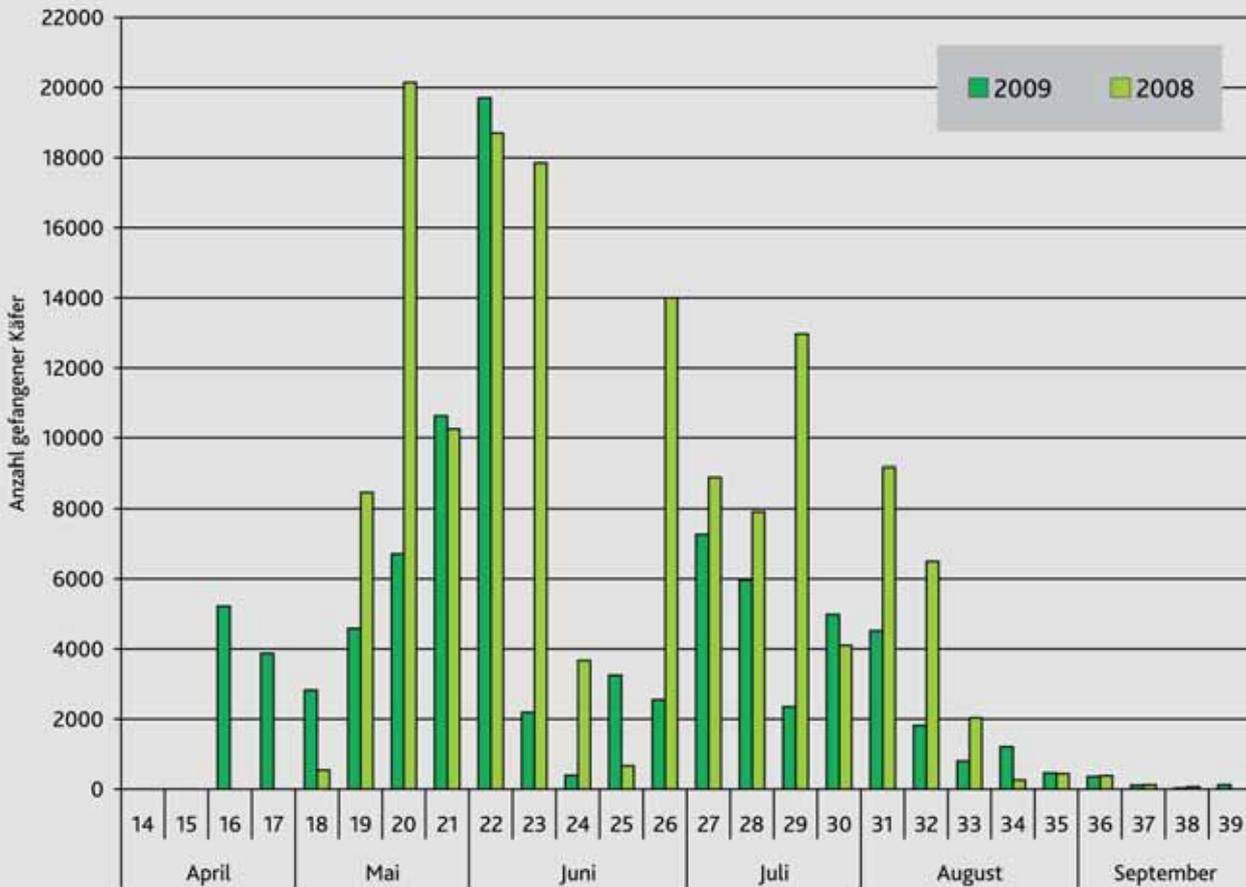
## Allgemeine Waldschutzsituation

Auch blatt- und nadelfressende Schmetterlingsraupen, bast-, holz oder wurzelfressende Käferlarven sowie wurzel-, nadel- und blätterbesiedelnde 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.

In den beiden Vorjahren haben die Orkane „Kyrill“ (18.01.2007) und „Emma“ (01.03.2008) große Schäden in den rheinland-pfälzischen Wäldern angerichtet. Im aktuellen Jahr traten bislang nur

mittlere Stürme insbesondere „Klaus“ am 23.01.2009 und „Quinten“ am 10./11.02.2009 mit nur geringem Schadholzanfall auf. Das Kalamitätsholz wurde rasch und mit einer auf Borkenkäferprophylaxe orientierten Strategie aufgearbeitet und vermarktet. Hierdurch ist es gelungen, die befürchtete Massenvermehrung rindenbrütender Borkenkäfer in Grenzen zu halten. Sehr hilfreich war hierbei der günstige Witterungsverlauf in den letzten drei Jahren. So blieben extreme Hitze- und Trockenperioden aus, welche sowohl die Entwicklung der Käfer begünstigen als auch die Befallsdisposition der Wirtsbäume erhöhen.

## Buchdruckerentwicklung 2009



Im Jahr 2009 begann der Flug der überwinternden Käfer bereits um Ostern. Die unstete Witterung hat die Buchdruckerentwicklung aber erheblich gebremst. So wurden in der zweiten Schwärmzeit ab Mitte Juni erheblich weniger Käfer gefangen als im Vorjahr.

Das Borkenkäfermonitoring mit Pheromonfallen gibt Auskunft über den Schwärmflug des Buchdruckers (*Ips typographus*).

Foto: H. Delb

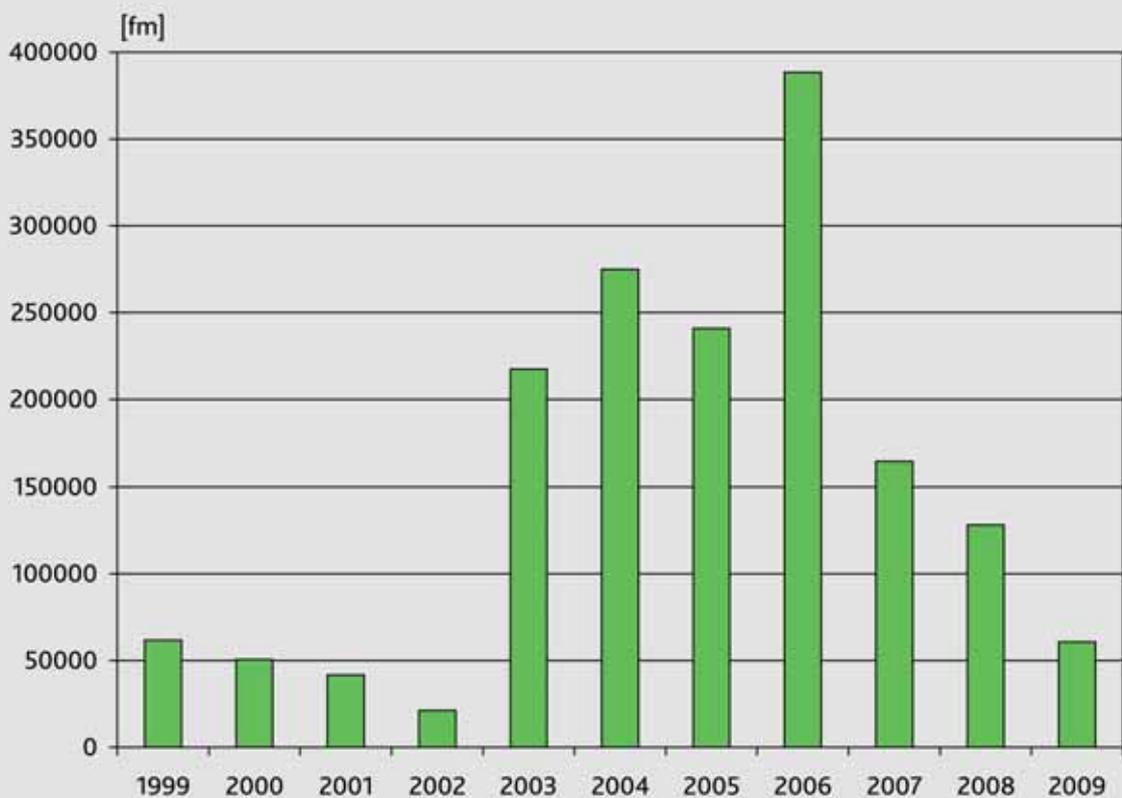


Der Käferholzanfall ist daher trotz der Sturmschäden nach den sehr hohen Werten in und nach den trocken-heißen Sommern 2003 und 2006 wieder deutlich rückläufig.

Der Verlauf der Flugaktivität des Buchdruckers (*Ips typographus*), als wichtigstem Fichtenborkenkäfer, wird in den Forstämtern Kaiserslautern (Pfälzerwald) und Hochwald (Hunsrück) mit Pheromonfallen überwacht. In den drei letzten Jahren wurde 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.

