

# Waldzustandsbericht für Rheinland-Pfalz 2007

## Herausgeber:

Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz

Kaiser-Friedrich-Strasse 1, 55116 Mainz

Telefon: 06131/16-0, Fax: 06131/165926

Internet: <http://mufv-rlp.de>

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

## Gestaltung:

Landesforsten Rheinland-Pfalz

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: <http://www.fawf.wald-rlp.de>

Dezember 2007

<b>Inhaltsverzeichnis:</b>	<b>Seite</b>
<b>Vorwort</b>	<b>01</b>
<b>Waldzustand 2007 im Überblick</b>	<b>02</b>
<b>Waldzustandserhebung (WZE)</b>	<b>04</b>
<b>Einflüsse auf den Waldzustand</b>	<b>11</b>
<b>Witterungsverhältnisse 2007</b>	<b>15</b>
<b>Wechselbeziehungen zwischen Witterungseinflüssen, Luftschadstoffen und biotischen Stressfaktoren</b>	<b>17</b>
<b>Klimawandel – eine große Herausforderung für die Forstwirtschaft</b>	<b>18</b>
<b>Anhänge</b>	<b>34</b>
- Entwicklung der Waldschäden	34
- Probestaumkollektiv 2007	40
- Abkommen und gesetzliche Regelungen zur Luftreinhaltung	41

## Vorwort

Seit nunmehr 23 Jahren wird alljährlich der Waldzustandsbericht vorgestellt. Sprach man zu Beginn noch vom „Waldschadensbericht“, so hat sich im Laufe der Jahre gezeigt, dass bei der Beurteilung der Frage, wie vital oder wie gestresst der Wald ist, eine Vielzahl von Faktoren zusammen kommen. Diese gehen weit über die in den 80er Jahren geführten Diskussionen um das „Waldsterben“ hinaus.

Es ist daher konsequent und richtig, vom Waldzustandsbericht zu sprechen, der in komprimierter Form die Ergebnisse des forstlichen Umweltmonitorings widerspiegelt. Die regelmäßige Bewertung des Kronenzustandes ist hierbei ein wichtiger Faktor und auch Anlass für die regelmäßige Wiederkehr des Berichtes. Sie ist aber nur *eine* Kenngröße in einem sehr komplexen Wirkungsgefüge vielfältiger Faktoren, die auf Wald-ökosysteme einwirken. Globale und regionale Entwicklungen kommen zusammen, manche Maßnahmen zur Reduktion von Schadstoffen zeigen Erfolge, andere Probleme gewinnen erst in jüngster Zeit zunehmend an Bedeutung. All diese Entwicklungen wirken auf unsere Böden, auf unsere Pflanzen- und Tierwelt ein. Jahrhunderte und Jahrtausende alte Wirkungsgefüge sind vergleichbar kurzfristigen Veränderungen ausgesetzt, denen sie sich nicht entziehen können. Denn: Bäume können nicht flüchten. Sie müssen viele Jahrzehnte Belastungen Stand halten. Sie müssen vital sein, sie müssen in einer starken Gemeinschaft wachsen.

Das forstliche Umweltmonitoring ist aus diesem Grunde langfristig ausgerichtet. Einzelbeobachtungen in Extremjahren helfen nicht weiter und bergen die Gefahr in sich, auch medial überzeichnet zu werden. Erst durch langfristige Zeitreihen lassen sich Trends für langlebige Waldökosysteme erkennen. So können beispielsweise die Entwicklungen im Hitzesommer 2003 und im „Regensommer“ 2007 nur in der Gesamtschau aller Jahre richtig bewertet werden.

Neben den schon seit langer Zeit untersuchten stofflichen und gasförmigen Schadstoffeinträgen greift eine Entwicklung Platz, die in ihre gesamten Ausmaß und in ihren Zeithorizonten wahrscheinlich nur erst ansatzweise beurteilt werden kann: Der Klimawandel. Die im Rahmen dieser Entwicklung sich abzeichnenden Veränderungen treffen den Wald in erheblichem Maße. Sie gehen aber auch weit darüber hinaus und berühren alle Bereiche unseres Lebens und der Landschaften und Lebensräume.

Der diesjährige Waldzustandsbericht widmet daher quasi als Einstieg in die Thematik erstmalig einen Schwerpunkt dem Klimawandel, den hierzu vorliegenden Erkenntnissen und Untersuchungen und Hinweisen auf erforderliches Handeln. Eine Fortsetzung und Vertiefung wird in den nächsten Jahren folgen. Die



künftige Entwicklung und die erforderlichen Maßnahmen zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel stellen auch für das forstliche Umweltmonitoring eine neue, große und langfristige Herausforderung dar.

A handwritten signature in blue ink that reads "Margit Conrad". The signature is written in a cursive, flowing style.

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

## Waldzustand 2007 im Überblick

Der Kronenzustand der Waldbäume in Rheinland-Pfalz hat sich im Jahr 2007 verbessert. Der Anteil der Bäume mit deutlichen Kronenschäden nahm gegenüber dem Vorjahr um 8 Prozentpunkte auf 28 % ab. Entsprechend stieg der Anteil von Bäumen ohne sichtbare Schadensmerkmale um 6 Prozentpunkte auf 31 % und der Anteil schwach geschädigter Bäume um 2 Prozentpunkte auf 41 % an. Die Abnahme der Kronenverlichtung war bei nahezu allen Baumarten zu beobachten. Besonders deutlich hat sich der Kronenzustand der Buche verbessert. Hier ist ein Rückgang des Anteils deutlich geschädigter Bäume um 17 Prozentpunkte zu verzeichnen.

Die Verbesserung des Kronenzustandes in diesem Jahr dürfte im Wesentlichen auf den günstigen Witterungsverlauf und auf das im Vergleich zum Vorjahr geringere Ausmaß von Insektenfraß und Fruchtanhang zurückzuführen sein.

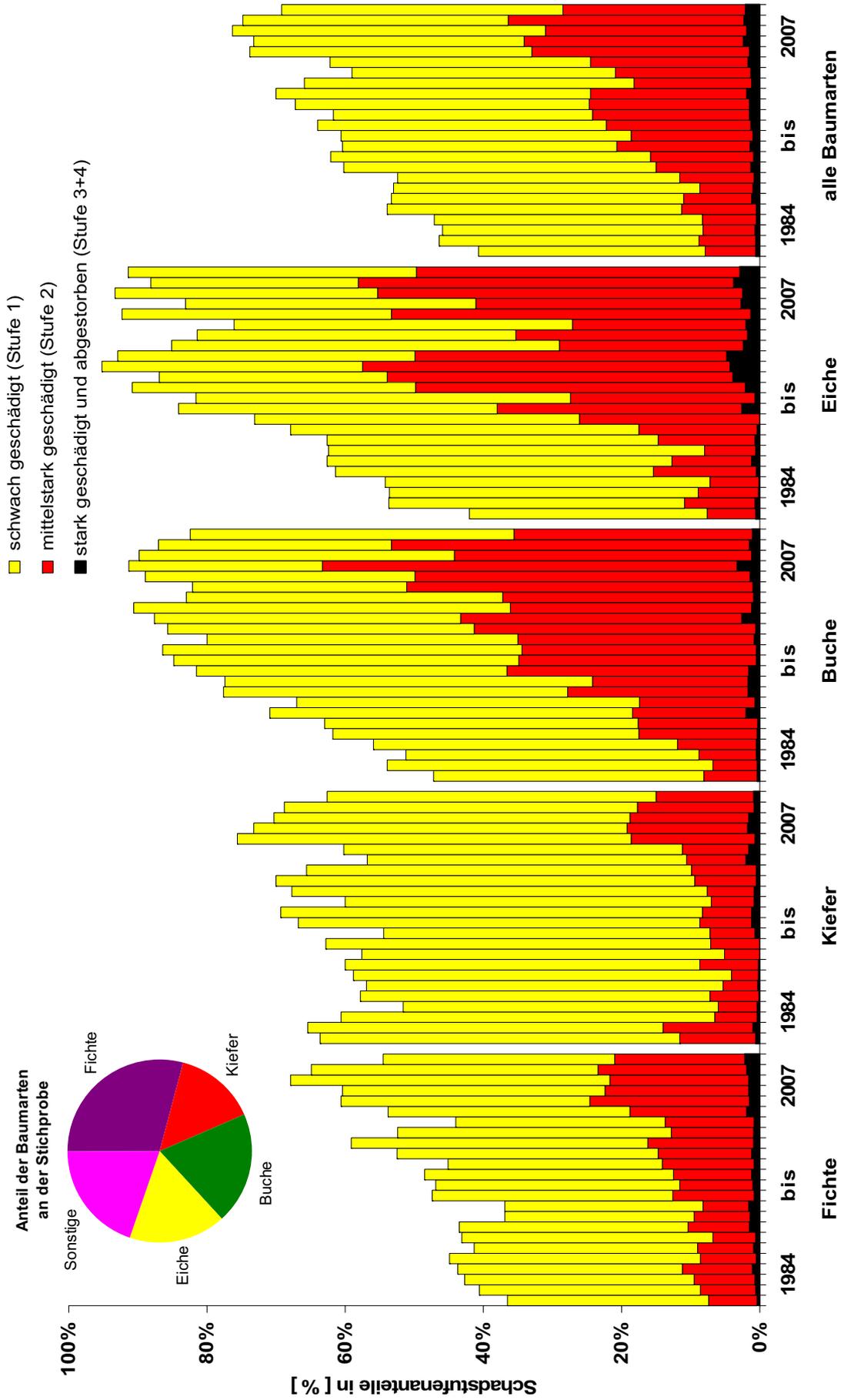
Um den Waldzustand weiter zu stabilisieren, müssen die Anstrengungen zur Luftreinhaltung konsequent weitergeführt werden.

Der Orkan Kyrill hat in Rheinland-Pfalz vor allem im Norden des Landes schwere Schäden verursacht. Insgesamt fielen etwa 1,5 Millionen Festmeter Schadholz an. Die befürchteten Folgeschäden durch Borkenkäfer blieben durch die rasche Aufarbeitung des Sturmwurfholzes und das wechselhafte, regenreiche Wetter zunächst in Grenzen.

Der Klimawandel ist eine große Herausforderung für die Forstwirtschaft. Über waldbauliche Maßnahmen, wie den Aufbau von reich strukturierten Mischbeständen aus heimischen Baumarten mit breiter genetischer Basis gilt es, den Wald an die künftigen klimatischen Bedingungen anzupassen. Zudem sind verstärkte Anstrengungen zum Schutz des Waldes vor Schädlingen erforderlich.

Über geeignete Bewirtschaftungsmaßnahmen kann der Wald auch zur Eindämmung der im Zuge des Klimawandels steigenden Gefahren von Sturzfluten oder Hochwasser beitragen. Unterstützt werden muss die Entwicklung zukünftiger Waldbewirtschaftungsstrategien durch eine intensive und moderne Simulationstechnik einsetzende Forschung zur Reaktion der Bäume und Ökosysteme auf unterschiedliche Klimaszenarien. Das Forstliche Umweltmonitoring leistet einen wichtigen Beitrag zur Überwachung der Folgen des Klimawandels im Wald und zur Überprüfung der Wirksamkeit der Anpassungsmaßnahmen.

# Entwicklung der Waldschäden von 1984 bis 2007 in Rheinland-Pfalz



FAWF Rheinland-Pfalz 09/2006

# Waldzustandserhebung (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 2007 hat sich der Kronenzustand fast aller Baumarten merklich verbessert. Erst die kommenden Jahre werden zeigen, ob sich diese positive Entwicklung fortsetzt.

## Durchführung

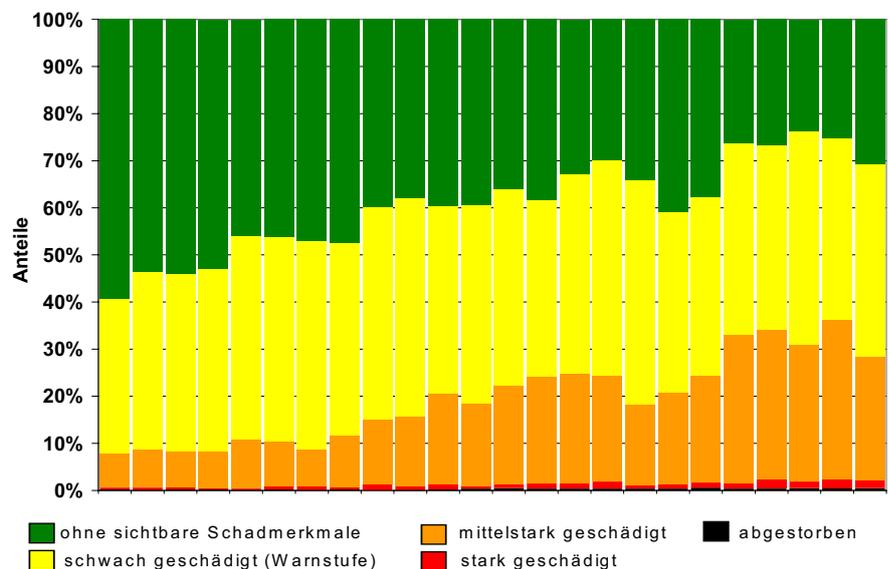
Die Aufnahme des Kronenzustandes erfolgte an den Punkten der Unterstichprobe im 4x12 km Raster. Damit wurden in Rheinland-Pfalz an 163 Aufnahmepunkten insgesamt 3.912 Stichprobenbäume begutachtet. An einem Aufnahmepunkt war der Waldbestand nach Sturmwurf vollständig genutzt worden. Hier findet keine Erhebung statt, bis die Waldverjüngung nachgewachsen ist. Die Außenaufnahmen erfolgten einschließlich Schulung und Kontrollaufnahmen in der Zeit vom 30. Juli bis 31. August 2007

## Waldzustand allgemein

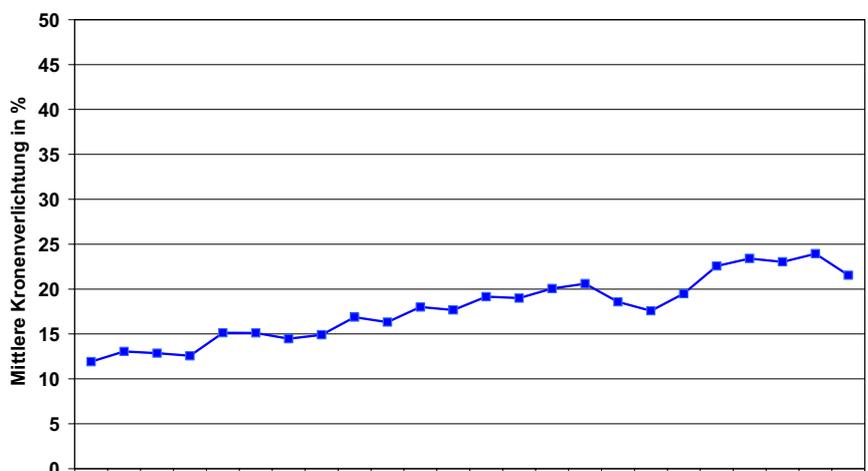
Für die gesamte Waldfläche von Rheinland-Pfalz über alle Baumarten und Altersstufen hat sich der Zustand des rheinland-

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 unter [www.icp-forests.org](http://www.icp-forests.org)

pfälzischen Waldes gegenüber dem Vorjahr merklich verbessert. Der Anteil deutlicher Schäden ist um 8 Prozentpunkte zurückgegangen. Die mittlere Kronenverlichtung liegt um rund zwei Pro-



Entwicklung der Schadstufenverteilung über alle Baumarten von 1984 bis 2007



Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung über alle Baumarten von 1984 bis 2007

zentpunkte unter dem Wert des Vorjahres. Dieser Rückgang ist statistisch signifikant.

Das Wetter des Jahres 2007 war nach dem ungewöhnlich heißen und trockenen April durchschnittlich warm mit reichlich Niederschlägen. Insgesamt kann der Witterungsverlauf als günstig für den Wald angesehen werden. Auch andere natürliche Belastungen sind im Vergleich zu dem Vorjahr weniger in Erscheinung getreten. Negativ sind die Sturmereignisse zu bewerten. Überregional ist der Wintersturm „Kyrill“ zu nennen, der insbesondere im Norden von Rheinland-Pfalz zu flächigen Sturmwurfsschäden führte. Im Kollektiv der Waldzustandserhebung ist allerdings nur ein Aufnahmepunkt in der Eifel durch Flächenwurf komplett ausgefallen. Sturmwurf war jedoch auch bei 23 (22 %) der ausgefallenen Probestämmen die Ursache für die erforderliche Auswahl eines Ersatzbaumes. Lokal sehr eng begrenzt kam es den Sommer über in Begleitung von Gewittern

zu Sturm- oder Hagelschäden. Der anhaltend hohe Infektionsdruck durch Borkenkäfer führte, wenn auch durch den Witterungsverlauf gebremst, zu weiteren Schäden.

