



Forstliche Versuchs-  
und Forschungsanstalt  
Baden-Württemberg

# Waldzustandsbericht 2015

ForstBW 



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHEN RAUM  
UND VERBRAUCHERSCHUTZ

# **Waldzustandsbericht 2015 für Baden-Württemberg**



**Herausgeberin:**

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA)

**Autoren:**

Stefan Meining (Büro für Umweltüberwachung, Freiburg)

Klaus v. Wilpert, Andrea Hölscher (alle FVA Baden-Württemberg)

Nicole Augustin, Christopher Hallsworth (University of Bath, England)

Jörg Schumacher, Reinhold John, Thomas Bublitz, Berthold Metzler, Horst Delb (Kapitel 6, alle FVA Baden-Württemberg)

Rasmus Enderle, Gerald Kändler, Berthold Metzler (Kapitel 7, alle FVA Baden-Württemberg)

**Titelfoto:** Lelde Jansone, FVA Baden-Württemberg

**Bestellung an:**

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt

Baden-Württemberg

Wonnhaldestraße 4

79100 Freiburg

Tel.: 0761/4018-0

Fax: 0761/4018-333

Email: [fva-bw@forst.bwl.de](mailto:fva-bw@forst.bwl.de)

Internet: <http://www.fva-bw.de>

**ISSN:** 1862-863X

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>VORWORT</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DAS FORSTLICHE UMWELTMONITORING</b>	<b>5</b>
	AUFBAU DES UMWELTMONITORINGS	6
	VERSUCHSFLÄCHEN	7
	RASTERSTICHPROBEN	7
	TERRESTRISCHE WALDSCHADENSINVENTUR	7
	QUALITÄTSSICHERUNG	8
	INTERNATIONALE EINBINDUNG	8
	DURCHFÜHRUNG DER TWI 2015	9
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE DER KRONENZUSTANDSERHEBUNG</b>	<b>12</b>
	DER WALD IN BADEN-WÜRTTEMBERG	12
	ALTERSGRUPPEN	13
	VERGILBUNG	15
	MORTALITÄT	16
	SCHADSTUFEN	16
	FRUCHTAUSBILDUNG	17
	DIE BAUMARTEN	19
	REGIONEN BADEN-WÜRTTEMBERGS	27
	RÄUMLICHE MUSTER DER KRONENSCHÄDEN BEI FICHTE UND BUCHE	31
<b>4</b>	<b>WITTERUNG</b>	<b>34</b>
<b>5</b>	<b>ZUWACHS UND TROCKENHEIT</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>WALDSCHUTZSITUATION</b>	<b>41</b>
	ABIOTISCHE SCHADURSACHEN	41
	SCHADERREGER AN NADELBAUMARTEN	41
	SCHADERREGER AN LAUBBAUMARTEN	43
	SCHADERREGER IN KULTUREN UND JUNGWÜCHSEN	44
	QUARANTÄNESCHADORGANISMEN	45
<b>7</b>	<b>ESCHENTRIEBSTERBEN</b>	<b>46</b>
<b>8</b>	<b>STOFFEINTRÄGE</b>	<b>54</b>
<b>9</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION</b>	<b>57</b>
<b>10</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>62</b>

# 1 VORWORT

Liebe Leserinnen und Leser,

einer der heißesten Sommer seit Beginn der Wetteraufzeichnungen liegt hinter uns, ähnlich nur dem Rekordsommer 2003. Erste Trockenheiterscheinungen bei den Bäumen traten dank ergiebiger Niederschläge im Frühjahr und einer dadurch guten Wasserversorgung der Böden erst im Spätsommer auf. Der Borkenkäferbefall hielt sich in diesem Jahr landesweit auf einem niedrigen Niveau. Befürchtet worden war nach dem Frühjahrssturm Niklas und dem extremen Sommer ein massiverer Befall, als die ab August landesweit vereinzelt kleineren Vorkommen.



In Baden-Württemberg wird der Zustand der Wälder seit den 1980er Jahren im Zuge eines jährlichen Waldzustandsberichtes erfasst. Für das Jahr 2015 können wir erfreulicherweise einen Rückgang der Waldschäden verzeichnen.

Als Indikator für die Beurteilung des Waldzustandes gilt der Kronenzustand der Bäume. Die durchschnittliche Kronenverlichtung hat sich um zwei Prozentpunkte auf rund 24 Prozent verringert, während sich der Anteil der gesunden Waldfläche um fünf Prozentpunkte auf insgesamt 29 Prozent erhöhte. Die deutlich geschädigten Waldflächen verringerten sich um sechs Prozentpunkte auf 36 Prozent.

Sorgen bereitet eine relativ neue Pilzkrankung bei der Baumart Esche, das Eschentriebsterben. Im Zuge des naturnahen Waldbaus hat die Esche in den letzten Jahren in unseren Wäldern erheblich an Bedeutung gewonnen. Sie ist eine ökologisch wertvolle, wuchskräftige und klimatolerante Baumart mit sehr guten Holzeigenschaften. Baden-Württemberg ist im deutschlandweiten Vergleich das Bundesland mit den höchsten Eschenvorkommen mit lokalen Schwerpunkten vor allem in der Oberrheinebene und der Schwäbischen Alb.

Seit 2006 breitet sich der für das Eschentriebsterben verantwortliche Pilz rasant aus und sorgt bei den befallenen Eschen für ein Absterben der Krone. Waren in den vergangenen Jahren lediglich einzelne Bäume befallen, so sind mittlerweile ganze Eschenbestände vom Absterben bedroht. Die vorgeschädigten und geschwächten Bäume werden anfällig für weitere Schaderreger und Folgeerkrankungen. Ein meist damit einhergehender Verlust der Standfestigkeit der Bäume birgt erhebliche Gefahren für die Verkehrs- und Arbeitssicherheit.

Aufgrund der zunehmenden Bedeutung des Eschentriebsterbens hat die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg in diesem Jahr eine zusätzliche Erhebung zum Gesundheitszustand der Esche vorgenommen. Den Ergebnissen ist in diesem Bericht ein eigenes Kapitel gewidmet.

Die Ansprüche und Herausforderungen an unseren multifunktionalen Wald werden sich auch in Zukunft nicht verringern. Anhand der Entwicklung des Eschentriebsterbens zeigt sich erneut, wie wichtig mischbaumartenreiche, mehrschichtige und klimastabile Wälder sind. Eine bunte Baumartenpalette klimaangepasster Arten kann in Ergänzung zu waldbaulichen Konzepten einen Ausfall kompletter Waldbestände vermeiden. Besondere Aufmerksamkeit gilt im kommenden Jahr der weiteren Entwicklung des Borkenkäferbefalls. Der Trockensommer und der warme Herbst veranlassen zu großer Wachsamkeit für das kommende Jahr.

Stuttgart, im Dezember 2015



Alexander Bonde  
Minister für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz

## 2 DAS FORSTLICHE UMWELTMONITORING

Die gesellschaftlichen Ansprüche an die Wälder sind in den letzten Jahrzehnten stark angestiegen. Neben der ökonomischen Bedeutung durch die Bereitstellung des nachwachsenden Rohstoffes Holz erfüllen unsere Wälder zahlreiche Schutz- und Erholungsfunktionen. Wälder stärken durch ihre einzigartigen und sehr verschiedenen Lebensräume die natürliche Artenvielfalt von Pflanzen und Tieren und erhalten somit das Naturerbe für nachfolgende Generationen. Sie dienen als globaler Kohlenstoffspeicher, wirken ausgleichend für das Klima und filtern mit ihrer großen Oberfläche

Schadstoffe aus der Luft. Wälder regulieren den Wasserhaushalt und sichern unser Trinkwasservorkommen und schützen vor Bodenerosion und Lawinen. Zusätzlich haben Wälder eine hohe Bedeutung als vielfältiger Erholungs- und Erlebnisraum.

Um diese vielfältigen Funktionen der Wälder weiterhin aufrecht zu erhalten, ist es im Hinblick auf starke Umweltveränderungen, wie Schadstoffeinträge und Klimawandel, notwendig umfassende Daten zum Zustand der Wälder und deren Reaktion auf auftretende Umwelteinflüsse bereitzustellen (Abb. 1).

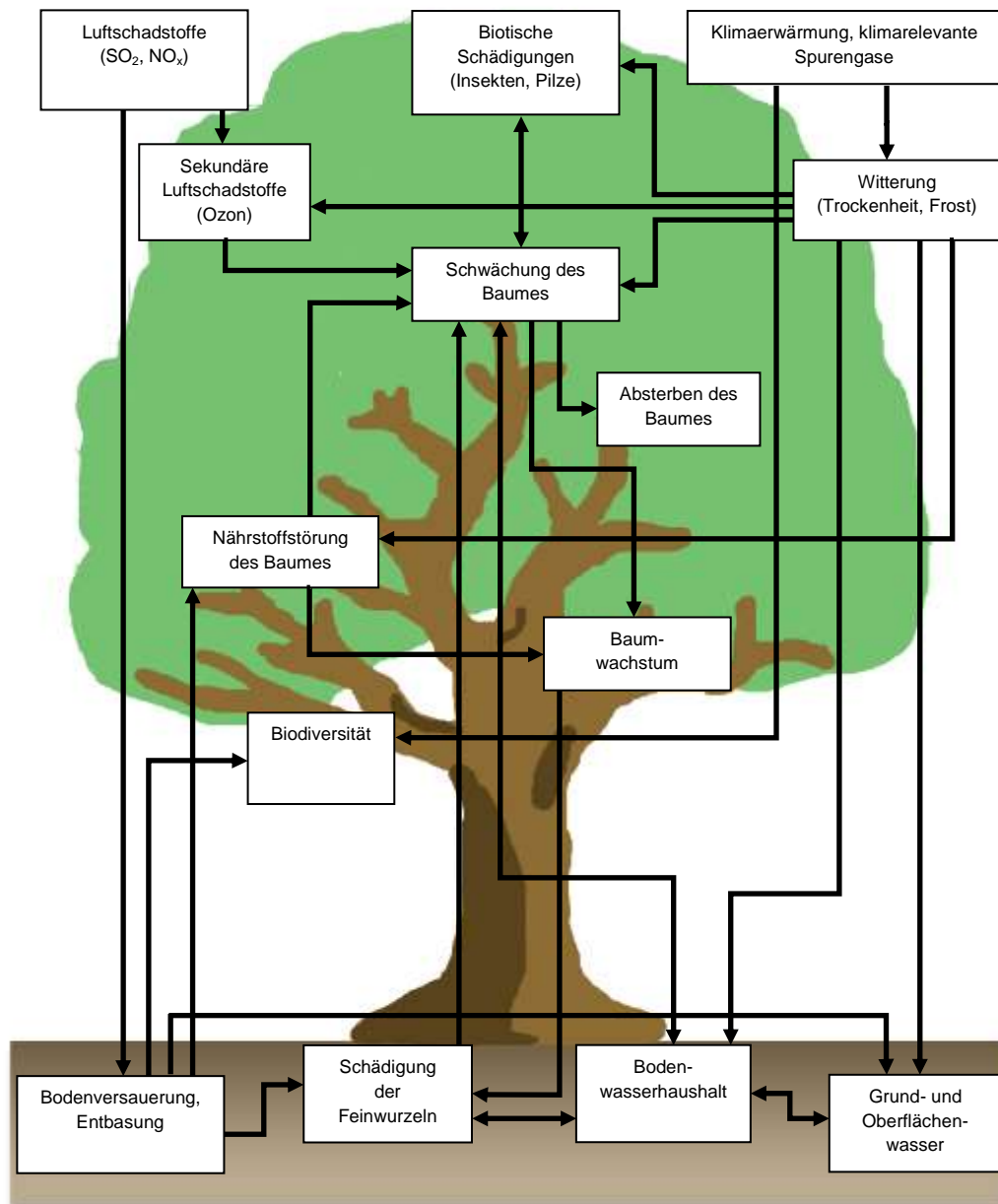


Abb. 1: Einflussfaktoren auf den Waldzustand und deren Wirkungswege

Ziel des Forstlichen Umweltmonitorings ist es, Veränderungen des Waldökosystems frühzeitig zu erkennen und deren Ursache zu ergründen. Die Daten des Forstlichen Umweltmonitorings zeigen langfristige Entwicklungstrends des Waldzustandes auf und bilden somit die Entscheidungsgrundlage geeigneter Maßnahmen zum Schutz der Wälder.

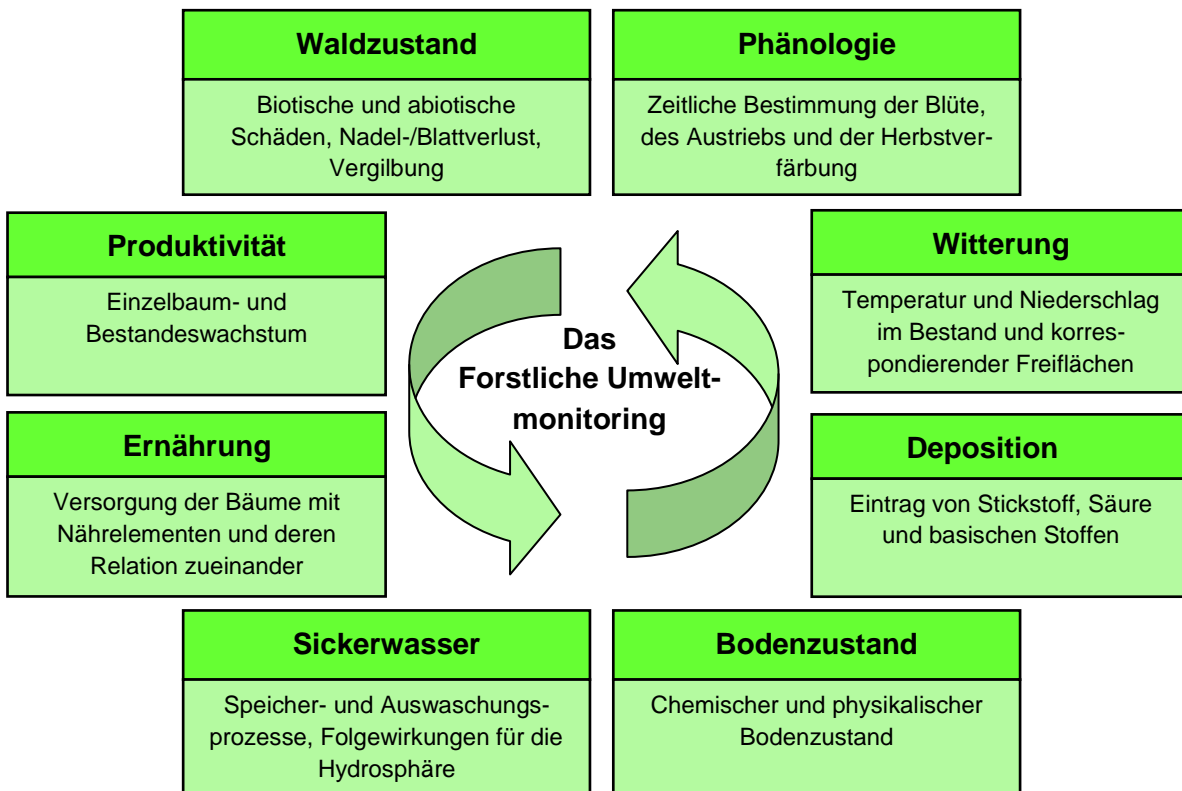
**Aufbau des Umweltmonitorings**

Die Themen des Forstlichen Umweltmonitorings in Baden-Württemberg umfassen zahlreiche Aufnahmeparameter, deren Ergebnisse eine umfassende Analyse des aktuellen Waldzustandes erlauben (Abb. 2). Dabei sind die einzelnen Aufgaben mittlerweile so gut miteinander vernetzt, dass themenübergreifende Auswertungen möglich sind. Neben baumbezogenen Parametern wie dem Kronenzustand, der Phänologie, der Ernährungssituation und dem Wachstum der Waldbäume werden auch standörtliche Parameter wie Bodenzustand und Bodenvegetation, Wasser-, Nähr- und Schadstoffhaushalt sowie der Witterungsverlauf durch das Forstliche Umweltmonitoring untersucht. Systematisch lassen sich zwei Aufnahmeebenen im Forstlichen Umweltmonitoring voneinander unterschei-

<p><b>Versuchsflächen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dauerbeobachtungflächen</li> <li>• Depositionsmessnetz</li> <li>• Stoffflussmessnetz</li> <li>• Waldwachstumsversuchsflächen</li> </ul> <p><b>Rasterstichproben</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Terrestrische Waldschadensinventur (TWI)</li> <li>• Bodenzustandserhebung (BZE) inkl. Ernährungsinventur (IWE)</li> <li>• Bundeswaldinventur (BWI)</li> </ul>
---

*Abb. 3: Systematische Gliederung des Forstlichen Umweltmonitorings in Baden-Württemberg*

den (Abb. 3). Zum einen die systematisch angelegten Rasterstichproben, die als Großrauminventur einen hohen Stichprobenumfang aufweisen und so für das ganze Land repräsentative Ergebnisse liefern. Zum anderen die gezielt ausgewählten Versuchsflächen, die



*Abb. 2: Themen und Messgrößen des Forstlichen Umweltmonitorings*



bei einer geringen Anzahl vergleichsweise intensiv beprobt werden.