Die Buchenkomplexkrankheit (Buchenrindennekrose), deren erneutes Auftreten seit dem Anfang des Jahrzehnts vor allem in der Eifel und im westlichen Hunsrück zu beobachten war, ist weiter rückläufig. Sowohl Befallsfläche als auch Schadmenge sind in den letzten Jahren merklich gesunken. Auch ist kein erneuter Stehendbefall durch den Laubnutzholzborkenkäfer (*Trypodendron domesticum*) aufgetreten.

Käferholzeinschlag in Rheinland-Pfalz (alle Waldbesitzarten; 2009 bis einschließlich September)





### Durch Maikäfer-Engerlingsfraß absterbende Jungbuchen im Forstamt Bienwald

Foto: H. Delb

Seit den 80er Jahren steigen die Populationsdichten des **Waldmaikäfers** (*Melolontha hippocastani*) in der Rheinebene an. Der Engerlingsfraß an den Wurzeln führt vor allem an jungen Bäumen zu Vitalitätseinbußen bis zum Absterben. Nach den Flügen des Südstammes 2007 im Forstamt Bienwald und des Nordstammes im Jahr 2008 im Forstamt Pfälzer Rheinauen hat sich das Befallsgebiet deutlich ausgedehnt. Schäden durch die Engerlinge treten aktuell auf mehr als 600 ha auf. Betroffen sind vor allem Buchen-, Eichen- und Kiefern-Naturverjüngungen.

Der nach den Trocken- und Hitzesommern 2003 und 2006 in den Eichenwäldern besorgniserregend angestiegene Befall durch den Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus*) ist seit 2008 durch den günstigen Witterungsverlauf und das Ausbleiben größerer Fraßschäden durch Eichenwickler-, Frostspanner- und Schwammspinner-Raupen wieder merklich zurückgegangen. Allerdings sind die Schäden in allen Regionen des Landes und insbesondere in der Oberrheinebene immer noch erheblich. Auch wurde an durch Prachtkäfer vorgeschädigten Eichen in erheblichem Umfang ein Befall durch holzbrütende Borkenkäfer festgestellt.

In den Kiefernbeständen der Rheinebene haben sich Schäden durch Misteln (*Viscum album*) erheblich verstärkt. Gravierender Mistelbefall wurde von den Forstämtern auf einer Fläche von mehr

als 1.800 Hektar (ha) gemeldet, auf fast 200 ha wird der Mistelbefall als „bestandesbedrohend“ erachtet. Der Mistelbefall führt vor allem im Zusammenhang mit Trockenstress zu einer erhöhten Absterberate. Aktuelle Beobachtungen zeigen, dass die Mistel offenbar zunehmend auch Kiefern im Pfälzerwald besiedelt. Mistelbefall könnte im Zuge des Klimawandels auch in den Mittelgebirgslagen zu einer erheblichen Gefahr für unsere Kiefernwälder werden.

In den warm-trockenen Regionen des Landes treten in den letzten Jahren vermehrt Befallsherde des Eichenprozessionsspinners (*Thaumetopoea processionea*) auf. Wenngleich auch diese Art an Eichen zu deutlichen Fraßschäden führen kann, liegt ihre Bedeutung eher im gesundheitlichen Bereich. Die Haare der älteren Raupen enthalten das Nesselgift Thaumetopein, das Haut- und Augenreizungen bis hin zu schweren Allergien auslösen kann. Im Jahr 2009 wurden im Forstamt Donnersberg auf 23 Hektar die jungen Raupen, bevor sie die Brennhaare ausbilden, mit einem *Bacillus thuringiensis*-Präparat behandelt. Auch im Lennebergwald bei Mainz, Forstamt Rheinhessen, hat sich der Eichenprozessionsspinner offenbar weiter ausgebreitet.

Auffällig häufig war in diesem Jahr Blattfraß an Pappeln, Weiden und Erlen insbesondere durch verschiedene Pappel- und Weidenblattkäfer (*Chrysomela spec.*) zu beobachten. Der Fraß wird

von den betroffenen Bäumen aber meist gut verkraftet. Dies gilt auch für die lokal augenfälligen Blattschäden durch Buchenspringrüssler (*Rynchaenus fagi*).

Durch den weltweiten Warenverkehr und den Tourismus werden zahlreiche Schaderreger aus ihren Ursprungsländern in andere Regionen der Erde verschleppt (siehe auch Kap. „Klimawandel und weltweiter Warenaustausch – zunehmende Risiken für unseren Wald“). Finden solche verschleppten Schaderreger bei uns entsprechende Klimabedingungen und Nahrungsquellen vor, um sich fortpflanzen zu können, können sie sich langfristig etablieren und dann an der einheimischen Pflanzen- oder Tierwelt gravierende Schäden anrichten.

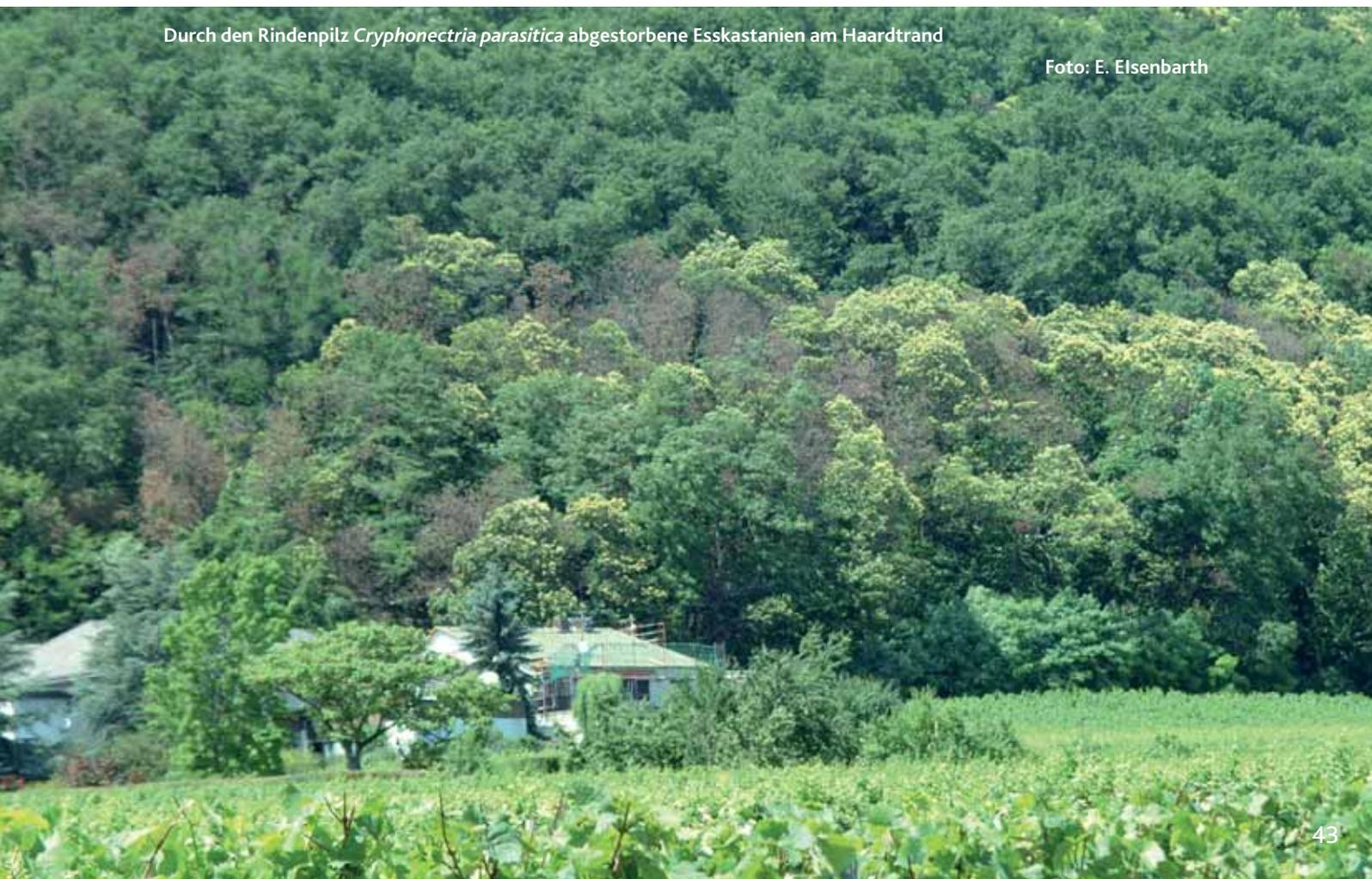
Durch die einschlägigen Richtlinien der EU sowie durch die deutsche Pflanzenbeschauverordnung (v. 03.04.2000 BGBl I, S. 338) soll sichergestellt werden, dass eine Einschleppung und Ausbreitung von Schaderregern unterbleibt, bzw. rechtzeitig erkannt und möglichst wieder völlig beseitigt wird. Bei einer Reihe von für Waldbäume als relevant eingestuften „Quarantäneorganismen“ erfolgt eine intensive Schädlingsüberwachung.