Im Jahr 2007 waren wieder Schäden durch blattfressende Insektenlarven, insbesondere durch Frostspannerraupe, festzustellen. Die Intensität der Fraßschäden variiert kleinräumig stark und war insgesamt weniger stark ausgeprägt, als in den Vorjahren. Fruchtanhang war in 2007 nur bei einigen Baumarten zu beobachten; meist war der Fruchtanhang geringer als in 2006.

Die Verbesserung des Kronenzustandes dürfte somit auf den für den Wald im Allgemeinen günstigen Witterungsverlauf der Vegetationsperiode des Jahres 2007 und das geringere Ausmaß der natürlichen Belastungen durch Fruchtanhang und Insektenfraß zurückzuführen sein. In der Zeitreihe ist seit Beginn der 90er Jahre fast durchgehend ein Anstieg des Niveaus der Waldschäden zu

verzeichnen, Rückgänge blieben zeitlich begrenzte Episoden. Es bleibt daher auch jetzt abzuwarten, ob sich die Verbesserung des Waldzustandes auch in den kommenden Jahren fortsetzt.

### **Fichte**

Das Niveau der Kronenschäden bei der Baumart Fichte hat sich gegenüber dem Vorjahr leicht verbessert. Der Anteil der deutlich geschädigten Probestämme ist um 2 Prozentpunkte zurück gegangen und der Anteil der Probestämme ohne sichtbare Schadmerkmale um 10 Prozentpunkte angestiegen. Die Mittlere Kronenverlichtung ist nur um 1,7 Prozentpunkte geringer; diese Verbesserung ist jedoch signifikant.

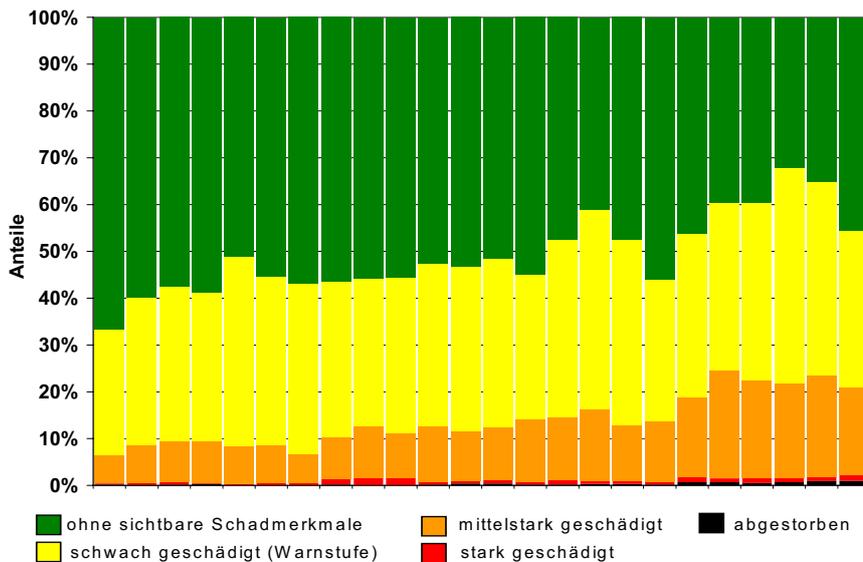
Die Fichte litt besonders unter dem Sturmereignis „Kyrill“. Auch der durch Flächenwurf komplett ausgefallene Aufnahmepunkt war mit Fichte bestockt. Auch Borkenkäferschäden waren bei Fichte zu beobachten. In der Regel sterben befallene Bäume rasch ab und werden entnommen, so dass nur weni-

*Durch reguläre Holznutzung, durch Sturmwurf, Schneebruch und andere Ursachen scheiden jedes Jahr einige Stichprobenbäume aus dem Kollektiv aus. Damit die WZE den aktuellen Zustand des Waldes widerspiegelt, werden diese Bäume ersetzt.*

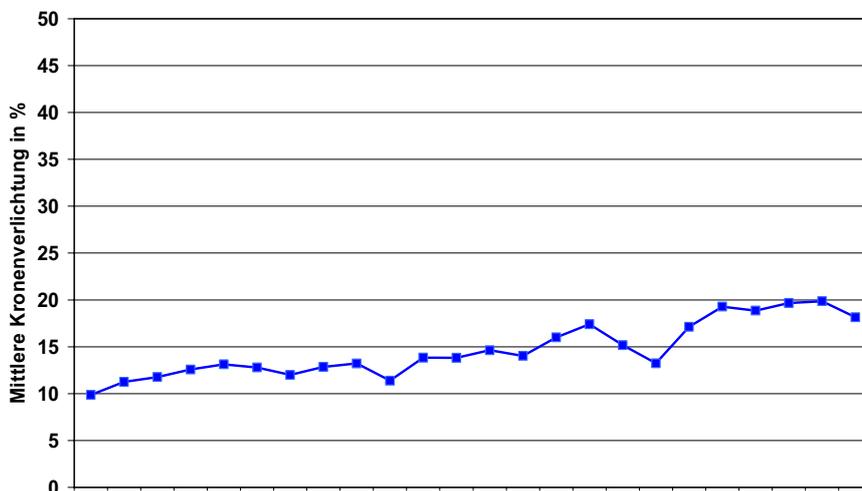
*Informationen zum **Ausscheiden und Ersatz der Probestämme** und dessen Einfluss auf die Befunde finden sich im Internet unter: [www.fawf.wald-rlp.de](http://www.fawf.wald-rlp.de) über den Pfad*

- Forschungsschwerpunkte'*
- Forstliches Umweltmonitoring*
- Waldschadenserhebung*
- Befunde ab 1984*
- Ausscheiden und Ersatz von Probestämmen*

*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:** Entwicklung der Schadstufenverteilung von 1984 bis 2007



**Fichte:** Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung von 1984 bis 2007



Bereits im Juli zeigte ein Teil der Buchen eine deutliche Gelbfärbung der Lichtblätter, während die Schattblätter grün blieben. Die Ursache hierfür kann nur vermutet werden. Denkbar ist, dass aufgrund des ungewöhnlich frühen Austriebs im April und der nachfolgenden Regenperioden die Lichtblätter nicht ausreichend auf die sommerliche Lichteinwirkung angepasst waren.

Foto: H.W. Schröck

ge Fichten mit akutem Borkenkäferbefall während der Waldzustandserhebung angetroffen werden. Andere natürliche Belastungen waren an den Fichten in 2007 nicht zu beobachten.

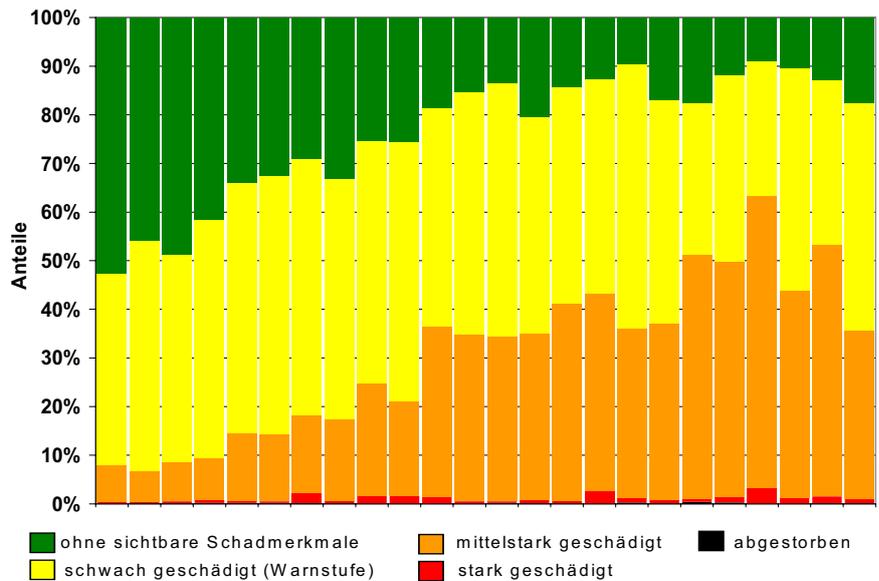
### Buche

Die Buche hat sich mit einem Rückgang der deutlichen Schäden um 17 Prozentpunkte gegenüber dem Vorjahr merklich erholt. Die Mittlere Kronenverlichtung liegt um 4,6 Prozentpunkte unter dem Vorjahreswert. Diese Verbesserung ist signifikant. Das Schadniveau liegt damit 2007 deutlich unter dem Maximalwert des Jahres 2004 und bewegt sich wieder im Bereich der in den 90er Jahren aufgetretenen Werte.

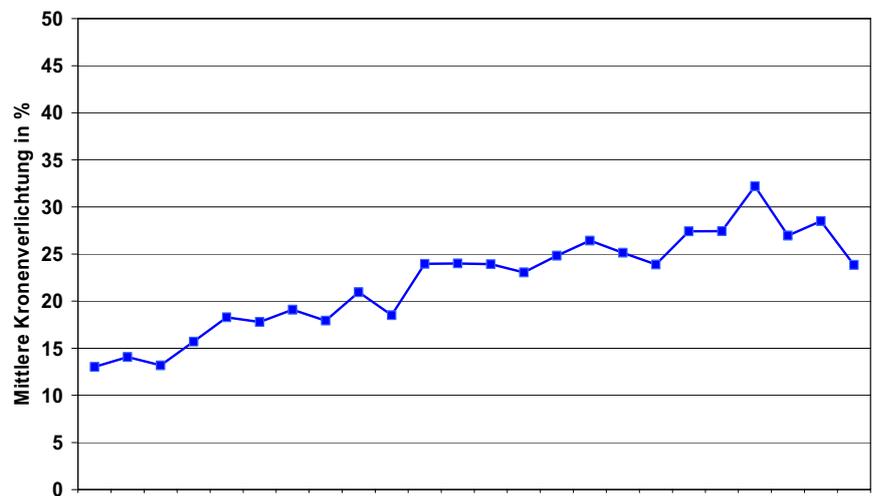
Bei den Buchen war in jüngster Zeit alle zwei Jahre starker Fruchtanhang aufgetreten. Auch in 2007 war an etlichen Buchen Fruchtanhang zu beobachten, jedoch in weitaus geringerem Umfang als im „Mastjahr“ 2006. Buchen die in 2007 keinen Fruchtanhang tragen, haben ihren Kronenzustand sehr deutlich verbessern können. Sogar die Buchen mit schwachem Fruchtanhang sind in 2007 besser belaubt als im Vorjahr, während die Buchen mit deutlichem Fruchtanhang keine gesicherte Veränderung im Kronenzustand zeigen. Das gegenüber dem Vorjahr geringere Ausmaß der natürlichen Belastung durch Fruchtanhang hat der Buche die Gelegenheit zur Verbesserung ihres Kronenzustandes gegeben.

Beobachtet wurden auch Schäden durch blattfressende Insekten, insbesondere durch Schmetterlingsraupen und Buchenspringrüssler (*Rhynchaenus fagi*). Insgesamt war das Ausmaß des Insektenbefalls geringer als im Vorjahr. Meist waren nur geringfügige Schäden festzustellen. Ein Einfluss auf das Ausmaß der Veränderung des Kronenzustandes der Buche war hier nicht zu erkennen.

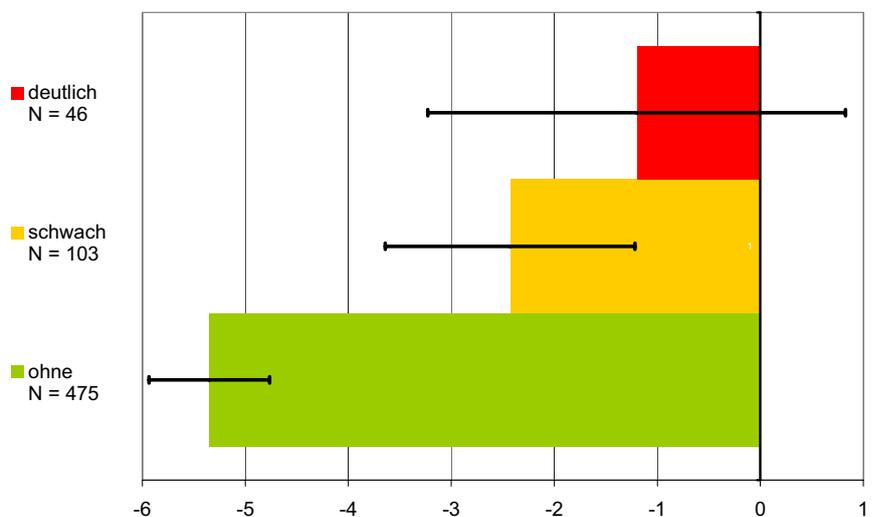
Vergilbung konnte in 2007 häufiger als in den Vorjahren festgestellt werden. Bereits im Juli zeigten sich an einzelnen Buchen erste Vergilbungerscheinungen in der Oberkrone. Meist war nur eine Verfärbung ins gelbgrüne erkennbar oder der Anteil der betroffenen Blattmasse war geringfügig. An etwa 5 % der Probestämme wurde aber eine gut erkennbare Gelbfärbung von mindestens 15 % der Blattmasse festgestellt. Probleme in der Wasserversorgung oder in der Nährstoffversorgung durch sommerliche Trockenheit sind in diesem Jahr auszuschließen. Daher ist zu vermuten, dass die Vergilbungerscheinungen durch die frühe und schnelle Vegetationsentwicklung in Folge des warm-trockenen April mitbedingt wurden. Die Vergilbungen wurden im Laufe des August immer ausgeprägter und umfangreicher. Daher dürfte für das beobachtete Ausmaß der Vergilbung am einzelnen Probestamm auch der Termin der Aufnahme von Bedeutung sein.