### Versuchsflächen

Die Versuchsflächen des Forstlichen Umweltmonitorings wurden i.d.R. als ein Viertel Hektar große, dauerhaft instrumentierte Flächen angelegt. Je nach Untersuchungsschwerpunkt sind die räumliche Lage, die standörtlichen Verhältnisse oder die Baumartenzusammensetzung ausschlaggebend für die Auswahl der Flächen, wobei sie in ihrer Gesamtheit die wichtigsten Naturräume Baden-Württembergs exemplarisch repräsentieren sollen. Auf den Versuchsflächen wird eine Vielzahl von Umweltparametern aufgenommen, deren Messintensität durch eine sehr hohe zeitliche und räumliche Auflösung gekennzeichnet ist. Ziel ist es, ursachenbezogene Untersuchungen punktbezogen durchzuführen, um die Wechselwirkungen der Umweltfaktoren und deren Wirkung auf das Ökosystem Wald besser erklären zu können.

Zu den Versuchsflächen zählen die Dauerbeobachtungsflächen, die Versuchsflächen des Depositions- und Stoffflussmessnetzes, die Klimamessstationen sowie waldwachstumskundliche Flächen (Abb. 3).

### Rasterstichproben

Die Rasterstichproben sind Schnittpunkte eines systematisch angelegten Stichprobennetzes. Dabei wird an den Schnittpunkten, die auf ein Waldgebiet fallen, ein Aufnahmepunkt angelegt, unabhängig von Baumalter, Standort oder sonstigen Kriterien. Die Auswahl der Probestämme geschieht nach einer vorher festgelegten Zufallsauswahl. Die Aufnahmen der Rasterstichproben liefern für Baden-Württemberg bzw. einzelne Regionen flächenrepräsentative Ergebnisse. Zu den Rasterstichproben zählt die Terrestrische Waldschadensinventur (TWI), die Bodenzustandserhebung (BZE) sowie die Ernährungsinventur, die der BZE angekoppelt ist (Abb. 3). Alle Untersuchungen werden auf den gleichen Stichprobenpunkten durchgeführt. Zudem werden in regelmäßigen Abständen waldwachstumskundliche Untersuchungen nach der Methodik der Bundeswaldinventur (BWI) an den Rasterstichproben des 8x8 km-Netzes vorgenommen. Durch das Zusammenführen der verschiedenen Untersuchungen

auf identische Rasterpunkte wird eine Verknüpfung der unterschiedlichen Aufnahmeparameter für integrierende Auswertungen ermöglicht.

### Terrestrische Waldschadensinventur

Die Terrestrische Waldschadensinventur (TWI) untersucht den Kronenzustand der Waldbäume in Baden-Württemberg. Dafür werden an jedem Aufnahmepunkt der Rasterstichprobe systematisch 24 Bäume, unabhängig von Baumart und Baumalter, ausgewählt und dauerhaft markiert, so dass in der jährlichen Kronenzustandsaufnahme immer dieselben Bäume einbezogen werden können. Fallen Bäume aus

**Tab. 1:** Aufnahmedichten der Waldschadensinventur in Baden-Württemberg seit 1985

Jahr	Rasternetz	Punkte	Bäume
1985	4x4 km	1.874	41.102
1986	4x4 km	1.923	42.166
1987	8x8 km	784	17.025
1988	8x8 km	792	17.183
1989	4x4 km	703	15.572
1990	16x16 km	49	1.088
1991	4x4 km	799	19.112
1992	16x16 km	48	1.152
1993	16x16 km	48	1.152
1994	4x4 km	778	18.515
1995	16x16 km	47	1.128
1996	16x16 km	47	1.128
1997	4x4 km	796	18.882
1998	16x16 km	46	1.104
1999	16x16 km	47	1.128
2000	16x16 km	48	1.145
2001	4x4 km	727	17.297
2002	16x16 km	49	1.170
2003	16x16 km	49	1.170
2004	16x16 km	48	1.146
2005	8x8 km	275	6.524
2006	8x8 km	272	6.463
2007	8x8 km	272	6.454
2008	8x8 km	277	6.590
2009	8x8 km	279	6.641
2010	8x8 km	283	6.743
2011	8x8 km	283	6.739
2012	8x8 km	292	6.951
2013	8x8 km	294	6.978
2014	8x8 km	293	6.964
2015	8x8 km	294	6.978

dem Stichprobenkollektiv aus, z.B. durch forstliche Nutzung, Sturmwurf oder Käferbefall, werden sie nach Möglichkeit durch unmittelbar in Nachbarschaft stehende Bäume ersetzt. In der bisherigen Aufnahmeperiode der Waldschadensinventur wurden in Baden-Württemberg unterschiedliche Aufnahmeraster des 16x16, 8x8 und 4x4 km-Netzes verwendet (Tab. 1). Seit dem Jahr 2005 werden alle Aufnahmen der Rasterstichproben zur besseren Interpretation der Ergebnisse auf dem 8x8 km-Netz durchgeführt (AUGUSTIN 2006).

Die Veränderung des Kronenzustandes ist ein einfacher, nachvollziehbarer Weiser zur Beurteilung des Vitalitätszustandes der Waldbäume. Hauptkriterium zur Beurteilung des Kronenzustandes sind der Nadel-/Blattverlust und der Grad der Vergilbung der vorhandenen Nadeln bzw. Blätter. Beide Merkmale werden in 5-Prozentstufen erhoben und anschließend zu sogenannten Kombinations-Schadstufen zusammengeführt (Tab. 2). Zusätzlich werden im Rahmen einer Differentialdiagnose alle weiteren Baummerkmale, die den Kronenzustand beeinflussen, erhoben. Hierunter fallen insbesondere Schäden durch Insekten (z.B. durch blattfressende Raupen oder holzbrütende

Käferarten), Schäden durch extreme Witterungseinflüsse (z.B. Trockenstress oder Frost) und Schadsymptome aufgrund mangelnder Nährstoffversorgung.

### Qualitätssicherung

Die hohe Datenqualität der Waldschadensinventur wird in Baden-Württemberg durch zahlreiche Maßnahmen der Qualitätssicherung gewährleistet. Jeweils vor den Außenaufnahmen der Waldschadensinventur findet jährlich sowohl auf Bundes- als auch auf Landesebene ein Abstimmungs- und Schulungskurs statt, um eine hohe Datenqualität und eine einheitliche Ansprache der erhobenen Merkmale sicherzustellen. Dadurch ist es möglich, den Waldzustand räumlich und zeitlich vergleichbar abzubilden. Zusätzlich werden in regelmäßigen Abständen internationale Trainingskurse zur Beurteilung von Baumkronen durchgeführt. Der diesjährige bundesdeutsche Abstimmungskurs mit Teilnehmern aller Bundesländer wurde wie bereits im Jahr zuvor von der FVA Baden-Württemberg durchgeführt und organisiert (Abb. 4). Die Anspracheübungen fanden an den dafür eingerichteten Schulungspfaden der FVA im Schwarzwald und der Vorbergzone statt. Auf denselben Schulungspfaden wird auch die jährliche, landesweite Schulung der Aufnahmetrupps Baden-Württemberg durchgeführt, so dass eine einheitliche Ansprache des Waldzustandes gewährleistet wird. Als zusätzliche Hilfestellung zur Ansprache der Kronenverlichtung dienen bundesweit abgestimmte Bilderserien (Abb. 7).

Um die Datenqualität weiter zu verbessern, werden bei der Waldschadensinventur nur erfahrene Forstsachverständige eingesetzt. Zudem werden umfängliche Plausibilitätsanalysen und Kontrollerhebungen seitens der FVA Baden-Württemberg durchgeführt.

### Internationale Einbindung

Das Forstliche Umweltmonitoring Baden-Württembergs ist sowohl in nationale wie auch in internationale Programme eingebunden. Von den 306 zur Verfügung stehenden Rasterstichproben liegen insgesamt 52 Aufnahmepunkte Baden-Württembergs auf dem europäischen 16x16 km-Netz. Diese sind Bestandteil des Europäischen Forstlichen Umweltmonitoring-Programms „Level I“ und werden zur Beurteilung des nationalen und des europäischen Waldzustandes

Tab. 2: Schadstufenberechnung

Stufen	Nadel-/Blattverlust	Vergilbung
0	0% - 10%	0% - 10%
1	11% - 25%	11% - 25%
2	26% - 60%	26% - 60%
3	61% - 99%	>60%
4	100%	

Kombinations-Schadstufen				
Nadel-/Blattverluststufe	Vergilbungsstufe			
	0	1	2	3
0	0	0	1	2
1	1	1	2	2
2	2	2	3	3
3	3	3	3	3
4	4			

<b>Schadstufe 0:</b>	ungeschädigt		
<b>Schadstufe 1:</b>	schwach geschädigt	<b>Warnstufe</b>	
<b>Schadstufe 2:</b>	mittelstark geschädigt		
<b>Schadstufe 3:</b>	stark geschädigt	<b>deutlich geschädigt</b>	
<b>Schadstufe 4:</b>	abgestorben		

herangezogen. Das „Level I Netz“ umfasst die Terrestrische Waldschadensinventur (TWI) und die Bodenzustandserhebung (BZE).

Von den Versuchsflächen Baden-Württembergs sind insgesamt fünf Intensivmessflächen mit jeweils einem Fichten- und einem Buchenplot in das Europäische Umweltmonitoring-Programm „Level II“ eingebunden. Somit stehen die Ergebnisse der landesweiten Erhebung Baden-Württembergs auch für übergreifende Auswertungen auf nationaler und internationaler Ebene zur Verfügung.

### Durchführung der TWI 2015

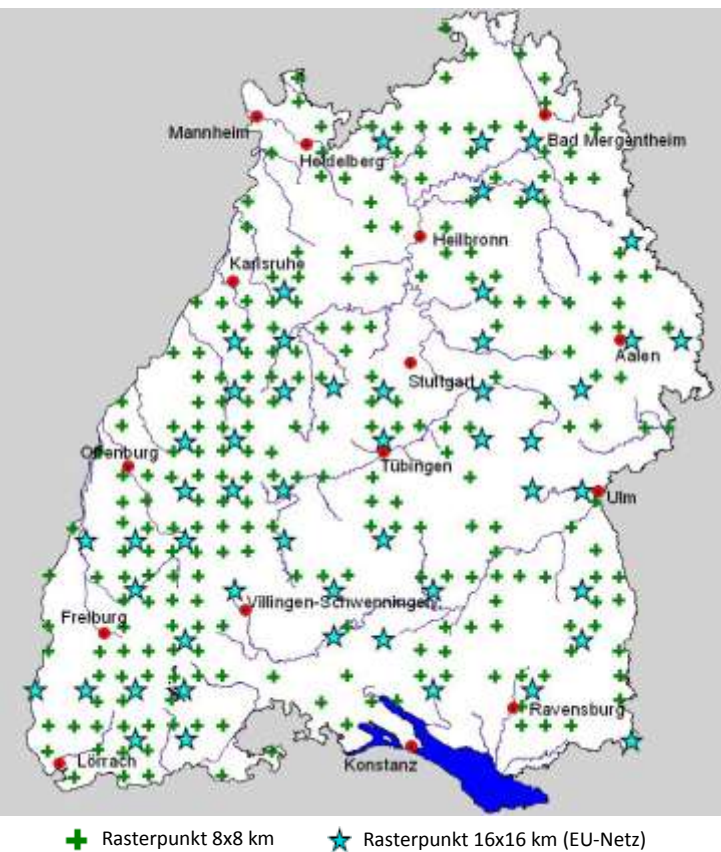
Die Terrestrische Waldschadensinventur 2015 wurde wie bereits in den letzten Jahren durch Forstliche Sachverständige auf dem 8x8 km Aufnahmenetz durchgeführt (Abb. 5). Die Aufnahmen fanden im Zeitraum vom 16. Juli bis 14. August 2015 nach eingehender Schulung der Aufnahmeteams statt. Von den insgesamt 306 Stichprobenpunkten des 8x8 km Netzes, die in Baden-Württemberg maximal zur Verfügung stehen, konnten dieses Jahr 294 Punkte regulär aufgenommen werden (Tab. 3).



**Abb. 4:** Teilnehmer des Bundesinventurleiterkurses auf Schulungspfaden der FVA-Baden-Württemberg (Foto: R. Hoch)

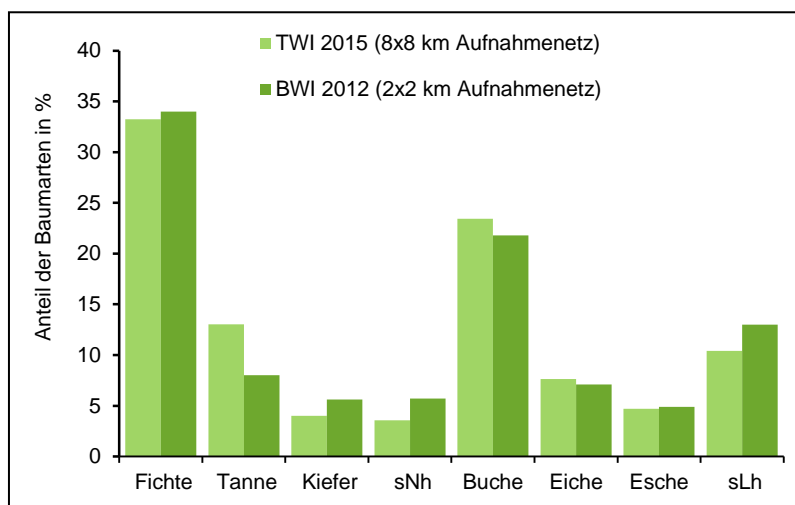
**Tab. 3:** Anzahl untersuchter Probestämme der Waldschadensinventur 2015

Anzahl untersuchter Probestämme TWI 2015		Fichte	Tanne	Kiefer	sonstige Nadelbäume	Buche	Eiche	Esche	sonstige Laubbäume	Summe	Stichprobenpunkte
Wuchsgebiete	Oberrhinesisches Tiefland	0	0	18	20	33	60	82	208	421	18
	Odenwald	54	10	11	45	100	34	6	28	288	12
	Schwarzwald	1.053	702	82	69	363	34	20	109	2.432	102
	Neckarland	234	176	142	59	730	376	119	231	2.067	87
	Baar-Wutach	48	7	2	0	8	0	0	3	68	3
	Schwäbische Alb	437	7	20	18	203	5	17	60	767	32
	Südwestdeutsches Alpenvorland	493	6	4	38	197	24	85	88	935	40
Gesamt Baden-Württemberg	bis 60 Jahre	680	125	49	114	440	150	165	529	2.252	/
	ab 61 Jahre	1.639	783	230	135	1.194	383	164	198	4.726	/
	Summe	2.319	908	279	249	1.634	533	329	727	6.978	294



**Abb. 5:** Räumliche Verteilung der Rasterstichprobenpunkte des 8x8 und 16x16 km-Netzes

An 12 Stichprobenpunkten konnten derzeit keine Untersuchungen zum Waldzustand vorgenommen werden, da aus verschiedenen Gründen, wie z.B. Sturmwurf oder Holznutzung, nicht genügend Bäume in ausreichender Höhe von über 60 cm zur Verfügung



**Abb. 6:** Vergleich der Baumartenanteile zwischen den Aufnahmen der Waldschadensinventur 2015 und der dritten Bundeswaldinventur für Baden-Württemberg (Eiche: Gruppe aus Stiel- und Traubeneiche)

standen. Diese Stichprobenpunkte werden im Laufe der nächsten Jahre wieder in die Waldschadensinventur miteinbezogen.