Trotz dieser Maßnahmen konnte nicht verhindert werden, dass sich der Esskastanienrindenkrebs (*Cryphonectria parasitica*) auch in Rheinland-Pfalz etabliert hat. Vermutlich wurde dieser gefährliche Schaderreger offenbar mehrfach mit befallenem Pflanzenmaterial aus Südeuropa eingeschleppt. In den Wäldern der Haardt hat er sich seit 2003 erheblich ausgebreitet. 2008 wurde auf 20 Hektar der Befall als „bestandesbedrohend“ eingewertet. Während neu befallene Flächen meist eine rasche Befallsausweitung zeigen, sind der Krankheitsfortschritt und die daraus resultierende Mortalität in den Beständen mit längerer Krankheitsgeschichte auffallend gering. Bäume mit chronischem Krankheitsbild können in vielen Fällen entweder die Infektion vollständig überwallen oder den Erreger zumindest dauerhaft eingrenzen.

Am Flughafen Zweibrücken wurden im Frühjahr 2009 in Verpackungsholz Larven des Asiatischen Laubholzbockkäfers *Anoplophora glabripennis* gefunden. Kontrollen an den umliegenden Alleebäumen brachten keine Hinweise auf eine Ausbreitung dieses Insekts. Zur Vorsorge wurden die Forstleute, Waldbesitzenden und Baumpfleger in der Erkennung der Befallssymptome geschult.

Durch den Rindenpilz *Cryphonectria parasitica* abgestorbene Esskastanien am Haardtrand

Foto: E. Eisenbarth



# WALDERNÄHRUNGS- ERHEBUNG (WEE)



Luftreinhaltemaßnahmen und Bodenschutzkalkungen haben in Rheinland-Pfalz eine deutliche Verringerung der Schadstoffgehalte in den Nadeln und Blättern und eine spürbare Verbesserung der Nährstoffversorgung der Waldbäume bewirkt. Die Befunde der zweiten landesweiten Waldernährungserhebung in den Jahren 2006 und 2007 zeigen in Fichten- und Kiefernadeln signifikant höhere Calcium- und Magnesiumgehalte und deutlich geringere Schwefel- und Schwermetallgehalte gegenüber den Befunden der ersten Waldernährungserhebung 1988. An der weit überwiegenden Anzahl der Untersuchungsorte ist die Versorgung der Waldbäume mit Calcium, Magnesium, Kalium und den Spurennährstoffen Schwefel, Eisen, Zink und Kupfer ausreichend bis gut. Sorge bereitet allerdings die an vielen Standorten bei allen untersuchten Baumarten offenbar unzureichende Versorgung mit dem Nährstoff Phosphor. Unerwartet sind die Befunde zur Stickstoffernährung: Bei Fichte wurden trotz anhaltend hoher Stickstoffdeposition gegenüber der Ersterhebung verringerte und an einem Drittel der Untersuchungsorte als „sehr gering“ einzuwertende Stickstoffgehalte gefunden. Demgegenüber sind die Stickstoffgehalte bei Kiefer, Buche und Eiche meist „mittel“ bis „sehr hoch“.

Die Waldernährungserhebung ist Teil des bundes- und europaweit harmonisierten forstlichen Umweltmonitorings. In Rheinland-Pfalz erfolgen die Untersuchungen zur Waldernährung an den Stichprobenpunkten der Unterstichprobe der terrestrischen Waldzustandserhebung im landesweiten 4x12 km-Raster, an dem auch die Bodenzustandserhebung durchgeführt wird. Die Untersuchungen zur Waldernährung, zum Bodenzustand und zum Kronenzustand ergänzen einander und ermöglichen eine umfassende Beschreibung des Zustandes unserer rheinland-pfälzischen Waldökosysteme. Bei der Waldernährungserhebung wurden im Winter 2006/07 (Nadelbäume) und im Sommer 2007 (Laubbäume) von insgesamt 221 Fichten, 132 Kiefern, 245 Buchen und 183 Eichen Nadel- bzw. Blattproben aus der oberen Baumkrone gewonnen und chemisch analysiert. Die Probengewinnung erfolgte bei wertvollen Bäumen durch Baumsteiger. Hierbei wurde eine Klettertechnik eingesetzt, die den Baum nicht schädigt, aber eine Probengewinnung aus der Wipfelregion ermöglicht. Weniger wertvolle, junge Bäume wurden aus Kostengründen zur Probenahme gefällt. An den geernteten Ästen wurden verschiedene Bonituren wie z. B. eine Aufnahme von Schäden an den Nadeln oder Blättern, eine Einwertung des Fruchtansatzes und Messungen der Trieblänge durch-

**Baumschonende Gewinnung der Probezweige mit der Speleo-Technik**

Foto: F. Frank

geführt. Zudem wurden die Nadel- bzw. Blatttrockengewichte bestimmt und die einzelnen Nadeljahrgänge für die Analyse getrennt. Die chemische Analyse umfasste alle wichtigen Pflanzennährstoffe. Die Befunde dienen zur Einschätzung der Ernährungssituation der Bäume und sind damit eine wichtige Grundlage für die Bewirtschaftung des Waldes. Neben den Nährstoffen wurden auch Schadstoffe erfasst. Hiermit soll geprüft werden, ob Luftreinhaltemaßnahmen, wie die Rauchgasentschwefelung oder die Einführung bleifreier Kraftstoffe die Umwelt bereits wirksam entlasten.

**Die zur chemischen Analyse vorgesehenen Blätter werden einzeln abgeschnitten. Zuvor werden die Probeäste auf Schäden zum Beispiel durch Ozon, Pilze oder Insekten untersucht** Foto: C.-D. Fath



Die bisherigen Auswertungen zeigen ein sehr differenziertes Bild der Nährstoffversorgung und Schadstoffbelastung unserer Waldbäume und auch erhebliche Veränderungen gegenüber der ersten landesweiten Waldernährungserhebung 1988.

Die überaus wirksame Reduzierung der Schwefeldioxidemission, der Staubbelastung und der Freisetzung von Schwermetallen schlägt sich auch in den Befunden der Nadel-/Blattanalysen nieder. So treten aktuell überhöhte Schwefelgehalte anders als in der Erhebung Ende der 80er Jahre nicht mehr auf. Schwefel ist in hoher Dosierung ein Schadstoff, bei geringerer Dosierung aber auch ein wichtiger Pflanzennährstoff. Zu einer unzureichenden Schwefelversorgung hat die SO<sub>2</sub>-Emissionsminderung und die damit verbundene geringere Schwefeldeposition in unseren Wald bislang nicht geführt.

Infolge der Luftreinhaltemaßnahmen, insbesondere der Regelungen zur Begrenzung des Bleigehalts in Kraftstoffen sind auch die Schwermetallgehalte in den Fichten- und Kiefernadeln deutlich zurückgegangen. So liegen der Bleigehalt in Fichtennadeln aktuell nur noch bei einem Viertel und der Cadmiumgehalt halb so hoch wie in den 80er Jahren. Merkwürdig verringert sind auch die Aluminium- und Eisengehalte, vermutlich als Folge der reduzierten Staubbelastung unserer Atmosphäre. Deutlich verbessert hat sich die in den 80er Jahren noch sehr schlechte Versorgung mit dem wichtigen Nährelement Magnesium. Von 1988 auf 2006 sind die Magnesiumgehalte in den Fichten- und Kiefernadeln stark angestiegen. Dies zeigt sich an den Häufigkeitsverteilungen und auch an der Einwertung der Magnesiumversorgung nach den „Alterslinien“ nach REEMTSMA (1986). Bei der Erhebung 1988 konnten bei Fichte nur an 10 % der Rasterpunkte stabile Magnesiumgehalte festgestellt werden. An mehr als vier Fünftel der Rasterpunkte war Ende der 80er Jahre ein mehr oder minder starker Magnesiummangel zu konstatieren. Demgegenüber traten 2006 unzureichende Magnesiumgehalte nur an einem Fünftel der untersuchten Fichtenplots auf. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um bislang nicht gekalkte, stark versauerte Standorte vor allem auf Sandstein. Die Vergilbungsschwelle wurde 2006/07 aber an keinem Punkt mehr unterschritten. Dieser

Befund stimmt mit der Beobachtung überein, dass bei der Waldzustandserhebung anders als in den 80er Jahren vergilbte Fichtenkronen aktuell nahezu nicht mehr auftreten. Ein deutlicher Anstieg wurde auch bei den Calciumgehalten in Fichten- und Kiefernadeln festgestellt. Bei beiden Elementen dürfte die Verbesserung in der Ernährungslage im Wesentlichen auf die Waldkalkung zurückzuführen sein. Diese hat landesweit, wie die Befunde der Waldbodenzustandserhebung (BZE) belegen, zu erheblich verbesserten Vorräten dieser wichtigen Nährstoffe in unseren Waldböden geführt (vgl. Waldzustandsbericht 2008).