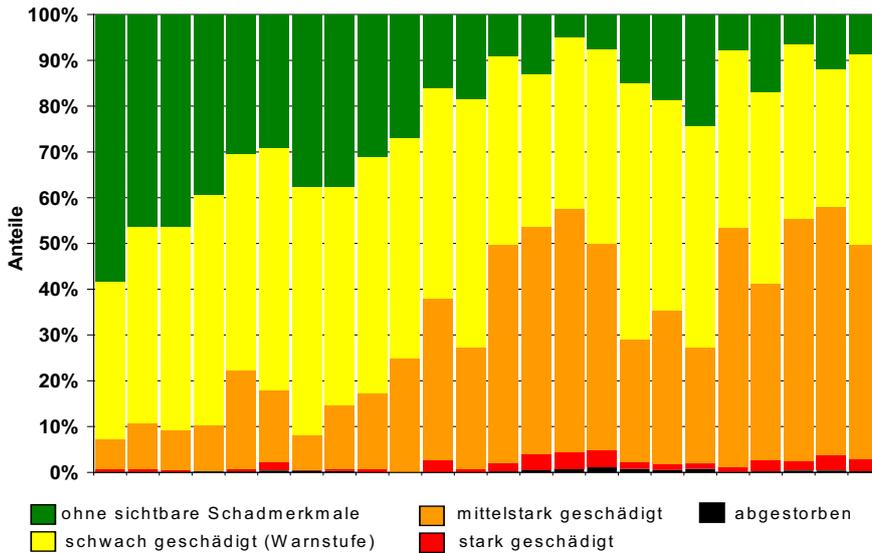
**Buche:** Entwicklung der Schadstufenverteilung von 1984 bis 2007



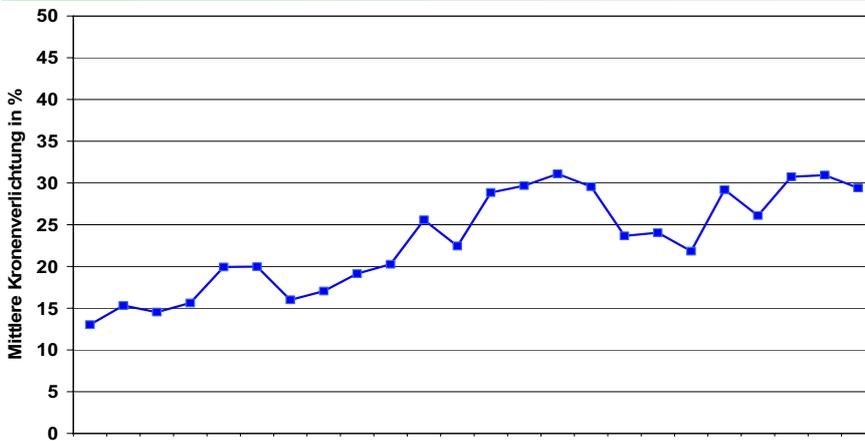
**Buche:** Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung von 1984 bis 2007



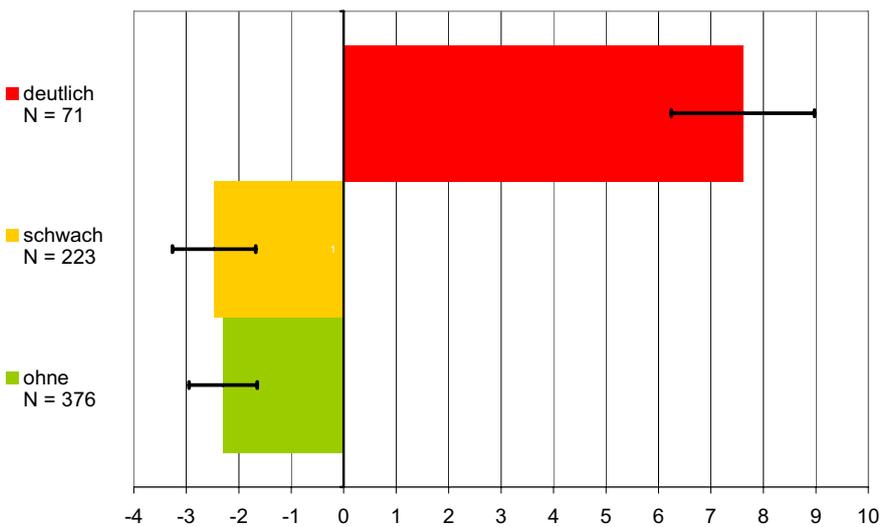
**Buche:** Buche älter 60 Jahre: Veränderung der mittleren Kronenverlichtung in Prozentpunkten von 2006 auf 2007 nach der Intensität des Fruchtanhanges



**Eiche:** Entwicklung der Schadstufenverteilung von 1984 bis 2007



**Eiche:** Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung von 1984 bis 2007



**Eiche:** Veränderung der mittleren Kronenverlichtung in Prozentpunkten von 2006 auf 2007 nach der Intensität des Insektenbefalls

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

- Forschung an Dauerbeobachtungsflächen
- Kronenzustand
- Einflussfaktoren
- Fruktifikation (im unteren Schaubild)

### Eiche

Bei der Eiche ist das Schadniveau zwar zurückgegangen, aber nach wie vor in einer kritischen Höhe.

Der Anteil deutlich geschädigter Probestämme liegt um 8 Prozentpunkte niedriger, doch ist auch der Anteil der Eichen ohne sichtbare Schadmerkmale um 3 Prozentpunkte geringer ausgefallen. Die Mittlere Kronenverlichtung ist um 1,5 Prozentpunkte signifikant zurückgegangen.

Wie schon in den Vorjahren waren Schäden durch blattfressende Insekten zu beobachten. Stärkere Schäden waren allerdings nur an wenigen Probestämmen zu verzeichnen. Insgesamt war das Ausmaß des Insektenfraßes geringer

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 unteren Schaubild)

als im Vorjahr, was zur Erholung der Eichen beigetragen hat. Die Eichen ohne Fraßschäden oder mit nur leichten Fraßschäden zeigten eine signifikante Verbesserung des Kronenzustandes, wohingegen sich die deutlich befrese- nenen Eichen in ihrem Kronenzu- stand klar verschlechterten.

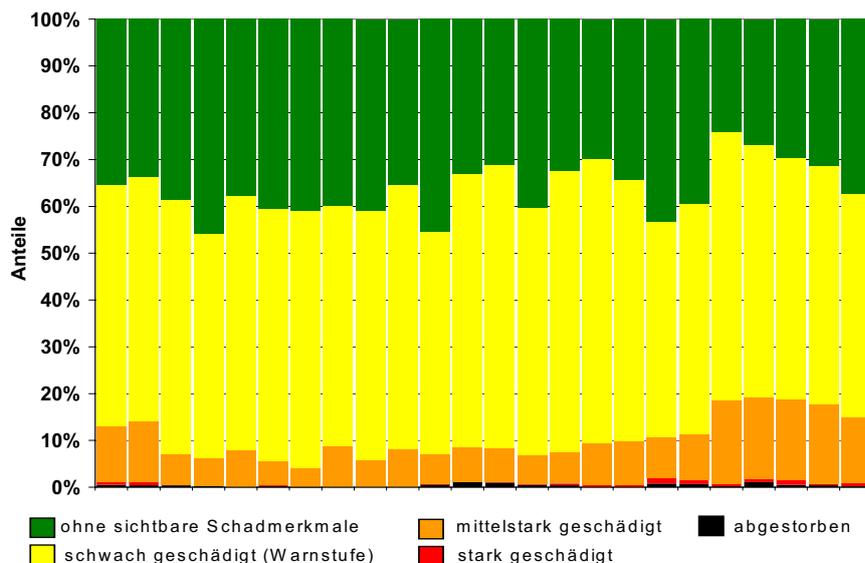
Die Eiche zeigte in 2007 einen starken Blütenansatz und die Früchte konnten sich teilweise gut entwickeln. Wegen der in diesem Jahr frühen Entwicklung der Früchte und des vergleichs- weise späteren Termins der Waldzustandserhebung war bei vielen Eichen der Fruchtanhang bereits gut zu sehen. Dennoch ist wegen der unterschiedlichen Ent- wicklung der Früchte die Ein- schätzung des Ausmaßes des Fruchtanhanges unsicher.

### Kiefer

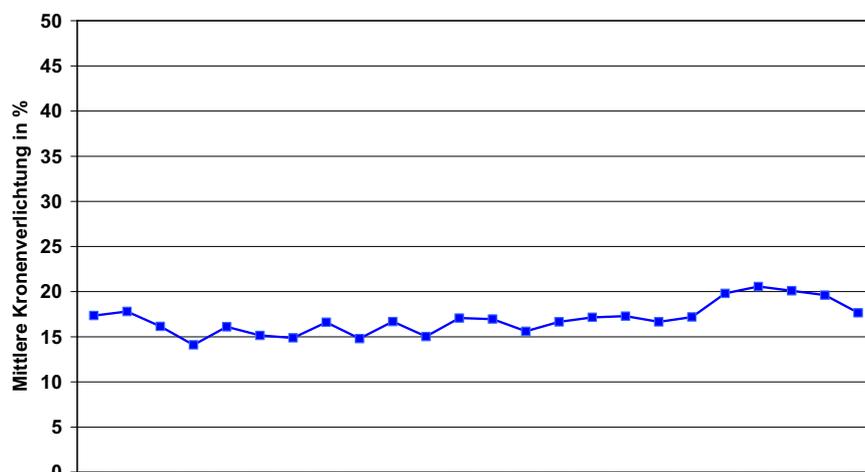
Bei der Kiefer ist das Schadni- veau geringfügig besser als im Vorjahr. Die Schadstufenvertei- lung ist leicht zu den besseren Stufen hin verschoben und die Mittlere Kronenverlichtung ist um 2 Prozentpunkte signifikant zurückgegangen. In der langjähri- gen Zeitreihe ist jedoch das nied- rige Niveau der 80er und 90er Jahre noch nicht wieder erreicht.

### Andere Baumarten

In unseren Wäldern findet sich neben den bereits genannten noch eine Vielzahl anderer Baumarten. Die Waldzustandserhebung er- fasst mit dem Kollektiv der Un-



**Kiefer: Entwicklung der Schadstufenverteilung von 1984 bis 2007**



**Kiefer: Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung von 1984 bis 2007**

terstichprobe insgesamt 29 ver- schiedene Baumarten. Einige fin- den sich nur mit einzelnen Ex- emplaren, einige aber auch mit mehr als 100 Probebäumen. Für diese Baumarten ist eine eigene Aussage zum Kronenzustand möglich. Wegen des geringeren Stichprobenumfangs sind die Aussagen hier aber mit höheren Unsicherheiten behaftet.

Für fast alle der in dieser Gruppe vertretenen Baumarten wurde von

2006 auf 2007 eine Verbesserung des Kronenzustandes festgestellt. Insgesamt ging der Anteil der deutlich geschädigten Probebäu- me bei den Nebenbaumarten um 10 Prozentpunkte zurück und die Mittlere Kronenverlichtung liegt um rund 2 Prozentpunkte signifi- kant niedriger. Die Verbesserung des Schadniveaus in den rhein- land-pfälzischen Wäldern zeigt sich damit durchgängig bei fast allen Baumarten. Der im Vorjahr

Baumart (bzw. Gattung)	Anzahl der Probeebäume 2007	Anteile der Schadstufen (in %)								
		0			1			2 - 4		
		2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
Douglasie	116	36	11	55	46	65	38	18	24	7
Lärche	152	25	28	26	50	29	50	25	43	24
Hainbuche	101	4	0	1	37	30	33	59	70	66
Esche	112	45	38	42	51	26	40	4	36	18

*Entwicklung der Schadstufenverteilung der häufigsten Nebenbaumarten*

besonders bei den Laubbaumarten zu beobachtende Fruchtanhang und Befall durch blattfressende Insekten war in 2007 auch bei den Nebenbaumarten merk-

*Ausführliche Informationen für die einzelnen Baumarten sind im Internet veröffentlicht. Zusätzlich zur Schadstufenverteilung finden Sie dort Angaben zur Verteilung der Kronenverlichtung nach 5 %-Verluststufen, zur Veränderung identischer Probebaumkollektive, zur Vergilbung, zur Schadsituation nach Altersstufen und zum Ausmaß des Fruchtanhangs. Sie erreichen diese Informationen über den Pfad: [www.fawf.wald-rlp.de](http://www.fawf.wald-rlp.de)*

- Forschungsschwerpunkte
- Forstliches Umweltmonitoring
- Waldschadenserhebung
- Befunde ab 1984

lich weniger ausgeprägt, so dass neben dem günstigen Witterungsverlauf auch der Wegfall dieser natürlichen Belastungen zur Erholung beigetragen haben dürfte.

Eine weniger günstige Entwicklung war in 2007 nur bei Hainbuche und Birke zu beobachten. Bei Hainbuche ging der Anteil deutlich geschädigter Probeebäume zwar um 4 Prozentpunkte zurück, das Mittlere Verlustprozent stieg jedoch um 2,5 Prozentpunkte an; diese Veränderung ist aber nicht signifikant. Bei der Birke war ein Anstieg des Schadniveaus zu beobachten, wenn auch wegen der geringen Zahl der Probeebäume statistisch nicht abgesichert. Die Hainbuche wies in 2007 starken Fruchtanhang auf. Der Befall durch blattfressende Insekten war bei Hainbuche und Birke ähnlich

hoch wie im Vorjahr. Beide Baumarten zeigen zudem natürlicherweise auch einen vergleichsweise frühen Beginn der herbstlichen Blattfärbung und des Blattfalls, so dass der vergleichsweise späte Termin der Durchführung der Waldzustandserhebung hier ebenfalls mit von Einfluss sein kann.

*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

## Einflüsse auf den Waldzustand

*Unsere Waldökosysteme werden von einer Vielzahl von menschenverursachten und natürlichen Stressfaktoren beeinflusst. Dieser Stresskomplex hat sich seit dem Beginn der Waldzustandserhebungen Anfang der 80er Jahre beträchtlich verändert. So ist durch konsequente Luftreinhaltungsmaßnahmen der Eintrag von Luftverunreinigungen, insbesondere von Schwefelverbindungen und Schwermetallen deutlich gesunken. Defizite gibt es aber nach wie vor bei den Stickstoffverbindungen. Die Stickstoffeinträge übersteigen die ökosystemverträglichen Schwellenwerte noch sehr deutlich. Immer augenfälliger wird der große Einfluss des Witterungsverlaufes auf den Waldzustand. Auch zeichnet sich sehr deutlich ab, dass zwischen der Witterung, den Luftschadstoffen, natürlichen Gegenspielern wie Insekten und dem Vitalitätszustand der Waldbäume sehr komplexe Wechselbeziehungen bestehen.*

Im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings in Rheinland-Pfalz werden alle wesentlichen Einflussfaktoren auf den Waldzustand erfasst und die Reaktion der Waldökosysteme auf die komple-

xen Stresseinwirkungen untersucht. Nachfolgend sind die wichtigsten Befunde zusammengefasst. Eine detaillierte Darstellung der Zeitreihen zur Luftschadstoffbelastung und der na-

türlichen Stresseinflüsse und 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

### Schwefel

Schwefelverbindungen werden insbesondere bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe in

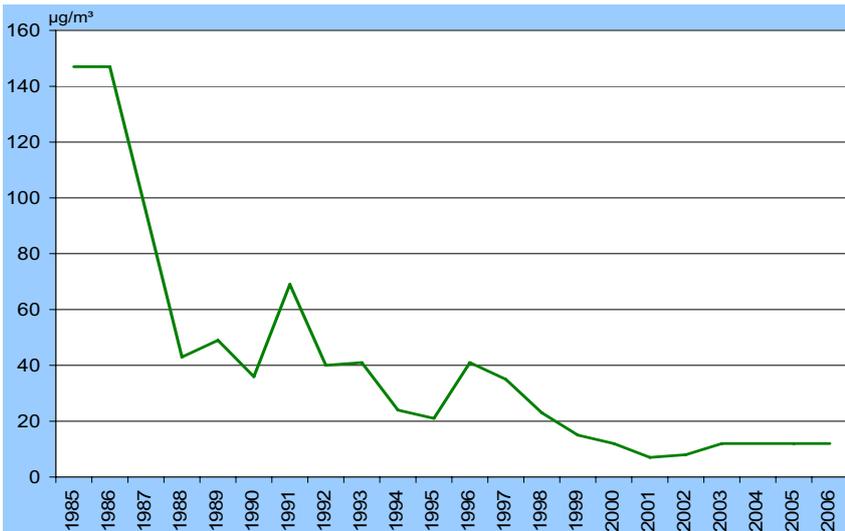
Kraftwerken, Industriefeuerungsanlagen und Heizungen freigesetzt. Die Reduktion der Schwefeldioxidemission in der Bundes-

republik um mehr als 90 % ausgehend vom Jahr 1990 hat in den rheinland-pfälzischen Waldgebieten eine sehr deutliche Verringe-

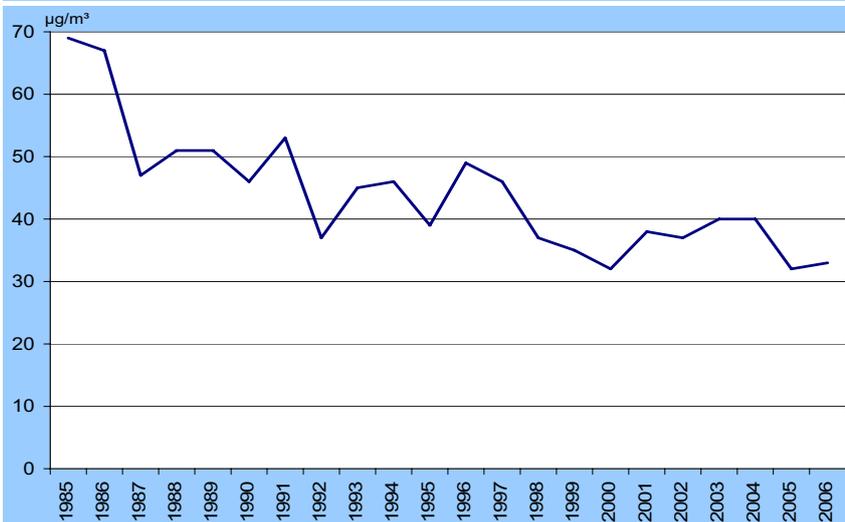
Schadstoffe in Kilotonnen	1980	1990	2005	Veränderungen in % 1980 - 2005
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	7514	5350	560	- 93 %
Stickoxide (NO <sub>2</sub> )	3334	2861	1443	- 57 %
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	835	738	619	- 26 %
Flüchtige organische Verbindungen (ohne Methan) (NMVOC)	3224	3612	1253	- 61 %

Quelle: Umweltbundesamt (2007): [www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm](http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm) (Emissionsentwicklung 1990-2005) für 1980: UNECE 2001: [www.emep.int](http://www.emep.int)

