



# WALDZUSTANDS- BERICHT 2014



## Impressum

### Herausgeber

Ministerium für Umwelt und  
Verbraucherschutz Saarland  
Keplerstr. 18  
66117 Saarbrücken

Ansprechpartner:  
MR Dr. Hubertus Lehnhausen  
Telefon: 0681 501-4622

### Gestaltung

Zentralstelle der Forstverwaltung  
Forschungsanstalt für Waldökologie und  
Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz  
Hauptstr. 16  
67705 Trippstadt  
Telefon: 06306 911-0, Fax: 06306 911-200  
zdf.fawf@wald-rlp.de  
www.fawf.wald-rlp.de

## Mitwirkung

Landesamt für Umwelt und Arbeitsschutz  
Don-Bosco-Str. 1  
66119 Saarbrücken  
Telefon: 0681 8500-0, Fax: 0681 8500-1384  
lua@lua.saarland.de

Universität Trier  
FB VI, Geobotanik  
54286 Trier  
Telefon: 0651 201-0  
www.uni-trier.de

SaarForst Landesbetrieb  
Von der Heydt 12  
66115 Saarbrücken  
Telefon: 0681 9712-01, Fax: 0681 9712-150  
poststelle@sfl.saarland.de  
www.saarforst-saarland.de

Saarbrücken, November 2014

als Download  
[www.saarland.de/Waldzustandsbericht.htm](http://www.saarland.de/Waldzustandsbericht.htm)

Titelbild:  
Foto: W. Lappel

# WALDZUSTANDS- BERICHT 2014

|  | Seite     |
|--|-----------|
| <b>Vorwort</b>   | <b>4</b>  |
| <b>Waldzustand 2014 - Ein Überblick</b>  | <b>6</b>  |
| <b>Waldzustandserhebung (WZE)</b>  | <b>10</b> |
| <b>Einflüsse auf den Waldzustand</b>   | <b>24</b> |
| ■ Entwicklung der Luftschadstoffbelastung  | 25        |
| ■ Witterungsverhältnisse   | 31        |
| ■ Allgemeine Waldschutzsituation   | 36        |
| <b>Die forstlichen Dauerbeobachtungsflächen im Saarland<br/>- ein Instrument zur Beurteilung von Zustand und Veränderung des<br/>Naturhaushaltes</b> | <b>38</b> |
| <b>Nationalpark Hunsrück-Hochwald - grossflächiges „Freilandlabor“<br/>zur Erforschung von Waldentwicklung und Biodiversität</b>                     | <b>54</b> |
| <b>Wildverbiss - Kontrolle der Verbissbelastung der Waldverjüngung auf<br/>Indikatorflächen</b>  | <b>64</b> |
| <b>Anhänge</b>   |           |
| ■ Entwicklung der Waldschäden  | 70        |
| ■ Probestaumkollektiv 2014   | 76        |
| ■ Zusammensetzung des Probestaumkollektives nach Altersklassen   | 77        |
| ■ Statistische Signifikanz der Veränderungen der mittleren Kronenverlichtung   | 78        |
| ■ Ausmaß und Ursachen des Ausscheidens von Probestäumen  | 79        |
| ■ Abkommen und gesetzliche Regelungen zur Luftreinhaltung  | 80        |

# VORWORT



Foto: Th. Wehner

Liebe Bürgerinnen und Bürger des Saarlandes,

seit 1984, also seit 30 Jahren, legt Ihnen der Umweltminister jährlich einen Bericht über den Zustand des Waldes vor. Motiv für die Anfertigung eines solchen Berichts, der vergleichbar von allen deutschen Landesforstverwaltungen angefertigt wird, ist die Verpflichtung der Politik, den Wald als Element der Daseinsvorsorge aufmerksam zu beobachten und die Bürger darüber zu informieren. Dass es eine Gefährdung des Waldes gibt, wissen wir seit Beginn der 1980er Jahre, die Ursache der Gefährdung wird dabei immer genauer erkannt; letztendlich sind es weit überwiegend menschliche Einwirkungen, nämlich der Schadstoffausstoß aus Industrie, Verkehr und Haushalten, die in den Wald eingetragen werden und ihn erheblich beeinträchtigen.

Über alle Baumarten und Altersstufen ist der Anteil der Bäume mit deutlichen Schäden von 29 % auf 27 % gesunken, gleichzeitig ging aber auch der Anteil an Bäumen ohne Schadmerkmale von 27 % auf 23 % zurück. Während sich unsere heimische Eiche in ihrem Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr merklich verbessern konnte, zeigt die Buche - ausgelöst durch einen starken Fruchtanhang - eine Verschlechterung des Kronenzustandes. Sorgen bereitet die weitere Ausbreitung des Eschentriebsterbens.

Der diesjährige Bericht bietet jedoch darüber hinaus etwas ganz besonderes. Die für den Bericht notwendigen Erhebungen werden inzwischen nicht mehr allein mit eigenen saarländischen personellen und finanziellen Ressourcen bewältigt.



Die saarländische und die rheinland-pfälzische Landesregierung sind im Jahr 2012 übereingekommen, in verschiedenen Fachbereichen noch stärker als bisher miteinander zusammen zu arbeiten. Die Forstwirtschaft gehört zu den von den beiden Landesregierungen ausgewählten Bereichen.

Gerade im Bereich der Waldzustandserhebung werden die gleichen Aufgabenstellungen in der Forstverwaltung unseres Nachbarlandes Rheinland Pfalz erledigt. Darüber hinaus verfügt Rheinland-Pfalz mit der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft (FAWF) in Trippstadt über eine bundesweit anerkannte Forschungseinrichtung, die gerade im Bereich der Walderkrankung und Waldzustandserhebung über ausgezeichnete Expertise verfügt. Wir haben am 05. Juni 2014 einen Kooperationsvertrag mit dem rheinland-pfälzischen Umweltministerium geschlossen. Danach hat die rheinland-pfälzische Forschungsanstalt für Waldökologie in unserem Auftrag bereits einen guten Teil der Arbeiten für diesen Bericht abgenommen. Damit kann das Saarland auf die wissenschaftliche Kapazität der forstlichen Versuchsanstalt zugreifen. Es konnte also in den diesjährigen Bericht erheblich mehr hochspezialisiertes Fachwissen einfließen, als es uns im Saarland zuletzt aus personellen Kapazitätsgründen möglich war. Das heißt nicht, dass wir hier eine komplette Vergabe dieser Arbeiten vorgenommen haben, denn die Hälfte der Datenerhebung wird immer noch von eigenem saarländischen Personal durchgeführt und einzelne Fachberichte, wie die zu den saarländischen Level II-Flächen sowie der Wald – Wild Situation wer-

den weiterhin vom Saarland zugeliefert, aber es heißt, dass bei gleichen saarländischen Aufwendungen erheblich höhere Fachkompetenz und damit wissenschaftlich gesichere Aussagen in dem diesjährigen Bericht vorliegen.

Diese Kooperation kann beispielgebend sein für weitere Kooperationen. Neben der terrestrischen Waldschadensinventur und der Berichtsverfassung könnten im nächsten Schritt die bodenkundlichen Parameter der Level II Untersuchungen ebenfalls an die FAWF übertragen werden. Auch hier würde gelten: der Datenerhebungsaufwand bliebe zwar gleich, aber die Fachkompetenz bei der Datenauswertung und Interpretation, verbunden mit den zu ziehenden umweltpolitischen Schlüssen aus der Untersuchung würden größer.

Für die Verwaltung wurde mit der Entscheidung zu einem Nationalparkamt bereits eine weitere Kooperation realisiert. Ebenso finden für die Forsteinrichtung Gespräche statt, um auch hier gemeinsame Verfahren zu finden.

Ich freue mich, dass diese Kooperation im Bereich Forst gut funktioniert und bedanke mich beim rheinland-pfälzischen Umweltministerium und bei den rheinland-pfälzischen Forstleuten für ihre offene, freundliche und kooperative Unterstützung.

Reinhold Jost  
Minister für Umwelt und Verbraucherschutz  
Saarland

# WALDZUSTAND 2014



Aufnahmeteam mit  
Betreuer vor Ort  
Foto: W. Lappel

# EIN ÜBERBLICK

Im Jahr 2014 hat sich der Kronenzustand der Eiche gegenüber dem Vorjahr deutlich verbessert, der Zustand der Buche aber erheblich verschlechtert. Über alle Baumarten ist der Anteil an Bäumen mit deutlichen Schäden um 2 Prozentpunkte auf 27 % zurückgegangen. Der Anteil schwach geschädigter Bäume ist um 6 Prozentpunkte auf jetzt 50 % gestiegen und der Anteil an Bäumen ohne sichtbare Schadensmerkmale ist um 4 Prozentpunkte auf 23 % gesunken.

Die Eiche konnte den Anstieg des Schadniveaus von 2011 auf 2012 wieder ausgleichen. Bei der Buche ist die Verschlechterung des Kronenzustandes insbesondere auf eine sehr starke Fruktifikation zurückzuführen. Bei Fichte ist die Kronenverlichtung leicht angestiegen, bei Kiefer hat sich der Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr nicht verändert. Bei der Esche setzte sich der Schadanstieg weiter fort. Die Esche leidet landesweit unter dem Eschentriebsterben, das durch Infektionen mit dem Pilz „Falsches Weißes Stängelbecherchen“ (*Hymenoscyphus pseudoalbidus*) ausgelöst wird.

Die Belastungen der Waldökosysteme durch Luftschadstoffe konnte durch Luftreinhaltemaßnahmen erheblich verringert werden. So sind die Einträge von Schwefelverbindungen und die Säureeinträge deutlich zurückgegangen. Demgegenüber konnten die Stickstoffeinträge vor allem aus der Landwirtschaft, aber auch aus dem Straßenverkehr bislang nicht hinreichend reduziert werden und gefährden nach wie vor die Waldlebensgemeinschaften und die Funktionsfähigkeit der Waldökosysteme. Auch beim Ozon werden die Belastungsschwellen für Waldökosysteme nach wie vor überschritten.

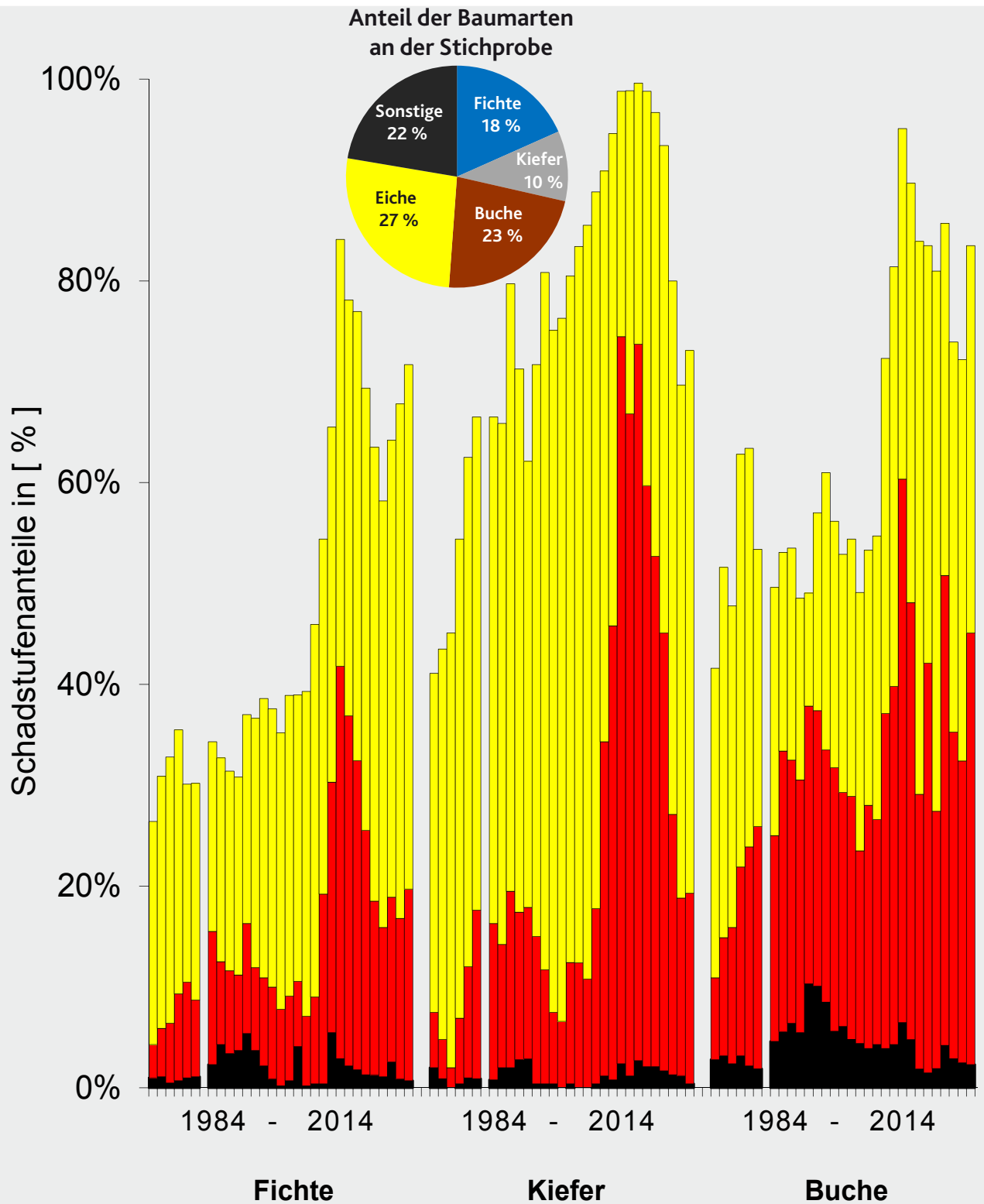
Der Einfluss witterungsbedingter Belastungen ist in den letzten Jahren angestiegen. Die forstliche

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 2014 war trotz des kühlen Spätsommers insgesamt wieder zu warm, brachte aber ausreichend Niederschläge.

Im Saarland werden an neun Level II Dauerbeobachtungsflächen fortlaufend der Stoffhaushalt und das Wachstum der wichtigsten Waldbaumarten im Saarland (Buche und Eiche) in Abhängigkeit von atmosphärischen Säure- und Stickstoff-Einträgen sowie des Klimawandels beobachtet. Aus diesen Beobachtungen werden Schlüsse über die Vitalität und Stress der Ökosysteme und Auswirkungen von Bewirtschaftungsmaßnahmen gezogen, um die Wirtschaftswälder als Natursysteme in ihrem selbstregulierenden Ordnungszustand zu erhalten und zukünftig weiter entwickeln können.

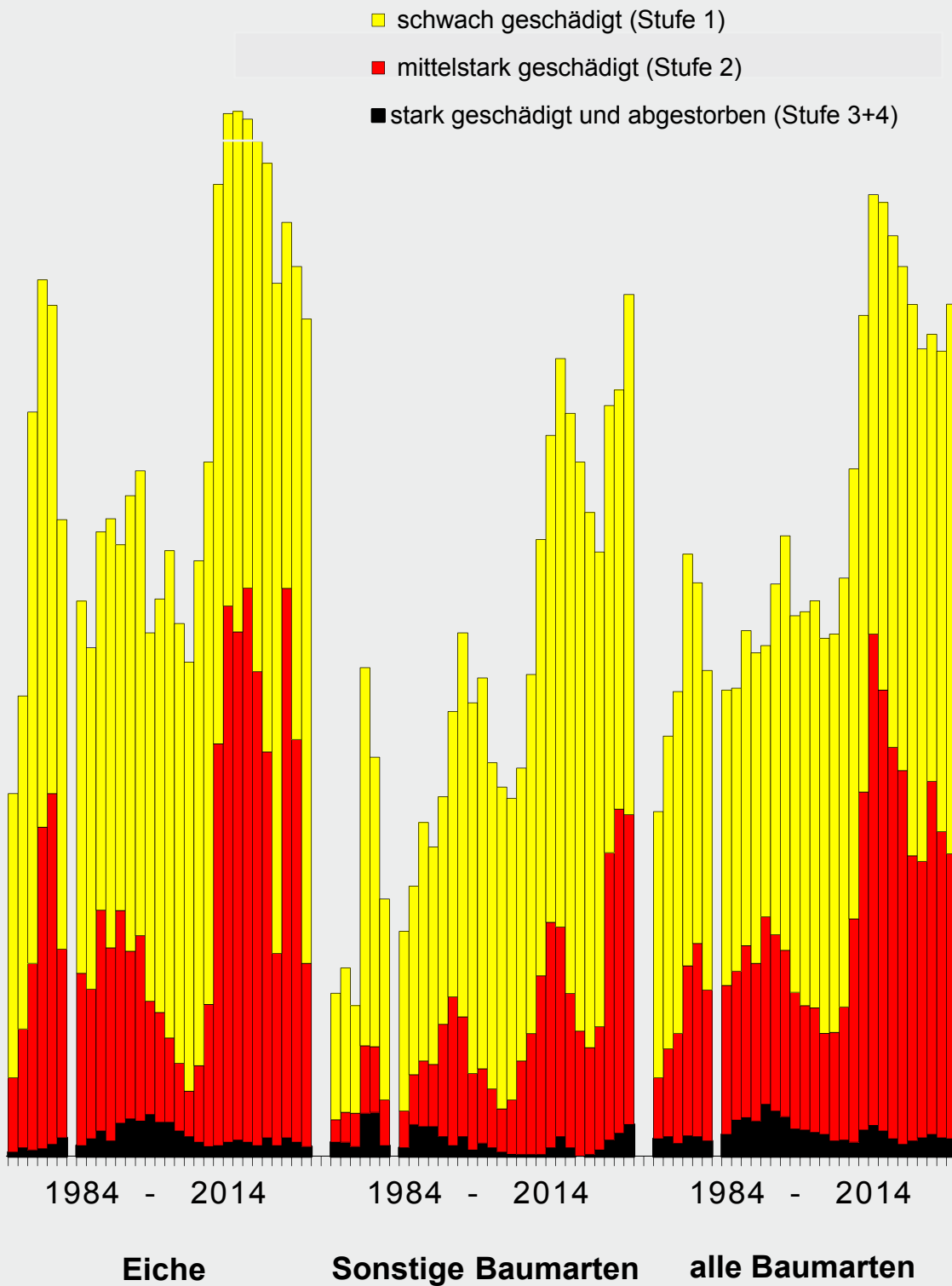
Der künftige Nationalpark Hunsrück-Hochwald in den Ländern Rheinland-Pfalz und Saarland dient vornehmlich dem Erhalt und der Förderung der Biodiversität. Er wird gleichzeitig aber auch ein großflächiges „Freilandlabor“ zur Erforschung von Waldentwicklung und waldökologischer Zusammenhänge sein.

Im Saarland werden zur Kontrolle des Wildverbisses 26 repräsentative Indikatorflächen unterhalten. Aktuelle Aufnahmen im Raum Warndt zeigen, dass die Verjüngung der Eiche durch Wildverbiss gefährdet ist und auch eichenreiche Waldbestände sich zu buchengeprägten Wäldern entwickeln. Um eine breites Baumartenspektrum in der Verjüngung auch zur Risikominderung im Klimawandel zu erreichen, sind weitere Maßnahmen zur Verringerung der Verbissbelastung notwendig.





## Entwicklung der Waldschäden von 1984 bis 2014 im Saarland



# 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 2014 hat sich der Kronenzustand über alle Baumarten nur geringfügig verändert, jedoch mit deutlichen Veränderungen bei einzelnen Arten. Erfreulich ist die deutliche Erholung bei der Eiche. Bei der Buche war hingegen ein Anstieg der Kronenverlichtung festzustellen, der mit starkem Fruchtanhang einherging. Fichte und Kiefer zeigen nur geringfügige Veränderungen im Kronenzustand.

### Durchführung

Die Waldzustandserhebung erfolgt seit 1984 auf einem systematischen, landesweiten Stichprobenraster. Bis 1988 wurde die Erhebung in einem 4x4 km-Raster mit den Daten des Waldschadenskatasters ergänzt. Im Jahr 1989 wurde das 4x4 km-Raster zu einem 2x4 km Gitternetz verdichtet, auf dem seitdem die jährliche Erhebung durchgeführt wird. Nur in 1990 musste die Waldzustandserhebung in Folge der Schäden der Frühjahrsstürme Vivian und Wiebke ausfallen. In 2014 umfasst das Aufnahmeraster 98 Aufnahmepunkte, wobei an einem Punkt zurzeit kein geeigneter Waldbestand stockt, um Probestämme auszuwählen. An diesem Punkt kann erst wieder eine Aufnahme erfolgen, sobald der nachfolgende Jungbestand etabliert ist. Insgesamt wurden 2014 an 97 Aufnahmepunkten

2328 Stichprobenbäume begutachtet.

Die Stichprobe erlaubt statistisch abgesicherte Aussagen zur Schadensentwicklung auf Landesebene für den Wald allgemein und die häufigsten Baumarten Fichte, Buche, Eiche und Kiefer. Für die weniger häufigen Baumarten Esche, Birke, Lärche, Douglasie und Ahorn sind ebenfalls Aussagen möglich, jedoch bei geringerer statistischer Sicherheit.

Eine Übersicht über die Zusammensetzung des Kollektivs der Probestämme nach den verschiedenen Baumarten und ihre Verteilung nach Altersklassen findet sich im Anhang des Berichtes.

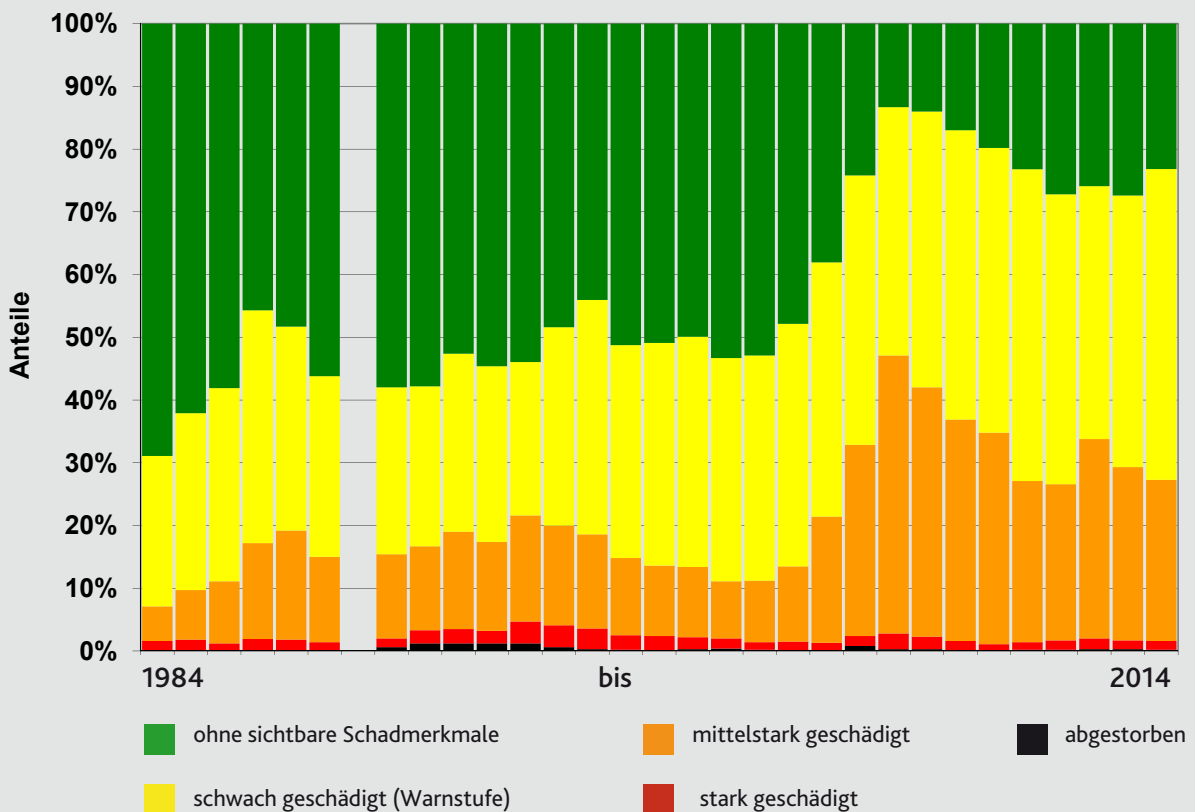
Die Außenaufnahmen erfolgten einschließlich Abstimmungsübung und Kontrollaufnahmen in der Zeit vom 01. Juli bis 08. August 2014.

5 Aufnahmepunkte sind zugleich Teil des europäischen 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.ti.bund.de/de/startseite/institute/wo/projekte/waldzustandserfassung.html](http://www.ti.bund.de/de/startseite/institute/wo/projekte/waldzustandserfassung.html) [www.futmon.org](http://www.futmon.org) und [www.icp-forests.org](http://www.icp-forests.org)

### Waldzustand allgemein

Für die gesamte Waldfläche des Saarlandes über alle Baumarten und Altersstufen hat sich der Zustand des Waldes gegenüber dem Vorjahr nicht wesentlich verändert. Der Anteil deutlicher Schäden ist um 2 Prozentpunkte niedriger als in 2013. Die mittlere Kronenverlichtung liegt um 0,2 Prozentpunkte über dem Wert des Vorjahres, diese Veränderung ist statistisch nicht signifikant. Eine Beschreibung und eine Tabelle mit den Ergebnis-

## Entwicklung der Schadstufenverteilung über alle Baumarten



sen zur Signifikanz der Veränderung der mittleren Kronenverlichtung gegenüber dem Vorjahr findet sich im Anhang des Berichtes.

Die Entwicklung bei den einzelnen Baumarten differiert erheblich. Besonders auffallend hat sich der Kronenzustand der Buchen verschlechtert, geringfügig der der Fichten. Bei den Eichen hat sich der Kronenzustand hingegen merklich verbessert. Bei Kiefer zeigt sich keine wesentliche Veränderung. Auch die weniger häufigen Baumarten entwickelten sich uneinheitlich. Die meisten Laubbaumarten zeigen in 2014 eine höhere Kronenverlichtung, bei den anderen Nadelbaumarten hat sich der Kronenzustand eher verbessert. Durch die Gegenüberstellung der sowohl 2013 als auch 2014 erhobenen Probestämme (identische Probestämme) lässt sich die beobachtete Entwicklung der Baumindividuen genauer analysieren und statistisch absichern. Hierauf wird bei den betreffenden Baumarten eingegangen.

Der Witterungsverlauf 2014 war wechselhaft. Zunächst war der Winter überdurchschnittlich warm, auch März und April waren im Vergleich

zum langjährigen Mittel zu warm und zu trocken. Die Vegetationsperiode begann sehr früh und die Bäume trieben vergleichsweise schnell aus. Der Mai brachte durchschnittliche Temperaturen und Niederschläge, im Juni war es wieder zu warm und zu trocken. Der Juli brachte jedoch wieder reichlich Regen. Es traten immer wieder Gewitter und Extremwetterlagen auf, die zu lokal begrenzten Schäden durch Sturm, Starkregen und auch Hagel führten. Die Waldbestände an den Aufnahmepunkten der WZE waren hierdurch jedoch nicht betroffen. Durch die gute Wasserbevorratung im Boden konnte der Austrieb ungehindert erfolgen.

Auffällig war 2014 eine bereits Ende Juli beginnende Herbstfärbung bei vielen Laubbaumarten, besonders eine früh einsetzende Vergilbung in der Oberkrone bei Buche. Die Außenarbeiten der WZE wurden aber abgeschlossen, bevor die Vergilbungen ausgeprägt wurden. Insektenfraß und Pilzbefall war in vielen Laubbaumbeständen zu beobachten, blieb aber im allgemeinen unter der kritischen Schwelle, ab der ein Einfluss auf den Kronenzustand zu erwarten ist. Der Minier- und

Reifefraß durch Springrüssler an Buche war nur lokal begrenzt und blieb im Saarland anders als im Nachbarland Rheinland-Pfalz von untergeordneter Bedeutung.

### Buche

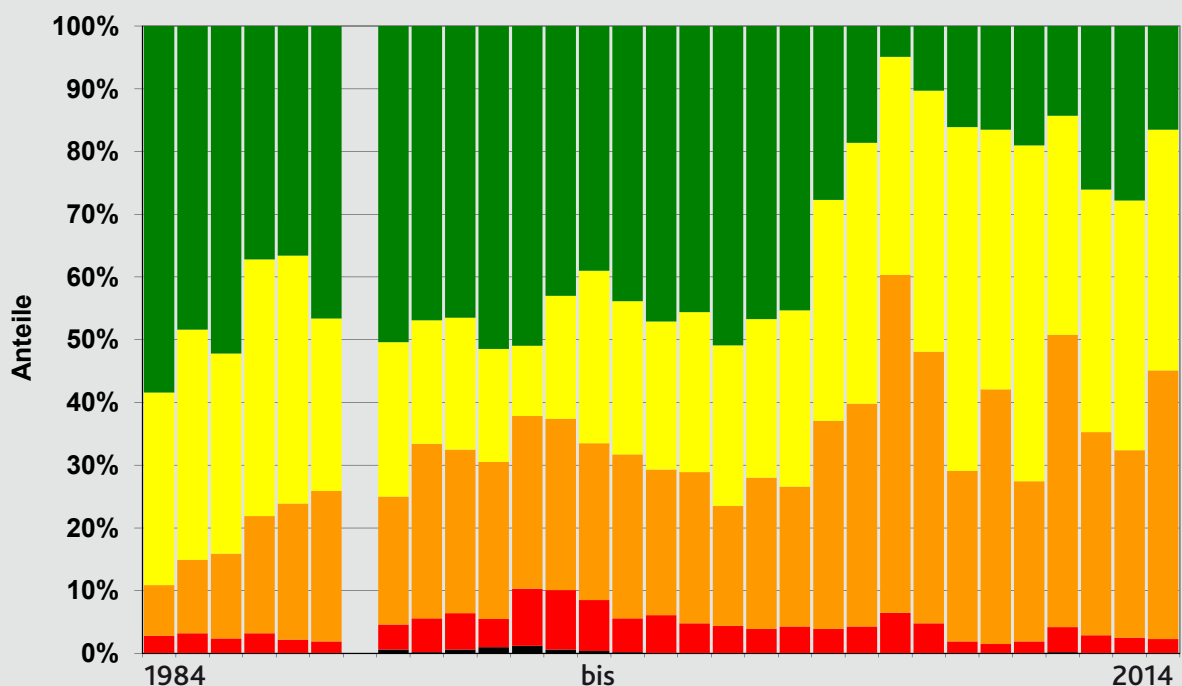
Die Buche ist im Saarland mit 23% Flächenanteil die wichtigste Baumart und zugleich Leitbaumart der natürlich vorkommenden Waldgesellschaften. Auch in der Stichprobe der WZE ist sie mit einem Anteil von 23 % vertreten.

Der Kronenzustand der Buchen hat sich gegenüber dem Vorjahr merklich verschlechtert. Der Anteil der deutlichen Schäden ist um 13 Prozentpunkte angestiegen und der Anteil an Probestämmen ohne sichtbare Schädmerkmale um 11 Prozentpunkte zurückgegangen. Die mittlere Kronenverlichtung liegt um 4,6 Prozentpunkte höher als der Vorjahreswert; dieser Anstieg ist signifikant. Das Schadniveau der Buche bleibt damit aber noch unterhalb der Höchstwerte von 2006.

Seit Beginn der Zeitreihe der Waldzustandserhebung 1984 stieg die Kronenverlichtung bei der Buche an. Im Jahr 1995 wurde ein erstes Maximum erreicht, in den Folgejahren zeigte sich bis 2003 ein Erholungstrend. In der Folge des Trockensommers 2003 verschlechterte sich der Kronenzustand jedoch wieder und erreichte 2006 ein neuerliches Maximum. Unter günstigen Bedingungen konnte die Buche ihren Kronenzustand dann wieder verbessern. Starke Fruktifikation als interner, natürlicher Belastungsfaktor führte jeweils wieder zu einem Anstieg des Schadniveaus. Das Jahr 2014 brachte wie schon 2011 und 2009 einen starken Fruchtanhang bei Buche. An rund drei Viertel aller Probestämme waren Bucheckern zu sehen. Bei den über 60 jährigen Buchen fruktifizierten 82 % der Probestämme. Für Buche ist der Einfluss des Fruchtanhangs auf den Kronenzustand bereits mehrfach dokumentiert und beschrieben worden. Auch in 2014 sind vornehmlich die fruchttragenden Buchen von dem Anstieg der Kronenverlichtung betroffen, die wenigen ohne Fruchtanhang zeigen zwar auch etwas höhere Blattverluste, hier ist die Veränderung aber nicht signifikant.

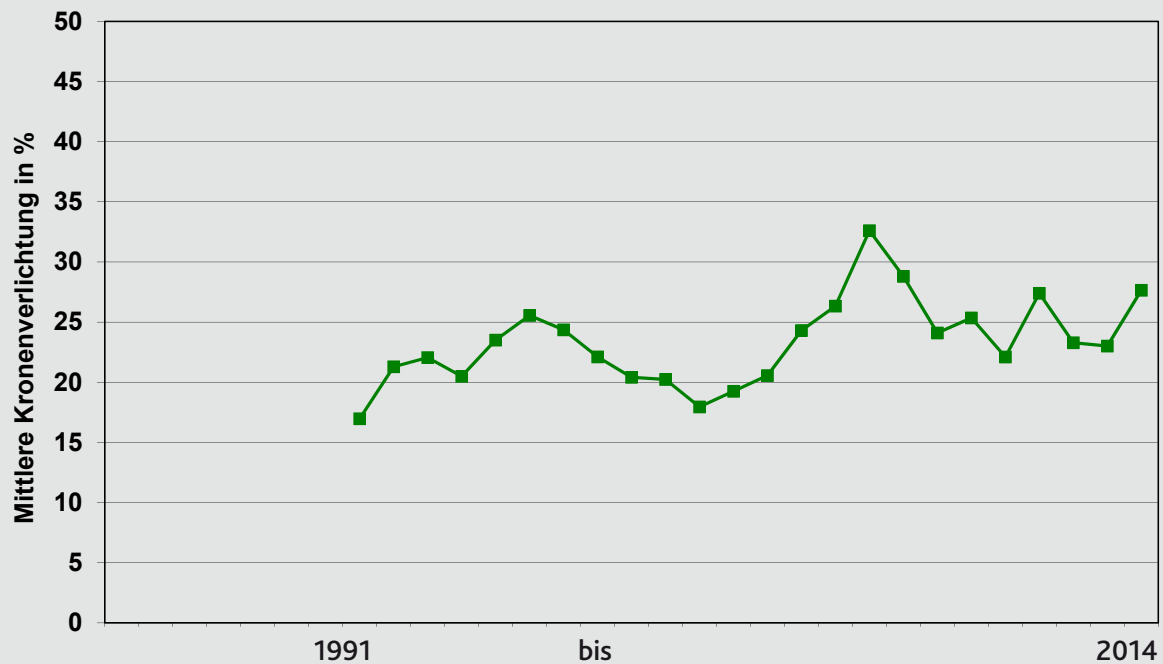
### Buche

#### Entwicklung der Schadstufenverteilung



## Buche

### Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung

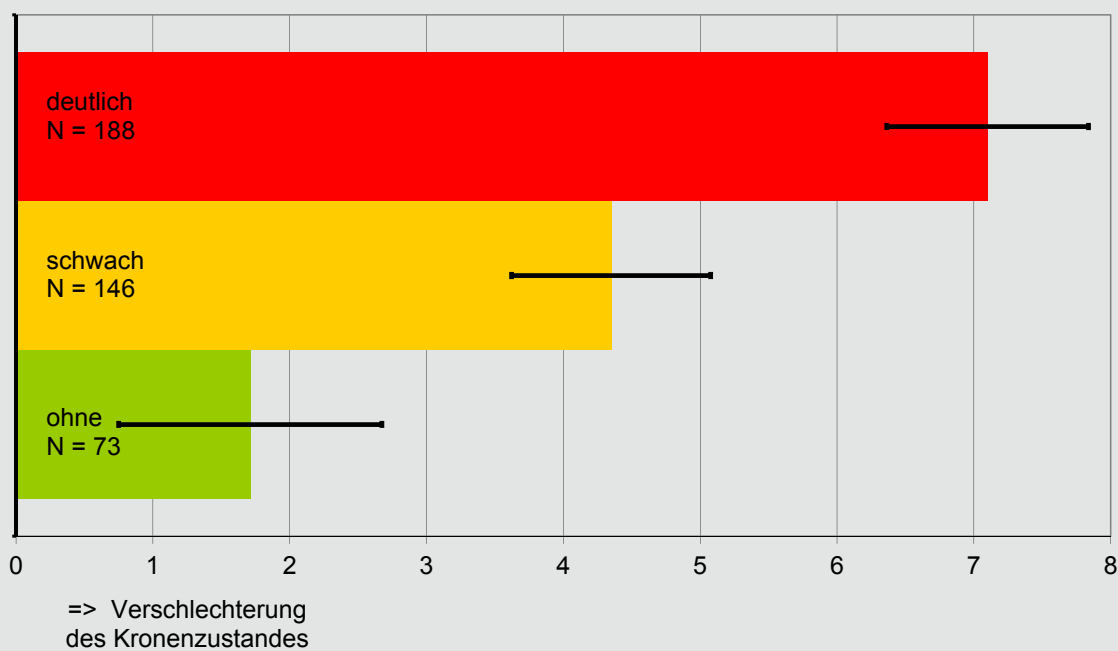


Loch- und Minierfraß durch den Buchenspringrüssler (*Rhynchaenus fagi*) war an knapp 5 % der Buchen-Probebäume aufgetreten und blieb ohne Bedeutung.

