



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR  
UMWELT, LANDWIRTSCHAFT,  
ERNÄHRUNG, WEINBAU  
UND FORSTEN

# WALDZUSTANDS- BERICHT 2012



Landesforsten  
Rheinland-Pfalz

## Impressum

### Herausgeber

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

Mainz, November 2012

### Gestaltung

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

nur als Download

<http://www.fawf.wald-rlp.de/index.php?id=3245>

### Titelbild:

Aufnahmeteam vor Ort  
Foto: Th. Wehner

# WALDZUSTANDS- BERICHT 2012

---

	Seite
<b>Vorwort</b>	<b>4</b>
<b>Waldzustand 2012 im Überblick</b>	<b>6</b>
<b>Waldzustandserhebung (WZE)</b>	<b>10</b>
<b>Einflüsse auf den Waldzustand</b>	<b>28</b>
Entwicklung der Luftschadstoffbelastung	29
Witterungsverhältnisse	38
Allgemeine Waldschutzsituation	43
<b>Deutliche Verbesserung des Waldbodenzustandes in Rheinland-Pfalz</b>	<b>48</b>
<b>Wasserhaushalt rheinland-pfälzischer Wälder - Erhebliche Veränderungen durch den Klimawandel zu erwarten</b>	<b>54</b>
<b>Anhänge</b>	
Entwicklung der Waldschäden	62
Probebaumkollektiv 2012	68
Abkommen und gesetzliche Regelungen zur Luftreinhaltung	69



# VORWORT



Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2012 wurden mit großer Spannung erwartet, insbesondere weil sich die Witterungsextreme fortsetzten und aus dem Bereich der Landwirtschaft oder auch aus der Imkerei Meldungen kamen, die Anlass zur Sorge gaben. Nach einem relativ schneearmen Winter, an dessen Ende aber eine lange und scharfe Kälteperiode stand, folgten mehrere Niederschlagsperioden, die bei vielen Menschen das Jahr als verregnet in Erinnerung ließen.

Würden sich die Wälder nach den vorausgegangenen trockenen und warmen Jahren mit extremer Blütenbildung erholen oder würden andere Schadfaktoren wie beispielsweise Pilze die Vitalität der Bäume schwächen?

Der Waldzustandsbericht 2012 gibt hier ein differenziertes Bild wieder: Besonders erfreulich ist, dass die Buche als unsere maßgebliche heimische Baumart eine spürbare Verbesserung des Kronenzustandes zeigt und der Anteil der deutlichen Schäden um 27 Prozentpunkte zurückgegangen ist. Über alle Baumarten hinweg sind die deutlichen Schäden um 5 Prozentpunkte gesunken.

Dennoch: Nach wie vor fast unverändert sind 71 % der Waldbäume belastet. Ursache hier-



für sind die immer noch zu hohen Schadstoffeinträge – allen voran die verschiedenen Stickstoffverbindungen –, die Zunahme der Witterungsextreme und die allgemein anhaltende Veränderung des Klimas, die bei Bäumen physiologischen Stress verursacht und andere Faktoren wie den kritischen Befall durch Insekten begünstigt. Es gibt daher keinen Grund, von der Fortsetzung der Luftreinhaltepolitik abzusehen und oder gar die Energiewende in Frage zu stellen. Der Ausbau und die Nutzung regenerativer und klimaneutraler Energien – auch im Wald – ist gleichermaßen ein wesentlicher Baustein zur Stabilisierung der Waldökosysteme.

Wie schon im Vorjahr widmet sich der diesjährige Bericht zwei besonderen Schwerpunkten. Die Erfassung und das Monitoring des Waldbodenzustandes und auch die Modellierung des Wasserhaushaltes im Wald zählen zu den Grundlagen einer umfassenden Umweltvorsorge und einer Anpassung unserer Wälder an den Klimawandel. Die Leserinnen und Leser erhalten hierzu wichtige Hintergrundinformationen, die erahnen lassen, wie komplex die natürlichen Abläufe ineinander greifen und wie sensibel die Systeme sind. Auch die Hinweise, wo interessierte Leser tiefer in die Materie einsteigen können und wie differenziert über das neu erstellte Klimawandel-Informationssystem Daten abgerufen werden können, runden das Bild ab.

Wald ist mit 42 % Anteil an der Landesfläche von Rheinland-Pfalz die umfangreichste und vergleichsweise naturnächste Landnutzungsform. Die Fortsetzung des forstlichen Umweltmonitorings ist somit ein zentraler Baustein unserer Nachhaltigkeitsstrategie. Monitoring und Forschung im geplanten Nationalpark werden helfen, die Waldentwicklung in einem nicht unmittelbar durch menschliche Eingriffe geprägten Wald zu erfassen, um hieraus wichtige Hinweise über die Anpassungsfähigkeit unserer Baumarten zu erhalten.

Mein besonderer Dank gilt an dieser Stelle dem routinierten Aufnahme- und Auswertungs-Team bei Landesforsten bzw. der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft in Trippstadt.

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

# WALDZUSTAND 2012



# EIN ÜBERBLICK

Der Kronenzustand der Waldbäume in Rheinland-Pfalz hat sich im Jahr 2012 gegenüber dem Vorjahr verbessert. Der Anteil an Bäumen mit deutlichen Schäden ist um 5 Prozentpunkte auf 28 % zurückgegangen. Der Anteil schwach geschädigter Bäume ist um 4 Prozentpunkte auf jetzt 43 % und der Anteil an Bäumen ohne sichtbare Schadensmerkmale um 1 Prozentpunkt auf 29 % gestiegen.

Besonders deutlich hat sich der Kronenzustand der Buche verbessert, aber auch bei Kiefer und vielen Nebenbaumarten ergaben sich merkliche Verbesserungen. Bei Fichte und Eiche zeigte sich demgegenüber eine Verschlechterung im Kronenzustand.

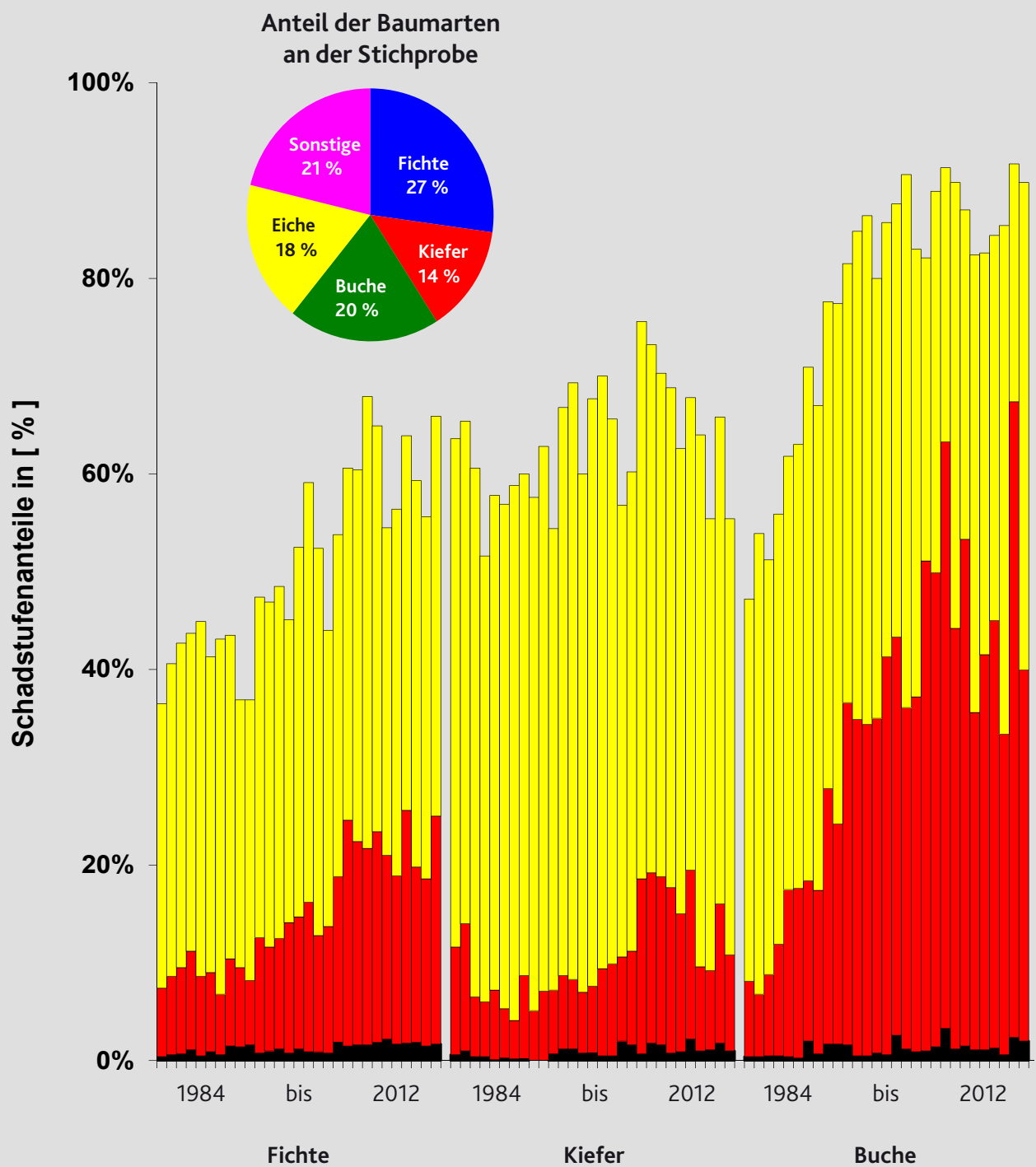
Die Verbesserung des Kronenzustands bei der Buche war bei ausbleibendem Fruchtanhang im aktuellen Jahr nach der starken Fruktifikation 2011 erwartet worden. Der für den Wald weitgehend günstige Witterungsverlauf hat diese Erholung begünstigt. Bei der Eiche ist das Schadniveau durch verbreitet aufgetretenen Insektenfraß an den Blättern mit nachfolgendem Mehltreubefall angestiegen. Bei der Fichte könnte die Verschlechterung auf Störungen in der Verzweigungsstruktur infolge der überaus starken Blüte und Fruktifikation im Vorjahr in Verbindung mit dem nur sehr geringen Triebwachstum durch das extrem trockene Frühjahr 2011 beruhen.

Dank durchgreifender Luftreinhaltemaßnahmen haben sich die Belastungen der Waldökosysteme durch Luftschadstoffe in den letzten Jahrzehnten erheblich verringert. Die Schwefeldioxidbelastung und die Einträge an Säure und Schwermetallen sind seit Mitte der 1980er Jahre sehr deutlich zurückgegangen. Demgegenüber konnten die Stickstoffeinträge in den Wald bislang nur unzureichend reduziert werden. Sie überschreiten an der Mehrzahl der Waldstandorte nach wie vor die Schwellenwerte der Ökosystemverträglichkeit. Auch beim Ozon wird die Belastungsschwelle für Waldökosysteme noch deutlich überschritten.

Der Einfluss witterungsbedingter Belastungen ist in den letzten Jahren angestiegen. Die forstliche Vegetationszeit war in den letzten drei Jahrzehnten im Vergleich zum langjährigen Mittel nahezu in allen Jahren zu warm und häufig auch zu trocken. Die Vegetationszeit des Jahres 2012 war zwar etwas zu warm, brachte aber gut verteilt ausreichend Niederschläge. Wie in den Vorjahren traten auch im aktuellen Jahr lokale Extremereignisse, wie Spätfrost oder Hagelstürme, auf, die örtlich beträchtliche Schäden verursacht haben. Die Schäden durch Borkenkäferbefall sind im Jahr 2012 zurückgegangen. An Eichen waren verbreitet Schäden durch den Fraß von Schmetterlingsraupen und durch Mehltreubefall zu beobachten. An Wildkirsche trat verbreitet ein vorzeitiger Blattfall durch die Sprühfleckenkrankheit auf.

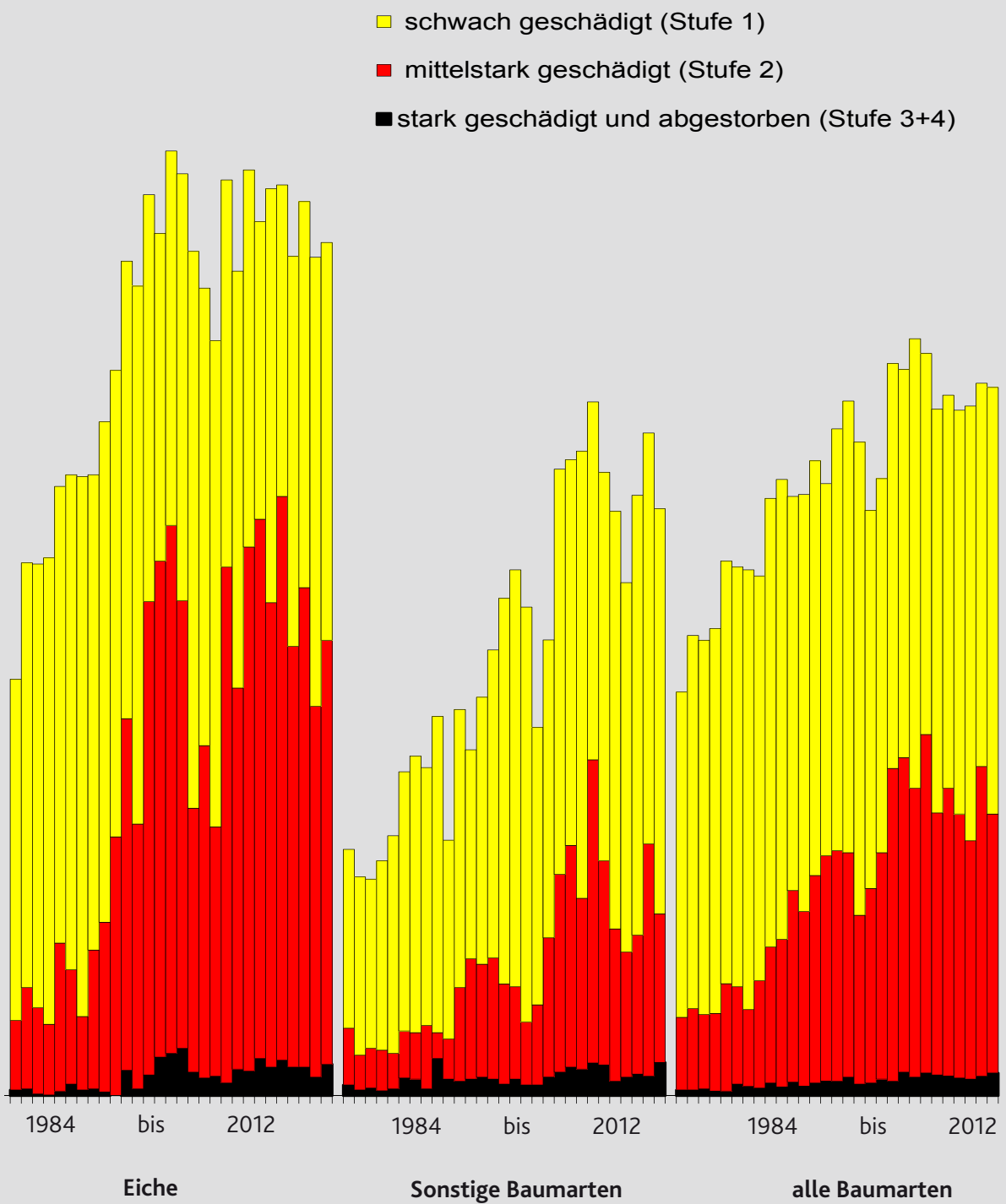
Die zweite landesweite Waldbodenzustandserhebung ist abgeschlossen. Sie zeigt eine Verbesserung des Waldbodenzustandes: Die Bodenversauerung ist zurückgegangen, die pH-Werte sind höher und die Gehalte pflanzenverfügbaren Kalziums und Magnesiums gestiegen. Die Belastung durch Sulfat und Schwermetalle ist geringer. Die belegt die Erfolge der Luftreinhaltung und die Wirksamkeit der Bodenschutzkalkung. Doch zeigen sich an etwa der Hälfte der Aufnahmepunkte Hinweise auf eine Stickstoffeutrophierung.

Wasserhaushaltsuntersuchungen des forstlichen Umweltmonitorings decken auf, wo bereits gegenwärtig Wassermangelsituationen bestehen und wie sich die Trockenstressbelastungen im Zuge eines Klimawandels verändern könnten. Wegen der noch großen Unsicherheit in der Einschätzung der Ausprägung des Klimawandels ist eine Fortführung der Umweltbeobachtung im Wald und eine Risikostreuung bei der Waldbewirtschaftung, zum Beispiel durch ein möglichst großes Baumartenspektrum und die Fortsetzung des Waldumbaus in Richtung gemischter Bestände unverzichtbar.





## Entwicklung der Waldschäden von 1984 bis 2012 in Rheinland-Pfalz



# WALDZUSTANDS- ERHEBUNG (WZE)





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

Im Jahr 2012 hat sich der Kronenzustand der Waldbäume überwiegend verbessert. Besonders durchgreifend ist die Erholung bei der Buche ausgefallen, die den erheblichen Anstieg der Kronenverlichtung des Vorjahres zum größten Teil wieder ausgleichen konnte. Demgegenüber ist bei der Eiche ein Anstieg des Schadniveaus zu verzeichnen. Auch bei der Fichte ist die Kronenverlichtung in 2012 angestiegen. Die meisten anderen Baumarten weisen in 2012 einen besseren Kronenzustand auf als im Vorjahr; lediglich die Kirschen, teilweise auch Vogelbeeren, sind infolge des Befalls mit einem Blattpilz stark verlichtet.

### Durchführung

Die Waldzustandserhebung erfolgt seit 1984 auf einem systematischen, landesweiten Stichprobenraster. Dabei wird die Vollstichprobe im 4x4 km Raster in mehrjährigen Abständen aufgenommen. In den Zwischenjahren erfolgt die Erhebung auf einer Unterstichprobe im 4x12 km Raster. Im Jahr 2012 wurde der Kronenzustand an den Punkten der Unterstichprobe aufgenommen. Zuvor wurde das Raster ein zweites Mal auf neue Aufnahmepunkte hin geprüft. Dabei wurden 4 neue Stichproben angelegt, so dass in Rheinland-Pfalz nunmehr 169 Aufnahmepunkte zu erheben sind. An 4 dieser Punkte stockt zur Zeit kein geeigneter Waldbestand um Probestämme auszuwählen. An einem weiteren Punkt wurde 2012 infolge fortschreitender Schäden der Waldbestand weitgehend genutzt, so dass auch an diesem Punkt nicht ausreichend Probestämme begutachtet werden konnten. An diesen Punkten kann erst wieder eine Aufnahme erfolgen sobald der nachfolgende Jungbestand etabliert ist. Insgesamt wurden 2012

an 164 Aufnahmepunkten 3.936 Stichprobenbäume begutachtet.

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

Die Außenaufnahmen erfolgten einschließlich Schulung und Kontrollaufnahmen in der Zeit vom 23. Juli bis 14. August 2012.

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

### Waldzustand allgemein

Für die gesamte Waldfläche von Rheinland-Pfalz über alle Baumarten und Altersstufen hat sich der Zustand des Waldes gegenüber dem Vorjahr leicht verbessert. Der Anteil deutlicher Schäden ist um 5 Prozentpunkte niedriger als in 2011. Die mittlere Kronenverlichtung liegt um 0,8 Prozentpunkte unter dem Wert des Vorjahres, doch auch diese geringe Veränderung ist statistisch signifikant.

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

**Aufnahmeteam vor Ort**

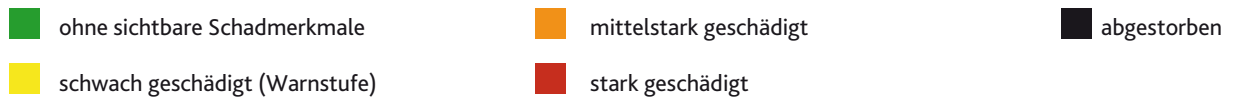
Foto: T. Wehner

Die Entwicklung bei den einzelnen Baumarten differiert erheblich. Besonders deutlich hat sich der Kronenzustand der Buche, weniger stark der von Kiefer und den meisten Nebenbaumarten verbessert. Bei der Fichte und Eiche zeigte sich dagegen eine Verschlechterung des Kronenzustandes.

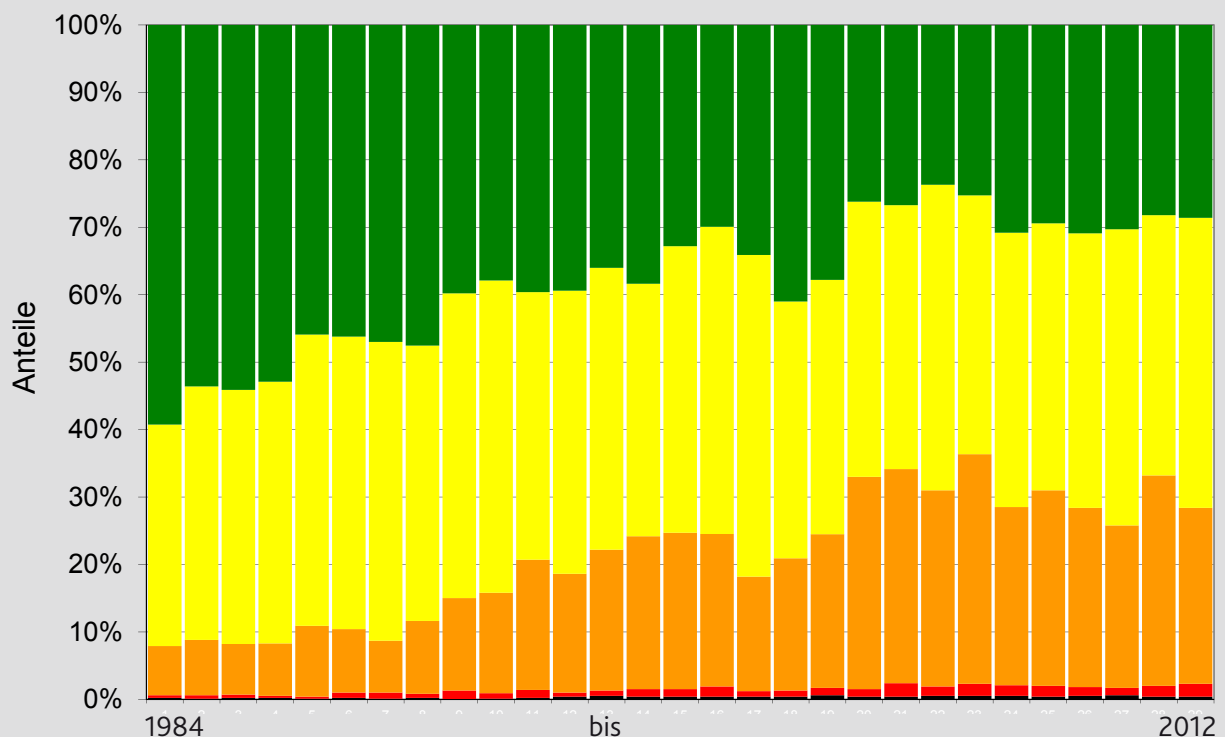
Der Witterungsverlauf 2012 war wechselhaft. Zunächst war der Winter zu warm und brachte im Dezember und Januar reichlich Niederschläge. Der Februar war dann sehr kalt und trocken, doch schon der März war wieder zu warm, es blieb aber trocken. Nach einem durchschnittlichen April folgte ein zu warmer Mai, doch mit ausreichend Niederschlägen. Der Juni brachte wieder überdurchschnittlich hohe Niederschläge und es folgte ein normal warmer, niederschlagsreicher Sommer. Erst im August kam eine warm trockene Periode, die aber keinen Einfluss auf die Vegetationsentwicklung mehr hatte.

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

Lokale Gewitterstürme führten kleinflächig zu Schäden durch Sturmwurf oder Hagelschlag. Der Witterungsverlauf begünstigte die Entwicklung von Pilzen. So wurden Blattpilze immer wieder beobachtet. Mehltaubefall an Eiche trat lokal intensiv auf. Sehr auffällig war auch die „Sprühfleckenkrankheit“ an Kirsche, die teilweise schon im August zu weitgehender Entlaubung führte.