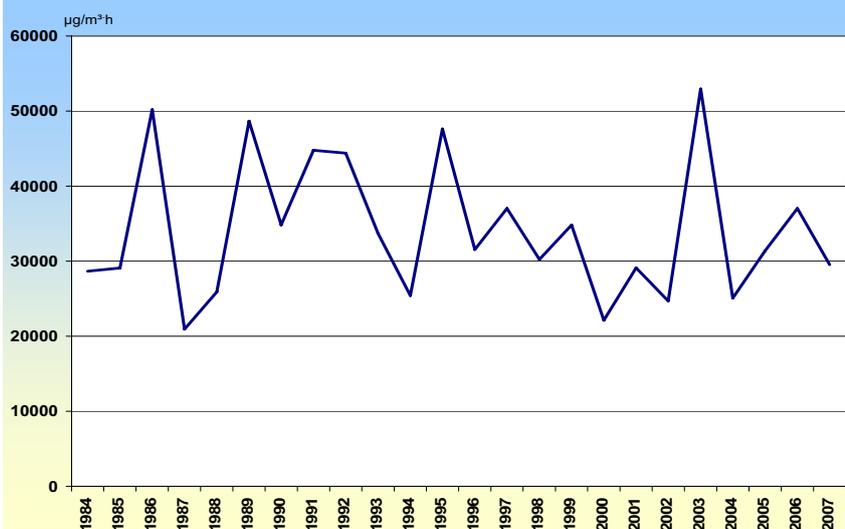
Entwicklung der Schadstoffemissionen in Deutschland



Verlauf der Schwefeldioxid-Spitzenkonzentrationen (98%-Werte) an der ZIMEN-Waldstation Hunsrück Leisel



Verlauf der Stickstoffdioxid-Spitzenkonzentrationen (98%-Werte) an der ZIMEN-Waldstation Hunsrück Leisel



Verlauf der AOT40-Werte (April bis September) für Ozon an der ZIMEN-Waldstation Hunsrück Leisel. Die Belastungsschwelle für Waldökosysteme von 20.000 µg/m³ · h wird in allen Jahren überschritten

rung der Schwefeldioxidbelas- tung und der Einträge an Sulfat- schwefel in die Ökosysteme be- wirkt. Die Schwefeldioxidkon- zentrationen an den Waldstatio- nen des Zentralen Immissions- messnetzes (ZIMEN) sind konti- nuierlich gesunken. Sie überstei- gen bereits seit vielen Jahren nicht mehr die Belastungsschwel- lenwerte für Waldökosysteme. Auch die Schwellenwerte für die besonders empfindlichen Flech- ten werden eingehalten. Beson- ders deutlich wird der Rückgang der Schwefeldioxidbelastung im Verlauf der Spitzenwerte der Schwefeldioxidkonzentration. Entsprechend der merklichen Ab- nahme der Schwefeldioxidkon- zentration 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, betrug er im Jahr 2006 nur noch 10 bis 15 kg je Hektar.

### pH-Werte

Begleitet wird die Verringerung der Schwefeldeposition von ei- nem deutlichen Anstieg der pH- Werte im Niederschlagswasser. Während zu Beginn der Zeitrei- hen im Jahr 1984 im Freilandnie- derschlag pH-Werte knapp über 4 und im Kronentraufwasser von Fichtenbeständen pH-Werte um 3,5 dominierten, liegen die pH- Werte heute meist zwischen 5

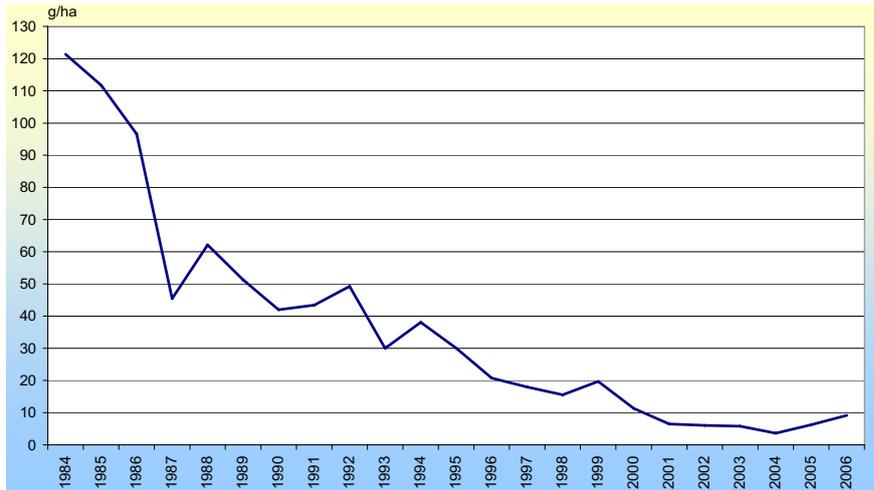
und 5,5 im Freilandniederschlag und zwischen 4,5 und 5 im Kronentraufwasser.

### Schwermetalle

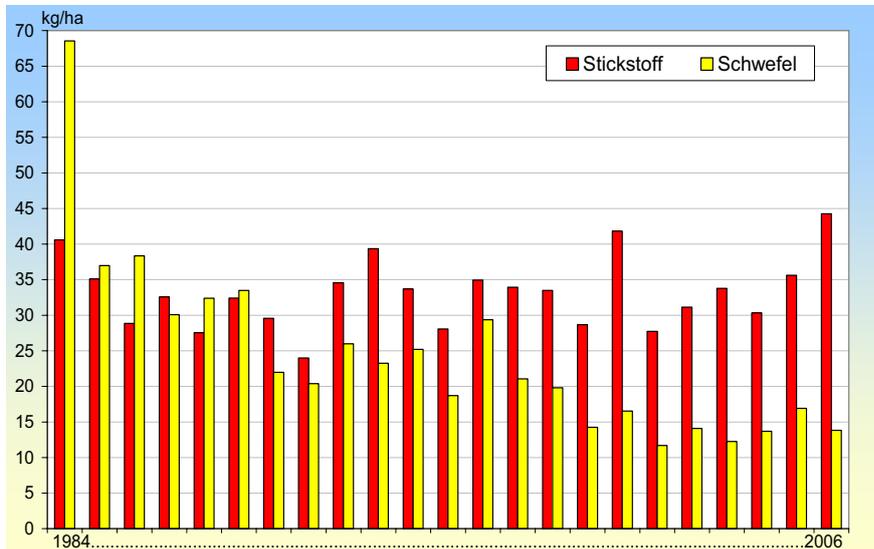
Deutlich abwärtsgerichtete Trends ergeben sich auch bei der Deposition der Schwermetalle. So ist der Bleieintrag in die rheinland-pfälzischen Waldökosysteme seit Mitte der 80er Jahre um mehr als 90% und der Cadmiumeintrag um mehr als die Hälfte gesunken.

### Stickstoff

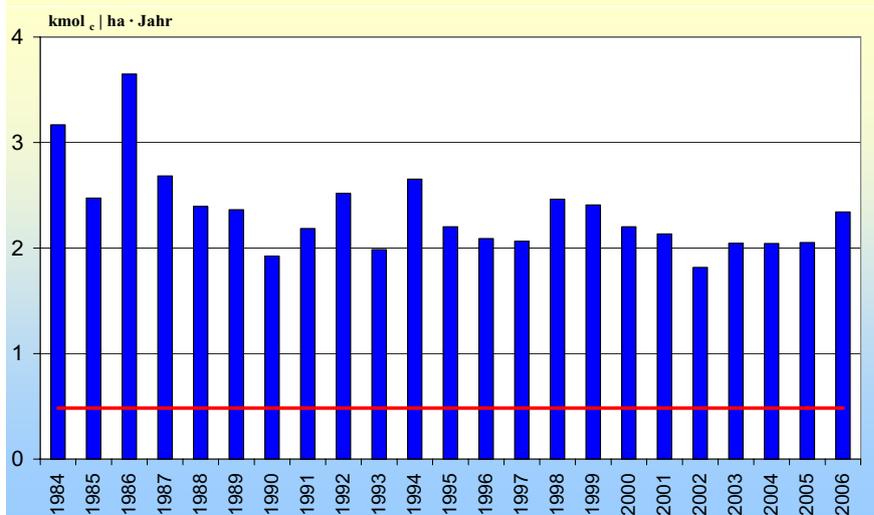
Stickstoff wird in oxidierter Form bei Verbrennungsprozessen durch Oxidation des im Brennstoff und in der Verbrennungsluft enthaltenen Stickstoffs oder in reduzierter Form beim mikrobiellen Abbau von Harnstoffen, Proteinen und ähnlichen Ausscheidungsprodukten sowie durch Zersetzung ammoniumhaltiger Dünger freigesetzt. Hauptquelle der Stickoxide ist der Straßenverkehr. Reduzierter Stickstoff stammt überwiegend aus der Tierhaltung. Trotz der bereits merklichen Reduktion der Emission von Stickoxiden und Ammoniak zeigt der Eintrag an Stickstoffverbindungen in den Wäldern bislang keinen eindeutig abnehmenden Trend. An einigen Standorten ist die Stickstoffdeposition mit dem Waldniederschlag sogar angestiegen. Die für Waldökosysteme tolerierbaren Belastungsschwellen werden deutlich, meist um mehr als das doppelte überschritten. Die Folgen sind



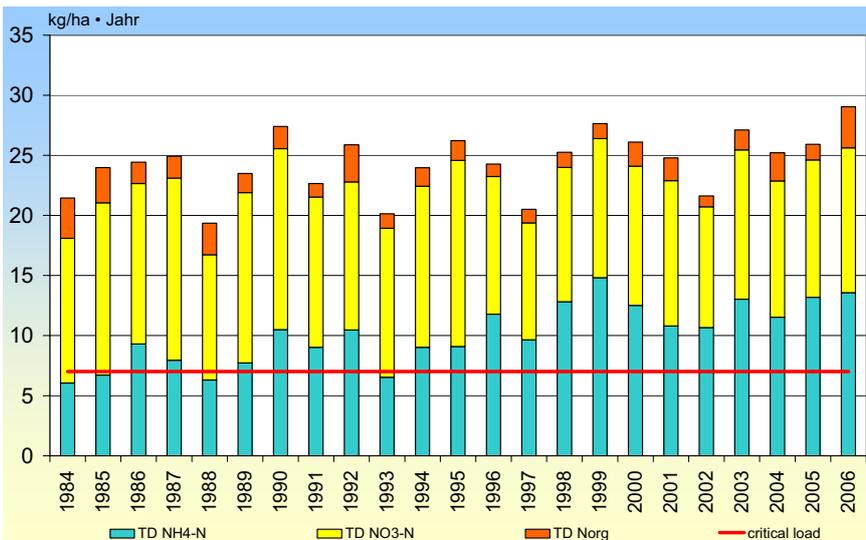
Entwicklung der Bleideposition mit dem Bestandesniederschlag am Beispiel des Fichtenbestandes am Standort Idar-Oberstein



Vergleich der Entwicklung des Schwefeleintrags und des Stickstoffeintrags (Gesamtdosition) im Fichtenbestand des Standortes Adenau



Entwicklung der Überschreitung der critical loads für Säure (durchgezogene rote Linie) durch den Säureeintrag (Säulen) am Beispiel des Standortes Idar-Oberstein (Fichtenbestand auf Decklehm über Quarzit)



Entwicklung der Überschreitung der critical loads für eutrophierenden Stickstoff (durchgezogene rote Linie) durch den Gesamtstickstoffeintrag (Säulen) am Standort Idar-Oberstein (Fichtenbestand auf Decklehm über Quarzit)



Depositions- und Streufallmessungen im Buchenbestand der Level II-Fläche Neuhäusel  
Foto: E. Konrath

grund der höheren Strahlungsintensität und geringeren Konzentration von Ozon zerstörenden Reaktionspartnern meist merklich höher als in den Ballungsräumen des Landes. Obwohl die Emission der Stickoxide und flüchtigen Kohlenwasserstoffe als wesentliche Vorläufersubstanzen in den letzten beiden Jahrzehnten in etwa halbiert wurden, ist die Ozonbelastung der Wälder noch nicht wesentlich gesunken. Die Belastungsschwelle für Waldökosysteme wird nach wie vor überschritten.

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).

eine zunehmende Stickstoffeutrophierung, Bodenversauerung und Nährstoffungleichgewichte.

### Ozon

Ozon entsteht als sekundäre Luftverunreinigung im Wesentlichen aus Luftsauerstoff, Stickoxiden und flüchtigen Kohlenwasserstoffen unter der Einwirkung der Sonneneinstrahlung. Seit Beginn

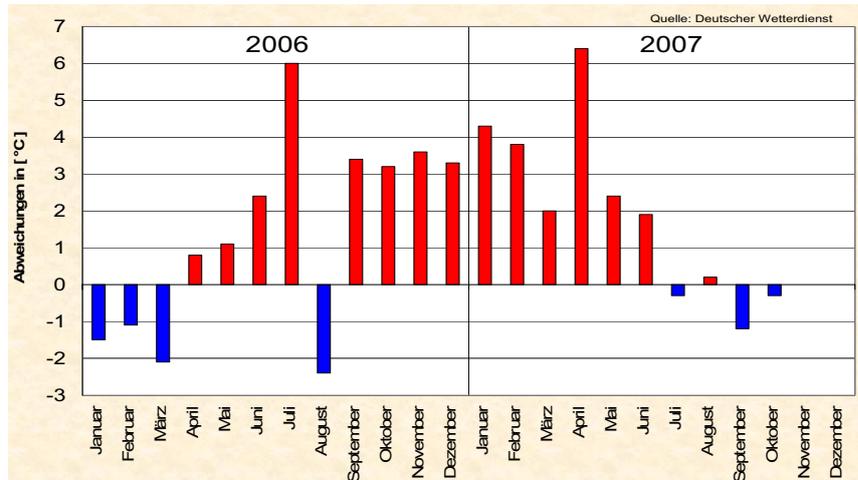
der Industrialisierung um 1850 ist die photochemische Ozonbildung durch die stark erhöhte Emission der Vorläuferstoffe erheblich angestiegen. Die Ozonjahresmittelwerte liegen in den Waldgebieten heute etwa um das zwei bis dreifache über den angenommenen vorindustriellen Ozonkonzentrationen. In den walddreichen Mittelgebirgslagen unseres Landes sind die Ozonkonzentrationen auf-

## Witterungsverhältnisse 2007

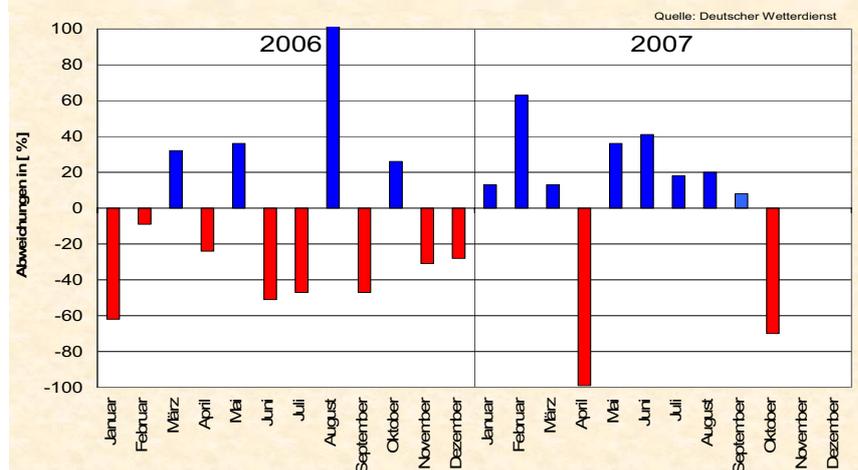
Die Witterungsbedingungen wirken in vielfältiger Weise auf den Wald ein. Zum einen können unmittelbar Schäden an den Bäumen beispielsweise durch sommerliche Trockenheit, Früh- oder Spätfrost, Nassschneefälle, Stürme oder Hagelschauer entstehen. Zum anderen beeinflusst die Witterung die Ozonentstehung,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

Der Vitalitätszustand der Bäume wird nicht nur von der Witterung des aktuellen Jahres, sondern auch von den Witterungsverläufen der Vorjahre beeinflusst. So dürfte die weit überdurchschnittliche Wärme des Frühlommers 2006 die Bildung von Blütenknospen angeregt haben und damit für die auch im Jahr 2007 erneute Fruktifikation der Bäume verantwortlich sein.