Die Kaliumversorgung ist bei allen untersuchten Baumarten zumeist ausreichend bis gut. Kaliummangel beschränkt sich auf wenige Fichten- und einzelne Buchenplots im Hunsrück und im Westerwald zumeist auf versauerten, devonischen Standorten.

Wie schon bei der ersten Waldernährungserhebung ist die Phosphorversorgung an der Mehrzahl der untersuchten Standorte nur schwach und an einem Viertel der Standorte im Mangelbereich (<1,2 mg/g). Phosphormangel tritt bei allen untersuchten Baumarten und in allen Waldregionen des Landes auf. Bei der Fichte hat sich die Versorgungslage seit den 80er Jahren offenbar noch verschlechtert. Auf Phosphormangel hindeutende Schadsymptome, wie charakteristische Blattverfärbungen wurden allerdings nicht beobachtet. Auch ist anzunehmen, dass die Häufung von Fruktifikationsjahren zu verringerten P-Gehalten in den Blättern oder Nadeln führt, da die Bäume Teile des verfügbaren Phosphors zur Ausbildung der Blüten und Früchte benötigen. Unerwartet sind die Befunde zur Stickstoffernährung: Trotz anhaltend hoher und die Critical Loads deutlich überschreitender, atmosphärischer Stickstoffeinträge liegen bei Fichte an etwa einem Drittel der Plots die Stickstoffgehalte in den Nadeln im Bewertungsbereich „sehr gering“ (<13 mg/g). Bei den anderen Baumarten ist die Stickstoffversorgung dagegen meist hoch bis sehr hoch. Bei der aktuellen Erhebung sind in den Fichtennadeln signifikant geringere N-Gehalte gemessen worden als 1988. Die Befunde der Intensivuntersuchungen auf Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen zeigen bei Stickstoff große Gehaltsunterschiede

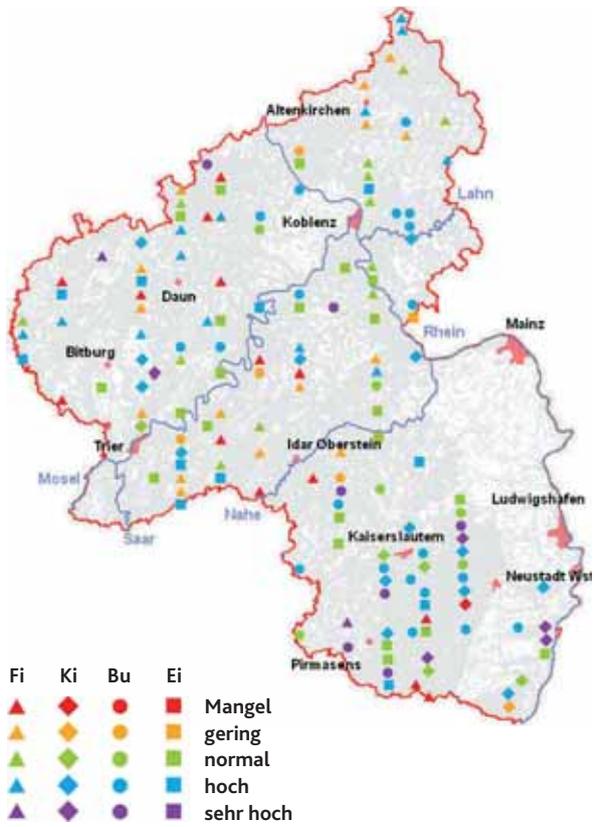
von Jahr zu Jahr. Offenbar wird die Stickstoffaufnahme und dessen Verteilung im Baum erheblich von den witterungsbedingt von Jahr zu Jahr stark variierenden Bedingungen für die Streuzersetzung und die N-Mineralisierung beeinflusst. Denkbar ist, dass die außergewöhnlich lange Trockenperiode im Juni und Juli 2006 die Stickstoffaufnahme der Fichte behindert hat. Dies könnte auch eine Erklärung für die auffallend niedrigen Phosphorgehalte in 2006/07 sein. Einen Hinweis auf ungünstige Bedingungen während der Triebentwicklung 2006

gibt die Triebblängenmessung: Die durchschnittliche Trieblänge an den Fichten-Probeebäumen lag 2006 deutlich unter den Werten der Vorjahre. Bei den Spurennährstoffen Eisen und Zink wurden an keinem, bei Kupfer nur an wenigen Aufnahmepunkten unzureichende Gehalte in den Nadeln oder Blättern der untersuchten Baumarten festgestellt. Insbesondere im Hinblick auf die Phosphor- und Stickstoffernährung bleiben derzeit noch Fragen offen. Daher sollte die Forschung zu diesem Aspekt der Waldernährung intensiviert werden.

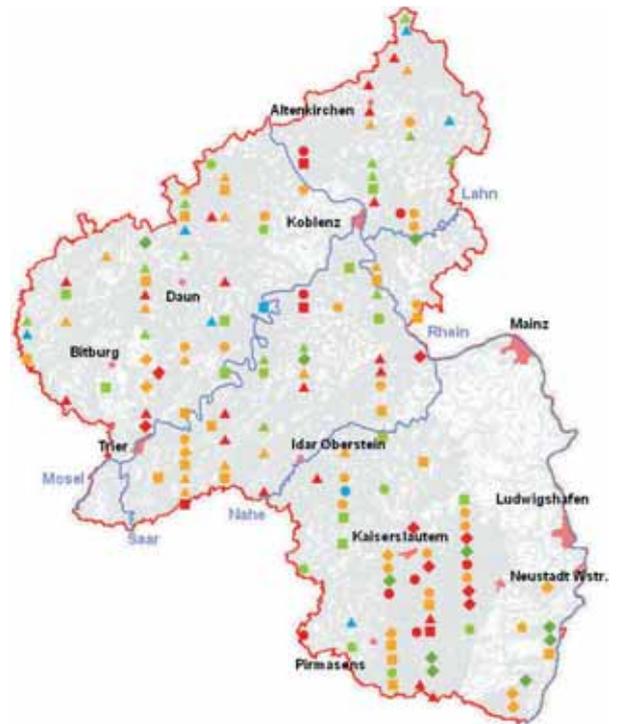
Entwicklung der Triebblängen der Fichte  
(Hauptachse; Äste des 7. Quirls;  
Mittel von 221 Stichprobenbäumen)