Für die Waldschadensinventur 2015 wurde der Kronenzustand von insgesamt 6.978 Bäumen in Baden-Württemberg untersucht. Dabei nimmt die Baumart Fichte mit insgesamt 2.319 Bäumen den größten Anteil ein, gefolgt von der Buche mit 1.634 Bäumen. Während der Anteil der Fichte in den Wuchsgebieten Schwarzwald, Südwestdeutsches Alpenvorland und Schwäbische Alb am höchsten ist, ist die Buche in den Wuchsgebieten Neckarland und Odenwald die dominierende Baumart. Im Oberrheinischen Tiefland sind die sonstigen Laubbölder, wie Esche, Roteiche, Ahorn und Erle mit hohen Anteilen vertreten. Die großen und walddreichen Wuchsgebiete Schwarzwald und Neckarland sind mit jeweils über 2.000 Bäumen am stärksten in der Stichprobe der Waldschadensinventur vertreten. Landesweit entfallen von allen untersuchten Bäumen etwa ein Drittel in die Altersgruppe „bis 60 Jahre“ und zwei Drittel auf die Altersgruppe „ab 61 Jahre“.

Verglichen mit den Baumartenanteilen, die bei der Bundeswaldinventur 2012 auf einem 2x2 km-Raster für Baden-Württemberg erhoben wurden, ist für die meisten Baumarten eine hohe Übereinstimmigkeit der landesweiten Anteile zwischen Waldschadensinventur und Bundeswaldinventur zu erkennen (Abb. 6).

Insbesondere die beiden am häufigsten vorkommenden Baumarten Fichte und Buche unterscheiden sich in ihren Anteilen zwischen den beiden Großrauminventuren kaum. Lediglich bei der Baumart Tanne ergeben sich zwischen beiden Inventuren größere Unterschiede. Der Anteil der Tannen ist bei der Waldschadensinventur etwas erhöht, da der Schwarzwald mit seinen hohen Tannenvorkommen aufgrund der großen zusammenhängenden Waldfläche in der 8x8 km-Stichprobe überproportional vertreten ist. Über drei Viertel aller Tannen der Waldschadensinventur stehen im Schwarzwald.



**Abb. 7:** Eichenkronen mit ansteigender Kronenverlichtung von links oben nach rechts unten: 5 Prozent, 25 Prozent, 50 Prozent und 90 Prozent Blattverlust (aus: AG KRONENZUSTAND 2007)

### Auswertung

Die Ergebnisse der Terrestrischen Waldschadensinventur werden gewichtet auf die Baumartenflächen Baden-Württembergs berechnet und waldfächenbezogen dargestellt. Für die Gewichtung wurden die aktuellen Zahlen der dritten Bundeswaldinventur für Baden-Württemberg herangezogen. Damit sind die Ergebnisse der einzelnen Stichprobenbäume entsprechend ihrem aktuellen Vorkommen in Baden-Württemberg berücksichtigt. Die Berechnung des mittleren Nadel-/Blattverlustes wird mit einem Vertrauensbereich von 95 Prozent dargestellt, das bedeutet, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von mindestens 95 Prozent der wahre Wert innerhalb dieses Bereiches liegt. Der Vertrauensbereich hängt stark von der Anzahl der untersuchten Bäume ab.

Zur näheren Untersuchung der Waldschäden wurde in den letzten Jahren mit den Daten der Waldschadensinventur ein statistisches Modell entwickelt, welches den Nadel-/Blattverlust als Funktion des Baumalters,

der räumlichen Lage der Aufnahmepunkte und der Zeit darstellt (AUGUSTIN et al. 2009). Der Vorteil dieses Raum-Zeit-Modells ist es, dass die Ergebnisse durch Korrelationen in Raum und Zeit mit deutlich kleinerem Fehlerrahmen dargestellt werden können. Daher wird das Modell genutzt, um die Ergebnisse der einzelnen Baumarten im zeitlichen Trend in den Wuchsgebieten darzustellen und die räumliche Entwicklung der Hauptbaumarten Fichte und Buche für ganz Baden-Württemberg aufzuzeigen.

### 3 ERGEBNISSE DER KRONENZUSTANDSERHEBUNG

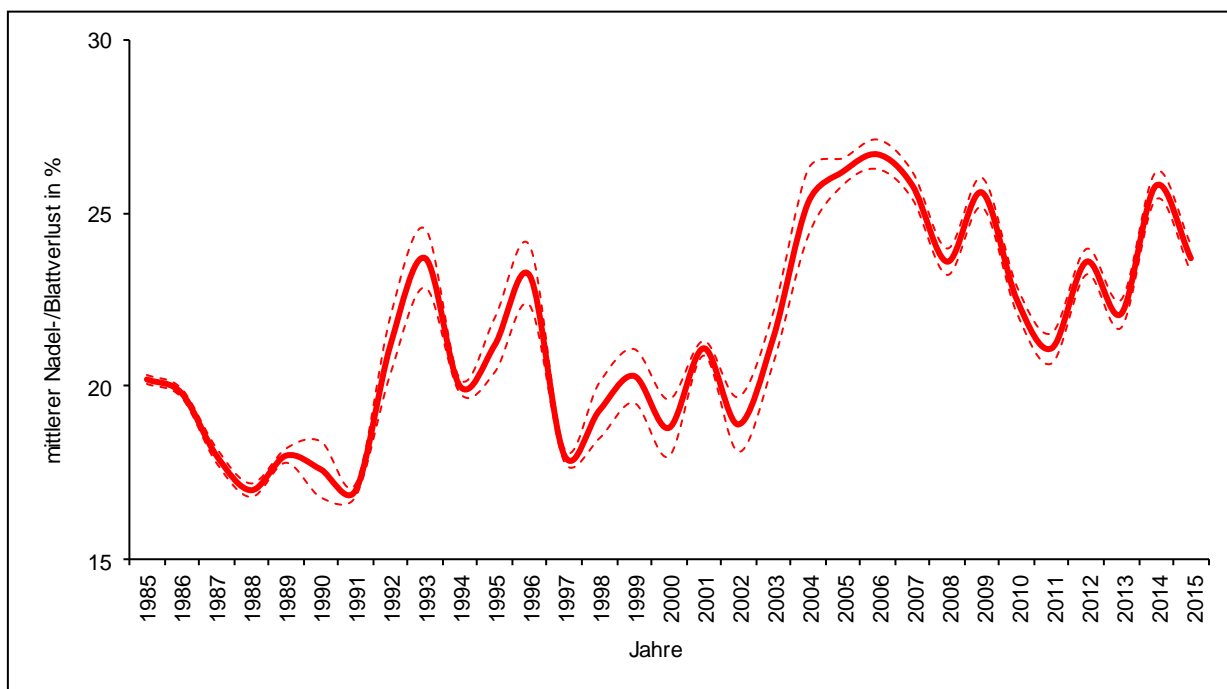
#### Der Wald in Baden-Württemberg

Der Kronenzustand der Wälder Baden-Württembergs hat sich gegenüber dem Vorjahr verbessert. Die mittlere Kronenverlichtung über alle Baumarten und Altersstufen verringert sich um 2,1 Prozentpunkte auf 23,7 Prozent (Abb. 8). Damit ist eine Verbesserung des Waldzustandes in diesem Jahr festzustellen, wenn auch der Schädigungsgrad der Wälder bezogen auf die bisherige Aufnahmeperiode der Waldschadensinventur seit 1985 weiterhin hoch bleibt.

Während im Jahr 2014 landesweit an sehr vielen Bäumen eine starke Blüh- und Fruchtbildung beobachtet wurde, die im letzten Jahr vor allem bei Fichte und Buche zu einer deutlichen Verschlechterung des Kronenzustandes führte, war in diesem Jahr nur eine geringe Fruchtbildung der Bäume zu erkennen. Eine physiologische Belastung der Bäume aufgrund von starker Fruchtbildung blieb somit aus und ermöglichte eine Regeneration der Baumkronen. Auch der heiße und trockene Hochsommer wirkte sich bis zum Zeitpunkt der Waldschadensinventur Mitte August nur geringfügig auf den Kronenzustand der Wälder aus. Die Waldbäume waren lange Zeit durch

reichlich gespeichertes Bodenwasser und Niederschläge während des Frühjahrs ausreichend mit Wasser versorgt. Erst im späteren Verlauf des Sommers ging der Wasservorrat regional auch in tieferen Bodenschichten derart zurück, dass erste Stressreaktionen an Waldbäumen auf trockenen Standorten zu beobachten waren (Abb. 9). Die Auswirkung des Trockensommers 2015 auf den Kronenzustand kann deshalb noch nicht abschließend bewertet werden.

Die Erholung des Kronenzustandes der Waldbäume wurde im Jahr 2015 zudem durch ein eher geringes Auftreten von Schadinsekten begünstigt. Zwar traten landesweit Schädigungen durch blattfressende Insekten auf, wie zum Beispiel an Eiche oder Buche, jedoch war die Intensität der Schäden meist nur gering. Auch konnten bis zur Aufnahme der Waldschadensinventur Mitte August keine größeren Schäden durch den Fichtenborstenkäfer festgestellt werden. Zunehmender Borstenkäferbefall wurde erst im weiteren Verlauf des Sommers beobachtet. Während die Schädlingsbelastung der Wälder Baden-Württembergs im Jahr 2015 insgesamt als eher gering einzustufen ist,



**Abb. 8:** Entwicklung des mittleren Nadel-/Blattverlusts aller Bäume in Baden-Württemberg (gestrichelte Linien geben den Vertrauensbereich von 95 Prozent an)



**Abb. 9:** Erste Trockenstresssymptome nach dem heißen Sommer 2015 traten, wie hier im Jagsttal, oftmals zunächst an flachgründigen Hängen auf, jedoch meist erst im späteren Verlauf des Sommers (Foto: S. Meinung)

wird landesweit ein zunehmender Befall des Eschentriebsterbens beobachtet. Waren zunächst nur einzelne Eschen von der durch einen Pilz ausgelösten Krankheit betroffen waren, sind nun landesweit ganze Eschenbestände massiv vom Absterben bedroht. Um die landesweit erhobenen Ergebnisse der Waldschadensinventur für die Esche weiter abzusichern, wurde in diesem Jahr von der FVA Baden-Württemberg auf den Punkten der Bundeswaldinventur eine zusätzliche Erhebung zum Gesundheitszustand der Esche durchgeführt. Die Untersuchung verdeutlicht das Ausmaß des Eschentriebsterbens und dessen Auswirkungen auf bestehende Eschenbestände in Baden-Württemberg. Die Ergebnisse sind in Kapitel 7 ausführlich dargestellt.

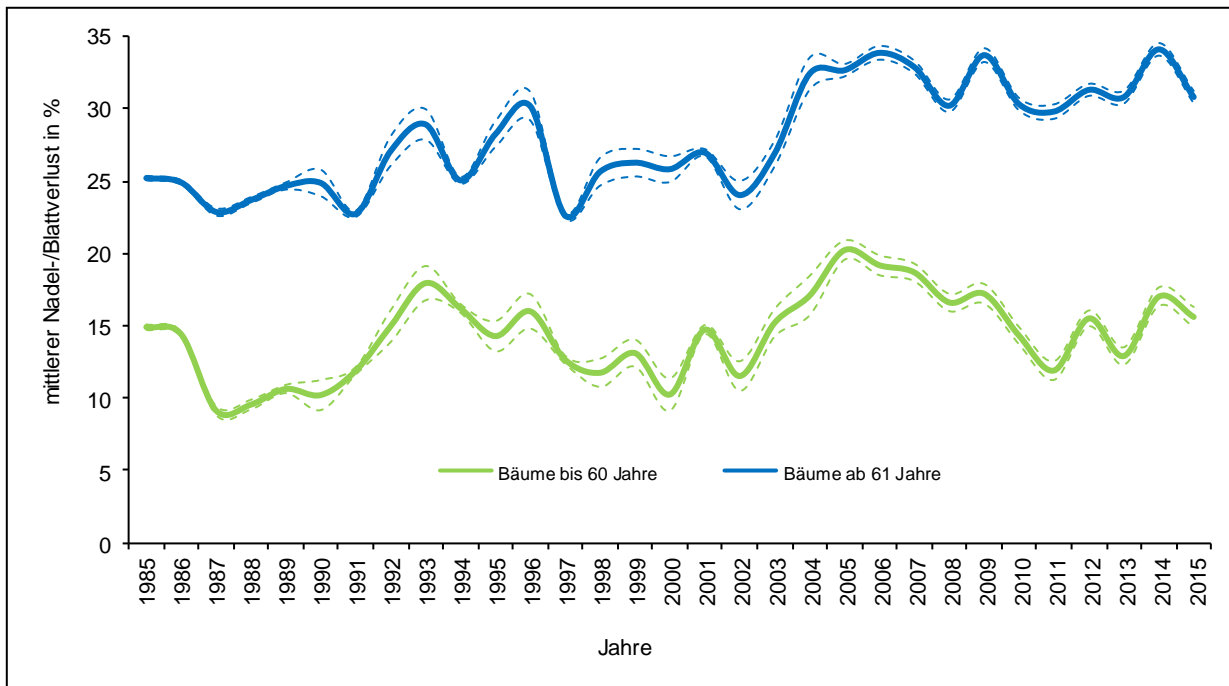
### Altersgruppen

Der Kronenzustand der Waldbäume hängt stark mit dem Alter der Bäume zusammen. Junge Bäume weisen gegenüber älteren Bäumen häufig eine geringere Kronenverlichtung auf. Die Ergebnisse der Waldschadensinventur zeigen einen starken Anstieg der Kronenverlichtung bis zum einem Baumalter von etwa 60 Jahren. Danach nehmen die Kronenschäden nur noch geringfügig zu. Dieser Effekt kann nicht allein durch einen physiologisch bedingten Alterungsprozess erklärt werden, sondern muss vielmehr als eine

erhöhte Anfälligkeit gegenüber Schädigungen verstanden werden, die durch eine langfristige Akkumulation von Stressfaktoren ausgelöst wird. Beispielsweise kann mit steigendem Alter der Bäume eine zunehmende Schädigung der Feinwurzeln auf versauerten Böden beobachtet werden, die zu einer reduzierten Wasser- und Nährstoffaufnahme führen kann.