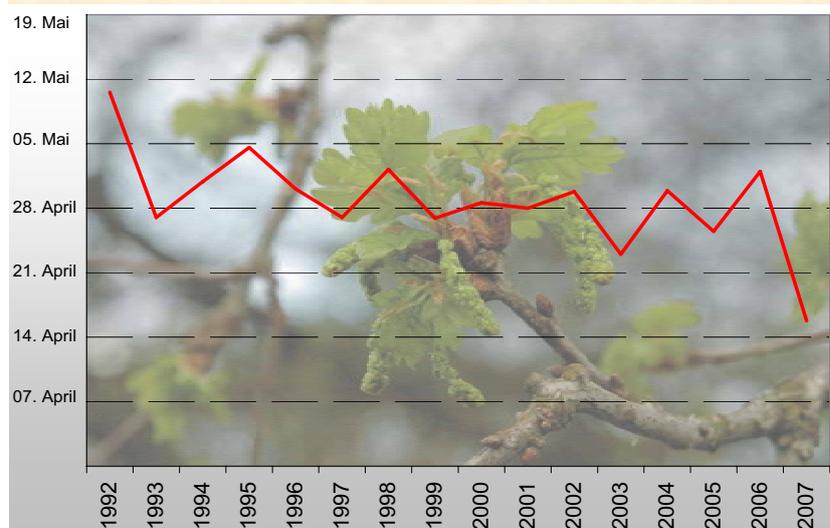
Vom April 2006 bis April 2007 lagen mit Ausnahme des August 2006 alle Monatsmitteltemperaturen merklich über dem langjährigen Mittel. Besonders auffällig war die außergewöhnliche Wär-



Abweichungen der Monatsmittel-Temperaturen in den Jahren 2006 und 2007 an der DWD-Station Weinbiet/Pfälzerwald vom langjährigen Mittel



Abweichungen der Monatsniederschläge in den Jahren 2006 und 2007 (Flächenmittel Rheinland-Pfalz/Saarland) vom langjährigen Mittelwert



Austriebsbeginn der Traubeneichen an der Messstation Merzalben im Pfälzerwald; im Jahr 2007 begann der Austrieb zwei Wochen vor dem „normalen“ Termin

me und Trockenheit im April 2007. Hierdurch sind die Bäume in diesem Jahr merklich früher als üblich in die Vegetationszeit gestartet. Im Mai 2007 stellte sich dann aber kühleres und vor allem regenreiches Wetter ein. Die Ve-

getationszeit 2007 war insgesamt zwar wie die vorangegangenen Jahre überdurchschnittlich warm, aber durch sehr wechselhaftes Wetter mit reichlichen Niederschlägen gekennzeichnet. Dies hat nicht nur die befürchtete Bor-

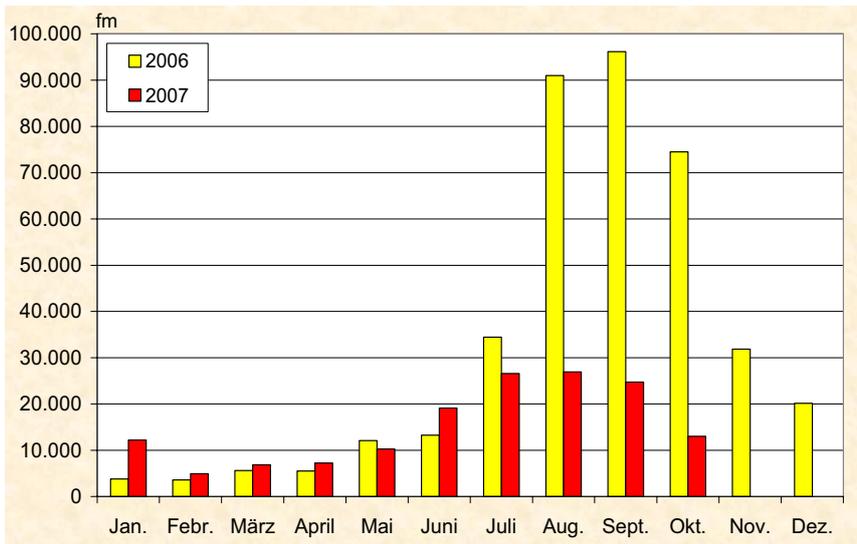
kenkäfermassenvermehrung gebremst, sondern auch den Vitalitätszustand der Bäume insgesamt positiv beeinflusst.

### Orkan Kyrill

Am 18. Januar 2007 führte der Orkan Kyrill in weiten Teilen Mitteleuropas zu beträchtlichen Schäden. Besonders große Sturmschäden im Wald entstanden in unserem Nachbarland Nordrhein-Westfalen. In Rheinland-Pfalz fielen einschließlich der Nachwürfe rund 1,5 Millionen Festmeter Schadh Holz an. Der Schwerpunkt der Sturmwürfe im Land Rheinland-Pfalz lag im nördlichen Westerwald.

Durch einen intensiven Einsatz vollmechanisierter Holzertesysteme gelang es, das Sturmholz bis zum Herbst aufzuarbeiten. Teile des angefallenen Holzes wurden auf Nasslagerplätzen mit einer Kapazität von rund 260 000 Festmetern zwischengelagert. Die rasche Aufarbeitung hat, wie das wechselhafte und regenreiche Wetter, dazu beigetragen, Folgeschäden durch Borkenkäfer einzudämmen.

Auf die Befunde der Waldzustandserhebung hatten die Sturmschäden nur einen geringen Einfluss. Komplette ausgefallen ist nur ein einziger Rasterpunkt der Unterstichprobe im Bereich Daun.



Käferholzeinschlag in Rheinland-Pfalz in den Jahren 2006 und 2007 (bis einschließlich Oktober).



Einsatz eines Hackers zur Reduktion des für den Borkenkäfer bruttauglichen Materials im Zuge der Windwurfaufarbeitung im Hunsrück

Foto: E. Eisenbarth



### Klimaszenarien für Rheinland-Pfalz

Das Umweltbundesamt in Dessau hat Anfang des Jahres 2007 neue Ergebnisse zu möglichen regionalen Klimaänderungen veröffentlicht, die mit Hilfe des statistischen Regionalisierungsmodells WETTREG gewonnen wurden. Dargestellt werden Klimaprojektionen für den Zeitraum 2071 bis 2100 im Vergleich zu den Jahren 1961 bis 1990 bei unterschiedlichen Emissionsszenarien. Das Szenario A1B („höheres Emissionsszenario“) geht von einem starken Wirtschaftswachstum und einem Anstieg der CO<sub>2</sub>-Emissionen bis Mitte des 21. Jahrhunderts, gefolgt von einem nur leichten Rückgang bis 2100 aus. Das „niedrigere Emissionsszenario“ (B1) berücksichtigt eine Einführung von emissionsarmen Techniken und eine deutliche Abnahme der CO<sub>2</sub>-Emissionen ab Mitte des 21. Jahrhunderts.

Über ganz Deutschland gemittelt zeigt das niedrigere Emissionsszenario für 2071 bis 2100 eine Temperaturzunahme von 1,8 K, das höhere Emissionsszenario eine Zunahme von 2,3 K. Die Niederschläge könnten im Sommer beim niedrigeren Emissionsszenario um etwa 18 %, beim höheren Emissionsszenario um 22 % abnehmen. Die Winterniederschläge nehmen dem gegen-

über beim niedrigeren Emissionsszenario um 19 %, beim höheren Emissionsszenario um 30 % zu.

### Veränderungen des Niederschlages in Rheinland-Pfalz

Der größte Teil des rheinland-pfälzischen Waldes stockt im Naturraum „Links- und Rechtsrheinische Mittelgebirge“. Für diesen Naturraum werden besonders auffällige Änderungen im Niederschlagsverhalten projiziert. Für den Hunsrück wurde eine besonders hohe Zunahme der mittleren winterlichen Niederschläge bis Ende des 21. Jahrhunderts um bis zu 80 % beim höheren Emissionsszenario berechnet. Das ist der höchste Wert in ganz Deutschland. Auch in anderen Teilen der Linksrheinischen Gebirge resultieren verbreitet Zunahmen der Winterniederschläge um mehr als 50 %. Demgegenüber liegt die projizierte Zunahme im Taunus und im Westerwald bei den winterlichen Niederschlägen „nur“ bei 20 bis 30 %. Die sommerlichen Niederschläge nehmen in den rheinland-pfälzischen Mittelgebirgen nach diesen Berechnungen mit etwa 15 % im Vergleich zum Mittel über Deutschland unterdurchschnittlich ab. Insgesamt resultieren für die Linksrheinischen Mittelgebirge ein Anstieg des Jahresniederschlags und damit eine Verschiebung zu einem insgesamt feuchteren Klima. Im rechtsrheinischen Bereich zeigt

sich keine merkliche Veränderung der Jahressummen des Niederschlages.

### Veränderungen der Temperatur in Rheinland-Pfalz

Die für unsere Mittelgebirgslagen projizierten Temperaturerhöhungen liegen im Vergleich zu anderen Regionen in einem mittleren Rahmen. Der vergleichsweise höchste Temperaturanstieg wurde für die Eifel berechnet.

Die steigenden Temperaturen führen zu einer merklichen Abnahme der Frosttage (Tagesminimum der Lufttemperatur < 0°C) und einer sehr deutlichen Verringerung der Anzahl der Eistage (Tagesmaximum der Lufttemperatur < 0°C). Den Simulationen zu Folge wird die Zahl der Sommertage (Tagesmaximum der Lufttemperatur > 25°C) in unseren Mittelgebirgen mäßig zunehmen, die der heißen Tage (Tagesmaximum der Lufttemperatur > 30°C) im Vergleich zu anderen Regionen sogar überdurchschnittlich stark ansteigen.

Teile des rheinland-pfälzischen Waldes wie der Bienwald und der Lennebergwald liegen im Naturraum „Oberrheingraben“. Für diesen Raum wird eine im Vergleich zum Deutschlandmittel geringere (Szenario B1) bis durchschnittliche (Szenario A1B) Temperaturerhöhung bis zum

Ende des 21. Jahrhunderts berechnet. Die Niederschlagsänderungen liegen im Vergleich zum Deutschlandmittel bei durchschnittlichen -20 % im Sommer und leicht unterdurchschnittlichen +40 % (Szenario A1B) bis durchschnittlichen +20 % (Szenario B1) im Winter.

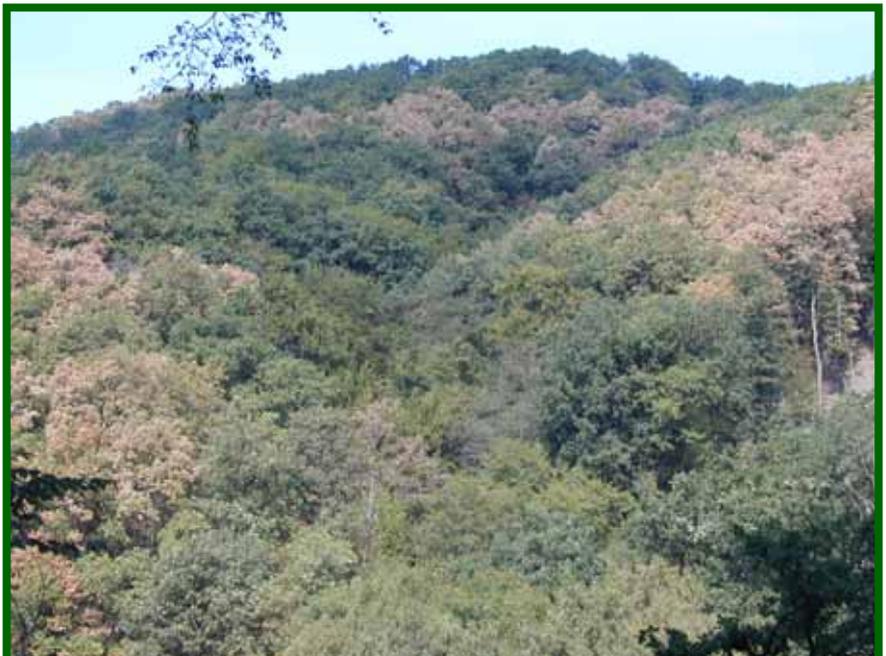
Verändern werden sich nicht nur die durchschnittlichen Temperaturen und Niederschlagssummen, sondern auch die Häufigkeit von extremen Ereignissen. **So muss aller Voraussicht nach auch für unsere Region mit einer Zunahme von Wetterextremen wie Stürme, Starkregenereignisse oder auch länger anhaltende Trockenperioden im Sommer gerechnet werden.** Allerdings sind Prognosen zur Niederschlagsverteilung und zur Häufigkeit von Extremereignissen weit aus unsicherer als Prognosen zur Temperaturentwicklung.

### **Klimawandel – mögliche Auswirkungen auf den Wald in Rheinland-Pfalz**

Das Klima ist ein entscheidender Faktor für das Gedeihen des Waldes. Die klimatischen Bedingungen bestimmen maßgeblich, welche Waldgesellschaft von Natur aus in welcher Region dominiert. Im kühlen Klima Nordeuropas sind es boreale Nadelwälder, im gemäßigten Klima Mitteleuropas Buchenwälder und im Mittelmeerklima Eichenwälder. Allerdings bestimmen nicht nur die

Jahresmitteltemperatur und die Jahresniederschlagssumme, welche Baumart wo gut gedeiht. Hier wirken sich viele Standortsfaktoren aus, wie Winterfröste, Sommertrockenheit und auch Bodeneigenschaften, wie etwa die Nährstoffverfügbarkeit, die Durchwurzelbarkeit und die Wasserspei-

cherfähigkeit. Einen entscheidenden Einfluss haben auch die Wechselbeziehungen zwischen den Bäumen und ihren natürlichen Gegenspielern wie Insekten oder Pilzen, die wiederum ihrerseits erheblich von den Standortbedingungen beeinflusst werden.



*Dürreschäden im Trockensommer 2003 (oben; Foto: F. Engels) und Sturm-schäden durch Kyrill im Winter 2007(unten; Foto: O. Böhmer). Aller Voraussicht nach wird die Häufigkeit extremer Witterungsereignisse zunehmen. Die Waldbewirtschaftung muss sich daher auf steigende Risiken einstellen.*





Hitze und Trockenstress können die Bäume anfällig machen für einen Befall durch „Sekundärparasiten“ wie den Buchenprachtkäfer *Agrilus viridis* (oben; Foto: H. Delb) oder den Zweipunkt-Eichenprachtkäfer *Agrilus biguttatus* (unten; Foto: H.W. Schröck). Zudem entwickeln sich diese Insekten in warmen Jahren schneller und treten dann in höherer Populationsdichte auf. Die Larven dieser Käfer fressen im inneren Bast und zerstören dabei auch das Kambium. Bei stärkerem Befall sterben die Bäume ab.



Wälder können sich von Natur aus an veränderte Standortbedingungen anpassen. Das zeigen schon die „Wanderungsbewegungen“ der verschiedenen Baumarten nach der letzten Eiszeit. Allerdings verläuft diese Anpassung nur sehr langsam. Die aktuell berechneten Veränderungen der Klimabedingungen erfolgen in weitaus kürzeren Zeiträumen als die Erwärmung nach der letzten Eiszeit. Zudem ist die Anpassung durch die Zersplitterung und Isolierung der Waldareale durch waldfreie, landwirtschaftlich genutzte oder besiedelte Gebiete beeinträchtigt. Ohne Anpassungsmaßnahmen der Forstwirtschaft würden bei den erwarteten Klimaveränderungen ein beträchtlicher Teil unserer Wälder instabil werden und die gesellschaftlichen Bedürfnisse wie die Bereitstellung des Ökorohstoffs Holz, aber auch die vielfältigen Schutz- und Erholungsfunktionen nicht mehr zuverlässig erfüllen.

Wir müssen davon ausgehen, dass die Gefährdung unseres Waldes durch Sturm, Starkregen, Hagel oder ausgeprägte Dürren und in deren Folge auch durch Feuer sowie Insektenkalamitäten und Pilzkrankheiten zunehmen kann.

Bei einer Klimaerwärmung ist mit wesentlichen Veränderungen im Wirt – Parasit- Verhältnis der einheimischen Arten zu rechnen. Darüber hinaus werden sich neue, einwandernde oder eingeschlepp-

te Schädlinge und Krankheiten leichter etablieren können. Insekten und Pathogene werden zum einen aufgrund der klimatischen Veränderungen häufig günstigere Entwicklungs- und Überlebensbedingungen vorfinden und zum anderen sind die Abwehrmechanismen der Bäume bei Temperaturanstieg und zunehmender Sommertrockenheit geschwächt.