Vergilbung war in 2014 nur an 4 Probestämmen in einem nennenswerten Umfang notiert worden. Trotz der frühen Vegetationsentwicklung und der bereits Ende Juli beobachteten beginnenden

## Buche

### Veränderung der mittleren Kronenverlichtung 60 bis 100 jähriger Buchen in Prozentpunkten von 2013 auf 2014 bei unterschiedlicher Intensität des Fruchtanhanges



Verfärbung in den Oberkronen der Buchen war zum Zeitpunkt der Außenarbeiten der Erhebung die Verfärbung noch nicht so weit fortgeschritten, dass sie als deutliche Gelbfärbung sichtbar wurde.

### Eiche

Die Eiche hat im Saarland einen Flächenanteil von 21%, im Kollektiv der WZE ist sie mit 26,5 % häufiger vertreten.

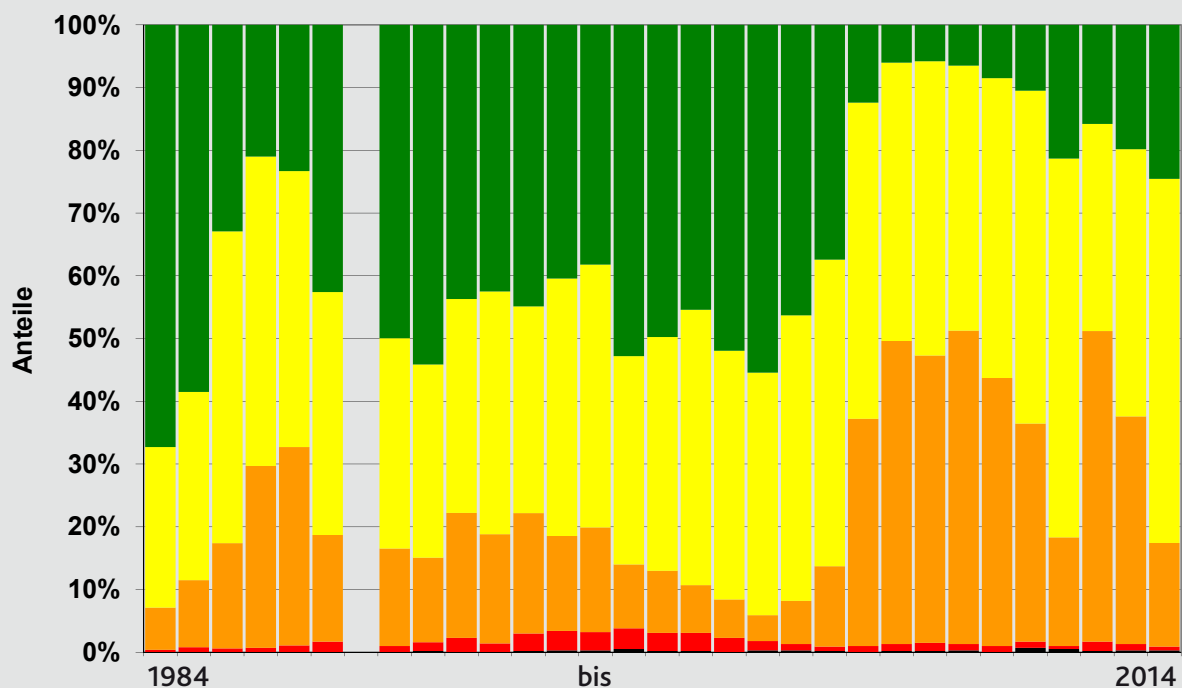
Der Kronenzustand der Eichen hat sich in 2014 durchgreifend verbessert. Der Anteil deutlich geschädigter Probestämme ist um 20 Prozentpunkte gegenüber dem Vorjahr zurückgegangen, der Anteil der Eichen ohne sichtbare Schadmerkmale ist um 5 Prozentpunkte höher. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 5,2 Prozentpunkte niedriger als im Vorjahr, diese Verbesserung ist signifikant.

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

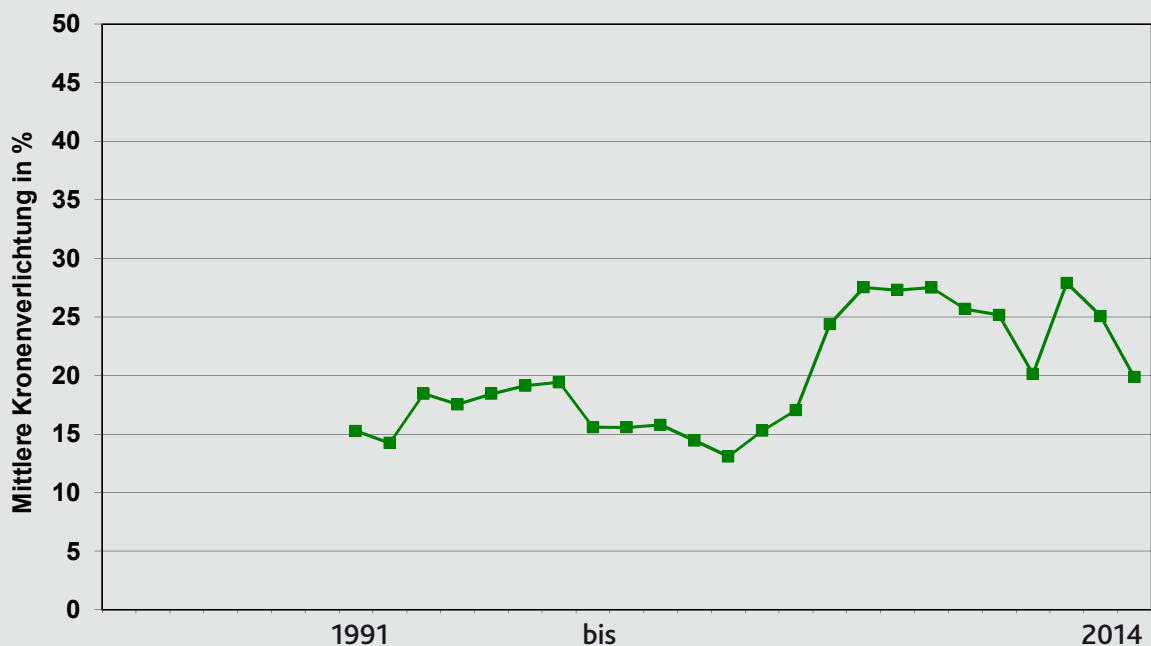
Europa eingeschleppten Blattpilz, befallen. In 2014 wurden an knapp 7 % der Probestämme Fraßschäden beobachtet, Befall durch den Mehltäubpilz an rund 1 % der Probestämme. Sowohl Insektenfraß wie Mehltäubbefall hat sich nur an einzelnen Eichen bemerkbar gemacht und damit in 2014 als unbedeutend erwiesen. Die Eichen profitieren anscheinend von einer längeren Periode mit für sie überwiegend günstigen Witterungsbedingungen. Im Jahr 2012 war zwar merklicher Insektenfraß, örtlich bis hin zum Kahlfraß, zu beobachten, was auch zu einem Anstieg des Schadniveaus bei Eiche führte. Insgesamt waren die Bedingungen aber wohl überwiegend günstig, so dass die Eichen innerhalb von 2 Jahren ihren Kronenzustand wieder entsprechend verbessern und diesen letzten Schadanstieg ausgleichen konnten. Sorge bereitet aber nach wie vor der Eichenprachtkäfer, der an 6 Probestämmen festgestellt wurde und die befallenen Bäume auch zu Absterben bringen kann. In 2014 wurde an 8 % der Probestämme Fruchtanhang beobachtet. Das Ausmaß ist bei der Eiche zum Zeitpunkt der Waldzustandserhebung aber nur unzureichend abschätzbar, so dass der

### Eiche

Entwicklung der Schadstufenverteilung



## Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



Fruchtanhang meist unterschätzt wird und keine Aussagen zum Einfluss auf den Kronenzustand abgeleitet werden können.

Deutliche Blattvergilbungen wurden 2014 nur an einer Eiche festgestellt und sind damit ohne Belang.

### Fichte

Die Fichte hat im Saarland einen Flächenanteil von 17%, im Aufnahmekollektiv der WZE macht sie einen Anteil von 18 % aus.

Die Fichte ist in ihrem Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr geringfügig verschlechtert. Der Anteil der deutlich geschädigten Probestämme ist um 3 Prozentpunkt angestiegen, der Anteil der Probestämme ohne sichtbare Schadmerkmale um 4 Prozentpunkte zurückgegangen. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 0,9 Prozentpunkte höher als im Vorjahr, diese Veränderung ist signifikant. Im Verlauf der Zeitreihe ab 1984 ist ein ausgeprägtes Maximum des Schadniveaus im Jahr 2006

zu erkennen. In den Folgejahren verbesserte sich der Kronenzustand dann wieder, das Schadniveau blieb jedoch höher als in den Jahren zu Beginn der Zeitreihe.

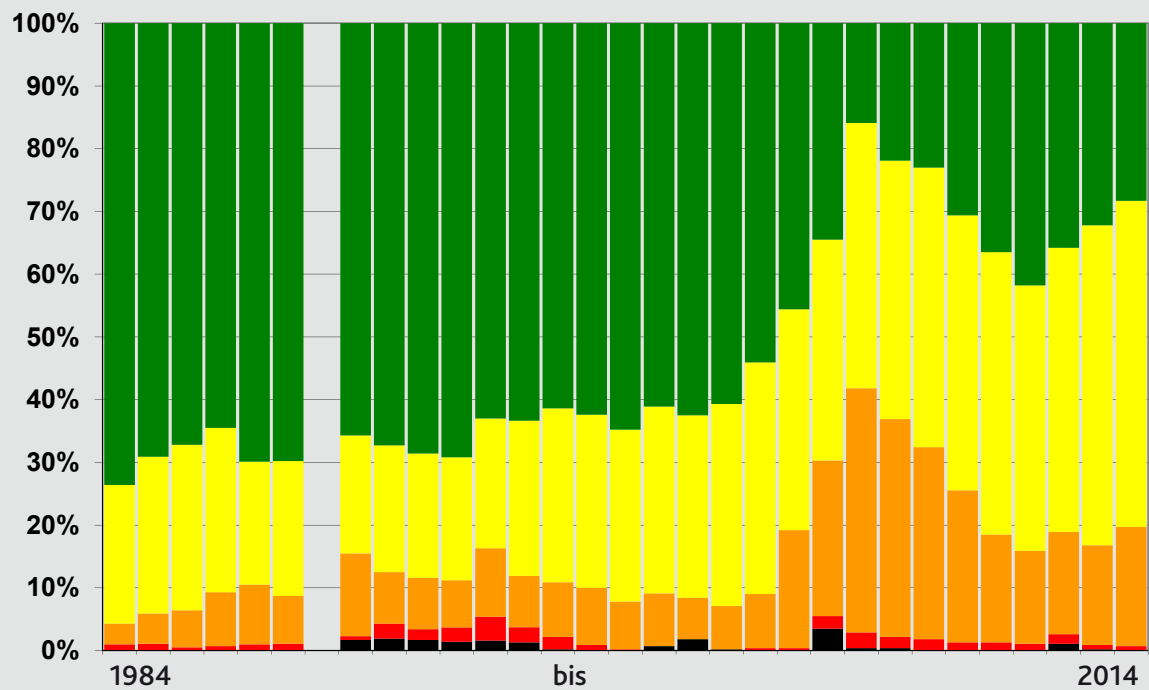
Die Fichten leiden stärker als die meisten anderen Baumarten unter Schadereignissen, besonders Sturmwurf oder Borkenkäferbefall, die zu einem ungeplanten, vorzeitigen Ausfall der Bäume führen. In 2014 war bei 9 der insgesamt 25 ausgeschiedenen Fichten-Probestämme Insektenbefall die Ursache. Sturmwurf trat an den Aufnahmeorten im Berichtsjahr nicht in Erscheinung. Die Ausscheiderate ist mit 5,8 % der Probestammzahl überdurchschnittlich hoch.

In 2014 war bei Fichten Fruchtanhang an etwa einem Viertel aller Probestämme zu beobachten. Bei Fichte zeigte sich im Laufe der Zeitreihe, dass stärkerer Fruchtanhang tendenziell zu einem Anstieg der Kronenverlichtung führen kann. Dieser Effekt ist in 2014 aber nicht zu beobachten, der leichte Schadanstieg ist unabhängig vom Fruchtanhang.



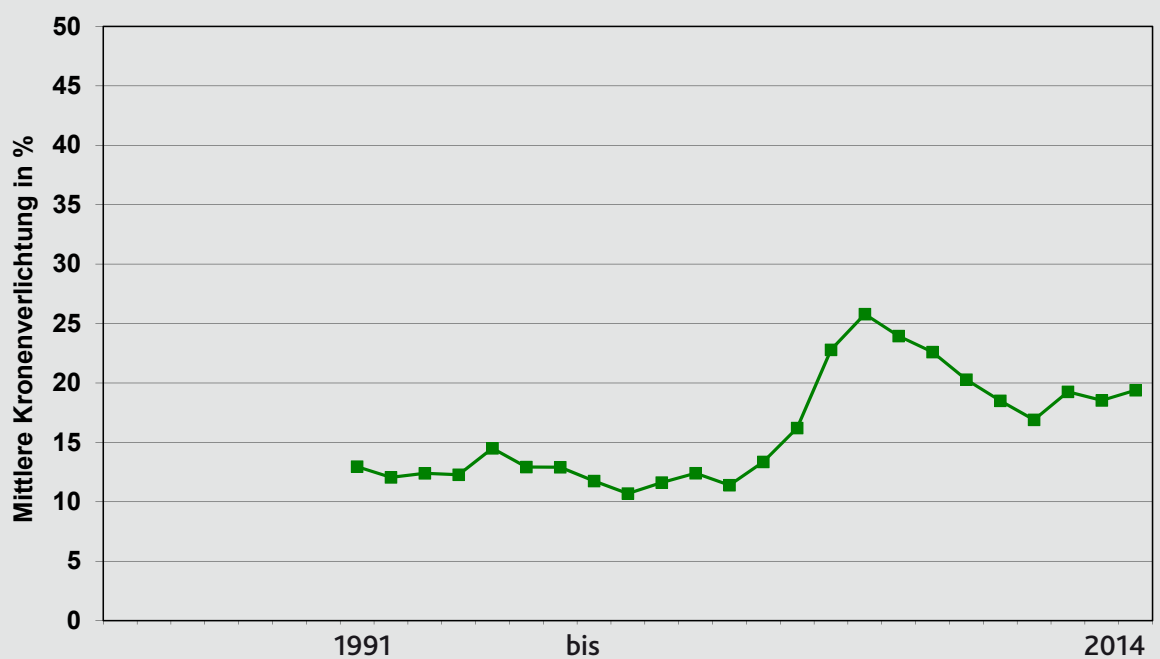
## Fichte

### Entwicklung der Schadstufenverteilung



## Fichte

### Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



## Kiefer

Die Kiefer hat im Saarland einen Flächenanteil von 8%, in der Stichprobe der WZE beträgt ihr Anteil 9 %, wobei Waldkiefer und Schwarzkiefer als eine Baumartengruppe gemeinsam ausgewertet werden.

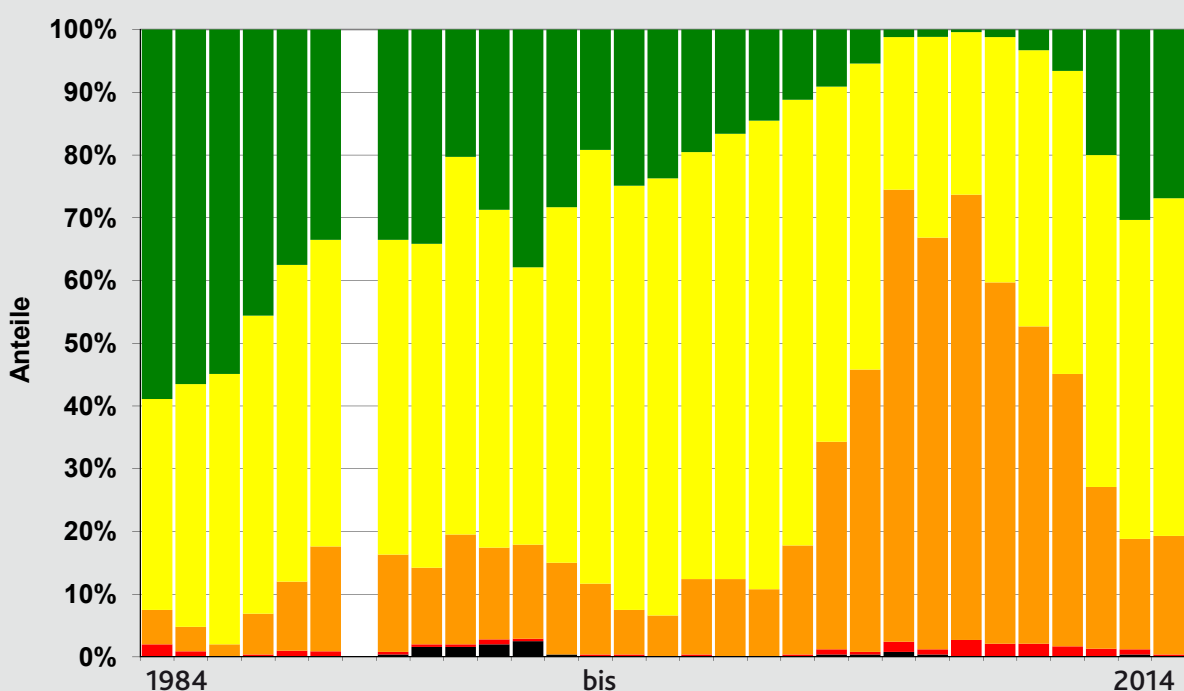
Bei der Kiefer hat sich der Kronenzustand gegenüber dem Vorjahr nicht verändert. Der Anteil an Probestämmen mit deutlichen Schäden ist unverändert, die mittlere Kronenverlichtung liegt um 0,1 Prozentpunkte niedriger. Mit 3-4 Nadeljahrgängen reagiert die Kiefer vergleichsweise flexibel mit variierender Benadelungsdichte und kann unter günstigen Bedingungen auch rasch regenerieren. Im Verlauf der Zeitreihe ab 1984 zeigt sich ein ausgeprägtes Maximum des Schadniveaus im Jahr 2006. In den Folgejahren verbesserte sich der Kronenzustand wieder soweit, dass das Schadniveau nur noch um wenig über dem zu Beginn der Zeitreihe liegt.

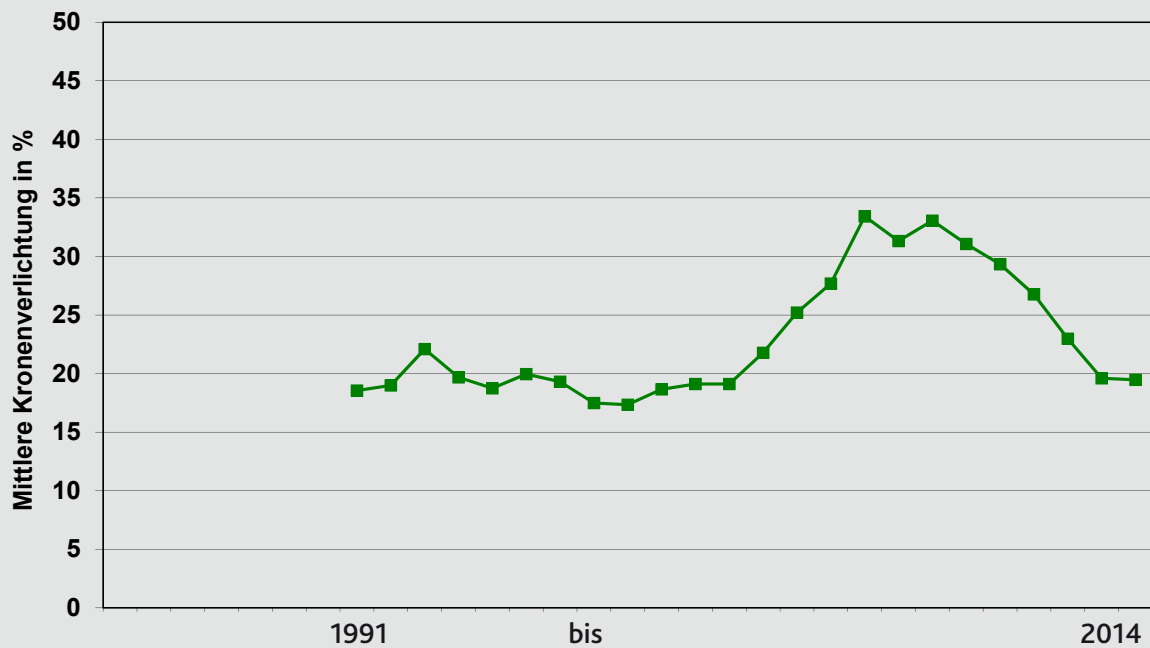
Kieferschütte (*Lophodermium seditiosum*) wurde bei 14 % der Kiefern-Probestämme festgestellt. Dieser Pilz befällt die Nadeln der Kiefer und führt im Folgejahr zum vorzeitigen Abfall (Schütten) der älteren Nadeljahrgänge. Die dadurch entstehenden Nadelverluste gehen in die Kronenzustandsansprache mit ein. Bei knapp 4 % der Kiefern war Reifefraß durch Waldgärtner (*Tomicus piniperda* und *T. minor*) zu beobachten. Durch den Reifefraß dieser auf Kiefern spezialisierten Borkenkäfer sterben einjährige Triebe ab. Bei wiederholtem Befall kann es dadurch zu Störungen in der Verzweigung kommen, die dann zu einem schlechteren Kronenzustand führt. Befall der Kiefern mit Mistel, die insbesondere in der Oberrheinebene weit verbreitet ist und zu Schäden führen kann, wurde im Saarland nicht festgestellt.

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

## Kiefer

### Entwicklung der Schadstufenverteilung





### Esche

Im saarländischen Wald hat die Esche als wichtige Mischbaumart einen Anteil von ca. 2-3%. In der jährlichen Waldzustandserhebung ist sie mit 100 Probestämmen (Anteil 2,9 %) vertreten.

Der Kronenzustand der Eschen hat sich gegenüber dem Vorjahr weiter verschlechtert. Der Anteil der deutlich geschädigten Probestämme ist um 7 Prozentpunkte angestiegen. Die mittlere Kronenverlichtung ist um 3,9 Prozentpunkte höher, diese Veränderung ist signifikant. Die Esche wurde als eigene Baumart erst ab 1991 gesondert ausgewertet. Im Laufe dieser Zeitreihe sind immer wieder Änderungen des Schadniveaus, insgesamt ein leichter tendenzieller Anstieg bis 2011 zu erkennen. In den letzten drei Jahren war dann ein rasanter Anstieg der Kronenschäden festzustellen. Dieser Schadanstieg wurde durch zunehmend massiveres Auftreten einer Infektion mit dem Pilz „Falsches Weißes Stängelbecherchen“ (*Hymenoscyphus pseudoalbidus*; Nebenfruchtform: *Chalara fraxinea*) ausgelöst. So leidet die Esche mittlerweile landesweit unter dem Eschentriebsterben in einem Ausmaß das als bestandsbedrohend

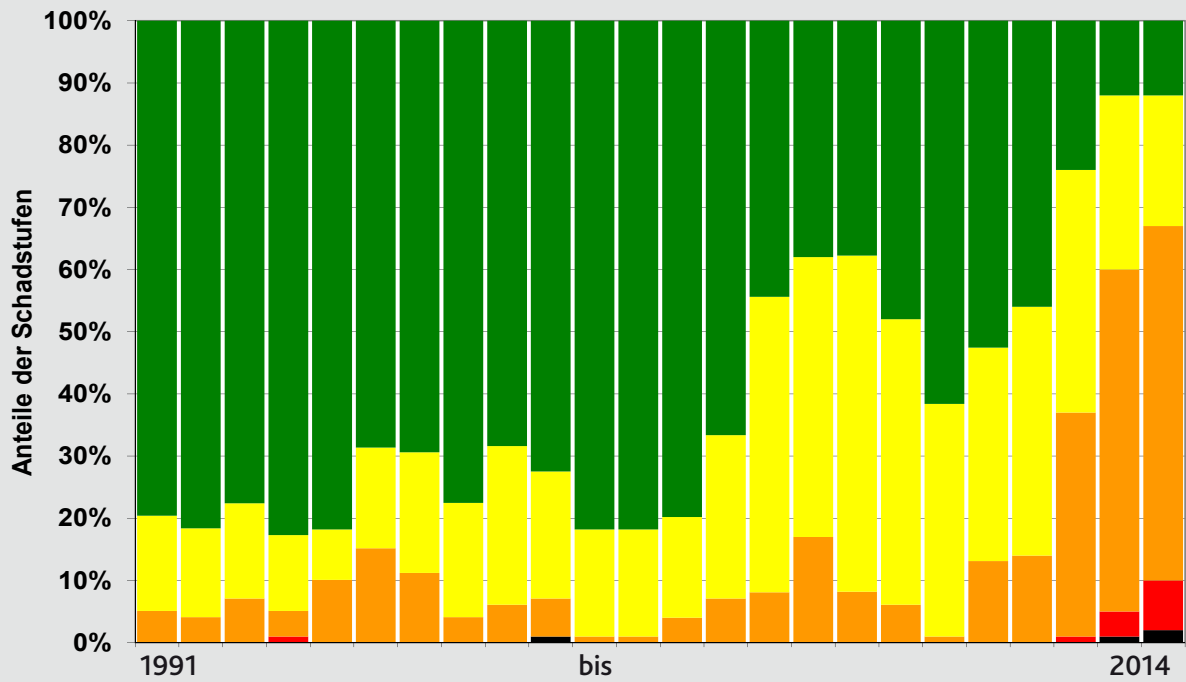
angesehen werden kann. Bei der WZE gehen die infolge der Erkrankung abgestorbenen Triebe oder Blätter in die Bewertung der Kronenverlichtung mit ein. Bei der aktuellen Erhebung wurde bei rund  $\frac{3}{4}$  aller untersuchten Eschen Infektionsmerkmale festgestellt.

### Andere Baumarten

In unseren Wäldern findet sich neben den bereits genannten noch eine Vielzahl anderer Baumarten. Die Waldzustandserhebung erfasst mit ihrem Kollektiv insgesamt 27 verschiedene Baumarten. Einige werden nur mit einzelnen Exemplaren, andere aber auch mit mehr als 50 Probestämmen erfasst, so dass eine baumartenspezifische Aussage zum Kronenzustand möglich ist. Wegen des geringeren Stichprobenumfangs sind die Aussagen hier jedoch mit höheren Unsicherheiten behaftet und die Veränderungen statistisch meist nicht zu sichern. Auch können in den Schadstufenanteilen oder bei der mittleren Kronenverlichtung von Jahr zu Jahr größere Sprünge auftreten, da sich starke Veränderungen auch nur einzelner Probestämme durchprägen und Veränderungen von gleich

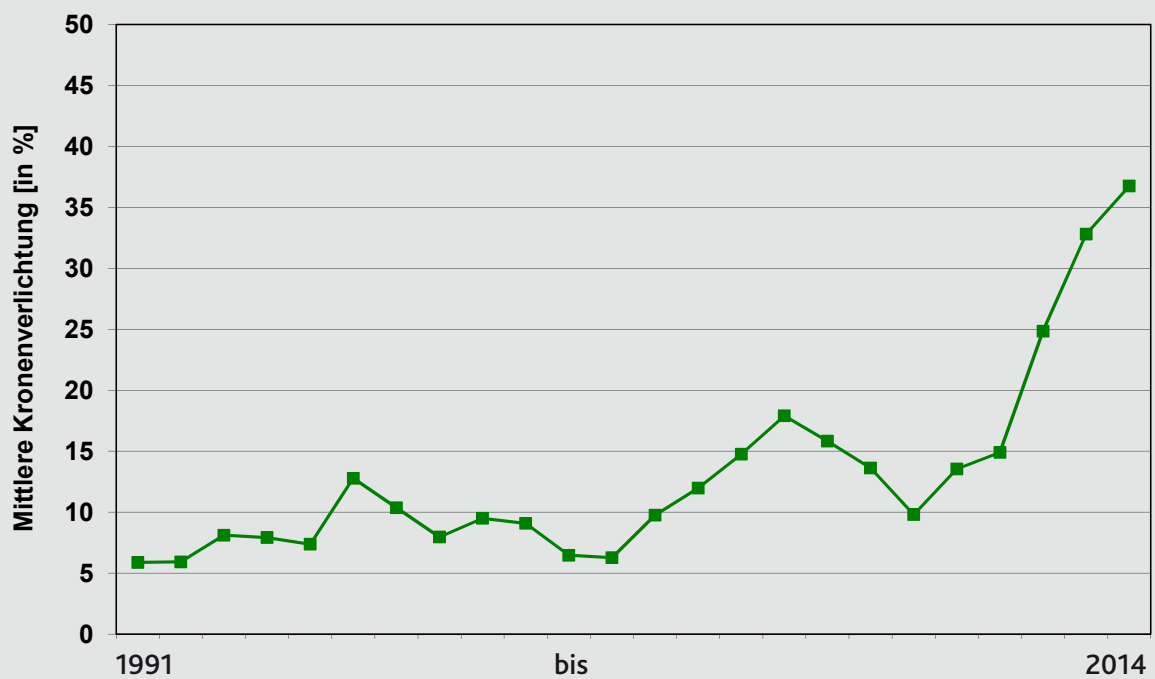
## Esche

### Entwicklung der Schadstufenverteilung



## Esche

### Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



mehreren Prozentpunkten in der Statistik entsprechen können. Veränderungen zwischen den Jahren dürfen daher nur im längeren Verlauf der Zeitreihe bewertet werden.

In 2014 ist das Schadniveau der Nebenbaumarten insgesamt unverändert, doch naturgemäß entwickelten sich auch die in der Gruppe der „Nebenbaumarten“ vertretenen Baumarten in ihrem Kronenzustand unterschiedlich. Ein Anstieg des Schadniveaus ist 2014 vor allem bei den Laubbäumen zu beobachten. Die Esche wurde schon betrachtet. Auch bei Birke und Ahorn zeigt sich einen Anstieg der Kronenverlichtung gegenüber dem Vorjahr, doch auf insgesamt vergleichsweise geringem Schadniveau. Bei den Nadelbäumen ist sowohl bei den Lärchen wie auch der Douglasie der Anteil deutlicher Schäden 2014 etwas zurückgegangen und die mittlere Kronenverlichtung

gegenüber dem Vorjahr geringer, doch sind diese Veränderungen nicht signifikant. Das Schadniveau bei Douglasie ist nach wie vor vergleichsweise hoch.

Für die Douglasie ist der im ganzen Land auftretende Befall durch die Rußige Douglasienschütte (*Phaeocryptopus gaeumannii*) auffällig, in 2014 wurde sie an rund einem Zehntel der Probestämme festgestellt. Wegen der milden Winterwitterung 2013/14 trat die Schütte im Berichtsjahr weniger in Erscheinung, in Kombination mit kalter Winterwitterung führt der Befall zu einer intensiven Nadelschütte. Der Pilz ist jedoch nach wie vor gegenwärtig. Bei den Douglasien brechen bei Sturmereignissen in erheblichem Umfang Zweige aus der Oberkrone aus. Die Baumkronen erhalten so ein typisch zerzaustes Aussehen.

## Andere Baumarten

### Entwicklung der Schadstufenverteilung

| Baumart<br>(bzw. Gattung)           | Jahr        | Anzahl an<br>Probestämmen | Anteile der Schadstufen (in %) |    |     | mittlere<br>Kronenverlichtung |
|-------------------------------------|-------------|---------------------------|--------------------------------|----|-----|-------------------------------|
|                                     |             |                           | 0                              | 1  | 2-4 |                               |
| <b>Birke</b>                        | <b>2014</b> | 89                        | 18                             | 67 | 15  | 19,7                          |
| Birke                               | 2013        | 90                        | 50                             | 42 | 8   | 13,3                          |
| Birke                               | 2012        | 89                        | 29                             | 60 | 11  | 17,2                          |
| Birke                               | 2001        | 65                        | 60                             | 40 | 0   | 10,9                          |
| Birke                               | 1991        | 67                        | 57                             | 34 | 9   | 11,2                          |
| <b>Lärche</b>                       | <b>2014</b> | 86                        | 20                             | 69 | 12  | 19,1                          |
| Lärche                              | 2013        | 86                        | 24                             | 53 | 22  | 20,5                          |
| Lärche                              | 2012        | 87                        | 28                             | 41 | 31  | 22,5                          |
| Lärche                              | 2001        | 84                        | 21                             | 75 | 4   | 17,4                          |
| Lärche                              | 1991        | 89                        | 83                             | 14 | 3   | 9,3                           |
| <b>Ahorn</b>                        | <b>2014</b> | 57                        | 46                             | 46 | 9   | 14,9                          |
| Ahorn                               | 2013        | 56                        | 57                             | 39 | 4   | 11,8                          |
| Ahorn                               | 2012        | 40                        | 75                             | 18 | 7   | 10,9                          |
| Ahorn                               | 2001        | 38                        | 95                             | 5  | 0   | 4,3                           |
| Ahorn                               | 1991        | 39                        | 79                             | 18 | 3   | 4,7                           |
| <b>Douglasie</b>                    | <b>2014</b> | 52                        | 2                              | 40 | 58  | 30,1                          |
| Douglasie                           | 2013        | 52                        | 6                              | 29 | 65  | 32,3                          |
| Douglasie                           | 2012        | 43                        | 5                              | 44 | 51  | 29,9                          |
| Douglasie                           | 2001        | 40                        | 27                             | 40 | 33  | 25,1                          |
| Douglasie                           | 1991        | 39                        | 95                             | 5  | 0   | 3,2                           |
| <b>weitere andere<br/>Baumarten</b> | <b>2014</b> | 136                       | 32                             | 42 | 26  | 21,7                          |
|                                     | 2013        | 134                       | 35                             | 35 | 30  | 22,4                          |
|                                     | 2012        | 115                       | 41                             | 32 | 27  | 20,3                          |
|                                     | 2001        | 164                       | 87                             | 11 | 2   | 6,5                           |
|                                     | 1991        | 155                       | 84                             | 13 | 3   | 6,4                           |

## Einfluss ausgeschiedener und ersetzter Probebäume

Von den markierten Stichprobenbäumen scheidet jedes Jahr einige aus dem Beobachtungskollektiv aus. Die Waldteile, in denen die Aufnahmepunkte der Waldzustandserhebung 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 scheidet 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 2014 sind insgesamt 53 Probebäume ausgeschieden, die alle ersetzt werden konnten. Die Ausscheiderate beträgt damit 2,3 % des Kollektivs der Stichprobe, was etwas unter dem Mittel von 2,5 % der letzten 23 Jahre liegt. Von den ausgeschiedenen Probebäumen sind dabei rund ein Viertel zwangsweise vorzeitig wegen Insektschäden oder Sturmschäden geerntet worden oder sind vom Sturm geworfen im Wald noch liegend vorhanden. Der überwiegende Teil (66 %) der ausgeschiedenen Probebäume wurde im bewirtschafteten Wald 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. So sind beispielsweise 13 Probebäume soweit von ihren Nachbarbäumen überwachsen worden, so dass ihre Krone dadurch stark beschattet wird und sie nicht mehr nach den Kriterien der Waldzustandserhebung bewertet werden können. Stehende abgestorbene Probebäume verbleiben mit 100 % Nadel-/Blattverlust als bewertbare Probebäume im Aufnahmekollektiv, bis das feine Reisig aus der

Eine eingehende Beschreibung der Methodik finden Sie auf der Webseite [www.saarforst.de/downloads/wze/Methodenbeschreibung\\_WZE\\_Saar.pdf](http://www.saarforst.de/downloads/wze/Methodenbeschreibung_WZE_Saar.pdf)

Krone herausgebrochen ist. Danach werden sie aus dem Probebaumkollektiv entfernt, auch wenn sie weiterhin als stehendes Totholz im Wald verbleiben. In 2014 wurden 2 Probebäume aus diesem Grund ersetzt. Insgesamt wurden 5 abgestorbene Probebäume im Kollektiv vermerkt, davon waren 3 bereits beim letzten Erhebungstermin 2013 tot. Eine Übersicht über die Ursachen des Ausscheidens von Probebäumen und eine Gegenüberstellung der Schadstufenverteilung der ausgeschiedenen Probebäume mit der ihrer Ersatzbäume findet sich im Anhang.