Die Ergebnisse der Waldschadensinventur 2015 zeigen sowohl für die Bäume der Altersgruppe „bis 60 Jahre“ als auch für Bäume „ab 61 Jahre“ eine Verbesserung im Kronenzustand (Abb. 10). Während die jüngeren Bäume einen mittleren Nadel-/Blattverlust von 15,6 Prozent aufweisen und damit 1,4 Prozentpunkte unterhalb des Vorjahres liegen, verringert sich der Nadel-/Blattverlust der älteren Bäume um 3,3 Prozentpunkte auf 30,8 Prozent. Insbesondere das Ausbleiben einer physiologischen Belastung durch starken Fruchtbehang führt bei den Bäumen der älteren Altersgruppe, d.h. bei den Bäumen im blühfähigen Alter, zu einer deutlich stärkeren Verringerung der Kronenverlichtung.

In der bisherigen Beobachtungsperiode der Waldschadensinventur zeigen die Bäume der jüngeren Altersgruppe durchgängig einen niedrigeren Nadel-/Blattverlust als die älteren Bäume. Auffällig ist dabei die weitgehend parallele Entwicklung, d.h. die Reaktion



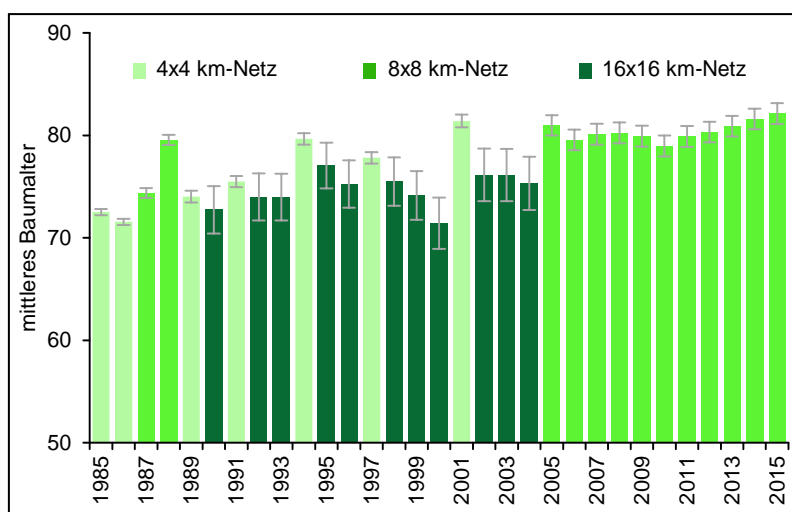
**Abb. 10:** Entwicklung des mittleren Nadel-/Blattverlusts aller Bäume nach Altersgruppen (gestrichelte Linien geben den Vertrauensbereich von 95 Prozent an)

der unterschiedlich alten Bäume auf Belastungen der einzelnen Jahre verläuft weitestgehend gleich, wenn auch auf stark unterschiedlichem Schadniveau.

Das durchschnittliche Baumalter der Stichprobenbäume hat sich in den letzten 10 Jahren, in denen die Waldschadensinventur in Baden-Württemberg kontinuierlich auf dem 8x8 km-Netz erhoben wurde, kaum verändert (Abb. 11). Das mittlere Baumalter der Stichprobenbäume beträgt aktuell 82 Jahre und ist damit lediglich um ein Jahr höher als noch im Jahr 2005. Ein Alterstrend ist in diesem Zeitraum nicht zu

erkennen. Dies ist durch das Ausscheiden älterer Bäume erklärbar, die nach den Vorgaben der Waldschadensinventur oftmals durch jüngere Bäume ersetzt werden.

In den Aufnahmejahren der Waldschadensinventur vor 2005 sind in Abhängigkeit mit dem jeweiligen Aufnahmenetz (4x4 oder 16x16 km) größere Sprünge im durchschnittlichen Baumalter der Stichprobenbäume feststellbar. Ein einheitlicher, den Kronenzustand der Bäume beeinflussender Alterstrend ist aber auch in dieser Beobachtungsperiode nicht zu erkennen.



**Abb. 11:** Entwicklung des durchschnittlichen Baumalters der Stichprobenbäume der Waldschadensinventur



## Vergilbung

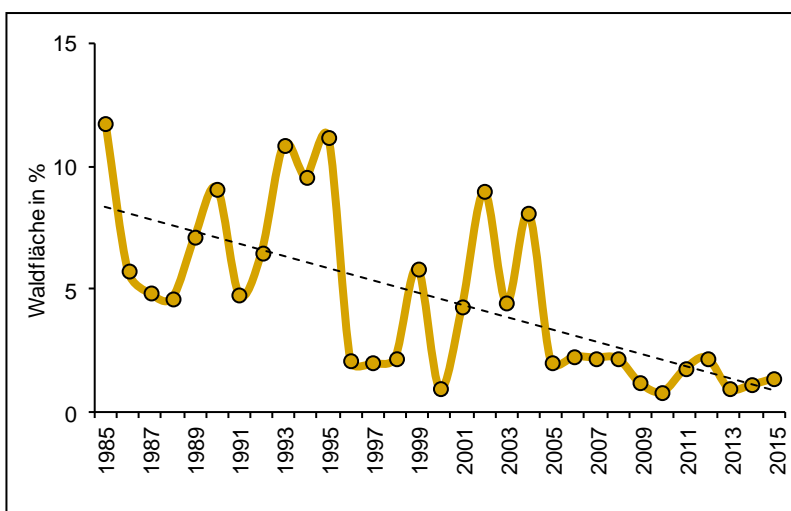
Eine gelbliche Verfärbung von Nadeln und Blättern weist oftmals auf einen akuten Nährstoffmangel der Bäume hin. Vor allem ein Mangel an Magnesium kann in Bäumen zu einer Schädigung führen und eine typische Vergilbung von Nadel bzw. Blättern auslösen (Abb. 12).

In den letzten Jahren ist die Waldfläche mit Vergilbungserscheinungen in Baden-Württemberg deutlich rückläufig. Derzeit treten lediglich auf 1,4 Prozent der Waldfläche Bäume mit Vergilbungssymptomen auf (Abb. 13). Bis Mitte der 1990er Jahre waren dagegen Vergilbungserscheinungen an Waldbäumen in Baden-Württemberg noch weit verbreitet. Vor allem auf exponierten Standorten führten hohe Schwefel- und Stickstoffeinträge zu einer Auswaschung des im Boden gebundenen Magnesiums und somit zu einer langfristigen Versauerung der Böden. Mangelsymptome, wie u.a. eine Vergilbung der Blattorgane, waren die Folge. Der sichtbare Rückgang der Nadel- und Blattvergilbung in Baden-Württemberg kann als Erfolg einer konsequenten Luftreinhaltungspolitik angesehen werden. Die drastische Reduzierung von Luftschadstoffen, v.a. die Reduktion von Schwefeldioxid, führte innerhalb weniger Jahrzehnte zu einer merklichen Entspannung der Versauerungstendenz in den Waldböden. Doch die bisherige Versauerung bleibt als „Altlast“ zurück, so dass weitere Maßnahmen, wie die Bodenschutzkalkung und ein Waldumbau zu stabilen und standortgerechten Mischbeständen weiterhin nötig sind, um eine Regeneration der Böden zu



**Abb. 12:** Stark vergilbte Nadeln einer Fichte  
(Foto: S. Meinung)

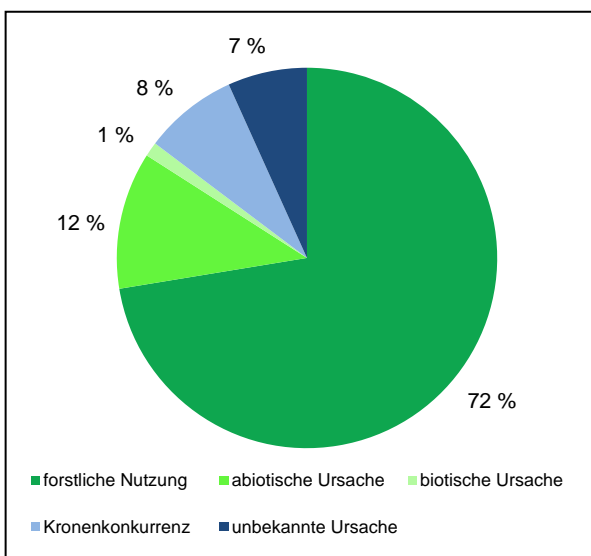
bewirken und somit den Nährstoffhaushalt der Bäume langfristig zu verbessern. Die Ergebnisse der zweiten Bodenzustandserhebung zeigen zudem, dass im Zeitraum 1992 bis 2008 ein massiver Abbau von Humusaufgaben in den Wäldern stattgefunden hat, aus denen die Pflanzen wichtige Nährstoffe, u.a. auch Magnesium, aufnehmen können. Dies führt zu einer kurzfristigen Verbesserung des Nährstoffhaushalts der Bäume. Eine dauerhafte Versorgung der Waldbäume mit Nährelementen lässt sich aber rein über den Humusabbau nicht generieren (MEINING et al. 2012).



**Abb. 13:** Anteil der vergilbten Waldfläche in Baden-Württemberg  
(gestrichelte Linie: linearer Trend von 1985 bis 2015)

## Ausgefallene Bäume

An den Aufnahmepunkten der diesjährigen Waldschadensinventur Baden-Württembergs sind insgesamt 164 Bäume ausgefallen. Dies entspricht einer leicht unterdurchschnittlichen Ausfallrate von 2,4 Prozent. Der weit überwiegende Anteil der ausgefallenen Bäume (72 Prozent) wurde durch eine geplante forstliche Nutzung aus den Waldbeständen entnommen (Abb. 14). Bei 12 Prozent der Bäume wurde eine abiotische Ausfallursache, wie z.B. Sturmwurf oder Schneebruch, ermittelt. Acht Prozent der Bäume sind durch Kronenkonkurrenz aus dem Stichprobenkollektiv ausgeschieden. Bei lediglich einem Prozent der Bäume wurden biotische Gründe (z.B. Käferbefall) als Ausfallursache benannt. Bei insgesamt sieben Prozent der ausgefallenen Bäume konnte keine eindeutige Ausfallursache bestimmt werden.



**Abb. 14:** Prozentualer Anteil der Stichprobenbäume nach Ausfallgrund

## Mortalität

Die Mortalitätsrate errechnet sich aus den im aktuellen Jahr abgestorbenen Bäumen, die bei der Waldschadensinventur noch stehend im Bestand vorhanden waren. Im Gegensatz zu den ausgefallenen Bäumen sind diese stehend abgestorbenen Bäume weiterhin Bestandteil der Kronenzustandserhebung und gehen mit 100 Prozent Nadel- bzw. Blattverlust in die Bewertung ein. Im Jahr 2015 liegt die Mortalitätsrate bei 0,14 Prozent und ist damit etwas niedriger als im Vorjahr. Bezogen auf die gesamte bisherige Aufnah-

meperiode liegt die Mortalitätsrate 2015 in etwa auf dem langjährigen Mittelwert der Waldschadensinventur in Baden-Württemberg. Eine Auswirkung der extremen Sommertrockenheit 2015 auf die Absterberate der Bäume konnte durch die bereits Mitte August abgeschlossene Waldschadensinventur nicht festgestellt werden. Inwieweit nach der Inventur aufgrund der anhaltenden Trockenheit vermehrt Absterbeprozesse stattfanden, wird sich erst durch die nächstjährige Aufnahme abschließend klären.

## Schadstufen

Aus den Aufnahmeparametern Nadel-/Blattverlust und Vergilbung der Waldschadensinventur errechnen sich die Schadstufen, die einen schnellen und zusammenfassenden Überblick über den aktuellen Waldzustand ermöglichen. Für die Waldschadensinventur 2015 zeigt sich ein Anstieg der ungeschädigten Waldfläche (Schadstufe 0). Ihr Anteil erhöht sich um fünf Prozentpunkte auf nunmehr 29 Prozent (Tab. 4). Dagegen erhöht sich der Anteil der schwach geschädigten Waldfläche (Schadstufe 1) gegenüber dem Vorjahr mit einem Prozentpunkt auf 35 Prozent lediglich leicht. Stark verringert hat sich hingegen der Anteil der mittelstark geschädigten Waldfläche (Schadstufe 2). Ihr Anteil zeigt gegenüber dem Vorjahr eine Abnahme von sechs Prozentpunkten auf nunmehr 33 Prozent. Der Anteil der stark geschädigten Waldfläche (Schadstufe 3 bzw. 4) bleibt wie bereits in den letzten sechs Jahren mit drei Prozent konstant. Die deutlich geschädigte Waldfläche Baden-Württembergs, als Zusammenfassung der Schadstufen 2 bis 4, verringert sich demnach um sechs Prozentpunkte auf 36 Prozent.

**Tab. 4:** Schadstufenverteilung und mittlerer Nadel-/Blattverlust 1985 bis 2015 in Prozent

Jahr	Schadstufe 0	Schadstufe 1	Schadstufe 2	Schadstufen 3 und 4	Schadstufe 2 bis 4 (deutliche Schäden)	mittlerer NBV in %
1985	34	39	25	2	27	20,0
1986	35	42	21	2	23	19,0
1987	40	39	20	1	21	18,0
1988	41	42	16	1	17	17,0
1989	40	40	18	2	20	17,7
1990	37	44	17	2	19	17,6
1991	39	44	16	1	17	17,2
1992	26	50	21	3	24	21,2
1993	23	46	27	4	31	23,7
1994	35	40	23	2	25	20,1
1995	29	44	25	2	27	21,2
1996	25	40	34	1	35	23,2
1997	40	41	18	1	19	17,7
1998	32	44	23	1	24	19,3
1999	31	44	24	1	25	20,3
2000	38	38	23	1	24	18,8
2001	29	42	27	2	29	21,1
2002	37	39	22	2	24	18,9
2003	26	45	28	1	29	21,4
2004	23	37	36	4	40	25,3
2005	19	38	40	3	43	26,2
2006	23	32	40	5	45	26,7
2007	22	38	36	4	40	25,8
2008	25	40	32	3	35	23,6
2009	26	32	38	4	42	25,6
2010	32	33	32	3	35	22,5
2011	38	29	30	3	33	21,1
2012	26	38	33	3	36	23,6
2013	33	32	32	3	35	22,1
2014	24	34	39	3	42	25,8
2015	29	35	33	3	36	23,7

## Fruchtausbildung

Eine starke Fruchtausbildung kann den Kronenzustand der Bäume beeinflussen. Insbesondere bei den Baumarten Fichte und Buche konnte in den letzten Jahren anhand der Ergebnisse der Waldschadensinventur gezeigt werden, inwieweit sich ein starker Fruchtbehang auf die Kronenverlichtung auswirkt. Mittelstark und stark fruktifizierende Fichten und Buchen wiesen beispielsweise im Jahr 2014 einen um durchschnittlich fünf bis acht Prozent höheren Nadel-/Blattverlust auf, als Bäume mit geringer oder keiner Fruchtausbildung (MEINING et al. 2014).

Die physiologische Belastung der Bäume bei starker Fruchtausbildung wird durch eine Umverteilung des vorhandenen Nährstoff- und Energievorrats ausgelöst. Für die Bildung von Blüten und Früchten benötigt der Baum sehr viele Nährstoffe und Energie, die somit nicht mehr für das vegetative Wachstum zur Verfügung stehen. Als Reaktion bilden Bäume daher häufig kürzere Triebe und kleinere Blätter bzw. Nadeln aus. Auch werden oftmals das Dickenwachstum und die Ausbildung von Seitentrieben reduziert.