Steigen werden auch die Risiken von Hochwasser, Sturzfluten, Erosion und sommerlichem Wassermangel. Auch können sich die Standortsbedingungen so verschieben, dass wertvolle Waldlebensraumtypen und Biotope beeinträchtigt werden oder sogar verloren gehen.

Stärker noch als bereits in der Vergangenheit muss die Waldbewirtschaftung diese zunehmenden Risiken berücksichtigen und neue Strategien zu deren Minimierung entwickeln.

### Maßnahmen zur Anpassung des Waldes an Klimaänderungen

Seit Generationen berücksichtigen Waldbewirtschaftler die Standortsbedingungen und richten ihre Maßnahmen an einer Reduzierung standörtlicher Risiken aus. Dennoch ist der Klimawandel eine große Herausforderung für die Waldbewirtschaftung. So ist bei allen aktuellen und künftigen waldbaulichen Entscheidungen zu berücksichtigen, dass sich

die Standortsbedingungen der Bäume innerhalb eines einzigen Lebenszyklus beträchtlich ändern können. Eine Orientierung der Waldbewirtschaftung am Kriterium „Naturnähe“ wird zunehmend

schwieriger. Auch bislang stabile naturnahe Ökosysteme werden sich verändern, wobei diese Veränderungen nur unzureichend vorhersehbar sind. Daher ist der künftige natürliche Referenzzu-



Zur Anpassung unseres Waldes an die künftigen Klimabedingungen steht uns ein großes Spektrum heimischer Baumarten zur Verfügung. Der **Speierling** (*Sorbus domestica*) ist mit Elsbeere (*S. torminalis*), Mehlbeere (*S. aria*) und Vogelbeere (*S. aucuparia*) eine unserer vier heimischen Sorbusarten. Im Jahr 1993 zum Baum des Jahres ausgerufen, setzten für diese zum damaligen Zeitpunkt sogar in ihrem Bestand bedrohte Baumart intensive Erhaltungsmaßnahmen ein. Allein die Klänge Elmstein hat im Zeitraum 1998/99 rd. 150.000 Speierlingssämlinge angezogen und an Baumschulen und Waldbesitzer abgegeben. Damit wurde dieser Baumart, die für ihr wertvolles Holz und auch für den aus den Früchten bereiteten aromatischen Speierlingsbrand hoch geschätzt wird, wieder eine gesicherte Zukunft gegeben. Foto: B. Haase

stand kaum mehr bestimmbar und auch nicht mehr aussagekräftig.

Waldbauliche Maßnahmen wirken meist sehr langfristig und müssen daher künftige Entwicklungen der Umwelt einbeziehen. Da aber Prognosen über die Veränderungen mit einem großen „Streurahmen“ versehen sind und auch unser Wissen über die Reaktion der Waldlebensgemeinschaften auf die projizierten raschen Veränderungen noch lückenhaft

ist, erfolgen alle waldbaulichen Entscheidungen unter gewissen Unsicherheiten. Dennoch bleibt keine Zeit, zu warten, bis die Prognosen sicherer und die Kenntnisse weiter vorangeschritten sind, denn eine Anpassung des Waldes an das Klima von morgen kann nur sehr behutsam und allmählich erfolgen.

Auch wenn die erwarteten Klimaveränderungen ein erhebliches Risikopotenzial für das Gedeihen

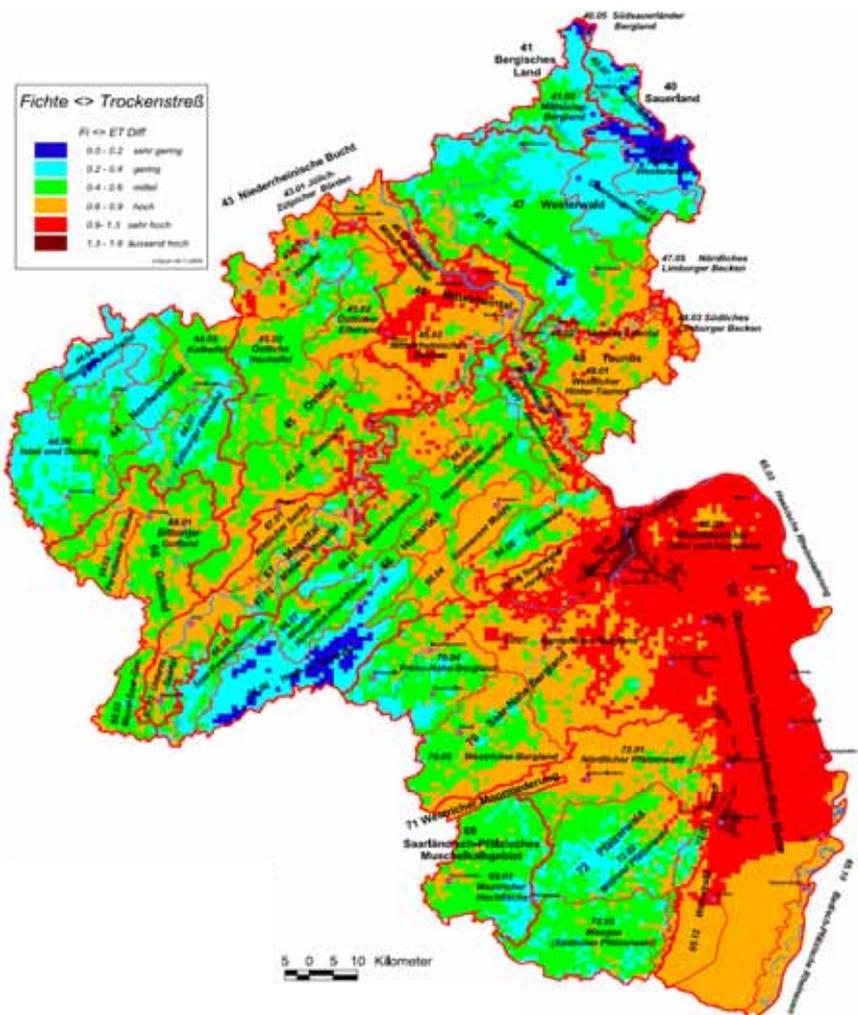
unserer Wälder darstellen, so ist Panik nicht angebracht. Überhastete Maßnahmen bergen zudem große Gefahren.

Über die Bewirtschaftung unserer Wälder können wir deren Aufbau und Struktur gezielt in Richtung auf eine bessere Anpassung an die künftigen klimatischen Bedingungen beeinflussen. Zumindest so lange die Klimaveränderungen den bislang berechneten Rahmen nicht wesentlich überschreiten, sollte es möglich sein, mit geeigneten Maßnahmen die Risiken für den Wald in Rheinland-Pfalz zu begrenzen und auch weiterhin stabile und ertragreiche Wälder zu erhalten.

Nachfolgend werden die wesentlichsten, auf dem gegenwärtigen Kenntnisstand beruhenden Handlungslinien zur Anpassung des rheinland-pfälzischen Waldes und seiner Bewirtschaftung an die projizierten Klimabedingungen skizziert.

### Baumartenwahl und Bestandesstruktur

Unsere heimischen Baumarten verfügen über sehr unterschiedliche Anpassungen an die jeweils herrschenden Standortbedingungen. Einige haben ihre „Wohlfühlbereiche“ in eher kühlen Klimaten, andere sind an eher warme Klimate angepasst. Einige Baumarten, wie die Buche oder der Bergahorn, besitzen eine sehr große ökologische Amplitude, andere, wie Speierling oder Elsbeere besetzen dagegen ver-



*Einschätzung der Trockenstressgefährdung der Fichte unter den heutigen Klimabedingungen. Als Indikator wurde das Verhältnis der aktuellen zur potentiellen Evapotranspiration verwendet (Berechnungen von J. Gauer nach einer von Kölling 2006 beschriebenen Methode). In den gelben, roten und braunen Bereichen ist die Fichte bereits gegenwärtig trockenstressgefährdet und muss vorrangig durch andere Baumarten ersetzt werden.*

gleichsweise kleine ökologische Nischen.

Diese Vielfalt bietet große Chancen. So können an künftige Klimabedingungen besser angepasste Baumarten gezielt gefördert und weniger angepasste zurückgedrängt werden. Beispielsweise stockt ein nennenswerter Teil der Fichte bereits bei den gegenwärtigen Klimabedingungen in Rheinland-Pfalz auf trockenstressgefährdeten Standorten. Bei einem zunehmend sommertrockenen Klima wird dieser Anteil steigen.

Auf solchen Standorten sollte die Fichte behutsam durch trockenstresstolerantere Baumarten wie Douglasie, Buche, Eiche und auf einigen Standorten auch die Weißtanne ersetzt werden. In den kühleren und regenreicheren höheren Lagen des rheinischen Schiefergebirges ist dagegen eine generelle Abkehr von der Fichte als Wirtschaftsbaumart nicht erforderlich.

Beim künftigen Waldbau werden bislang eher seltene, wärmeverträgliche Baumarten wie Sommerlinde, Spitzahorn, Speierling, Wildkirsche und Edelkastanie verstärkt zu berücksichtigen sein. Auf warm-trockenen Standorten kommt auch eine Beteiligung von Baumarten, die auf solche Standortverhältnisse spezialisiert sind, wie Robinie oder Schwarzkiefer in Betracht.

Grundsätzlich sind die Bedingungen für eine Anpassung der Wälder an den Klimawandel in



*Der forstlichen Standortkartierung kommt bei der Anpassung des Waldes an die künftigen Klimaverhältnisse eine Schlüsselrolle zu. Nur wenn die bodenphysikalischen und -chemischen Standortseigenschaften bekannt sind, kann die künftige Wasserverfügbarkeit und damit auch die Anbaufähigkeit der verschiedenen Baumarten beurteilt werden.*

Foto: C.-D. Fath

Rheinland-Pfalz gut. Bereits heute gibt es eine große klimatische Bandbreite im Land, die vom warmen Weinbauklima bis hin zu feucht kühlen Mittelgebirgshöhenzügen reicht. Die weite Amplitude der Buchenwälder, die zum überwiegenden Teil die natürlichen Waldgesellschaften im Land abbilden, ermöglicht eine Waldentwicklung, die nicht darauf angewiesen ist, völlig fremde, bislang nicht im Ökosystem beheimatete Elemente einzuführen. Die aufeinander abgestimmten Lebensgemeinschaften und Kreisläufe müssen nicht aufgebrochen werden. Die große Chance liegt in der Möglichkeit, Wälder anzureichern, Vielfalt zu steigern und damit auch Risiko zu streuen.

Bei der Baumartenwahl müssen

grundsätzlich die jeweils herrschenden standörtlichen Verhältnisse wie Exposition, Bodenwasserhaushalt oder Nährstoffverfügbarkeit beachtet werden. Eine noch größere Bedeutung als bisher erlangt in diesem Zusammenhang die forstliche Standortkartierung, da die Einhaltung der standörtlichen Vorgaben noch wichtiger als bislang wird. Die Standortskarten werden künftig zeitdynamisch im Hinblick auf klimabedingte Standortveränderungen zu erweitern sein und besondere Risikoareale ausweisen.

Wo ein Baumartenwechsel notwendig erscheint, sollte dieser sehr behutsam erfolgen, beispielsweise durch den Voranbau der erwünschten Baumarten unter die vorhandenen Bestände. Ein über-

hasteter Baumartenwechsel zum Beispiel durch kompletten Abtrieb und Neupflanzung kann zu beträchtlichen wirtschaftlichen Einbußen führen und mit gravierenden ökologischen Nachteilen z.B. durch Standortsverschlechterungen und Nährstoffverluste während der Kahllage verbunden sein.

Seit Generationen eingebürgerte und bewährte Baumarten mit breiter Standortsamplitude wie die Douglasie oder mit besonderer Trockenstresstoleranz wie die Edelkastanie können vor dem Hintergrund der Klimaerwärmung und einer zunehmenden Sommertrockenheit an Bedeutung gewinnen. Allerdings gibt es auch bei diesen Baumarten Risiken, die es zu berücksichtigen gilt. Ein Ersatz der heimischen oder eingebürgerten Baumarten durch Baumarten aus wärmeren Klimaten ist weder notwendig noch auf größerer Fläche verantwortbar. Zu bedenken ist, dass auch in den nächsten Jahrzehnten noch sehr kalte Winter und kühlfeuchte Sommer auftreten können. Auch lassen sich die Risiken des Anbaus neuer Baumarten erst nach sehr langwierigen Anbauversuchen zuverlässig abschätzen.

Eine wichtige Maßnahme zur Reduzierung der Risiken durch den Klimawandel ist die gezielte Erhöhung des Anteils von Mischbeständen. Daher wird der Umbau von Nadelholzreinbeständen

in stabile Mischbestände konsequent fortgesetzt, wobei auf einen hohen Anteil von Baumarten mit weiter ökologischer Amplitude zu achten ist und auch Wärme liebende Baumarten verstärkt berücksichtigt werden sollen. Auch in reinen Laubholzbeständen wird eine Mischung unterschiedlicher Baumarten angestrebt. Zur Risikominimierung trägt ebenso eine intensive Waldpflege durch konsequente Förderung der Kronen- (und Wurzel-) Entwicklung vitaler Einzelbäume sowie eine Erhöhung der vertikalen Strukturvielfalt durch Aufbau mehrschichtiger und möglichst altersgemischter Waldbestände bei.

#### **Förderung der genetischen Vielfalt**

Nicht nur der Baumartenvielfalt, sondern auch der genetischen Vielfalt innerhalb der einzelnen Arten kommt eine Schlüsselrolle bei der Anpassung des Waldes an künftige Klimaverhältnisse zu.

Entscheidend sind die genetische Diversität und die Angepasstheit der Populationen an die aktuell und künftig herrschenden Klimabedingungen. Eine breite genetische Basis mit einer ausreichenden Zahl von Merkmalen und Merkmalskombinationen befähigt die Arten, sich an Veränderungen der Umweltbedingungen anzupassen zu können.

Autochthonie („autochthon“ sind Waldbestände, die aus ununterbrochener natürlicher Verjüngung vor Ort entstanden sind) ist keine Überlebensgarantie bei sich ändernden Klimabedingungen. So verfügen autochthone Baumpopulationen auf extremen Standorten oder an den Verbreitungsgrenzen häufig über eine nur geringe genetische Varianz und dementsprechend eine geringe genetische Anpassungsfähigkeit.

Baumarten, die von Natur aus in sehr unterschiedlichen Klimaten vorkommen, wie Buche oder



Die **Douglasie** (*Pseudotsuga menziesii*) wurde erstmals 1880 in Rheinland Pfalz angebaut und ist inzwischen unsere wichtigste eingebürgerte Baumart. In ihrem großen nordamerikanischen Herkunftsgebiet gedeiht sie auf klimatisch sehr unterschiedlichen Standorten und verfügt daher über eine sehr große genetische Amplitude. Die Rassen lassen sich über Isoenzymanalysen unterscheiden. Die Abbildung zeigt als Beispiel einen solchen „genetischen Fingerabdruck“ für das Enzymsystem 6-PGDH für Bäume der Inlandsrasse (9 Bandenmuster links) und der Küstenrasse (9 Bandenmuster rechts) (aus Leinemann 1998).

Douglasie, haben sich durch Evolution, also durch eine allmähliche Änderung der genetischen Zusammensetzung der Population, an die jeweils herrschenden Umweltbedingungen angepasst. So zeigen die verschiedenen europäischen Buchenherkünfte große Unterschiede in der Trockenstresstoleranz. Die genetische Differenzierung dieser Baumarten in Hinblick auf ihre Umweltsprüche wird künftig verstärkt zu nutzen sein.

Andere Baumarten, wie insbesondere die Wildobst- und einige Sorbusarten sind durch Jahrtausende lange menschliche Wirtschaft auf Restvorkommen zurückgedrängt worden. Sie sind häufig nur mehr als Einzelexemplare oder in kleinen Gruppen anzutreffen und haben nicht die Möglichkeit, sich untereinander zu bestäuben. Daher können Inzuchtmerkmale wie schlechte Keimfähigkeit oder Wuchsdepressionen auftreten. Da diese Baumarten nicht nur sehr wertvolles Holz liefern, sondern auch wärmetolerant sind, werden sie künftig eine größere Rolle im Waldbau spielen. Allerdings muss gewährleistet sein, dass das Saat- und Pflanzgut eine hohe genetische Diversität aufweist. Daher wurden in Rheinland-Pfalz Samengärten dieser Baumarten angelegt. In den Samengärten wird eine große Anzahl individueller Genotypen zu Fortpflanzungseinheiten zusammengeführt.