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.

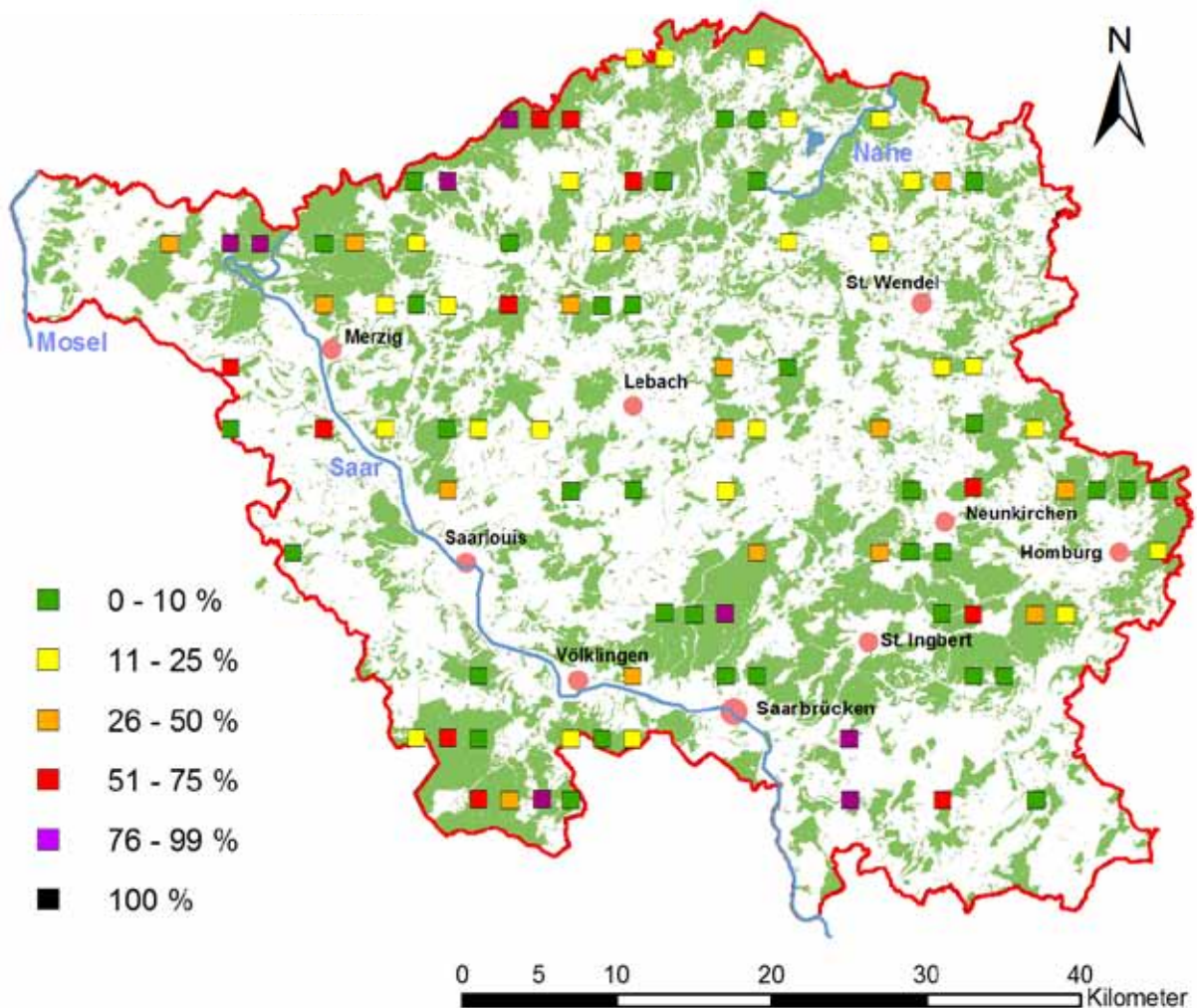
## Regionale Verteilung

Der Anteil deutlich geschädigter Probebäume variiert an den einzelnen Aufnahmepunkten erheblich. Punkte, die keine oder nur wenige deutlich geschädigte Probebäume aufweisen, liegen in direkter Nachbarschaft von solchen, an denen über die Hälfte der Probebäume deutlich geschädigt sind. Wegen der starken Unterschiede der Kronenschäden bei den verschiedenen Baumarten und Altersstufen wird das Niveau der Kronenschäden am einzelnen Aufnahmepunkt in

erster Linie durch die Verteilung der Baumarten und das Alter der Probestämme am Aufnahme-  
punkt beeinflusst. Werden verschiedene Regionen  
miteinander verglichen, sind daher die Baumarten  
und Alterszusammensetzung zu beachten. Weitere  
Bestimmungsgrößen wie standörtliche Parameter,  
Witterung oder Immissions- und Depositionssi-  
tuation, variieren weniger stark und überprägen  
den Einfluss von Baumart und Alter im Regelfall  
nicht. Der am einzelnen Aufnahmeort festge-

stellte Grad der Schädigung sagt unmittelbar nur  
etwas über die Probestämme selbst und allenfalls  
über den in Artenzusammensetzung und Alter  
entsprechenden umgebenden Waldbestand aus.  
Erst die Zusammenfassung einer gewissen Anzahl  
an Aufnahmeorten erlaubt eine repräsentative  
Aussage für das jeweilige Bezugsgebiet. Je höher  
dabei die Zahl der Stichprobestämme ist, umso  
zuverlässiger ist die gewonnene Aussage.

### Anteil der deutlich geschädigten Probestämme am einzelnen Aufnahmeort 2014





# EINFLÜSSE AUF DEN WALDZUSTAND





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

**Bei der Einwirkung von Luftschadstoffen konnten der Schwefeleintrag, der Säureeintrag und der Eintrag an Schwermetallen in unseren Wäldern dank durchgreifender Luftreinhaltemaßnahmen erheblich reduziert werden. Die Stickstoffeinträge sind demgegenüber nur wenig gesunken; sie überschreiten an der Mehrzahl der Waldstandorte nach wie vor die Schwellenwerte der Ökosystemverträglichkeit (Critical Loads). Auch Ozon stellt nach wie vor eine erhebliche Belastung für unsere Wälder dar.**

**Deutlich zugenommen hat in den letzten Jahren der Einfluss witterungsbedingter Belastungen. In den letzten drei Jahrzehnten war die forstliche Vegetationszeit im Vergleich zum langjährigen Mittel (1971-2000) nahezu in allen Jahren zu warm und häufig auch zu trocken. Auch im aktuellen Jahr war die Vegetationsperiode wieder zu warm. Die Niederschläge lagen allerdings über dem langjährigen Mittel. Trockenperioden waren auf März und April beschränkt. Insgesamt herrschten 2014 damit recht günstige Wuchsbedingungen für die Waldbäume.**

**Der Kronenzustand der Buchen wurde durch eine sehr starke Fruktifikation beeinflusst. Sorgen bereitet das inzwischen nahezu in allen Waldgebieten festzustellende Eschentriebsterben.**

Im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings werden alle wesentlichen Einflussfaktoren auf den Waldzustand erfasst und die Reaktion der Waldökosysteme auf die komplexen Stresseinwirkungen untersucht. Ausgewertet werden zudem die Meldungen der Forstreviere und die Hinweise der Waldbesitzenden zum Auftreten von Waldschädlingen oder von Schäden durch extreme Witterungseinflüsse. Nachfolgend sind die wichtigsten Befunde zusammengefasst.

### **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 Vege-

tationsorgane 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, R.M. Kreten, H. W. Schröck, I. Lamour

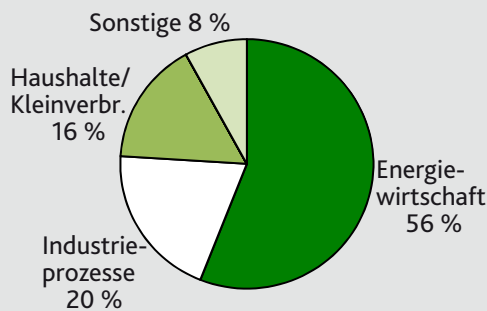
## Entwicklung der Schadstoffemissionen in Deutschland

| Schadstoffe in Kilotonnen                                  | 1980 | 1990 | 2012 | Veränderungen in %<br>1980 - 2012 |
|--|------|------|------|-----------------------------------|
| Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )                          | 7514 | 5283 | 427  | - 94 %                            |
| Stickoxide (NO <sub>x</sub> )                              | 3334 | 2877 | 1269 | - 62 %                            |
| Ammoniak (NH <sub>3</sub> )                                | 835  | 697  | 545  | - 35 %                            |
| Flüchtige organische Verbindungen<br>(ohne Methan) (NMVOC) | 3224 | 3066 | 952  | - 70 %                            |

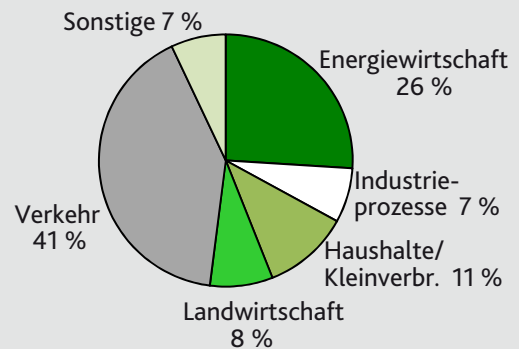
Quelle: Umweltbundesamt (2014): [www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland](http://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland);  
für 1980: UNECE 2012: [www.emep.int](http://www.emep.int)

## Verteilung der Emissionsquellen wichtiger Luftschadstoffe in Deutschland

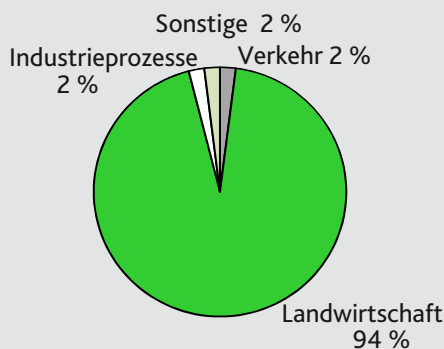
### Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)



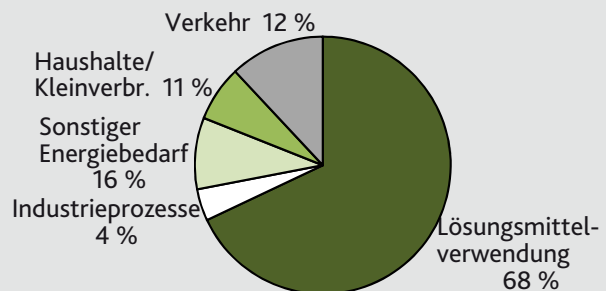
### Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>)



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



### Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC)



Quelle: Umweltbundesamt (2014)

## Schwefel

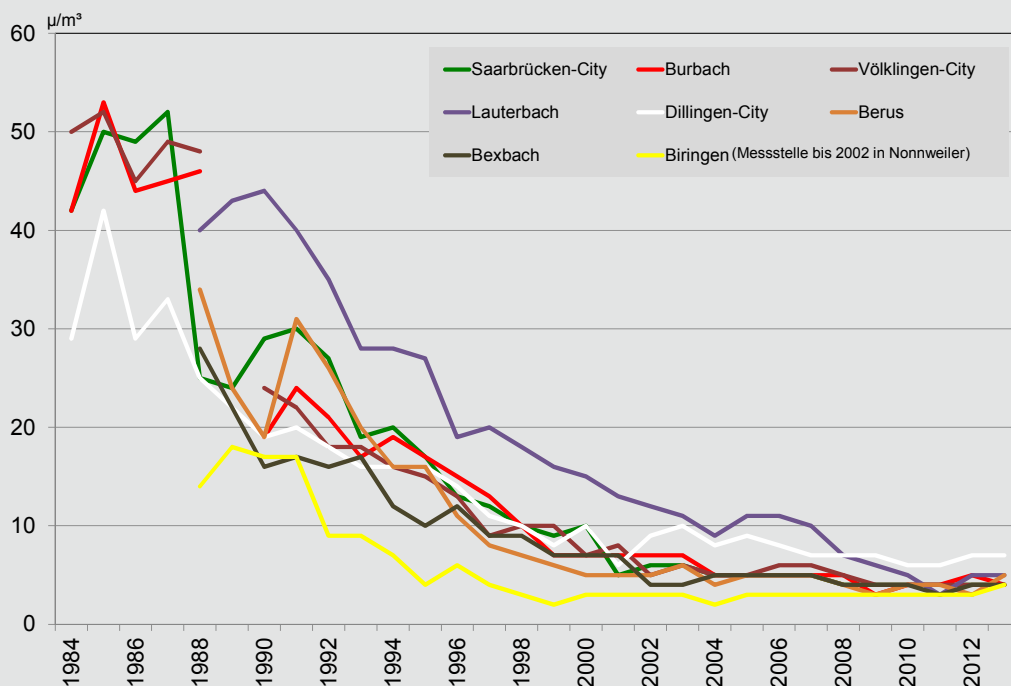
Schwefelverbindungen werden insbesondere bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe in Kraftwerken, Industriefeuerungsanlagen und Heizungen freigesetzt. Ausgehend vom Jahr 1980 konnte der Ausstoß an Schwefeldioxid in Deutschland bereits um 94 % reduziert werden. Die deutlich reduzierte  $\text{SO}_2$ -Emission hat sich in einer erheblichen Verringerung der  $\text{SO}_2$ -Immission und damit auch der Belastung der Ökosysteme durch Schwefeldioxid ausgewirkt: Mitte der 1980er Jahre lagen die Jahresmittelwerte der Schwefeldioxidkonzentrationen an den Stationen des Immissionsmessnetzes Saar (IMMESA) noch zwischen 29 und 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Seit einigen Jahren werden dagegen nur noch Jahresmittelwerte von 3 bis 7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ermittelt. Der Grenzwert für den Schutz von Ökosystemen von 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  im Kalenderjahr wird seit vielen Jahren eingehalten.

Eingehende Informationen zur Luftreinhaltung im Saarland finden Sie im Internet unter [www.saarland.de/41141.htm](http://www.saarland.de/41141.htm)

Zeitreihen und auch tagesaktuelle Luftschadstoffdaten aus dem Immissionsmessnetz Saar (IMMESA) unter [www.saarland.de/41137.htm](http://www.saarland.de/41137.htm)

Entsprechend der merklichen Abnahme der Schwefeldioxidemission und -immission ist auch die Belastung der Waldökosysteme über den Bodenpfad deutlich zurückgegangen. Während der Schwefeleintrag zu Beginn der Messreihen Anfang der 1990er Jahre meist zwischen 25 und 40 kg/ha lag, gelangen aktuell meist weniger als 10 kg Schwefel auf den Waldboden (vgl. Kap. „Die forstlichen Dauerbeobachtungsflächen im Saarland“).

### Langzeitentwicklung der Schwefeldioxidkonzentrationen (Jahresmittelwerte) der IMMESA Stationen



## 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 geringem Umfang auch aus der Herstellung und Anwendung stickstoffhaltiger Mineraldünger, der Rauchgasstickung 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 62 % zurückgegangen. Die Langzeitmessreihen der IMMESA-Stationen

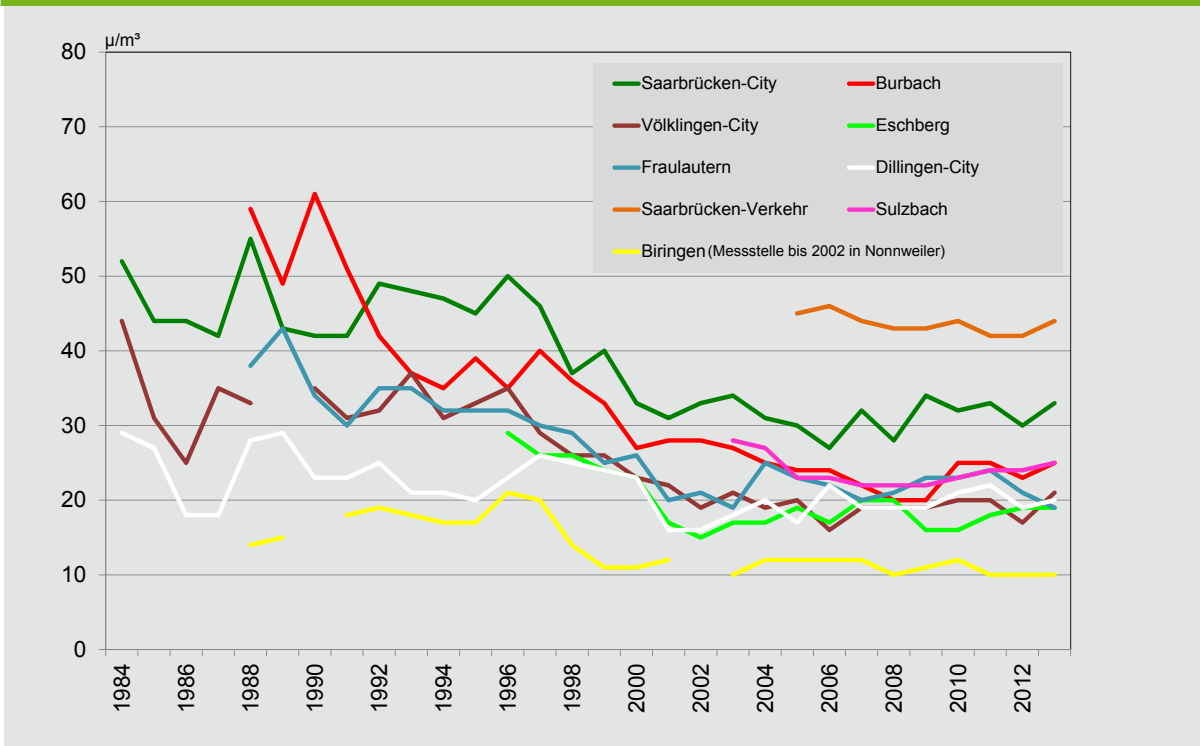
zeigen zwar eine langsame Abnahme der Stickstoffdioxidkonzentration in den ersten Jahren nach Beginn der Messreihe im Jahr 1984. Seit Anfang dieses Jahrtausends ist allerdings keine Verbesserung der Stickstoffdioxidbelastung mehr zu beobachten; die Werte stagnieren mit geringen Schwankungen.

Bei den reduzierten Stickstoffverbindungen (Ammoniak) konnte die Emission seit 1980 bislang nur um 35%, also deutlich weniger als bei den Stickoxiden, reduziert werden.

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.

Die Stickstoff-Depositionsraten zeigen erst seit 2006 einen vermutlich abnehmenden Trend, wobei der Ammoniumanteil an der Stickstoffdeposition steigt (vgl. Kap. „Die forstlichen Dauerbeobachtungsflächen im Saarland“).

### Langzeitentwicklung der Stickstoffdioxidkonzentrationen (Jahresmittelwerte) der IMMESA Stationen



## Säureinträge

Aufgrund der beträchtlichen Reduktion der Emission und Immission von Schwefeldioxid zeigt auch die Gesamtsäure-Deposition, die außer Schwefel auch aus anderen Quellen, insbesondere aus dem Eintrag von Stickstoffverbindungen stammt, einen abnehmenden Trend. Dieser weist aber auf allen Standorten erhebliche Varianzen auf (vgl. Kap. „Die forstlichen Dauerbeobachtungsflächen im Saarland“). Eine Bilanzierung der säurebildenden und säurepuffernden Prozesse belegt, dass immer

noch netto Säure in die Systeme eingetragen wird, was zu mehr als 50 % auf Stickstoff und dessen Umwandlung beruht. Das belegt den hohen Einfluss der überhöhten Stickstoffeinträge insbesondere des aus der Landwirtschaft stammenden Ammoniums. 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.

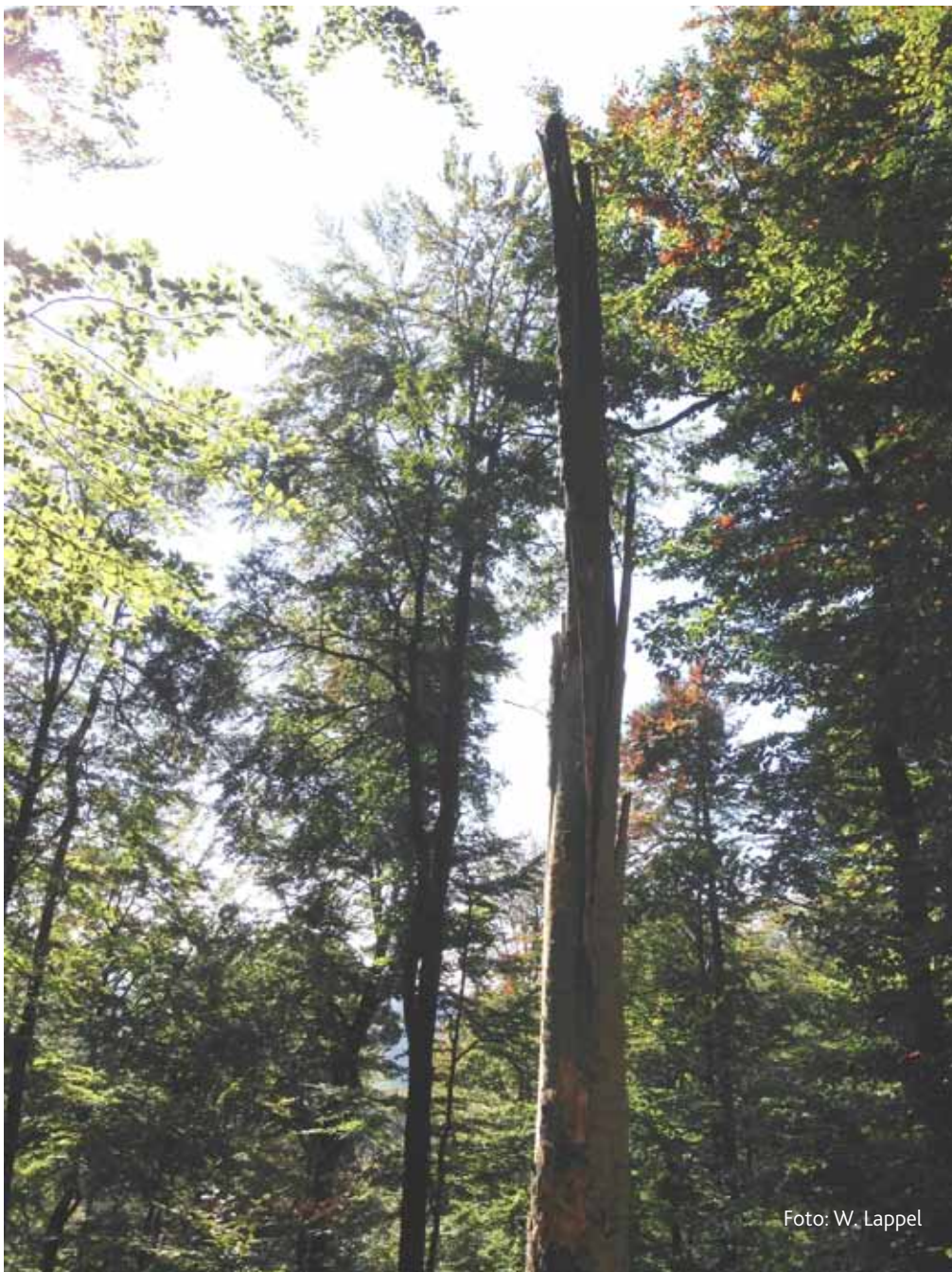


Foto: W. Lappel

## Ozon

Ozon ist eine sehr reaktionsfreudige Form des Sauerstoffs mit drei O-Atomen. Das in der bodennahen Atmosphäre befindliche Ozon kann über die Spaltöffnungen ins Blattinnere von Pflanzen gelangen. Hohe Ozonbelastungen beeinträchtigen das Pflanzenwachstum und reduzieren die Kohlenstoffspeicherung. In der Stratosphäre befindliches Ozon schützt uns demgegenüber vor schädlicher ultravioletter Strahlung.

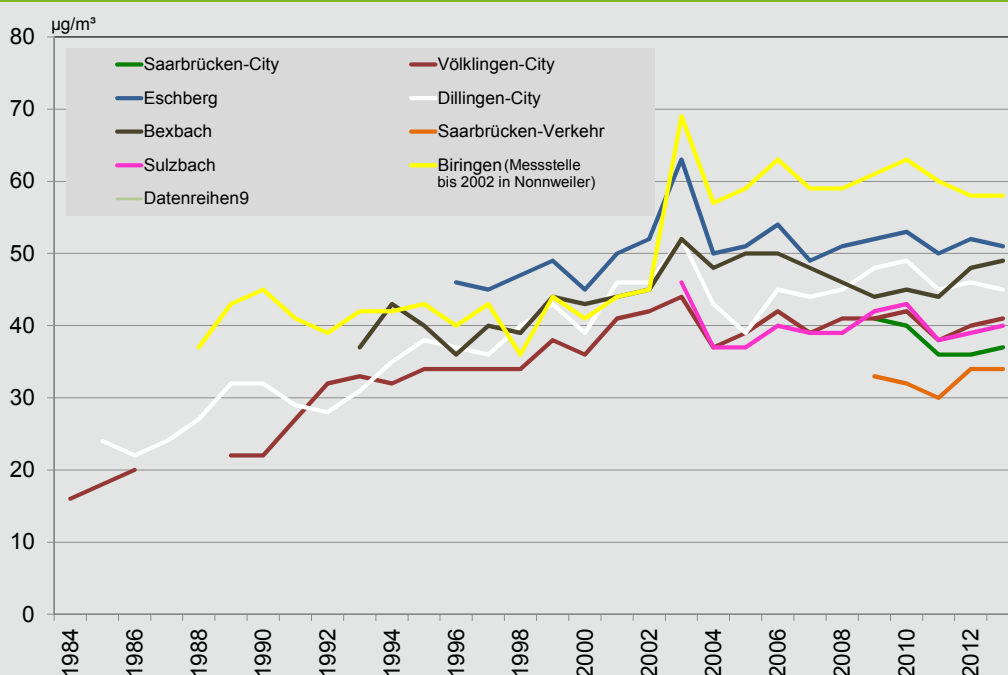
Ozon entsteht als sekundäre Luftverunreinigung aus Vorläufersubstanzen, im Wesentlichen aus Luftsauerstoff, Stickoxiden und flüchtigen Kohlenwasserstoffen, unter der Einwirkung der Sonneneinstrahlung. Die Ozonvorläufersubstanzen gelangen aus natürlichen und anthropogenen Quellen in die Atmosphäre. In 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. Die Langzeitmessreihen der IMMESA-Stationen

zeigen für Ozon über die Jahre einen Anstieg der mittleren Konzentrationen. Auffallend hohe Werte wurden 2003, dem Jahr mit dem „Jahrhundertsummer“ gemessen. In den letzten Jahren scheinen sich die Werte auf einem hohen Niveau einzupendeln. Trotz der bereits erheblichen Verringerung der Emission der Ozonvorläufersubstanzen - Stickoxide und flüchtige Kohlenwasserstoffe - in Deutschland um 62 % beim  $\text{NO}_2$  und 70 % beim NMVOC ist das Ozonbildungspotenzial aber nach wie vor hoch.

Im Sommer 2014 traten vergleichsweise wenige, länger andauernde Hochdruckwetterlagen mit erhöhter Ozonbildung auf. Demzufolge waren die Ozonbelastungen im aktuellen Jahr in ähnlicher Höhe wie in den Vorjahren. Allerdings ist für Ozonschäden an Waldbäumen die Ozonaufnahme über die Spaltöffnungen („Ozondosis“) entscheidend. Bereits „mittlere“ Konzentrationen können die Ozondosis erhöhen. Auch im Jahr 2014 dürfte die Ozon-Belastungsschwelle für Waldökosysteme in unseren Wäldern deutlich überschritten worden sein.

### Langzeitentwicklung der Ozonkonzentrationen (Jahresmittelwerte) der IMMESA Stationen



## 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 1990er Jahre waren die forstlichen Vegetationszeiten (Mai bis September) im Vergleich zum langjährigen Mittel der Periode 1971 bis 2000 in nahezu allen Jahren zu warm und häufig auch zu trocken.

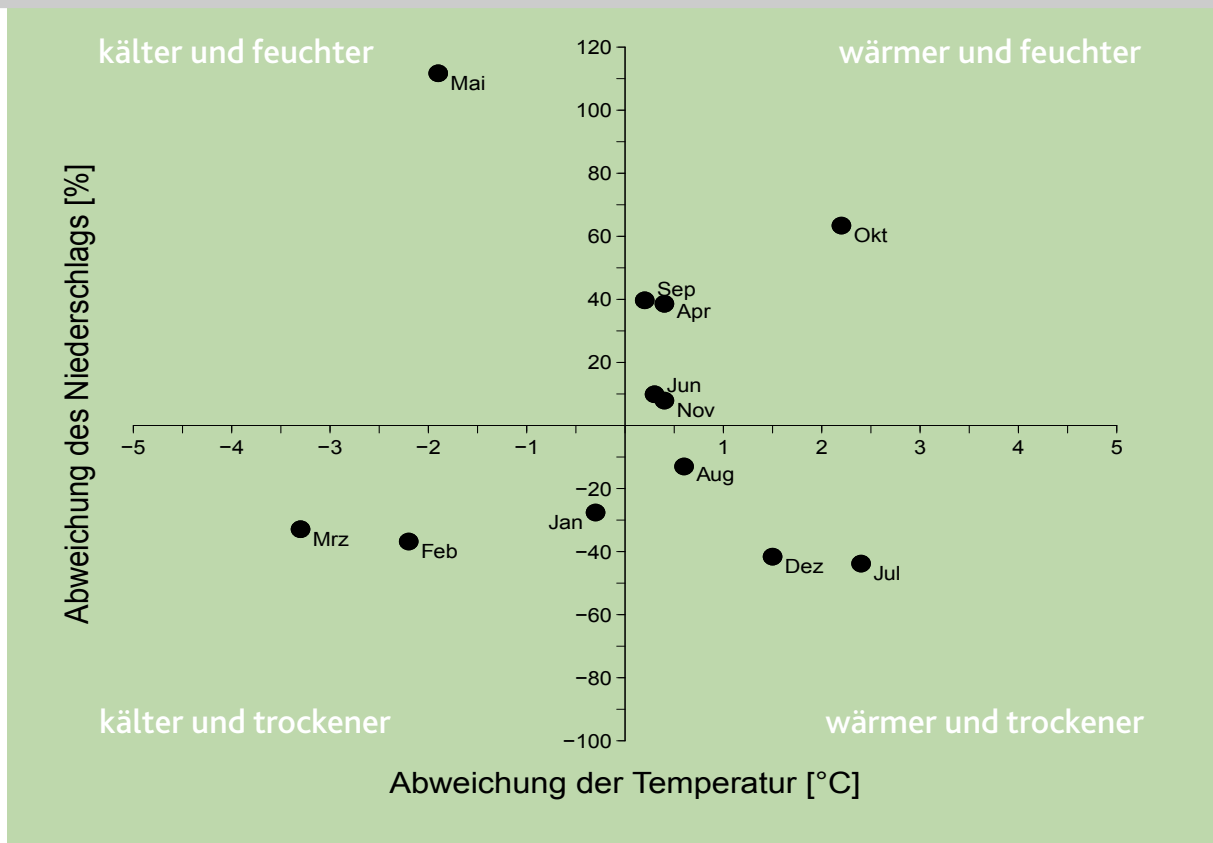
Im Vorjahr (2013) war die Witterung durch starke Gegensätze geprägt: Februar und März 2013 waren kalt und trocken, der Mai kühl und feucht, der Juli sehr warm und trocken und der Oktober warm und niederschlagsreich. Der Dezember 2013 war wie der gesamte Winter 2013/14 im Vergleich zum langjährigen Mittel erheblich zu warm. Auch die Monate März und April 2014 waren außergewöhnlich warm und trocken. Der Mai lag in Lufttemperatur und Niederschlagshöhe nahezu im langjährigen Flächenmittel für das Saarland. An einigen Messstationen traten am 04. Mai Nachtfröste auf. Anders als im Vorjahr waren aber an Waldbäumen keine Spätfrostschäden augenfällig. Einem trocken-warmen Juni folgten ein sehr regenreicher Juli, ein kühler und sehr regenreicher August und ein warm-trockener September. Im Hochsommer traten immer wieder Extremwetterlagen auf, die

örtlich zu Schäden durch Starkregen und Hagelschlag führten. Der Witterungsverlauf im Jahr war somit 2014 sehr wechselhaft. Von der außergewöhnlichen Trockenphase in März / April waren die vergleichsweise tief wurzelnden Waldbäume bei ausreichender Winterfeuchte nicht gravierend betroffen. Die häufigen Niederschlagsereignisse in Mai, Juli und August sorgten insgesamt für eine meist gute Wasserversorgung in der Vegetationsperiode 2014.