Nach der sehr starken Fruchtausbildung im letzten Jahr, bei der knapp 40 Prozent aller Bäume im blühfähigem Alter einen mittelstarken oder starken Fruchtbehang aufwiesen, ist die Fruktifikation im Jahr 2015 deutlich geringer ausgefallen (Abb. 15). Lediglich an 14 Prozent aller aufgenommenen Bäume wurde in diesem Jahr eine stärkere Fruchtausbildung beobachtet. Die meisten Hauptbaumarten weisen 2015

gegenüber dem Vorjahr einen deutlich geringeren Fruchtbehang auf (Abb. 16). Insbesondere bei der Baumart Buche ist der Rückgang der stärker fruktifizierenden Bäume gegenüber dem Jahr 2014 sehr auffällig. Als einzige Hauptbaumart wurde bei der Tanne im Vergleich zum Vorjahr ein erhöhter Anteil an Bäumen mit Fruchtbehang beobachtet.

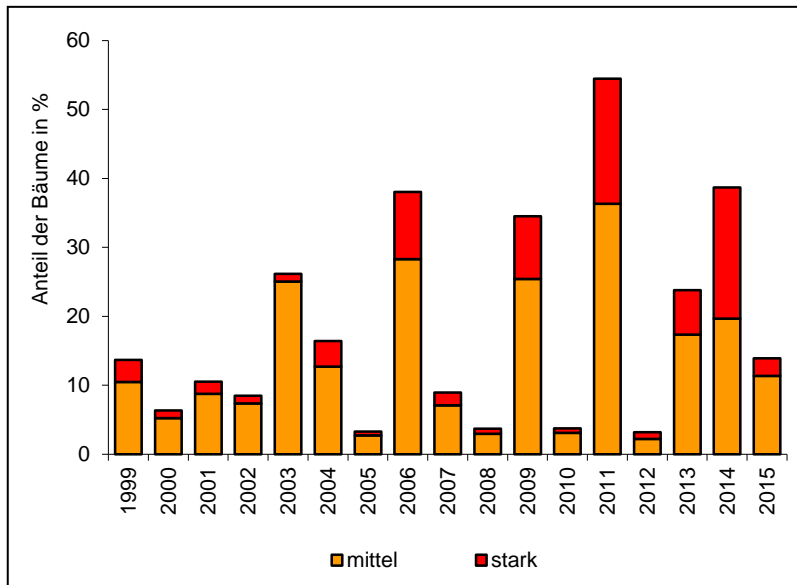


Abb. 15: Fruktifikationsintensität aller Bäume seit 1999

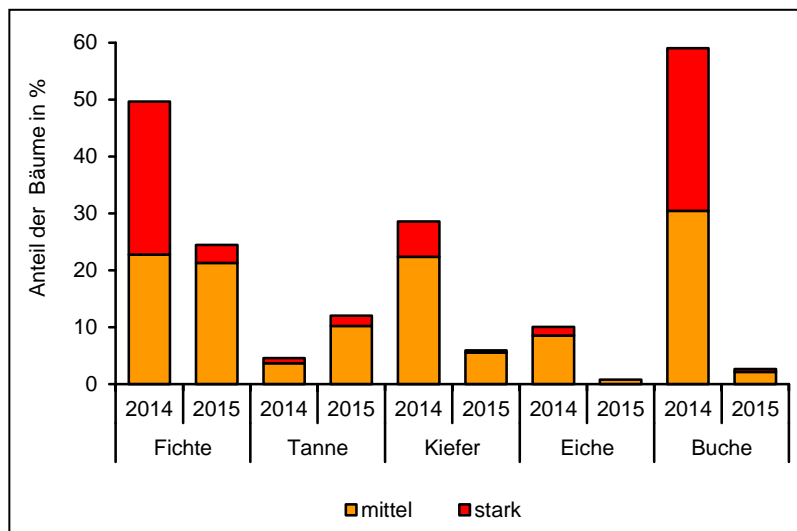
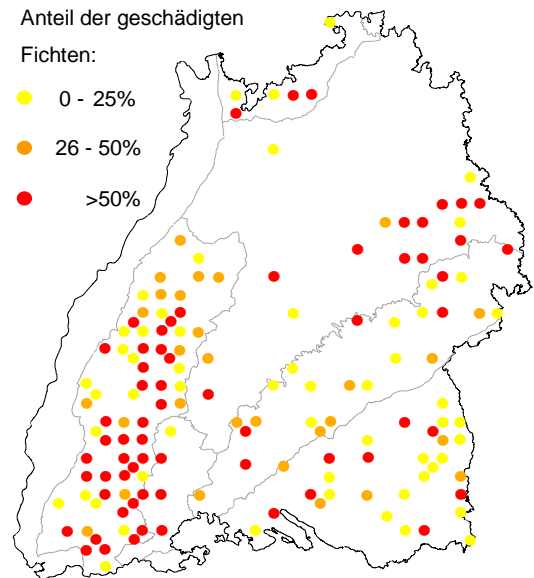


Abb. 16: Fruktifikationsintensität der Hauptbaumarten im Vergleich der Jahre 2014 und 2015

## Die Fichte

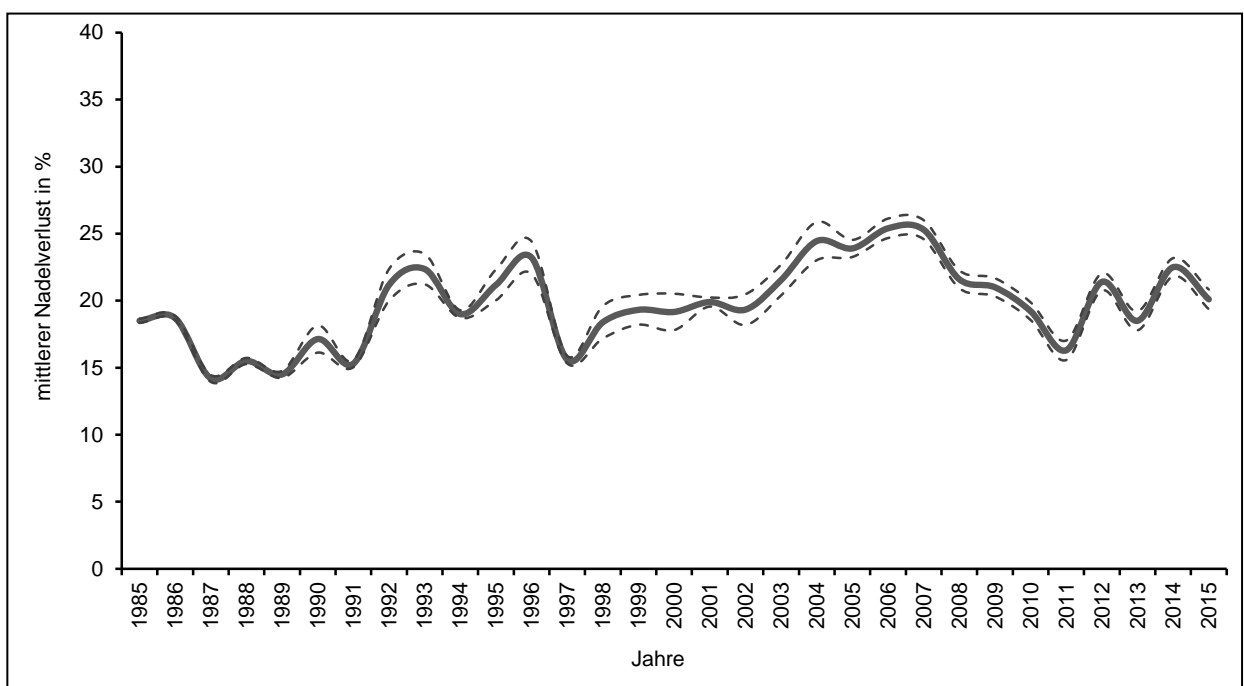
Nach dem sich der Kronenzustand der Fichten im letzten Jahr aufgrund der ausgeprägten Frühjahrstrockenheit und starkem Fruchtbehang deutlich verschlechtert hat, ist im Jahr 2015 eine Erholung im Kronenzustand der Fichte zu verzeichnen. Der mittlere Nadelverlust verringert sich gegenüber dem Vorjahr um 2,4 Prozentpunkte auf 20,1 Prozent (Abb. 17). Im Vergleich zu den übrigen Hauptbaumarten Baden-Württembergs ist die Fichte weiterhin die Baumart mit den geringsten Nadel-/Blattverlustwerten.

Günstig für die Entwicklung der Baumkronen hat sich dieses Jahr die geringe Fruktifikation der Fichtenbestände ausgewirkt. Die dadurch verbesserte Nährstoff- und Energieversorgung der Bäume für vegetatives Wachstum zeigt sich in der Ausbildung dichter Baumkronen. Trockenstresssymptome aufgrund der extrem heißen und trockenen Sommerwitterung konnten bis zum Zeitpunkt der Waldschadensinventur Mitte August kaum festgestellt werden. Auch war bis zu diesem Zeitpunkt der Schädigungsgrad durch die Fichtenborkenkäfer landesweit vergleichsweise gering. Regional lassen sich vor allem im Südlichen und Mittleren Schwarzwald, der Baar sowie im Schwäbisch-Fränkischem Wald Schadensschwerpunkte mit erhöhter Kronenverlichtung der Fichte abgrenzen (Abb. 18). Dagegen zeigen sich im südöstlichen Landesteil vergleichsweise geringe Kronenschäden.



**Abb. 18:** Prozentualer Anteil der Fichten je Stichprobenpunkt mit >25 Prozent Nadelverlust (mindestens vier Fichten je Stichprobenpunkt)

Die Fichte (*Picea abies*) ist mit 2.319 Bäumen die häufigste Baumart der Waldschadensinventur. Sie ist mit Ausnahme des Rheintales und den trockeneren Standorten des Neckarlandes in allen Naturräumen Baden-Württembergs vertreten. 29 Prozent der untersuchten Fichten gehört der Altersgruppe „bis 60 Jahre“, 71 Prozent der Altersgruppe „ab 61 Jahre“ an.



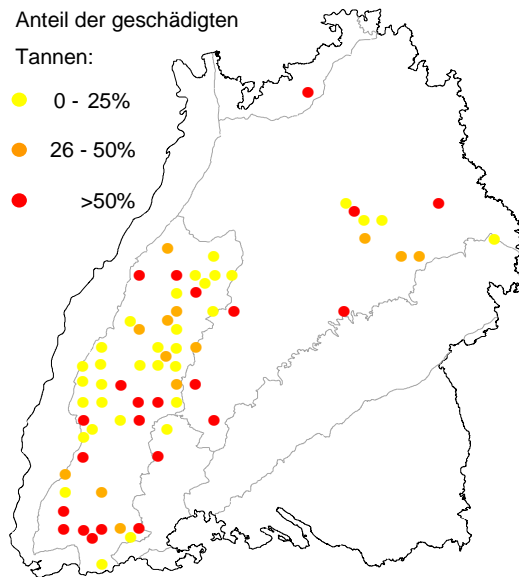
**Abb. 17:** Mittlerer Nadelverlust der Fichten (gestrichelte Linien geben den Vertrauensbereich von 95% an)

## Die Tanne

Der Kronenzustand der Tanne in Baden-Württemberg hat sich seit dem Beginn der Waldschadensinventur Anfang der 1980er Jahre merklich verbessert. Dies ist im Wesentlichen auf die deutliche Reduktion von Luftschadstoffen, vor allem Schwefeldioxid durch den Einbau von Rauchgasentschwefelungsanlagen in der Großindustrie, zurückzuführen. Seit mehr als 15 Jahren bewegt sich der Kronenzustand der Tanne äußerst stabil auf einem gleichbleibenden Schädigungsgrad.

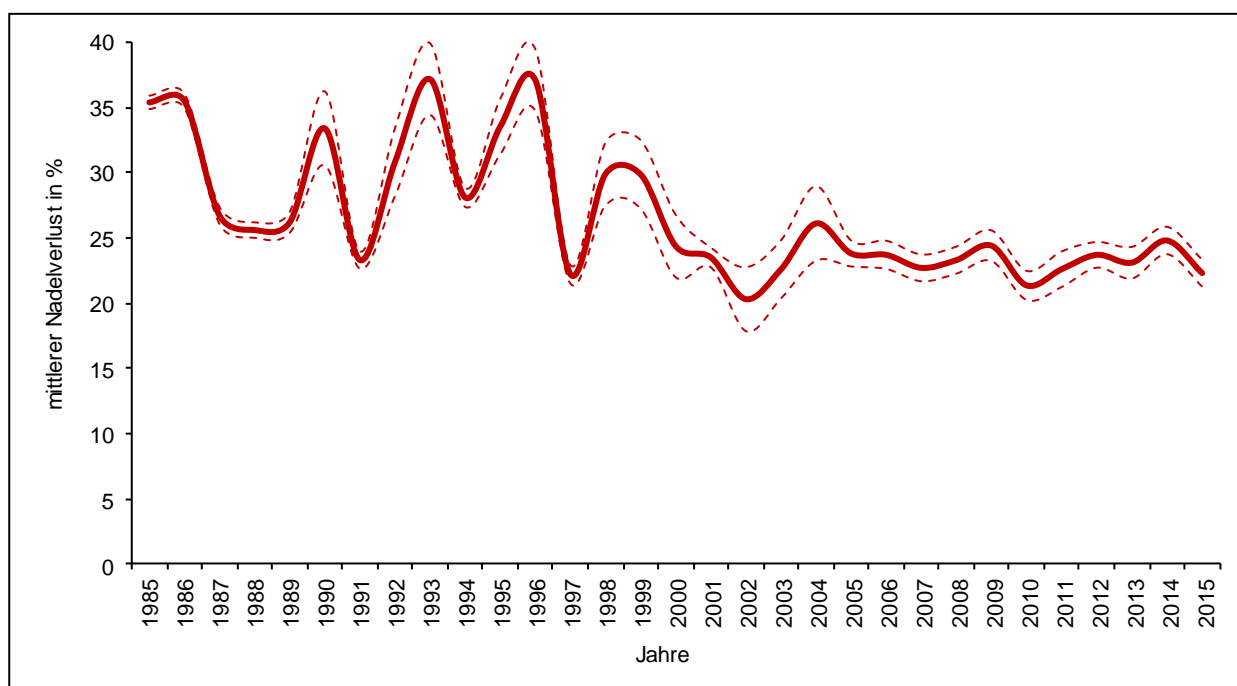
Die Ergebnisse der Waldschadensinventur 2015 zeigen für die Tanne einen mittleren Nadelverlust von 22,3 Prozent (Abb. 19). Dies entspricht einer Verringerung gegenüber dem Vorjahr um 2,5 Prozentpunkte.

Die Tanne (*Abies alba*) ist mit 908 Bäumen in der Stichprobe der Waldschadensinventur vertreten. Hohe Tannenvorkommen finden sich in Baden-Württemberg vor allem im Schwarzwald und im Fränkisch-Schwäbischem Wald. 14 Prozent der untersuchten Tannen gehört der Altersgruppe „bis 60 Jahre“, 86 Prozent der Altersgruppe „ab 61 Jahre“ an.



**Abb. 20:** Prozentualer Anteil der Tannen je Stichprobenpunkt mit >25 Prozent Nadelverlust (mindestens vier Tannen je Stichprobenpunkt)

Regionale Schwerpunkte höherer Schäden lassen sich für die Baumart Tanne vor allen im Südlichen und etwas kleinflächiger auch im Mittleren Schwarzwald abgrenzen (Abb. 20). Dagegen findet sich im nördlichen Schwarzwald und im Fränkisch-Schwäbischem Wald ein hoher Anteil an Stichprobenpunkten mit geringem Schädigungsgrad.