*Keine Obstplantage, sondern ein Wildbirnen-Samengarten. Hier werden bislang isolierte Restvorkommen dieser wärme-liebenden Baumart zusammengeführt. Durch die gegenseitige Bestäubung wird Saatgut mit hoher genetischer Diversität erzeugt.*

Foto: B. Haase

Deren Nachkommenschaften sind mit höherer genetischer Vielfalt und dementsprechend besserer Anpassungsfähigkeit ausgestattet. Bis heute wurden für 22 seltene Baumarten Samengärten im Land Rheinland-Pfalz angelegt, darunter alle bei uns vorkommenden Wärme liebenden Baumarten wie Sommerlinde, Speierling, Elsbeere, Vogelkirsche, Wildapfel, Wildbirne, Spitzahorn und Robinie. In diesem Programm zur Erhöhung der genetischen Vielfalt bei bislang seltenen Baumarten arbeiten die rheinland-pfälzischen Landesforsten eng mit unserem Nachbarland Luxemburg zusammen.

Aber auch die größte genetische Vielfalt in den Populationen einer Baumart hat dort ihre Grenzen, wo die Wasserversorgung und andere Standortfaktoren für das Gedeihen der jeweiligen Baum-

populationen nicht mehr zuträglich sind. Hier ist es die Aufgabe von Herkunftsversuchen, Ökotypen einer Baumart oder andere Baumarten zu finden, die mit den Standortverhältnissen am besten zurechtkommen. Herkunftsversuche müssen langfristig beobachtet werden, um die Reaktionsfähigkeit der einzelnen Herkünfte auf Umweltänderungen dokumentieren zu können. Unter dem Aspekt des Klimawandels werden künftig neben Wuchsmerkmalen vermehrt pflanzenphysiologische Merkmale (Trockenstresstoleranz, Abwehrmechanismen gegen biotische und abiotische Schäden) zu untersuchen sein.

Das genetische Potenzial der Niederwälder wird in diesem Zusammenhang ein wichtiges und womöglich sehr wertvolles Naturinventar sein. Bäume die teilweise seit Jahrhunderten in z.B. warmen

Weinbaulagen in den großen Flusstälern überdauert haben, sind bestens angepasst und tragen mit hoher Wahrscheinlichkeit Erbinformationen in sich, die gesichert werden müssen.

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

Wo geeignete Baumarten und auch für künftige Klimaverhältnisse geeignete Herkünfte vorkommen, ist die natürliche Verjüngung ein geeignetes Mittel, die genetische Angepasstheit zu erhalten und gegebenenfalls zu erhöhen. Die Verjüngungszeiträume sollten hierzu möglichst lang sein. Mit der Entnahme hiebsreifer Bäume sollte erst begonnen werden, wenn sie sich verjüngt haben. Eine Ansammlung von nur wenigen Überhältern muss vermieden werden. Nach Möglichkeit sollten Bäume unterschiedlichen Alters und unterschiedlicher sozialer Stellung zur Verjüngung beitragen.

Wo künstlich durch Pflanzung oder Saat verjüngt werden muss, sollten für den Anbauort geeignete Herkünfte gewählt werden. Zur

Beratung können sich die Waldbesitzenden an die örtlichen Forstämter und die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Abteilung Genressourcen und Forstpflanzenerzeugung wenden. Aus genetischer Sicht ist die Saat einer Pflanzung vorzuziehen, da dann weitaus mehr Pflanzen für die natürliche Selektion vorhanden sind. Dabei sollte nach Möglichkeit Saatgut verwendet wer-

den, das aus einer Vollmast gewonnen wurde, da hierbei nahezu alle Bäume des Bestandes fruktifizieren.

### **Luftreinhaltung, Waldschutz und Waldhygiene**

Auch bei einem raschen Gegensteuern wird eine Verstärkung klimabedingter Stresseinflüsse auf den Wald nicht mehr vermeidbar sein. Umso mehr gilt es, andere Stresseinflüsse nach Mög-



*Probennahmen an Waldkiefer zur Kontrolle auf Befall durch Kiefernholznematoden (*Bursaphelenchus xylophilus*). Noch wurde dieser Schädling in Deutschland nicht festgestellt. Er stammt ursprünglich aus Nordamerika und wurde Anfang des 20. Jahrhunderts in Japan eingeschleppt, wo er immense Schäden verursacht. 1999 wurden Kiefernholznematoden auch in Portugal nachgewiesen. Dort hat er inzwischen mehr als eine halbe Million Hektar Kiefernwälder befallen. Noch sind unsere Klimabedingungen für diese Nematodenart nicht optimal. Aber bei einer Erhöhung der Sommertemperaturen ist im Falle einer Einschleppung nach Deutschland von sehr erheblichen Schäden für die Wald- und Holzwirtschaft auszugehen.*

Foto: H. Delb

lichkeit zu reduzieren. Daher müssen die Anstrengungen zur Verminderung der Emission von versauernden und eutrophierenden Luftschadstoffen konsequent fortgesetzt werden. Zur Stabilisierung versauerungsgefährdeter Waldökosysteme hat sich die Waldkalkung bewährt. Sie wird daher im erforderlichen Umfang fortgeführt. Zur Erhaltung der Widerstandskraft der Bäume ist eine ausreichende und ausgewogene Nährstoffversorgung wichtig. Dieses Ziel kann über eine Aktivierung der ökosystemaren Nährstoffkreisläufe durch Maßnahmen des naturnahen Waldbaus in Kombination mit Kalkung und gegebenenfalls einen Waldumbau in Richtung auf laubbaumreiche Mischbestände erreicht werden. Bei allen Holz- und Biomassenutzungen ist die Nachhaltigkeit des Nährstoffhaushaltes unbedingt zu beachten.

Angesichts des Klimawandels erlangt die erforderliche Reduzierung der Schalenwildbestände eine noch höhere Priorität als bereits bisher. Nur bei angepassten Wilddichten kann die angestrebte Entwicklung von Mischbeständen mit Einbeziehung bislang seltener, wärmetoleranter Baumarten gelingen.

Aller Voraussicht nach werden bei einer Klimaerwärmung die Risiken durch Schadorganismen und Krankheiten steigen. Um Gefahren für den Wald rechtzeitig

erkennen und Gegenmaßnahmen einleiten zu können, ist eine Intensivierung der Überwachung der Waldbestände auf das Auftreten von Schädlingen und Krankheiten erforderlich. Besonderes Augenmerk wird hierbei nicht nur

auf die bereits heute relevanten Schadorganismen zu richten sein, wie die Fichtenborkenkäfer, sondern auch auf bislang noch wenig beachtete Gegenspieler unserer Bäume, wie zum Beispiel rinden- und holzbrütende Laubholzbor-



*Der Eichenprozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*) wird als wärme-liebender Schmetterling von der Klimaerwärmung profitieren. Bereits in den letzten Jahren ist ein deutlicher Populationsanstieg zu verzeichnen. Im Jahr 2007 wurden von den Forstämtern nahezu hundert Vorkommen im Land mit einem Schwerpunkt in den Pfälzer Rheinauen und im Bienwald erfasst. Ältere Raupen verfügen über spezielle Brennhaare mit dem Nesselgift Thaumetopein, das Haut- und Augenreizungen bis hin zu schweren Allergien auslösen kann. Daher ist es besonders besorgniserregend, dass viele Vorkommen an von der Bevölkerung frequentierten Stellen wie Sportplätzen, Campingplätzen, Badeseen, Trimpfadern und sogar in der Nähe von Schulen festgestellt wurden.*

Kleines Foto: E. Eisenbarth  
Großes Foto: H. Veit



*Flächiger Sturmwurf in einem Fichtenreinbestand im Hunsrück durch den Orkan Kyrill. Da die Häufigkeit der Sturmereignisse voraussichtlich zunimmt, ist eine Risikostreuung durch Aufbau von Mischbeständen und die Förderung der Einzelbaumstabilität durch gezielte Pflegeeingriffe von immer größerer Bedeutung.*

Foto: St. Ehrhardt

kenkäfer, Prachtkäfer, Bockkäfer und verschiedene blatt- und nadel-fressende Schmetterlingsarten. Auch Pilzkrankheiten, wie zum Beispiel durch Hallimasch an Wurzeln sowie Rinden- und Blattpilze werden eine immer bedeutendere Rolle spielen. In Zukunft wird auch die Überwachung des Auftretens von eingeschleppten invasiven Arten und, wo möglich, die Verhinderung der Ausbreitung dieser Arten eine wesentliche Aufgabe darstellen. Beispiele hierfür sind der Kiefernholz-nematode oder der Asiatische Laubholzbockkäfer und der in Rheinland-Pfalz bereits vorkommende Esskastanienrindenkrebs.

Alle Maßnahmen gegen diese Schadorganismen werden an den Prinzipien des integrierten Pflan-

zenschutzes ausgerichtet. Dabei stehen Maßnahmen zur Stärkung der Widerstandskraft der Einzelbäume und zur Minimierung der Risiken großflächiger, gravierender Schäden durch die im Abschnitt Baumartwahl und Bestandesstruktur bereits beschriebenen waldbaulichen Maßnahmen im Vordergrund. Zur Begrenzung von Massenvermehrungen der Schadinsekten sind die bewährten Maßnahmen einer konsequenten Waldhygiene wie der rechtzeitige Aushieb befallener Bäume und deren Abfuhr aus dem Wald zu ergreifen. Als ultima ratio ist auch der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln nicht ausgeschlos-

Zunehmen wird auch die Gefährdung des Waldes durch Wald-

brände und Stürme. Die Waldbrandgefährdung kann durch geeignete waldbauliche Maßnahmen, beispielsweise durch Unterbau von Nadelbaumbeständen mit Laubbäumen, und durch geeignete Erschließungsmaßnahmen eingedämmt werden. Zur Reduzierung der Sturmgefährdung helfen alle Maßnahmen zur Erziehung von stabilen Einzelbäumen mit angemessenem Verhältnis von Baumhöhe zu Durchmesser und eine Risikostreuung durch den Aufbau von Mischbeständen.

### **Vorbeugender Hochwasserschutz und Bodenwasserspeicherung**

Die im Zuge des Klimawandels projizierte, überdurchschnittliche Erhöhung der winterlichen Niederschläge in unseren rheinland-pfälzischen Mittelgebirgen birgt die Gefahr häufigerer und stärkerer Hochwasserereignisse. Da der Wald die flächenmäßig bedeutendste Bodennutzungsform in Rheinland-Pfalz ist, muss und kann der Wald zum vorbeugenden Hochwasserschutz beitragen. Generell wirkt eine Waldbedeckung ausgleichend auf den Wasserabfluss aus der Landschaft. Über die Art der Waldbewirtschaftung kann die Hochwasserentstehung beeinflusst werden.

In einem interdisziplinären, EU-geförderten Projekt (Water Retention by Land-Use – WaReLa) hat die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft des Landes Rheinland-

Pfalz gemeinsam mit Partnern aus Rheinland-Pfalz, Baden Württemberg und den europäischen Nachbarländern Waldbewirtschaftungsstrategien entwickelt und in Testgebieten beispielhaft umgesetzt. Diese dienen dem Wasserrückhalt und tragen damit zum vorbeugenden Hochwasserschutz bei. Wesentliche Bausteine dieser unter dem Aspekt Klimawandel immer bedeutsam werdenden Strategien sind u.a.:

- Naturnaher Waldbau und die kontinuierliche Erhaltung einer Vegetationsbedeckung
- Förderung und Erhaltung der Bodenporenstruktur durch Schutzkalkung versauerter Wälder und durch Förderung von ökologisch stabilen Mischwäldern
- Bodenschonende Holzernte- und Bringungstechnologien
- Beschränkung der Waldwegedichte auf den notwendigen Umfang
- Wasserableitung von Waldwegen und Versickerung in benachbarten Waldflächen
- Vermeidung von Linienstrukturen, Schließen von Entwässerungsgräben
- Schaffung und Erhaltung von naturnahen Wasserrückhalträumen im Wald
- Renaturierung der Waldbäche, der Uferbereiche und Bachauen sowie von Feuchtgebieten, Bruchflächen und Mooren.

Diese Maßnahmen erhalten oder verbessern auch die zur Gewährleistung der Wasserversorgung



*Querverbau an einem Drainagegraben in einem Fichtenbestand im Testgebiet Holzbach des EU-WARELA-Projekts. Diese Maßnahme dient dem Wasserrückhalt und trägt zur Verminderung der Entstehung von Hochwasser bei.*

Foto: H.-J. Mack

der Waldbäume in sommerlichen Trockenperioden wichtige Wasserspeicherung im Boden.

Zudem reduzieren sie auch die Gefahr der Entstehung von Sturzfluten bei den künftig voraussichtlich häufigeren Starkregeneignissen.

Auch wenn die Effizienz der einzelnen, dezentralen Maßnahme im Wald nur begrenzt ist, summiert sich bei dem hohen Waldanteil in Rheinland-Pfalz die Wirkung einer Vielzahl von Einzelmaßnahmen zu einem deutlich spürbaren Rückhaltevolumen. Sie tragen so im Verbund mit ingenieurtechnischen Maßnahmen substantiell zum gerade unter dem Vorzeichen des Klimawandels noch bedeutungsvoller werdendem Hochwasserschutz und dem Schutz vor Sturzfluten bei.

### **Forschung und Monitoring**

Waldforschung hat in Deutschland eine längere Tradition als in jedem anderen Land der Erde. Die Standortsansprüche der einzelnen Baumarten, ihr Wachstum bei verschiedenen Umweltbedingungen und ihre Reaktionen auf besondere Stresseinflüsse spielten dabei stets eine große Rolle. Daher können wir bei der Ableitung von Maßnahmen zur Eindämmung der Gefährdung des Waldes und seiner vielfältigen Funktionen durch den Klimawandel auf einer breiten Wissensbasis aufbauen.

Allerdings weist unser Wissensstand durchaus noch erhebliche Lücken auf. So fokussierte die Forschung bislang sehr stark auf die wichtigsten Wirtschaftsbaumarten. Über seltenere Baumarten wie Wildobst, Speierling oder



*Wie verändert sich der Wasserhaushalt der Waldökosysteme und in welchem Ausmaß entsteht Trockenstress? Diesen Fragen wird wie hier an der Umweltkontrollstation Merzalben im Pfälzerwald mit automatisch registrierenden Feldmesssystemen nachgegangen, die mit Tensiometern, TDR-Sonden, Dendrometern und verschiedenen meteorologischen Messfühlern bestückt sind.*

Foto: J. Block

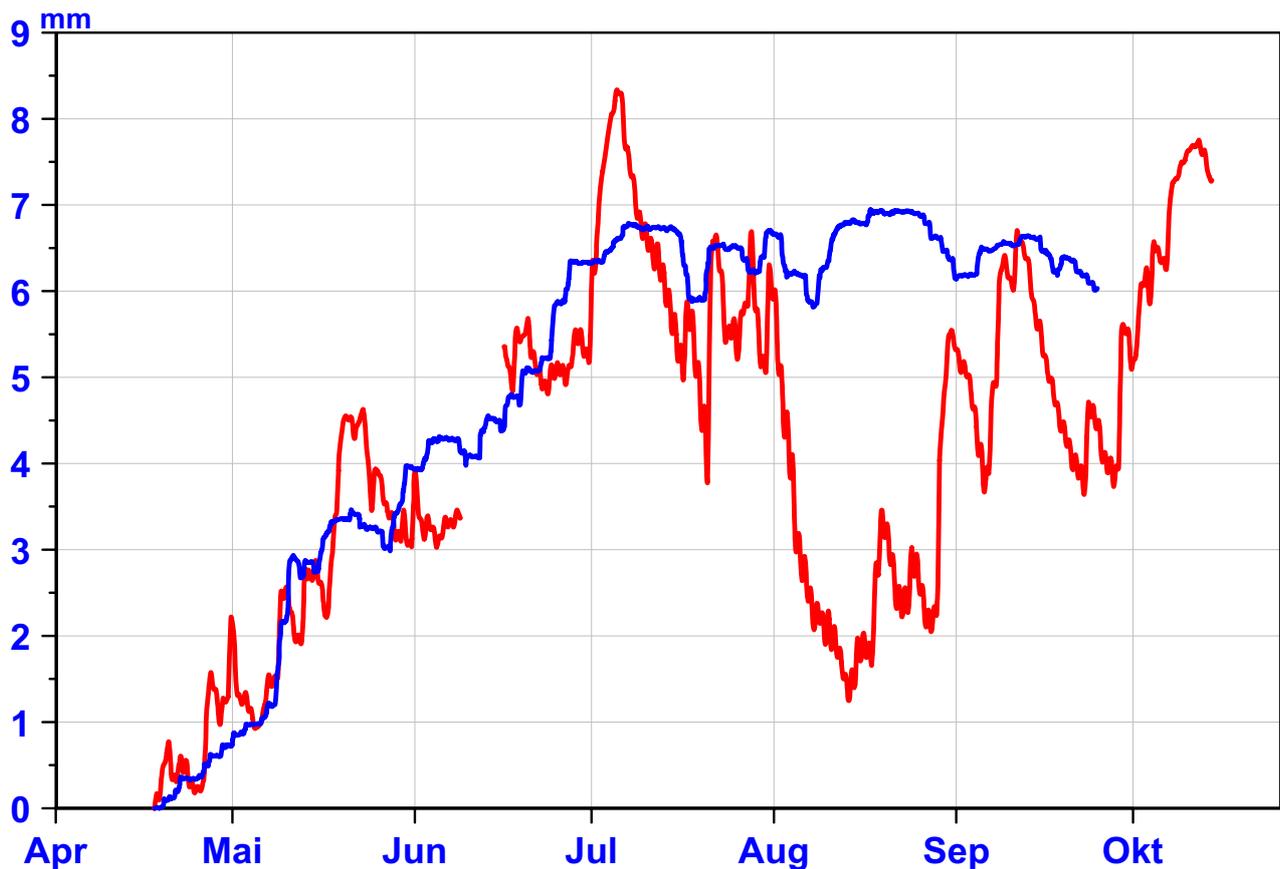
Elsbeere wissen wir weit weniger. Doch gerade diese Baumarten können unter den Vorzeichen eines Klimawandels erheblich an Bedeutung gewinnen. Neu und besonders ist, dass sich die Klimabedingungen voraussichtlich bereits innerhalb eines einzigen Bestandeslebens gravierend ändern werden. Wie unsere Waldbäume auf derart rasche Veränderungen der Standortsbedingungen

reagieren werden, ist nicht sicher vorhersagbar. Hier können wir nur eingeschränkt auf bereits vorhandenes Wissen zurückgreifen.