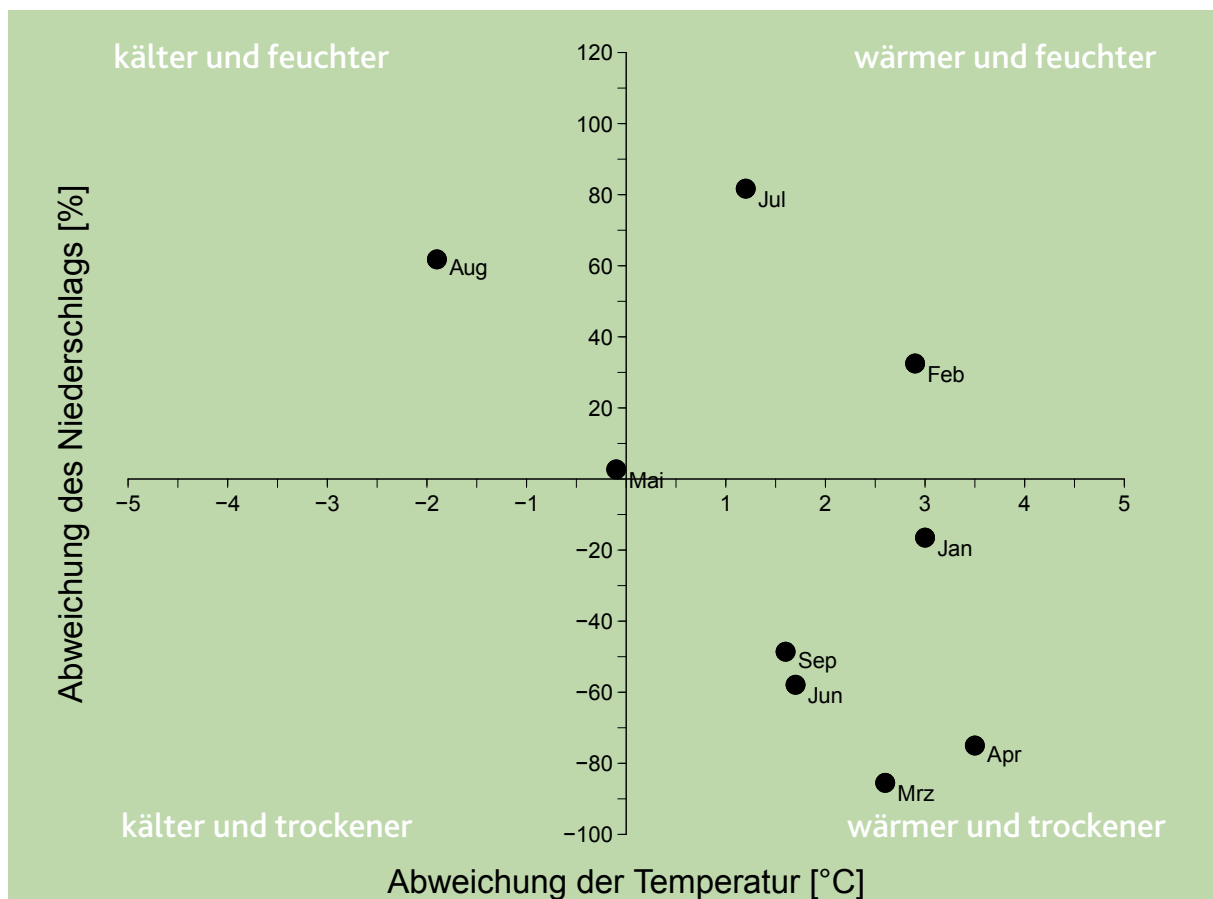
Probenahme an einer Freiland-Depositionsmessstation

Foto: M. Haßdenteufel

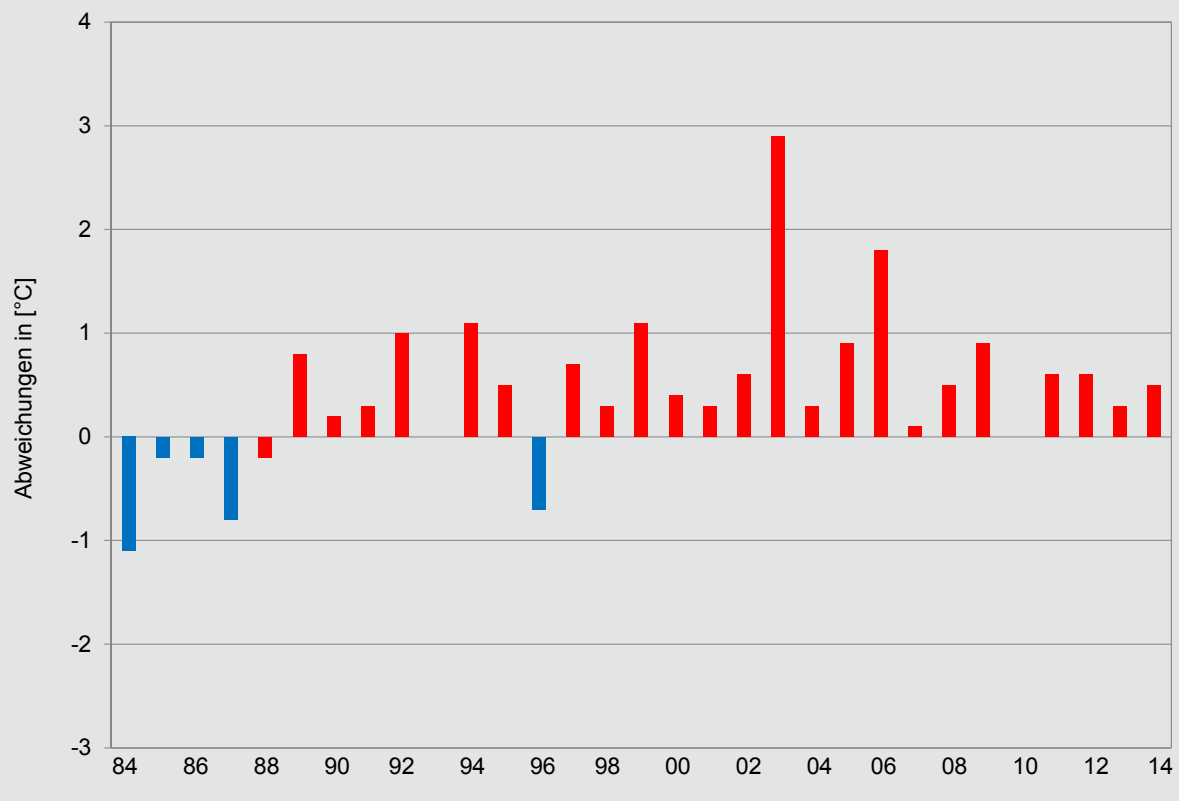


Thermopluviogramme für die Jahre 2013 (oben) und 2014 (unten). Dargestellt sind für die einzelnen Monate die kombinierten Abweichungen von Temperatur (waagrechte Achse) und Niederschlag (senkrechte Achse) zum lang-jährigen Mittel 1971-2000 (Vergleich jeweils anhand der Flächenmittel für das Saarland)

(Quelle: Deutscher Wetterdienst)

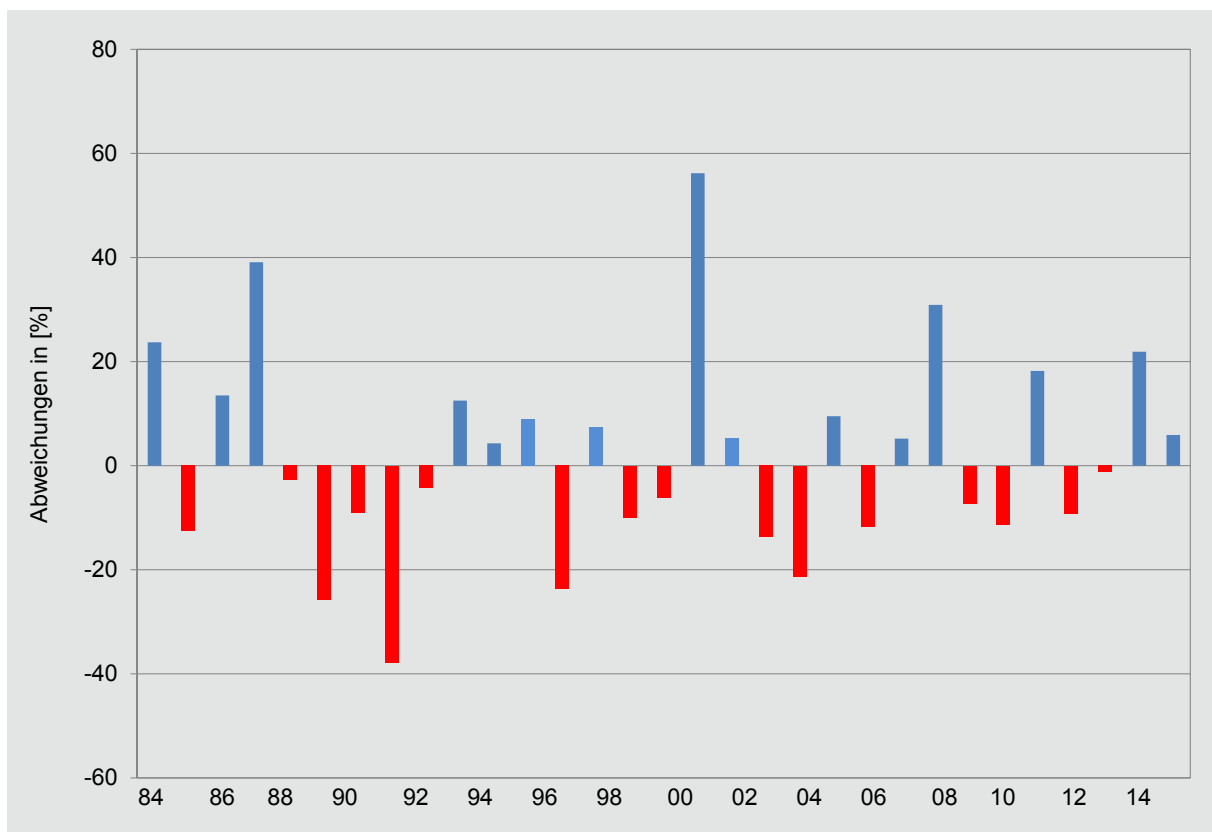






Abweichungen der Temperatur (oben) und der Niederschläge (unten) in den forstlichen Vegetationszeiten (Mai bis September) 1984 bis 2014 vom langjährigen Flächenmittel Saarland 1971-2000

(Quelle: Deutscher Wetterdienst)



## Blüte und Fruktifikation

Bei vielen Baumarten war 2014 eine starke Blütenbildung und Fruktifikation zu beobachten. Vor allem bei der Buche hat der zum Teil sehr starke Fruchtanhang zu einer Verschlechterung des Kronenzustandes geführt.

Als Voraussetzung für eine starke Blüte muss eine Reihe von Bedingungen zusammentreffen. Zum einen muss der Witterungsverlauf im Frühsommer des Vorjahres die Bildung von Blütenknospen anregen. Zum anderen muss eine ausreichende Assimilatspeicherung in den Bäumen vorhanden sein, da bei starker Fruchtbildung sehr viel Energie verbraucht wird. Damit aus den Blüten auch Früchte werden, darf die Blüte weder verregnen noch erfrieren.

Die wichtigste Baumart unserer Wälder in Mitteleuropa, die Buche, bildet nicht nur große, sondern auch im Vergleich zu anderen schwerfrüchtigen Baumarten wie beispielsweise der Eiche sehr früh reifende Früchte. Daher wirken sich bei der Buche starke Blütenbildung und nachfolgende Fruktifikation meist deutlicher als bei anderen Baumarten auf den Kronenzustand aus. Folgen starker Fruchtbildung sind häufig Kleinblättrigkeit und Veränderungen in der Kronenstruktur.

Zur Ausbildung der Blüten und Früchte müssen die Bäume in erheblichem Umfang Assimilate und mineralische Nährstoffe bereitstellen. Streufalluntersuchungen zeigen, dass in Jahren mit starker Fruktifikation die Streufallmenge auf das Doppelte ansteigt. Mit den herabfallenden Früchten werden in den Mastjahren mehr Magnesium, Phosphor und Kalium vom Baum auf den Waldboden verlagert als mit den herabfallenden Blättern. Dies belegt den beträchtlichen zusätzlichen Assimilat- und Nährstoffbedarf der Bäume in Fruktifikationsjahren.

Die benötigten Assimilate und Nährstoffe mobilisiert der Baum vermutlich zu einem Teil aus angehäuften Reserven. Aus diesem Grunde kann die Buche normalerweise lediglich alle zwei Jahre stark fruktifizieren, da in Fruktifikationsjahren die

Reserven verbraucht werden und im Folgejahr für eine Ausbildung der Früchte nicht genügend Assimilate und Nährstoffe zur Verfügung stehen. Möglicherweise spielen hierbei auch Hemm- oder Botenstoffe eine Rolle. Eine erneute Fruktifikation ist erst dann wieder möglich, wenn die Hemmstoffe abgebaut sind. Darüber hinaus erfolgt meist eine Verlagerung im Stoffumsatz des Baumes. Dies geschieht durch eine Reduktion des Wachstums. Bei starker Fruktifikation der Buche ist daher meist das Dickenwachstum deutlich vermindert. Da Kronenzustand und Wachstum nicht nur von Nährstoffreserven, sondern auch von Änderungen in der Konkurrenzsituation, der Wasserverfügbarkeit (Trockenstress) und vielen anderen Faktoren beeinflusst werden, sind die Zusammenhänge aber nicht immer eindeutig.

Literaturrecherchen zur Fruktifikation in Deutschland von 1839 bis 1987 durch PAAR et al. (2011) zeigen, dass der mittlere Abstand zwischen zwei Jahren mit starker Fruchtbildung in dem nahezu 150 Jahre umfassenden Zeitraum 4,7 Jahre betrug. Demgegenüber liegen aktuell meist nur noch zwei bis drei Jahre zwischen den Fruchtjahren. Eine Ursache dürfte die häufigere Blühinduktion aufgrund der immer häufigeren Jahre mit warmer Frühsommerwitterung sein. Die Entscheidung, ob Blütenknospen oder Triebknospen gebildet werden, ist von den Witterungsbedingungen zum Zeitpunkt der Knospenanlage, also den Frühsommermonaten des Vorjahres abhängig. Erfahrungsgemäß gehen Fruktifikationsjahren Jahre mit warm-trockener Vegetationszeit voran. Da diese Bedingungen in den letzten beiden Jahrzehnten sehr häufig erfüllt waren, ist die Häufung von Blühjahren nicht verwunderlich. Allerdings entsteht nicht aus jeder Blüte eine Mast. Voraussetzung für eine starke Fruktifikation ist eine ausreichende Ansammlung von Assimilaten. Hier kann die aufgrund der hohen Ammonium- und Nitratdeposition zunehmende Stickstoffverfügbarkeit in unseren Waldökosystemen und auch die durch die Reduktion der Säureinträge, unterstützt durch Waldkalkung und Waldumbau in Richtung gemischter Bestände

wieder verbesserte Versorgung mit mineralischen Nährstoffen wie Magnesium und Calcium eine Rolle spielen.

Deutlich wird, dass Blüte und Fruktifikation von einer Reihe von natürlichen, aber auch vom Menschen veränderten Umweltfaktoren abhängen. Im Zuge des Klimawandels könnte sich die bereits in

den letzten beiden Jahrzehnten festgestellte Häufung von Blühjahren weiter fortsetzen. Wie sich dies langfristig auf die Kronenzustandsentwicklung der Buche auswirken wird, ist allerdings wegen der Komplexität der Wechselwirkungen beim gegenwärtigen Wissensstand nicht vorhersehbar.



Eschenbestand Erfweiler Ehlingen

Foto: W. Lappel

## Allgemeine Waldschutzsituation

Biotische und abiotische Schadfaktoren können einen erheblichen Einfluss auf die Vitalität unserer Wälder ausüben. Sie treten jährlich in verschiedenen Intensitäten auf.

Zu den biotischen Schadfaktoren zählen vor allem Insekten und Pilze. Die bedeutsamsten abiotischen Schadfaktoren sind Frost, Hagel und Sturm.

Wie bereits in den beiden Vorjahren traten auch im Mai 2014 lokal Nachtfröste auf. Allerdings sind im aktuellen Jahr keine Schäden bekannt geworden.

Außergewöhnliche biotische oder abiotische Schadereignisse waren im Jahr 2014 (bis Ende September) nicht zu verzeichnen.

Der Verlauf der Flugaktivität des Buchdruckers (*Ips typographus*), als wichtigstem Fichtenborkenkäfer, wird in einem gemeinsamen Projekt mit Landesforsten Rheinland-Pfalz und der FVA Baden-Württemberg u. a. auch im saarländischen Hochwald bei Eisen mit Pheromonfallen und Kontrollen des Brutfortschritts an mit Pheromondispensern bekö- derten Probestämmen überwacht. Auf Grundlage

Der aktuelle Entwicklungsstand der Buchdruckerpopulation in verschiedenen Regionen kann auch auf Grundlage eines Computermodells (PHENIPS) der Universität für Bodenkultur Wien verfolgt werden. Damit werden tagesaktuell der Schwärmflug und das Brutgeschehen des Buchdruckers differenziert anhand von Daten von 7 DWD-Wetterstationen im Saarland unter Einbindung einer 7-Tagesprognose eingeschätzt:

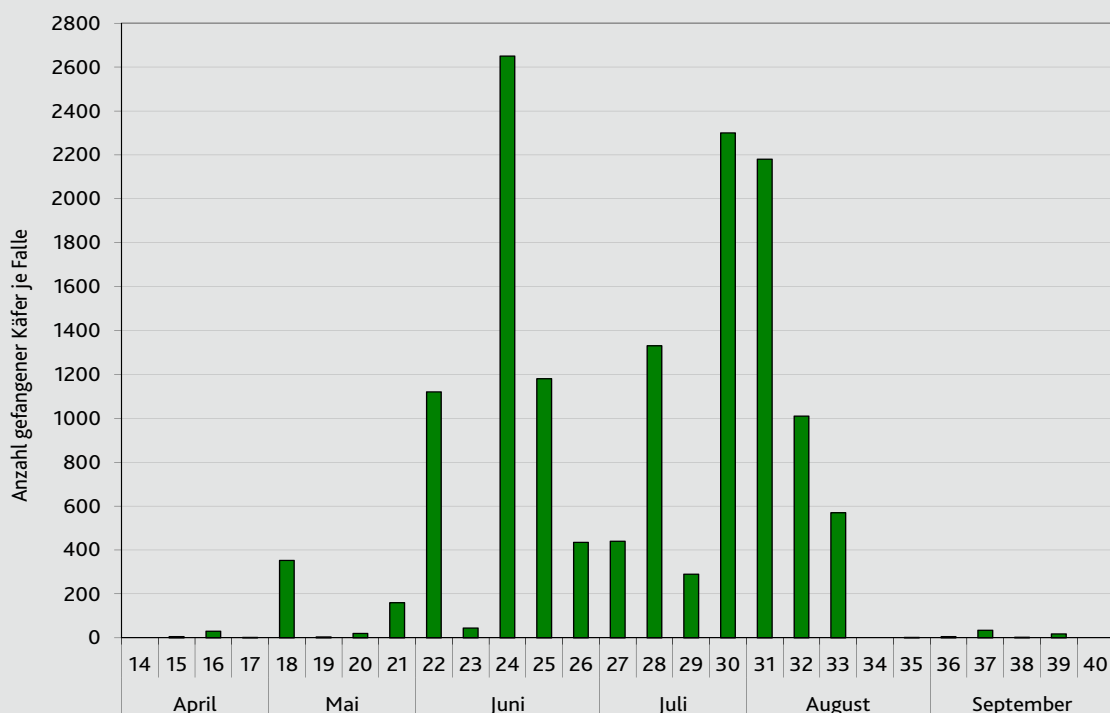
<http://iff-risikanalyses.boku.ac.at/typo3/index.php?id=74>

(in der Laufzeile Rheinland-Pfalz, Saarland wählen)

dieser Daten werden fortlaufend Empfehlungen zur effektiven Kontrolle der Waldbestände auf Stehendbefall abgeleitet.

Früher als sonst startete in diesem Jahr der erste Schwarm des Buchdruckers. Bereits seit März wurden nach dem milden Winter Buchdrucker in den Pheromonfallen gefangen. Der Höhepunkt der Schwärmflugaktivität war Anfang Juni zu verzeichnen. Besonders im Juli gab es eine erhöhte Flugaktivität und damit einhergehend auch einen vermehrten Stehendbefall. Die seit Juli angelegte zweite Generation hat sich trotz ergiebiger Niederschläge, Starkregenereignissen und eher

## Buchdruckerentwicklung 2014 an der Monitoringfläche Eisen



mäßig sommerlichen Temperaturen rasch weiter entwickelt. Die hohen Niederschlagsmengen und die damit einhergehende gute Wasserversorgung der Fichten haben sich positiv auf das Ausharzen der Buchdrucker ausgewirkt.

Der vergleichsweise gute Holzmarkt hat eine zeitnahe Aufarbeitung und Abfuhr des Holzes begünstigt. Dies trägt dazu bei, die Borkenkäferschäden in Grenzen zu halten.

In vielen Douglasienbeständen ist wie in den Vorjahren ein erheblicher Befall mit der Rußigen Douglasenschütte (*Phaeocryptopus gaeumannii*) festzustellen. Dieser pilzliche Schaderreger ist in Europa bereits seit 1925 bekannt und in allen Douglasienbeständen vorzufinden. Seinen Namen hat die Erkrankung von den an der Nadelunterseite befindlichen Fruchtkörpern des Pilzes (*Pseudothecium*), die auf den ersten Blick einem rußartigen Belag ähneln und ganzjährig sichtbar sind. Die Sporen werden jedoch nur Ende Mai bis Anfang Juli freigesetzt und befallen bei feuchter Witterung die jungen Nadeln. Das Mycel des Pilzes durchdringt das Gewebe der Nadel. Die Anlage der Fruchtkörper erfolgt im Bereich der Spaltöffnungen. Bei starken Frösten im Winter fallen die befallenen Nadeln vorzeitig ab. In Abhängigkeit von der Witterung kann der Nadelverlust über mehrere Jahre beträchtliche Ausmaße annehmen. Als Sekundärschäden in Folge der Rußigen Douglasenschütte kann es zum Befall durch den Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus*), den Furchenflügligen Fichtenborkenkäfer (*Pityophthorus pityographus*) oder den Hallimasch (*Armillaria ostoyae*) kommen. Da im Winter 2013/14 stärkere Fröste ausblieben, ist der Benadelungszustand befallener Douglasien aktuell meist wieder etwas besser als in den beiden Vorjahren.

Das durch den Pilz „Falsches Weißes Stängelbecherchen“ (*Hymenoscyphus pseudoalbidus*) (Nebenfruchtform: *Chalara fraxinea*) ausgelöste Eschentriebsterben breitet sich in unseren Wäldern weiter aus. Der europaweite wissenschaftliche Austausch über die EU-Plattform FRAXBACK zeigt allgemein ein weiteres Fortschreiten des Eschentriebsterbens nahezu im gesamten natürlichen Verbreitungsgebiet der Esche (*Fraxinus excelsior*).

Die Befunde des Borkenkäfermonitorings und daraus abgeleitete 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: die Informationen und Empfehlungen für den Hochwald umfassen auch die Daten der saarländischen Monitoringfläche Eisen.

Die Esche ist sehr klimatolerant und galt daher zumindest für hinreichend basenreiche Standorte als eine im Klimawandel zunehmend interessante, zukunftsfähige Baumart. Der Krankheitserreger, das Falsche Weiße Stängelbecherchen, wurde vermutlich mit dem weltweiten Warenverkehr aus Ostasien (Japan, nordöstliches-China, Fernöstliches Russland) eingeschleppt. Dieser Pilz lebt ursprünglich in den Blättern der Mandschurischen Esche, verursacht an dieser Baumart aber keine Schäden. In Europa sind Eschen auf Nass-Standorten und im Dichtstand besonders gefährdet. Waren ursprünglich vor allem Bäume aus dem Jungwuchs betroffen, treten inzwischen auch gravierende Schäden in Stangen-, Baum- und Althölzern auf. An betroffenen Bäumen sind zum Teil auch Stammfußnekrosen und Wurzelfäulen festzustellen, die mit einer erhöhten Wurf- und Bruchgefahr und damit zunehmenden Problemen der Verkehrs- und Arbeitssicherheit einhergehen. Mut macht die Beobachtung, dass es auf allen Flächen meist noch, wenngleich meist nur wenige, symptomfreie Eschen gibt. Ob es sich hier um eine vererbte Resistenz oder Toleranz handelt, die möglicherweise zum Aufbau einer gesunden Eschengeneration beitragen könnten, wird gegenwärtig untersucht.

Aktuelle Informationen zum Eschentriebsterben:

<http://www.fraxback.eu/>

[http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2010\\_03.pdf](http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2010_03.pdf)

<http://www.fva-bw.de/publikationen/index3.html>

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

[http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2014\\_01.pdf](http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2014_01.pdf)

# Die forstlichen Dauerbeobachtungs- flächen im Saarland - ein Instrument zur Beurteilung von Zustand und Veränderung des Naturhaushaltes

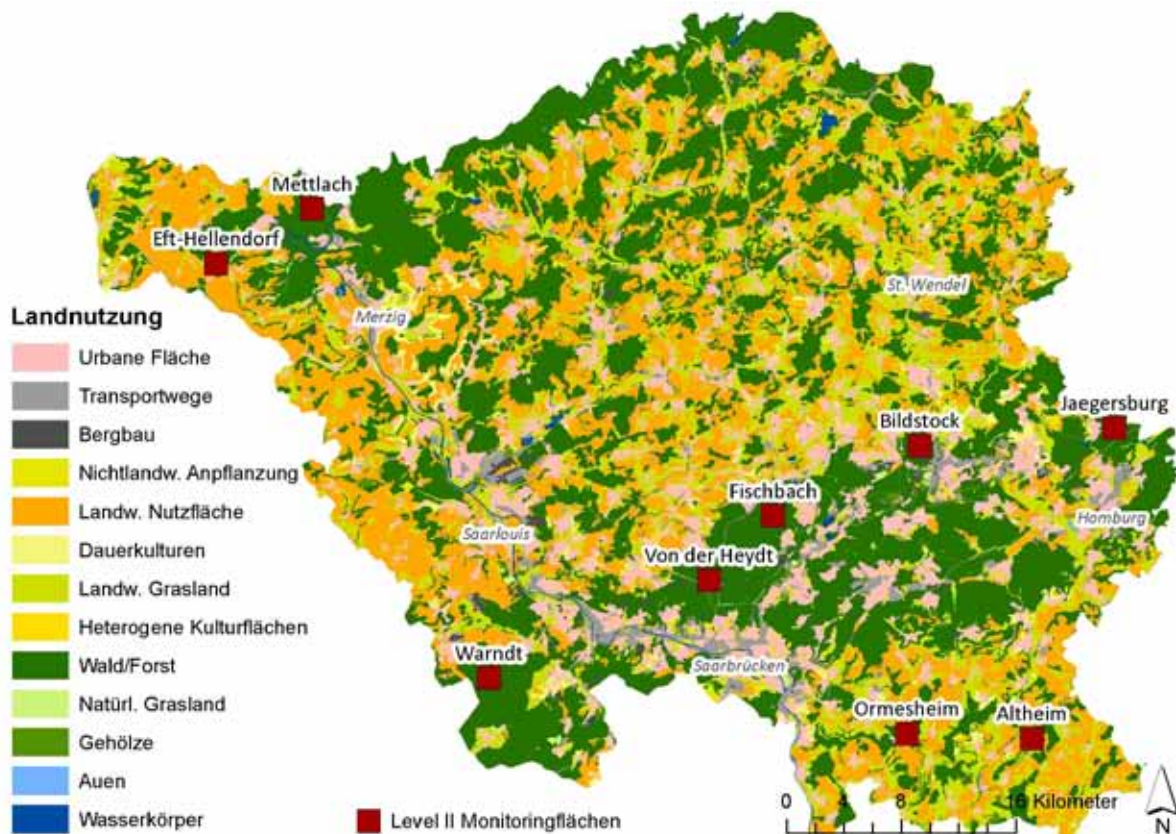


Foto: D. Noll

Ausgelöst durch die Diskussion über das sogenannte neuartige Waldsterben wurden in der Waldschadensforschung erhebliche Anstrengungen unternommen, um den Stoffhaushalt von Waldökosystemen zu untersuchen. Durch die vornehmlich durch Industrie, Verkehr und Landwirtschaft verursachten Luftverschmutzungen hat sich das Interesse der Untersuchungen vor allem auf stoffliche Einträge und Austräge (sogenannte Stoffbilanzen) von Ökosystemen erstreckt. Themen des Klimawandels, der Biodiversität und der Ökosystemdienstleistungen sowie der Nachhaltigkeit im Sinne des Naturhaushaltes traten erst in den letzten Jahren in den Fokus.

Um Veränderungen durch äußere Einwirkungen auf die Waldökosysteme zu erkennen und zu beurteilen, sind im Saarland insgesamt neun Level II Dauerbeobachtungsflächen, die meisten schon seit 1990, eingerichtet worden. Auf ihnen werden fortlaufend der Stoffhaushalt und das Wachstum der wichtigsten Waldbaumarten im Saarland (Buche und Eiche) in Abhängigkeit von atmosphärischen Säure- und Stickstoff-Einträgen sowie Klimawandels beobachtet. Aus diesen Beobachtungen werden Schlüsse über die Vitalität und Stress der Ökosysteme und Auswirkungen von Bewirtschaftungsmaßnahmen gezogen, um die Wirtschaftswälder als Natursysteme in ihrem selbstregulierenden Ordnungszustand zu erhalten und zukünftig weiter entwickeln können.

Lage der Level II-Flächen im Saarland und deren umgebende Landnutzung



Davon ausgehend, dass die Mineralstoff-Ernährung der Wälder vorwiegend aus der Verwitterung des Ausgangsgesteins stammt, wurden die Dauerbeobachtungsflächen so gewählt, dass die wichtigsten geologischen Formationen, die mit Wald

bestockt sind (Karbon, Buntsandstein, Quarzit und Muschelkalk), vertreten sind. Zudem wurden alle wichtigen Hauptbaumarten (Buche und Eiche) des Saarlandes berücksichtigt.

### Kurze Standortsbeschreibung der neun Level II-Flächen im Saarland

| Name                               | Baumbestand  | Bodentyp/Humusform  | Umgebung                                      |
|------------------------------------|--|---|---|
| <b>Standorte auf Karbon</b>        |  |   |   |
| <b>Fischbach</b>                   | Eiche mit Buche in stammweiser Einzelmischung, ca. 130 Jahre                       | Pseudogley-Braunerde aus Hauptlage über Mittellage über Basislage aus Siltsteinverwitterung<br>Humusform: F-Mull  | Forstwirtschaft, Siedlung, Industrie          |
| <b>Von der Heydt</b>               | Buche mit Eiche in stammweiser Einzelmischung, ca. 110 Jahre                       | Braunerde aus Hauptlage über Basislage über anstehender Konglomeratverwitterung<br>Humusform: Mullartiger Moder   | Siedlung, Verkehr, Forstwirtschaft, Industrie |
| <b>Bildstock</b>                   | 20-jähriges Buchen-Stangenholz in Reinbestand mit Buchen-Altholzüberhältern        | Pseudovergleyte Braunerde aus Hauptlage über Mittellage über Basislage aus Tonstein- und Konglomeratverwitterung<br>Humusform: F-Mull   | Forstwirtschaft, Siedlung, Industrie          |
| <b>Standorte auf Buntsandstein</b> |  |   |   |
| <b>Warndt</b>                      | Eiche mit Buche in stammweiser Einzelmischung, ca. 110 Jahre                       | Parabraunerde-Pseudogley aus stark lößlehmhaltiger Fließerde (Hauptlage über Mittellage über älterer Fließerde aus Lößlehm und Buntsandsteinverwitterung)<br>Humusform: mullartiger Moder | Forstwirtschaft, Industrie                    |
| <b>Jägersburg</b>                  | Buche mit Kiefer und Lärche in truppweiser Mischung, ca. 115 Jahre                 | Podsolige Pseudogley-Braunerde aus Hauptlage über Sandsteinverwitterung<br>Humusform: Feinhumusarmer Moder  | Forstwirtschaft, Siedlung                     |
| <b>Standorte auf Quarzit</b>       |  |   |   |
| <b>Eft_Hellendorf</b>              | Buche mit Eiche in stammweiser Einzelmischung, ca. 175 Jahre                       | Braunerde aus Hauptlage über Quarzitschutt<br>Humusform: Feinhumusarmer - feinhumusreicher Moder  | Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Siedlung     |
| <b>Mettlach</b>                    | Eiche (ca. 180 Jahre) mit Buche (ca. 110 Jahre) in lichtem Unterstand              | Parabraunerde-Pseudogley aus Hauptlage über älteren Deckschichten aus Lößlehm über Taunusquarzit<br>Humusform: Mullartiger Moder  | Forstwirtschaft, Siedlung                     |
| <b>Standorte auf Muschelkalk</b>   |  |   |   |
| <b>Altheim</b>                     | Eiche in Reinbestand, ca. 135 Jahre  | Pseudovergleyte Braunerde aus Hauptlage über anstehender Kalkstein-, Mergelstein- und Dolomitverwitterung<br>Humusform: Mull  | Landwirtschaft                                |
| <b>Ormesheim</b>                   | Esche mit Buche, Hainbuche und Kirsche in stammweiser Einzelmischung, ca. 50 Jahre | Braunerde über Terra Fusca aus Hauptlage über Basislage aus Residuallehm und Kalkstein-/Tonmergelsteinverwitterung<br>Humusform: Mull   | Landwirtschaft                                |



Weitergehende Beschreibungen der Level II-Flächen sind als Standorts-Steckbriefe unter folgendem QR-Code



oder unter <http://www.saarland.de/70484.htm> zu finden.

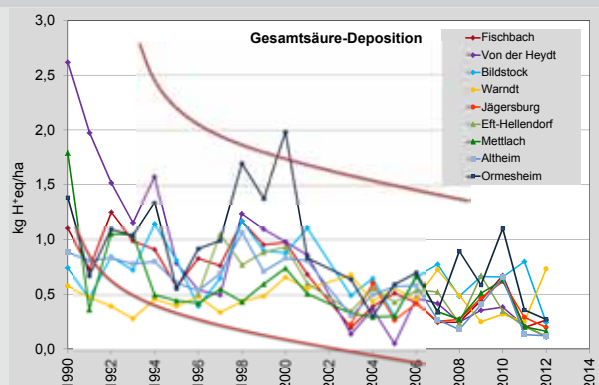
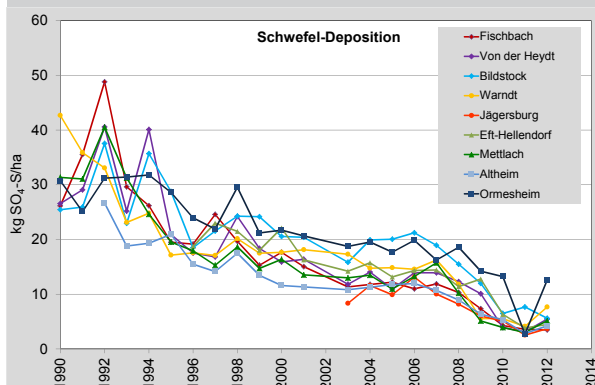
Saure Deposition kommt nicht allein durch den direkten Eintrag von Säure ( $H^+$ -Ionen) zustande, sondern resultiert zudem aus dem Eintrag säurebildender Substanzen, wie z.B.  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $NO_x$ ,  $NH_3$  oder Metallen, die in wässriger Lösung Säuren (Al, Fe, Mn) bilden.

Saure Einträge bedingt durch  $SO_2$  waren in den 80er Jahren auslösende Momente, die die Vitalität der Wälder beeinflusst haben. Sie sind durch Luftreinhaltmaßnahmen (Großanlagen-Entschwefelung, Großfeuerungsanlagenverordnung) fast völlig verschwunden. Seit Beginn der Messungen im Saarland sind z.B. die  $SO_2$ -Einträge, die als  $SO_4^{2-}$ -Deposition zu messen sind, kontinuierlich zurückgegangen (s. Box Immissionen), während die Gesamtsäure-Deposition (die aus anderen Quellen außer Schwefel, vermutlich besonders aus dem Eintrag von Stickstoffverbindungen stammt) zwar einen abnehmenden Trend zeigt, aber insgesamt auf allen Standorten erheblich höhere Varianzen aufweist.

Im Vergleich der Schwefel-Deposition mit der Gesamtsäuredeposition weicht der Standort Ormesheim am stärksten ab, was auf den hohen Stickstoffeintrag, insbesondere  $NH_3$ -Eintrag, zurückzuführen ist.

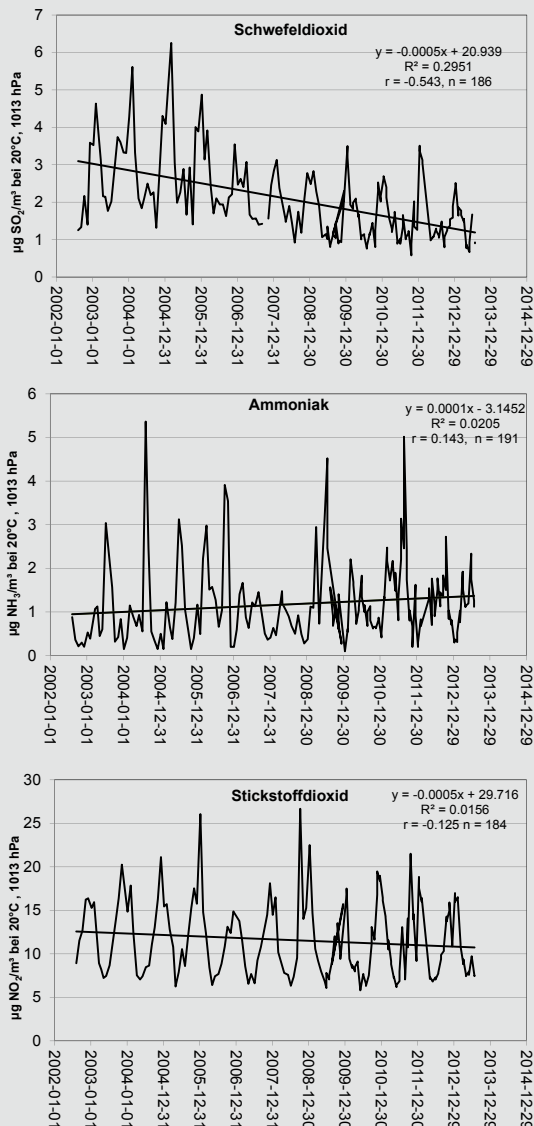
Die Zeitreihen der Stickstoff- und Schwefel-einträge zeigen im Vergleich unterschiedliche Trends. Die Belastung durch versauernd wirkende Schwefelverbindungen ist dank durchgreifender Luftreinhaltmaßnahmen kontinuierlich zurückgegangen und hat sich seit Beginn der Messungen 1990 nahezu halbiert. Die Säurebelastung durch Schwefel überschreitet heute nicht mehr die kritischen Belastungsgrenzen (Critical Loads). Dagegen weisen die Stickstoff-Depositionsraten erst seit 2006 einen vermutlich abnehmenden Trend auf, der aber aufgrund der kurzen Zeit nicht sicher erscheint. Die Schwefeldeposition wird vermutlich eher durch überregionale Ereignisse wie z.B. die Entschwefelung von Kohlekraftwerken beeinflusst, während die N-Deposition eher regional durch lokale Ereignisse geprägt wird. Die Gesamtstickstoff-Depositionsraten liegen zwischen 10 und 50 kg N/ha und Jahr. Auf allen Flächen werden die Critical Loads für Wälder in Höhe von 10 bis 15 (20) kg N/ha und Jahr überschritten! Besonders hohe Depositionsraten weisen die Flächen Ormesheim, Altheim und Eft-Hellendorf auf, die allesamt von landwirtschaftlichen Nutzflächen umgeben sind. Diese Einträge liegen weit über den Critical Loads und sind als eutrophierend einzustufen und nicht

Zeitreihe der jährlichen Sulfat-Deposition (links) und der Gesamtsäure-Deposition (rechts), bei der auch alle anderen säurebildenden Stoffe berücksichtigt werden



## Immissionen

Gasförmige Einträge - sogenannte Immissionen - werden nur auf der Intensivmonitoringfläche (Level II Core Fläche) Fischbach mit Hilfe von Passivsamplern gemessen. Passivsamplern sind Adsorptionsröhrchen, deren Oberflächen, die mit spezifischen Chemikalien getränkt sind, eine spezifische gasförmige Substanz (wie z.B.  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$ , oder  $\text{O}_3$ ) aus der Luft sammeln und akkumulieren. Durch regelmäßige Ausbringung (Exposition) lassen sich Veränderungen in der Konzentration über die Expositionszeiträume ermitteln und zeitlich verfolgen. Besonders Augenmerk wird beim Waldmonitoring auf die Gase  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , und  $\text{NH}_3$  gelegt. Die Zeitreihen der Konzentrationen für die Dauerbeobachtungsfläche Fischbach lassen sowohl jahreszeitliche Periodizitäten als auch langfristige Veränderungen (Trends) erkennen.