**Abb. 19:** Mittlerer Nadelverlust der Tannen (gestrichelte Linien geben den Vertrauensbereich von 95% an)

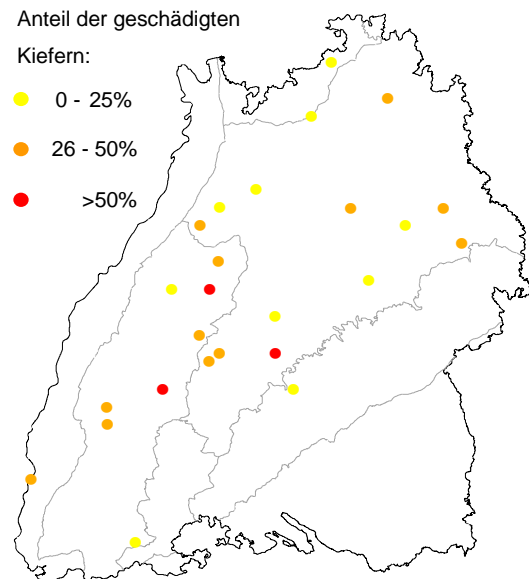
## Die Kiefer

Der Kronenzustand der Kiefer hat sich gegenüber dem Vorjahr kaum verändert. Der mittlere Nadelverlust erhöht sich leicht um 1,7 Prozentpunkte auf 25,8 Prozent (Abb. 21). Die Erhöhung des Mittelwertes ist statistisch nicht signifikant. Aufgrund der relativ geringen Anzahl der Kiefern in der Stichprobe ist der berechnete Vertrauensbereich um den Mittelwert größer als bei häufiger auftretenden Baumarten.

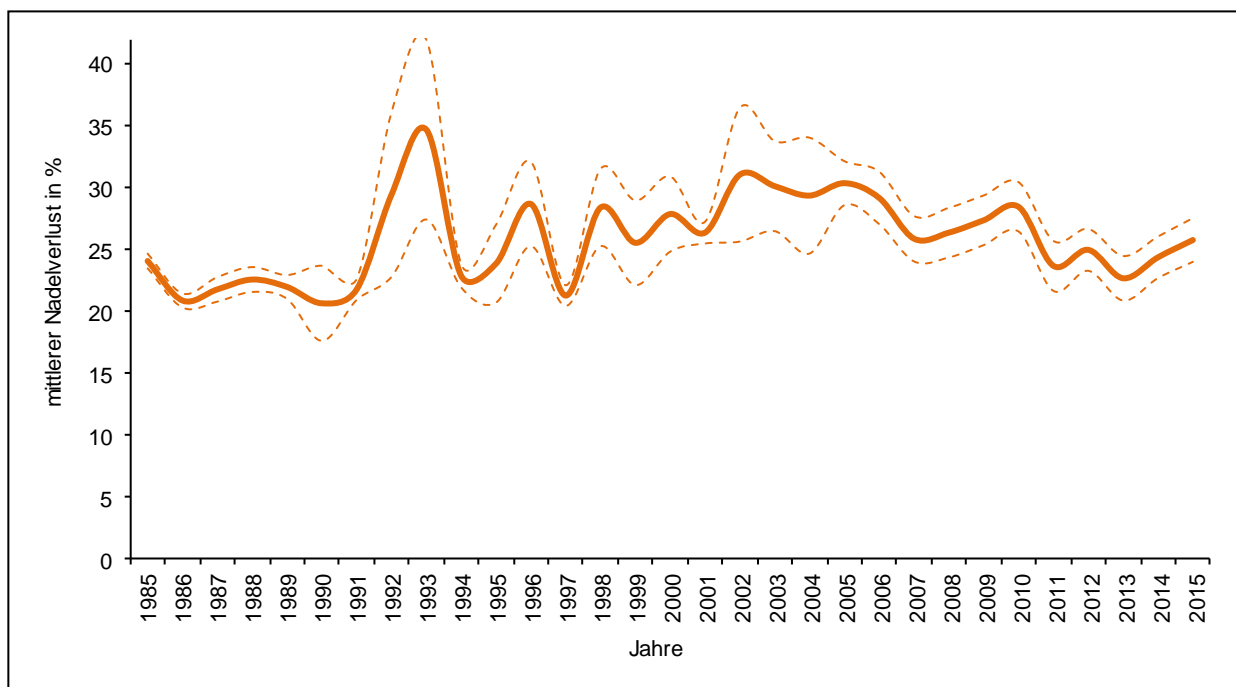
Seit Beginn der Waldschadensinventur ist eine wellenartige Erhöhung der Kronenschäden bei der Kiefer zu erkennen. Zu Beginn der Erhebung lagen die mittleren Nadelverluste meist deutlich unter 25 Prozent, bis ins Jahr 2005 erreichen sie Werte über 30 Prozent. Seither ist im Trend eine Erholung des Kronenzustandes der Kiefer zu erkennen.

Die Kiefer (*Pinus sylvestris*) ist mit 279 Bäumen die Hauptbaumart mit der geringsten Anzahl in der Stichprobe der Waldschadensinventur. Insgesamt 18 Prozent der untersuchten Kiefern gehören der Altersgruppe „bis 60 Jahre“, 82 Prozent der Altersgruppe „ab 61 Jahre“ an.

Regionale Schadensschwerpunkte lassen sich für die Kiefer in Baden-Württemberg aufgrund der geringen Anzahl an Kiefern in der Stichprobe der Waldschadensinventur nur schwer abgrenzen (Abb. 22). Insgesamt ist der Anteil an deutlich geschädigten Kiefern landesweit gering.



**Abb. 22:** Prozentualer Anteil der Kiefern je Stichprobenpunkt mit >25 Prozent Nadelverlust (mindestens vier Kiefern je Stichprobenpunkt)



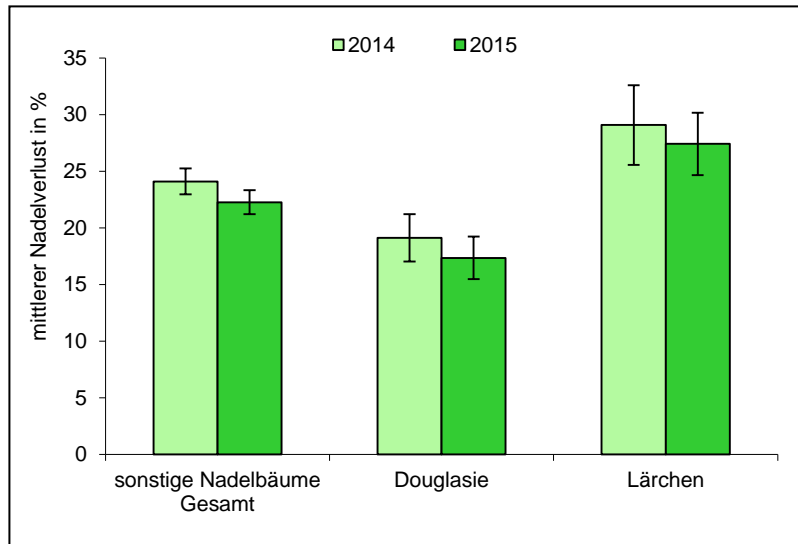
**Abb. 21:** Mittlerer Nadelverlust der Kiefern (gestrichelte Linien geben den Vertrauensbereich von 95% an)

## Sonstige Nadelbaumarten

Der mittlere Nadelverlust der sonstigen Nadelbaumarten verringert sich gegenüber dem Vorjahr leicht um 1,2 Prozentpunkte (Abb. 23). Allerdings ist die Veränderung des Mittelwerts statistisch nicht signifikant, d.h. die Veränderung kann aufgrund des bestehenden Fehlerrahmens nicht sicher als Verbesserung des Kronenzustandes interpretiert werden. Der mittlere Nadelverlust der Lärchen ist mit 27,4 Prozent in Bezug auf alle anderen Nadelbaumarten vergleichsweise hoch (Abb. 24). Im Gegensatz dazu liegt die mittlere Kronenverlichtung der im Durchschnitt jüngeren Douglasien mit 17,3 Prozent deutlich darunter. Die Veränderungen gegenüber dem Vorjahr sind sowohl bei den Lärchen als auch bei der Douglasie statistisch nicht signifikant.



**Abb. 24:** Lärche mit einem deutlichen Anteil an Trockenreisig



**Abb. 23:** Mittlerer Nadelverlust der sonstigen Nadelbäume im Vergleich der Jahre 2014 und 2015. Gesamt (links), Douglasie (Mitte) und Lärche (rechts)

Die Gruppe der sonstigen Nadelbäume ist mit 249 Bäumen in der Stichprobe der Waldschadensinventur vertreten. 46 Prozent der untersuchten Bäume gehören der Altersgruppe „bis 60 Jahre“ und 54 Prozent der Altersgruppe „ab 61 Jahre“ an. Häufigste Baumarten sind hier die Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) und die Lärche (*Larix decidua*).

## Die Buche

Nach einer deutlichen Verschlechterung im letzten Jahr hat sich der Kronenzustand der Buchen im Jahr 2015 wieder deutlich erholt. Der mittlere Blattverlust verringert sich um 7,5 Prozentpunkte und liegt mit 27,7 Prozent sogar leicht unterhalb dem Schadensniveau von 2013 (Abb. 25).

Die massive Erholung des Kronenzustandes ist im Wesentlichen auf die geringe Fruchtausbildung der Buchen in diesem Jahr zurückzuführen. Eine starke Fruktifikation führt bei der Buche regelmäßig zu einer erhöhten Kronenverlichtung, da für das vegetative Wachstum weniger Nährstoffe und Energiereserven zur Verfügung stehen. Die deutliche Regeneration in

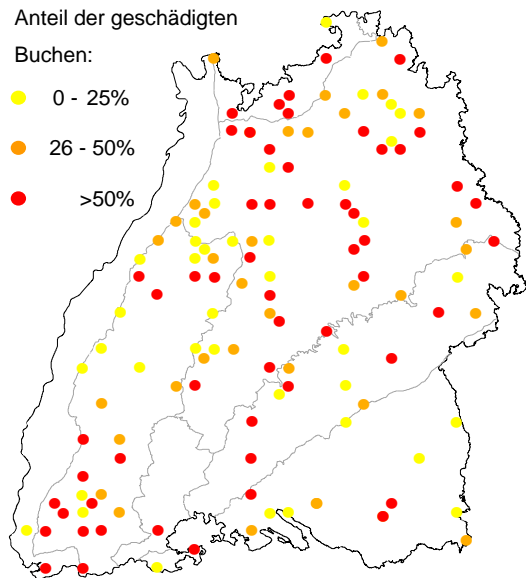


Die Buche (*Fagus sylvatica*) ist mit 1.634 Bäumen die häufigste Laubbaumart in der Stichprobe der Waldschadensinventur. Sie ist in allen Naturräumen Baden-Württembergs vertreten. 27 Prozent der untersuchten Buchen gehören der Altersgruppe „bis 60 Jahre“, 73 Prozent der Altersgruppe „ab 61 Jahre“ an.

diesem Jahr zeigt, dass derartige physiologisch bedingte Belastungen von der Buche innerhalb eines Jahres ausgeglichen werden können.

Im Vergleich zum Vorjahr wurde zudem ein geringerer Insektenfraß an den Buchenblättern festgestellt. Schäden durch den Buchenspringrüssler waren zwar landesweit vorhanden, stellten jedoch aufgrund der geringen Intensität kaum eine Belastung für die Buchen dar. Auch wurden im Aufnahmezeitraum der Waldschadensinventur bis Mitte August nur geringe Auswirkungen durch Trockenstress an den Buchen festgestellt.

Regional lassen sich Gebiete mit erhöhter Kronenverlichtung der Buche im Südschwarzwald und im Odenwald abgrenzen (Abb. 26). Dagegen wurden im Mittel- und Nordschwarzwald sowie im angrenzenden Kraichgau geringere Kronenschäden an Buche beobachtet.



**Abb. 26:** Prozentualer Anteil der Buchen je Stichprobenpunkt mit >25 Prozent Blattverlust (mindestens vier Buchen je Stichprobenpunkt)



**Abb. 25:** Mittlerer Blattverlust der Buchen (gestrichelte Linien geben den Vertrauensbereich von 95% an)

## Die Eiche

Für die Baumart Eiche konnte gegenüber dem Vorjahr nahezu keine Veränderung des Kronenzustandes festgestellt werden. Der mittlere Blattverlust bleibt mit 29,9 Prozent nahezu unverändert (Abb. 27). Die leichte Erhöhung des Mittelwerts um 0,8 Prozentpunkte ist statistisch nicht signifikant.

Der Kronenzustand der Eiche wird stark vom jährlich wechselnden Auftreten blattfressender Insekten beeinflusst. In der zeitlichen Entwicklung der Blattverluste wird dies durch vergleichsweise starke Ausschläge in kurzer Abfolge sichtbar. Im aktuellen Jahr traten zwar landesweit Fraßschäden durch Raupen an Eichenblättern auf, jedoch meist nur mit geringem Schadensausmaß.

Die Stieleiche (*Quercus robur*) und die Traubeneiche (*Quercus petraea*) sind zusammen mit 533 Bäumen in der Stichprobe der Waldschadensinventur vertreten. Ihr Verbreitungsgebiet erstreckt v.a. über das Neckarland, den Odenwald und die Oberrheinebene. 28 Prozent der untersuchten Eichen gehören der Altersgruppe „bis 60 Jahre“ und 72 Prozent der Altersgruppe „ab 61 Jahre“ an.

Durch die trocken-warme Witterung war zudem der Befall durch den Eichenmehltau-Pilz gering. Der Schädigungsgrad der Eichen bleibt aber weiterhin auf einem erhöhten Niveau.

Gebiete mit stärkeren Kronenschäden der Eiche lassen sich vor allem im Kraichgau und nördlichen Neckarland abgrenzen (Abb. 28), während in der Hohenloher Ebene häufiger Stichprobenpunkte mit geringen Kronenschäden vorhanden sind.