Welche Baumart reagiert auf die Klimaänderungen empfindlicher als andere? Welche Baumarten und welche Baumartenmischungen sollen künftig auf welchen Standorten angebaut werden? Welche Herkünfte oder welche

Rassen sind auf welchen Standorten geeignet? Wie verändern sich der Wasserhaushalt, der Nährstoffhaushalt und die Kohlenstoffspeicherung der Waldstandorte bei den verschiedenen Klimaszenarien? Wie verschieben sich die Konkurrenzverhältnisse zwischen den Baumarten und wie reagiert ihr Wachstum bei Änderung der Klimabedingungen? Wie entwickeln sich beim Klimawandel die Schäden durch Veränderungen in den Wirt-Parasit-Verhältnissen?

Das sind nur einige der Kernfragen, die die forstliche Forschung möglichst rasch beantworten muss. Hierzu stehen ihr moderne Methoden wie der Einsatz von Waldökosystemmodellen und modellgestützter Szenarioanalysen zur Verfügung. Hiermit können gegebenenfalls Fragen der Art „was wäre, wenn....“ beantwortet werden, ohne die Befunde langjähriger Versuchsreihen abwarten zu müssen. Allerdings sind Langzeituntersuchungen wie beispielsweise Anbauversuche mit verschiedenen Baumarten, Herkünften oder Rassen unter unterschiedlichen Klimabedingungen nach wie vor unverzichtbar, zumal alle Szenarioanalysen mit Unsicherheiten behaftet sind. Bei einem solch komplexen und weltumspannenden Themenbereich wie dem Klimawandel muss selbstverständlich auch die forstliche Forschung im internationalen und fachübergreifenden Verbund erfolgen.



Die Reaktionen der Bäume auf Trockenstress sind bislang nur unzureichend bekannt. Dargestellt sind mit Dendrometern erfasste Umfangveränderungen von Traubeneichen an der Dauerbeobachtungsfläche Merzalben im Jahr 2003 (rote Linie) und im Jahr 2007 (blaue Linie). Im extrem trockenen Spätsommer 2003 reagierten die Eichen auf die abnehmende Wasserverfügbarkeit im Boden mit erheblichen Schrumpfungen.

Von zentraler Bedeutung ist es, ungünstige Entwicklungen frühzeitig zu erkennen. Nur dann kann rechtzeitig gegengesteuert werden. Hier kommt dem forstlichen Umweltmonitoring eine Schlüsselrolle zu. In den letzten Jahrzehnten wurde das forstliche Umweltmonitoring von einem Aufnahmeverfahren der Waldschäden zu einem umfassenden und europaweit harmonisierten Umweltüberwachungssystem im Wald ausgebaut. Es liefert umfangreiche Daten mit bereits weit zurück reichenden Zeitreihen zu Witterungsverläufen, Wasserhaushalt, phänologischen Beobachtungen, Nährstoffnachhaltigkeit, Biodiversität, Kohlenstoffspeicherung, Luftschadstoffbelastung und anderen abiotischen und biotischen Stresseinflüssen sowie Informationen zur Reaktion der Waldbäume und Ökosysteme auf die sich verändernden Umweltbedingungen. Dieses einzigartige Umweltmonitoringsystem muss gerade unter dem Aspekt Klimawandel weiterbetrieben und auch weiterhin kontinuierlich an die sich ändernden gesellschaftlichen Anforderungen und Fragestellungen angepasst werden.

bachtungen, Nährstoffnachhaltigkeit, Biodiversität, Kohlenstoffspeicherung, Luftschadstoffbelastung und anderen abiotischen und biotischen Stresseinflüssen sowie Informationen zur Reaktion der Waldbäume und Ökosysteme auf die sich verändernden Umweltbedingungen. Dieses einzigartige Umweltmonitoringsystem muss gerade unter dem Aspekt Klimawandel weiterbetrieben und auch weiterhin kontinuierlich an die sich ändernden gesellschaftlichen Anforderungen und Fragestellungen angepasst werden.

#### Projekt „ForeStClim“

Ein solch komplexes und globales Thema wie der Klimawandel kann nur im interdisziplinären und Länder übergreifenden Verbund bearbeitet werden.

Die Landesforsten Rheinland-Pfalz wollen daher ab Anfang 2008 mit Partnern aus Rheinland-Pfalz, anderen Bundesländern und anderen europäischen Staaten ein umfassendes Projekt zur Entwicklung und Umsetzung von Strategien zur Anpassung der Waldbewirtschaftung an die sich ändernden Klimabedingungen durchführen. Das Projekt mit dem Titel „Transnational Forestry Ma-

management Strategies in Response to Regional Climate Change Impacts (ForeSt Clim) (Transnationale Strategien zur Waldbewirtschaftung unter den Bedingungen regionaler Klimaänderungen) soll in das Interreg IV B-Programm „European Territorial Cooperation“ eingebunden werden.

Vorgesehen ist die Erarbeitung verfeinerter, regionaler Klima-prognosen und die Erstellung digitaler Standortskarten mit Prognosen regionalklimabedingter Standortveränderungen sowie von digitalen Prognosekarten zu Gebietsabfluss, Grundwasserneubildung, Erosionsgefährdung, Sturmgefährdung und Sturzflutgefährdung bei unterschiedlichen Klimaszenarien. Die klima- und standortsabhängigen Waldentwicklung soll insbesondere im Hinblick auf Wachstum, Kohlenstoffbindung, Entwicklung der Biodiversität und Bedrohungen durch abiotische und biotische Schadfaktoren bewertet werden. Schließlich sollen ökonomisch und ökologisch begründete Waldbewirtschaftungsstrategien in Abhängigkeit der zu erwartenden regionalen Klimaänderungen mit konkreten Waldbewirtschaftungs- und Waldschutzstrategieplänen entwickelt und in Testgebieten beispielhaft umgesetzt werden. Zudem ist eine Abschätzung der ökonomischen und ökologischen Konsequenzen der entwickelten Bewirtschaftungsstrategien unter verschiedenen Klimaszenarien

vorgesehen.

### **Die wesentlichsten Handlungs- linien im Überblick**

#### **Waldbau**

- Förderung von an künftige Klimabedingungen besser angepasster Baumarten und Zurückdrängung weniger angepasster Baumarten
- Strikte Beachtung der standörtlichen Vorgaben
- Gegebenenfalls erforderlichen Baumartenwechsel sehr behutsam und langfristig vornehmen
- Kein Ersatz heimischer oder eingebürgerter Baumarten durch mediterrane Arten
- Entwicklung von Mischbeständen unter verstärkter Berücksichtigung von Baumarten mit breiter ökologischer Amplitude und von bislang seltenen, wärmeverträglichen Baumarten
- Aufbau von mehrschichtigen und altersgemischten Beständen
- Förderung der Einzelbaumvitalität durch Kronenpflege

#### **Genetik**

- Auswahl von an künftige Klimabedingungen angepasster Herkünfte
- Keine Züchtung „resistenter“ Bäume (= genetische Einengung)
- Verwendung von Saat- und Pflanzgut mit hoher genetischer Diversität

- Förderung der Natursammlung, wo geeignete Baumarten und Herkünfte vorhanden; möglichst lange Verjüngungszeiträume bzw. Hinwirken auf frühe Fruktifikation der Bäume durch Förderung großer Kronen

#### **Waldschutz**

- Fortführung der Luftreinhaltemaßnahmen zur Verringerung zusätzlicher Stresseinflüsse durch Versauerung und Eutrophierung
- Fortsetzung der Bodenschutz-kalkung
- Beachtung der Nährstoffnachhaltigkeit bei Holz- und Biomassenutzung
- Reduzierung der Schalenwildbestände auf das zur Entwicklung der angestrebten, artenreichen Mischbestände notwendige Maß
- Intensive Überwachung der Waldbestände auf das Auftreten von Schädlingen und Krankheiten
- Konsequente Waldhygiene und Waldschutzmaßnahmen nach den Prinzipien des integrierten Pflanzenschutzes
- Konsequente Maßnahmen zur Verhinderung der Einschleppung von Schadorganismen und Krankheiten sowie deren Verbreitung
- Berücksichtigung der zunehmenden Waldbrand- und Sturmwurfgefahren bei waldbaulichen Entscheidungen und Betriebsplanungen

### Hochwasserschutz

- Erhaltung und Steigerung des Wasserrückhaltes im Wald u. a. durch Vermeidung von Kahllagen, bodenschonende Holzernte- und Bringung, Bodenschutzkalkung, Rückbau unnötiger Wege, Schaffung von Wasserrückhalten, Schließung von Entwässerungsgräben, Renaturierung von Feuchtgebieten

### Forschung

- Anbauversuche, überregionale Herkunftsversuche und genetische Analysen zur Auswahl angepasster Baumarten und Ökotypen

- Untersuchung der Reaktionen der Bäume und Ökosysteme bei verschiedenen Klimaszenarien u. a. durch Einsatz von Modellsimulationen und Szenarioanalysen
- Fortführung des forstlichen Umweltmonitoring mit besonderer Gewichtung auf den Aspekt Klimawandel
- Untersuchung der Veränderungen in der Empfindlichkeit der Bäume gegenüber bereits vorhandenen und neuen Schaderregern sowie deren Virulenz

### Prognosen, Strategien

- Erarbeitung verfeinerter, regionaler Klimaprognosen
- Zeitdynamische, verschiedene Klimaszenarien berücksichtigende Standortkartierung mit Ausweisung besonders sensibler Areale
- Prognosekarten zu Gebietsabfluss, Grundwasserneubildung, Sturzfluggefahren und Sturmgefährdung bei unterschiedlichen Klimaszenarien
- Entwicklung von Waldbewirtschaftungs- und Waldschutzstrategien mit Abschätzung der ökonomischen und ökologischen Konsequenzen.



*In den warmen Lagen der großen Flusstäler unseres Landes stocken verbreitet Niederwälder. Diese Waldökosysteme haben sich über viele Jahrhunderte an die dort herrschenden warm-trockenen Klimabedingungen angepasst und beherbergen daher sehr wahrscheinlich ein überaus wertvolles Naturinventar. Die Identifizierung und Sicherung dieses Potentials könnte für die künftige Waldbewirtschaftung von großer Bedeutung sein. Das Foto zeigt einen Aufnahmepunkt der Waldzustands-/Bodenzustandserhebung in einem Niederwald bei Bad Bertrich.*

Foto: W. Schwind

## Anhang 1

Entwicklung der Waldschäden nach Baumarten im Vergleich der Jahre 1984 bis 2007 über alle Alter

Baumart	Jahr	Anteile der Schadstufen [in %]					
		ohne Schadensmerkmale	schwach geschädigt	Summe deutlich geschädigt	mittelstark geschädigt	stark geschädigt	abgestorben
		0	1	2-4	2	3	4
Fichte	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	

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

Baumart	Jahr	Anteile der Schadstufen [in %]					
		ohne	schwach	Summe	mittel-	stark	ab-
		Schadens- merkmale	geschädigt	deutlich geschädigt	stark geschädigt	geschädigt	gestorben
	0	1	2-4	2	3	4	
Buche	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	

Baumart	Jahr	Anteile der Schadstufen [in %]					
		ohne	schwach	Summe	mittel-	stark	ab-
		Schadens- merkmale	geschädigt	deutlich geschädigt	stark geschädigt	geschädigt	gestorben
	0	1	2-4	2	3	4	
Eiche	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	

Baumart	Jahr	Anteile der Schadstufen [in %]					
		ohne Schadens- merkmale	schwach geschädigt	Summe deutlich geschädigt	mittel- stark geschädigt	stark geschädigt	ab- gestorben
		0	1	2-4	2	3	4
Sonstige	2007	37	39	24	20,5	2,6	0,5
Baumarten	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	

Baumart	Jahr	Anteile der Schadstufen [in %]					
		ohne Schadens- merkmale	schwach geschädigt	Summe deutlich geschädigt	mittel- stark geschädigt	stark geschädigt	ab- gestorben
		0	1	2-4	2	3	4
Alle	2007	31	41	28	26,4	1,6	0,5
Baumarten	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	

## Anhang 2

Probebaumkollektiv 2007

<b>Art (Gattung)</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Anteil (in %)</b>
Fichte	1136	29,0
Buche	770	19,7
Eiche	678	17,3
Kiefer	559	14,3
Lärche	152	3,9
Douglasie	116	3,0
Esche	112	2,9
Hainbuche	101	2,6
Birke	52	1,3
Ahorn	49	1,3
Edelkastanie	32	0,8
Tanne	27	0,7
Erle	25	0,6
Kulturpappel	25	0,6
Eberesche	21	0,5
Aspe	15	0,4
Linde	11	0,3
Kirsche	9	0,2
Roteiche	5	0,1
Strobe	5	0,1
Salweide	5	0,1
Mehlbeere	3	0,1
Elsbeere	2	0,1
Robinie	1	0,0
Insgesamt	3.912	100,0

## Anhang 3

### Abkommen und gesetzliche Regelungen zur Luftreinhaltung

Maßnahme	Jahr	Ziel
<b>Internationale Abkommen und Richtlinien</b>		
Montreal-Protokoll	1987	Schutz der stratosphärischen Ozonschicht
Europäische Abkommen zur Luftreinhaltung im Rahmen der UN-ECE-Verhandlungen: Helsinki-Protokoll Oslo-Protokoll Sofia-Protokoll Genfer-Protokoll  Göteborg-Protokoll	1985 1994 1988 1991  1999	1. und 2. Schwefel-Protokoll zur Reduzierung der Schwefelemissionen Rückführung der Stickstoffoxidemissionen Rückführung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen Bekämpfung von Versauerung, Eutrophierung und bodennahem Ozon
Luftqualitäts-Rahmenrichtlinie und 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
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
<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
3. BImSchV	2002	Neufassung der Verordnung über den Schwefelgehalt bestimmter flüssiger Kraft- oder Brennstoffe

<b>Maßnahme</b>	<b>Jahr</b>	<b>Ziel</b>
10. BImSchV	2004	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 des Kfz-Steuergesetzes	1997	Ausrichtung der Kfz-Steuer für Pkw nach dem Emissionsverhalten
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 7 Level-II-Flächen wurden bis 2006 im Rahmen des EU- Forest Focus – Programms von der Europäischen Union finanziell unterstützt.

Das europaweite Forstliche Umweltmonitoring soll im Rahmen des EU-LIFE+-Programms fortgeführt werden.