### Entwicklung der Schadstufenverteilung über alle Baumarten





## Fichte

Die Fichten haben sich in ihrem Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr verschlechtert. Der Anteil der deutlich geschädigten Probestämme ist um 6 Prozentpunkte angestiegen, der Anteil der Probestämme ohne sichtbare Schädmerkmale ist um 4 Prozentpunkte geringer. Die mittlere Kronenverlichtung stieg um 3 Prozentpunkte gegenüber dem Vorjahr; diese Veränderung ist signifikant.

Die Fichten leiden aber stärker als die meisten anderen Baumarten unter Schadereignissen, besonders Sturmwurf oder Borkenkäferbefall, die zu einem ungeplanten, vorzeitigen Ausfall der Bäume führen. In 2012 war bei 40 der insgesamt 55 ausgeschiedenen Fichten-Probestämme Sturmwurf oder Insektenbefall die Ursache.

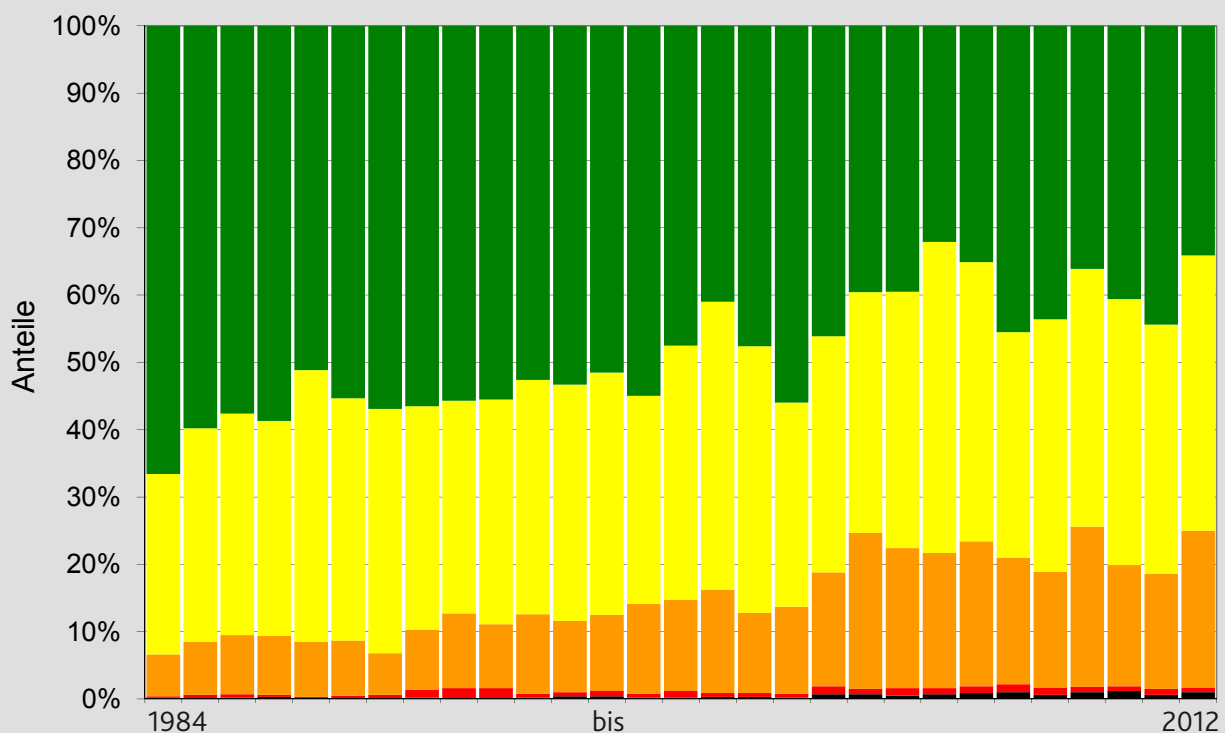
Die Ausscheiderate ist mit 5,2 % der Baumzahl überdurchschnittlich hoch. Darunter sind auch 13 Probestämme des Aufnahmepunktes, der in einem vollständig durch Borkenkäferbefall zerstörten Waldbestand lag. So ist seit 2003 das Niveau

der Kronenverlichtung bei Fichten zwar stabil, die Ausscheiderate jedoch durchgehend über dem Durchschnitt aller Baumarten.

In 2012 war bei Fichten so gut wie kein Fruchtanhang zu beobachten. Trotz des günstigen Witterungsverlaufes im Frühjahr und Sommer im aktuellen Jahr ist das Niveau der Kronenschäden wieder auf den Stand von 2003 angestiegen. Die Verschlechterung des Kronenzustands in 2012 könnte eine Folgewirkung der Belastungen des Vorjahres sein. Im Jahr 2011 war bei Fichte eine außergewöhnlich starke Fruktifikation zu beobachten. Weibliche und männliche Blüten werden an Stelle von vegetativen Knospen gebildet. Hierdurch wird die Kronenstruktur verändert. Zudem waren die Triebe des Jahrgangs 2011 aufgrund der ausgeprägten Frühjahrstrockenheit außergewöhnlich kurz, was sich auch auf die Benadelung der Fichtenkrone im Folgejahr auswirken dürfte.

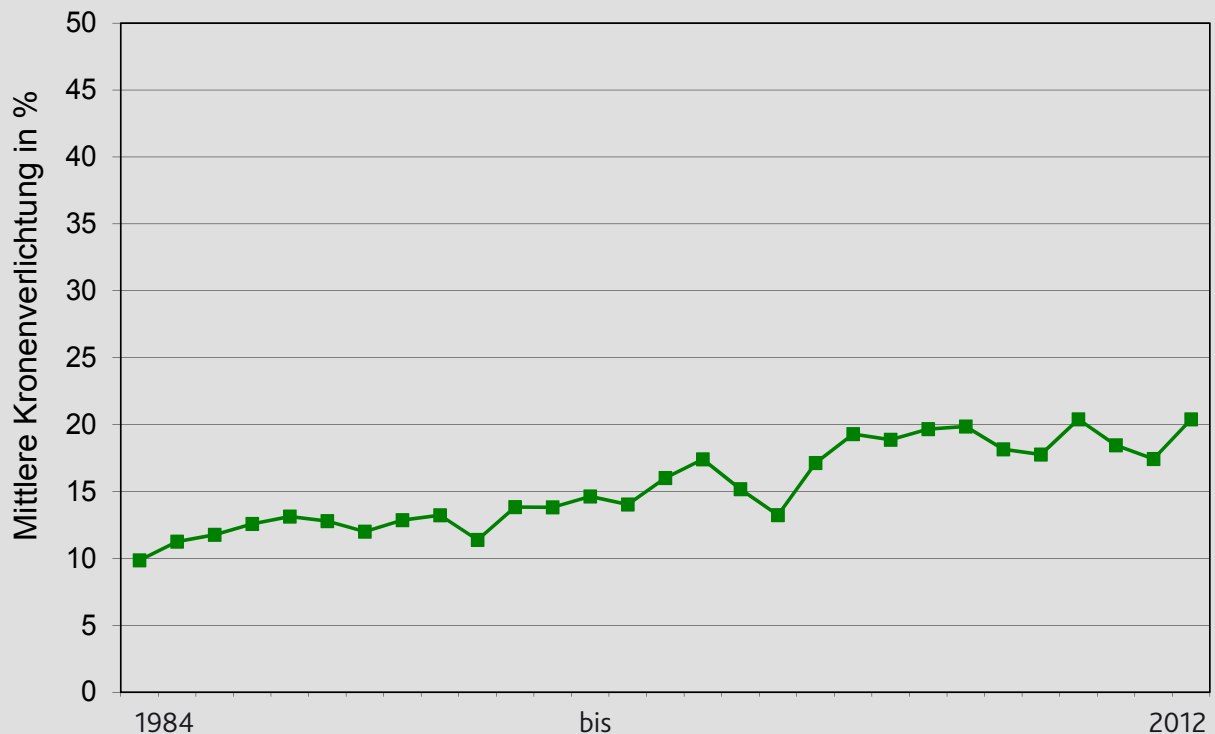
## Fichte

### Entwicklung der Schadstufenverteilung



## Fichte

### Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



## Buche

Der Anteil der deutlichen Schäden ist bei der Buche um 27 Prozentpunkte zurückgegangen, der Anteil an Probestämmen ohne sichtbare Schädmerkmale um 2 Prozentpunkte angestiegen. Die mittlere Kronenverlichtung liegt um 7 Prozentpunkte niedriger als der Vorjahreswert. Damit hat die Buche den Schadanstieg des Vorjahres zu einem großen Teil wieder ausgleichen können.

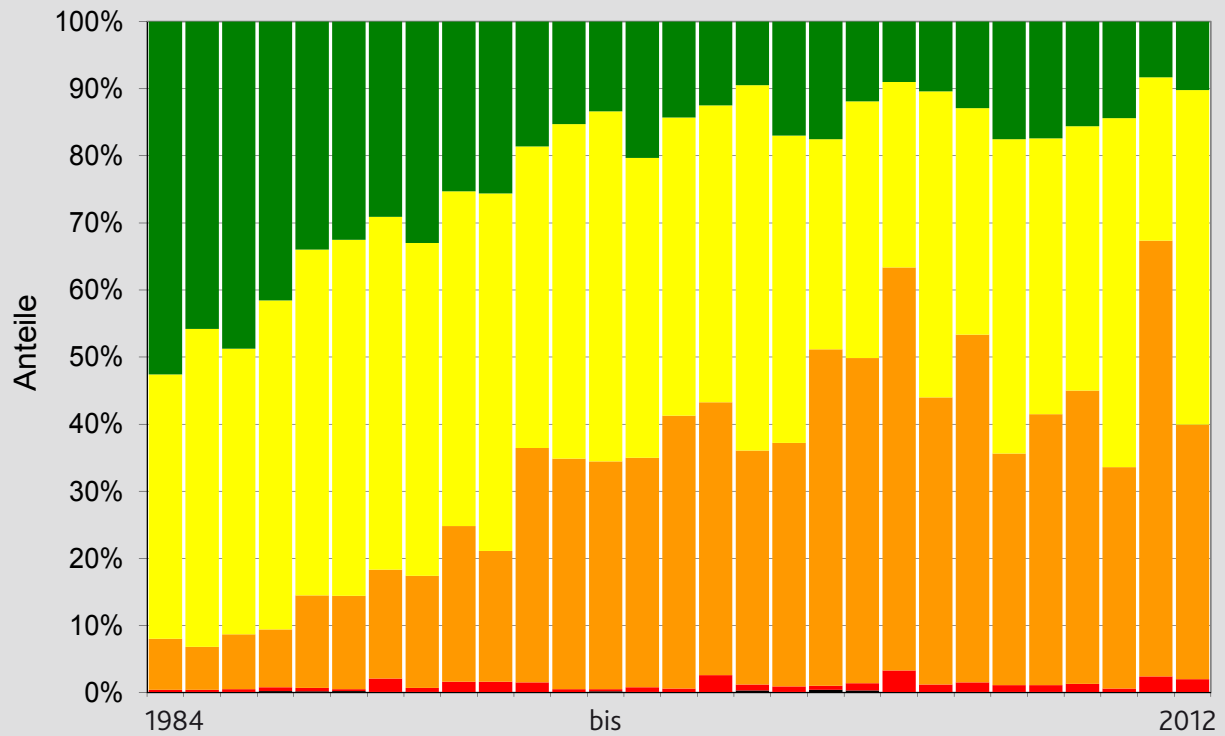
In 2012 waren keine außergewöhnlichen Belastungen für die Buche festzustellen. Nach dem außergewöhnlich starken Fruchtanhang 2011 war 2012 so gut wie keine Fruktifikation zu beobachten. Für Buche ist in der langen Zeitreihe der Waldzustandserhebung der Einfluss des Fruchtanhangs auf den Kronenzustand bereits mehrfach dokumentiert. So war erwartet worden, dass die Buche in 2012 kaum Fruchtanhang ausbildet und ihren Kronenzustand wieder entsprechend verbessert. Es ist jedoch auch zu beobachten, dass die Buche die durch Fruchtanhang ausgelösten Schadanstiege bisher nicht vollständig ausgleichen konnte. Schäden durch blattfressende Insekten oder Befall

durch Blattpilze wurden nicht merklich häufiger als im Vorjahr beobachtet. Loch- und Minierfraß durch den Buchenspringrüssler (*Rhynchaenus fagi*) war an rund 12 % der Probestämme am häufigsten aufgetreten, stärkerer Befall aber nur selten festzustellen. Blattbräune durch den Pilz *Apiognomonia errabunda* wurde zwar gelegentlich beobachtet, jedoch überwiegend mit geringem Befall im Bereich der Schattkrone. Damit blieb sie ohne Einfluss auf die Kronenverlichtung.

Vergilbung war in 2012 häufiger als im Vorjahr notiert worden, obgleich die Erhebung früher abgeschlossen wurde. Vergilbung war an 19 % aller Buchen festgehalten worden, aber nur bei 6 % in einem nennenswerten Umfang. An 12 Probestämmen war die Vergilbung so stark, dass sie in eine höhere Schadstufe eingewertet wurden, als durch die Kronenverlichtung gegeben war. Eine gut sichtbare gelbe Eigenfärbung der Blätter trat dabei eher selten auf. Weit häufiger war eine fahlgrüne bis gelbgrüne Verfärbung der Blätter in der oberen Lichtkrone zu erkennen gewesen, die aber nicht als Vergilbung notiert wird. Solche Verfärbungen

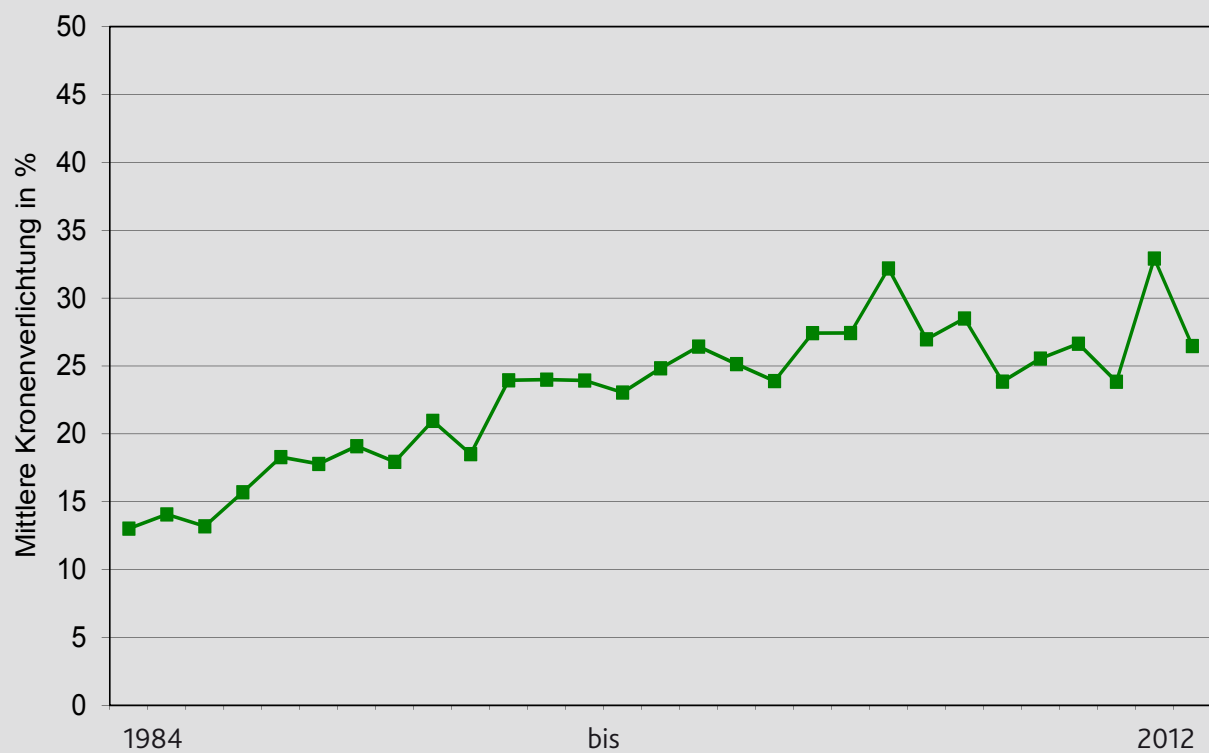
## Buche

### Entwicklung der Schadstufenverteilung



## Buche

### Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



waren ab Mitte Juli zu sehen und deuten auf eine vorzeitige Blattalterung hin. Vergilbungen können durch verschiedene Ursachen ausgelöst werden, so durch Nährstoffmängel, Virusinfektionen oder saugende Insekten. Sehr früher Blattaustrieb, intensive

Sonneneinstrahlung oder Ozonbelastung können zu einer vorzeitigen Blattalterung führen. Welche Ursache im Einzelfall konkret verantwortlich ist kann im Zuge der Übersichtserhebung nicht festgestellt werden.

## Eiche

Der Kronenzustand der Eichen hat sich in 2012 verschlechtert. Der Anteil deutlich geschädigter Probestämme ist um 7 Prozentpunkte gegenüber dem Vorjahr angestiegen; der Anteil der Eichen ohne sichtbare Schadmerkmale ist um 2 Prozentpunkte niedriger. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 2 Prozentpunkte höher als im Vorjahr. Trotz dieser signifikanten Verschlechterung ist das Schadniveau unter dem Wert von 2010 geblieben. In 2012 wurde bei den Eichen kaum Fruchtanhang beobachtet. Das Ausmaß ist aber zum Zeitpunkt der Waldzustandserhebung nur unzureichend abschätzbar, so dass keine Aussagen zum Einfluss auf den Kronenzustand abgeleitet werden kön-

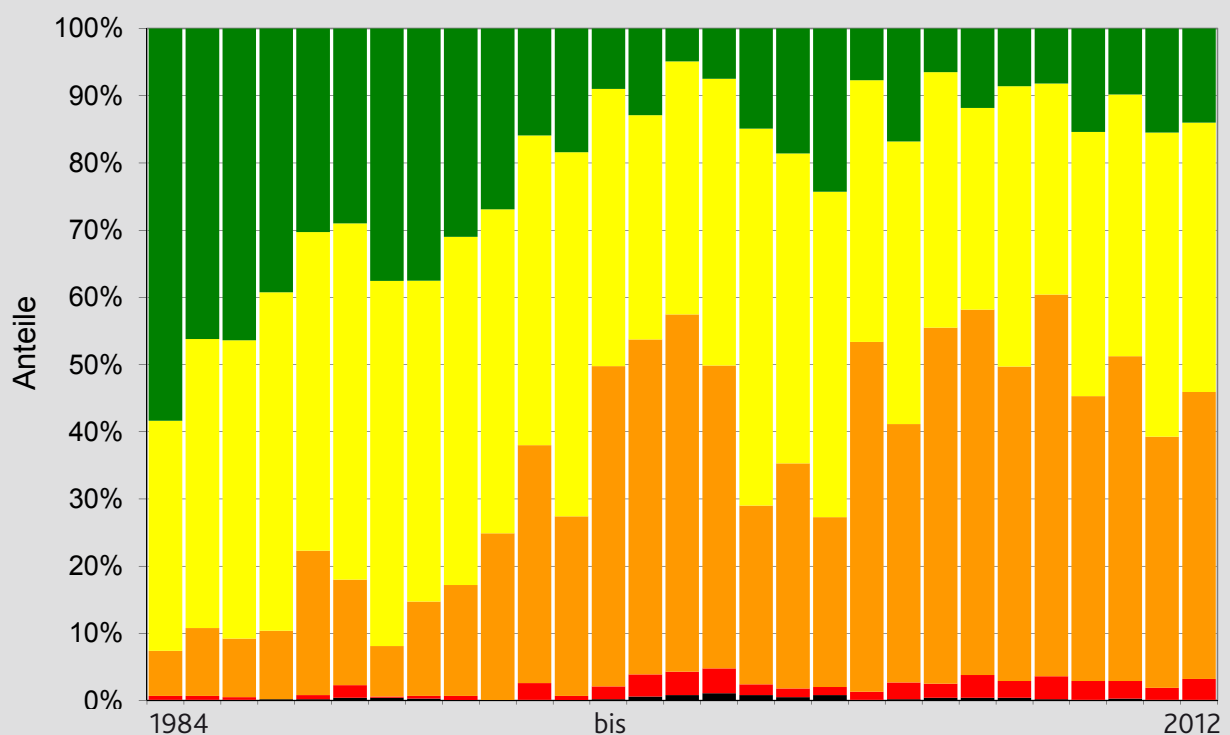
nen.