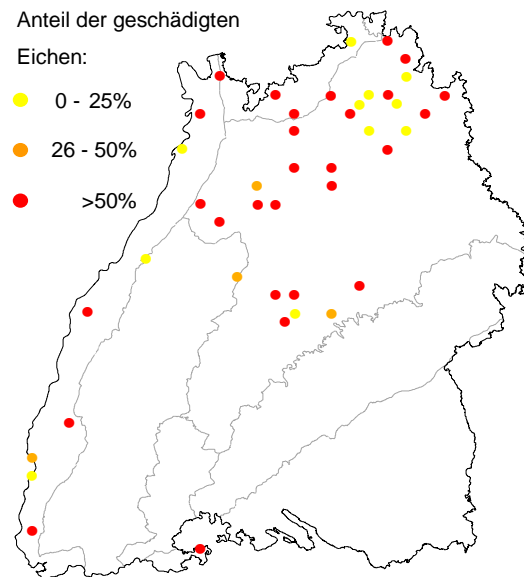


Abb. 28: Prozentualer Anteil der Eichen je Stichprobenpunkt mit >25 Prozent Blattverlust (mindestens vier Eichen je Stichprobenpunkt)

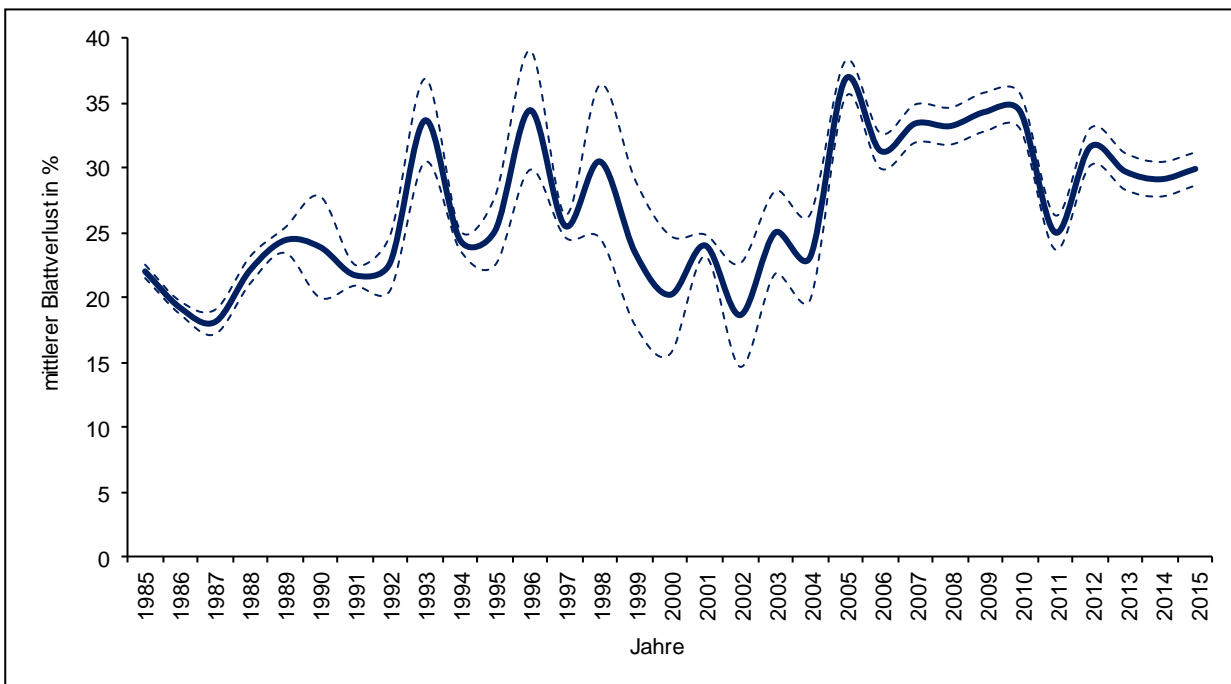


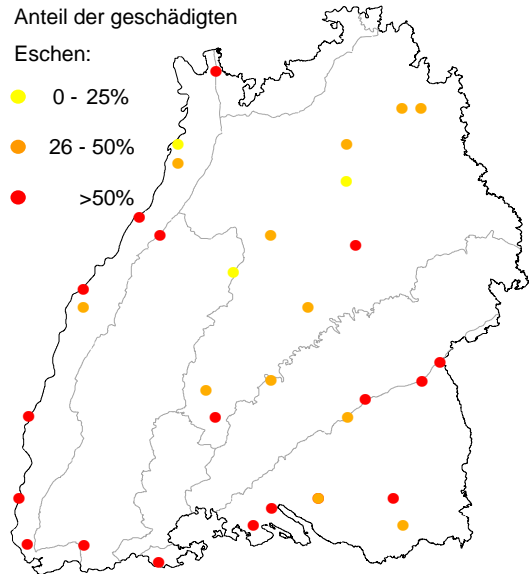
Abb. 27: Mittlerer Blattverlust der Eichen (gestrichelte Linien geben den Vertrauensbereich von 95% an)

## Die Esche

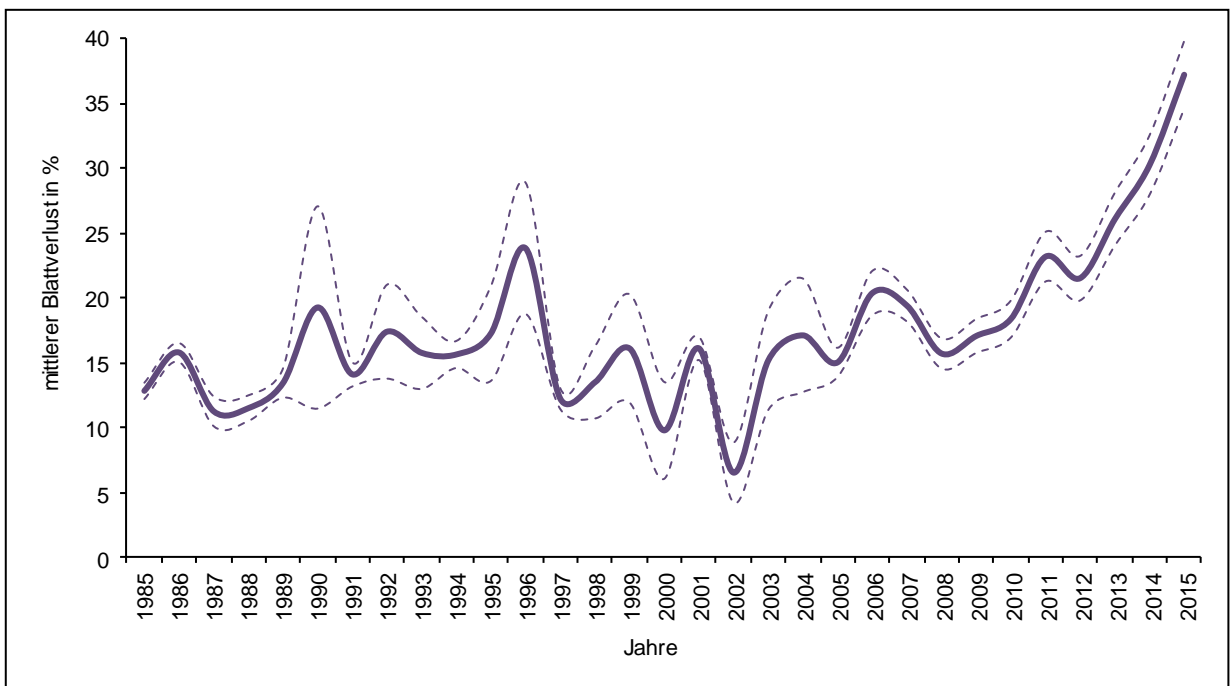
Der Kronenzustand der Eschen hat sich seit dem Ausbreiten des Eschentriebsterbens dramatisch verschlechtert. Im Jahr 2009 wurden erstmals bei der Waldschadensinventur Symptome des durch einen pilzlichen Erreger ausgelösten Triebsterbens in Baden-Württemberg entdeckt. Seither hat sich der mittlere Blattverlust der Eschen mehr als verdoppelt (Abb. 29). Im Jahr 2015 steigt die mittlere Kronenverlichtung der Eschen auf 37,2 Prozent, dies entspricht einer Erhöhung gegenüber dem Vorjahr um 7,0 Prozentpunkte.

Das Eschentriebsterben wird durch einen Schlauchpilz ausgelöst, der sich in den abgeworfenen Blättern der Esche ausbreitet und seine Sporen über die Luft verteilt. Über eine Infektion der Blätter gelangt der Pilz in die Triebe der Bäume, die daraufhin absterben. Durch die enorme Ausbreitungsgeschwindigkeit der Pilzsporen über die Luft, treten Symptome des Eschentriebsterbens mittlerweile landesweit auf und verursachen erhebliche Schäden in Eschenbeständen (Abb. 31). Schadensschwerpunkte in Baden-Württemberg lassen sich v.a. an feuchten Standorten entlang des Rheins und der Donau abgrenzen (Abb. 30).

Die Esche (*Fraxinus excelsior*) ist mit insgesamt 329 Bäumen in der Stichprobe der Waldschadensinventur vertreten. Jeweils die Hälfte aller untersuchten Eschen fällt in die Altersgruppe „bis 60 Jahre“ bzw. „ab 61 Jahre“.



**Abb. 30:** Prozentualer Anteil der Eschen je Stichprobenpunkt mit >25 Prozent Blattverlust (mindestens vier Eschen je Stichprobenpunkt)



**Abb. 29:** Mittlerer Blattverlust der Eschen (gestrichelte Linien geben den Vertrauensbereich von 95% an)



Abb. 31: Stark geschädigter Eschenbestand (Foto: S. Meining)

### Sonstige Laubbaumarten

Bei den sonstigen Laubbaumarten ist insgesamt eine Verbesserung im Kronenzustand feststellbar. Der mittlere Blattverlust verringert sich gegenüber dem Vorjahr um 3,1 Prozentpunkte auf 19,5 Prozent (Abb. 32). Damit liegt das Schadenniveau der sonstigen Laubbaumarten deutlich unterhalb des Schädigungsgrades

von Buche, Eiche oder Esche, was im Wesentlichen auf den hohen Anteil jüngerer Bäume in dieser Baumartengruppe zurückzuführen ist.

Die Ergebnisse der Waldschadensinventur zeigen sowohl für die Baumarten Bergahorn, Roteiche und Hainbuche eine Verbesserung im Kronenzustand. Aufgrund des relativ hohen Stichprobenfehlers, der

sich aus der geringen Anzahl der untersuchten Bäume ergibt, ist lediglich die Veränderung im Kronenzustand der Baumart Hainbuche statistisch signifikant.

Die Gruppe der sonstigen Laubbäume ist mit 727 Bäumen in der Stichprobe der Waldschadensinventur vertreten. 73 Prozent der untersuchten Bäume gehören der Altersgruppe „bis 60 Jahre“ und 27 Prozent der Altersgruppe „ab 61 Jahre“ an. Häufigste Baumarten sind der Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*), die Hainbuche (*Carpinus betulus*) und die Roteiche (*Quercus rubra*).

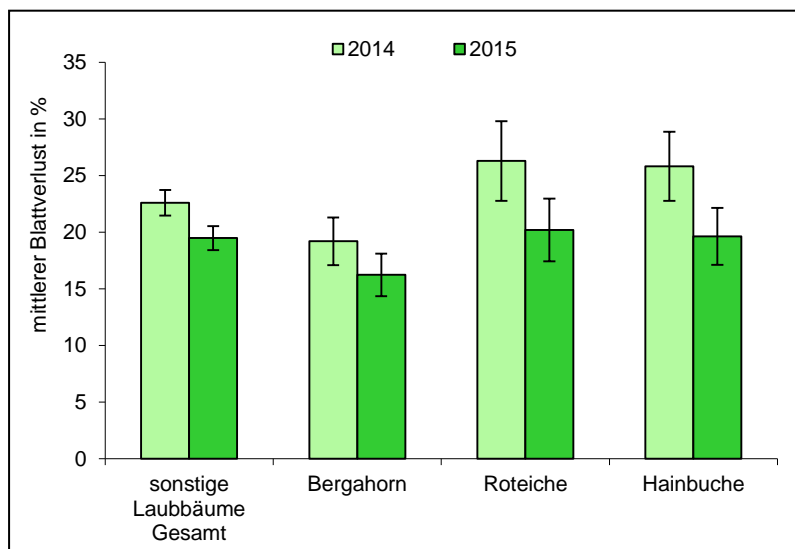


Abb. 32: Mittlerer Blattverlust der sonstigen Laubbäume im Vergleich der Jahre 2014 und 2015. Von links: Gesamt, Bergahorn, Roteiche, Hainbuche

## Regionen Baden-Württembergs

Um die Entwicklung des Vitalitätszustandes der Wälder auch in den einzelnen Regionen Baden-Württembergs verzerrungsfrei und mit einem geringen Fehlerrahmen interpretieren zu können, wurde in den letzten Jahren für die Ergebnisse der Waldschadensinventur ein statistisches Modell entwickelt (AUGUSTIN et al. 2009). Dieses multivariate Raum-Zeit-Modell stellt den Nadel-/Blattverlust als Funktion des Alters und der geographischen Lage der Messpunkte dar.

Durch eine Korrelation der modellierten Werte im räumlichen wie auch zeitlichen Bezug ist eine Darstellung der Ergebnisse mit geringem Fehlerrahmen – auch in Jahren mit weniger Stichproben, beispielsweise im 16x16 km Netz – möglich.

Die Ergebnisse des Raum-Zeit-Modells werden für die Hauptbaumarten der vier großen Wuchsgebiete Schwarzwald, Neckarland, Schwäbische Alb und Südwestdeutsches Alpenvorland dargestellt (Abb. 33).



Abb. 33: Wuchsgebiete Baden-Württembergs

## Die Fichte in den Wuchsgebieten

In allen vier Wuchsgebieten Schwarzwald, Neckarland, Schwäbische Alb und Südwestdeutsches Alpenvorland ist für die Fichte im zeitlichen Trend eine leichte Zunahme der Kronenschäden im bisherigen Aufnahmezeitraum der Waldschadensinventur zu erkennen (Abb. 34). Etwa bis zum Jahr 2000 pendeln die Kronenverlustwerte der Fichte in den jeweiligen Wuchsgebieten in acht bis zehn jähriger Periode von minimal etwa 17 bis maximal 30 Prozent Nadelverlust. Das niedrigste Schadniveau wird hierbei im Südwestdeutschen Alpenvorland, das höchste im Schwarzwald erreicht.

Zu Beginn des neuen Jahrtausends nehmen die Kronenschäden der Fichte dagegen in allen Wuchsgebieten deutlich zu. Seither schwanken die Nadelverluste in einer zeitlich vergleichbaren Periodik auf einem leicht erhöhten Schadniveau. Unterschiede zwischen den einzelnen Wuchsgebieten ergeben sich in der Intensität der einzelnen Ausschläge des Nadelblattverlustes, während die Entwicklung der Kronenschäden bei der Fichte über den gesamten Aufnahmezeitraum der Waldschadensinventur in den betrachteten Regionen weitgehend parallel verläuft.