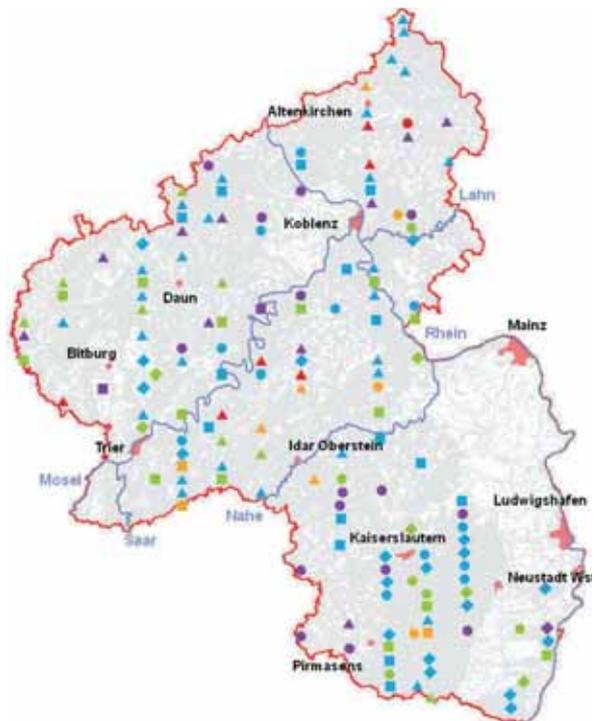
Stickstoff



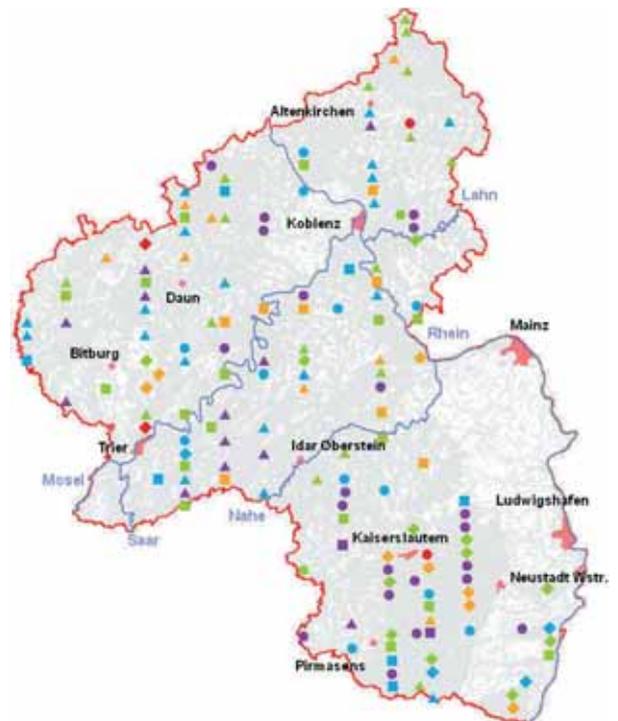
Phosphor



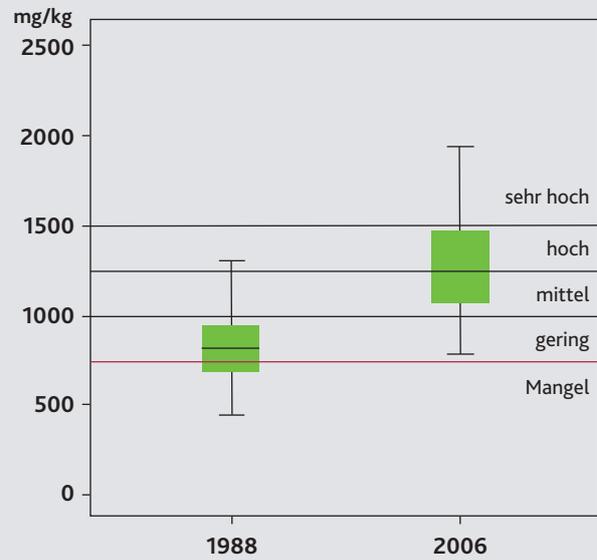
Kalium



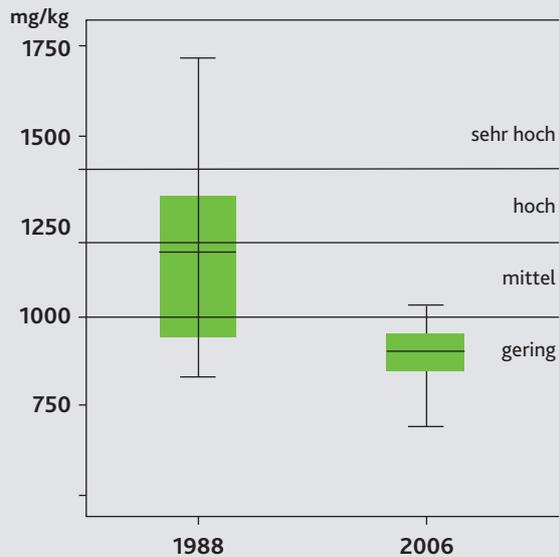
Magnesium



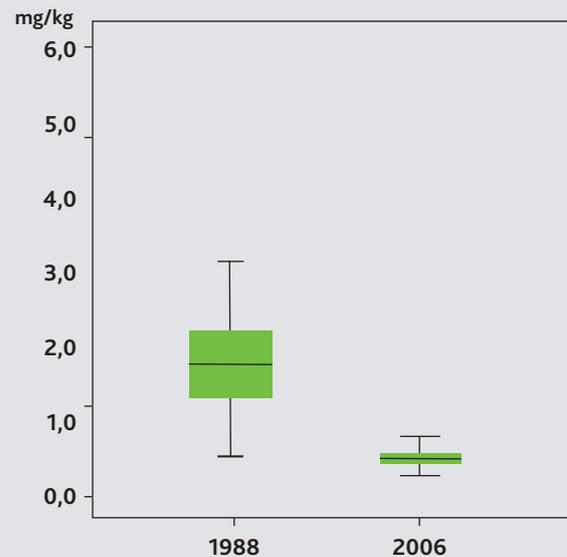
Boxplots der Magnesiumgehalte im  
1. Nadeljahrgang bei Fichte



Boxplots der Schwefelgehalte im  
3. Nadeljahrgang bei Fichte



Boxplots der Bleigehalte im  
3. Nadeljahrgang bei Fichte



# KLIMAWANDEL UND WELT- WEITER WARENAUSTAUSCH – ZUNEHMENDE RISIKEN FÜR UNSEREN WALD



Unsere heimischen Wälder sind erheblichen Risiken durch die Einschleppung oder Einwanderung von Schadorganismen aus anderen Teilen der Welt ausgesetzt. Der Klimawandel verstärkt diese Gefahren, da die gebietsfremden Arten dann häufig bei uns bessere (Über-) Lebensbedingungen finden. Aber auch bei heimischen Arten kann der Klimawandel zu kaum vorhersehbaren Veränderungen in ihrem Schadpotenzial führen.

Um neue Gefahren frühzeitig zu erkennen und wirksam reagieren zu können, ist eine intensive Überwachung unseres Waldes erforderlich.

Der weltweite Handel führt nicht nur zum Austausch von Gütern über Kontinente und Klimaregionen hinweg, sondern ist auch ein bedeutsamer Verbreitungsweg für potenzielle Schadorganismen. Passen die Lebensbedingungen, insbesondere die klimatischen Verhältnisse, können sich auch in unseren Waldökosystemen gebietsfremde Arten etablieren und zu einer erheblichen Gefahr für die heimischen Ökosysteme werden. Der Klimawandel kann hierbei die Risiken durch eine Einschleppung von Schadorganismen verstärken, wenn zum Beispiel durch milde Winter die Überlebenschancen der eingeschleppten Organismen steigen. Aber auch bei heimischen Arten kann sich bei Veränderungen der klimatischen Bedingungen das komplexe Wechselgefüge zwischen Wirt (z. B. Baum) und Parasit (z. B. Insekt) verschieben.

So kann aus einem bislang unauffälligen Mitglied des Ökosystems ein gefährlicher Gegenspieler für unsere Waldbäume werden. Andere Arten können wiederum bei Verschiebungen der Klimabedingungen ihr Areal erweitern und so von zunehmender Bedeutung im Gegenspielerkomplex unserer Waldbäume werden.

Zu den mit weltweitem Handel und Klimawandel verbundenen Waldschutzrisiken einige Beispiele:

Im Jahr 2001 wurde in Braunau am Inn/Österreich ein Befall durch den **Asiatischen Laubholzbockkäfer (ALB) *Anoplophora glabripennis*** festgestellt. Diese in Ostasien beheimatete und dort große Schäden verursachende Art befällt verschiedene Laubbaumarten und kann auch gesunde Bäume zum Absterben bringen. Nach Nordamerika wurde der ALB bereits in den 1990er Jahren eingeschleppt und hat dort Schäden in Millionenhöhe verursacht. Meist erfolgt die Einschleppung mit unbehandeltem Verpackungsholz. In Deutschland wurde ein erster Befall 2004 in Neukirchen (nahe Passau) und 2005 in Bornheim (nahe Bonn) festgestellt. Im letzten Jahr wurde der ALB in Granit-Verpackungsholz am Hafen in Straßburg und im Frühjahr 2009 in Verpackungsholz am Flughafen Zweibrücken entdeckt. Um gegebenenfalls einen Befall von lebenden Bäumen rechtzeitig zu erkennen und Gegenmaßnahmen einleiten zu können, wurden inzwischen die betroffenen Forstleute, Waldbesitzenden und Baumpfleger in der Erkennung der Schadsymptome und der notwendigen Gegenmaßnahmen geschult.

Immer häufiger wird der auch für unsere heimischen Laubbäume gefährliche Laubholzbockkäfer *Anoplophora glabripennis* mit Verpackungsmaterial aus Ostasien nach Europa eingeschleppt.

Foto: U. Hoyer-Tomiczek



Der Citrusbockkäfer unterscheidet sich vom sehr ähnlichen Asiatischen Laubholzbockkäfer durch die „rauh“ Schultern der Flügeldecken. Foto: U. Benker

Ein enger Verwandter des ALB ist der **Citrusbockkäfer *Anoplophora chinensis***. Im Jahr 2008 wurden befallene Zierbäume aus China nach Deutschland importiert. Offenbar ist es bei uns gelungen eine Ausbreitung dieses Schädlings zu verhindern. In Italien ist dem gegenüber bei einer Einschleppung Anfang des Jahrzehnts eine fast 200 km<sup>2</sup> große Befallszone entstanden.