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

In 2012 wurden an 55 % der Probestämme Fraßschäden beobachtet. Damit ist der Anteil der von Fraßschäden betroffenen Eichen gegenüber dem Vorjahr fast doppelt so hoch. Befall durch den Mehltaupilz wurde 2012 an rund 14 % der Probestämme beobachtet. Der Mehltaubefall ist in

## Eiche

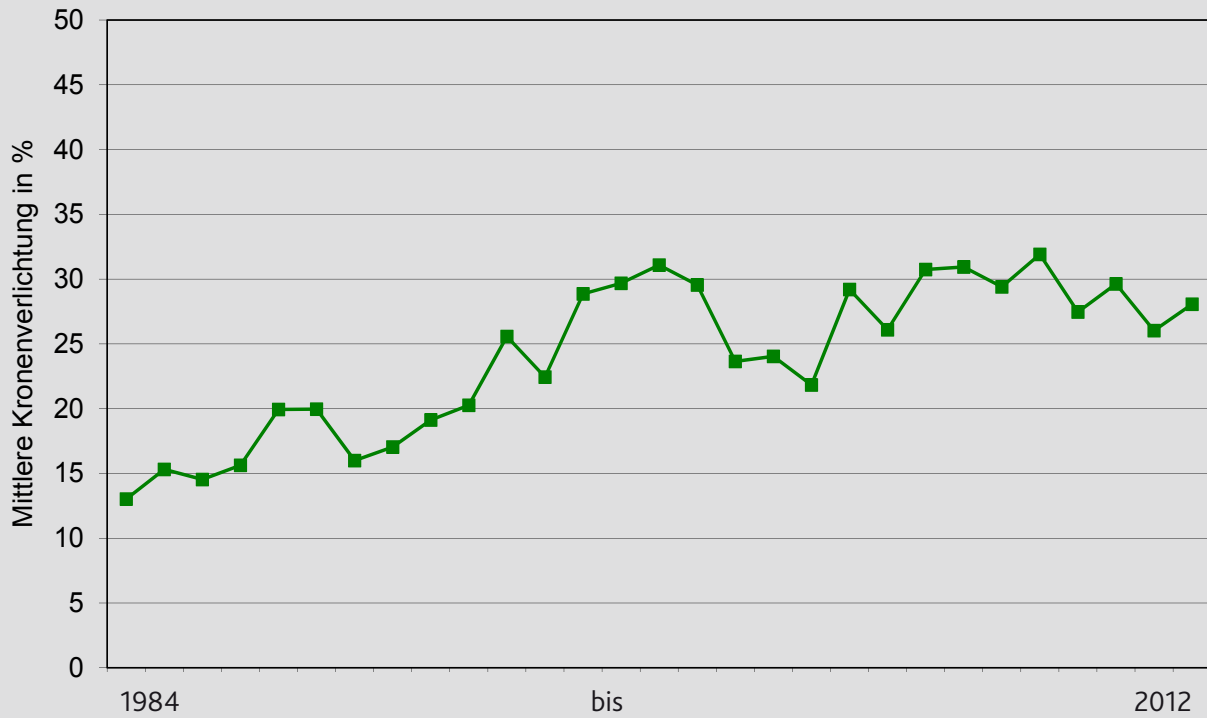
### Entwicklung der Schadstufenverteilung





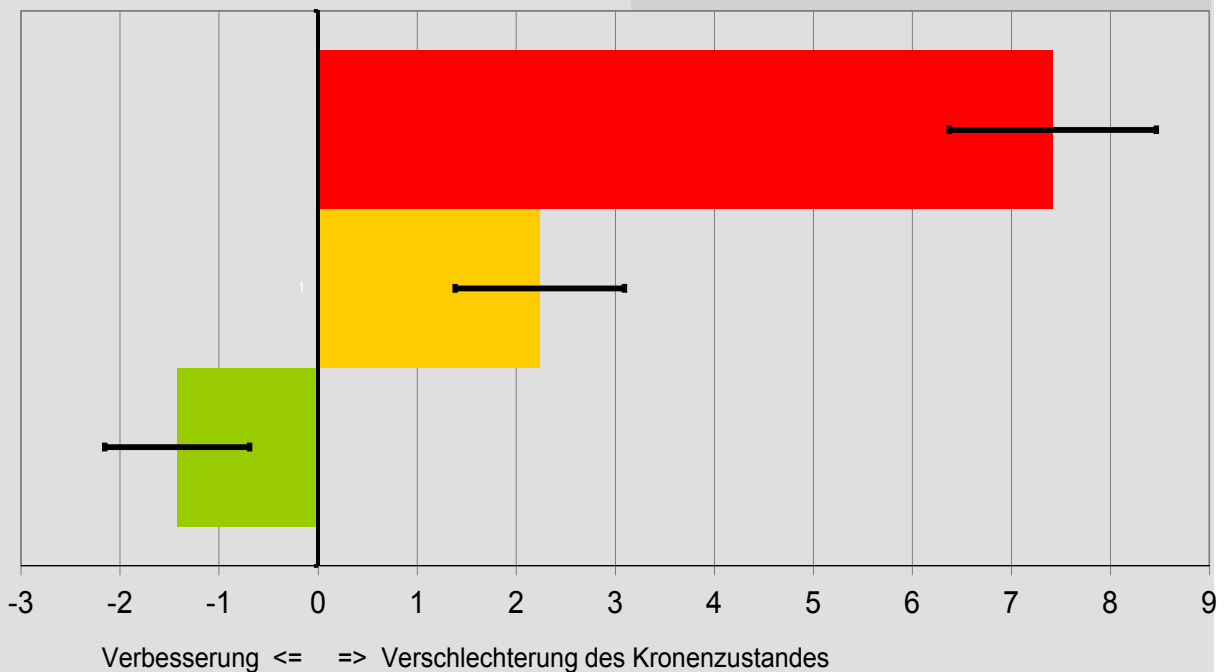
## Eiche

### Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



## Eiche

### Veränderung der mittleren Kronenverlichtung in Prozentpunkten von 2011 auf 2012 nach der Intensität des Befalls durch blattfressende Insekten



- mit 10% oder stärkeren Fraßschäden und beliebigem Mehltaubefall, 157 Probestämme
- mit 5% Fraßschäden und beliebigem Mehltaubefall, 230 Probestämme
- ohne Fraßschäden und ohne Mehltaubefall, 281 Probestämme

allen Gebieten von Rheinland-Pfalz und merklich intensiver als im Vorjahr aufgetreten. Insektenfraß und Mehлтаubefall ist häufig gemeinsam an den Probebäumen zu finden. Der Frühjahrstrieb ist befallen, der zweite Austrieb durch den Mehлтаupilz befallen. Jüngere Eichen haben dann teilweise noch ein drittes Mal ausgetrieben, doch auch dieser Trieb wurde wieder vom Mehлтаupilz befallen. Insektenfraß hat sich als ein bedeutsamer Einflussfaktor auf die Entwicklung des Kronenzustandes bei Eiche erwiesen. In 2012 ist die mittlere Kronenverlichtung der Eichen an denen Insektenfraß beobachtet wurde signifikant angestiegen. Je stärker die Fraßschäden eingeschätzt wurden, um so stärker ist auch der Anstieg der Kronenverlichtung gegenüber dem Vorjahr ausgefallen. Der Mehлтаubefall kann im Berichtsjahr nicht gesondert hinsichtlich seines Einflusses auf

den Kronenzustand ausgewertet werden, da der Einfluss der Fraßschäden zu dominant ist. Nur 14 Eichen zeigten Mehлтаubefall ohne gleichzeitig auch Fraßschäden aufzuweisen. Sie verschlechterten sich in ihrem Kronenzustand. Die Eichen ohne erkennbare Fraßschäden und ohne erkennbaren Pilzbefall weisen dagegen einen leichten Rückgang der mittleren Kronenverlichtung auf; diese Verbesserung ist aber nicht signifikant. Blattvergilbung wurde 2012 häufiger als im Vorjahr beobachtet, bleibt mit 8 % betroffener Probebäume mit überwiegend geringfügiger Vergilbung (5 oder 10 % der Blattmasse) jedoch untergeordnet. Nur 4 Eichen wurden wegen mittelstarker Vergilbung (30 bis 60 % der Blattmasse) in eine höhere Schadstufe eingeordnet, als durch die Blattverluste gegeben war.

## Kiefer

Bei der Kiefer hat sich der Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr verbessert. Der Anteil an Bäumen mit deutlichen Schäden ging um 5 Prozentpunkte zurück und die mittlere Kronenverlichtung um 3 Prozentpunkte. Die Kiefer hat weiterhin ein vergleichsweise geringes Schadniveau. Mit nur 3 Nadeljahrgängen reagiert sie vergleichsweise flexibel mit variierender Benaudelungsdichte und kann unter günstigen Bedingungen auch rasch regenerieren. So zeigt sich in der Zeitreihe ein Auf und Ab des Schadniveaus ohne gerichteten Trend.

Bei 16 % der Kiefern war Reifefraß durch Waldgärtner, einen auf Kiefern spezialisierten Borkenkäfer, zu beobachten. Durch den Reifefraß sterben einjährige Triebe ab. Bei wiederholtem Befall kann es dadurch zu Störungen in der Verzweigung kommen.

An 11 % der Probebäume wurde Befall mit Mistel festgestellt. Starker Befall mit der Kiefernmistel bedeutet für den betroffenen Baum eine Belas-

tung, da sie die Kiefernadeln verdrängt und auch in Trockenzeiten Wasser verdunstet und so den Trockenstress des Baumes verstärkt. Starker Mistelbefall äußert sich daher in der Regel in einem schlechteren Kronenzustand.

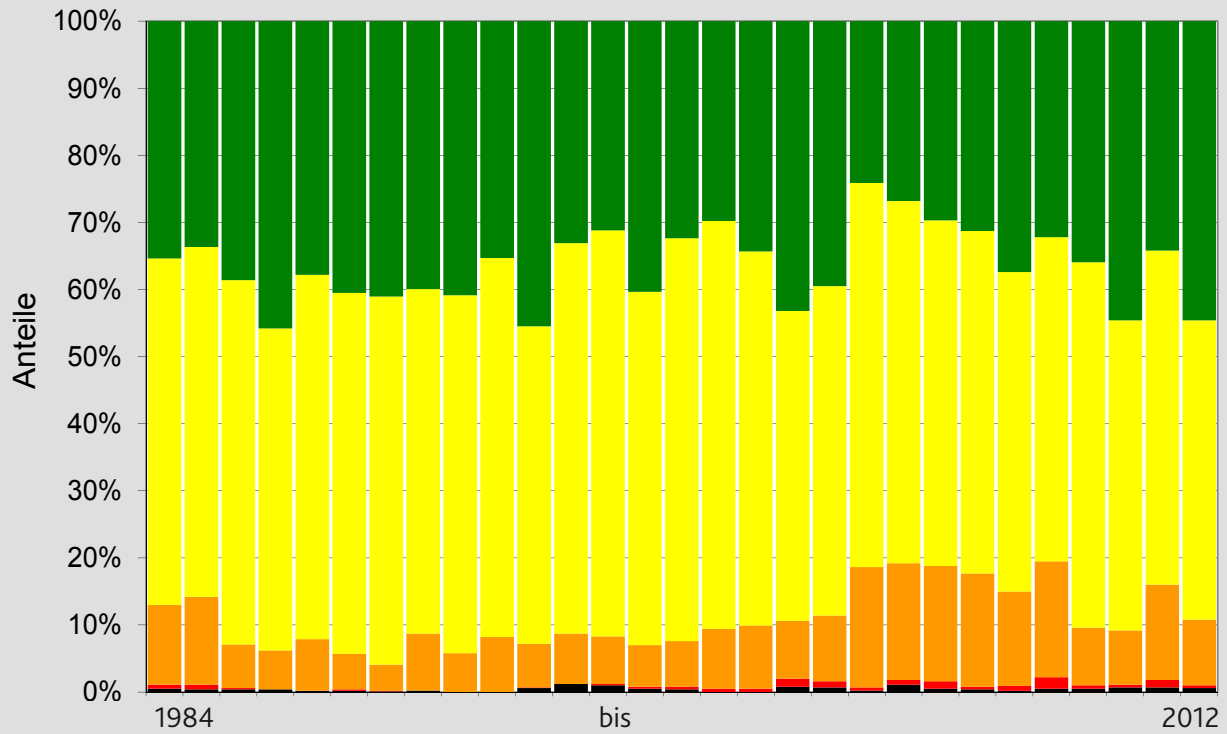
So ist der Anteil deutlicher Schäden unter den von Mistel oder von Waldgärtner befallenen Kiefern höher, als bei den Bäumen ohne erkennbaren Befall.

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

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

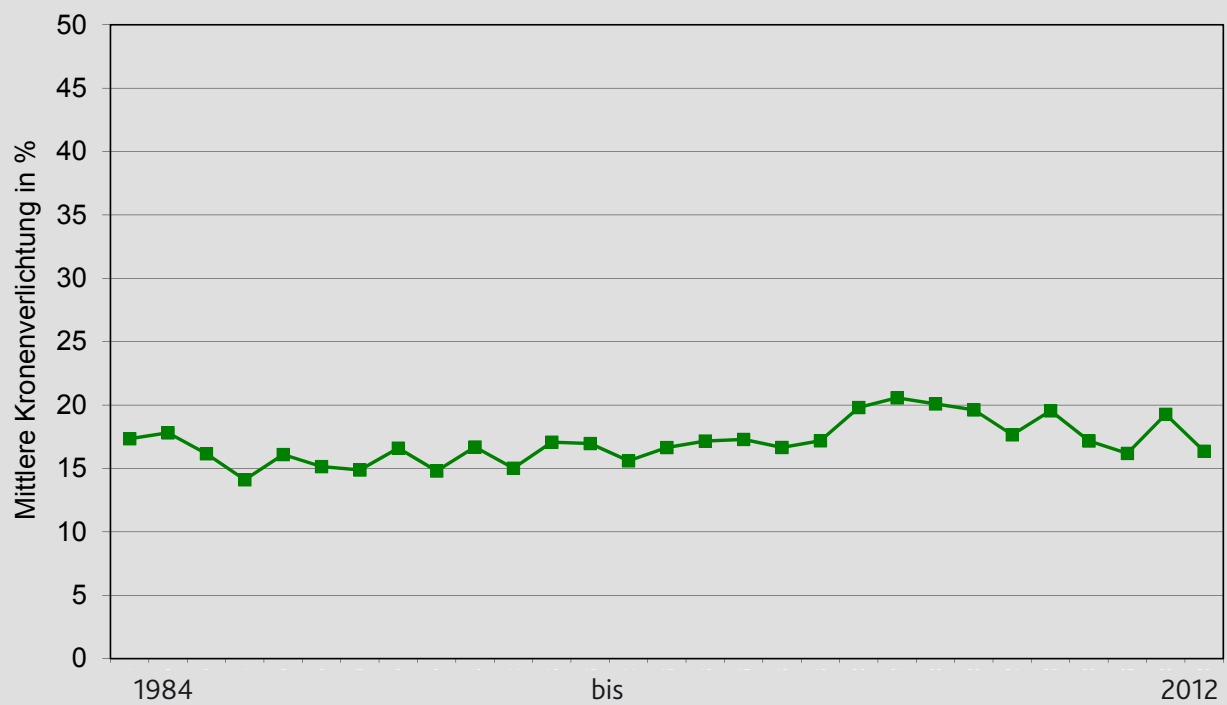
## Kiefer

### Entwicklung der Schadstufenverteilung



## Kiefer

### Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



## Douglasie

Die Douglasien zeigen seit Beginn der Erhebung 1984 einen merklichen Anstieg im Niveau der Kronenschäden. Allerdings variieren die Schadstufenverteilungen und die mittlere Kronenverlichtung von Jahr zu Jahr erheblich, was auch der nur geringen Anzahl an Stichprobenbäumen geschuldet ist.

In 2012 ging der Anteil deutlich geschädigter Probestämme um 11 Prozentpunkte zurück. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 1 Prozentpunkt niedriger als im Vorjahr.

In 2012 war bei Douglasien kaum Fruchtanhang zu beobachten, im Vorjahr dagegen sehr häufig. Befall durch Insekten oder Pilze wurde nur an ein-

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

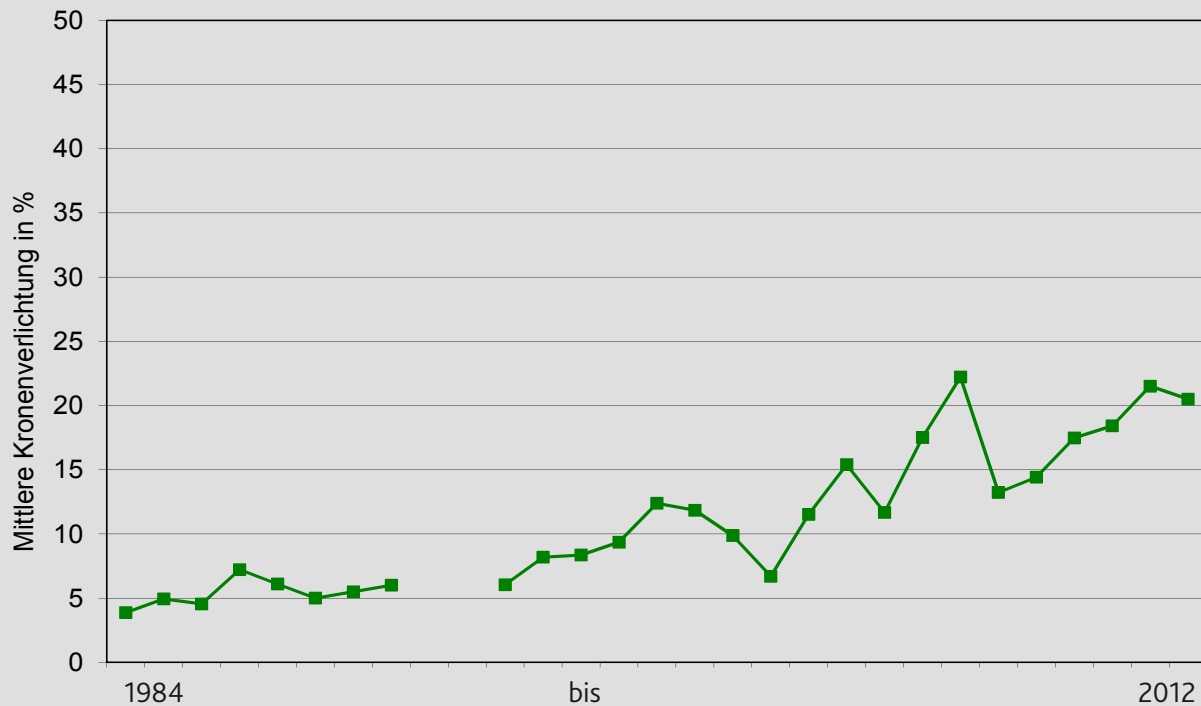
Bei der Douglasie ist zu berücksichtigen, dass sich die Altersklassenverteilung des Stichprobenkollektivs in der Zeitreihe deutlich verschoben hat. Waren 1984 noch über die Hälfte der Stichprobenbäume in der jüngsten Altersklasse, so ist diese in der Unterstichprobe ab 2010 nicht mehr vertreten. Der Schwerpunkt liegt jetzt bei den mittelalten Beständen und der Anteil über 60-jähriger Bäume ist fünf Mal höher als zu Beginn der Zeitreihe.

## Douglasie

### Entwicklung der Schadstufenverteilung







### Andere Baumarten

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

In 2012 ist das Schadniveau insgesamt zurückgegangen. Der Anteil der deutlich geschädigten Probestämme ist um 8 Prozentpunkte niedriger, der Anteil an Probestämmen ohne sichtbare Schadmerkmale um 8 Prozentpunkte höher als im Vorjahr. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 2 Prozentpunkte zurückgegangen. Insbesondere Lärche, Hainbuche und Ahorn haben sich in ihrem Kronenzustand verbessert, auch Birke,

Tanne und Pappel tendieren zu einem besseren Kronenzustand. Esche, Erle und Edelkastanie zeigen keine Tendenz. Eine Verschlechterung des Kronenzustandes war bei Kirsche und Aspe und in der Tendenz auch bei Eberesche und Linde zu beobachten. Vergilbung wurde nur an Ebereschen häufiger und bei Hainbuche und Linde an einzelnen Bäumen beobachtet. Der Kronenzustand der Nebenbaumarten wird auch immer wieder durch biotische Schaderreger mit beeinflusst. So war bei den Lärchen im Vorjahr wiederholt stärkerer Miniermottenbefall beobachtet worden, der in 2012 nur noch vereinzelt und merklich schwächer auftrat. Die bei Ahorn in 2011 beobachtete Teerfleckenkrankheit (ein Blattpilz) wurde 2012 nicht mehr beobachtet. Stärkerer Blattpilzbefall („Sprühfleckenkrankheit“) war dagegen an Kirsche, von denen etliche dadurch fast vollständig entlaubt wurden, und vereinzelt an Eberesche festgestellt worden. An Hainbuche traten wie schon im Vorjahr Fraßschäden durch Insektenlarven oder Käfer an den Blättern auf. Auch ist zu vermuten, dass sich das Spätfrostereignis Mitte Mai negativ auf den Kronenzustand einiger Bäume ausgewirkt hat.

## Häufigste Nebenbaumarten

### Entwicklung der Schadstufenverteilung

Jahr	Baumart und Schadstufe											
	Lärche			Esche			Hainbuche			Andere LBA**		
	0	1	2-4	0	1	2-4	0	1	2-4	0	1	2-4
2012	40	43	17	42	48	15	12	60	18	48	31	21
2011	24	39	37	31	49	20	19	53	28	42	38	20
2010	34	44	22	35	51	14	31	55	14	42	45	13
2009	35	36	29	70	22	8	21	62	17	58	35	7
1984*	69	24	7	91	7	2	64	28	8	71	16	13

\* Nur Kollektiv der Unterstichprobe      \*\* LBA = Laubbaumarten

### Einfluss ausgeschiedener und ersetzter Probebäume

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

Im Jahr 2012 sind insgesamt 89 Probebäume ausgeschieden, von denen 65 ersetzt werden konnten. 24 Probebäume eines Aufnahmepunktes schieden ohne Ersatz aus. Da an diesem Punkt bisher kein gesicherter Jungbestand vorhanden ist, ruht hier die Aufnahme vorübergehend. Von den im Jahr 1984 ausgewählten Probebäumen sind noch 1606 im Kollektiv der Unterstichprobe erhalten. Das sind 46,1 % des ursprünglichen Gesamtkollektivs.

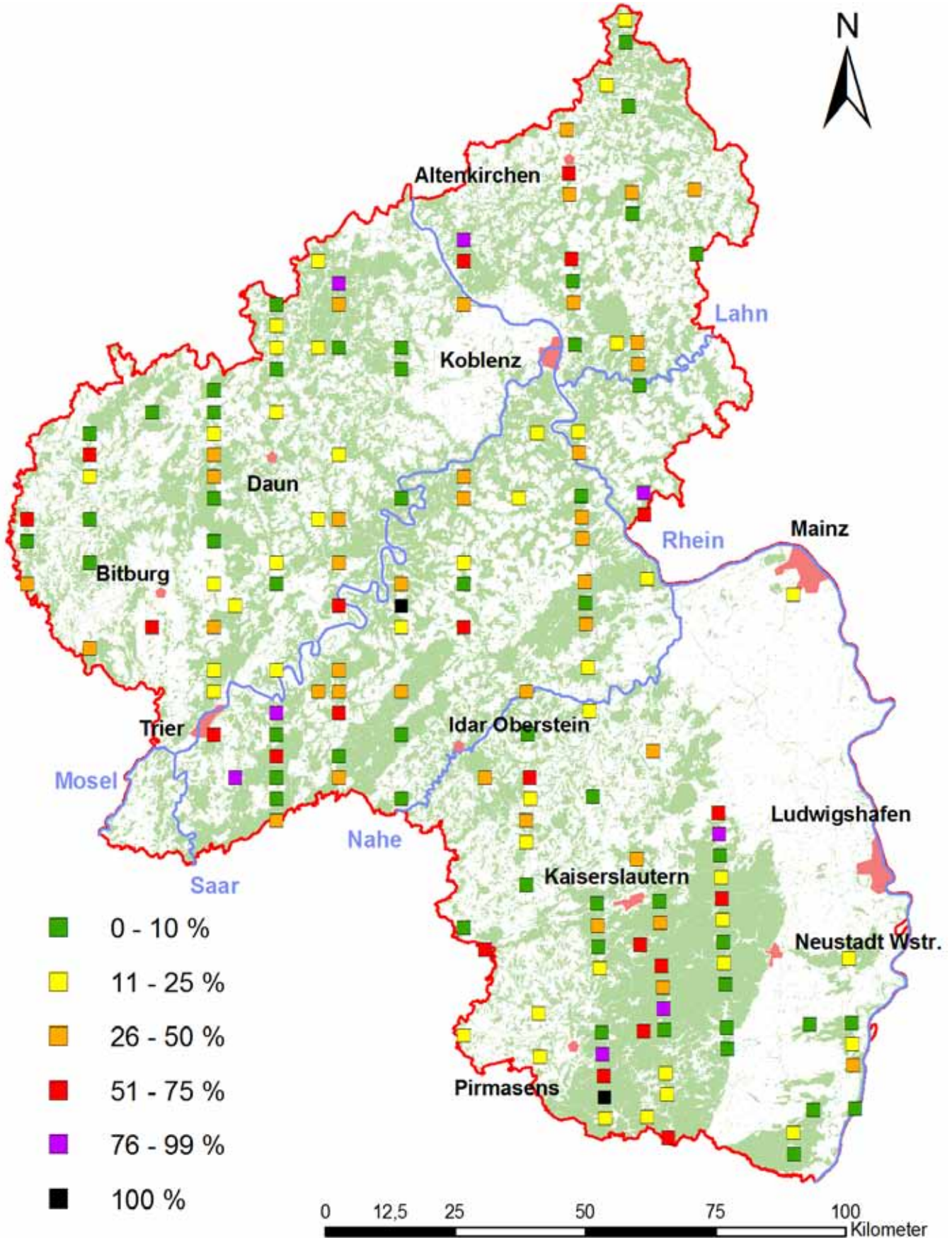
Die Aufnahmepunkte liegen fast alle im regulär bewirtschafteten Wald. Der überwiegende Teil

(91 %) der ausgeschiedenen Probebäume wurde daher für die Holznutzung aufgearbeitet. Der andere Teil ist zwar noch am Aufnahmepunkt vorhanden, die Bäume können aber nicht mehr in ihrem Kronenzustand bewertet werden, da der Probebaum nicht mehr am Kronendach des Bestandes beteiligt ist. Stehende abgestorbene Probebäume verbleiben mit 100 % Nadel-/Blattverlust als bewertbare Probebäume im Aufnahmekollektiv bis das feine Reisig aus der Krone herausgebrochen ist. Danach werden sie aus dem Probebaumkollektiv entfernt. 2 bereits in den Vorjahren abgestorbene Probebäume wurden aus diesem Grund ersetzt.

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

Die Ausscheiderate von 2011 auf 2012 entspricht mit 2,3 % des Kollektivs der Unterstichprobe in etwa der im Laufe der Zeitreihe beobachteten durchschnittlichen jährlichen Ausscheiderate von

Anteil der deutlich geschädigten Probebäume am einzelnen Aufnahmepunkt 2012



2 %. Jedoch sind auch in 2012 nur rund ein Drittel der genutzten Probestämme planmäßig genutzt worden, der andere Teil wurde zwangsweise vorzeitig wegen Insekten- oder Sturmschäden geerntet. In 2012 wurden insgesamt 17 abge-

storbene Probestämme vermerkt, davon waren 8 bereits im Vorjahr tot. Frisch abgestorben sind damit 9 Probestämme, vornehmlich handelt es sich dabei um infolge Insektenbefalls abgestorbene Fichten.