Langfristige Trends: Die Säureanhydride  $\text{SO}_2$  und  $\text{NO}_2$  zeigen einen negativen Trend. Das bedeutet, dass die gesetzlichen Luftreinhaltemaßnahmen durch die Großfeuerungsanlagenverordnung und die Einführung von Katalysatoren bei Verbrennungsmotoren Erfolg zeigten und Verbrennungsprodukte von Schwefel und Stickstoff nicht mehr so stark emittiert werden. Dieser Effekt ist besonders stark und signifikant beim  $\text{SO}_2$ . Andererseits zeigt Ammoniak einen ansteigenden Trend, der zwar nicht signifikant, aber feststellbar ist. Dieser Anstieg der Ammoniak-Immission ist vermutlich auf eine intensivere Tierhaltung in Maststallungen und offene Gülleausbringung zurückzuführen.

Periodizitäten: Jährliche Minima der Luftkonzentrationen treten bei  $\text{SO}_2$  und  $\text{NO}_2$ , immer in den Sommermonaten, jährliche Maxima immer in den Wintermonaten auf, wenn die Heizperiode und damit Verbrennungsprozesse einen Höhepunkt erreichen. Die Minima der  $\text{NH}_3$ -Konzentrationen treten immer im Winter und während der Vegetationsperiode der Feldfrüchte ein. Die Maxima fallen mit den Bearbeitungszeiten der landwirtschaftlich genutzten Böden zusammen, nämlich im Juli und August, wenn die Felder abgeerntet und Gülle ausgebracht wird, bevor die Bodenbearbeitung und die Neuaussaat beginnen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Abnahme der  $\text{SO}_2$  Konzentration in der Luft mit der Abnahme der Schwefeldeposition und die Abnahme der  $\text{NO}_2$ -Konzentration mit der Abnahme des Nitratanteils der Stickstoffdeposition einhergehen. Dies ist aber auch für die Zunahme der Ammoniak-Konzentration in der Luft und den Ammoniumanteil in der N-Deposition zu vermerken. D.h. die Gaskonzentrationen in der Luft sind mit dem Depositionsgeschehen stark verknüpft.

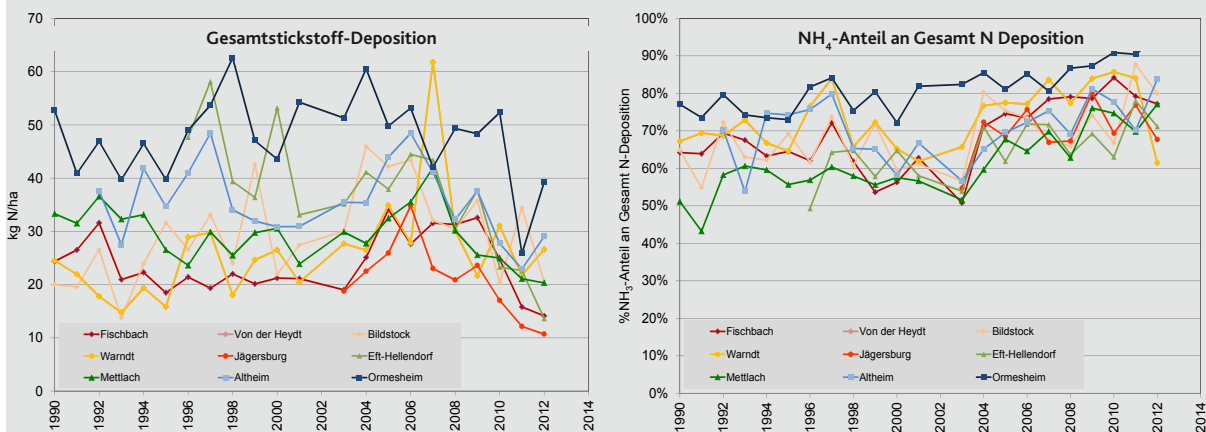
nützlich für den Erhalt der Phytodiversität, weil sie die Ausbreitung von Stickstoffzeigern fördern und dies zur Uniformität der Artenzusammensetzung der Pflanzenbestände führt.

Besonders bemerkenswert ist, dass die Ammoniumanteile in der gesamten Zeitreihe mehr als 50% der Stickstoffeinträge ausmachen und einen ansteigenden Trend aufweisen. Diese Einträge sind vor allem auf eine Intensivierung der Landwirtschaft und Tierhaltung im letzten Jahrzehnt zurückzuführen und werden durch Ausbringung von Gülle verursacht. Auch die Gärrückstände aus Biogasanlagen tragen aufgrund ihres hohen Ammoniakausgasungspotenzials zum Anstieg der Stickstoffeinträge bei. Messungen der atmosphärischen Ammoniak-Konzentrationen auf der Fläche Fischbach zeigen einen eindeutig steigenden Trend, während die  $\text{NO}_2$ - und  $\text{SO}_2$ -Konzentrationen abnehmen (s. Box Immissionen). Die Konzentrationsmessung der versauernd wirkenden Gase bestätigt die Trends, die mit den Depositionsraten aufzuzeigen sind. Die konsequente Einführung von PKW-Katalysatoren führt zwar zu einer Abnahme der  $\text{NO}_2$ -Belastung durch Verbrennungsmotoren im Straßenverkehr, die steigende Verkehrsdichte kompensiert aber diesen Effekt, so dass nicht der

wie bei der Entschwefelung von Großfeuerungsanlagen erzielte Effekt eingetreten ist. An dem nach wie vor hohen Sockel an atmosphärischen Stickoxiden trägt auch der höhere Anteil von Dieselfahrzeugen in den letzten Jahren bei, da diese im Vergleich zu Benzinmotoren bei den Abgasnormen EURO 3 bis EURO 5 deutlich höhere Emissionsgrenzwerte für  $\text{NO}_x$  haben.

Normalerweise liegt der gesamte Stickstoffbedarf eines Waldbestandes für seine Blatt- und Fruchtproduktion sowie Wachstum (Holz, Borke, Wurzeln) bei 100-150 kg N/ha und Jahr. Zusätzlich kommt in saarländischen Wäldern die N-Deposition von 15 bis 50(60) kg N/ha und Jahr hinzu. Dies führt zu einer wesentlich verbesserten Stickstoffernährung. Während man früher die pflanzliche Produktion in terrestrischen Ökosystemen für stickstofflimitiert hielt, ist das heute nicht mehr der Fall. Eine Zuwachshemmung durch N-Mangel ist nicht mehr existent. Im Gegenteil finden wir auf allen Flächen eine Stickstoff-Luxus-Ernährung, die sich durch erhöhte Stickstoffgehalte in den Blättern auszeichnet. Zudem ist das Auftreten von Stickstoffzeigern in der Krautschicht von Wäldern keine Seltenheit, wenn das durchfallende Licht ausreicht. Wird dieser Stickstoff-Eintrag nicht gebremst, werden Veränderungen der Biodiversi-

**Zeitreihe der Gesamtstickstoff-Deposition in kg N/ha und Jahr (links) und Zeitreihe des Anteils der Ammoniumdeposition (in %) an der Gesamtstickstoff-Deposition (rechts). Bei der Gesamtstickstoffdeposition handelt es sich um die Summe von  $\text{NO}_3$ -N und  $\text{NH}_4$ -N-Deposition**



## Versauerungsprozesse im Ökosystem

Wenn Ökosysteme versauern, verlieren sie die Fähigkeit Säuren zu neutralisieren. Das führt zu einem Absinken des pH-Wertes verbunden mit Nährstoffauswaschung, vermehrter Verwitterung von Mineralen und damit verbunden mit erhöhter Mobilisierung von Aluminium und Schwermetallen. Diese Vorgänge können auf verschiedene Organismengruppen in terrestrischen und aquatischen Lebensräumen toxisch wirken. Die verstärkte Auswaschung von pflanzlichen Nährstoffen kann Nährstoffmangel verursachen und Grund- oder Oberflächenwässer können durch Versauerung in ihrer Funktion als Trinkwasserressource und Lebensraum eingeschränkt werden. Versauerungs- (Protonenproduktion) und Entsauerungsprozesse (Protonenkonsumption) in Ökosystemen sind auf verschiedene Vorgänge zurückzuführen und wie folgt zu gruppieren:

### Versauerung des Ökosystems (H-Ionen Produktion):

1. Bilanz aus Netto-Aufnahme von Kationen und der Netto-Mineralisation von Anionen (Ökosystem intern)
2. Nettoprotonen-Umsätze durch Transformation eingetragenen Stickstoffs (Netto-Ammonium-Eintrag + Netto-Nitrat-Austrag) (Ökosystem extern)
3. Atmosphärische Einträge von  $H^+$ ,  $SO_2$  und  $NO_x$  (Gesamtsäure-Deposition) (Ökosystem extern)
4. Dissoziation von  $CO_2$  oder organischen Säuren (Ökosystem intern)
5. Export von Biomasse aus dem Ökosystem (Ökosystem extern)
6. Bilanz aus Anionen-Verwitterung und Kationen-Mineral-Neubildung (Ökosystem intern)

### Entsauerung des Ökosystems (Protonen Konsumption):

1. Bilanz aus Netto-Aufnahme von Anionen und Netto-Mineralisation von Kationen (Ökosystem intern)
2. Protonen-Umsätze durch N-Transformation (Netto-Nitrat-Eintrag + Netto-Ammonium-Austrag) (Ökosystem extern)
3. Protonen-Austrag mit dem Sickerwasser (Ökosystem extern)
4. Düngung (Zufuhr von organischem Material oder Mineraldünger) (Ökosystem intern)
5. Bilanz aus Kationen-Verwitterung und Anionen-Mineral-Neubildung (Ökosystem intern)

Die meisten mineralischen Pflanzennährstoffe (K, Ca, Mg, S, P und Spurenelemente wie Zn, Cu, Fe, Mn, Mo) stammen natürlicherweise aus der Verwitterung des Gesteins. Die durch Verwitterung freigesetzten Massen hängen von der Zusammensetzung der Elemente im Gestein ab. So setzt z.B. Dolomitgestein  $CaMg(CO_3)_2$  bei Verwitterung mehr  $Ca^{++}$  und  $Mg^{++}$  Ionen frei als Silikate (z.B. Kaolinit:  $Al_4[(OH)_8]Si_4O_{10}$ ] oder Vermiculit:  $Mg_{0,7}(Mg,Fe,Al)_6(SiAl)_8O_{20}(OH)_4 \cdot 8H_2O$ ).

Außer den Elementen S, P und N werden alle Nährstoffe als Kationen aufgenommen. Schwefel als  $SO_4^{2-}$ , Phosphor als  $PO_4^{3-}$  und Stickstoff als Kation Ammonium ( $NH_4^+$ ) oder Anion Nitrat ( $NO_3^-$ ). Diese drei Elemente stammen vor allem aus dem biologischen Nährstoffkreislauf, bei dem organisches Material durch Mikroorganismen unter Energiegewinn veratmet wird und mineralische Stoffe freigesetzt werden, die durch Pflanzen wieder aufgenommen werden können. Schwefel und Phosphor können auch aus Mineralverwitterung stammen, diese Menge ist aber gering, weil P- und S-haltige Mineralien selten vorkommen.

Pflanzen haben einen höheren Bedarf an Kationen als an Anionen, da Anionen als Säurereste organischer Verbindungen von der Pflanze selbst synthetisiert werden können. Pflanzen nehmen deshalb in der Bilanz mehr Kationen auf, um die negativen Ladungen abzusättigen. Das zeigt sich an der Alkalität der Pflanzenasche.

Damit dieser Kationenüberschuss in pflanzlicher Masse nicht als elektrische Ladung wirksam wird, scheidet die Pflanze im Wurzelbereich Protonen ( $H^+$ ) aus, was zur Konsequenz hat, dass Pflanzenwachstum immer eine Versauerung des Bodens nach sich zieht, je intensiver die Kationenaufnahme, umso stärker die Versauerung, die mit zunehmender Bodentiefe abnimmt. Ein weiterer Verbzw. Entsauerungsfaktor ist die Mineralisation von Kationen bzw. Anionen, d.h. die Freisetzung der assimilierten Ionen aus dem organischen Material, die durch Mikroorganismen (Bakterien und Pilze) vorgenommen wird. Werden Kationen freigesetzt, bedeutet dies eine Entsauerung, werden Anionen (Sulfat, Phosphat, Nitrat) aus organischem Material freigesetzt, eine Versauerung. Die Höhe der Versauerung aus biologischer Aktivität ergibt sich aus der Bilanz der ionaren Aufnahme durch Pflanzen und Mineralisation durch Mikroorganismen. Sind beide Raten gleich groß, findet keine Versauerung statt. Der niedrige pH-Wert im Oberboden resultiert (ohne menschlichen Einfluss) aus dem Betrag, der in der Phytomasse als Kationenüberschuss festgelegt ist.

Diesem Prozess der Akkumulation von Basen in der Biomasse wirkt die Verwitterung von Gesteinen entgegen, die aber in ihrem zeitlichen Ablauf langsamer ist, als die biologischen Prozesse.

Die versauernden Prozesse werden durch Pufferreaktionen im Boden aufgefangen, deren Konsequenzen in der folgenden Tabelle gelistet sind. Aufgrund der Pufferraten dominieren zwei Pufferbereiche, nämlich der Karbonatpufferbereich in Ökosystemen mit Kalkgestein und der Al-Pufferbereich in Ökosystemen mit silikatischen Ausgangsgestein.

| Ökologische Pufferbereiche in belüfteten Mineralböden (verändert nach Ulrich 1981) |   |  |   |                                       |  |
|--|---|--|---|---------------------------------------|--|
| pH Wert  | 8.6 - 6.2   | 6.2 - 5.0  | 5.0 - 4.2   | 4.2 - 3.8                             | <3.8   |
| Pufferbereich  | Karbonat  | Kohlensäure-Silikat  | Austauscher   | Al                                    | Fe   |
| Protonenquellen  | Atmung, Wurzel und Zersetzer                              |  | Nitrifikation   | $NH_4$ -Aufnahme                      | $SO_2$ Emission, Dissoziation organischer Säuren |
| Pufferreaktion   | Kalkauflösung   | Silikatverwitterung  | Kationenaustausch   | Tonmineralverwitterung, Aloxid-Lösung | Fe-Oxidlösung                                    |
| Pufferkapazität  | groß  | mittel   | klein   | groß                                  | mittel   |
| Pufferrate   | hoch  | gering-mittel  | gering  | hoch                                  | hoch   |
| Zusammensetzung der Bodenlösung  | hohe Konzentrationen an $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ , $HCO_3^-$ | niedrige $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ , $HCO_3^-$ Konzentrationen | Abnehmende Konzentration an $NO_3^-$ , $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ , $K^+$ zunehmende Konzentrationen an $SO_4^{2-}$ , $Al(OH)_n^{3-n}$ , $Al^{3+}$ |                                       |  |

tät durch Eutrophierung nicht aufzuhalten sein. Eine Ausbreitung von Brennesseln, Brombeeren, Fingerhut, Weidenröschen, kleinblütigem Springkraut und anderen Stickstoffzeigern wird sich dann fortsetzen und Arten, die N-Mangel anzeigen (und das können auch Rote-Liste-Arten sein), werden weiter verdrängt werden.

Die atmosphärischen Einträge und das Pflanzenwachstum haben Einfluss auf das chemische Geschehen im Boden und bewirken dort vielfältige Prozesse. Für die zukünftige Pflanzenernährung und die Pufferung des Bodens ist interessant, welche Elemente sich im Ökosystem anreichern oder es verlassen. Deshalb sind Ökosystembilanzen der einzelnen Elemente notwendig, um Maßnahmen zum Erhalt der Nährstoffmengen und damit zur Nachhaltigkeit zu beurteilen. Denn es besteht die Gefahr der Anreicherung von Stickstoff und der Verarmung an Magnesium und Kalzium. Mit den vorgestellten Messungen auf den Level II-Flächen sind jedoch nur Einträge quantifizierbar. Für die Bodenlösung einzelner Bodentiefen und am Ende des Wurzelraums in 1 m Tiefe sind lediglich Konzentrationen bekannt. Es muss deshalb eine Methode zur Abschätzung des Sickerwasservolumens angewendet werden, um die Elementausträge in 1 m Tiefe mit den Einträgen vergleichen zu können.

Dazu wurden Ergebnisse eines Bodenwasserhaushaltsmodells verwendet, das bei den Untersuchungen zur letzten Bodenzustandserhebung eingesetzt wurde, weil das die bisher solidesten Abschätzungen der tatsächlichen Sickerwassermengen zulässt. Bei den Angaben der Sickerwassermenge aus dem Bodenwasserhaushaltsmodell handelt es sich um Mittelwerte der Jahre 1961-2006, während sich die Werte der Konzentrationen in der Bodenlösung auf den Zeitraum von 2003 bis 2013 beziehen.

Werden die Ein- und Austragsraten der Elemente verglichen, so ist festzustellen, dass die höchsten Umsatzraten durch die Elemente K, N und Ca verursacht werden. Elemente wie Fe, Mn und P spielen eine untergeordnete Rolle. Weiterhin muss beachtet werden, welche Elemente im System angereichert und welche abgereichert werden. Hier fällt auf, dass besonders Kalium und Stickstoff keinen Austrag aufweisen, was bedeutet, dass sie

Eine detailliertere Darstellung des Einflusses atmosphärischer Einträge und des Pflanzenwachstums auf das chemische Geschehen im Boden finden Sie unter <http://www.saarland.de/70484.htm>

im System, vor allem in der Biomasse, in der hohe Konzentrationen solcher Elemente aufzufinden sind, zurückgehalten werden. Natrium und Chlorid weisen Ein- und Austräge gleicher Größenordnung auf, so dass diese Elemente im Ökosystem nicht zurückgehalten werden und das System ungestört durchlaufen. Hohe Austräge sind bei den Elementen Ca, Mg, Al und  $\text{SO}_4\text{-S}$  zu verzeichnen. Auch reine Säure, gemessen als  $\text{H}^+$ , verlässt das System in höherem Umfang als sie deponiert wird.

Insgesamt ergaben sich große standörtliche Unterschiede. Dabei ist vor allem zu erkennen, dass auf den Standorten von der Heydt, Altheim und Ormesheim Ca-Verluste zu verzeichnen sind, während mit Ausnahme des Standorts Warndt, auf dem sich Ein- und Austrag in den letzten 10 Jahren die Waage hielten, die jährliche Ca-Depositionen höher sind als die Austräge. Für die Muschelkalk-Standorte Altheim und Ormesheim ist das ohne Bedeutung, weil hier durch das Ausgangsgestein erhebliche Ca- und Mg-Karbonatvorräte vorhanden sind, die auch in den nächsten Jahrhunderten ausreichend sind, den Ca- und Mg-Bedarf für Pufferung und Pflanzenernährung sicherzustellen. Die Beurteilung der Austräge auf silikatisch gepufferten Standorten ist aber insbesondere für Mg kritisch. Außer in Altheim und Ormesheim (Muschelkalk) überragen in Fischbach und Warndt die Mg-Austräge die Gewinne durch Deposition. Auch auf den stark sauren Standorten Jägersburg, Von der Heydt und Eft-Hellendorf sind die Mg-Umsätze sehr gering, so dass eine anderweitig herbeigeführte Versauerung (z.B. eine durch Bewirtschaftungseinflüsse herbeigeführte vermehrte Mineralisation organischen Materials) ein erheblicher Mg-Mangel induziert werden könnte.

Auf den Standorten Fischbach, Von der Heydt, Bildstock, Jägersburg und Eft-Hellendorf verlässt Al das Ökosystem in 1 m Tiefe. Das deutet darauf

hin, dass auf diesen Standorten Tonmineralverwitterung stattfinden muss, was zu einer Verringerung der Austauschkapazität und damit zum Verlust an Adsorptionsfähigkeit von Kationen beiträgt. Dabei handelt es sich um eine eindeutige Verschlechterung der Bodeneigenschaften, die laut Bodenschutzgesetz auf jeden Fall zu vermeiden ist. Es wäre auf diesen Standorten wünschenswert zu überprüfen, in welchem quantitativen Umfang sich der Tonmineralbestand verschlechtert, um den Vorgang besser bewerten zu können. Tatsache ist, dass in diesen Ökosystemen Bodensickerwasser das System verlässt, mit dem  $\text{Ca}_2\text{Al}_2(\text{SO}_4)_5$  ausgetragen wird. Dies trifft insbesondere auf Standorte auf Karbon (Fischbach, Von der Heydt, Bildstock) sowie die besser mit Tonmineralen versorgten Standorte Mettlach und Warndt zu. Im Boden der Standorte Jägersburg und Eft-Hellendorf sind die Mg- und Ca-Vorräte schon so weit ausgewaschen, dass nur noch  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  mit dem Sickerwasser ausgetragen wird.

Wegen der altersabhängigen aktuell bedingten Degradation des Baumbestandes auf dem Standort Bildstock sind dort geringe Kalium und Stickstoff-Austräge zu beobachten, da der nachwachsende Baumbestand die mineralisierten Mengen

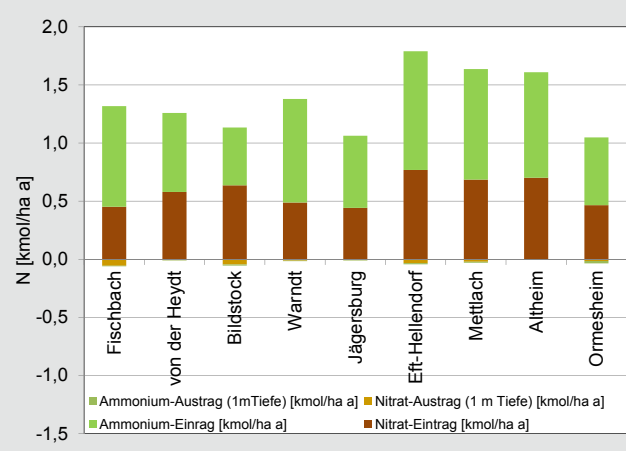
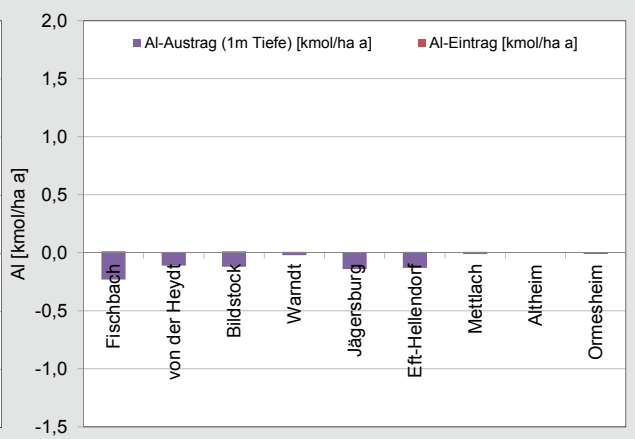
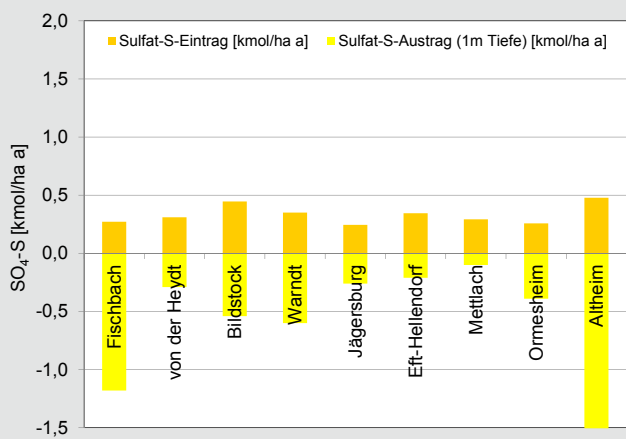
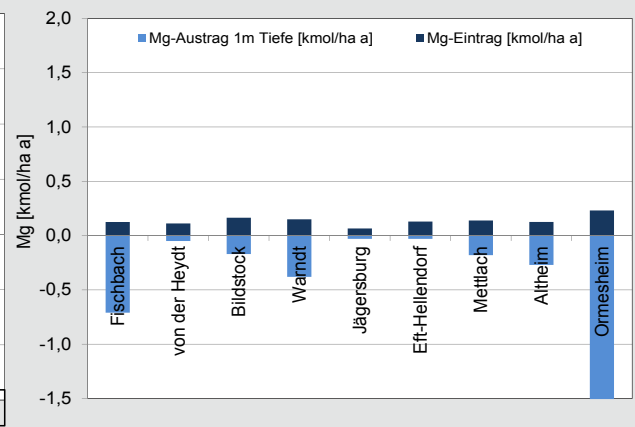
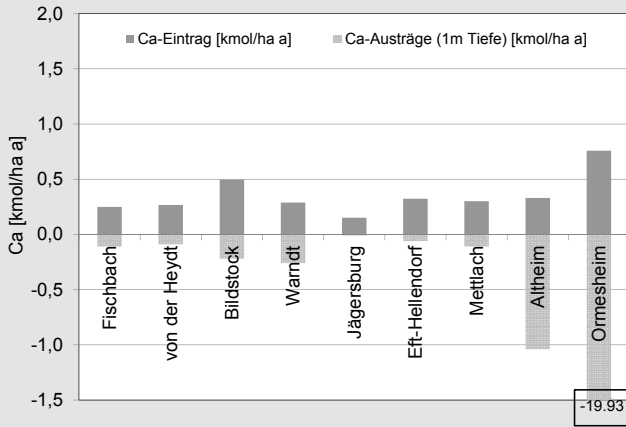
nicht vollständig nutzen kann. Diese Mengen sind aber sehr gering und werden mit zunehmender Entwicklung des Bestandes wieder verschwinden. Interessant ist die Frage, in wie weit die Versauerung in den untersuchten Ökosystemen von den herrschenden Immissionen abhängt. Deshalb wurde eine Bilanz der externen Versauerungsvorgänge (s. Box-Versauerung) erstellt. Dabei zählt als Input bzw. externe  $\text{H}^+$ -Produktion die Summe aus Gesamtsäure-Deposition und N-Transfer aus Ammonium-Eintrag gemindert um den Nitrat-Austrag. Die  $\text{H}^+$ -mindernden Prozesse, die sogenannte  $\text{H}^+$ -Konsumtion, ergibt sich aus dem Protonenaustrag und der Summe aus Nitrat-Eintrag und Ammonium-Austrag.

Diese Bilanz belegt, dass immer noch netto Säure in die Systeme eingetragen wird. Erstaunlich ist, dass der Säureeintrag zu mehr als 50 % auf Stickstoff und dessen Umwandlung beruht. Das belegt den hohen Einfluss der überhöhten Stickstoffeinträge insbesondere des Ammoniums. Dass die relativen Anteile an der H-Ionenkonsumtion durch Stickstoffumwandlungen so hoch ist, liegt an den hohen Nitratreinträgen, die aber Ökosystem-intern abgepuffert werden und sich so netto ein geringerer Protonenaustrag als Protoneneintrag ergibt.

**Bilanz der externen Versauerungs- und Entsauerungsprozesse der Level II-Flächen. Zugrunde liegen die Ein- und Austragsraten, die von 2003 bis 2013 gemittelt wurden.**

|               | Gesamtsäure Eintrag [keq/ha a] | $\text{NH}_3$ -Eintrag + $\text{NO}_3$ -Austrag [keq/ha a] | $\text{H}^+$ -Produktion [keq/ha a] | $\text{H}^+$ -Austrag im Sickerwasser [keq/ha a] | $\text{NO}_3$ -Eintrag + $\text{NH}_3$ -Austrag [keq/ha a] | $\text{H}^+$ -Konsumtion [keq/ha a] | Bilanz aus $\text{H}^+$ -Produktion Konsumtion [keq/ha a] |
|---------------|--------------------------------|--|-------------------------------------|--|--|-------------------------------------|---|
| Warndt        | 0,53                           | 0,90   | 1,43                                | -0,02  | -0,49  | -0,51                               | 0,92  |
| Fischbach     | 0,36                           | 0,92   | 1,28                                | -0,10  | -0,46  | -0,56                               | 0,72  |
| Ormesheim     | 0,58                           | 0,60   | 1,18                                | 0,00   | -0,49  | -0,49                               | 0,69  |
| Mettlach      | 0,37                           | 0,97   | 1,34                                | -0,02  | -0,70  | -0,72                               | 0,62  |
| Altheim       | 0,37                           | 0,91   | 1,28                                | 0,00   | -0,70  | -0,70                               | 0,58  |
| Eft-Hellendo  | 0,40                           | 1,05   | 1,45                                | -0,15  | -0,78  | -0,93                               | 0,52  |
| Jägersburg    | 0,36                           | 0,63   | 0,99                                | -0,10  | -0,45  | -0,55                               | 0,44  |
| Bildstock     | 0,57                           | 0,54   | 1,11                                | -0,13  | -0,65  | -0,78                               | 0,33  |
| von der Heydt | 0,28                           | 0,69   | 0,97                                | -0,10  | -0,58  | -0,68                               | 0,29  |

Vergleich der Ein- und Austräge auf den Level II Flächen des Saarlandes. Kalium und Stickstoff werden mit Ausnahme des Standortes Bildstock nicht ausgetragen, sondern vom System zurückgehalten. Während die Elemente Ca, Mg, Al und Sulfat als Anion ausgetragen werden. Einige Ca und Mg-Austräge auf stark sauren Standorten mit hohen Austrägen sind so gering, dass sie von der Depositionsrate übertroffen werden und sich positive Bilanzen ergeben.





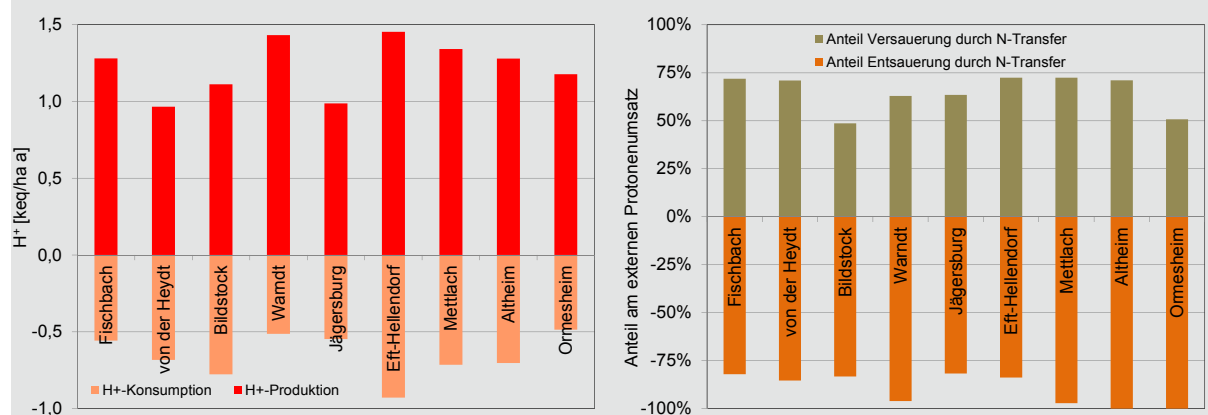
Die Folge davon ist der Verbrauch von ökosystem-interner Pufferkapazität. Solche ökosystem-internen Pufferreaktionen werden durch Kationenverwitterung oder Protonen-Konsumption aus der Bilanz von Netto-Assimilation der Anionen und Netto-Mineralisation der Kationen abgefangen.

Da über die Mineralisations- und Assimilationsprozesse wenig quantifizierbare Information zur Verfügung steht, bleibt lediglich ein Vergleich mit potentiellen Verwitterungsraten, um die Überschreitung der Pufferkapazität abzuschätzen.

Hierzu gibt es Ansätze, mit dem Modell PROFILE potentielle Verwitterungsraten in Abhängigkeit der Mineralzusammensetzung des Bodens sowie meteorologischen und bodenchemischen Daten zu errechnen.

Erwartungsgemäß weisen die Standorte auf Muschelkalk in der Summe die höchsten Verwitterungsraten durch Kalzium- und Magnesium-Karbonatauflösung und Pufferkapazitäten von über 45 keq/ha a auf. Allerdings wird auch hier eine Tonmineralverwitterung und damit Al-Freisetzung

**Protonen-Produktion verursacht durch Immissionen und deren Umwandlungen sowie äquivalente Protonen-Austräge in 1 m Tiefe der Level II-Flächen (links; vergleiche auch Tabelle der Ver- und Entsauerungsprozesse). In der Abbildung rechts sind die Anteile der Protonen Produktion und Konsumtion dargestellt, die auf der Umwandlung (Transfer) von Stickstoff-Immissionen beruhen, nämlich bei der H<sup>+</sup>-Produktion der Ammonium-Eintrag plus dem versauernd wirkenden Nitrat-Austrag) und bei den H<sup>+</sup>-verbrauchenden Prozessen der Nitrat Eintrag und der Ammonium-Austrag**

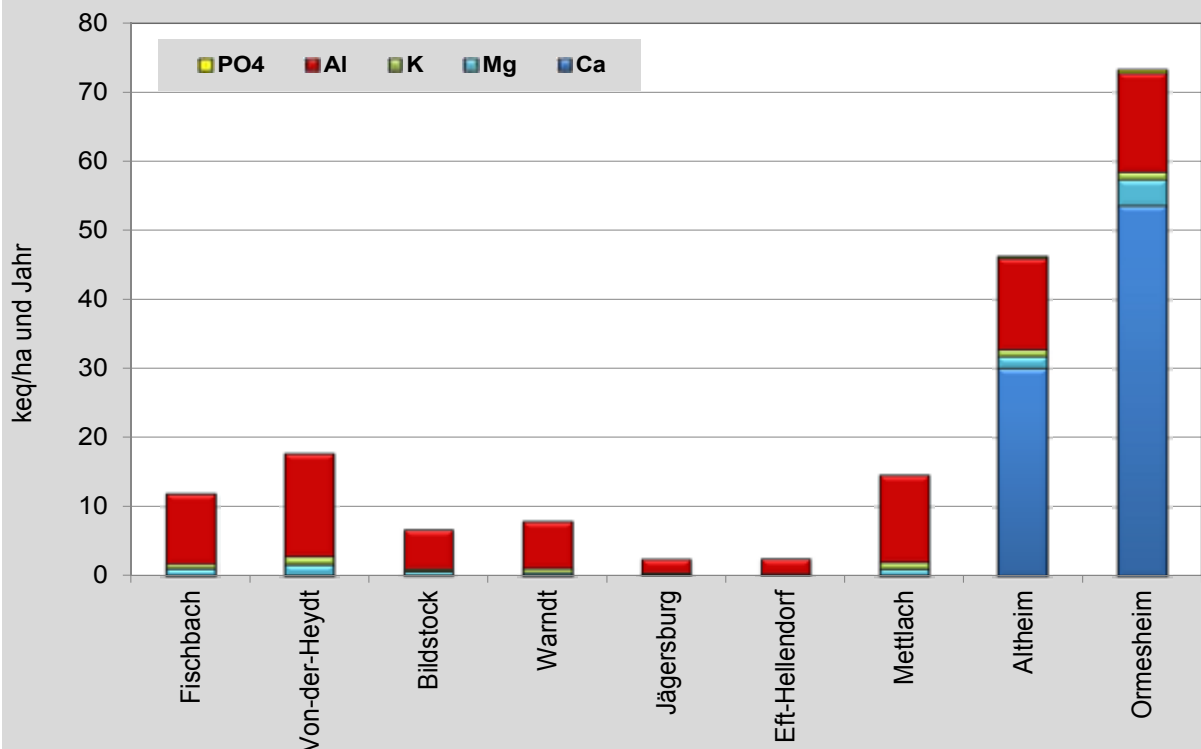


vergleichbar wie in Mettlach, von der Heydt oder Fischbach festgestellt. Alle anderen Standorte mit Ausnahme von Jägersburg und Eft-Hellendorf zeigen Summenwerte der Verwitterung zwischen 6 und 15 keq/ha a, die vor allem durch die Freisetzung von Al bestimmt werden. Lediglich die Standorte Jägersburg und Eft-Hellendorf haben jährliche Pufferkapazitäten von ca. 2 keq/ha a. Dies reicht zwar aus, um die aktuell herrschende Immissionsbelastung von ca. 1.5 keq/ha a abzupuffern, jedoch nicht, um eine Pufferkapazität vorzuhalten, um zusätzlichen Säurestress durch Holzentnahme oder Humusabbau auszuhalten. Diese Standorte sind

gegenüber sauren Immissionen oder Basenentzug z.B. in Form von Biomasse-Export (z.B. Holzernte) oder Abbau organischen Materials bei Bodenverletzung (z.B. Harvester) besonders empfindlich.