Ein weiteres Beispiel für die Gefährdung unseres Waldes durch das Einschleppen und die Etablierung eines Schädling ist der **Kiefernholznematode (*Bursaphelenchus xylophilus*)**. Dieser ist ursprünglich in Nordamerika beheimatet, wo er allerdings an den dort heimischen Baumarten keine Schäden verursacht. Anfang des 20. Jahrhunderts wurde der Kiefernholznematode nach Japan eingeschleppt. An den dort heimischen Baumarten verursacht er einen jährlichen Schadholzanfall von ca. 1 Million m<sup>3</sup>. 1999 wurde der Kiefernholznematode erstmals in Europa, an Seestrandkiefer in Portugal festgestellt. Trotz umfangreicher Gegenmaßnahmen gelang es dort nicht, diesen Quarantäneschädling einzudämmen. Der Kiefernholznematode befällt neben den Pinus-Arten – darunter auch unsere Waldkiefer – auch viele andere Nadelbäume wie Fichten, Tannen und Lärchen. Allerdings sind die zum Absterben des Baumes führenden Welkeerscheinungen nur bei den Pinus-Arten festzustellen. Das Auftreten von Welkeerscheinungen ist zudem offenbar entscheidend auch von den Sommertemperaturen abhängig. Gravierende Schäden sind bei Durch-

schnittstemperaturen von über 20° C in den Monaten Juli und August zu erwarten. Diese Bedingungen werden in unserem Land im Zuge des Klimawandels künftig häufiger erfüllt sein. Über weite Entfernungen verschleppt wird der Kiefernholznematode wie die Asiatischen Laubholzbockkäfer wohl über befallenes Verpackungsholz. Die Verbreitung von Baum zu Baum erfolgt über Bockkäfer der Gattung *Monochamus*, z. B. die auch bei uns vorkommenden Bäcker- und Schusterböcke. Seit einigen Jahren erfolgt in Rheinland-Pfalz eine jährliche Befallskontrolle auf Kiefernholznematoden an ausgewählten, besonders gefährdeten Waldstandorten – bislang glücklicherweise ohne positiven Befund.

Ein Beispiel für eine gravierende Veränderung in der Wirt-Parasit-Beziehung ist das **Eschentriebsterben**. Nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand spielt bei dieser Erkrankung das Weiße Stengelbecherchen *Hymenoscyphus albidus* eine wichtige Rolle. Dieser in der europäischen Pilzflora bereits seit 1851 bekannte bislang harmlose, streuzersetzende Pilz vermag nun offensichtlich mit seiner Nebenfruchtform (ungeschlechtliches Lebensstadium) *Chalara fraxinea* die Triebe lebender vitaler Eschen zu infizieren und bei Bäumen aller Altersstufen Welkeerscheinungen zu verursachen. In Deutschland wird die Erkrankung seit 2002 beobachtet. Schäden wurden bislang in Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Niedersachsen, Bayern und kürzlich auch in erheblichem Umfang in Baden-Württemberg festgestellt. In Rheinland-Pfalz wurde im Zuge der Waldzustandserhebung ein erster Verdachtsfall im Raum Wörth entdeckt. Die Laboruntersuchungen haben inzwischen bestätigt, dass es sich hierbei um einen *Chalara fraxinea*-Befall handelt. Zudem wurden im August im Bienwald weitere vom Eschentriebsterben betroffene Bäume entdeckt. Die Esche ist eine relativ stresstolerante Baumart und könnte im Zuge des Klimawandels an Bedeutung gewinnen – wenn nicht das Eschentriebsterben diese Hoffnung zunichte macht. Auch wenn bislang noch unklar ist, was die auffällige Verhaltensveränderung des Pilzes verursacht hat und ob der Klimawandel eine Rolle hierbei spielt, so zeigt dieses Beispiel doch, wie rasch aus einem „Hoffnungsträger“ eine Baumart mit hohen Risiken werden kann.



Rindennekrose



Abgestorbene Tribspitzen

Das durch den Pilz *Chalara fraxinea* ausgelöste Eschentriebsterben gefährdet eine trockenstresstolerante Baumart, die im Klimawandel ohne diese neue Erkrankung an Bedeutung gewonnen hätte. In Rheinland-Pfalz wurde das Eschentriebsterben erstmalig bei der diesjährigen Waldzustandserhebung entdeckt.

Fotos: Th. Wehner

Ein eindeutiger Gewinner des Klimawandels ist der **Eichenprozessionsspinner *Thaumetopoea processionea***. Diese Art gehört zur heimischen Lebensgemeinschaft in Eichenwäldern, trat in der Vergangenheit aber nur sehr selten in Erscheinung. Offenbar hat die Häufung warmer Sommer zu einer erheblichen Arealausweitung und zu höheren Besiedlungsdichten geführt. Wenngleich diese Art an Eichen zu deutlichen Fraßschäden führen kann, liegt ihre Bedeutung eher im gesundheitlichen Bereich. Ältere Raupen enthalten Brennhaare mit dem Nesselgift Thaumetopein, das Haut und Augenreizungen bis hin zu schweren Allergien auslösen kann.

Ein enger Verwandter des Eichenprozessionsspinners ist der im südlichen Europa beheimatete **Pinienprozessionsspinner *Thaumetopoea pityocampa***. Diese ebenfalls in den älteren Larvenstadien mit gefährlichen Brennhaaren ausgestattete Art wandert offenbar zunehmend über die Burgundische Pforte nach Norden und wurde 2008 bereits im Elsass beobachtet.

Die durch den globalen Handel und den Klimawandel steigenden Waldschutzrisiken erfordern eine erhöhte Aufmerksamkeit bei Forstleuten, Waldbesitzenden und allen Bürgern, die dem Wald verbunden sind. Besondere Beobachtungen sollten unbedingt dem Waldschutzreferat an der Zentralstelle der Forstverwaltung in Neustadt oder den örtlichen Forstämtern mitgeteilt werden. Auch die landesweite Waldzustandserhebung kann in Ergänzung zu den Aktivitäten der zuständigen Behörden und der örtlichen Forstämtern dazu beitragen, frühzeitig neue Waldschutzprobleme zu erkennen. Von Vorteil ist dabei, dass während der Waldzustandserhebung zuvor von einem Spezialisten geschulte Forstleute jährlich systematisch das gesamte Land bereisen. Bereits seit vielen Jahren werden bei der Waldzustandserhebung neben der Kronenverlichtung und -vergilbung auch Schäden durch Insekten, Pilze oder abiotische Schadereignisse wie Hagel, Schneebruch oder Sturm erfasst. Seit 2007 wird an allen Rasterpunkten ein sehr intensives, europaweit abgestimmtes Erfassungssystem verwendet.

Hierbei erfolgt eine eingehende Aufnahme der Schadphänomene vom Stamm bis in die Krone, eine Schätzung der Schadausprägung in 5 %-Stufen und, wenn möglich, eine Identifizierung des Verursachers. Zur Aufnahme wird eine umfassende „nationale Liste“ verwendet, die ständig

aktualisiert wird. So wurde sie in diesem Jahr um das Eschentriebsterben erweitert. Lässt sich die Schadursache nicht ermitteln und erscheint das Ausmaß bedeutsam, erfolgt eine Bereisung durch einen Forstschutzexperten, gegebenenfalls unterstützt durch eingehende Laboruntersuchungen.

In Kooperation mit der bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft wird im Forstamt Hochwald, Hunsrück, die Überwinterung des Buchdruckers *Ips typographus* untersucht.

Mögliche Veränderungen im Überwinterungserfolg der Käfer im Boden und unter der Rinde durch den Klimawandel sind von großer Bedeutung für die künftige Gefährdung der Fichte durch ihren wichtigsten Gegenspieler

Foto: E. Eisenbarth





Der Eichenprozessionsspinner *Thaumetopoea processionea* profitiert als wärmeliebender Schmetterling vom Klimawandel. Ältere Raupen (Foto) verfügen über spezielle Brennhaare mit dem Nesselgift Thaumetopein, das Haut- und Augenreizungen bis hin zu schweren Allergien auslösen kann.

Foto: E. Eisenbarth



# DOUGLASIE – EINE EINGEBÜRGERTE BAUMART MIT ZUKUNFT



Zur Anpassung des Waldes an den Klimawandel kann eine breite Baumartenpalette dazu beitragen Risiken zu streuen. Die bereits seit Ende des 19. Jahrhunderts bei uns erfolgreich eingebürgerte Douglasie überzeugt nicht nur durch hohe Wuchskraft, gute Holzeigenschaften und Betriebssicherheit, sondern auch durch ihre breite ökologische Amplitude. In ihrem großen nordamerikanischen Herkunftsgebiet gedeiht sie auf klimatisch sehr unterschiedlichen Standorten und verfügt daher über eine sehr große genetische Varianz. Dies macht sie im Klimawandel zu einer sehr interessanten Baumart auch für unsere Region. Allerdings darf ihr Anbau nur auf geeigneten Standorten, unter Berücksichtigung von Naturschutzaspekten und grundsätzlich nur in Mischung mit Laubbäumen erfolgen. Von großer Bedeutung ist die Wahl von Herkünften, die auch unter Klimawandelaspekten für unsere Waldstandorte geeignet sind.