## Regionalisierung der Waldzustandsbefunde

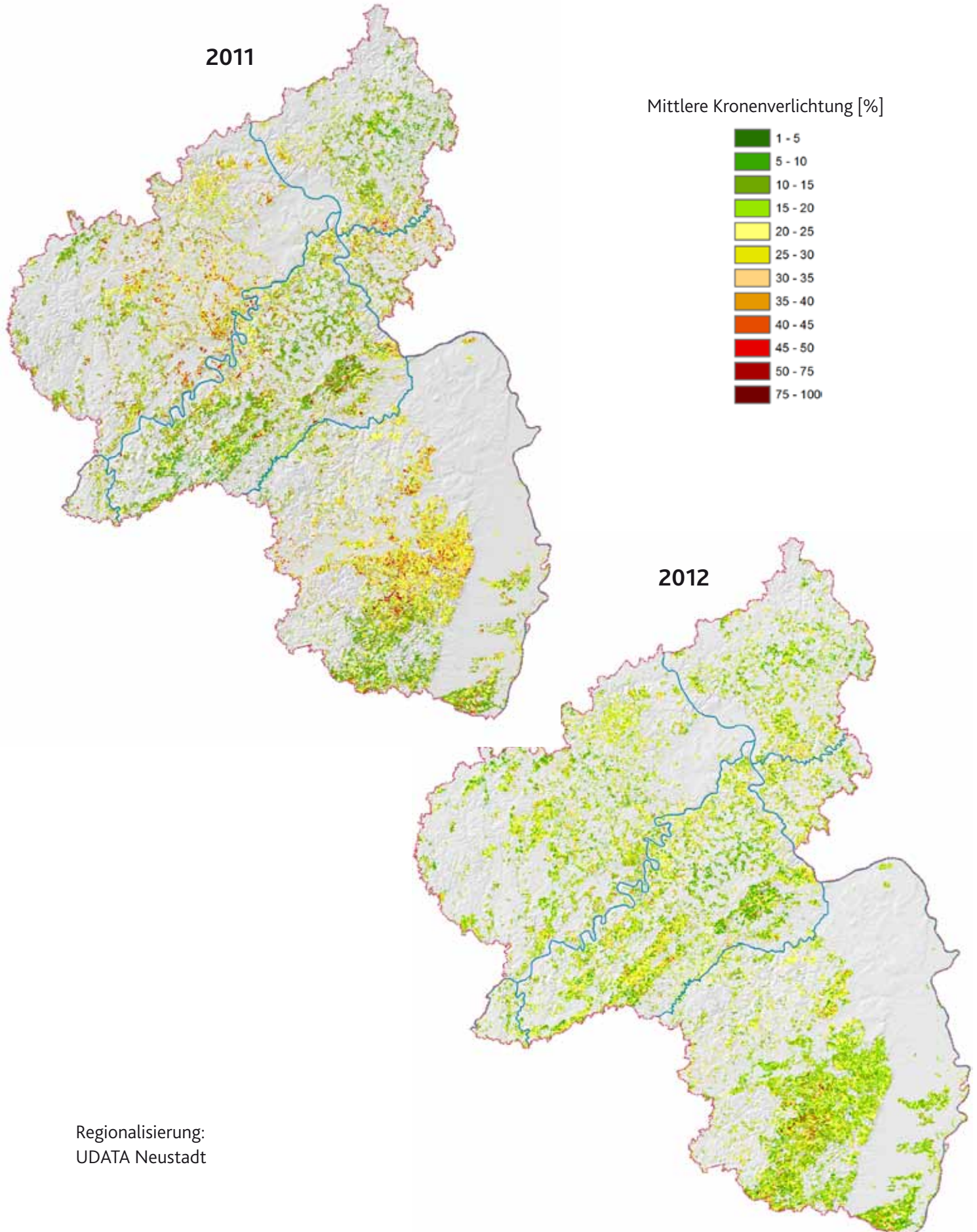
Der am einzelnen Aufnahmepunkt festgestellte Grad der Schädigung sagt unmittelbar nur etwas über die Probestämme selbst und allenfalls über den in Artensatzensetzung und Alter entsprechenden umgebenden Waldbestand aus. Das Schadniveau der einzelnen Aufnahmepunkte variiert erheblich. Punkte, die keine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

Punktförmig vorliegende Informationen, wie die Daten der Waldzustandserhebung, können über eine Regionalisierung in eine flächenhafte Information transformiert werden. Hierfür ist es erforderlich, die an den Aufnahmepunkten vorliegende Information zur Kronenverlichtung über multiple Regressionen mit flächig für das Land vorhandenen Daten oder über geostatistische Interpolationsverfahren zu modellieren. Entscheidend für den Erfolg und die Zuverlässigkeit der Ergebnisse ist, dass Zusammenhänge zwischen der Kronenverlichtung und den flächig vorliegenden Informationen bestehen, bzw. dass eine räumliche Abhängigkeit der Kronenverlichtung in sich besteht. Die Modellierungen für Rheinland-Pfalz zeigen zunächst, dass die Unterstichprobe eine vergleichbar repräsentative Aussage für das Land liefert wie die Vollstichprobe.

Weiter zeigte sich, dass die flächig vorliegenden Informationen zu Relief, Höhenlage, Boden, Klima und Witterung nur einen geringen Anteil zur Erklärung der Varianz der Kronenzustandsdaten beitragen. Als Haupteinflussfaktoren haben sich das Alter und die Baumart bestätigt, die aber nicht voll flächendeckend, sondern nur für den von der Forstplanung erfassten öffentlichen Wald (Wald im Besitz des Landes oder der Kommunen) vorliegen. Weitere wichtige bekannte Einflussfaktoren auf den Kronenzustand wie Fruchtanhang, Insektenfraß, Pilzbefall oder die Luftschadstoffbelastung im Beurteilungsjahr liegen nicht als flächendeckende Information vor. Eine Regionalisierung ist daher nur für den öffentlichen Wald, bei dem Alter und Baumart in die Modellierung einbezogen werden kann, sinnvoll. Da nicht alle Einflussfaktoren erfasst werden, darf dabei nicht erwartet werden, dass die Modellierung die Varianz der Kronenverlichtung vollständig erklären kann. Die erreichten Bestimmtheitsmaße liegen mit etwa 50 % jedoch bei einem recht guten Wert. Es liegt keine parzellenscharfe Abgrenzung nach den Waldorten zugrunde, sondern eine Zusammenfassung auf 100 x 100 m Rasterzellen. Die Regionalisierung bietet damit eine Aussage zur regionalen Differenzierung des Waldzustandes in Rheinland-Pfalz auf Basis der mittleren Kronenverlichtung. Sie bietet aber keine Stratifizierungsmöglichkeiten der Schadstufenverteilung nach Wuchsgebieten oder Altersklassen, wie es mit den Daten der Vollstichprobe möglich ist.

Betrachtet wird im Folgenden die Regionalisierung des Waldzustandes über alle Baumarten





Regionalisierung:  
UDATA Neustadt



---

für 2012 und das Vorjahr. Dargestellt ist nur die Fläche des öffentlichen Waldes, die allerdings nahezu drei Viertel der Waldfläche des Landes umfasst. Von 2011 auf 2012 hat sich die regionale Differenzierung geglättet. Die Bereiche der Mosel-, Kyll- und Ahreifel, des Taunus und der nördlichen Pfalz werden mit geringerer Kronenverlichtung dargestellt, die des Hunsrücks, Westerwaldes und des südlichen Pfälzerwaldes

mit höherer. Die aktuelle Entwicklung ist damit gegenläufig zu der Entwicklung des Vorjahres und die regionale Verteilung der Waldschäden ähnelt wieder der des Jahres 2010. Zusätzlich wird deutlich, dass das gewählte Modellierungsverfahren auf Basis der multiplen Regression kombiniert mit Kriging die fein differenzierte Vielgestaltigkeit des Waldes und des Waldzustandes widerspiegelt.







# EINFLÜSSE AUF DEN WALDZUSTAND



Auf unsere Waldökosysteme wirkt eine Vielzahl natürlicher und menschenverursachter Faktoren ein. Der Einfluss von Luftschadstoffen hat sich in den letzten Jahrzehnten erheblich verändert. Dank durchgreifender Luftreinhaltemaßnahmen sind der Sulfatschwefeleintrag, der Säureeintrag und der Eintrag an Schwermetallen in unseren Wäldern erheblich gesunken. Demgegenüber hat sich die bislang erreichte Emissionsminderung bei Ammoniak und Stickoxiden nur sehr verhalten auf die Stickstoffeinträge in die Waldökosysteme ausgewirkt; sie überschreiten an der Mehrzahl der Waldstandorte nach wie vor die Schwellenwerte der Ökosystemverträglichkeit (Critical Loads).

Angestiegen ist in den letzten Jahren der Einfluss witterungsbedingter Belastungen. In den letzten drei Jahrzehnten war die forstliche Vegetationszeit im Vergleich zum langjährigen Mittel (1971-2000) nahezu in allen Jahren zu warm und häufig auch zu trocken. Im aktuellen Jahr war die Vegetationsperiode etwas zu warm. Die Niederschläge lagen etwas über dem langjährigen Mittel und waren gut verteilt. Die Vegetationsperiode 2012 wies somit recht günstige Wachstumsbedingungen für die Waldbäume auf.

Die Borkenkäferschäden sind deutlich zurückgegangen. In Eichenbeständen waren verbreitet Fraßschäden durch Schmetterlingsraupen und Schäden durch Eichenmehltau zu verzeichnen. Bei Wildkirsche trat häufig ein vorzeitiger Blattfall durch die Sprühfleckenkrankheit auf. Sorgen bereiten die weitere Ausbreitung des Eschentriebsterbens, des Esskastanienrindenkrebses und der Schäden durch Waldmaikäfer und Kiefernmitel.

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

### Entwicklung der Luftschadstoffbelastung

Die Einwirkungen von Luftverunreinigungen auf die Waldökosysteme erfolgen sowohl über den Luftpfad als auch über den Bodenpfad. Über den Luftpfad wirken vor allem gasförmige Luftverunreinigungen wie Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid,

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

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

**Energieerzeugung, Verkehr, Borkenkäfer**

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

## Entwicklung der Schadstoffemissionen in Deutschland

Schadstoffe in Kilotonnen	1980	1990	2010	Veränderungen in % 1980 - 2010
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	7514	5292	449	- 94 %
Stickoxide (NO <sub>x</sub> )	3334	2884	1319	- 60 %
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	835	692	548	- 34 %
Flüchtige organische Verbindungen (ohne Methan) (NMVOC)	3224	3127	1051	- 67 %

Quelle: Umweltbundesamt (2012): [www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm](http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm) (Emissionsentwicklung 1990-2010); für 1980: UNECE 2012: [www.emep.int](http://www.emep.int)

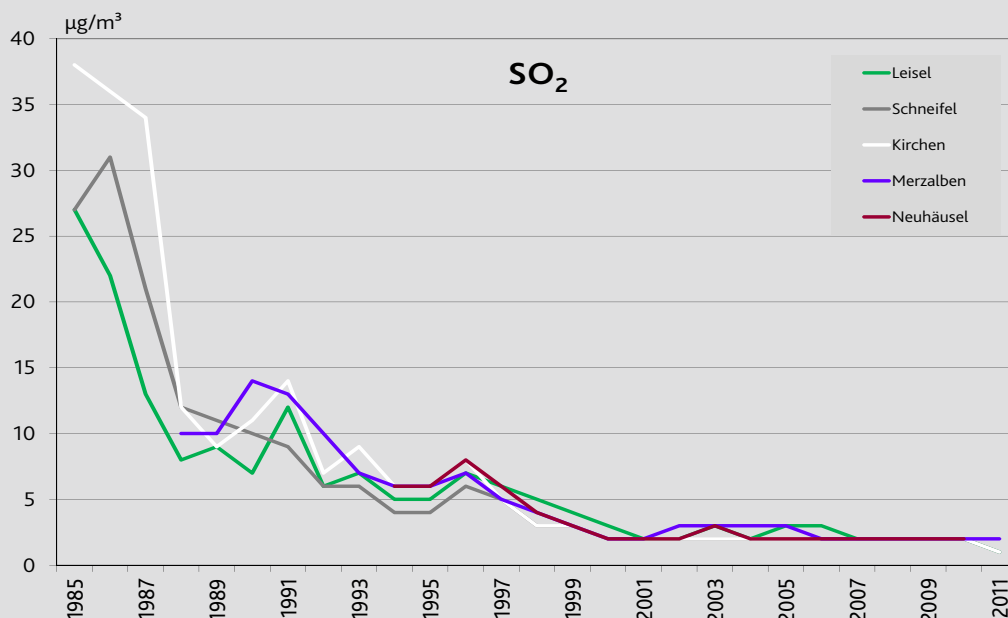
### Schwefel

Schwefelverbindungen werden insbesondere bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe in Kraftwerken, Industriefeuerungsanlagen und Heizungen freigesetzt. Ausgehend vom Jahr 1980 konnte die Schwefeldioxidemission in Deutschland bereits um 94 % reduziert werden. Die Emissionsobergrenze der NEC-Richtlinie 2001/81/EG vom 23.10.2001 für die SO<sub>2</sub>-Emission in Deutschland im Jahr 2010 (520 kt) wird bereits seit einigen Jahren eingehalten. Die deutlich reduzierte SO<sub>2</sub>-Emission hat sich auch in einer erheblichen Verringerung der Belastung der Waldökosysteme ausgewirkt. So lagen die Jahresmittelwerte der Schwefeldioxidkonzentrationen an den Waldstationen des Zentralen Immissionsmessnetzes (ZIMEN) des Landesamtes für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz im Jahr 2011 nur noch bei 1 bis 2 µg/m<sup>3</sup> und die

98 %-Werte bei 6 bis 9 µg/m<sup>3</sup>. Selbst bei austauscharmen Wetterlagen im Winter steigen die SO<sub>2</sub>-Gehalte kaum mehr über 10 µg/m<sup>3</sup> im Tagesmittel an. Der Grenzwert für den Schutz von Ökosystemen von 20 µg/m<sup>3</sup> im Kalenderjahr und im Wintermittel wird seit vielen Jahren eingehalten.

Entsprechend der merklichen Abnahme der Schwefeldioxidemission und -immission ist auch die Belastung der Waldökosysteme über den Bodenpfad deutlich zurückgegangen. Während der Schwefeleintrag in Fichtenbeständen zu Beginn der Messreihen Mitte der 80er Jahre meist zwischen 40 und 70 kg/ha lag, gelangen aktuell meist nur noch 6 – 16 kg Schwefel auf den Waldboden.

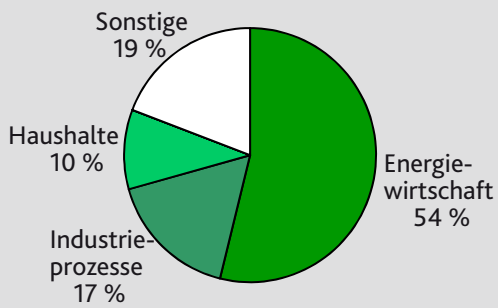
### Jahresmittelwerte der Schwefeldioxidkonzentrationen in Waldgebieten



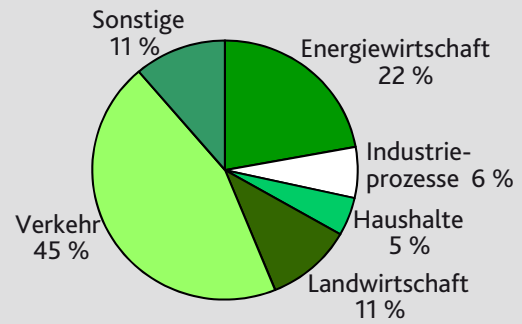


## Verteilung der Emissionsquellen wichtiger Luftschadstoffe in Deutschland

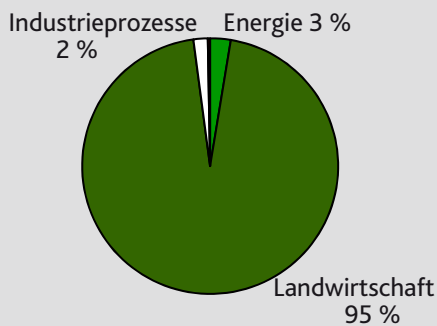
Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)



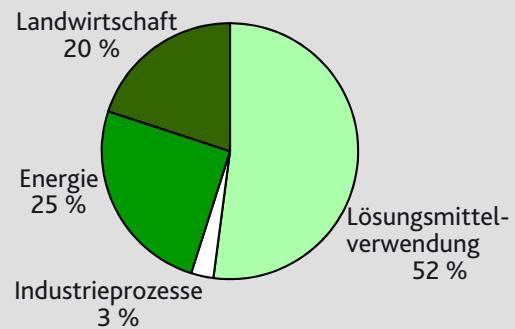
Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>)



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

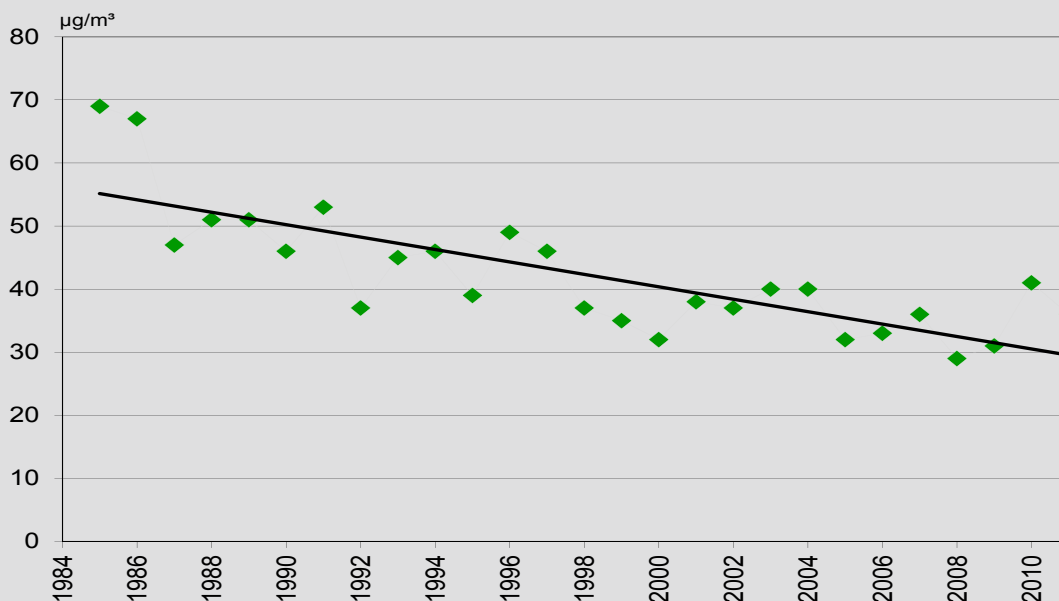


Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC)

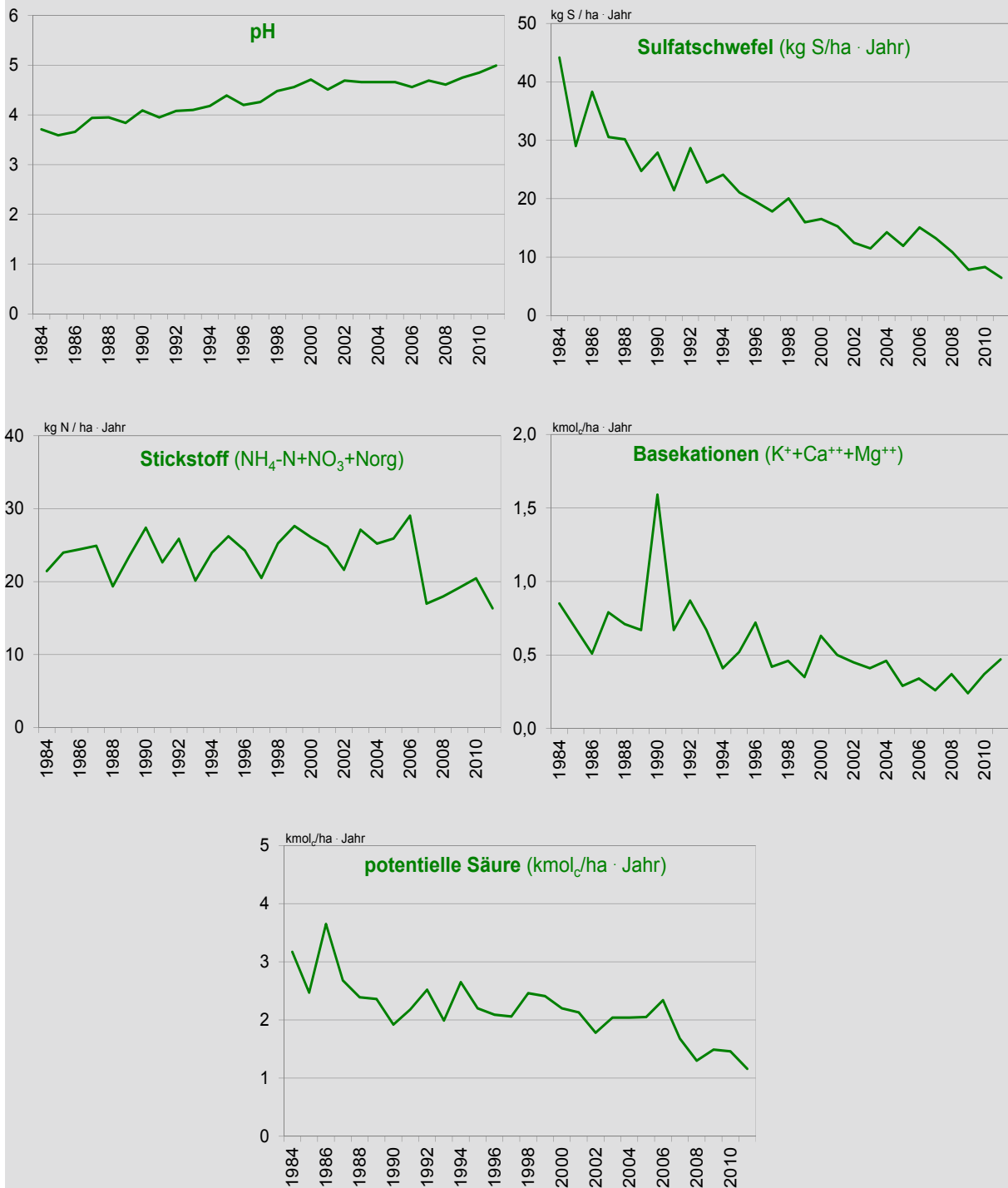


Quelle: Umweltbundesamt (2011)

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



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



---

## Stickstoff

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

Die Emission der Stickoxide (NO und NO<sub>2</sub> kalkuliert als NO<sub>2</sub>) ist in Deutschland insbesondere durch den Einsatz von Katalysatoren in Kraftfahrzeugen und Entstickungsanlagen in Kraft- und Heizwerken seit 1980 um 60 % zurückgegangen. Die Emissionsobergrenze der EU-NEC-Richtlinie für die NO<sub>x</sub>-Emission in Deutschland im Jahr 2010 (1051 kt)

## Säureinträge

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

wird deutlich verfehlt.

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

Bei den reduzierten Stickstoffverbindungen (Ammoniak) konnte die Emission seit 1980 bislang nur um 34% reduziert werden. Die Emissionsobergrenze der EU-NEC-Richtlinie für die NH<sub>3</sub>-Emission in Deutschland im Jahr 2010 (550 kt) wird eingehalten.

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

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

Critical Loads zum Schutz der Waldökosysteme vor Versauerung. Dies ist im Wesentlichen auf die noch zu hohen Eintragsraten der Stickstoffverbindungen, insbesondere des aus der Landwirtschaft stammenden Ammoniums zurückzuführen. Zum Schutz unserer Waldökosysteme vor fortschreitender Versauerung sind daher nach wie vor weitere Anstrengungen zur Verringerung der Emission der Säurevorläufer und eine Fortsetzung der Bodenschutzkalkungen erforderlich.