Der engräumige Wechsel von geologischen Substraten und mit ihnen vergesellschafteten Böden im Saarland erschwert eine Regionalisierung der Standortverhältnisse im Hinblick auf Pufferkapazitäten und Säuretoleranz (Elastizität). Aus den Untersuchungen zur Bodenschutzkalkung kann eine grobe Klassifikation abgeleitet werden:

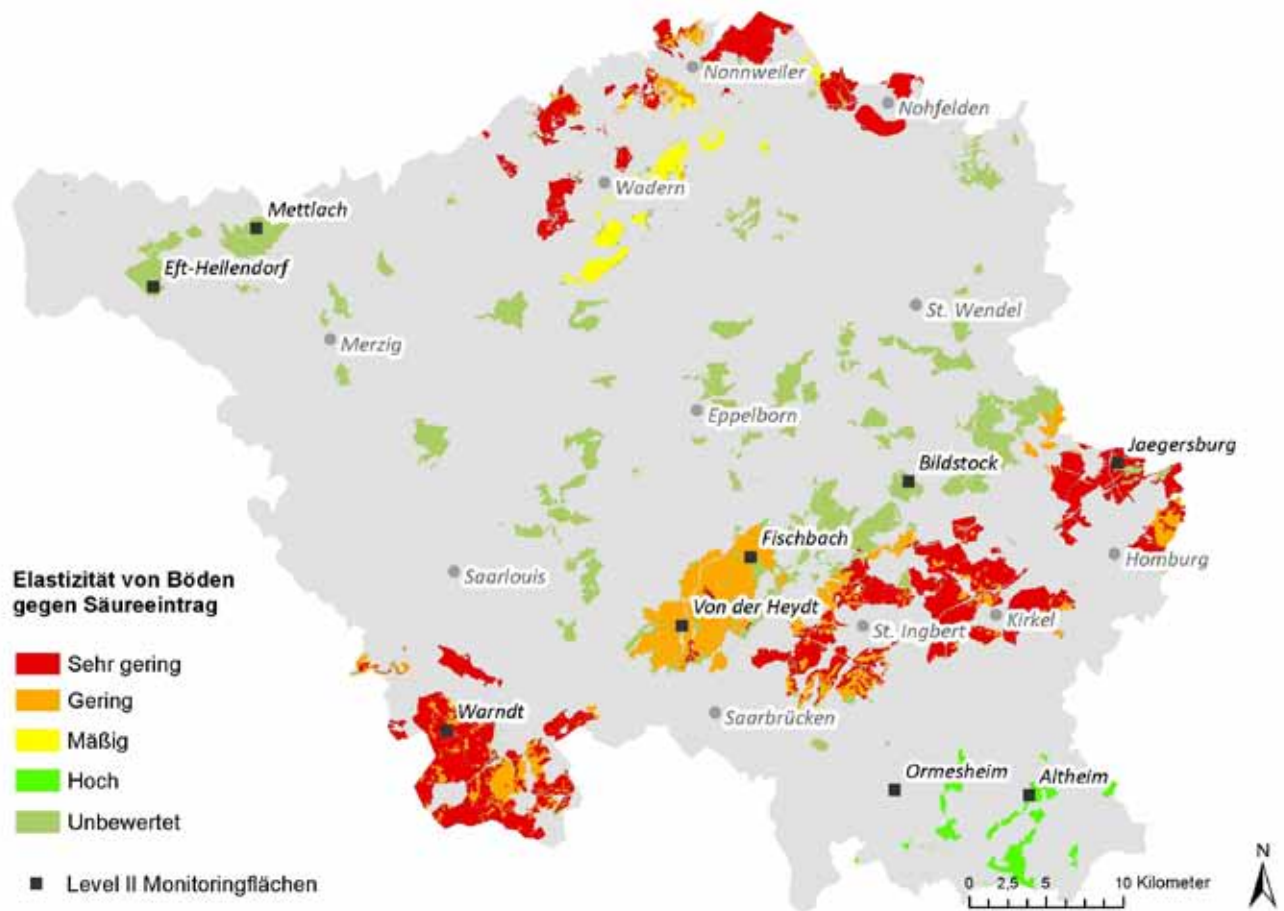
Potentielle Verwitterungsraten und deren Pufferkapazität auf den Level II-Standorten des Saarlandes in Abhängigkeit vom Mineralbestand des Bodens, meteorologischen und bodenchemischen Daten (RUF 2013)



Elastizität von im Saarland verbreitet vorkommenden Böden gegenüber Säureeinträgen

| Böden, Ausgangsgestein und Lokalisierung  | Elastizität von Böden gegen Säureeintrag | Böden, Ausgangsgestein und Lokalisierung   | Elastizität von Böden gegen Säureeintrag |
|---|--|--|--|
| Sandig ausgeprägte Böden im Buntsandstein (Warndt, Homburg, St. Ingbert, Kirkel)  | sehr gering                              | Böden aus Karbon (Fischbach, Von der Heydt)  | gering                                   |
| Sandig ausgeprägte Böden im Oberrotliegenden (Nordsaarland)   | sehr gering                              | Feinkörnig ausgeprägte Böden im Buntsandstein (Warndt, Homburg, St. Ingbert, Kirkel) | gering                                   |
| Feinkörnig ausgeprägte Böden aus Deckschichten (in variabler Mächtigkeit über das gesamte Saarland verteilt vorkommend) | sehr gering                              | Feinkörnig ausgeprägte Böden im Oberrotliegenden (Nordsaarland)                      | gering                                   |
| Feinkörnig ausgeprägte Böden im Unterrotliegenden (Nordsaarland)  | sehr gering                              | Böden aus intermediären bis basischen Magmatiten (Wadern)                            | mäßig                                    |
| Böden aus devonischen Quarziten und Schiefen (Nonnweiler)   | sehr gering                              | Feinkörnig ausgeprägte Böden im Muschelkalk (Altheim, Ormesheim)                     | hoch                                     |
| Böden aus Rhyolith (Nohfelden)  | gering                                   |  |  |

Regionalisierung der Elastizität von Böden in Staatswäldern des Saarlandes gegenüber Säureeinträgen auf Basis bodenchemischer Analysen zur Bewertung der Kalkungsbedürftigkeit



**Zusammenfassend sind folgende Schlüsse zu ziehen:**

Die Eutrophierung durch Stickstoff ist sehr hoch und wird bei weiterem Anhalten zu Veränderungen in der Artenzusammensetzung führen. Vor allem die Ausbringung von Gülle darf nicht offen in direktem Kontakt zur Atmosphäre erfolgen, sondern muss in den Boden eingebracht werden, um die hohen Ammoniumeinträge, die bei hergebrachter Ausbringung durch Verflüchtigung entstehen, zu vermindern. Zur Reduzierung von gasförmigen Ammoniakverlusten hat das damalige Ministerium für Wirtschaft und Wissenschaft des Saarlandes bereits im Jahre 2011 Vollzugshinweise zur „unverzöglichen Einarbeitung“ von Gülle, Jauche, flüssigen Gärresten, sonstigen organischen sowie organisch-mineralischen Düngemitteln und Geflügelkot in Ackerböden erlassen. Danach sind hierzu Verfahren der direkten Einarbeitung mittels Injek-

tionstechnik vorgegeben oder bei einer getrennten Aufbringung muss die Einarbeitung schnellstmöglich, spätestens jedoch nach vier Stunden erfolgen. Der überhöhte Stickstoff-Eintrag führt zur höheren Produktion und Verschiebung der Flora in Richtung N-ausnutzenden Pflanzenarten, die sich als bessere Wettbewerber erweisen und die schlechtwüchsigen, an N-Mangel angepassten Pflanzenarten verdrängen werden. Diese Veränderung der Biozönose läuft zurzeit beobachtbar in den oligotrophen Lebensgemeinschaften, wie Heiden, Birken-Eichenwäldern (*Betulo-Quercetum*) und Magerrasen ab. Mesotrophe Buchen- und Buchen-Eichen-Mischwälder (*Luzulo-Fagetum* und *Galio-Fagetum*), zu denen die Level II-Flächen zählen, werden - wenn die Eutrophierung anhält - erst zu späteren Zeitpunkten betroffen sein.

Die Versauerung durch  $\text{SO}_2$  hat signifikant abgenommen und liegt unterhalb des Critical Level. Die Jahrzehnte lang andauernden Einträge aus den letzten Jahrzehnten haben aber zu einer starken Versauerung des Bodens und Überlastung der Puffersysteme im Oberboden geführt, so dass einzelne schlecht gepufferte Böden weiterhin an Pufferkapazität verlieren werden. Denn der Boden reagiert wesentlich träger und stärker zeitverzögert auf Säurebelastung als die Organismen und es werden deshalb weiterhin wichtige Mineralstoffe, die für die Pflanzenernährung notwendig wären, durch Auswaschung verloren gehen. Die hohen  $\text{SO}_2$ -Einträge wirken durch Tiefenverlagerung und Auswaschung von Sulfat ( $\text{SO}_4^-$ ), gekoppelt mit verfügbaren Kationen weiter, so dass je nach Mineralienbestand des Bodens Mg, Ca und Al ausgetragen wird. Deshalb wird der Austrag von  $(\text{CaAl})_2(\text{SO}_4)_5$  und  $\text{Al}_3(\text{SO}_4)_3$  in den nächsten Jahrzehnten trotz geringerer Einträge noch weiterhin anhalten, was zu entsprechenden Konsequenzen (schlechte Mg- und Ca-Ernährung des Pflanzenbestandes und Al-Austrag in tiefere Bodenschichten, evtl. bis in das Grundwasser) führen wird. Besonders auf Standorten mit geringen Ca- und Mg-Vorräten im Mineralboden sind die im System befindlichen Ca- und Mg-Vorräte in der Phytomasse und dem Humus (organisches Material) akkumuliert. Deshalb müssen Bewirtschaftungsmethoden und Waldmanagementmethoden gefördert werden, die standortsangepasst sind auf sensiblen Standorten besonders schonend mit Vorräten umgehen und die Nährstoffvorräte nachhaltig bewirtschaften. Dazu gehört die genaue Kenntnis, wie viel der Elementmengen durch Verwitterung nachgeliefert und wie viele Nährstoffe mit dem Sickerwasser ausgetragen werden sowie welche Mengen an Stoffen durch Holzernte oder Bewirtschaftungsmaßnahmen dem Ökosystem entzogen werden. Zukünftige Forschungsvorhaben müssen sich auf diese im Augenblick nur grob abschätzbaren Größen konzentrieren, damit diese Vorgänge quantitativ exakter bestimmbar und planbar werden. Gleiches gilt für Mineralisations- und Assimilationsprozesse von Pflanzennährstoffen, die auch in großem Maße an der internen Pufferung der

Ökosysteme beteiligt sind. Besonders wichtig ist deshalb die Validierung und flächige Anwendung von Wasserhaushaltsmodellen zur Abschätzung der Sickerwasservolumina und die Untersuchung und Quantifizierung des Mineralbestandes, um die Freisetzung durch Verwitterung und die potentiellen Vorräte zur Pufferung von Säureproduktion durch interne und externe ökosystemare Prozesse besser einschätzen zu können.

Eine nachhaltige Forstwirtschaft wird sich im Sinne von Carlowitz's nicht darauf zurückziehen können, dass in einem bestimmten Zeitraum nur so viel Holz entnommen wird, wie in der gleichen Zeit nachwächst, sondern Nachhaltigkeit im modernen Sinne bedeutet auch, die Pufferkapazität der Böden und andere Versorgungs- (z.B. Trinkwasser) und Dienstleistungsfunktionen (Klimaregulation und Kohlenstoffsенke) der Wälder sowie deren Selbstregulationsfähigkeit zu erhalten und zu deren Weiterentwicklung und Stabilität beizutragen. Das bedeutet, dass wir Waldmanagementstrategien anwenden müssen, die Böden und Lebensgemeinschaften erhalten. Dies bedeutet für stark gestresste Systeme, wie sie z.B. mit den Level II Flächen Jägersburg und Eft-Hellendorf dokumentiert sind, dass dort sehr vorsichtig und umsichtig mit Holzentnahme umzugehen ist, um die Ökosysteme nicht noch stärker in ihrer schon eingeschränkten Pufferkapazität zu beanspruchen und ihre ökosystemaren Dienstleistungen, wie Bodenfruchtbarkeit, Trinkwasser-Bereitstellung und Klimaregulation nicht aufs Spiel zu setzen. Zur Erhaltung der auch gesetzlich festgelegten Bodenfunktionen werden Böden mit fortgeschrittener Versauerung im Saarland seit 2005 systematisch untersucht und nach naturschutzfachlicher Prüfung einer Bodenschutzkalkung unterzogen, soweit die Kriterien einer Kalkungsbedürftigkeit gegeben sind.

Da einerseits die externen, ökosystem-versauernden Einträge vor allem auf Stickstoffverbindungen beruhen, deren Quellen diffus verteilt sind und nicht überregional wie beim  $\text{SO}_2$  durch große Emittenten (Energieerzeugung durch Kohleverbrennung) beruhen und andererseits auch der

Mineralbestand der Waldböden durch verschiedene geologische Formationen und durch pleistozäne Überformung lokal erheblich unterschiedlich sein kann, ist es umso wichtiger, möglichst viele unterschiedliche Untersuchungsflächen zu betreiben, um Veränderungen exakter zu erkennen und quantifizieren zu können. Die vorliegende Zusammenschau zeigt, dass weniger das geologische Substrat, als vielmehr der lokale Einfluss und vor allem das Bewirtschaftungsregime im Umfeld der Flächen sowie deren Bewirtschaftungshistorie von großer Bedeutung für das Verhalten der Systeme

sind. Stoffflüsse in Ökosystemen können nicht einfach in ihrem Verhalten klassifiziert werden. Sie zeigen vielmehr ein „individuelles“ Verhalten, was aus der Historizität der Nutzung sowie den umgebenden Einflüssen resultiert und sich aus natürlichen kleinräumigen Verschiedenheiten ergibt. Deshalb ist eine Vielzahl unterschiedlicher Monitoringflächen das beste Instrument, um das mannigfaltige Geschehen in Ökosystemen klassifizieren, vergleichen, beurteilen und ein wenig besser verstehen zu können.



Foto: M. Haßdenteufel



# NATIONALPARK HUNSRÜCK-HOCHWALD

- GROSSFLÄCHIGES „FREILANDLABOR“ ZUR  
ERFORSCHUNG VON WALDENTWICKLUNG  
UND BIODIVERSITÄT



Torfmooswachstum durch Wasserrückstau nach  
Verbauung im Testgebiet Holzbach

Foto: E. Segatz

In den Ländern Rheinland-Pfalz und Saarland entsteht ein neues Wildnisgebiet – der geplante Nationalpark Hunsrück-Hochwald. Der etwa 10.000 Hektar umfassende grenzüberschreitende Nationalpark ist ein bedeutsamer Beitrag beider Bundesländer zur „nationalen Biodiversitätsstrategie Deutschlands“. Er liegt inmitten eines Naturraumes, der im Rahmen eines Projektes des Bundesamtes für Naturschutz als einer von bundesweit 30 Hotspots der biologischen Vielfalt eingestuft wurde. Der Nationalpark dient vornehmlich dem Erhalt und der Förderung der Biodiversität, ist zugleich aber ein großflächiges „Freilandlabor“, mit dessen Hilfe waldökologische Zusammenhänge erforscht werden können.

Wie entwickeln sich der Waldzustand und die Biodiversität ohne unmittelbare Eingriffe des Menschen? Setzt sich die Buche als bedeutsamste Art der natürlichen Waldgesellschaften der Region langfristig in den unbewirtschafteten Wäldern durch? Sind Renaturierungsmaßnahmen erforderlich oder können wir alles der natürlichen Entwicklung überlassen? Wie reagieren die naturbelassenen Wälder auf den Klimawandel? Wie entwickelt sich die für den Klimaschutz wichtige Kohlenstoffspeicherung nach dem Ende der Bewirtschaftung? Was können wir aus der Entwicklung dieser Wälder für die Waldbehandlung in den bewirtschafteten Waldarealen lernen?

Dies sind nur einige der Fragen, denen im geplanten Nationalpark Hunsrück-Hochwald nachgegangen werden soll.

### **Biodiversität in Natur- und Wirtschaftswäldern im Vergleich**

**Unbewirtschaftete** Naturwälder sind Hotspots der Biodiversität. Dies belegen sehr eindeutig die bereits langjährigen Forschungen an Naturwaldreservaten im Vergleich zu benachbarten bewirtschafteten Flächen:

Die Käferfauna ist in älteren Naturwaldreservaten deutlich artenreicher vertreten als in bewirtschafteten Vergleichsflächen. In den Naturwaldreservaten finden sich doppelt so viele auf Totholz angewiesene Arten, mehr seltene und Rote Liste-Arten; Urwaldreliktarten kommen insbesondere dort vor. Auch Pilze sind in den Naturwaldreservaten stets artenreicher vertreten als in den Vergleichsflächen, was vor allem für die Gruppe der totholzbewohnenden Arten zutrifft. Vogelkartierungen zeigen für die unbewirtschafteten Naturwaldreservate vor allem bei Höhlenbrütern höhere Artenzahlen als für Wirtschaftswälder. Der Hauptgrund liegt im weit höheren Struktureichtum der Naturwälder. Die beim Jagen angetroffene Zahl der Fledermausarten unterscheidet sich dagegen nicht in den Naturwaldreservaten und deren Vergleichsflächen. Als Nahrungsoopportunisten suchen Fledermäuse vor allem insektenreiche Bereiche im Wald auf, also Lücken und Lichtungen. Für Fledermäuse sind aber Baumhöhlen und Rindenspalten als Sommer- bzw. Winterquartiere von großer

Bedeutung, weshalb sie vor allem in alten Wäldern häufiger anzutreffen sind.

Der geplante Nationalpark Hunsrück-Hochwald bietet die Chance, diese interessanten Befunde der Forschung in den räumlich begrenzten Naturwaldreservaten in einem großen, der natürlichen Entwicklung überlassenen Gebiet zu überprüfen und weitere Aspekte der Biodiversitätsentwicklung auf der Skala eines Landschaftsausschnittes zu erforschen. Bereits lange Zeit bestehende Nationalparke, wie der älteste Nationalpark Europas in Polen, belegen in eindrucksvoller Weise, wie unterschiedlich sich Flora und Fauna auf großflächig geschützten Naturwäldern im Vergleich zum Wirtschaftswald entwickeln können. Wir können gespannt sein, ob dies auch für die Wälder im Hunsrück gilt.

Eingehende Informationen zur „nationalen Biodiversitätsstrategie Deutschlands“ finden Sie unter [http://www.bfn.de/0304\\_biodivstrategie\\_nationale.html](http://www.bfn.de/0304_biodivstrategie_nationale.html)

Detaillierte Informationen zum Nationalpark Hunsrück-Hochwald enthält <http://www.nationalpark.rlp.de/>

## Naturwaldreservate -

### Initialzellen für die Naturwaldentwicklung und Forschungsstandorte

Im geplanten Nationalpark Hunsrück-Hochwald liegen sechs Naturwaldreservate und einige Naturschutzgebiete. Diese Areale werden meist bereits seit vielen Jahren nicht mehr bewirtschaftet und sind daher seit langem der natürlichen Entwicklung überlassen. Dies macht sie zu wertvollen Initialzellen für die Naturwaldentwicklung im Nationalpark.

Das Forschungskonzept der Naturwaldreservate verfolgt einen vergleichenden Ansatz: Die Untersuchungen zu Standort, Waldstrukturen und Artengemeinschaften erfolgen nicht nur an den Prozessschutzflächen (aus der Bewirtschaftung herausgenommener Wald), sondern parallel auch in regulär bewirtschafteten Arealen. Dies erlaubt Aussagen, wie weit Wälder durch Bewirtschaftung bezüglich ihrer biologischen Vielfalt, Funktionalität und Natürlichkeit verändert werden und gibt wertvolle Hilfestellungen für die naturnahe Waldbewirtschaftung



Das Naturwaldreservat Gebück wurde 1995 auf 35 ha aus der Nutzung genommen und ist ein Repräsentant des Hainsimsen-Traubeneichen-Buchenwaldes der Hochlagen im Hoch- und Idarwald. Viele Buchen und Eichen sind bis 190 Jahre alt, einzelne Eichen sogar bis 380 Jahre

Foto: P. Balcar



### Urwaldreliktarten

In Deutschland leben etwa 1.400 totholzbewohnende Käferarten. Hiervon werden 115 Arten als „Urwaldreliktarten“ bezeichnet. Dies sind Arten, die auf urwaldtypische Strukturen und eine durchgängige Habitattradition, zum Beispiel in Form eines dauerhaften Vorhandenseins starker absterbender und toter Bäume mit für die jeweiligen Arten geeigneter „Totholzqualität“, angewiesen sind. Diese Arten sind bei uns sehr selten und kommen meist nur noch in unbewirtschafteten Schutzgebieten, wie Naturwaldreservaten, vor.



Der Eremit oder Juchtenkäfer (*Osmoderma eremita*) ist ein 2 bis 4 cm großer Käfer und gilt als einer der bekanntesten Urwaldreliktarten. Die Käfer leben in Baumhöhlen mit viel Mulm v.a. von Laubbäumen, die sie oft ihr ganzes Leben lang nicht verlassen. Ihr zweiter Name ist mit einem Duft verknüpft, der von den Männchen als Sexuallockstoff produziert und nach Juchtenleder riechend beschrieben wird. Von der Art sind aktuell nur drei Vorkommen in Rheinland-Pfalz bekannt, im Hunsrück wurde sie bisher nicht nachgewiesen.

Foto: F. Köhler



Der kerbhalsige Zunderschwamm-Schwarzkäfer (*Bolitophagus reticulatus*) ist 6 bis 7 mm lang und lebt bevorzugt in gebirgigen Gegenden. Er entwickelt sich in Fruchtkörpern vom Zunderschwamm (*Fomes fomentarius*) vor allem an Buchen und ist eine Rote Liste-Art.

Foto: F. Köhler



Der seltene Rotflügelige Hakenhals-Schnellkäfer (*Denticollis rubens*) lebt vor allem im Gebirge. Seine Larven entwickeln sich im feuchten Mulmholz liegender Buchenstämme. Auch diese Art steht auf der Roten Liste.

Foto: F. Köhler

### Seltene und gefährdete Ökosystemtypen im Focus

Ein Schwerpunkt von Monitoring und Forschung im zukünftigen Nationalpark wird der Entwicklung seltener und gefährdeter Ökosystemtypen wie Quellmooren, Hangbrüchern und Borstgrasrasen gelten. Besonderes Augenmerk wird auf die Moorbirke zu richten sein. Diese Baumart kommt von Natur aus an feuchten bis nassen, nährstoffarmen

Standorten vor, wurde aber durch Entwässerung, Fichtenanbau und Wildverbiss sehr stark zurückgedrängt.

Wie lassen sich mehr oder minder durch den Menschen beeinträchtigte Moore erhalten und gegebenenfalls wieder regenerieren? Ist der Genpool der verbliebenen Moorbirken noch ausreichend?

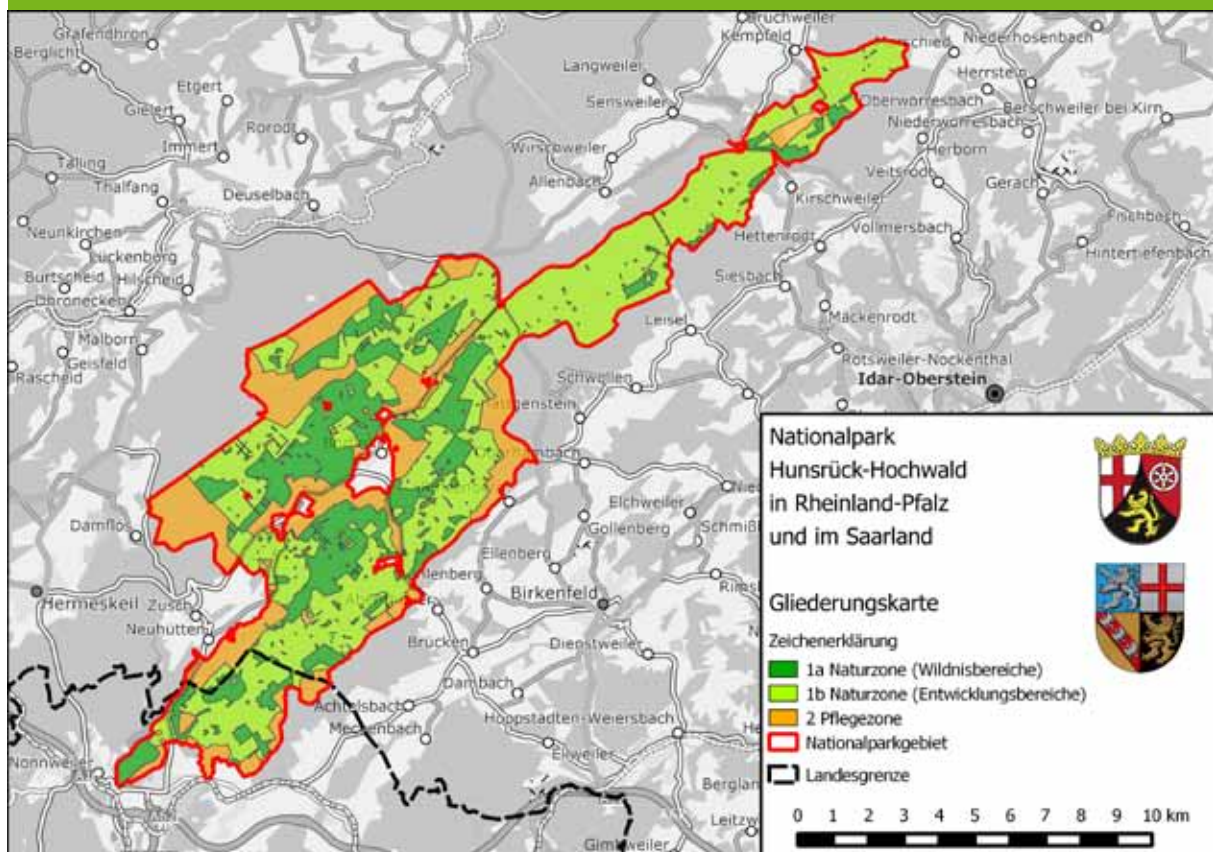
Welchen Beitrag können die Moore zum Wasser- und Kohlenstoffrückhalt und zur Kohlenstoffspeicherung leisten? Das sind wesentliche Aspekte der Nationalparkforschung an diesen besonderen Standorten.

### Veränderungen im Wasser- und Stoffhaushalt zu erwarten

Wir Menschen greifen seit Jahrtausenden in den Wasser- und Stoffhaushalt der Wälder ein. Lange Zeit wurden die Kohlenstoff- und Nährstoffvorräte der Waldökosysteme durch Rodung, Waldverwüstung und Übernutzung reduziert. Seit der Industrialisierung führten zudem Luftschadstoffeinträge zur Versauerung der Waldböden, weiteren Nährstoffverlusten und Stickstoffeutrophierung. Die Luftreinhaltemaßnahmen der letzten Jahrzehnte und der Übergang zu einer humuspflög-

lichen naturnahen Waldbewirtschaftung haben den Kohlenstoff- und Nährstoffhaushalt der Ökosysteme wieder etwas stabilisiert. Allerdings bestehen nach wie vor erhebliche Kenntnislücken, wie sich künftige Veränderungen in den Umweltbedingungen insbesondere im Zuge des Klimawandels langfristig auf den Wasser- und Stoffhaushalt der Ökosysteme auswirken werden. Auch ist wenig bekannt, in welche Richtung und mit welcher Geschwindigkeit sich das Unterlassen der forstlichen Bewirtschaftung auf den Kohlenstoff- und Nährstoffhaushalt auswirken werden. Im geplanten Nationalpark sind besonders große Veränderungen im Wasser- und Stoffhaushalt zu erwarten, da hier sehr unterschiedliche Situationen entstehen können, z.B. alte, sehr vorrats- und strukturreiche Laubwälder auf der einen Seite

Der geplante Nationalpark Hunsrück-Hochwald gliedert sich in verschiedene Zonen: die Naturzone 1a wird von Anfang an der natürlichen Entwicklung überlassen (Wildnisbereich, Prozessschutz). In der Naturzone 1b ist eine Entwicklung hin zu den natürlichen Waldgesellschaften wie Buchenwäldern und die Renaturierung der Hangbrücher angestrebt (Entwicklungsbereich). Diese Gebiete werden spätestens nach 30 Jahren in den Wildnisbereich (Zone 1a) übergehen. In der Pflegezone 2 sind demgegenüber dauerhaft Maßnahmen zur Gestaltung und Steuerung vorgesehen, z.B. zur Pflege artenreicher Magerwiesen. Hier sind auch dauerhaft behutsame Nutzungen, wie die Brennholzgewinnung zur Versorgung der örtlichen Bevölkerung möglich.



und durch Stürme oder Borkenkäfer entstandene Kalamitätsflächen auf der anderen Seite. Der Nationalpark bietet sich daher in besonderem Maße zur Erforschung des Wasser- und Stoffhaushaltes und des Speicherpotentials insbesondere für Kohlenstoff und Stickstoff bei unterschiedlicher Ausgangssituation an. Auch lassen sich hier differenziert die Auswirkungen des Klimawandels auf die unterschiedlichen Waldgesellschaften und Waldlebensgemeinschaften mit und ohne forstliche Bewirtschaftung untersuchen.

### **Beste Bedingungen für Waldschutzforschung**

Der Klimawandel wird einen erheblichen Einfluss auf die Wechselbeziehungen zwischen den Waldbäumen und ihren Gegenspielern haben. Dies gilt insbesondere auch auf die Wirt-Parasit-Beziehungen zwischen unserem bedeutsamsten Borkenkäfer, dem Buchdrucker und seiner Wirtspflanze, der Fichte. In der Naturzone des zukünftigen Nationalparks werden diese Interaktionen unbeeinflusst vom wirtschaftenden Menschen ablaufen können. Der Nationalpark bietet daher einen besonders geeigneten Rahmen für Untersuchungen insbesondere zu Generationenfolge, Wirtsfindung, Ausbreitungsmechanismen, Überwinterungsstrategie und Mortalität dieses Insekts im subatlantischen Klima und der Beeinflussung der Wirt-Parasit-Interaktionen durch den Klimawandel. Hieraus können wir ableiten, unter welchen Bedingungen welche Waldschutzmaßnahmen im Sinne der naturnahen Waldbewirtschaftung und des integrierenden Waldschutzes notwendig sind.

### **Anpassungsvermögen von Buche und Fichte an den Klimawandel erforschen**

Der Klimawandel ist eine große Herausforderung für den Wald und die Forstwirtschaft. Der geplante Nationalpark Hunsrück-Hochwald bietet durch die standörtliche Vielfalt und die unterschiedliche Ausgangssituation ein besonders geeignetes Umfeld, um die Kenntnisse zur Entwicklung und Dynamik von Baumarten unter dem Einfluss des Klimawandels zu erforschen. Ein Schwerpunkt ist hierbei die Identifizierung des natürlichen Anpassungsvermögens von Buche und Fichte an den Klimawandel. Hierzu wird die Wachstumsdynamik



**Sonnentau und Torfmoose auf einer Freifläche im Naturwaldreservat Langbruch** Foto: S. Heinrichs

dieser Baumarten unter dem Einfluss des Klimawandels entlang standörtlicher Gradienten und in Abhängigkeit von Schutz und Nutzung zu beobachten sein. Die Naturzone (1a) des Nationalparks dient hierbei als Referenzgebiet für die vom Menschen weitgehend unbeeinflusste Reaktion der Baumarten auf den Klimawandel. Im Entwicklungsbereich kann vergleichend hierzu die Wirksamkeit eines Buchenvoranbaus bei der Rückentwicklung von Fichtenwäldern in Buchenwälder geprüft werden. Aus den Erkenntnissen können wir wertvolle Hinweise für Anpassungsstrategien im Rahmen einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung gewinnen.

### **Naturwaldgerechtes Wildtiermanagement erproben**

Huftiere wie Hirsche und Rehe können durch das Verbeißen von Jungbäumen und anderer Waldpflanzen nicht nur das Gedeihen der Waldverjüngung beeinträchtigen, sondern auch die Vegetationsstruktur und die Artenzusammensetzung in Waldökosystemen nachhaltig beeinflussen. Grundsätzlich ist eine ungestörte Wechselwirkung von Pflanzen, kleinen oder großen Pflanzenfressern und deren Beutegreifern gerade in Nationalparks gewollt. Doch für große Säugetiere ist selbst eine Nationalparkfläche von 10.000 ha nur ein Teillebensraum. Zur Vermeidung von Schäden

in den umliegenden Wirtschaftswaldflächen kann daher auf eine Beeinflussung der Huftierpopulationen durch den Menschen auch im Nationalpark nicht verzichtet werden. Ein weiterer Grund für ein Management des Schalenwildes sind konkurrierende Schutzziele, wie z.B. die erwünschte Etablierung der Moorbirke und anderer gegen Verbiss sensibler Arten. Die Lenkung und Regulierung der Huftiere in einem Großschutzgebiet muss jedoch besonders störungsarm und effizient durchgeführt

werden. Sie hat sich dabei an definierten Schwellenwerten zu orientieren und ihre Umsetzung unterliegt einer genauen Dokumentation und Kontrolle. Grundlage des Wildtiermanagements bilden wissenschaftlich fundierte Bestandesschätzungen einerseits und ein umfassendes Monitoring des Huftiereinflusses andererseits. Dabei wird neben der Betrachtung der holzigen Vegetation auch die Beeinflussung der krautigen Vegetation bzw. der gesamten Biodiversität untersucht werden.

**Moorbirken-Bruchwald im 1982 eingerichteten und 2009 auf 42 ha erweiterten Naturwaldreservat Langbruch. Diese Relikte der natürlichen Moorbirkenbestände sind sehr selten und besonders schützenswert**

Foto: S. Heinrichs



### **Hangmoore im Hunsrück - einzigartig, aber gefährdet**

Im geplanten Nationalpark Hunsrück-Hochwald finden sich eine Vielzahl kleinflächiger Quell- und Hangmoore. Die Brücher sind von Natur aus vor allem als Moorbirken-Wälder ausgebildet, weisen aber auch größere waldfreie Bereiche mit Torfmoosflächen auf. Die Hunsrück-Moore und ihre engere Umgebung kennzeichnet ein kleinräumig wechselndes Mosaik verschiedener Lebensräume. Hier befinden sich Pflanzengesellschaften der Zwischenmoore, Kleinseggenriede, Moorheiden und die eigentlichen Quellfluren. Auf silikatischen, nährstoffarmen Standorten sind auch seltene Borstgrasrasen anzutreffen.

Nährstoffarmes Wasser dringt aus Klüften des Quarzit-Grundgesteins und der darüber gelagerten eiszeitlichen Schotterdecken (Quellmoore), oder es fließt als Hangwasser entlang einer stauenden Mineralbodenschicht unter dem Torfkörper ab (Hangmoore). Im ungestörten Zustand sollte das Wasser in diesen Mooren langsam und kontinuierlich, dem Hangverlauf folgend, durch die bis zu 2m mächtigen Torfschichten, die sich hier in den letzten 4000 Jahren entwickelt haben, durchsickern. Die schwammgleiche Wasserhaltefähigkeit von Torf und Torfmoosen macht die charakteristischen ökologischen Extrembedingungen von Mooren aus: Luftabschluss und nährstoffarme Verhältnisse. So finden sich in den ungestörten Hang- und Quellmoorbereichen Moosbeere, Scheidiges Wollgras und auch Sonnentau. Besonderes Merkmal der Hangbrücher ist ihre große Hangneigung. Diese bewirkt auch die große Anfälligkeit dieser Biotope gegenüber menschlichen Eingriffen.