Die Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) ist ursprünglich in Nordamerika beheimatet. Dort besiedelt sie im Westen des Kontinents ein riesiges Areal, das sich über 4500 km von Kanada bis nach Mexiko erstreckt. Sie kommt unmittelbar an der Küste des Pazifiks über das Kaskadengebirge bis in 3000 m Höhe in den Rocky Mountains vor. In diesem Areal haben sich zwei Rassen und eine Übergangsform ausgebildet: die Grüne oder Küsten-Douglasie (*var. menziesii*), die Blaue oder Inland-Douglasie (*var. glauca*) und als Übergangsform die Graue Douglasie (*var. caesia*). Die Rassen sind genetisch kompatibel, unterscheiden sich aber ökologisch beträchtlich. So sind die Inland-douglasien weit weniger wuchskräftig als die Küstendouglasien und auch erheblich empfindlicher gegenüber der Rostigen Douglasienschütte (*Rhabdocline pseudotsugae*). Auf geeigneten Standorten erreichen die Küstendouglasien gewaltige Dimensionen: Die höchste je gemessene Douglasie hatte bei fast 120 m Höhe und nahezu 5 m Durchmesser ein Volumen von etwa 250 m<sup>3</sup>. Die Douglasie erzeugt wertvolles Holz. „Oregon

Pine“, so der häufig verwendete Handelsname, ist das in Nordamerika meist eingesetzte Konstruktionsholz. Das Douglasienholz verfügt über hohe Festigkeit, ist dauerhaft und ästhetisch ansprechend. So findet es auch bei uns vielseitige Verwendung als Bau- und Konstruktionsholz, hochwertiges Schneide- und Furnierholz, witterungsbeständiges Gestaltungselement im Garten- und Landschaftsbau und als Industrieholz beispielsweise zur Erzeugung von Span- und Faserplatten. Bereits im Jahr 1827 brachte David Douglas die Douglasie aus Nordamerika nach Schottland. In unserer Region erfolgten erste erfolgreiche Versuchsanbauten um 1880 in den Forstämtern Daun/Eifel und Schweigen/Pfalz. Sehr schnell zeigte sich bei dieser genetisch sehr diversen Art die Bedeutung der Herkunft des Saat- bzw. Pflanzgutes. So wurde bereits 1912 ein Douglasienherkunftsversuch angelegt, von dem sich eine heute noch existierende Anlage im heutigen Forstamt Kaiserslautern befindet.

Bei geeigneter Herkunftswahl und geeignetem Standort hat sich die Douglasie auch bei uns als stabile und überaus wüchsige Baumart erwiesen. Aktuell nimmt die Douglasie in Rheinland-Pfalz mit 46 000 Hektar etwa 6 % der Waldfläche des Landes ein. Die Schwerpunkte des Douglasien-

**Die Douglasie kann gewaltige Dimensionen erreichen. Dieser 119-jährige Baum aus dem Forstrevier Mürlenbach im Forstamt Gerolstein hat eine Höhe von 52 m und einen Brusthöhendurchmesser von 1,27 m**

Foto: A. Lange

anbaus liegen im Moseltal, im Gutland, der Osteifel und im Pfälzerwald. Der Flächenanteil der Douglasie, der in den Douglasienbeständen stockende Holzvorrat und damit ihre Bedeutung für die Versorgung der Industrie und zur Sicherung der Einnahmen der Waldbesitzenden ist in den vergangenen Jahrzehnten erheblich gestiegen und wird aller Voraussicht nach weiter steigen. So gilt die Douglasie im Klimawandel als Baum der Zukunft, da sie, geeignete Herkünfte und Standorte vorausgesetzt, an milde, regenreiche Winter und trocken-heiße Sommer besser angepasst ist als die Fichte. Im Vergleich zu Kiefer, Fichte und Lärche verfügt sie über eine merklich leichter von den Bodenorganismen zersetzbare Nadelstreu. Daher bildet sich unter Douglasie meist eine recht gute Humusform. Auf gut durchwurzelbaren Standorten zeigt sie eine vergleichsweise geringe Sturmgefährdung. Schäl- und Rückeschäden werden anders als bei Fichte meist gesund überwältigt. Probleme bereiten aber in Kulturen und Naturverjüngungen Wildschäden insbesondere durch Fegen und Schlagen. Auch ist sie in der Jugend empfindlich gegen Frosttrocknis. Die Douglasie wird von verschiedenen Wurzelpilzen, wie Hallimasch *Armillaria* ssp., Wurzelschwamm *Heterobasidium annosum*, Kiefern-Braunporling *Phaeolus schweinitzii* oder Krause Glucke *Sparassis crispa* befallen. Das Ausmaß ist aber meist geringer als bei Fichte oder Kiefer. Bedeutsam ist der Befall der Douglasienadeln durch die Rostige und die Rußige Douglasienschütte (*Rhabdocline pseudotsugae* und *Phaeocryptopus gäumannii*). Ein gravierendes Schadausmaß kann allerdings bei der Rostigen Douglasienschütte durch eine geeignete Herkunftswahl (kein Anbau der Inlandsdouglasie) und bei der weniger gefährlichen Rußigen Douglasienschütte durch die Vermeidung von luftfeuchten, windarmen Muldenlagen und von Dichtstand weitgehend vermieden werden. Raupenfraß durch Schmetterlinge wie Schwammspinner *Lymantria dispar* und Nonne *Lymantria monacha* verursachen meist nur mäßige Schäden. Einige Borkenkäferarten, insbesondere Kupferstecher *Pityogenes chalcographus*, Furchenflügler Fichtenborkenkäfer *Pityophthorus pityographus* und Großer Lärchenborkenkäfer *Ips cembrae* befallen auch Douglasien. Allerdings blieb bislang ein Stehendbefall vitaler Bäume auf Ausnahmen beschränkt.



Heimische Pilze, wie hier die Krause Glucke *Sparassis crispa* besiedeln die Gastbaumart Douglasie und können Wurzel- und Stammfäulen verursachen

Foto: J. Haedeke

Bedeutsam sind die häufig als „Douglasienräude“ bezeichneten Schäden durch Mangantoxizität. Das Ausmaß der Erkrankung lässt sich durch eine geeignete Standorts- und Herkunftswahl sowie durch Kalkung reduzieren. Gravierende Schäden durch Manganüberschuss meldeten die Forstämter in den Jahren 2007 und 2008 auf 43 bzw. 42 Hektar, also auf weniger als 1 Prozent der Douglasienfläche des Landes. Ein „bestandesbedrohendes“ Ausmaß trat auf 4 ha auf.

Die Douglasie ist in Rheinland-Pfalz nach der gegenwärtigen Waldschutzsituation eine vergleichsweise risikoarme Baumart. Zu beachten ist allerdings, dass sie in Europa in der Nacheiszeit nicht in die Koevolution der Arten eingebunden war. Daher bestehen Risiken hinsichtlich einer „Nachführung“ von Schädlingen, wie beispielsweise der Laminierten Wurzelfäule *Phellinus weirii*, der „douglas-fir tussock moth“ *Orgyia pseudotsugata*, des „western spruce budworm“ *Choristoneura occidentalis*, des „douglas-fir beetle“ *Dendroctonus pseudotsugae* oder des „Pechkrebse der Kiefer“ *Gibberella circinata*, der mit dem Saatgut der Douglasie eingeschleppt und dann in Europa Schäden an allen Kiefernarten verursachen kann. Gefahren bestehen auch durch eine Anpassung heimischer Schädlinge an den neuen Wirt.

Diesen Risiken muss durch eine besonders aufmerksame Überwachung der Douglasie und durch weitere Forschung begegnet werden. Da Rheinland-Pfalz von allen Bundesländern über die größte absolute und relative Douglasienanbaufläche verfügt, hat es im Rahmen einer zwischen den forstlichen Länderforschungsanstalten arbeits- teilig vereinbarten Bearbeitung des Themas „Klimawandel und Waldschutz“ die Koordinierung des Schwerpunkts „Anpassung heimischer und Ein-