## Ozon

Ozon entsteht als sekundäre Luftverunreinigung im Wesentlichen aus Luftsauerstoff, Stickoxiden und flüchtigen Kohlenwasserstoffen unter der Einwirkung der Sonneneinstrahlung. Die Ozonvorläufersubstanzen gelangen aus natürlichen und anthropogenen Quellen in die Atmosphäre. In Mitteleuropa entstammt das waldbelastende Ozon im Wesentlichen der photochemischen Ozonbildung aus anthropogenen Vorläufersubstanzen.

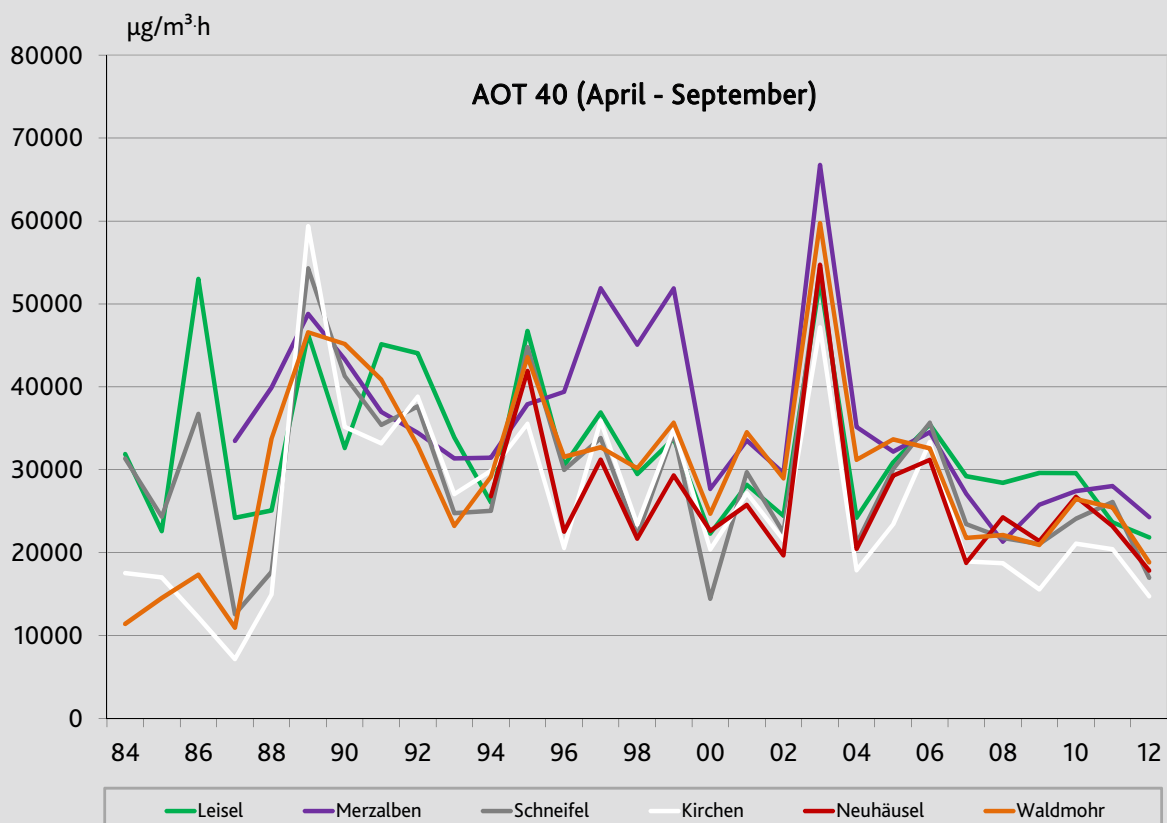
Entscheidend für die Ozonkonzentration ist nicht nur die Konzentration der Vorläufersubstanzen, sondern insbesondere auch der Witterungsverlauf. Hohe Ozonkonzentrationen sind daher vor allem in sonnenscheinreichen Sommern zu erwarten. Trotz der bereits erheblichen Verringerung der Emission der Ozonvorläufersubstanzen - Stickoxide und flüchtige Kohlenwasserstoffe - um 60 % beim  $\text{NO}_2$  und 67 % beim NMVOC ist das Ozonbildungspotenzial nach wie vor hoch.

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

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

Da im Sommer 2012 keine länger anhaltenden Schönwetterperioden auftraten, waren die Ozonbelastungen in den Waldgebieten im aktuellen Jahr vergleichsweise niedrig. Dennoch wurde auch in der Vegetationszeit des Jahres 2012 an allen sechs ZIMEN-Waldstationen die Belastungsschwelle (Critical Level) für Waldökosysteme (AOT 40, April bis September  $10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ ) deutlich überschritten.

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







Deposition- und Streufallmessungen, Level II-Fläche Merzalben  
Foto: M. Brando



Sickerwasserbeprobung an der  
Waldmessstation Merzalben  
Foto: F. Frank

Luftmessstation (ZIMEN) Merzalben  
Foto: M. Brando





## Hochmoderne Analytik im Forstlichen Umweltmonitoring durch Forschungsk Kooperation

Die chemische Analyse des Probenmaterials aus den rheinland-pfälzischen Wäldern ist im Forstlichen Umweltmonitoring von zentraler Bedeutung. Jahr für Jahr fallen an den Level II-Flächen des Landes mehrere tausend Niederschlags- und Sickerwasserproben sowie mehrere hundert Pflanzenproben zur chemischen Analyse an. Einen großen Umfang nahm in den letzten Jahren auch die vielfältige Analytik von Boden- und Humushorizonten der landesweiten Waldbodenzustandserhebung (BZE) und der Wiederholungsaufnahmen an den rheinland-pfälzischen Bodendauerbeobachtungsflächen (Boden-BDF) ein.

Die Analysen des Forstlichen Umweltmonitorings erfolgen seit dem Beginn dieses Messprogramms Anfang der 1980er Jahre in der zum Bezirksverband Pfalz gehörenden Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA) Speyer. Ein weiterer Partner ist das Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (LGB), in dem Bodenproben der BZE und BDF chemisch und physikalisch untersucht wurden.

Einen breiten Raum nimmt in der forstlichen Analytik die Qualitätssicherung ein. Das Labor der

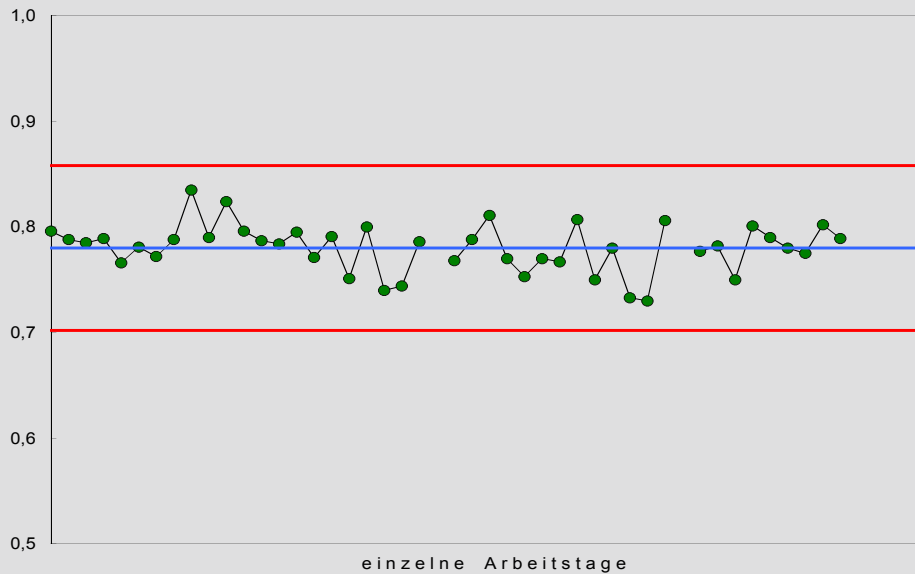
LUFA Speyer ist nach DIN EN ISO17025: 2005 akkreditiert. Für das Labor des LGB wurde nach dieser Norm eine Kompetenzfeststellung erfolgreich durchgeführt. Die begleitenden Analysen von Referenzmaterial und die Führung von Kontrollkarten gehören ebenso zur Qualitätssicherung wie Qualitätsprüfungen und Kontrollberechnungen der Analysen jeder Wasserprobe anhand von Ionenbilanzen und Leitfähigkeitskalkulationen gemäß europaweiter Vorgaben (ICP Forests – Expert Panel on Deposition). Die regelmäßige Teilnahme an Ringuntersuchungen sichert eine unabhängige Kontrolle des Leistungsstandes der Labore und liefert einen direkten Vergleich.

Die LUFA Speyer und das LGB sind aktive Mitglieder im Gutachterausschuss Forstliche Analytik beim Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, der sehr wirksam zur Verbesserung der Analysequalität und vor allem zur Vergleichbarkeit der Befunde zwischen den im forstlichen Umfeld tätigen Laboren beigetragen hat. Die LUFA Speyer und das LGB haben aktiv an der Erstellung des Handbuchs der Forstlichen Analytik (HFA) mitgewirkt, das seit 2005 das Standardwerk in diesem Bereich darstellt.



**Aufschluss von Pflanzenproben mit konzentrierter Salpetersäure zur Elementbestimmung.** Zu sehen sind die Aufschlussgefäße aus Teflon mit eingebrachtem Probenmaterial und Säure bei der Vorreaktion auf einem heißen Wasserbad. Anschließend werden die Gefäße verschlossen und der Aufschluss über Nacht bei 170°C unter Druck zu Ende gebracht  
Foto: E. Wies

Zielwertkontrollkarte Ammonium-Stickstoff in Wasser (mg/l): An jedem Arbeitstag wird Referenzmaterial mit analysiert, um gegebenenfalls Störungen im Analyseablauf erkennen zu können. Die blaue Linie ist der Soll-Wert, die roten Linien sind die Ausschlussgrenzen. Liegt der Analysewert eines Arbeitstages beim Referenzmaterial außerhalb dieses Toleranzbereichs, wird nach Fehlern in der Analytik gesucht und die Analysen werden nach deren Bereinigung wiederholt.



Messung von Schwermetallen (Blei oder Cadmium) in Wasserproben mittels Graphitrohr-Atomabsorptionsspektrometrie. Zu sehen ist eine LUFA-Mitarbeiterin beim Abfüllen einer Probe. Die Messung erfolgt dann unbeaufsichtigt mit Hilfe des automatischen Probengebers.

Foto: E. Wies



## Witterungsverhältnisse

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

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

Seit dem Beginn der jährlichen Waldzustandserfassungen waren die forstlichen Vegetationszeiten (Mai bis September) im Vergleich zum langjährigen Mittel der Periode 1971 bis 2000 in nahezu allen Jahren zu warm und häufig auch zu trocken.

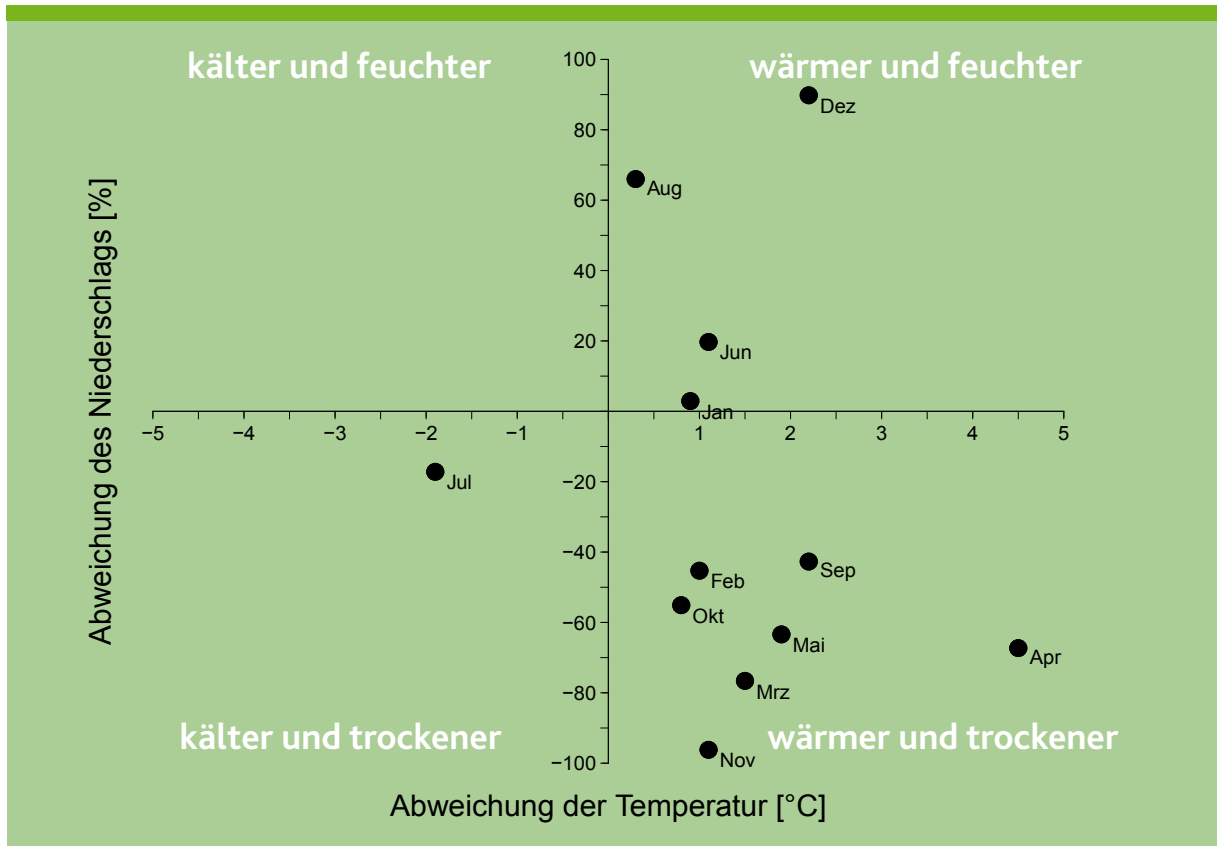
Im Jahr 2011 waren 11 Monate im Vergleich zum langjährigen Mittel zu warm und 8 Monate zu

niederschlagsarm. Extrem warm und sehr trocken war der April 2011; außergewöhnlich niederschlagsarm waren zudem die Monate März und November 2011.

Im aktuellen Jahr fällt vor allem der sehr kalte und niederschlagsarme Februar auf. Die Minimumtemperaturen erreichten Werte unter  $-15^{\circ}\text{C}$ . Die übrigen Wintermonate 2011/12 waren demgegenüber deutlich zu warm. Auf einen außergewöhnlich trockenen und warmen März 2012 folgten ein hinsichtlich Niederschlag und Temperatur durchschnittlicher April und ein durchschnittlich zu warmer und eher niederschlagsarmer Mai. An einigen Messstationen trat Mitte Mai erheblicher Nachtfrost auf. Hierdurch wurden lokal Spätfrostschäden verursacht. Von den Sommermonaten zeigten Juni und Juli eine durchschnittliche Wärme und waren überdurchschnittlich niederschlagsreich. Der August war niederschlagsreich, aber erheblich zu warm. Mitte August wurden zum Teil Tagesmaxima von über  $35^{\circ}\text{C}$  gemessen. In der Vegetationsperiode 2012 traten auch aufgrund der guten Verteilung der Niederschlagsereignisse keine ausgeprägten Phasen mit Bodentrockenheit auf. Die Bedingungen für das Waldwachstum waren somit 2012 hinsichtlich der Witterungsverhältnisse vergleichsweise gut.

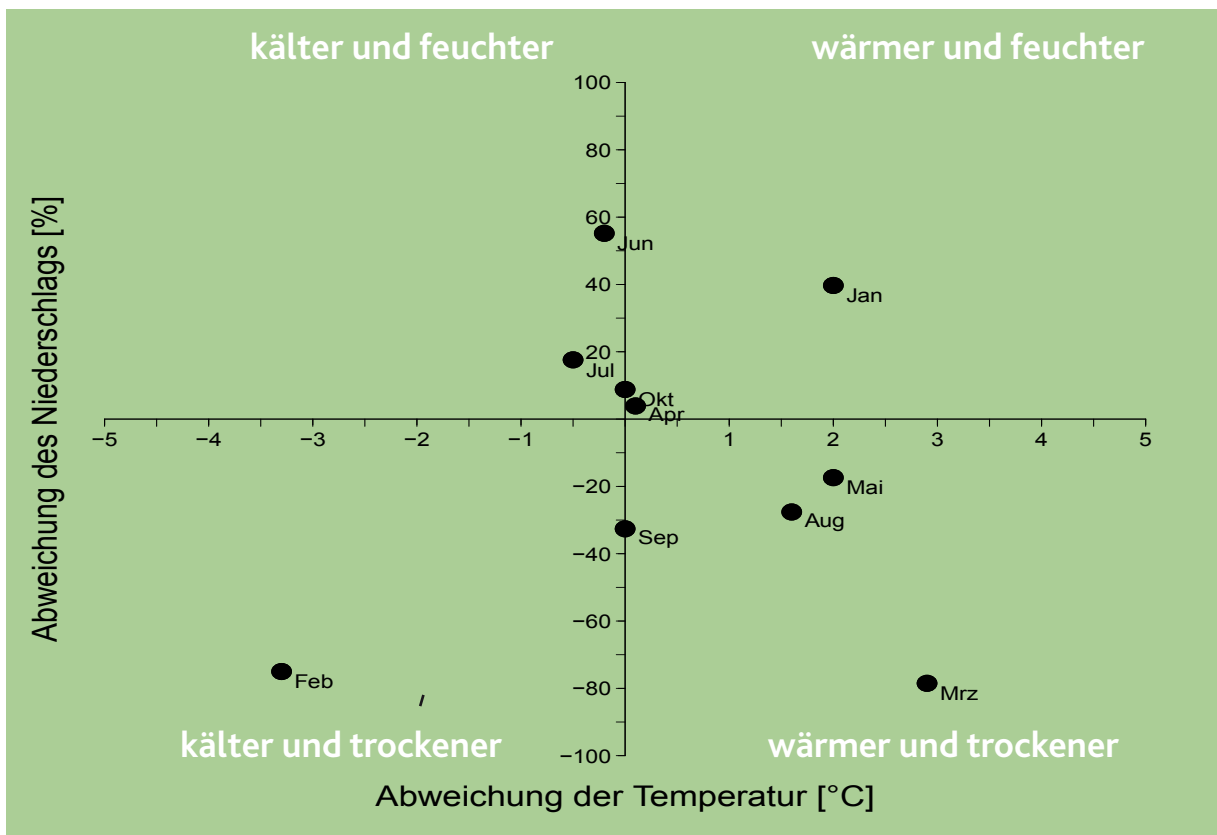
**Temperaturverlauf im Jahr 2012 an der Waldklimastation Adenau (584 m über NN). Auffällig sind der starke Winterfrost im Februar (bis  $-18,4^{\circ}\text{C}$  am 07.02.2012 um 7:40 Uhr). Spätfrostereignisse am 13., 16. und 17. Mai (bis  $-2,1^{\circ}\text{C}$ ) und die Hitzeperiode Mitte August (bis  $+33,4^{\circ}\text{C}$ ).**

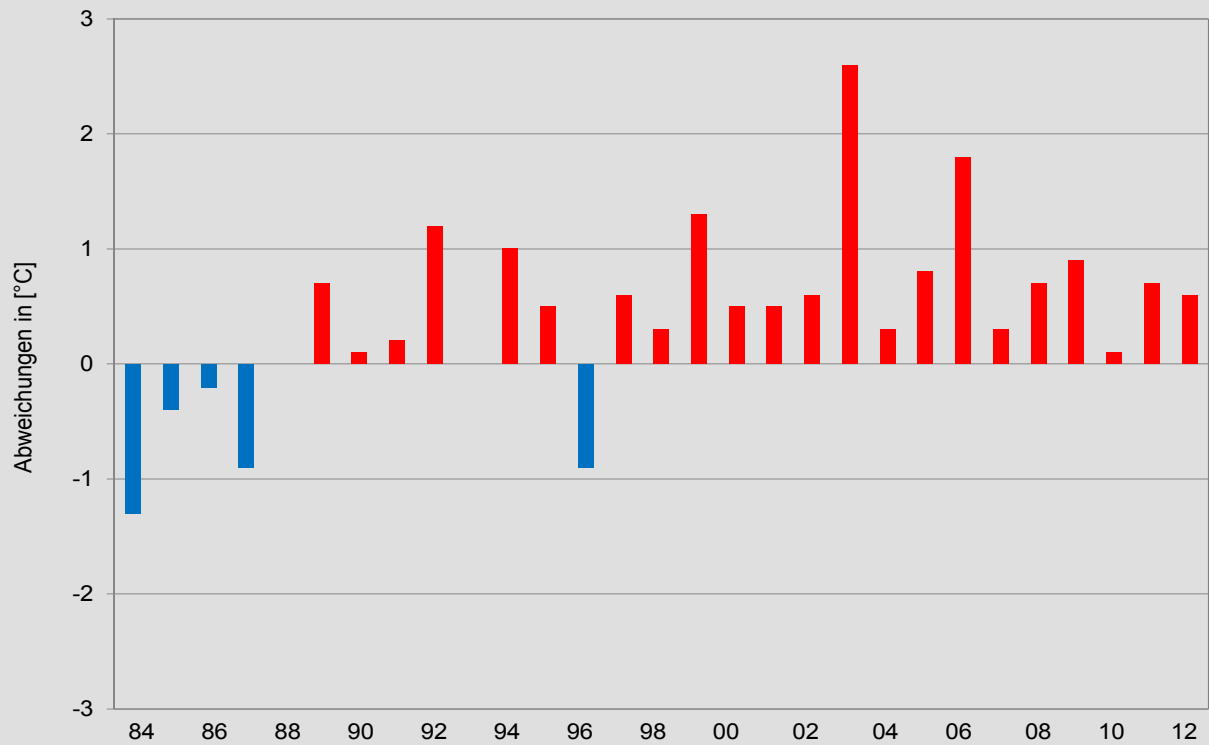




Thermopluviogramme für die Jahre 2011 (oben) und 2012 (unten). Dargestellt sind für die einzelnen Monate die kombinierten Abweichungen von Temperatur (waagerechte Achse) und Niederschlag (senkrechte Achse) zum langjährigen Mittel 1971-2000 (Vergleich jeweils anhand der Flächenmittel für Rheinland-Pfalz).