Um eine Wiedervernässung zu erreichen und das Wachstum der Torfmoose anzuregen, werden die Drainagegräben geschlossen

Foto: E. Segatz



**Im Langbruch, einem im Nationalpark gelegenen Naturwaldreservat, soll die ursprüngliche Vegetation des Moorbirkenbruchwaldes wieder eine Chance erhalten: hierzu wurden die Nadelbäume entfernt**

Foto: P. Balcar

Oft wurden die Hangbrücher mit Fichte bepflanzt und mit einem Netz von Drainagegräben durchzogen. Durch die Entwässerung wurde der Torfkörper dem Luftsauerstoff ausgesetzt und der Zersetzung preisgegeben. Bei der Zersetzung wurden große Mengen an CO<sub>2</sub>, einem der bedeutendsten Treibhausgase, freigesetzt. Gleichzeitig büßt der Torf seine Wasserhaltefähigkeit ein und statt einer permanenten Durchnässung tritt nur noch periodisch Wassersättigung auf. Dadurch wurden die schützenswerten, spezialisierten und seltenen Pflanzenarten der Moore durch konkurrenzkräftigere andere Pflanzen verdrängt.

Heute gilt es, diese Eingriffe rückgängig zu machen, um die mehr oder weniger stark degradierten Hangbrücher und Quellmoore wieder in einen naturnahen Zustand zu bringen. Hierzu werden die Fichten entfernt, die Drainagegräben geschlossen sowie Wege und Wegegräben zurückgebaut. Durch die Wiedervernässung soll der Torfkörper besser und länger andauernd durchnässt und das Torfmooswachstum wieder angeregt werden.

Begleitet werden diese Maßnahmen durch Monitoring und Forschung zur Wirksamkeit der Renaturierung insbesondere im Hinblick auf die Entwicklung hin zu den natürlichen Lebensraumtypen unter dem Einfluss des sich ändernden Wasserhaushaltes und der Auswirkungen des Klimawandels.



Entfichtete Aue im Testgebiet Holzbach  
Foto: E. Segatz



# WILDVERBISS - KONTROLLE DER VERBISSBELASTUNG DER WALDVERJÜNGUNG AUF INDIKATORFLÄCHEN





Im Saarland werden zur Kontrolle des Wildverbisses 26 repräsentative Indikatorflächen unterhalten. Systematische Stichproben auf den Einzelflächen liefern Informationen über das Ausmaß des Wildverbisses durch Schalenwild, die Baumartenzusammensetzung in unterschiedlicher Verjüngungshöhe und über die Verjüngungsdichte. Bewertet werden die Ergebnisse als Verbissprozent in Relation zu einer „Kritischen Verbissintensität“ als Schwellenwert. Oberhalb dieser Werte sind ein erhöhtes Absterberisiko, eine Abnahme der Stammzahlen und Verschiebungen in der Baumartenzusammensetzung zu erwarten

### **Verbissaufnahme auf Indikatorflächen**

Die Indikatorflächen von jeweils 30-50 ha Größe sind repräsentativ für Landschaftsräume. Das Erhebungskonzept orientiert sich an einem in der Schweiz entwickelten Inventurverfahren. Die Stichprobenaufnahmen erfolgen i. d. R. auf einem 100 x 100 m Raster in Zählkreisen mit 3 m Radius. Die Verbissaufnahmen zeigen die Entwicklung für bestimmte Brennpunkte, in denen der Wildverbiss besonders gravierend ist, wie beispielsweise im Bereich Peterberg bei Primstal (v.a. durch Damwild), im Stadtwald Merzig oder in Niederwaldverjüngungen bei Wadrill (v.a. durch Rotwild). Zudem liefern sie Informationen über die Waldentwicklung beispielsweise in der Naturwaldzelle Baumbusch bei Gersheim oder auf Moorrenaturierungsflächen im künftigen Nationalpark Hunsrück-Hochwald bei Eisen.

Die Wiederholung der Inventuren zeigt statistisch nachvollziehbar die Entwicklung der Verbissbelastung auf; das Verjüngungspotential ohne Einfluss von Schalenwild kann durch zusätzliche Weisergatter (Vergleichsflächenpaare gezäunt – ungezäunt) beobachtet werden.

Die Aufnahmen erfolgen in einem zeitlichen Abstand von 1-3 Jahren jeweils im Frühjahr. Erfasst werden der Verbiss der zurückliegenden Vegetationsperiode und der letzte Winterverbiss.

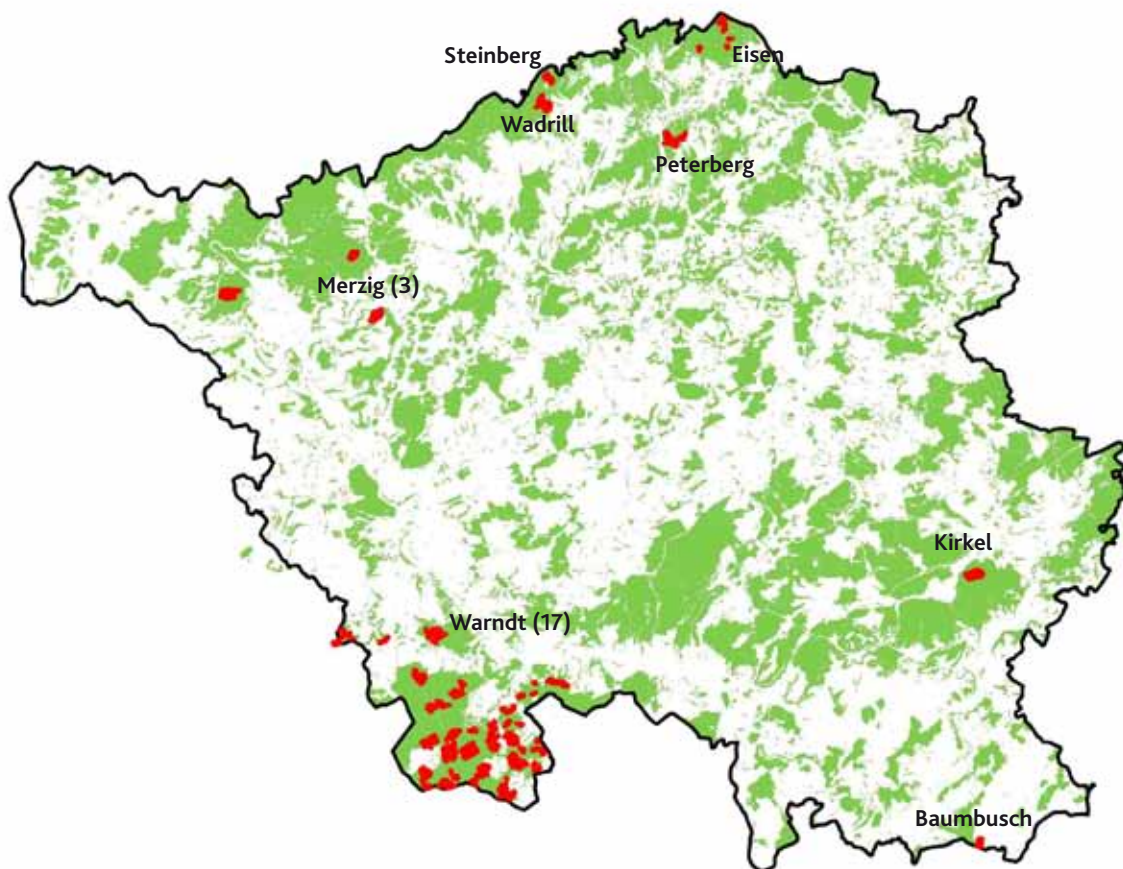
Aus den Ergebnissen werden jagdliche (Höhe des Abschusses) und auch waldbauliche Maßnahmen abgeleitet.

Waldbauliches Ziel ist es, ältere Wälder mit heimischen und standortsangepassten Baumarten zu verjüngen. Baumartenreiche Verjüngungen werden sich am ehesten auf Klimaveränderungen einstellen können, sie bieten eine Risikominderung im Zuge eines sich abzeichnenden Klimawandels. In den buchenreichen Verjüngungen unserer Wälder gilt es deshalb, Mischbaumarten in ausreichenden Anteilen zu halten, die besonders gut mit warm-trockenen Wetterperioden zurechtkommen und auch für eine wertnachhaltige Holzherzeugung von besonderer Bedeutung sind. An vorderer Stelle steht hier die Eiche.

**Eine Verfahrensbeschreibung der Verbissaufnahme finden Sie im Internet unter:**

**[www.saarforst.de/downloads/wze/Aufnahmeanweisung\\_Verbissgutachten.pdf](http://www.saarforst.de/downloads/wze/Aufnahmeanweisung_Verbissgutachten.pdf)**

**Aufnahme der Waldverjüngung und des Wildverbisses auf einem Zählkreis einer Indikatorfläche** Foto: E. Fritz



### Wildverbiss und Eichenverjüngung

Als lichtbedürftige Baumart steht die Eiche bei kahlschlagfreier Wirtschaft in hohem Konkurrenzdruck zu der häufig dominierenden Buchenverjüngung. Sie findet aber ihre Verjüngungschancen dann, wenn sich ausreichende Lichtverhältnisse einstellen. Ein Hauptproblem bei der Verjüngung der Eiche ist ihre Empfindlichkeit gegenüber

Wildverbiss durch Schalenwild. Rehwild bevorzugt Eichen gegenüber anderen Baumarten, besonders der Buche. Verlieren junge Eichen ihre Gipfelknospe, sinkt ihre Chance emporzuwachsen, zu überleben und ausreichende Anteile in der Verjüngung zu halten, erheblich.

### Schalenwildarten im Saarland

Als Schalenwild werden die Wildtiere bezeichnet, die sich auf Hufen (in der Jägersprache „Schalen“) fortbewegen. Als einheimische Wildarten kommen in den saarländischen Wäldern verbreitet Rehwild (*Capreolus capreolus*) und Schwarzwild (*Sus scrofa*) vor. Rotwild (*Cervus elaphus*) ist im saarländischen Hochwald anzutreffen. In einigen Waldgebieten gibt es zudem Populationen des ursprünglich wahrscheinlich aus Klein- und Vorderasien stammenden Damwildes (*Dama dama*) und lokal auch kleinere Vorkommen des ursprünglich aus Korsika und Sardinien stammenden Muffelwildes (*Ovis orientalis musimon*). Mit Ausnahme des Schwarzwildes sind diese Wildarten Wiederkäuer („wiederkäuendes Schalenwild“).

### Beispiel Warndt

Am Beispiel der 17 Indikatorflächen im Warndt wird der Einfluss des Wildes auf die Waldverjüngung und die Verdrängung der Eiche in der nachwachsenden Waldgeneration deutlich. Der Warndt ist dabei kein Gebiet mit einer besonders hohen Verbissbelastung, sondern spiegelt durchschnittliche Verhältnisse für große zusammenhängende Staatswaldflächen wider.

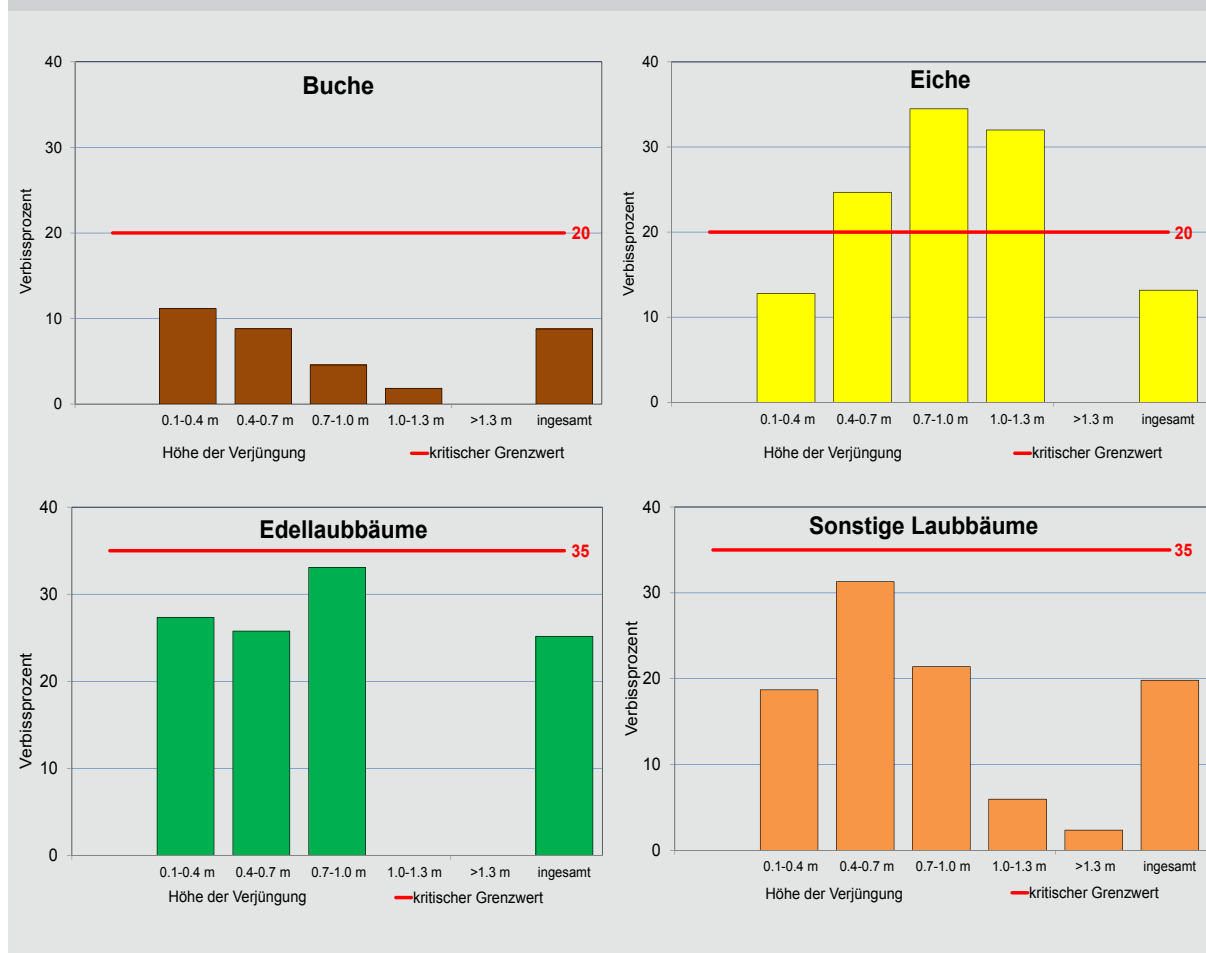
Im Durchschnitt aller Flächen liegen die Verbissanteile im Warndt bei Buche, Edellaubbäumen, wie Ahorn, Esche oder Kirsche und Sonstigen Laubbäumen wie beispielsweise Birke oder Hainbuche in einem verträglichen Bereich, der die Entwicklung der natürlichen Verjüngung zulässt. Als unproblematisch ist i.d.R. Schalenwildverbiss bei der

Buche einzustufen. Bei Edellaubbäumen und den Sonstigen Laubbäumen liegen die Verbissprozente zwar höher, aber im Mittel unter den kritischen Grenzwerten.

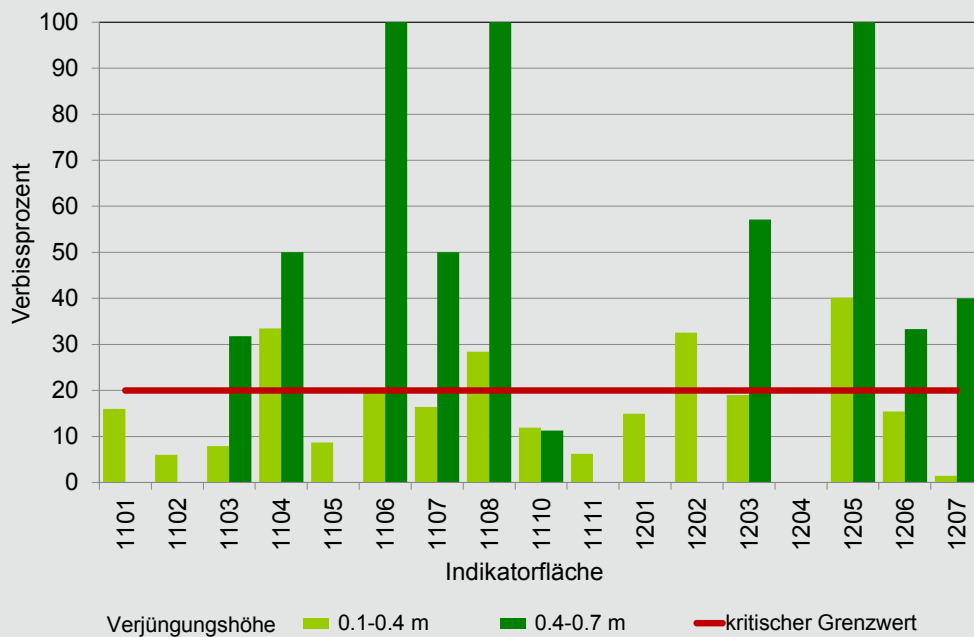
Bei der Eiche ist der Verbiss in der bis 40 cm hohen Verjüngung noch gering, steigt aber mit zunehmender Baumhöhe an und überschreitet im Mittel den Schwellenwert von 20% deutlich.

Wildverbiss findet auf der Fläche ungleichmäßig statt; er ist von der lokalen Wilddichte, dem Wanderungs- und Aufenthaltsgewohnheiten des Wildes und anderen Faktoren abhängig. Deshalb ist die Situation auf den einzelnen Indikatorflächen sehr unterschiedlich.

Mittlere Verbissprozente der verschiedenen Baumartengruppen im Warndt (Mittelwerte der 17 Indikatorflächen, Aufnahmen 2009 - 2014; bei Wiederholungserhebungen jeweils aktuellste Werte)



## Mittlere Verbissprozent der Eiche auf 17 Indikatorflächen im Warndt in verschiedenen Verjüngungshöhen

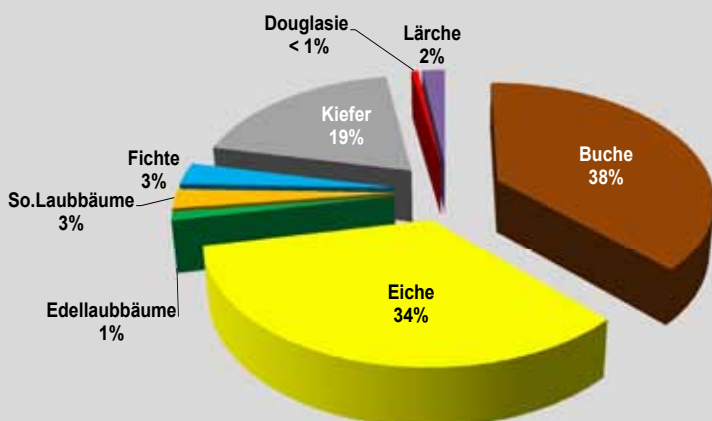


Auf fast allen Indikatorflächen liegen die Verbissprozent für über 40 cm hohe Eichen über dem kritischen Grenzwert von 20%. Auf jeder dritten Fläche wird der Grenzwert auch in der bis kniehohen Verjüngung erreicht bzw. überschritten. Das Absterberisiko bei mehrfachem Verbiss der Gipfelknospe ist dann deutlich erhöht. Ein Verbissanteil von 100 % bedeutet, dass eine Pflanze statistisch

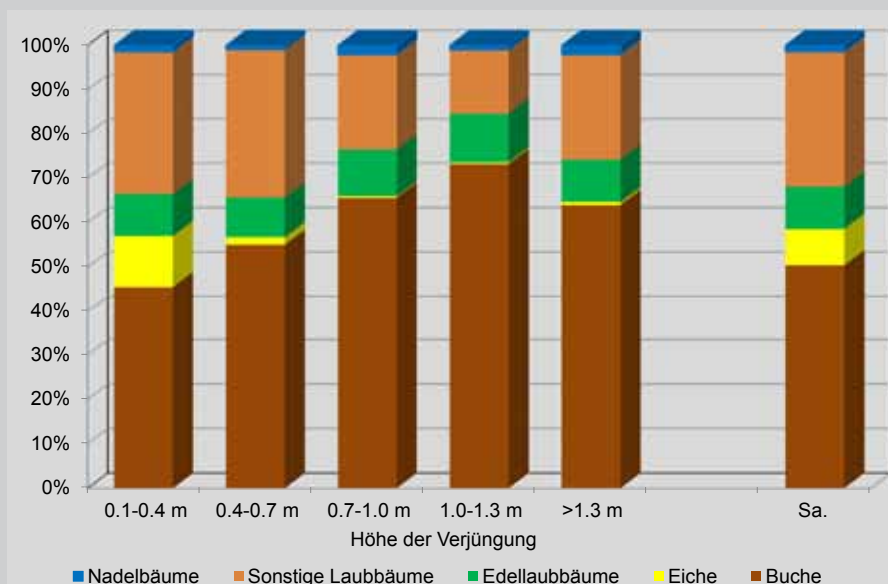
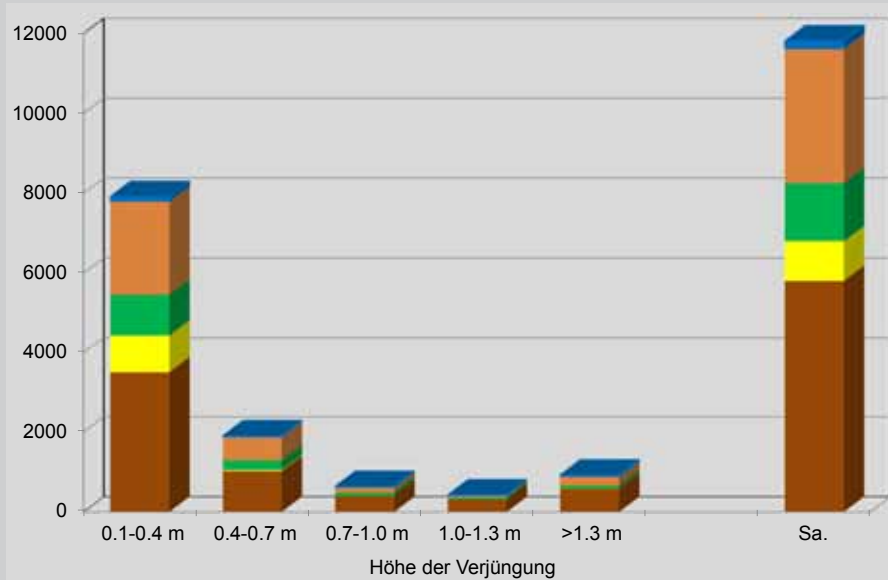
jedes Jahr, bei einem Verbissanteil von 33% alle 3 Jahre verbissen wird.

Die Auswirkung wiederholten Wildverbisses zeigt sich dann auch in der Baumartenzusammensetzung in den verschiedenen Verjüngungsschichten. Ein Drittel der bestandesbildenden Hauptschicht der Indikatorflächen besteht aus Eiche. Demgegenüber ist die Eiche in der nachwachsenden Waldgeneration nur noch zu 8% beteiligt und das im Wesentlichen auch nur in der unteren initialen Verjüngungsschicht. Sonst bestehen die Verjüngungen überwiegend aus Buche, Sonstigen Laubbäumen sowie Edellaubbäumen. Innerhalb der Verjüngung findet eine Entmischung zu Lasten der Eiche statt; in der über 40 cm hohen Verjüngung sind die Eichenanteile bei gleichzeitig hoher Verbissbelastung nur noch sehr gering.

## Baumartenverteilung im Hauptbestand der 17 Indikatorflächen im Warndt



Verjüngungsstammzahlen (Anzahl je Hektar, obere Abbildung) und prozentuale Verteilung (untere Abbildung) der verschiedenen Baumarten(-gruppen) bei unterschiedlicher Verjüngungshöhe im Mittel der 17 Indikatorflächen im Warndt



### Verringerung der Verbissbelastung erforderlich

Die Situation des Raumes Warndt macht deutlich, dass die Verjüngung der Eiche in weiten Teilen des Wirtschaftswaldes gefährdet ist und auch eichenreiche Waldbestände sich zu buchengeprägten Wäldern entwickeln. Um ein breites Baumartenspektrum in der Verjüngung auch zur Risikominderung im Klimawandel zu erreichen

und Eichenanteile in der nachwachsenden Waldgeneration zu sichern, sind neben waldbaulichen Maßnahmen mit Steuerung von für die Eiche ausreichenden Lichtverhältnissen vor allem jagdliche Maßnahmen zur Verringerung der Verbissbelastung notwendig. Sonst bleibt als letztes Mittel nur noch der Einzelschutz von Pflanzen oder der Wildschutzaun.

## Anhang 1 Zeitreihentabellen der Anteile der Schadstufen

Änderungen des Aufnahmerrasters und der Methodik in der Zeitreihe siehe [www.saarforst.de/downloads/wze/Methodenbeschreibung\\_WZE\\_Saar.pdf](http://www.saarforst.de/downloads/wze/Methodenbeschreibung_WZE_Saar.pdf).

| Alle Baumarten |                     | Anteile der Schadstufen [in %] |                         |                                      |                             |                       |                  | Mittlere Kronenverlichtung |
|----------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------|----------------------------|
| Jahr           | Anzahl Probebäume N | ohne Schadmerkmale<br>0        | schwach geschädigt<br>1 | Summe deutlich geschädigt<br>2 bis 4 | mittelstark geschädigt<br>2 | stark geschädigt<br>3 | abgestorben<br>4 |                            |
| 2014           | 2328                | 23                             | 50                      | 27                                   | 25,7                        | 1,4                   | 0,2              | 22,4                       |
| 2013           | 2328                | 27                             | 44                      | 29                                   | 27,6                        | 1,4                   | 0,3              | 22,2                       |
| 2012           | 2304                | 26                             | 40                      | 34                                   | 31,8                        | 1,7                   | 0,3              | 23,3                       |
| 2011           | 2303                | 27                             | 46                      | 27                                   | 24,9                        | 1,5                   | 0,2              | 20,8                       |
| 2010           | 2304                | 23                             | 50                      | 27                                   | 25,7                        | 1,2                   | 0,2              | 21,6                       |
| 2009           | 2304                | 20                             | 45                      | 35                                   | 33,7                        | 1,1                   | 0,0              | 23,1                       |
| 2008           | 2256                | 17                             | 46                      | 37                                   | 35,3                        | 1,5                   | 0,1              | 24,2                       |
| 2007           | 2304                | 14                             | 44                      | 42                                   | 39,7                        | 2,0                   | 0,3              | 25,9                       |
| 2006           | 2280                | 13                             | 40                      | 47                                   | 44,3                        | 2,5                   | 0,3              | 27,6                       |
| 2005           | 2279                | 24                             | 43                      | 33                                   | 30,5                        | 1,6                   | 0,8              | 23,1                       |
| 2004           | 2279                | 38                             | 41                      | 21                                   | 20,1                        | 1,2                   | 0,1              | 18,6                       |
| 2003           | 2279                | 48                             | 39                      | 13                                   | 12                          | 1,4                   | 0,1              | 16,1                       |
| 2002           | 2279                | 53                             | 36                      | 11                                   | 9,8                         | 1,2                   | 0,2              | 14,1                       |
| 2001           | 2279                | 53                             | 36                      | 11                                   | 9,1                         | 1,6                   | 0,4              | 14,4                       |
| 2000           | 2278                | 50                             | 37                      | 13                                   | 11,2                        | 1,9                   | 0,3              | 15,2                       |
| 1999           | 2278                | 51                             | 35                      | 14                                   | 11,2                        | 2,3                   | 0,1              | 15,2                       |
| 1998           | 2278                | 51                             | 34                      | 15                                   | 12,3                        | 2,3                   | 0,2              | 15,7                       |
| 1997           | 2278                | 44                             | 37                      | 19                                   | 15                          | 3,3                   | 0,3              | 18,2                       |
| 1996           | 2278                | 48                             | 32                      | 20                                   | 15,9                        | 3,5                   | 0,6              | 18,4                       |
| 1995           | 2278                | 54                             | 24                      | 22                                   | 16,9                        | 3,5                   | 1,2              | 17,3                       |
| 1994           | 2230                | 55                             | 28                      | 17                                   | 14,2                        | 2,0                   | 1,2              | 16,2                       |
| 1993           | 2254                | 53                             | 28                      | 19                                   | 15,5                        | 2,3                   | 1,2              | 16,9                       |
| 1992           | 2254                | 58                             | 25                      | 17                                   | 13,4                        | 2,1                   | 1,2              | 15,0                       |
| 1991           | 2254                | 58                             | 27                      | 15                                   | 13,4                        | 1,4                   | 0,6              | 13,7                       |
| 1990           |                     | keine Angaben möglich          |                         |                                      |                             |                       |                  |                            |
| 1989           | 2112                | 56                             | 29                      | 15                                   | 13,6                        | 1,4                   |                  |                            |
| 1988           | 2661                | 48                             | 33                      | 19                                   | 17,4                        | 1,8                   |                  |                            |
| 1987           | 2661                | 46                             | 37                      | 17                                   | 15,3                        | 1,9                   |                  |                            |
| 1986           | 2661                | 58                             | 31                      | 11                                   | 9,9                         | 1,2                   |                  |                            |
| 1985           | 2661                | 62                             | 28                      | 10                                   | 7,9                         | 1,8                   |                  |                            |
| 1984           | 2661                | 69                             | 24                      | 7                                    | 5,5                         | 1,6                   |                  |                            |

| <b>Buche</b> |                            | <b>Anteile der Schadstufen [in %]</b> |                                 |  |                                     |                               |                          | <b>Mittlere Kronenverlichtung</b> |
|--------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| <b>Jahr</b>  | <b>Anzahl Probebäume N</b> | <b>ohne Schadmerkmale<br/>0</b>       | <b>schwach geschädigt<br/>1</b> | <b>Summe deutlich geschädigt<br/>2 bis 4</b> | <b>mittelstark geschädigt<br/>2</b> | <b>stark geschädigt<br/>3</b> | <b>abgestorben<br/>4</b> |                                   |
| 2014         | 526                        | 17                                    | 38                              | 45   | 42,8                                | 2,3                           | 0,0                      | 27,7                              |
| 2013         | 528                        | 28                                    | 40                              | 32   | 29,9                                | 2,5                           | 0,0                      | 23,0                              |
| 2012         | 525                        | 26                                    | 39                              | 35   | 32,4                                | 2,9                           | 0,0                      | 23,3                              |
| 2011         | 524                        | 14                                    | 35                              | 51   | 46,6                                | 4,0                           | 0,2                      | 27,4                              |
| 2010         | 525                        | 19                                    | 54                              | 27   | 25,5                                | 1,9                           | 0,0                      | 22,1                              |
| 2009         | 527                        | 17                                    | 41                              | 42   | 40,6                                | 1,5                           | 0,0                      | 25,4                              |
| 2008         | 522                        | 16                                    | 55                              | 29   | 27,2                                | 1,9                           | 0,0                      | 24,1                              |
| 2007         | 522                        | 10                                    | 42                              | 48   | 43,3                                | 4,8                           | 0,0                      | 28,8                              |
| 2006         | 492                        | 5                                     | 35                              | 60   | 53,9                                | 6,5                           | 0,0                      | 32,6                              |
| 2005         | 488                        | 19                                    | 41                              | 40   | 35,5                                | 4,3                           | 0,0                      | 26,3                              |
| 2004         | 488                        | 28                                    | 35                              | 37   | 33,2                                | 3,9                           | 0,0                      | 24,3                              |
| 2003         | 488                        | 45                                    | 28                              | 27   | 22,3                                | 4,3                           | 0,0                      | 20,6                              |
| 2002         | 486                        | 47                                    | 25                              | 28   | 24,1                                | 3,9                           | 0,0                      | 19,3                              |
| 2001         | 477                        | 51                                    | 26                              | 23   | 19,1                                | 4,4                           | 0,0                      | 18,0                              |
| 2000         | 478                        | 46                                    | 25                              | 29   | 24,1                                | 4,8                           | 0,0                      | 20,2                              |
| 1999         | 478                        | 47                                    | 24                              | 29   | 23,2                                | 6,1                           | 0,0                      | 20,4                              |
| 1998         | 479                        | 44                                    | 24                              | 32   | 26,1                                | 5,4                           | 0,2                      | 22,1                              |
| 1997         | 480                        | 39                                    | 28                              | 33   | 25,0                                | 8,1                           | 0,4                      | 24,4                              |
| 1996         | 484                        | 43                                    | 20                              | 37   | 27,3                                | 9,5                           | 0,6                      | 25,6                              |
| 1995         | 483                        | 51                                    | 11                              | 38   | 27,5                                | 9,1                           | 1,2                      | 23,5                              |
| 1994         | 484                        | 51                                    | 18                              | 31   | 25,0                                | 4,5                           | 1,0                      | 20,5                              |
| 1993         | 482                        | 46                                    | 21                              | 33   | 26,1                                | 5,8                           | 0,6                      | 22,1                              |
| 1992         | 482                        | 47                                    | 20                              | 33   | 27,8                                | 5,4                           | 0,2                      | 21,3                              |
| 1991         | 480                        | 50                                    | 25                              | 25   | 20,4                                | 4,0                           | 0,6                      | 17,0                              |
| 1990         |                            | keine Angaben möglich                 |                                 |  |                                     |                               |                          |                                   |
| 1989         |                            | 47                                    | 27                              | 26   | 24,0                                | 1,9                           |                          |                                   |
| 1988         |                            | 37                                    | 39                              | 24   | 21,7                                | 2,2                           |                          |                                   |
| 1987         |                            | 37                                    | 41                              | 22   | 18,7                                | 3,2                           |                          |                                   |
| 1986         |                            | 52                                    | 32                              | 16   | 13,5                                | 2,4                           |                          |                                   |
| 1985         |                            | 48                                    | 37                              | 15   | 11,7                                | 3,2                           |                          |                                   |
| 1984         |                            | 58                                    | 31                              | 11   | 8,1                                 | 2,8                           |                          |                                   |