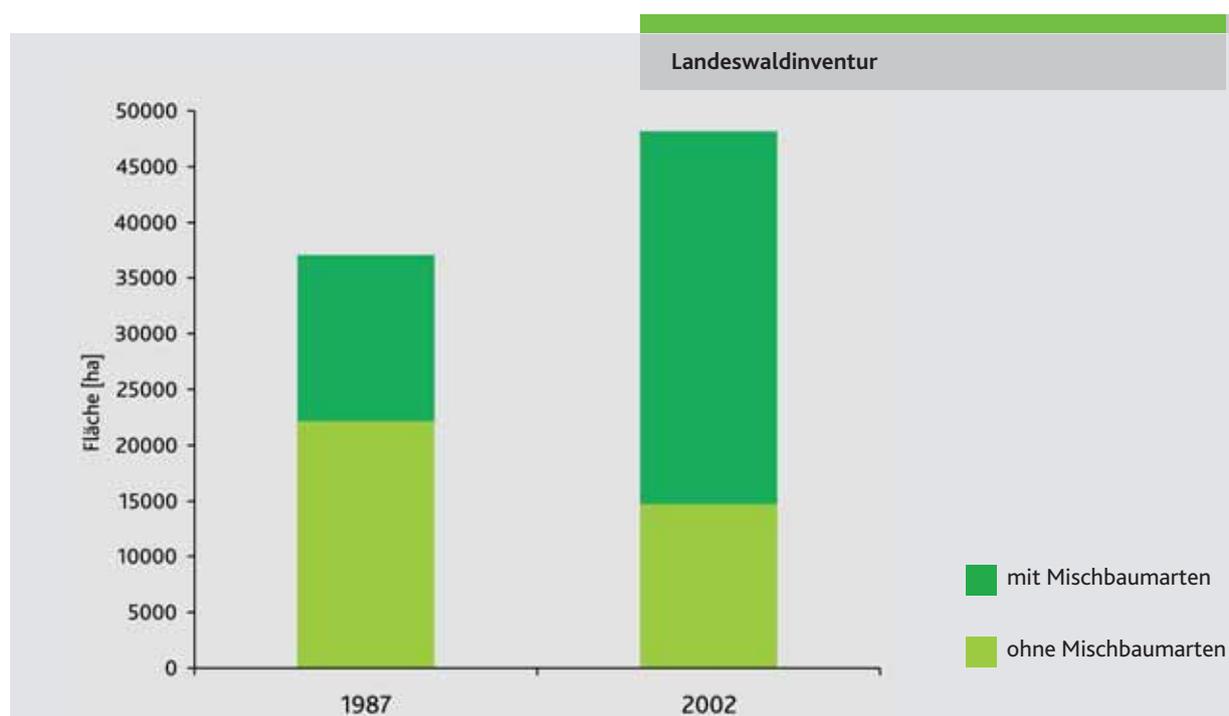
schleppung fremder Schaderreger bei Douglasie" übernommen. In diesem Projekt wird insbesondere geprüft, welche in Nordamerika vorhandenen Douglasienschädlinge mit welcher Wahrscheinlichkeit über den Import von Holz oder Samen zu uns gelangen können und welches Schadpotential hierdurch zu erwarten ist. Zudem wird untersucht, welche heimischen Organismen sich bereits an die Douglasie angepasst haben und wie diese Anpassung abläuft. Abgeschätzt wird auch, welche anderen Arten sich unter den gegebenen und möglichen zukünftigen Umweltbedingungen zu bedeutenden Schädlingen der Douglasie entwickeln könnten.

Die Douglasie ist zweifelsfrei eine standortgerechte Gastbaumart, die sowohl an die aktuellen als auch aller Voraussicht nach an die künftigen klimatischen Verhältnisse in unserem Land gut angepasst ist. Sie zeichnet sich auf vielen Standorten durch eine anderen Baumarten weit überlegene Wuchskraft und ein hohes Wertschöpfungspotenzial aus. Sie liefert schon jetzt einen unverzichtbaren, beim Rückgang der Fichtenfläche künftig noch steigenden Beitrag zur Versorgung der Holzwirtschaft mit Nadelholz. Die Douglasie ist aber

keineswegs ein „Baum für alle Fälle“. Für den Anbau scheiden trockene Standorte ebenso aus wie Standorte mit schlecht belüfteten Böden, insbesondere mit Stau- oder Grundnässe. Vermieden werden müssen auch luftfeuchte oder frostgefährdete Lagen. Der Anbau der Douglasie sollte auf Böden mit geringer bis mäßiger Nährstoffversorgung beschränkt werden; auf nährstoffreichen Standorten haben andere Baumarten, insbesondere die Edellaubbäume, unbedingt Vorrang. Aus Naturschutzgründen scheidet ein Anbau auf und in unmittelbarer Nachbarschaft von Trockenlebensräumen, Felsstandorten, anderen seltenen Vegetationsformen und Naturschutzvorrangflächen aus.

Unbedingt zu beachten ist, dass nur geeignete Herkünfte der Grünen Küstendouglasie verwendet werden. Bevorzugt werden sollte Saat- und Pflanzgut aus geprüften heimischen Saatgutbeständen. Der Anbau der Douglasie sollte grundsätzlich in Mischung mit Laubbäumen, insbesondere der Rotbuche bei variablem Mischungsanteil und variabler Mischungsform erfolgen. Großflächige Douglasienreinbestände müssen langfristig in laubbaumreiche Mischwälder umgebaut werden.

**Landeswaldinventuren belegen die erfolgreichen Bemühungen Douglasien-Mischwälder zu erzielen. Während der Anteil der Douglasien-Mischwälder im Jahr 1987 bei nur 40% lag, sind nach der jüngsten Erhebung aus dem Jahr 2002 bereits 69% der Douglasienwälder in Mischung mit anderen Baumarten**



Zur weiteren wissenschaftlichen Fundierung der Anbau- und Behandlungsempfehlungen und zur Erweiterung des Kenntnisstandes zum Verhalten der Douglasie im Klimawandel werden aktuell in Rheinland-Pfalz verschiedene Forschungsvorhaben durchgeführt. Hierbei werden unter anderem genetische Aspekte, wie die Eignung von Küstenherkünften aus sommertrockenen Arealen,

Wachstum, Wassernutzungseffizienz sowie Wasser- und Nährstoffhaushalt im Rein- und Mischbestand untersucht. Zudem wird erhoben, welche rheinland-pfälzischen Standorte sich bei den aktuellen und möglichen künftigen Klimabedingungen für den Anbau dieser Gastbaumart eignen.

**Die Douglasie sollte wie alle Nadelbäume aus ökologischen Gründen grundsätzlich in Mischung mit Laubbäumen angebaut werden. Der wichtigste Partner der Douglasie ist in unserer Region, wie auf diesem Foto, die Buche**

Foto: A. Lange





Forschungsareal in einem Douglasien-Buchen-Mischbestand im Forstamt Hinterweidenthal. Hier wird der Wasser- und Nährstoffhaushalt, die Trockenstresstoleranz sowie die Wassernutzungseffizienz von Douglasie und Buche untersucht

Foto: M. Brando

## Anteile der Schadstufen [in %]

Baumart	Jahr	ohne	schwach	Summe	mittel-	stark	ab-
		Schadens- merkmale 0	geschädigt 1	deutlich geschädigt 2-4	stark geschädigt 2	geschädigt 3	gestorben 4
Fichte	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	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	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	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	2009	48	37	15	12,6	1,4	0,5
Baumarten	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	2009	31	41	28	26,6	1,3	0,5
Baumarten	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 2009

Art (Gattung)	2009	
	Anzahl	Anteil (in %)
Fichte	1.129	28,9
Buche	769	19,7
Eiche	680	17,4
Kiefer	555	14,2
Lärche	154	3,9
Douglasie	119	3,0
Esche	113	1,5
Hainbuche	100	2,6
Birke	54	1,4
Ahorn	47	1,2
Esskastanie	32	0,8
Tanne	27	0,7
Pappel	25	0,6
Erle	24	0,6
Eberesche	21	0,5
Aspe	18	0,5
Linde	12	0,3
Kirsche	9	0,2
Roteiche	5	0,1
Salweide	5	0,1
Weymouthskiefer	5	0,1
Elsbeere	4	0,1
Mehlbeere	3	0,1
Robinie	1	0,09
Ulme	1	0,09
<b>Insgesamt</b>	<b>3.912</b>	<b>100,0</b>

## 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	1996 1999	Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität EU-Immissionsgrenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft
2. Tochterrichtlinie für Benzol und CO	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	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. BImSchV	2003	Neufassung der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen
2. BImSchV	2004	Neufassung der Verordnung über die Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen, halogenierten organischen Verbindungen

Maßnahme	Jahr	Ziel
3. BImSchV	2002	Neufassung der Verordnung über den Schwefelgehalt bestimmter flüssiger Kraft- oder Brennstoffe
10. BImSchV	2009	Neufassung der Verordnung über die Beschaffenheit der Qualitäten von Kraftstoffen
13. BImSchV	2004	Neufassung der Verordnung über Großfeuerungsanlagen
17. BImSchV	2003	Emissionsbegrenzung bei der Verbrennung und Mitverbrennung von Abfällen
20. BImSchV	2002	Neufassung der Verordnung zur Begrenzung der Emission flüchtiger organischer Verbindungen beim Umfüllen und Lagern von Ottokraftstoffen
21. BImSchV	2002	Neufassung der Verordnung zur Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen bei der Betankung von Kraftfahrzeugen
22. BImSchV	2007	Neufassung der Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft
28. BImSchV	2005	Emissionsgrenzwerte bei Verbrennungsmotoren
31. BImSchV	2004	Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen
33. BImSchV	2004	Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen
35. BImSchV	2006	Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung
36. BImSchV	2006	Verordnung zur Durchführung der Regelungen der Biokraftstoffquote
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 ab 2000/2001
EURO 4 Norm für Pkw	1998	4. Stufe der Abgasgrenzwerte ab 2005/2006
EURO 5 Norm für Pkw	2006	5. Stufe der Abgasgrenzwerte ab 2009/2010
EURO III Norm für LKW	1999	3. Stufe der Abgasgrenzwerte ab 2000
EURO IV Norm für LKW	1999	4. Stufe der Abgasgrenzwerte ab 2005
EURO V	1999	5. Stufe der Abgasgrenzwerte (NO <sub>2</sub> ) ab 2008

---

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)