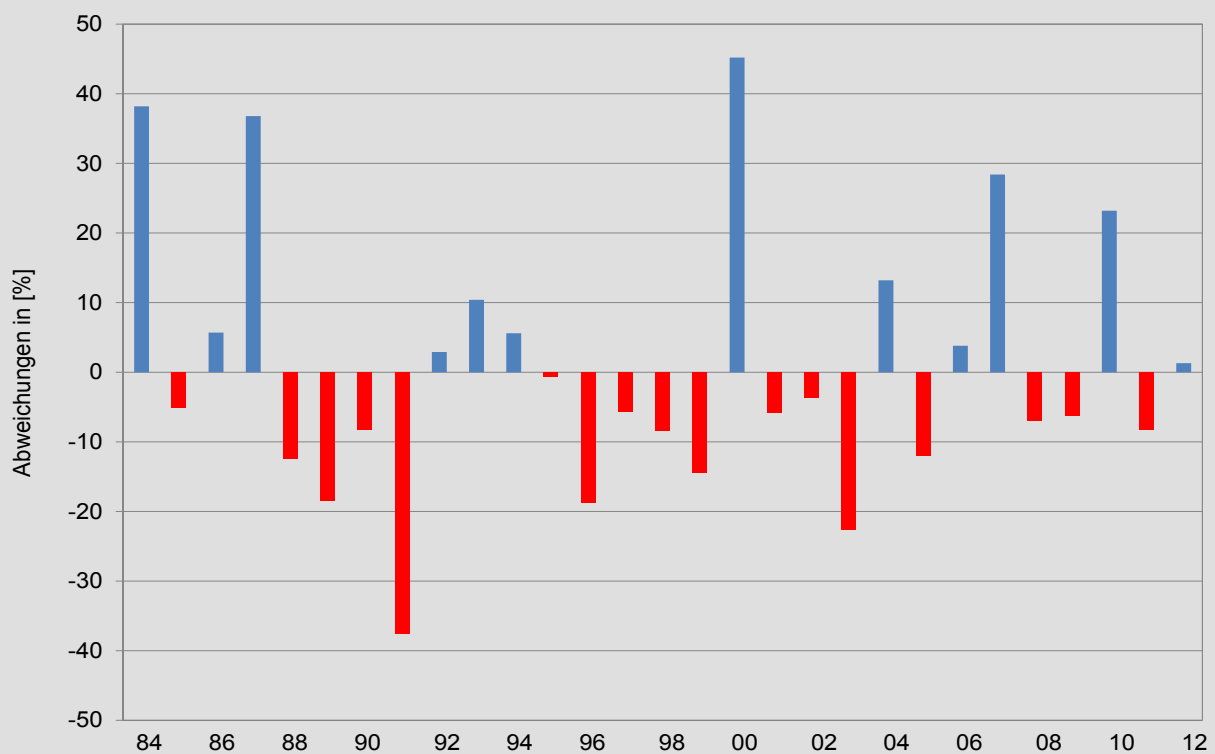
(Quelle: Deutscher Wetterdienst)





Abweichungen der Temperatur (oben) und der Niederschläge (unten) in den forstlichen Vegetationszeiten (Mai bis September) 1984 bis 2012 vom langjährigen Flächenmittel Rheinland-Pfalz 1971 bis 2000

(Quelle: Deutscher Wetterdienst)





## Waldklimastationen online

Die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft (FAWF) in Trippstadt betreibt 10 meteorologische Messstationen in den Waldgebieten von Rheinland-Pfalz. An diesen Stationen werden verschiedene meteorologische Parameter wie die Temperatur, Luftfeuchte und Globalstrahlung in 2 m Höhe, Niederschlag in 1 m Höhe, Windgeschwindigkeit und -richtung in 10 m Höhe sowie Bodentemperatur in 5 cm und 20 cm Tiefe erfasst. Die Daten werden in minütlicher Auflösung gemessen und per Fernübertragung an die FAWF übermittelt.

Die verschiedenen meteorologische Messnetze betreibenden Landesbehörden in Rheinland-Pfalz arbeiten sehr eng zusammen und präsentieren die von ihnen erhobenen Daten auf einer gemeinsamen Internetplattform: [www.wetter.rlp.de](http://www.wetter.rlp.de).

Die Plattform bietet ein umfangreiches Angebot: Neben allen Details zu jeder der einzelnen Stationen können deren aktuelle und vergangenen Messwerte abgefragt werden. Weitere Inhalte sind beispielsweise Wettervorhersagen für alle Stationen, eine Aufbereitung der landesweiten Spitzenwerte des jeweiligen Tages für Rheinland-Pfalz und Wetterwarnungen. Zudem bestehen kostenfreie Abmöglichkeiten von Vorhersagen und Statistiken („RLP-Wettermail“).



Waldklimastation Gauchsberg

Foto: M. Brando

## Online verfügbare Waldklimastationen in Rheinland-Pfalz

**AGRAR/METEOROLOGIE**  
RHEINLAND-PFALZ

AKTUELL  
VORHERSAGE RLP  
**STATIONS-AUSWAHL**  
Kartensuche  
Alphabetisch  
Landesregion  
Schwerpunkt  
WETTERWARNUNGEN  
RADAR, BLITZE UND SATELLIT  
ACKERBAU-GRÜNLAND  
BIENEN  
GARTEN  
GEMÜSEBAU  
OBSTBAU  
WALD  
WASSER  
WEINBAU  
SOLAR  
KLIMA  
ÜBER UNS  
SERVICE  
LOGIN  
PORTALE  
Impressum  
Sitemap  
Kontakt  
Browser: IE ab 7.x oder Firefox ab 3.5.x

Startseite > Stationsauswahl > Kartensuche

### Kartensuche

Wetterstationen in Rheinland-Pfalz suchen...

Geben Sie eine Postleitzahl und/oder den Ort ein und klicken Sie auf das Lupensymbol...

Karte Satellit

Wetterstationen:  
Alle  
Agrarmeteorologie  
Hydrometeorologie  
Waldklima

Klicken Sie auf einen Stationspunkt in der Karte für aktuelle Daten und weitere Informationen

## Allgemeine Waldschutzsituation

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

Wie bereits im Vorjahr traten auch im Mai 2012 erhebliche Nachtfröste auf, die lokal zu Schäden insbesondere in Laubholz- und Douglasienkulturen führten.

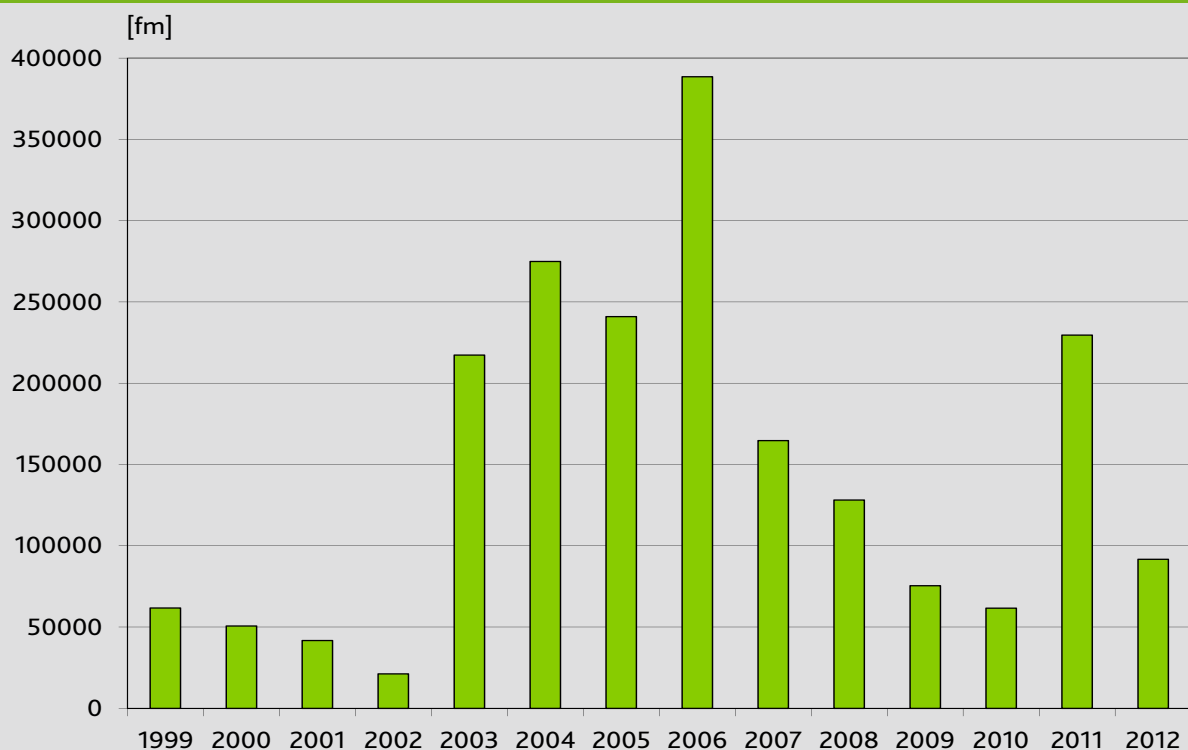
Im Vorjahr (2011) war als „Spätfolge“ des Orkans „Xynthia“ (01.03.2010) ein sehr hoher Käferholzeinschlag zu verzeichnen. Durch die rasche Aufarbeitung des Kalamitätsholzes und den günstigen Witterungsverlauf sind die Borkenkäferschäden im Jahr 2012 wieder deutlich ge-

sunken. Bis einschließlich September wurden ca. 90.000 Festmeter (fm) Käferholz verbucht, gegenüber 160.000 fm im Vorjahr (230.000 fm im Gesamtjahr 2011).

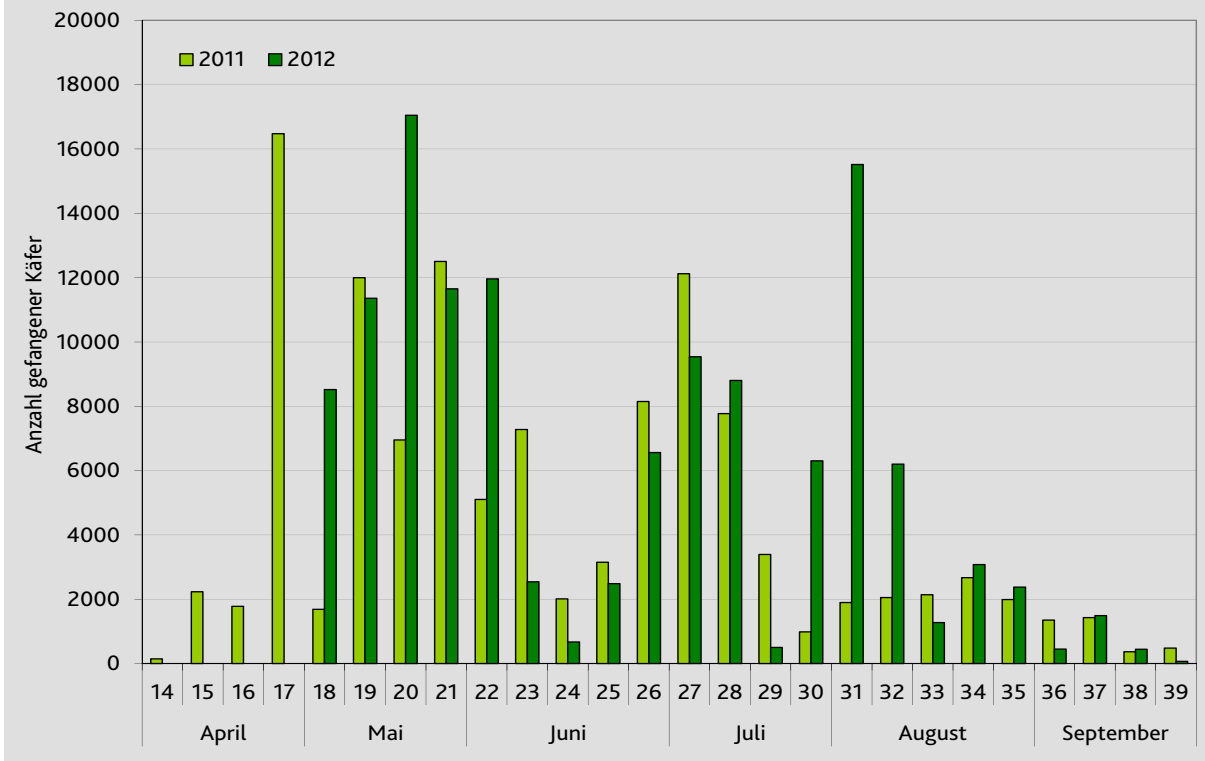
Der Verlauf der Flugaktivität des Buchdruckers (*Ips typographus*), als wichtigstem Fichtenborkenkäfer, wird in den Forstämtern Kaiserslautern (Pfälzerwald) und Hochwald (Hunsrück) mit Pheromonfallen und Brutkontrollen an Probestämmen überwacht.

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

## Käferholzeinschlag in Rheinland-Pfalz (alle Waldbesitzarten; 2012 bis einschließlich September)



## Buchdruckerentwicklung 2012 im Forstamt Kaiserslautern



Seit 2011 kann in Rheinland-Pfalz der potenzielle Entwicklungsstand der Buchdruckerpopulation in verschiedenen Regionen auch auf Grundlage eines Computermodells (PHENIPS) der Universität für Bodenkultur Wien verfolgt werden. Damit werden der Schwärmflug und das Brutgeschehen des

Buchdruckers anhand von Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) unter Einbindung einer 7-Tagesprognose eingeschätzt. Dies wird anhand von Grafiken für derzeit 32 DWD-Wetterstationen tagesaktuell dargestellt. Dadurch ist es möglich, frühzeitig und örtlich differenziert auf die Entwicklung des Buchdruckers zu reagieren.

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

Während der „Borkenkäfersaison“ wird wöchentlich an Probestämmen geprüft, in welchem Entwicklungszustand sich die Buchdruckerpopulation am jeweiligen Standort (hier Revier Mölschbach im Forstamt Kaiserslautern) befindet (großes Foto).  
 Foto: J. Lunk  
 Kleines Foto: Probenfenster mit Brutbildern des Buchdruckers.  
 Foto: F. Frank





Der Flug des Buchdruckers setzte 2012 erst Ende April ein und hatte im Mai seinen Höhepunkt. Die überwinternden Buchdrucker hatten in diesem Frühjahr zunächst schlechte Startbedingungen, so dass der Ausflug der ersten Generation später als im Jahr zuvor erfolgte. Der neue Buchdrucker"jahrgang" 2012 schwärmte erst im Juli und legte demnach erst im Hochsommer die neuen Bruten an. Die trocken-heißen Tage der ersten drei Augustwochen haben die Entwicklung erheblich beschleunigt: die Fangzahlen im August sind um ein Vielfaches höher als im Vorjahr. Aber vom Buchdrucker ging durch seinen schlechten Start im Frühjahr in diesem Jahr keine außergewöhnlich hohe Gefahr aus; 2012 war demnach eher ein „durchschnittliches Borkenkäferjahr“.

In vielen Douglasienbeständen war im aktuellen Jahr ein starker Befall der Douglasien mit der Rußigen Douglasienschütte (*Phaeocryptopus gaeumannii*) festzustellen. Durch den Pilzbefall büßen die Nadeln ihre Frosthärte ein und fallen nach Frostereignissen, wie im Februar 2012, ab. Häufig weist die Douglasie in der folgenden Vegetationsperiode dann nur noch einen Nadeljahrgang auf.

Die Population der zur „Eichenfraßgesellschaft“ gehörenden Schmetterlinge (Eichenwickler, Schwammspinner, verschiedene Frostspanner- und Eulenarten) befinden sich offenbar in einer ansteigenden Populationsphase (Progradation). Im Frühjahr 2012 trat verbreitet Licht- und auch Kahlfraß in den Eichenkronen auf, der sich trotz Regeneration der Belaubung durch Ersatztriebe in einer merklichen Verschlechterung des Kronenzustandes der Eiche niederschlug (vgl. Kap. Waldzustandserhebung – Eiche).

Vielfach wurde der Kronenzustand der Eiche 2012 auch durch einen starken Befall durch den Eichenmehltau (*Microsphaera alphitoides*) beeinträchtigt. Der Eichenmehltau wurde vermutlich Anfang des vorigen Jahrhunderts aus Nordamerika nach Europa eingeschleppt. Befallen werden überwiegend junge Blätter. Die bedeutendsten Schäden treten daher meist in Baumschulen, an



Der Eichenmehltau (*Microsphaera alphitoides*) befällt vornehmlich den Zweitaustrieb (Johannistrieb) und Regenerationstrieb nach Raupenfraß Foto: F. Engels

frisch gepflanzten Jungpflanzen und an Altbäumen aufwachsenden Naturverjüngungspflanzen auf. An älteren Eichen werden im Normalfall nur der Johannistrieb und der Neuaustrieb nach Raupenfraß befallen. Der Pilz überzieht die Blätter mit einem weißen Pilzgeflecht (Oberflächenmycel) und dringt über Saugfortsätze (Haustorien) in die Blattzellen ein, um Nahrung aufzunehmen. Bei trocken-warmer Witterung bilden sich auf den Pilzfäden Sommersporen (Konidien), die das Blatt wie mit Mehl bestäubt aussehen lassen. Später rollt sich das Blatt ein, färbt sich braun und fällt vorzeitig ab. Befallene Triebspitzen können auch Missbildungen und Krümmungen aufweisen.

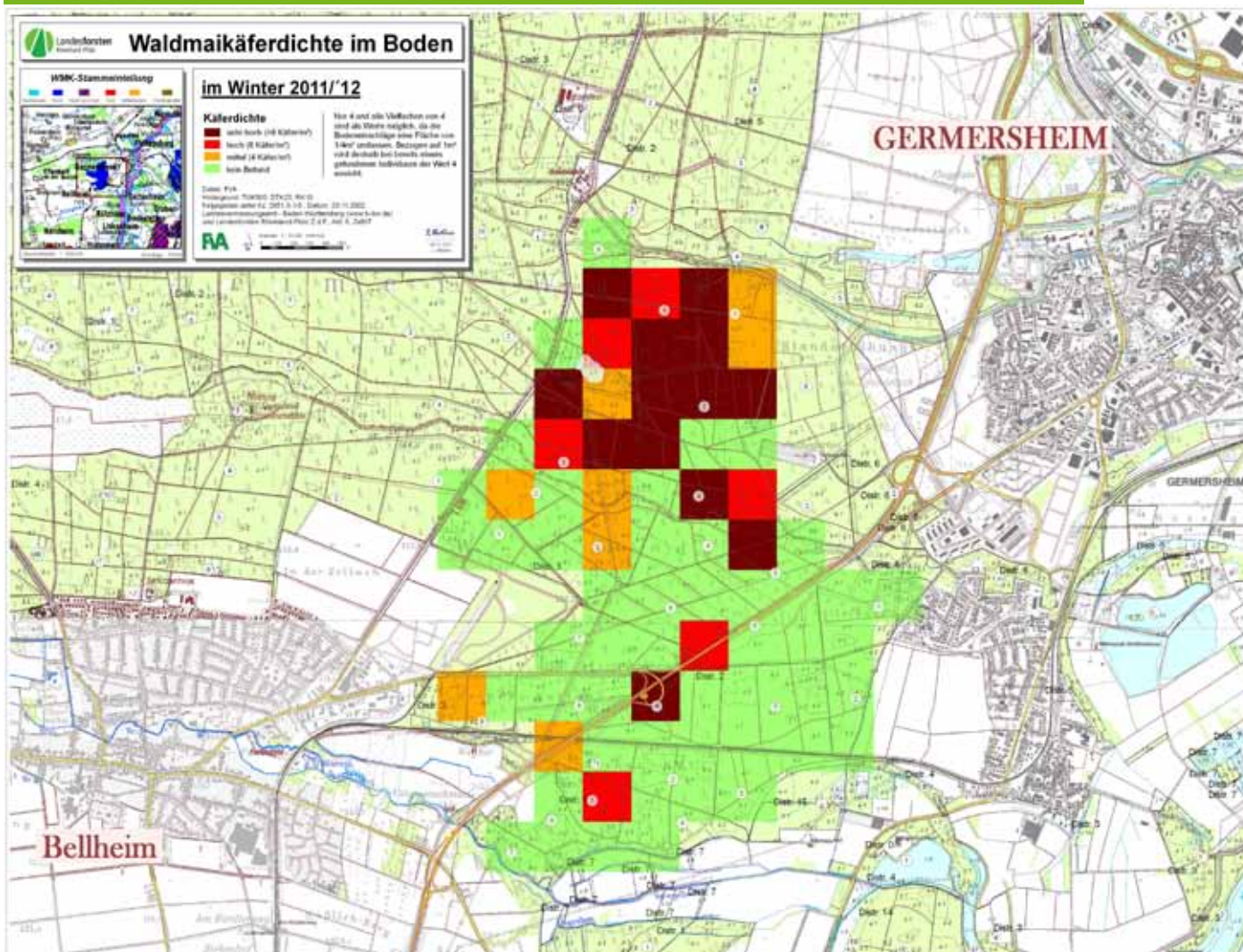
Der Eichenprozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*) trat im Jahr 2012 nur vereinzelt auf. Überraschenderweise beschränken sich die Meldungen des Auftretens dieses Insekts bislang auf die südlichen Landesteile. Hier ist nach wie vor lokal von Gesundheitsgefahren durch diesen Schmetterling auszugehen: Ältere Raupen verfügen über spezielle Brennhaare mit dem Nesselgift Thaumetopoein, das Haut- und Augenreizungen bis hin zu schweren Allergien auslösen kann. Die Brennhaare reichern sich als Häutungsreste in den Raupennestern an und bleiben auch nach der Verpuppung der Raupen eine Gefahr. In der südlichen Oberrheinebene sind auf tro-

ckenen Sandstandorten zahlreiche Waldbestände von einer ausgedehnten Gradation des Waldmaikäfers (*Melolontha hippocastani*) betroffen. Im Frühjahr 2012 fand im Forstamt Pfälzer Rheinauen zwischen Gernersheim und Bellheim ein ausgedehnter Flug des Nordstammes statt. Im gesamten Verbreitungsgebiet des Waldmaikäfers in der südlichen Oberrheinebene haben die Schäden durch Engerlingsfraß in den letzten Jahren stetig zugenommen und nach den Meldungen der betroffenen Forstämter 2011 bereits einen Flächenumfang von 1.100 ha erreicht.

In den Kiefernbeständen der Rheinebene treten verbreitet Schäden durch Misteln (*Viscum album*) auf. Gravierender Mistelbefall wurde von den Forstämtern auf einer Fläche von ca. 2.200 Hektar gemeldet. Der Mistelbefall führt vor allem im Zusammenhang mit Trockenstress zu einer erhöhten Absterberate.

Das durch den Pilz „Falsches Stängelbecherchen“ (*Hymenoscyphus pseudoalbidus*) ausgelöste Eschentriebsterben ist in Rheinland-Pfalz auf eine Befallsfläche von inzwischen insgesamt etwa 580

Im Herbst 2011 wurde durch Probegrabungen die Dichte der im Waldgebiet zwischen Bellheim und Gernersheim im Boden überwinternden Waldmaikäfer ermittelt: In diesem Wald, in dem bereits 2008 ein starker Maikäferflug beobachtet wurde, befanden sich im Winter 2011/12 ca. 40 Millionen Waldmaikäfer schlüpfbereit im Boden.





ha weiter vorangeschritten. Damit ist diese Baumart, auf die im Rahmen des Klimawandels große Erwartungen gesetzt wurden, erheblich bedroht.

Der Esskastanienrindenkrebs (*Cryphonectria parasitica*) stellt als pilzlicher Krankheitserreger und Quarantäne-Schadorganismus weiterhin eine gravierende Gefahr für die Esskastanienwälder der Pfälzer Haardt dar. Hierzu erfolgten von 2010 bis 2012 in einem transnationalen EU-Interreg Projekt: „Die Edelkastanie am Oberrhein -eine Baumart verbindet Menschen, Kulturen und Landschaften“ intensive Untersuchungen. Die Hoffnung auf eine sich natürlich einstellende „Hypovirulenz“ hat sich bislang nicht bestätigt.

Unter Hypovirulenz wird ein Befall durch spezifische Viren verstanden, die die Aggressivität des Pilzes deutlich herabsetzen. Mit dem Ziel, den Schaden durch den Rindenkrebs in der Haardt einzudämmen, wurde das entsprechende Virus aus der Ortenau, einem anderen Verbreitungsgebiet des Rindenkrebesses, versuchsweise ausgebracht.

An vielen Laubbäumen konnten im Sommer Blattverfärbungen und teilweise auch ein vorzeitiger Blattfall festgestellt werden. Besonders betroffen waren die Wildkirschen. Hier trat sehr verbreitet die durch den Pilz *Phloeosporrella padi* verursachte Sprühfleckenkrankheit auf.



Vorzeitiger Blattfall an einer Wildkirsche im Sommer 2012 (großes Foto). Die Blattschäden werden durch den Pilz *Blumeriella jaapii* (Nebenfruchtform *Phloeosporrella padi*) verursacht (kleines Foto)

Foto: H.W. Schröck

Foto: T. Wehner





# DEUTLICHE VERBESSERUNG DES WALDBODENZUSTANDES IN RHEINLAND-PFALZ





Die Befunde der im Jahr 2012 abgeschlossenen zweiten landesweiten Waldbodenzustands-erhebung in Rheinland-Pfalz (BZE II) zeigen eine deutliche Verbesserung des Waldboden-zustandes. So ist die Bodenversauerung merklich zurückgegangen. Die pH-Werte und die Gehalte und Vorräte an austauschbarem Kalzium und Magnesium sind deutlich angestiegen. Die Sulfatkonzentrationen im Bodenwasser sind spürbar gesunken und auch die Belastung durch Schwermetalle hat sich merklich verringert.