| <b>Eiche</b> |                            | <b>Anteile der Schadstufen [in %]</b> |                                 |  |                                     |                               |                          | <b>Mittlere Kronenverlichtung</b> |
|--------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| <b>Jahr</b>  | <b>Anzahl Probebäume N</b> | <b>ohne Schadmerkmale<br/>0</b>       | <b>schwach geschädigt<br/>1</b> | <b>Summe deutlich geschädigt<br/>2 bis 4</b> | <b>mittelstark geschädigt<br/>2</b> | <b>stark geschädigt<br/>3</b> | <b>abgestorben<br/>4</b> |                                   |
| <b>2014</b>  | 617                        | <b>25</b>                             | <b>58</b>                       | <b>17</b>                                    | 16,5                                | 0,6                           | 0,3                      | <b>19,9</b>                       |
| <b>2013</b>  | 615                        | <b>20</b>                             | <b>42</b>                       | <b>38</b>                                    | 36,3                                | 1,0                           | 0,3                      | <b>25,1</b>                       |
| <b>2012</b>  | 612                        | <b>16</b>                             | <b>33</b>                       | <b>51</b>                                    | 49,5                                | 1,5                           | 0,2                      | <b>27,9</b>                       |
| <b>2011</b>  | 611                        | <b>21</b>                             | <b>61</b>                       | <b>18</b>                                    | 17,3                                | 0,5                           | 0,5                      | <b>20,1</b>                       |
| <b>2010</b>  | 612                        | <b>11</b>                             | <b>53</b>                       | <b>36</b>                                    | 34,8                                | 1,0                           | 0,7                      | <b>25,2</b>                       |
| <b>2009</b>  | 611                        | <b>8</b>                              | <b>48</b>                       | <b>44</b>                                    | 42,7                                | 1,0                           | 0,0                      | <b>25,7</b>                       |
| <b>2008</b>  | 587                        | <b>7</b>                              | <b>42</b>                       | <b>51</b>                                    | 49,9                                | 1,0                           | 0,3                      | <b>27,5</b>                       |
| <b>2007</b>  | 618                        | <b>6</b>                              | <b>47</b>                       | <b>47</b>                                    | 45,8                                | 1,3                           | 0,2                      | <b>27,3</b>                       |
| <b>2006</b>  | 615                        | <b>6</b>                              | <b>44</b>                       | <b>50</b>                                    | 48,3                                | 1,1                           | 0,2                      | <b>27,5</b>                       |
| <b>2005</b>  | 613                        | <b>12</b>                             | <b>51</b>                       | <b>37</b>                                    | 36,2                                | 1,0                           | 0,0                      | <b>14,4</b>                       |
| <b>2004</b>  | 609                        | <b>37</b>                             | <b>49</b>                       | <b>14</b>                                    | 12,8                                | 0,7                           | 0,2                      | <b>17,0</b>                       |
| <b>2003</b>  | 609                        | <b>46</b>                             | <b>46</b>                       | <b>8</b>                                     | 6,9                                 | 1,0                           | 0,3                      | <b>15,3</b>                       |
| <b>2002</b>  | 613                        | <b>55</b>                             | <b>39</b>                       | <b>6</b>                                     | 4,1                                 | 1,5                           | 0,3                      | <b>13,1</b>                       |
| <b>2001</b>  | 618                        | <b>52</b>                             | <b>40</b>                       | <b>8</b>                                     | 6,1                                 | 2,3                           | 0,0                      | <b>14,5</b>                       |
| <b>2000</b>  | 619                        | <b>45</b>                             | <b>44</b>                       | <b>11</b>                                    | 7,6                                 | 2,9                           | 0,2                      | <b>15,8</b>                       |
| <b>1999</b>  | 619                        | <b>50</b>                             | <b>37</b>                       | <b>13</b>                                    | 9,9                                 | 2,9                           | 0,2                      | <b>15,6</b>                       |
| <b>1998</b>  | 615                        | <b>53</b>                             | <b>33</b>                       | <b>14</b>                                    | 10,2                                | 3,3                           | 0,5                      | <b>15,6</b>                       |
| <b>1997</b>  | 618                        | <b>38</b>                             | <b>42</b>                       | <b>20</b>                                    | 16,7                                | 2,9                           | 0,3                      | <b>19,4</b>                       |
| <b>1996</b>  | 614                        | <b>40</b>                             | <b>41</b>                       | <b>19</b>                                    | 15,1                                | 3,1                           | 0,3                      | <b>19,1</b>                       |
| <b>1995</b>  | 613                        | <b>45</b>                             | <b>33</b>                       | <b>22</b>                                    | 19,2                                | 2,8                           | 0,2                      | <b>18,4</b>                       |
| <b>1994</b>  | 576                        | <b>42</b>                             | <b>39</b>                       | <b>19</b>                                    | 17,4                                | 1,4                           | 0,0                      | <b>17,5</b>                       |
| <b>1993</b>  | 572                        | <b>44</b>                             | <b>34</b>                       | <b>22</b>                                    | 19,9                                | 2,3                           | 0,0                      | <b>18,5</b>                       |
| <b>1992</b>  | 572                        | <b>54</b>                             | <b>31</b>                       | <b>15</b>                                    | 13,5                                | 1,4                           | 0,2                      | <b>14,2</b>                       |
| <b>1991</b>  | 573                        | <b>50</b>                             | <b>33</b>                       | <b>17</b>                                    | 15,5                                | 1,0                           | 0,0                      | <b>15,3</b>                       |
| <b>1990</b>  |                            | keine Angaben möglich                 |                                 |  |                                     |                               |                          |                                   |
| <b>1989</b>  |                            | <b>42</b>                             | <b>39</b>                       | <b>19</b>                                    | 17,0                                | 1,7                           |                          |                                   |
| <b>1988</b>  |                            | <b>23</b>                             | <b>44</b>                       | <b>33</b>                                    | 31,6                                | 1,1                           |                          |                                   |
| <b>1987</b>  |                            | <b>21</b>                             | <b>49</b>                       | <b>30</b>                                    | 29,0                                | 0,7                           |                          |                                   |
| <b>1986</b>  |                            | <b>33</b>                             | <b>50</b>                       | <b>17</b>                                    | 16,8                                | 0,6                           |                          |                                   |
| <b>1985</b>  |                            | <b>58</b>                             | <b>30</b>                       | <b>12</b>                                    | 10,7                                | 0,8                           |                          |                                   |
| <b>1984</b>  |                            | <b>67</b>                             | <b>26</b>                       | <b>7</b>                                     | 6,7                                 | 0,4                           |                          |                                   |



| <b>Fichte</b> |                            | <b>Anteile der Schadstufen [in %]</b> |                                 |  |                                     |                               |                          | <b>Mittlere Kronenverlichtung</b> |
|---------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| <b>Jahr</b>   | <b>Anzahl Probebäume N</b> | <b>ohne Schadmerkmale<br/>0</b>       | <b>schwach geschädigt<br/>1</b> | <b>Summe deutlich geschädigt<br/>2 bis 4</b> | <b>mittelstark geschädigt<br/>2</b> | <b>stark geschädigt<br/>3</b> | <b>abgestorben<br/>4</b> |                                   |
| 2014          | 427                        | 28                                    | 52                              | 20   | 19,0                                | 0,7                           | 0,0                      | 19,4                              |
| 2013          | 429                        | 32                                    | 51                              | 17   | 15,9                                | 0,7                           | 0,2                      | 18,5                              |
| 2012          | 453                        | 36                                    | 45                              | 19   | 16,3                                | 1,5                           | 1,1                      | 19,3                              |
| 2011          | 447                        | 42                                    | 42                              | 16   | 14,8                                | 1,1                           | 0,0                      | 16,9                              |
| 2010          | 447                        | 36                                    | 45                              | 19   | 17,2                                | 1,3                           | 0,0                      | 18,5                              |
| 2009          | 447                        | 31                                    | 44                              | 25   | 24,2                                | 1,3                           | 0,0                      | 20,3                              |
| 2008          | 447                        | 23                                    | 45                              | 32   | 30,6                                | 1,8                           | 0,0                      | 22,6                              |
| 2007          | 447                        | 22                                    | 41                              | 37   | 34,7                                | 1,8                           | 0,4                      | 24,0                              |
| 2006          | 447                        | 16                                    | 42                              | 42   | 38,9                                | 2,5                           | 0,4                      | 25,8                              |
| 2005          | 552                        | 35                                    | 35                              | 30   | 24,8                                | 2,0                           | 3,5                      | 22,8                              |
| 2004          | 552                        | 46                                    | 35                              | 19   | 18,8                                | 0,4                           | 0,0                      | 16,2                              |
| 2003          | 552                        | 54                                    | 37                              | 9  | 8,6                                 | 0,4                           | 0,0                      | 13,4                              |
| 2002          | 450                        | 61                                    | 32                              | 7  | 6,9                                 | 0,0                           | 0,2                      | 11,4                              |
| 2001          | 453                        | 63                                    | 29                              | 8  | 6,6                                 | 0,0                           | 1,8                      | 12,4                              |
| 2000          | 453                        | 61                                    | 30                              | 9  | 8,4                                 | 0,0                           | 0,7                      | 11,6                              |
| 1999          | 449                        | 65                                    | 27                              | 8  | 7,6                                 | 0,2                           | 0,0                      | 10,7                              |
| 1998          | 449                        | 62                                    | 28                              | 10   | 9,1                                 | 0,9                           | 0,0                      | 11,8                              |
| 1997          | 448                        | 61                                    | 28                              | 11   | 8,7                                 | 2,0                           | 0,2                      | 12,9                              |
| 1996          | 449                        | 63                                    | 25                              | 12   | 8,2                                 | 2,4                           | 1,3                      | 12,9                              |
| 1995          | 449                        | 63                                    | 21                              | 16   | 10,9                                | 3,8                           | 1,6                      | 14,5                              |
| 1994          | 439                        | 69                                    | 20                              | 11   | 7,5                                 | 2,3                           | 1,4                      | 12,3                              |
| 1993          | 465                        | 68                                    | 20                              | 12   | 8,2                                 | 1,7                           | 1,7                      | 12,4                              |
| 1992          | 465                        | 67                                    | 20                              | 13   | 8,2                                 | 2,4                           | 1,9                      | 12,1                              |
| 1991          | 469                        | 66                                    | 19                              | 15   | 13,2                                | 0,6                           | 1,7                      | 13,0                              |
| 1990          |                            | keine Angaben möglich                 |                                 |  |                                     |                               |                          |                                   |
| 1989          |                            | 70                                    | 21                              | 9  | 7,6                                 |                               | 1,1                      |                                   |
| 1988          |                            | 70                                    | 20                              | 10   | 9,5                                 |                               | 1,0                      |                                   |
| 1987          |                            | 65                                    | 26                              | 9  | 8,6                                 |                               | 0,7                      |                                   |
| 1986          |                            | 67                                    | 27                              | 6  | 5,9                                 |                               | 0,5                      |                                   |
| 1985          |                            | 69                                    | 25                              | 6  | 4,8                                 |                               | 1,1                      |                                   |
| 1984          |                            | 74                                    | 22                              | 4  | 3,3                                 |                               | 1,0                      |                                   |

| <b>Kiefer</b> |                            | <b>Anteile der Schadstufen [in %]</b> |                                 |  |                                     |                               |                          | <b>Mittlere Kronenverlichtung</b> |
|---------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| <b>Jahr</b>   | <b>Anzahl Probebäume N</b> | <b>ohne Schadmerkmale<br/>0</b>       | <b>schwach geschädigt<br/>1</b> | <b>Summe deutlich geschädigt<br/>2 bis 4</b> | <b>mittelstark geschädigt<br/>2</b> | <b>stark geschädigt<br/>3</b> | <b>abgestorben<br/>4</b> |                                   |
| <b>2014</b>   | 238                        | <b>27</b>                             | <b>54</b>                       | <b>19</b>                                    | 18,9                                | 0,4                           | 0,0                      | <b>19,5</b>                       |
| <b>2013</b>   | 238                        | <b>30</b>                             | <b>51</b>                       | <b>19</b>                                    | 17,6                                | 0,8                           | 0,4                      | <b>19,6</b>                       |
| <b>2012</b>   | 240                        | <b>20</b>                             | <b>53</b>                       | <b>27</b>                                    | 25,8                                | 1,3                           | 0,0                      | <b>23,0</b>                       |
| <b>2011</b>   | 242                        | <b>7</b>                              | <b>48</b>                       | <b>45</b>                                    | 43,4                                | 1,7                           | 0,0                      | <b>26,8</b>                       |
| <b>2010</b>   | 243                        | <b>3</b>                              | <b>44</b>                       | <b>53</b>                                    | 50,6                                | 2,1                           | 0,0                      | <b>29,3</b>                       |
| <b>2009</b>   | 243                        | <b>1</b>                              | <b>39</b>                       | <b>60</b>                                    | 57,6                                | 2,1                           | 0,0                      | <b>31,1</b>                       |
| <b>2008</b>   | 224                        | <b>0</b>                              | <b>26</b>                       | <b>74</b>                                    | 71,0                                | 2,7                           | 0,0                      | <b>33,1</b>                       |
| <b>2007</b>   | 247                        | <b>1</b>                              | <b>32</b>                       | <b>67</b>                                    | 65,6                                | 0,8                           | 0,4                      | <b>31,3</b>                       |
| <b>2006</b>   | 243                        | <b>1</b>                              | <b>24</b>                       | <b>75</b>                                    | 72,0                                | 1,6                           | 0,8                      | <b>33,4</b>                       |
| <b>2005</b>   | 242                        | <b>5</b>                              | <b>49</b>                       | <b>46</b>                                    | 45,0                                | 0,4                           | 0,4                      | <b>27,7</b>                       |
| <b>2004</b>   | 242                        | <b>9</b>                              | <b>57</b>                       | <b>34</b>                                    | 33,1                                | 0,8                           | 0,4                      | <b>25,2</b>                       |
| <b>2003</b>   | 242                        | <b>11</b>                             | <b>71</b>                       | <b>18</b>                                    | 17,4                                | 0,4                           | 0,0                      | <b>21,8</b>                       |
| <b>2002</b>   | 241                        | <b>14</b>                             | <b>75</b>                       | <b>11</b>                                    | 10,8                                | 0,0                           | 0,0                      | <b>19,1</b>                       |
| <b>2001</b>   | 241                        | <b>17</b>                             | <b>71</b>                       | <b>12</b>                                    | 12,4                                | 0,0                           | 0,0                      | <b>19,1</b>                       |
| <b>2000</b>   | 241                        | <b>20</b>                             | <b>68</b>                       | <b>12</b>                                    | 12,0                                | 0,4                           | 0,0                      | <b>18,7</b>                       |
| <b>1999</b>   | 241                        | <b>24</b>                             | <b>69</b>                       | <b>7</b>                                     | 6,6                                 | 0,0                           | 0,0                      | <b>17,3</b>                       |
| <b>1998</b>   | 241                        | <b>25</b>                             | <b>68</b>                       | <b>7</b>                                     | 7,1                                 | 0,4                           | 0,0                      | <b>17,5</b>                       |
| <b>1997</b>   | 240                        | <b>19</b>                             | <b>69</b>                       | <b>12</b>                                    | 11,3                                | 0,4                           | 0,0                      | <b>19,3</b>                       |
| <b>1996</b>   | 240                        | <b>28</b>                             | <b>57</b>                       | <b>15</b>                                    | 14,6                                | 0,0                           | 0,4                      | <b>20,0</b>                       |
| <b>1995</b>   | 240                        | <b>38</b>                             | <b>44</b>                       | <b>18</b>                                    | 15,0                                | 0,4                           | 2,5                      | <b>18,8</b>                       |
| <b>1994</b>   | 247                        | <b>29</b>                             | <b>54</b>                       | <b>17</b>                                    | 14,6                                | 0,8                           | 2,0                      | <b>19,7</b>                       |
| <b>1993</b>   | 246                        | <b>20</b>                             | <b>60</b>                       | <b>20</b>                                    | 17,5                                | 0,4                           | 1,6                      | <b>22,1</b>                       |
| <b>1992</b>   | 246                        | <b>34</b>                             | <b>52</b>                       | <b>14</b>                                    | 12,2                                | 0,4                           | 1,6                      | <b>19,0</b>                       |
| <b>1991</b>   | 245                        | <b>34</b>                             | <b>50</b>                       | <b>16</b>                                    | 15,5                                | 0,4                           | 0,4                      | <b>18,6</b>                       |
| <b>1990</b>   |                            | keine Angaben möglich                 |                                 |  |                                     |                               |                          |                                   |
| <b>1989</b>   |                            | <b>34</b>                             | <b>49</b>                       | <b>18</b>                                    | 16,7                                |                               | 0,9                      |                                   |
| <b>1988</b>   |                            | <b>38</b>                             | <b>50</b>                       | <b>12</b>                                    | 11,0                                |                               | 1,0                      |                                   |
| <b>1987</b>   |                            | <b>46</b>                             | <b>47</b>                       | <b>7</b>                                     | 6,5                                 |                               | 0,4                      |                                   |
| <b>1986</b>   |                            | <b>55</b>                             | <b>43</b>                       | <b>2</b>                                     | 2,0                                 |                               | 0,0                      |                                   |
| <b>1985</b>   |                            | <b>56</b>                             | <b>39</b>                       | <b>5</b>                                     | 3,9                                 |                               | 0,9                      |                                   |
| <b>1984</b>   |                            | <b>59</b>                             | <b>34</b>                       | <b>7</b>                                     | 5,5                                 |                               | 2,0                      |                                   |

| Sonstige Arten |                     | Anteile der Schadstufen [in %] |                         |                                      |                             |                       |                  | Mittlere Kronenverlichtung |
|----------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------|----------------------------|
| Jahr           | Anzahl Probebäume N | ohne Schadmerkmale<br>0        | schwach geschädigt<br>1 | Summe deutlich geschädigt<br>2 bis 4 | mittelstark geschädigt<br>2 | stark geschädigt<br>3 | abgestorben<br>4 |                            |
| 2014           | 520                 | 22                             | 47                      | 31                                   | 27,9                        | 2,3                   | 0,6              | 23,9                       |
| 2013           | 518                 | 31                             | 38                      | 31                                   | 29,2                        | 1,7                   | 0,4              | 22,4                       |
| 2012           | 474                 | 32                             | 41                      | 27                                   | 25,9                        | 1,3                   | 0,2              | 21,2                       |
| 2011           | 479                 | 45                             | 43                      | 12                                   | 11,1                        | 0,4                   | 0,2              | 15,0                       |
| 2010           | 477                 | 42                             | 48                      | 10                                   | 9,6                         | 0,0                   | 0,2              | 15,3                       |
| 2009           | 476                 | 37                             | 52                      | 11                                   | 11,3                        | 0,0                   | 0,0              | 15,9                       |
| 2008           | 476                 | 33                             | 52                      | 15                                   | 13,9                        | 0,8                   | 0,0              | 17,7                       |
| 2007           | 470                 | 28                             | 51                      | 21                                   | 18,9                        | 0,9                   | 0,9              | 19,8                       |
| 2006           | 483                 | 35                             | 44                      | 21                                   | 20,3                        | 0,6                   | 0,2              | 18,8                       |
| 2005           | 484                 | 45                             | 39                      | 16                                   | 16,1                        | 0,0                   | 0,2              | 16,0                       |
| 2004           | 488                 | 57                             | 32                      | 11                                   | 10,9                        | 0,0                   | 0,2              | 13,6                       |
| 2003           | 488                 | 65                             | 26                      | 9                                    | 8,4                         | 0,2                   | 0,0              | 12,3                       |
| 2002           | 489                 | 68                             | 27                      | 5                                    | 4,9                         | 0,0                   | 0,2              | 10,3                       |
| 2001           | 490                 | 67                             | 29                      | 4                                    | 3,9                         | 0,2                   | 0,2              | 10,3                       |
| 2000           | 487                 | 65                             | 29                      | 6                                    | 5,3                         | 0,4                   | 0,4              | 11,1                       |
| 1999           | 491                 | 57                             | 35                      | 8                                    | 6,7                         | 1,0                   | 0,2              | 12,8                       |
| 1998           | 494                 | 59                             | 33                      | 8                                    | 6,9                         | 0,4                   | 0,2              | 12,5                       |
| 1997           | 492                 | 53                             | 34                      | 13                                   | 10,8                        | 1,6                   | 0,2              | 14,9                       |
| 1996           | 491                 | 60                             | 26                      | 14                                   | 13,4                        | 0,6                   | 0,4              | 14,9                       |
| 1995           | 493                 | 67                             | 21                      | 12                                   | 10,1                        | 0,2                   | 1,6              | 11,8                       |
| 1994           | 484                 | 72                             | 20                      | 8                                    | 5,6                         | 0,4                   | 2,3              | 11,9                       |
| 1993           | 489                 | 70                             | 21                      | 9                                    | 5,9                         | 0,2                   | 2,5              | 11,5                       |
| 1992           | 489                 | 76                             | 17                      | 7                                    | 4,5                         | 0,4                   | 2,5              | 10,4                       |
| 1991           | 487                 | 80                             | 16                      | 4                                    | 3,3                         | 0,4                   | 0,4              | 7,1                        |
| 1990           |                     | keine Angaben möglich          |                         |                                      |                             |                       |                  |                            |
| 1989           |                     | 77                             | 18                      | 5                                    | 4,1                         | 1,0                   |                  |                            |
| 1988           |                     | 64                             | 26                      | 10                                   | 5,9                         | 4,0                   |                  |                            |
| 1987           |                     | 56                             | 34                      | 10                                   | 6,1                         | 3,9                   |                  |                            |
| 1986           |                     | 86                             | 10                      | 4                                    | 2,9                         | 0,9                   |                  |                            |
| 1985           |                     | 83                             | 13                      | 4                                    | 2,7                         | 1,3                   |                  |                            |
| 1984           |                     | 85                             | 12                      | 3                                    | 2,0                         | 1,3                   |                  |                            |

## Probebaumkollektiv 2014

| Baumart            | Häufigkeit  | Anteil in % | Mittleres Alter |
|--------------------|-------------|-------------|-----------------|
| Eiche              | 617         | 26,5        | 99              |
| Buche              | 526         | 22,6        | 97              |
| Fichte             | 426         | 18,3        | 61              |
| Kiefer             | 205         | 8,8         | 95              |
| Esche              | 100         | 4,3         | 62              |
| Birke              | 89          | 3,8         | 52              |
| europäische Lärche | 67          | 2,9         | 73              |
| Douglasie          | 52          | 2,2         | 43              |
| Bergahorn          | 49          | 2,1         | 49              |
| Hainbuche          | 37          | 1,6         | 65              |
| Schwarzkiefer      | 33          | 1,4         | 78              |
| Kirsche            | 29          | 1,2         | 50              |
| japanische Lärche  | 19          | 0,8         | 70              |
| Schwarz-/Grauerle  | 13          | 0,6         | 71              |
| Aspe               | 11          | 0,5         | 39              |
| Eberesche          | 11          | 0,5         | 27              |
| Pappel             | 8           | 0,3         | 51              |
| Robinie            | 7           | 0,3         | 80              |
| Weymouthskiefer    | 6           | 0,3         | 105             |
| Spitzahorn         | 5           | 0,2         | 47              |
| Ulme               | 5           | 0,2         | 38              |
| Abies Grandis      | 4           | 0,2         | 38              |
| Feldahorn          | 3           | 0,1         | 48              |
| Roteiche           | 3           | 0,1         | 112             |
| Elsbeere           | 1           | 0,0         | 48              |
| Mehlbeere          | 1           | 0,0         | 75              |
| Sitkafichte        | 1           | 0,0         | 40              |
| <b>Gesamt</b>      | <b>2328</b> | <b>100</b>  | <b>82</b>       |

### Zusammensetzung des Probestaumkollektives nach Altersklassen

Seit Beginn der Waldzustandserhebung ist der Wald insgesamt älter geworden. Besonders deutlich ist der Anstieg des Anteils der über 100-jährigen Bäume. Auffällig ist die Abnahme des Anteils der jüngsten Altersklassen. So sind Probestaume bis 20 Jahre so gut wie nicht mehr vertreten, wobei aber zu berücksichtigen ist, dass im Verfahren der Waldzustandserhebung Verjüngung unter einem Altholzschirm nicht erfasst wird, da die Probestaume nur aus der obersten Bestandesschicht, dem Altholzschirm, ausgewählt werden. Bei Fichte ist die Dominanz der Altersklasse III (41-60-jährig) auffällig. Die Altersklassenverteilung spiegelt auch die natürliche Lebensdauer der betreffenden Baumarten wieder, so sind über 160-jährige Probestaume nur bei Eiche und Buche vertreten.

|            | Jahr | Anteil in der Altersklasse (in %) |       |       |       |        |         |         |         |          |
|------------|------|-----------------------------------|-------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|----------|
|            |      | 0-20                              | 21-40 | 41-60 | 61-80 | 81-100 | 101-120 | 121-140 | 141-160 | über 160 |
| Alle Arten | 1994 | 7,8                               | 24,5  | 26,0  | 8,4   | 13,8   | 5,1     | 7,2     | 3,2     | 3,9      |
|            | 2014 | 0,4                               | 10,6  | 24,2  | 25,9  | 9,1    | 12,3    | 4,9     | 6,9     | 5,8      |
| Buche      | 1994 | 3,7                               | 11,2  | 23,6  | 9,3   | 16,1   | 6,0     | 11,0    | 9,5     | 9,7      |
|            | 2014 | 0,0                               | 3,6   | 18,6  | 23,4  | 10,3   | 15,2    | 5,5     | 9,9     | 13,5     |
| Eiche      | 1994 | 0,9                               | 10,4  | 31,8  | 11,8  | 12,7   | 8,9     | 12,2    | 4,5     | 6,9      |
|            | 2014 | 0,0                               | 6,2   | 8,9   | 30,6  | 11,5   | 12,5    | 8,6     | 11,5    | 10,2     |
| Fichte     | 1994 | 5,5                               | 61,3  | 15,5  | 6,2   | 11,6   | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0      |
|            | 2014 | 0,0                               | 6,1   | 56,9  | 17,1  | 10,8   | 9,1     | 0,0     | 0,0     | 0,0      |
| Kiefer     | 1994 | 0,4                               | 9,7   | 28,7  | 11,3  | 29,1   | 7,7     | 13,0    | 0,0     | 0,0      |
|            | 2014 | 0,0                               | 3,4   | 10,1  | 29,8  | 10,9   | 24,8    | 8,0     | 13,0    | 0,0      |
| Esche      | 1994 | 35,7                              | 23,5  | 26,5  | 2,0   | 2,0    | 10,2    | 0,0     | 0,0     | 0,0      |
|            | 2014 | 0,0                               | 34,0  | 25,0  | 26,0  | 2,0    | 3,0     | 10,0    | 0,0     | 0,0      |
| Birke      | 1994 | 9,5                               | 61,9  | 22,2  | 0,0   | 0,0    | 6,3     | 0,0     | 0,0     | 0,0      |
|            | 2014 | 0,0                               | 38,2  | 32,6  | 25,8  | 0,0    | 0,0     | 3,4     | 0,0     | 0,0      |
| Ahorn      | 1994 | 36,8                              | 18,4  | 36,8  | 2,6   | 2,6    | 2,6     | 0,0     | 0,0     | 0,0      |
|            | 2014 | 0,0                               | 49,1  | 15,8  | 31,6  | 1,8    | 1,8     | 0,0     | 0,0     | 0,0      |
| Lärche     | 1994 | 0,0                               | 10,2  | 78,4  | 1,1   | 8,0    | 0,0     | 2,3     | 0,0     | 0,0      |
|            | 2014 | 0,0                               | 0,0   | 14,0  | 69,8  | 1,2    | 12,8    | 0,0     | 2,3     | 0,0      |
| Douglasie  | 1994 | 27,5                              | 60,0  | 0,0   | 0,0   | 12,5   | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0      |
|            | 2014 | 17,3                              | 28,8  | 44,2  | 0,0   | 0,0    | 9,6     | 0,0     | 0,0     | 0,0      |

### Statistische Signifikanz der Veränderungen der mittleren Kronenverlichtung

Die Veränderungen der mittleren Kronenverlichtung bei den einzelnen Baumarten zwischen den Aufnahmetermi-  
nen werden mit Hilfe eines T Testes\* für abhängige (gepaarte) Stichproben auf ihre statistische  
Signifikanz überprüft (s. signifikant; n.s. nicht signifikant). Hierbei sind nur Probestämme einbezogen, die  
jeweils an beiden Aufnahmetermi-  
nen bonitiert wurden (identische Probestämme). Das Konfidenzintervall be-  
trägt 95 %, die Irrtumswahrscheinlichkeit damit 5 %. Verglichen wird das aktuelle Jahr mit dem Vorjahr.

| Baumart<br>(Baumartengruppe) | Anzahl der<br>Probestämme | Kollektiv der 2014 und 2013 bonitierten, identen Probestämme |       |           | Signifikanz<br>(zweiseitig) |
|------------------------------|---------------------------|--|-------|-----------|-----------------------------|
|                              |                           | Mittleres Verlustprozent                                     |       |           |                             |
|                              |                           | 2014   | 2013  | 2014-2013 |                             |
| Alle Baumarten               | 2275                      | 22,51  | 22,19 | 0,321     | 0,123 n.s.                  |
| Eiche                        | 610                       | 19,80  | 24,97 | - 5,172   | 0,000 s.                    |
| Buche                        | 513                       | 27,99  | 23,26 | 4,737     | 0,000 s.                    |
| Fichte                       | 404                       | 19,60  | 18,30 | 1,30      | 0,000 s.                    |
| Kiefer                       | 237                       | 19,49  | 19,26 | 0,232     | 0,637 n.s.                  |
| Esche                        | 100                       | 36,75  | 32,80 | 3,950     | 0,003 s.                    |
| Birke                        | 87                        | 19,83  | 13,10 | 6,724     | 0,000 s.                    |
| Lärche                       | 85                        | 19,18  | 20,18 | -1,000    | 0,274 n.s.                  |
| Ahorn                        | 56                        | 15,09  | 11,79 | 3,304     | 0,002 s.                    |
| Douglasie                    | 50                        | 29,80  | 31,80 | -2,000    | 0,091 n.s.                  |

---

\* T-Test oder Paardifferenztest untersucht, ob sich  
die Mittelwerte zweier Gruppen systematisch  
unterscheiden

## Ausmaß und Ursachen des Ausscheidens von Probebäumen

Im Jahr 2014 sind insgesamt 53 Probebäume ausgeschieden, von denen alle ersetzt werden konnten. Die Gründe für das Ausscheiden der Probebäume sind vielfältig:

|    |   |
|----|---|
| 24 | infolge regulärer, planmäßiger Nutzung zur Holzernte                          |
| 9  | infolge außerplanmäßiger Nutzung nach Insekten- oder Pilzbefall               |
| 1  | infolge außerplanmäßiger Nutzung nach Sturmwurf, Schneebruch oder Blitzschlag |
| 1  | Nutzung zur Holzernte; ob planmäßig oder außerplanmäßig blieb unbekannt       |
| 0  | sind umgeworfen oder umgebogen infolge Sturm oder Schneedruck                 |
| 2  | sind durch Sturm angeschoben oder hängen in einem Nachbarbaum                 |
| 1  | haben durch einen Kronenbruch über die Hälfte ihrer grünen Krone verloren     |
| 13 | sind von Nachbarbäumen vollständig überwachsen worden                         |
| 2  | sind abgestorbene Bäume, die jetzt kein Feinreisig mehr aufweisen             |

### Gegenüberstellung der Schadstufenverteilung der ausgeschiedenen Probebäume und ihrer Ersatzbäume

Die ausgeschiedenen Probebäume werden im Zuge der Waldzustandserhebung nach objektiven Kriterien ersetzt. Die Schadstufenverteilung der Ersatzbäume wird der ihrer Vorgänger zum jeweils letzten Bonitierungsstermin gegenübergestellt. Auf diese Weise kann abgeschätzt werden, welchen Einfluss Ausscheiden und Ersatz der Probebäume auf die Schadstufenverteilung und die Entwicklung der Waldschäden hat.

|                  | Anzahl | Anteile der Schadstufen in % |      |      |     |     |         |
|------------------|--------|------------------------------|------|------|-----|-----|---------|
|                  |        | 0                            | 1    | 2    | 3   | 4   | 2 bis 4 |
| Ersatzbäume 2014 | 53     | 35,8                         | 43,4 | 20,8 | 0,0 | 0,0 | 20,8    |
| Vorgänger 2013   | 53     | 35,8                         | 32,1 | 24,5 | 1,9 | 5,7 | 32,1    |

Über die komplette Zeitreihe zeigt sich durchgehend, dass die Ersatzbäume eher selten den Schadstufen 3 und 4 angehören. Auch ist in den letzten Jahren ein höherer Anteil an Laubbäumen unter den Ersatzbäumen als unter ihren Vorgängern.

Normalerweise entsprechen die Ersatzbäume in Baumart und Alter ihren Vorgängerbäumen. In Mischbeständen kommt es aber vor, dass durch die Ersatzbäume eine Verschiebung zu einer anderen Baumart erfolgt. In ungleichaltrigen Waldbeständen kann es sein, dass die Ersatzbäume aus dem nachwachsenden Jungbestand ausgewählt werden, sobald im Altbestand keine geeigneten Ersatzbäume mehr vorhanden sind. Fällt ein Aufnahmepunkt in seiner Gesamtheit aus, so wird geprüft, ob unter dem alten Bestand bereits ein Nachfolgebestand etabliert ist, aus dem die Probebäume komplett neu ausgewählt werden können. Ist dies nicht der Fall ruht die Aufnahme an diesem Punkt bis ein Nachfolgebestand vorhanden ist. Diese „Ersatzbäume“ sind dann wesentlich jünger und weisen damit im Allgemeinen ein geringeres Schadniveau als ihre älteren Vorgängerbäume auf. Diese Verjüngung der Probebäume ist jedoch genauso erforderlich wie die Verjüngung im Wald, nur so ist das Kollektiv der Probebäume repräsentativ für den Wald als Ganzes.

## Abkommen und gesetzliche Regelungen zur Luftreinhaltung

| Maßnahme   | Jahr | Ziel   |
|--|------|--|
| <b>Internationale Abkommen und Richtlinien</b>   |      |  |
| Montreal-Protokoll   | 1987 | Schutz der stratosphärischen Ozonschicht   |
| Europäische Abkommen zur Luftreinhaltung im Rahmen der UN-ECE-Verhandlungen:                                       |      |  |
| Helsinki-Protokoll   | 1985 | 1. und 2. Schwefel-Protokoll zur   |
| Oslo-Protokoll   | 1994 | Reduzierung der Schwefelemissionen   |
| Sofia-Protokoll  | 1988 | Rückführung der Stickstoffoxidemissionen   |
| Genfer-Protokoll   | 1991 | Rückführung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen   |
| Aarhus-Protokoll   | 1998 | Rückführung von Schwermetallen und persistenten organischen Verbindungen   |
| Göteborg-Protokoll   | 1999 | Bekämpfung von Versauerung, Eutrophierung und bodennahem Ozon  |
| Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa  | 2008 | Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität<br>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 zur Luftreinhaltung (CAFE = Clean Air For Europe)  | 2005 | Verbesserter Schutz der menschlichen Gesundheit, Reduzierung der Versauerung und Eutrophierung   |
| Richtlinie über nationale Emissionshöchstgrenzen für bestimmte Luftschadstoffe (NEC = National Emissions Ceilings) | 2002 | Festsetzen von nationalen Emissionshöchstgrenzen für die Mitgliedstaaten bei den Schadstoffen SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> und VOC                |
| VOC-Richtlinie (VOC=Volatile Organic Compounds)  | 1999 | Begrenzung von Emissionen flüchtiger, organischer Verbindungen   |
| Abfallverbrennungsrichtlinie   | 2000 | Emissionsbegrenzung bei der Verbrennung und Mitverbrennung von Abfällen  |
| Großfeuerungsanlagen-Richtlinie  | 2001 | Begrenzung von Schadstoffemissionen von Großfeuerungsanlagen in die Luft   |
| Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung von Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie)               | 2008 | Genehmigungspflicht für bestimmte industrielle und landwirtschaftliche Tätigkeiten mit einem hohen Verschmutzungspotential   |
| Richtlinie über Industrieemissionen (IED-Richtlinie)   | 2012 | Neufassung der IVU-Richtlinie<br>Verstärkte Berücksichtigung der „besten verfügbaren Technik“ (BVT)  |
| Nationale Regelungen   |      |  |
| 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 Umfüllen und Lagern von Ottokraftstoffen                   |
| 21. BImSchV  | 2002 | Neufassung der Verordnung zur Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen bei der Betankung von Kraftfahrzeugen  |
| 28. BImSchV  | 2004 | Verordnung über Emissionsgrenzwerte bei Verbrennungsmotoren   |
| 31. BImSchV  | 2004 | Neufassung der Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen |
| 35. BImSchV  | 2006 | Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung  |
| 36. BImSchV  | 2007 | Verordnung zur Durchführung der Regelungen der Biokraftstoffquote   |
| 39. BImSchV  | 2010 | Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen  |
| Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung (Biokraft-NachV) | 2009 | Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen   |
| TA Luft  | 2002 | Neufassung der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft, Emissionsbegrenzung bei Industrieanlagen nach dem Stand der Technik                          |
| Änderungen der Kfz-Steuerregelung                        | 2009 | Ausrichtung der Kfz-Steuer für Pkw nach dem Emissionsverhalten und CO <sub>2</sub> -Emissionen  |
| EURO 1 Norm für Pkw                                      | 1991 | Verschärfung der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 1992/93   |
| EURO I Norm für Lkw                                      | 1991 | Verschärfung der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 1992/93   |
| EURO II Norm für Lkw                                     | 1991 | 2. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 1995/96   |
| EURO 2 Norm für Pkw                                      | 1994 | 2. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 1996/97   |
| EURO 3 Norm für Pkw                                      | 1998 | 3. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 2000/2001   |
| EURO 4 Norm für Pkw                                      | 1998 | 4. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 2005/2006   |
| EURO 5 Norm für Pkw                                      | 2006 | 5. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 2009/2010   |
| EURO III Norm für Lkw                                    | 1999 | 3. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 2000  |
| EURO IV Norm für Lkw                                     | 1999 | 4. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 2005  |
| EURO V Norm für Lkw                                      | 1999 | 5. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw (NO <sub>2</sub> ) ab 2008   |
| EURO 6 Norm für Pkw                                      | 2007 | 6. Stufe der Abgasgrenzwerte für Pkw ab 2014/2015   |
| EURO IV Norm für Lkw                                     | 2007 | 6. Stufe der Abgasgrenzwerte für Lkw ab 2013/2014   |



---

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Regierung des Saarlandes 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 im Saarland ist eingebunden in das deutsche und europäische Forstliche Umweltmonitoring.

Die Kronenzustandserhebungen auf dem 16x16 km-EU-Raster und die Intensivuntersuchungen auf den saarländischen 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.



**SAARLAND**

Großes entsteht immer im Kleinen.



Keplerstraße 18  
66117 Saarbrücken

[www.umwelt.saarland.de](http://www.umwelt.saarland.de)