Die Auswertungen belegen nicht nur die Erfolge der Luftreinhaltung, sondern sie zeigen auch die Wirksamkeit der Bodenschutzkalkung in Rheinland-Pfalz.

Besorgniserregend ist allerdings nach wie vor die Belastung unserer Waldökosysteme durch Stickstoff. So ergaben sich an etwa der Hälfte der Aufnahmepunkte Hinweise auf eine über-mäßige Stickstoffeutrophierung.

Die bundes- und europaweit abgestimmte BZE ist Teil des Forstlichen Umweltmonitorings, das in Rheinland-Pfalz federführend durch die For-schungsanstalt für Waldökologie und Forstwirt-schaft (FAWF) durchgeführt wurde. Die BZE II erfolgte in enger Kooperation der FAWF mit dem Forsteinrichtungs- und Standortkartierungsre-ferat der Zentralstelle der Forstverwaltung, dem Landesamt für Geologie und Bergbau und der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und For-schungsanstalt Speyer.

Die Feldaufnahmen und Probenahmen der BZE I wurden in den Jahren 1989/90, die der BZE II 17 Jahre später in den Jahren 2006/07 durchgeführt. Beide Erhebungen erfolgten auf dem 4x12 km-Raster der Unterstichprobe der Waldzustandser-hebung.

Bei der BZE II wurden an 165 Rasterpunkten mehr als 1200 Bodenproben gewonnen und nahezu 70 000 einzelne chemische und physikalische Analysen durchgeführt.

#### Deutliche Wirkung von Luftreinhaltung und Kal-kung

Die erhebliche Verringerung des Eintrags ver-sauernd wirkender Luftverunreinigungen und die Waldkalkung haben eine deutliche Verbesserung des Waldbodenzustandes bewirkt. So zeigen die pH-Werte an der Mehrzahl der Rasterpunkte bis

in den Unterboden hinein einen deutlichen An-stieg zwischen der BZE I und der BZE II. Während sich bei der BZE I noch an mehr als zwei Dritteln der Standorte die Oberböden im Aluminium- und Eisen-Aluminium-Pufferbereich befanden, hat sich der Schwerpunkt bei der BZE II in den Austauscherpufferbereich hinein verschoben. Dies korrespondiert mit Veränderungen in der Austauscherbelegung: So zeigt sich bei der BZE II bis in eine Bodentiefe von 60 cm eine signifikant erhöhte Basensättigung gegenüber den Befunden der BZE I. Die Verbesserungen im Säure-Basezu-stand der Böden betreffen vor allem Standorte und Regionen, in denen zuvor besonders niedrige pH-Werte und Basensättigungen anzutreffen waren, wie die Buntsandsteinstandorte im Pfäl-zerwald und die Quarzitstandorte im Hunsrück. Im Wesentlichen dürfte dies auf die hier großflä-chig durchgeführten Bodenschutzkalkungen zu-rückzuführen sein. Die Auswertungen belegen die zielgerichtete Auswahl der zu kalkenden Stand-orte. So wies das gekalkte Kollektiv vor der Kal-kung deutlich geringere Basensättigungen auf als das nicht gekalkte Kollektiv. Die Auswertungen ergaben keine Hinweise auf negative Effekte der Kalkung wie eine Verringerung der Kaliumverfü-gbarkeit oder Verluste an organischem Kohlen-stoff.

Eingehende Mineralanalysen und Kalkulationen

**oben:** Für die Analyse aufbereitete Bodenskelettproben Foto: C.D. Fath

**unten:** Probenahme aus der Sohle eines BZE-Bodenprofils Foto: W. Schwind

der Mineralverwitterung zeigen, dass ein sehr großer Teil unserer Waldböden so arm an verwitterbaren kalziumhaltigen Mineralen ist, dass eine Regeneration der versauerten, basenverarmten Böden ohne Kalkung kaum möglich erscheint.

Die drastische Verringerung der Schwefeldioxidemission und der damit verbundene Rückgang der atmosphären Sulfatdeposition in unseren Wäldern schlägt sich in den Befunden der BZE in einer deutlichen Abnahme der Sulfatkonzentrationen im Bodenwasser nieder.

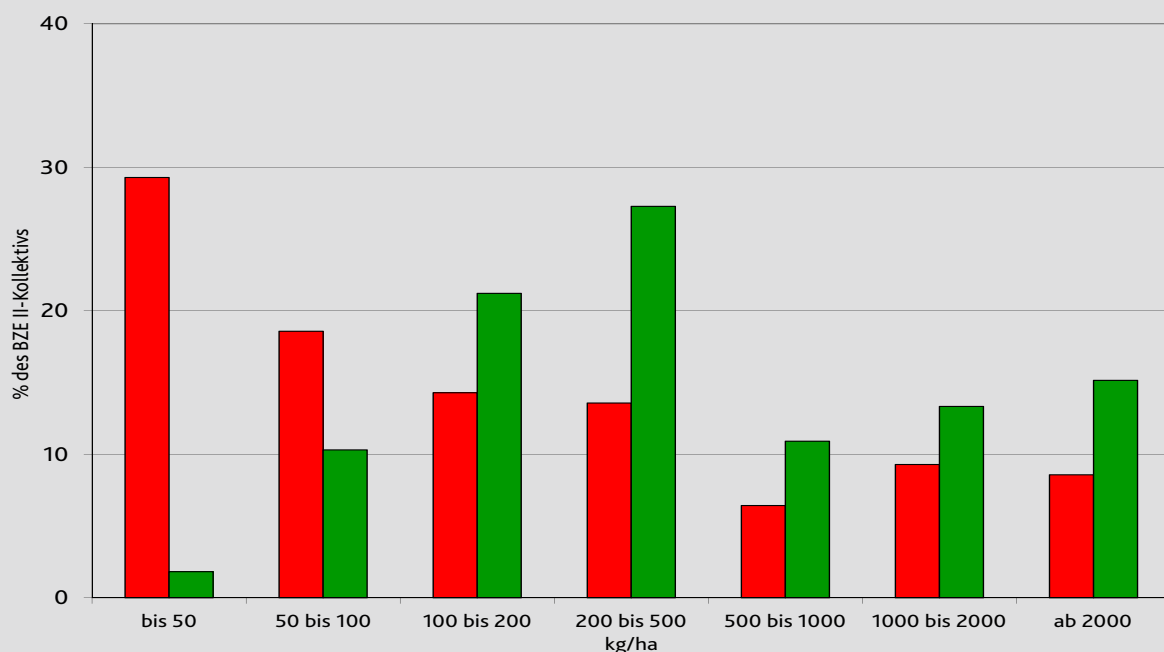
Viele rheinland-pfälzische Waldböden weisen vergleichsweise hohe Schwermetallgehalte auf. Hier hat vor allem die in geschichtlicher Zeit fast überall in den heutigen Waldgebieten ausgeübte Bergbautätigkeit - in der Regel verbunden mit einer lokalen Verhüttung der Erze - ihre Spuren hinterlassen. Jüngere Einträge aus der Industrie und dem Straßenverkehr sind in den letzten Jahren merklich rückläufig. Auch hier belegt die BZE

die Wirksamkeit der Emissionsminderungsmaßnahmen. So sind die Bleikonzentrationen in den obersten Bodenschichten zwischen der BZE I und der BZE II deutlich gesunken.

#### Problem Stickstoffbelastung

Die Stickstoff-Depositionsraten überschreiten an nahezu drei Vierteln der BZE-Rasterpunkte  $20 \text{ kg N/ha}^*$  Jahr und halten somit verbreitet die Schwellenwerte der Ökosystemverträglichkeit (Critical Loads) für eutrophierenden Stickstoff nicht ein. An etwa der Hälfte der Aufnahme- punkte ergaben sich Hinweise auf eine übermäßige Stickstoffeutrophierung, verbunden mit hohen Nitratgehalten im Bodenwasser und stickstoffliebenden Pflanzen in der Waldbodenvegetation. An einem Drittel der Plots überschreiten die Nitratkonzentrationen der Bodenlösung  $10 \text{ mg/l}$ , an nahezu einem Viertel sogar  $20 \text{ mg/l}$ . Bei etwa der Hälfte des Kollektivs wurden Nitrataustragsraten mit dem Sickerwasser von mehr als  $5 \text{ kg N/}$

Verteilung der austauschbaren Magnesiumvorräte im Wurzelraum bei BZE I (rote Säulen) und BZE II (grüne Säulen); vor allem die Bodenschutzkalkung hat zu einer deutlichen Verbesserung der Magnesiumbereitstellung in den Waldböden geführt



ha\*Jahr und bei einem Viertel der Rasterpunkte auch mehr als 15 kg N/ha\*Jahr kalkuliert. Allerdings haben sich die Stickstoffvorräte in den Böden und die Nitratkonzentrationen im Bodenwasser zwischen der BZE I und der BZE II nicht signifikant verändert. Der Anteil an Rasterpunkten mit weiten C/N-Verhältnissen ist von der BZE I zur BZE II merklich gesunken. Allerdings fügen sich die C/N-Verhältnisse noch recht gut in den Bereich der für „natürliche“ Verhältnisse für die jeweilige Humusform angegebenen Spannen ein.

#### Bedeutsame Kohlenstoffspeicherung

In Zusammenhang mit der Klimaschutzwirkung des Waldes ist die Kohlenstoffspeicherung in unseren Waldökosystemen von besonderer Aktualität. Daher wurden bei der BZE II nicht nur die Kohlenstoffvorräte im Boden, sondern auch die Gehalte in allen Ökosystemteilen wie den aufwachsenden Bäumen, der Bodenvegetation oder dem Totholz erfasst.

Die Vorräte an organischem Kohlenstoff im gesamten Ökosystem variieren im BZE II-Kollektiv zwischen 90 und 528 t/ha mit einem Mittelwert (Median) von 228 t/ha. Der größte Kohlenstoffspeicher ist der aufstockende Waldbestand (Median 114 t/ha), gefolgt vom Mineralboden (78 t/ha), der Humusaufgabe (17 t/ha), dem Totholz (5,7 t/ha) und der Bodenvegetation (0,16 t/ha). Die in der Humusaufgabe und im Mineralboden gespeicherten Kohlenstoffvorräte haben sich zwischen den beiden Erhebungen nicht signifikant verändert. Eine Regressionsanalyse zeigte, dass die C-Vorräte in der Humusaufgabe im Wesentlichen von der Bestockung (Fichten- und Kiefernanteil) und dem Standortwasserhaushalt, die Vorräte im Mineralboden von der Jahresniederschlags-summe, dem Tongehalt und dem Wasserhaushalt der Standorte abhängen.

#### Große Standortvielfalt und Biodiversität

Das BZE II-Kollektiv umfasst 33 Bodentypen, 95 Substratreihen, 28 Standortswaldtypen und 447 Pflanzenarten über alle Vegetationsschichten;

dies belegt eine große natürliche Diversität der Standortverhältnisse in den rheinland-pfälzischen Wäldern. Die Auswertung der Vegetationsbefunde im Hinblick auf die Zeigerwerte nach ELLENBERG weist auf einen erheblichen Einfluss der Versauerung, der Stickstoffeutrophierung und der Auflichtung der Bestände insbesondere durch Sturmwurf auf die Zusammensetzung der Bodenvegetation hin. Vergleiche der Befunde von BZE I und BZE II belegen, dass der bei der BZE I festgestellten Nivellierung der chemischen Oberbodenverhältnisse in Richtung „versauert und nährstoffarm“ durch Kalkung und Emissionsminderung erfolgreich entgegengewirkt wird.

**Beispiel eines vom Messpunktposten  
aus in Richtung Westen aufgenommenen  
Waldbestandes** Foto: J. Gauer



## Mineralogische Untersuchungen liefern Informationen zur Regenerationsfähigkeit unserer Waldböden

Die mineralogische Zusammensetzung der Waldbodensubstrate und die Entwicklungszustände der Tonminerale liefern wesentliche Kennwerte zur Beurteilung des Pufferpotenzials des Bodens gegenüber Säurebelastungen, zur Fähigkeit der Böden langfristig Nährelemente nachzuliefern und sich gegebenenfalls nach Bodendegradationen durch Verwitterung primärer Silikate und Tonmineralneubildungen zu regenerieren.

Neben Carbonaten, Feldspäten, Pyroxenen und Amphibolen (Hornblende) spielen bei der Freisetzung basischer Kationen Tonminerale eine große, in vielen rheinland-pfälzischen Waldböden sogar die entscheidende Rolle. Da sich die Fähigkeit der Tonminerale Kationen austauschbar zu binden und im Zuge ihrer Verwitterung basische Nährelementkationen freizusetzen, erheblich unterscheiden, wurden an allen BZE II Rasterpunkten eingehende mineralogische Untersuchungen nach einem von R. BUTZ-BRAUN entwickelten Verfahren durchgeführt.

Im Rheinischen Schiefergebirge dominieren „illitreiche Substrate“. Insgesamt kommt diese Substratklasse an nahezu der Hälfte der Rasterpunkte vor. Illite entstehen bei der Verwitterung von Glimmern und tragen erheblich zur Freisetzung der Nährelemente Kalium und Magnesium bei. Die Kalzium-Nachlieferung der illitreichen Böden ist aber nur gering; daher ist ihre Regenerationsfähigkeit nach Bodendegradation durch Versauerung sehr begrenzt.

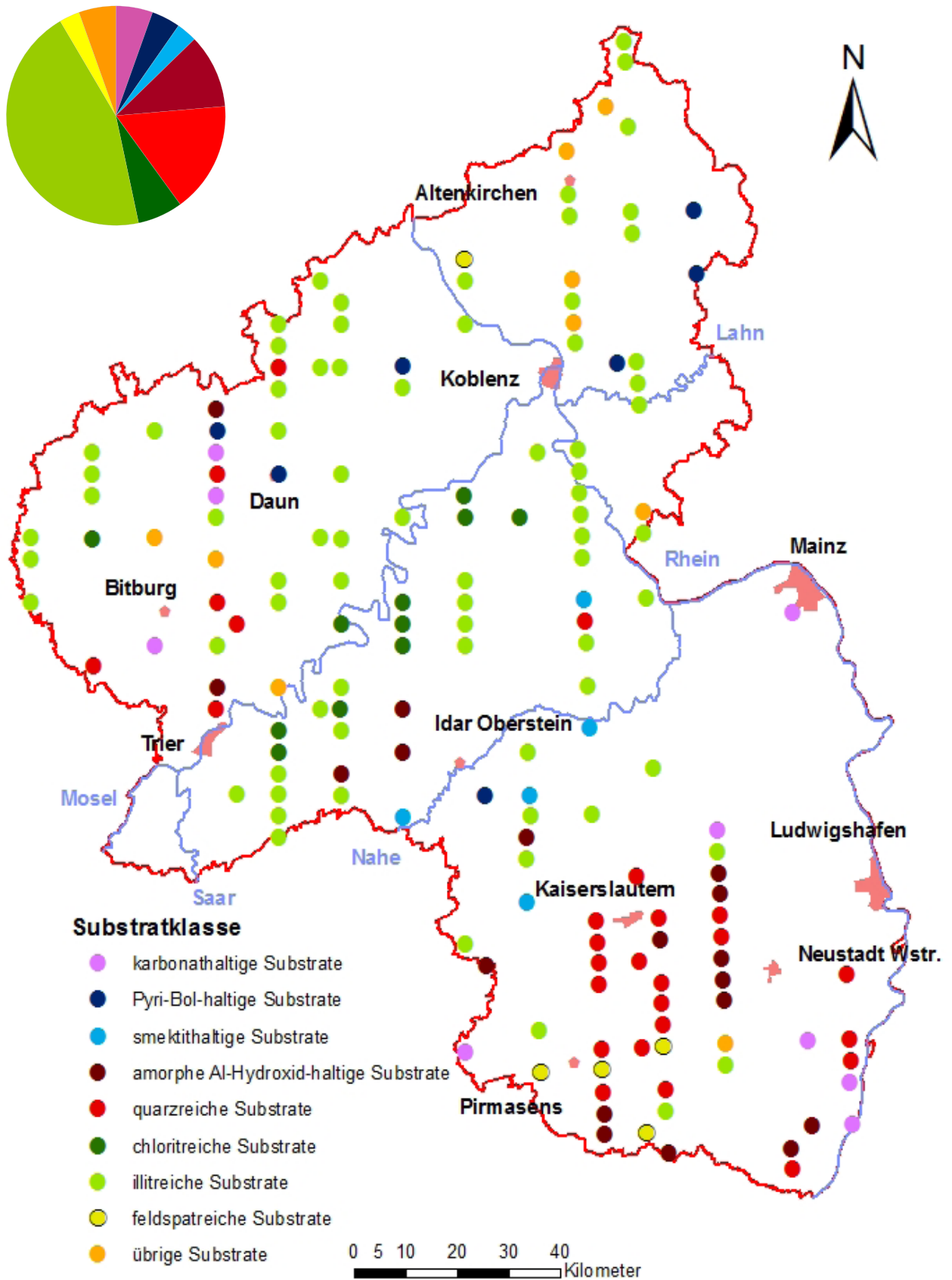
Am zweithäufigsten sind in den rheinland-pfälzischen Wäldern „quarzreiche Substrate“ anzutreffen. Diese Substratgruppe dominiert im Pfälzerwald, kommt aber auch in der Eifel und im Oberrheinischen Tiefland vor. Die Böden dieser Substratgruppe verfügen nur über ein sehr geringes Pufferpotenzial. Da sie aus der Verwitterung nahezu kein Kalzium und nur wenig Magnesium und Kalium nachliefern, ist ihre Regenerationsfähigkeit nur sehr gering.

An 18 Rasterpunkten wurden Hinweise auf Tonzerstörung gefunden („amorphe Al-Hydroxidhaltige Substrate“), verbunden mit einem nur sehr geringen Pufferpotenzial und einer ebenso geringen „nachschaffenden Kraft“ (Freisetzung von Nährstoffen aus der Mineralverwitterung).

Nur an etwa einem Sechstel des rheinland-pfälzischen BZE-Kollektivs lassen die Mineralanalysen ein hohes Pufferpotenzial gegenüber Säureinträgen und eine hohe Nachlieferung der Nährstoffe Kalzium, Magnesium und Kalium erwarten („Karbonathaltige Substrate“, „Pyroxene und/oder Amphibole-Pyri-Bolhaltige Substrate“, Teile der „smektithaltigen“ und der „übrigen“ Substrate).

Eingehende Informationen über die Befunde der BZE I und der BZE II erhalten Sie auf den Webseiten der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft <http://www.fawf.wald-rlp.de/index.php?id=3015> Dort finden Sie auch den umfangreichen Ergebnisbericht als Download.





# WASSERHAUSHALT RHEINLAND- PFÄLZISCHER WÄLDER – ERHEBLICHE VERÄNDERUNGEN DURCH DEN KLIMAWANDEL ZU ERWARTEN



Wasser ist in unseren rheinland-pfälzischen Waldökosystemen in sehr unterschiedlichem Ausmaß verfügbar. Die Wasserhaushaltsuntersuchungen im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings zeigen, wo bereits gegenwärtig Wassermangelsituationen auftreten und wie sich die Belastungen unserer Waldökosysteme durch Trockenstress im Zuge des Klimawandels verändern könnten.

Wasser ist von entscheidender Bedeutung für die Funktionsfähigkeit unserer Waldökosysteme. Nahezu alle chemischen und biologischen Prozesse sind an das Vorhandensein von Wasser gebunden. Sinkt die Wasserverfügbarkeit, nehmen das Wachstum und die Produktivität der Wälder ab und wichtige Schutz- und Speicherfunktionen, wie beispielsweise die Kohlenstoffbindung und die Grundwasserneubildung, werden beeinträchtigt. Verändert sich die Wasserverfügbarkeit abrupt, führt dies zu erheblichen Vitalitätseinbußen der Waldbäume.

Der Klimawandel wird sich voraussichtlich erheblich auf den Wasserhaushalt der Waldökosysteme auswirken. Veränderungen in den Niederschlägen, eine mögliche Umverteilung der Niederschläge vom Sommer in den Winter, höhere Temperaturen und die damit verbundene höhere Verdunstung beeinflussen nahezu alle Komponenten des Wasserhaushalts.

Wasserhaushaltsuntersuchungen sind bereits seit Mitte der 1980er Jahre zentraler Bestandteil des rheinland-pfälzischen Forstlichen Umweltmonitorings. So werden an Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen forstmeteorologische Messungen durchgeführt. Diese liefern Zeitreihen zu den wesentlichen Antriebskräften des Wasserhaushalts wie Niederschlag, Lufttemperatur, Luftfeuchte, Globalstrahlung und Windgeschwindigkeit. Zudem werden in verschiedenen Bodentiefen die Wassergehalte und Saugspannungen, das ist

die Kraft, mit der das Wasser im Boden gebunden wird, kontinuierlich gemessen. Auch werden an den Untersuchungsflächen Daten zur Wasserspeicherfähigkeit im Boden und zur Wurzeltiefe der verschiedenen Baumarten erhoben.

Die Kalkulation der verschiedenen Kenngrößen des Wasserhaushalts, wie Transpiration (produktive Verdunstung), Interzeption (Zurückhalten der Niederschläge in den Kronen der Waldbäume) und Tiefenversickerung erfolgen im Forstlichen Umweltmonitoring mit Hilfe von Wasserhaushaltsmodellen (COUPMODEL, LWF BROOK 90). Nur durch den Einsatz dieser prozessorientierten numerischen Simulationsmodelle können alle Komponenten des Wasserkreislaufs ohne Störung des Ökosystems kontinuierlich in täglichen Zeitschritten erfasst werden.

Da in diese Modelle auch Daten aus Projektionen des möglichen zukünftigen Klimas eingespeist werden können, eignen sie sich in besonderem Maße auch für die Untersuchung möglicher Folgen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt der Waldökosysteme und damit auch zur Abschätzung künftiger Risiken wie beispielsweise durch zunehmenden Trockenstress.

Um landesweite Aussagen treffen zu können, wurden Untersuchungen zum Wasserhaushalt der Waldökosysteme auch an den 165 Aufnahmepunkten des landesweiten Erhebungsrasters der Waldbodenzustandserhebung (BZE) durchgeführt. Für die BZE-Rasterpunkte wurden neben der



aktuellen Situation auch die möglichen Veränderungen im Klimawandel untersucht.

Die klimatischen Bedingungen und Kennwerte des Wasserhaushalts weisen in Rheinland-Pfalz eine sehr große Differenzierung auf. Im landesweiten Raster der Waldbodenzustandserhebung variierten die langjährigen Mittelwerte (Zeitraum 1961 bis 2006) des Jahresniederschlags zwischen 600 und 1300 mm, des Bestandesniederschlags (Kronentraufe und Stammabfluss) zwischen 450 und 1140 mm, der Interzeptionsverdunstung zwischen 130 und 350 mm, der Evaporation zwischen 20 und 80 mm, der Transpiration zwischen 170 und 370 mm und der Tiefensickerung zwischen 110 und 730 mm.

Als Maß für das Wasserdargebot ohne Berücksichtigung von Boden- und Bestandeseigenschaften eignet sich die klimatische Wasserbilanz. Sie wird als Differenz des Freilandniederschlags und der Referenzverdunstung berechnet. Letztere beschreibt die hypothetische Verdunstung einer Grasoberfläche. Im Mittel des Zeitraums 1961 bis 2006 variiert die jährliche klimatische Wasserbilanz an den 165 Rasterpunkten der Waldbodenzustandserhebung zwischen +15 und +700 mm. Geringe Wasserbilanzen sind vornehmlich im Saar-Nahe-Bergland, im Mittelrheintal und im Oberrheinischen Tiefland, hohe klimatische Wasserbilanzen in den Hochlagen der Mittelgebirge zu finden.

Neben Niederschlag, Verdunstung und Sickerung ist die Wasserspeicherung im Boden von großer Bedeutung für die Wasserverfügbarkeit der Vegetation. Die Spanne der Speicherkapazität an für die Pflanzen nutzbarem, das heißt nicht zu fest im Boden gebundenen Wasser reicht von 47 bis 300 mm. Speicherkapazitäten von über 250 mm z.B. auf tiefgründigen Buntsandsteinstandorten und Lössdecklehmen stehen Kapazitäten von weniger als 75 mm auf flachgründigen Tonschieferstandorten gegenüber.

### **Einfluss des Klimawandels auf den Wasserhaushalt**

Das Klima unterlag in der Vergangenheit einem Wandel und wird sich auch in Zukunft ändern.

Veränderungen durch anthropogene Einflüsse, insbesondere durch die Emission von Klimagasen werden aber erheblich beschleunigt ablaufen. Zwischen 1901 und 2008 hat sich die Jahresdurchschnittstemperatur in Rheinland-Pfalz um 1,1° C erhöht. Vor allem die Winter sind regional unterschiedlich um bis zu 2° C wärmer geworden. Westwindwetterlagen sind in den letzten 50 Jahren tendenziell häufiger geworden. Im Sommer sind die Niederschläge in den meisten Regionen zurückgegangen. Die Mehrzahl der regionalen Klimaprojektionen geht davon aus, dass sich dieser Trend weiter fortsetzen wird. Allerdings weisen alle Klimaprojektionen und Folgeauswertungen eine sogenannte „Spanne der Unsicherheit“ auf. So basiert die Betrachtung des Klimawandels auf unterschiedlichen Emissionsszenarien, die von unterschiedlichen Entwicklungen des künftigen Wirtschaftswachstums, der Globalisierung und des Umweltbewusstseins ausgehen. Von den verschiedenen Emissionsszenarien ausgehend werden von zahlreichen Instituten mit einer Vielzahl von Modellen globale und regionale Klimaprojektionen berechnet. Dies führt zu einer erheblichen Spannweite der Ergebnisse hinsichtlich Intensität und Ausprägung des zu erwartenden Klimawandels. Als Beispiel für die „Spanne der Unsicherheit“ können Ergebnisse einer Sensitivitätsanalyse zur Ausprägung des Klimawandels für Forschungsflächen im Forstamt Hinterweidenthal, Pfälzerwald, herangezogen werden. Hierbei wurden 20 verschiedene Klimaprojektionen, die unterschiedliche Emissionsszenarien sowie Global- und Regionalmodelle abbilden, herangezogen. Die Befunde zeigen sehr große Unterschiede in der möglichen Ausprägung des Klimawandels: Bei allen Ansätzen wurde zwar eine Temperaturzunahme bis zum Ende des Jahrhunderts berechnet, allerdings variiert die Spanne zwischen + 2,0 und + 4,2° C. Während einige Projektionen vergleichbare Temperaturzunahmen im Sommer- und Winterhalbjahr aufweisen, zeigen andere eine stärkere Temperaturveränderung im Sommerhalbjahr, andere im Winterhalbjahr. Beim Jahresniederschlag wurde von manchen Szenarien eine Zunahme (max. + 12 %), von anderen eine Abnahme (max. – 7 %) kalkuliert. Allerdings stimmen die Projektionen



darin überein, dass bis zum Ende des 21. Jahrhunderts mit einer Umverteilung der Niederschläge vom Sommer- in das Winterhalbjahr zu rechnen ist. Auch bei der relativen Luftfeuchte (- 8 % bis + 1 %), der Globalstrahlung (- 7 bis + 7 %) und der Windgeschwindigkeit (- 4 bis + 3 %) gehen die Berechnungen der einzelnen Szenarien für die zukünftige Entwicklung weit auseinander. Diese Unterschiede in der kalkulierten Klimaentwicklung schlagen sich auch in den Befunden der Wasserhaushaltssimulationen für zukünftige Zeiträume nieder. Die Simulationen wurden für drei Klimaszenarien durchgeführt, die die Spannweite der möglichen zukünftigen Klimaveränderung an diesem Standort vermutlich abdecken (Ensemble-Ansatz):

- DMI\_ECHAM5: wenig Erwärmung, Zunahme des Niederschlags
- HC3QO: starke Erwärmung, sommertrocken
- WETTREG: wenig Erwärmung, starke Umverteilung der Niederschläge vom Sommer- ins Winterhalbjahr.

Die Simulationen erfolgten jeweils für 8 unterschiedliche Waldökosysteme (Buche, Eiche, Kiefer, Douglasie im Rein- und Mischbestand). Alle drei Szenarien zeigen für jeden Bestockungstyp einen Anstieg der Evaporation und der Transpiration. Demgegenüber entwickeln sich die Interzeption und die Tiefensickerung je nach Bestockung und Klimaprojektion unterschiedlich. Auch die Entwicklung des Trockenstressrisikos wird unterschiedlich vorhergesagt: Während sich beim Szenario DMI\_ECHAM5 nur geringe Verän-

Weitere Informationen zu „Wasserhaushaltsuntersuchungen im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings und bei waldbaulichen Versuchen in Rheinland-Pfalz“ sowie zu „Untersuchungen zu Wasserhaushalt und Klimawandel an ausgewählten forstlichen Monitoringflächen in Rheinland-Pfalz“ finden sie als download auf den Webseiten der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft:  
<http://www.fawf-wald-rlp.de/index.php?id=2601>

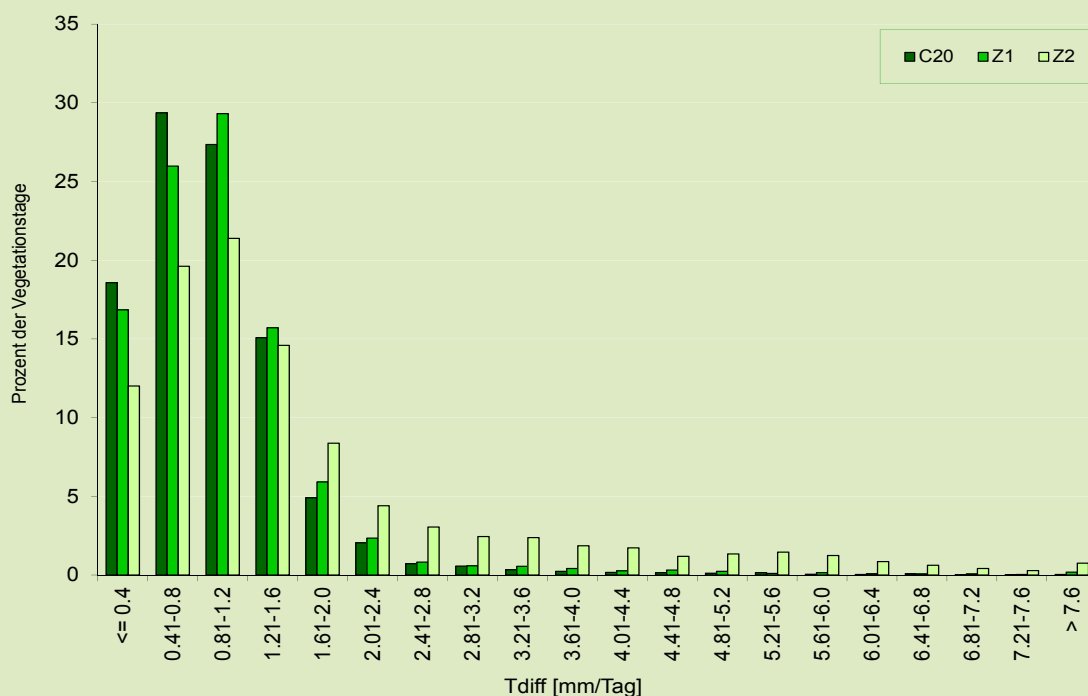
derungen oder sogar ein Rückgang der Anzahl der Tage mit Trockenstress ergibt, weisen die Kalkulationen für die beiden anderen Klimaszenarien bei allen Bestockungstypen eine deutliche Zunahme des Trockenstressrisikos auf.

Diese Befunde zeigen, dass wir gegenwärtig die Ausprägung des Klimawandels und dessen Folgen für den Wasserhaushalt der Ökosysteme sowie die Risiken für die Waldlebensgemeinschaften nur mit großen Unsicherheiten einschätzen können. Daher ist eine Fortführung der intensiven Umweltbeobachtung im Wald (Forstliches Umweltmonitoring), weitere Forschung zur Ausprägung des Klimawandels und dessen Folgen und in der forstlichen Praxis eine Risikostreueung bei der Waldbewirtschaftung, zum Beispiel durch ein möglichst großes Baumartenspektrum und den Aufbau von Mischbeständen, unverzichtbar.

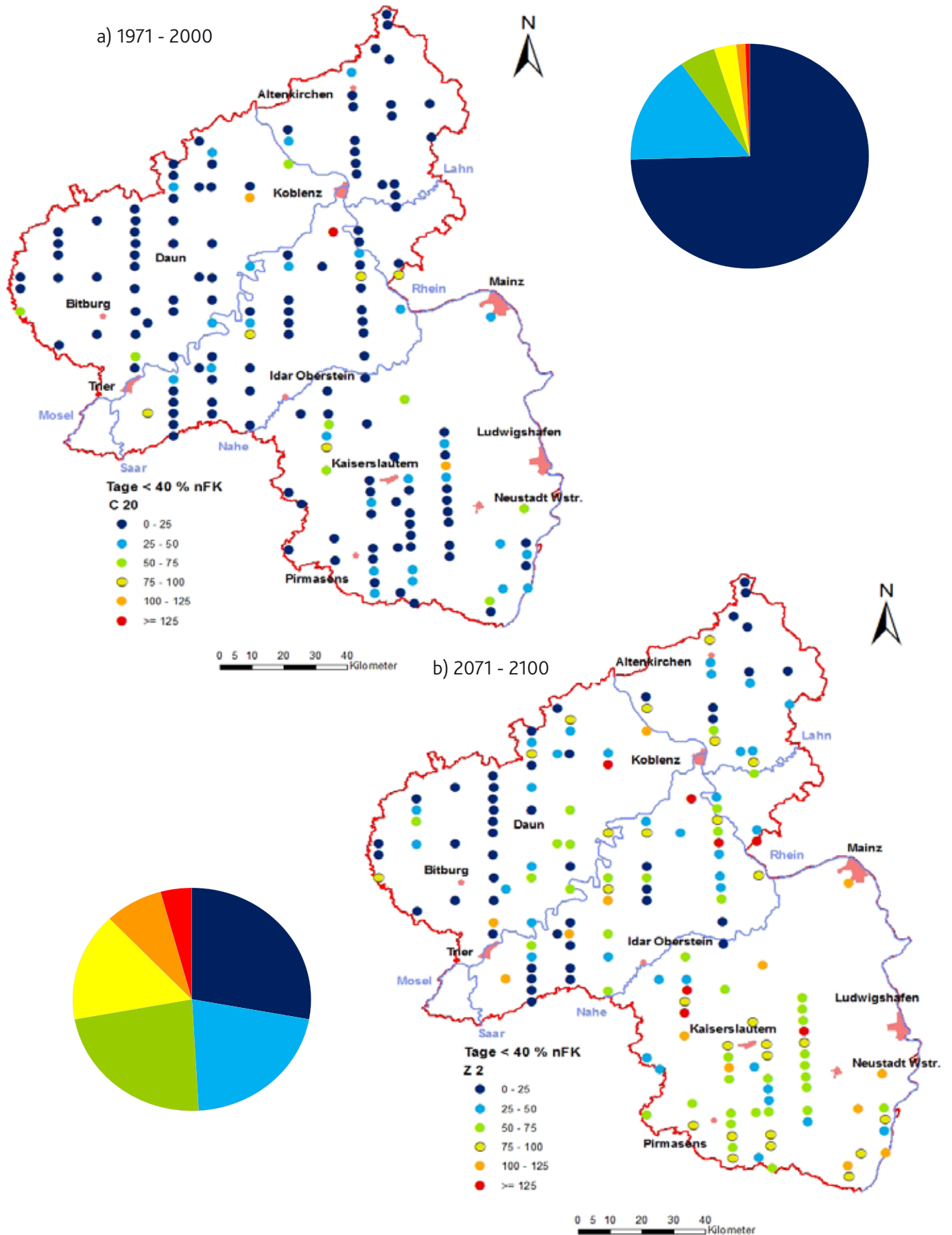
## Trockenstress

Von Trockenstress spricht man, wenn die Waldbäume aufgrund eines unzureichenden Wasserangebots im Boden zum Schutz vor Austrocknung gezwungen sind, die Transpiration durch teilweises oder vollständiges Schließen der Spaltöffnungen einzuschränken. Dies ist mit einer Reduktion der Photosynthese verbunden. Ein länger anhaltender Trockenstress reduziert das Wachstum und vermindert die Abwehrkraft gegenüber Schadorganismen. Über Wasserhaushaltssimulationen können verschiedene Indikatoren für potentiellen Trockenstress hergeleitet werden. Ein wichtiger Kennwert ist die relative Wasserverfügbarkeit. Hierbei wird über das Wasserhaushaltsmodell täglich der aktuelle Bodenwassergehalt im Wurzelraum kalkuliert und in Relation zur maximalen Speicherfähigkeit an pflanzenverfügbarem Wasser im Boden (nutzbare Feldkapazität, nFK) betrachtet. Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass das Wachstum von Bäumen bei einer Unterschreitung von 40 % der nFK stark eingeschränkt ist oder eingestellt wird. Die Anzahl der Tage, an denen diese Schwelle unterschritten wird, ist somit ein Maß für die Trockenstressgefährdung. Die Karten zeigen für die 165 Rasterpunkte der Waldbodenzustandserhebung Kalkulationen der Anzahl der Tage mit Trockenstress im Mittel des Zeitraums 1971 bis 2000 (Kontrolllauf) und die ferne Zukunft (2071 bis 2100) bei einer möglichen Ausprägung des Klimawandels (WETTREG 2007, A1B - normale Realisation - , DMI\_ECHAM5). An der Mehrzahl der Rasterpunkte nimmt die Anzahl der Tage mit Trockenstress zum Ende des Jahrhunderts deutlich zu. Ein weiterer Indikator für Trockenstress ist die Transpirationsdifferenz (Tdiff). Hier erfolgt eine tägliche Berechnung der Differenz von potentieller (nicht durch den Bodenwassergehalt eingeschränkter) und realer (gegebenenfalls durch Bodentrockenheit eingeschränkter) Transpiration mit anschließender Mittelwertbildung für die Vegetationszeit. Hohe Werte der Transpirationsdifferenz zeigen an, dass der Baum die Spaltöffnungen in den Blättern häufig wegen Bodentrockenheit schließen musste. Auch der Kennwert Tdiff zeigt bei der ausgewählten Klimaprojektion eine deutliche Zunahme der Trockenstressrisiken für den Wald.

Mögliche, zukünftige Veränderung der Transpirationsdifferenz (Tdiff) an der Level II Fläche Schaidt (Bienwald); WETTREG 2007, A1B -normale Realisation; C20: Kontrolllauf 1971 – 2000, Z1: nahe Zukunft 2021 – 2050, Z2: ferne Zukunft 2071 - 2100



Relative Wasserverfügbarkeit (40% nFK) im BZE II-Kollektiv;  
a) WETTREG - Kontrolllauf 1971 bis 2000 (C20);  
b) WETTREG - ferne Zukunft 2071 bis 2100 (Z2)

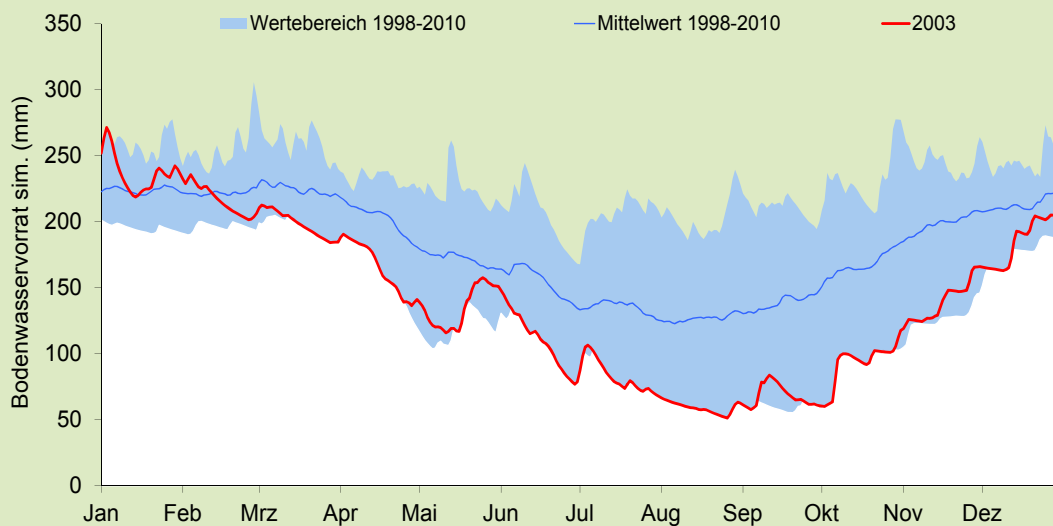


### Extremjahr 2003

An den Intensivuntersuchungsflächen des Forstlichen Umweltmonitorings (Level II) werden seit 1988 die Bodenwasserverfügbarkeit und das Auftreten von Wasserstress kontinuierlich überwacht.

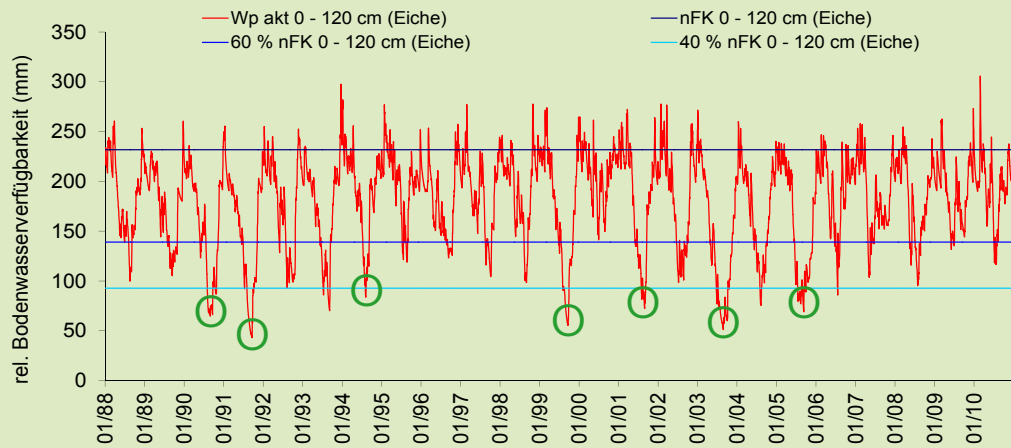
Der Bodenwassergehalt zeigt einen ausgeprägten Jahresgang mit meist hohen Wasservorräten im Winter und im frühen Frühjahr sowie meist niedrigen Vorräten im Sommer und im frühen Herbst. Die einzelnen Jahre unterscheiden sich dabei beträchtlich. Das Jahr 2003 zeigte die seit dem Beginn der Messreihe ausgeprägteste Bodentrockenheit. Die Wasserverfügbarkeit (pflanzenverfügbare Bodenwasservorrat im Wurzelraum) nahm im Jahr 2003 bereits ab Anfang Juni rasch ab und erreichte an allen Untersuchungsorten am 27./ 28. August Minimalwerte. An der Level II-Fläche Merzalben wurde der Trockenstresskennwert „< 40 % nFK“ (Erläuterung siehe Kasten Trockenstress) an 101 Tagen unterschritten; im Durchschnitt der 23 Jahre umfassenden Zeitreihe war dies dagegen bislang jährlich nur an 19 Tagen der Fall. Weitere, weniger ausgeprägte Trockenjahre waren 1990, 1991, 1993, 1999, 2001, 2005 und 2006.

Jahresverlauf des Bodenwasservorrates im Wurzelbereich im Traubeneichen-Buchemischbestand der Level II-Fläche Merzalben auf Mittlerem Buntsandstein im Pfälzerwald. Neben dem langjährigen Wertebereich sind der Mittelwert des Messzeitraums und der Verlauf im Extremjahr 2003 dargestellt





Verlauf der Bodenwasserverfügbarkeit im Wurzelbereich der Level II-Fläche Merzalben von 1988 bis 2011. In den markierten Jahren (grüne Kreise) traten mehrwöchige Trockenstressphasen auf



### kwis-rlp: Klimawandelinformationssystem Rheinland-Pfalz

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

## Anhang 1

Entwicklung der Waldschäden nach Baumarten im Vergleich der Jahre 1984 bis 2012 über alle Alter

Anteile der Schadstufen [in %]

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

Anteile der Schadstufen [in %]

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

Anteile der Schadstufen [in %]

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



Anteile der Schadstufen [in %]

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

Anteile der Schadstufen [in %]

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

Anteile der Schadstufen [in %]

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

## Probebaumkollektiv 2012

Art (Gattung)	2012	
	Anzahl	Anteil (in %)
Fichte	1071	27,3
Buche	783	19,9
Eiche	708	18,0
Kiefer	540	13,7
Lärche	154	3,9
Douglasie	120	3,0
Esche	129	3,3
Hainbuche	107	2,7
Birke	52	1,3
Ahorn	51	1,3
Erle	38	1,0
Tanne	33	0,8
Esskastanie	32	0,8
Kirsche	26	0,7
Pappel	25	0,6
Eberesche	21	0,5
Aspe	14	0,4
Linde	12	0,3
Roteiche	5	0,1
Weymouthskiefer	4	0,1
Salweide	3	0,1
Elsbeere	3	0,1
Mehlbeere	3	0,1
Robinie	1	0,0
Ulme	1	0,0
Insgesamt	3936	100,0



## Anhang 3

### Abkommen und gesetzliche Regelungen zur Luftreinhaltung

Maßnahme	Jahr	Ziel
<b>Internationale Abkommen und Richtlinien</b>		
Montreal-Protokoll	1987	Schutz der stratosphärischen Ozonschicht
Europäische Abkommen zur Luftreinhaltung im Rahmen der UN-ECE-Verhandlungen:		
Helsinki-Protokoll	1985	1. und 2. Schwefel-Protokoll zur
Oslo-Protokoll	1994	Reduzierung der Schwefelemissionen
Sofia-Protokoll	1988	Rückführung der Stickstoffoxidemissionen
Genfer-Protokoll	1991	Rückführung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen
Aarhus-Protokoll	1998	Rückführung von Schwermetallen und persistente organische Verbindungen
Göteborg-Protokoll	1999	Bekämpfung von Versauerung, Eutrophierung und bodennahem Ozon
Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa	2008	Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität EU-Immissionsgrenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Benzol Partikel (PM10, PM2.5) und Blei sowie Ozon in der Luft
Richtlinie über Arsen, Cadmium, Quecksilber, Nickel und PAK in der Luft	2004	Zielwerte in der Luft, die bis 2012 eingehalten werden sollen
Thematische Strategie zu Luftreinhaltung (CAFE = Clean Air For Europe)	2005	Verbesserter Schutz der menschlichen Gesundheit, Reduzierung der Versauerung und Eutrophierung
Richtlinie über nationale Emissionshöchstgrenzen für bestimmte Luftschadstoffe (NEC = National Emissions Ceilings)	2002	Festsetzen von nationalen Emissionshöchstgrenzen für die Mitgliedstaaten bei den Schadstoffen SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> und VOC
VOC-Richtlinie (VOC = Volatile Organic Compounds)	1999	Begrenzung von Emissionen flüchtiger, organischer Verbindungen
Abfallverbrennungsrichtlinie	2000	Emissionsbegrenzung bei der Verbrennung und Mitverbrennung von Abfällen
Großfeuerungsanlagen-Richtlinie	2001	Begrenzung von Schadstoffemissionen von Großfeuerungsanlagen in die Luft
Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung von Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie)	2008	Genehmigungspflicht für bestimmte industrielle und landwirtschaftliche Tätigkeiten mit einem hohen Verschmutzungspotential
Richtlinie über Industrieemissionen (IED-Richtlinie)	2011	Neufassung der IVU-Richtlinie Verstärkte Berücksichtigung der „besten verfügbaren Technik“ (BVT)
<b>Nationale Regelungen</b>		
Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)	2005	Neufassung vom September 2002
1. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchV)	2010	Neufassung der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen
2. BImSchV	2004	Neufassung der Verordnung über die Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen organischen Verbindungen

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

---

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

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

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

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





RheinlandPfalz

MINISTERIUM FÜR  
UMWELT, LANDWIRTSCHAFT,  
ERNÄHRUNG, WEINBAU  
UND FORSTEN

Kaiser-Friedrich-Straße 1  
55116 Mainz

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