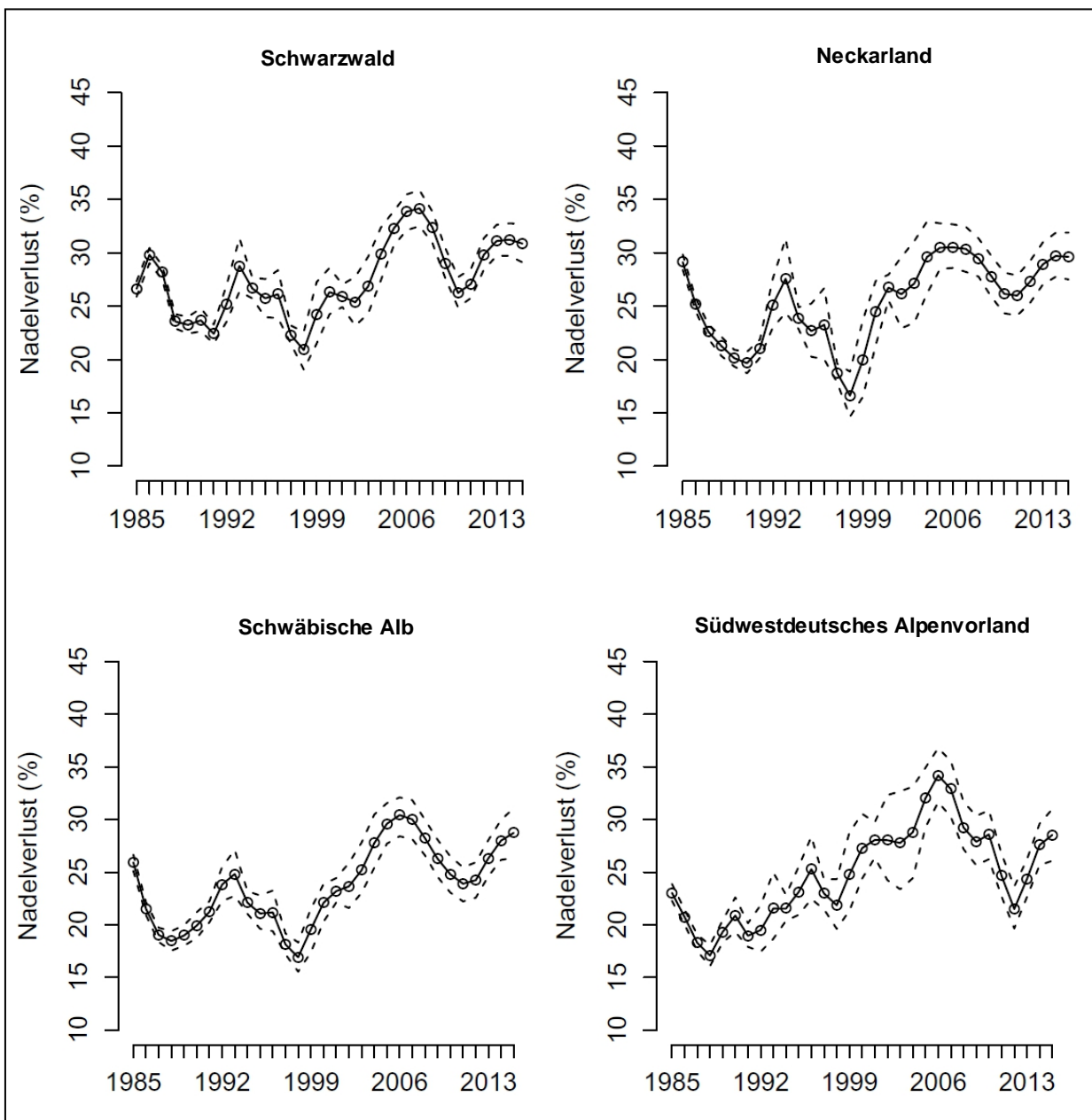
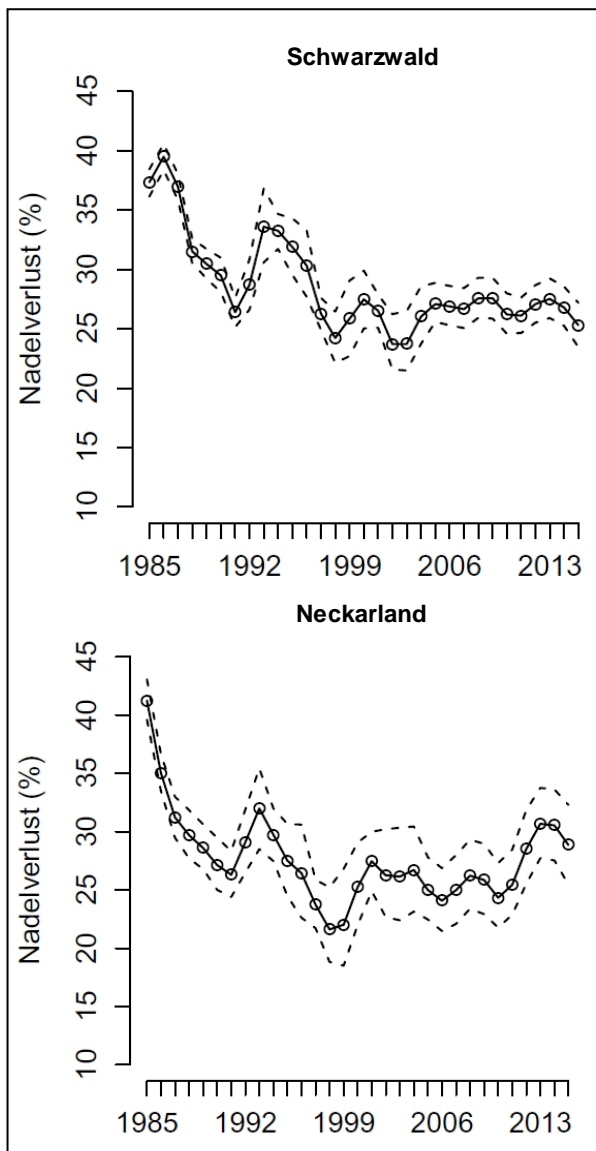


Abb. 34: Fichte - Entwicklung der Nadelverluste in den Wuchsgebieten (Analyse nach dem Raum-Zeit-Modell)

## Die Tanne in den Wuchsgebieten

Die Baumart Tanne ist in den Wuchsgebieten Schwarzwald und Neckarland häufig vertreten, so dass die Ergebnisse der Waldschadensinventur für diese Wuchsgebiete dargestellt werden können. In beiden Wuchsgebieten ist der deutliche Rückgang der Kronenschäden seit Beginn der Waldschadensinventur sichtbar (Abb. 35). Die erheblich verringerte Schadstoffbelastung der Wälder seit Mitte der 1980er Jahre wirkte sich sowohl im Schwarzwald als auch im Neckarland direkt auf den Kronenzustand der Tanne aus. Seit der Jahrtausendwende ist der Kronenzustand in beiden Wuchsgebieten relativ stabil. Lediglich in den letzten vier Jahren ist im Neckarland eine leichte Erhöhung der Kronenverlichtung zu verzeichnen.

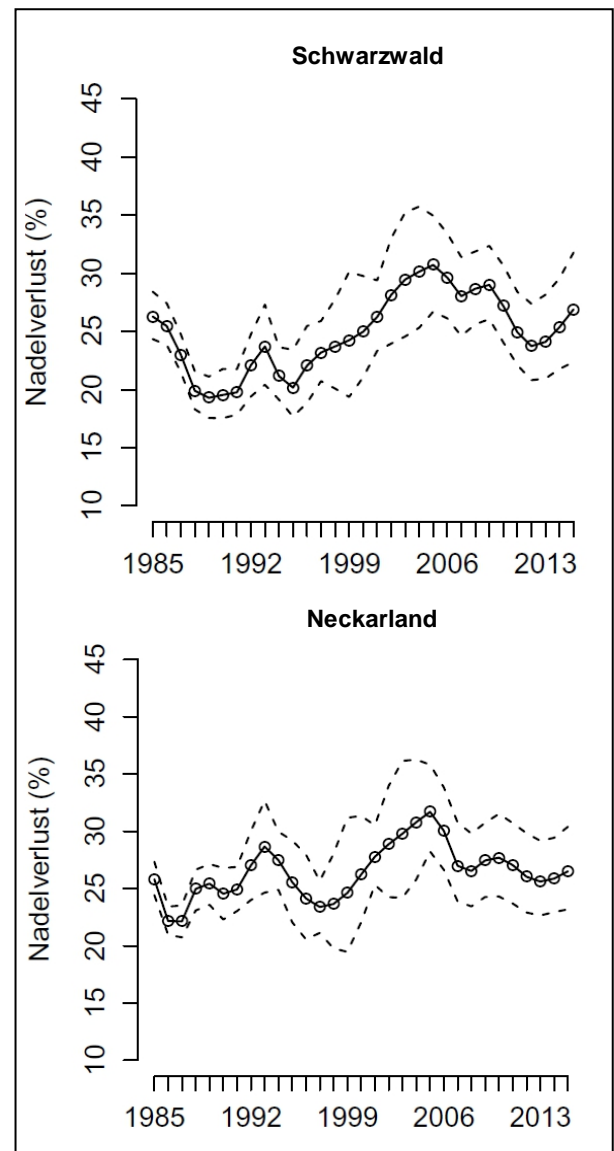


**Abb. 35:** Tanne - Entwicklung der Nadelverluste in den Wuchsgebieten (Analyse nach dem Raum-Zeit-Modell)

## Die Kiefer in den Wuchsgebieten

Der Kronenzustand der Kiefer kann wie bei der Tanne für die Wuchsgebiete Schwarzwald und Neckarland dargestellt werden. Jedoch ergibt sich aufgrund der geringen Baumanzahl der Kiefer ein vergleichsweise großer Stichprobenfehler um den Mittelwert.

In beiden Wuchsgebieten verläuft die Entwicklung der Kronenschäden bei der Kiefer annähernd gleichläufig (Abb. 36). Nach relativ geringen Kronenschäden bis Ende der 1990er Jahre erhöht sich das Schadniveau der Kiefern insbesondere in den Folgejahren der Trockenjahre 2003 und 2006. Etwa ab dem Jahr 2007 erholt sich der Kronenzustand der Kiefern in beiden Wuchsgebieten wieder.



**Abb. 36:** Kiefer - Entwicklung der Nadelverluste in den Wuchsgebieten (Analyse nach dem Raum-Zeit-Modell)

## Die Buche in den Wuchsgebieten

Die Entwicklung der Kronenverlichtung bei der Baumart Buche zeigt in den letzten 30 Jahren einen deutlich ansteigenden Trendverlauf. In allen vier großen Wuchsgebieten ist eine drastische Zunahme der Kronenschäden zu erkennen (Abb. 37). Zu Beginn der Aufnahmeperiode pendelt die mittlere Kronenverlichtung der Buche in nahezu allen Regionen meist um einen Blattverlust von etwa 20 Prozent. Auf der Schwäbischen Alb und dem Alpenvorland ist bereits ab Anfang der 1990er Jahre eine leichte Verschlechterung des Kronenzustandes der Buchen erkennbar. Etwa ab

der Jahrtausendwende kommt es in allen Wuchsgebieten zu einer deutlichen Verstärkung der Kronenschäden. Insbesondere nach der heißen und trockenen Witterung der Jahre 2003 und 2006 reagierte die Buche mit höherer Kronenverlichtung. Zusätzlich belastend auf den Kronenzustand der Buchen wirkt sich eine gehäuft auftretende Fruktifikation innerhalb der letzten 15 Jahre auf, die jeweils in den betreffenden Jahren (2006, 2009, 2011 und 2014) einen Anstieg des Blattverlustes zur Folge hatte.

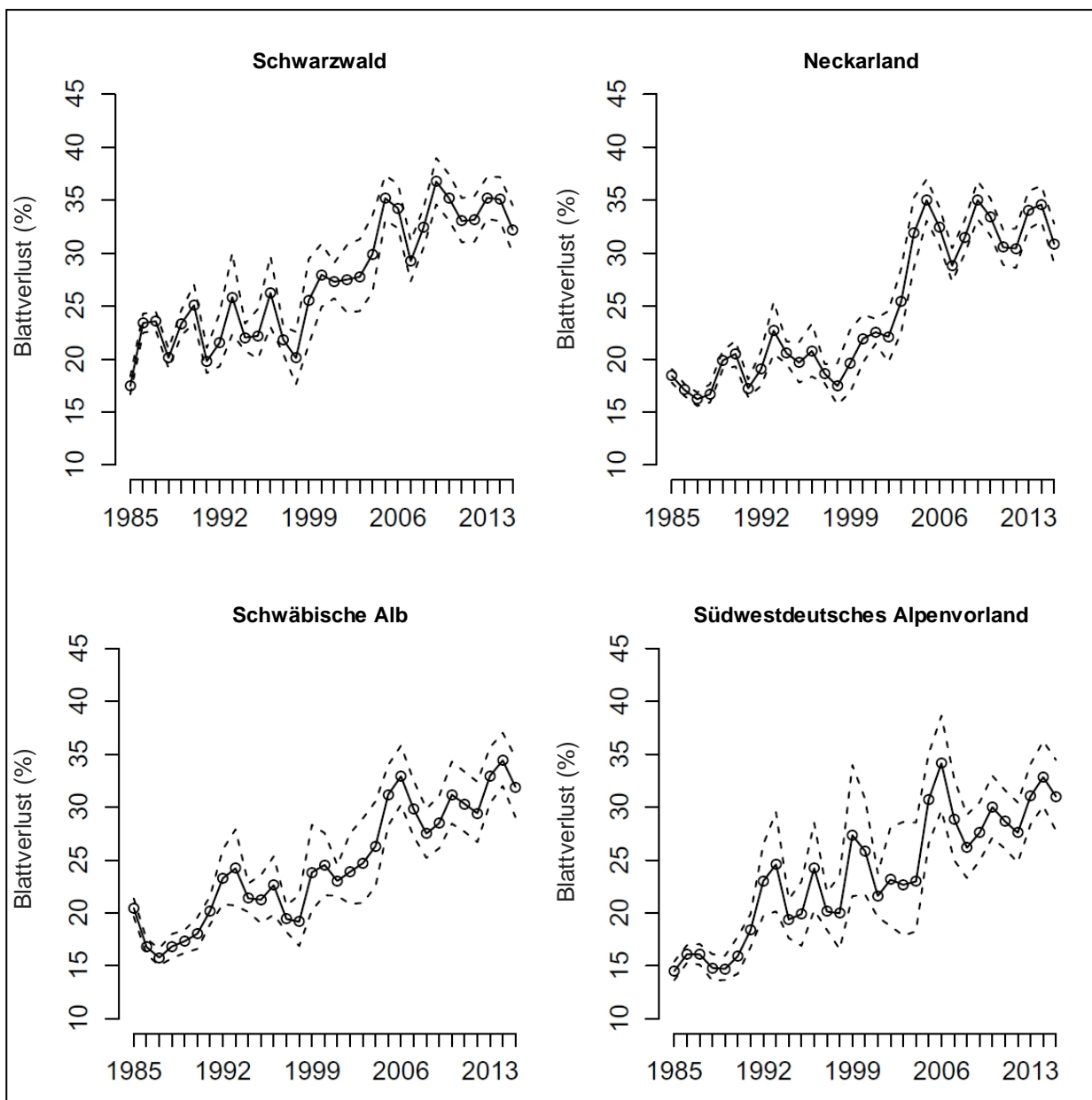
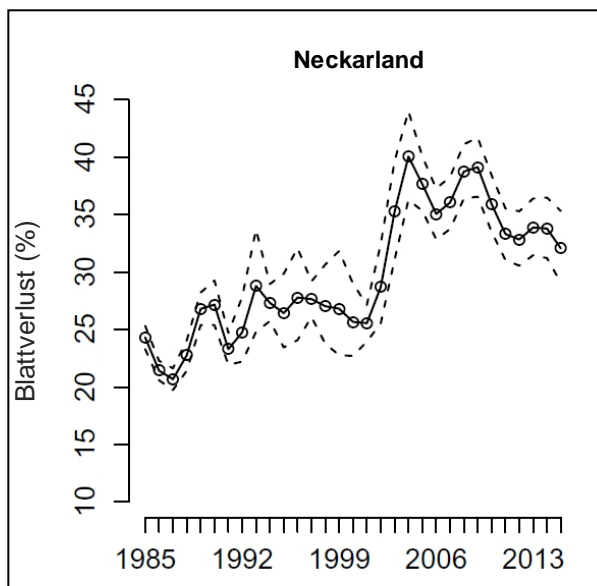


Abb. 37: Buche - Entwicklung der Blattverluste in den Wuchsgebieten (Analyse nach dem Raum-Zeit-Modell)



## Die Eiche in den Wuchsgebieten

Bei der Eiche kann eine regionale Auswertung lediglich für das Wuchsgebiet Neckarland durchgeführt werden, da sie in den anderen Regionen nur mit geringen Anteilen vertreten ist. Der mittlere Blattverlust der Eiche im Neckarland pendelt von Beginn der Waldschadensinventur bis etwa zur Jahrtausendwende relativ konstant mit Ausschlägen nach oben und unten um den Wert von etwa 25 Prozent (Abb. 38). Danach verschlechtert sich der Kronenzustand innerhalb weniger Jahre sehr stark in Folge der Trockenperiode 2003. Seither ist eine leichte Erholung des Kronenzustandes der Eiche zu erkennen.



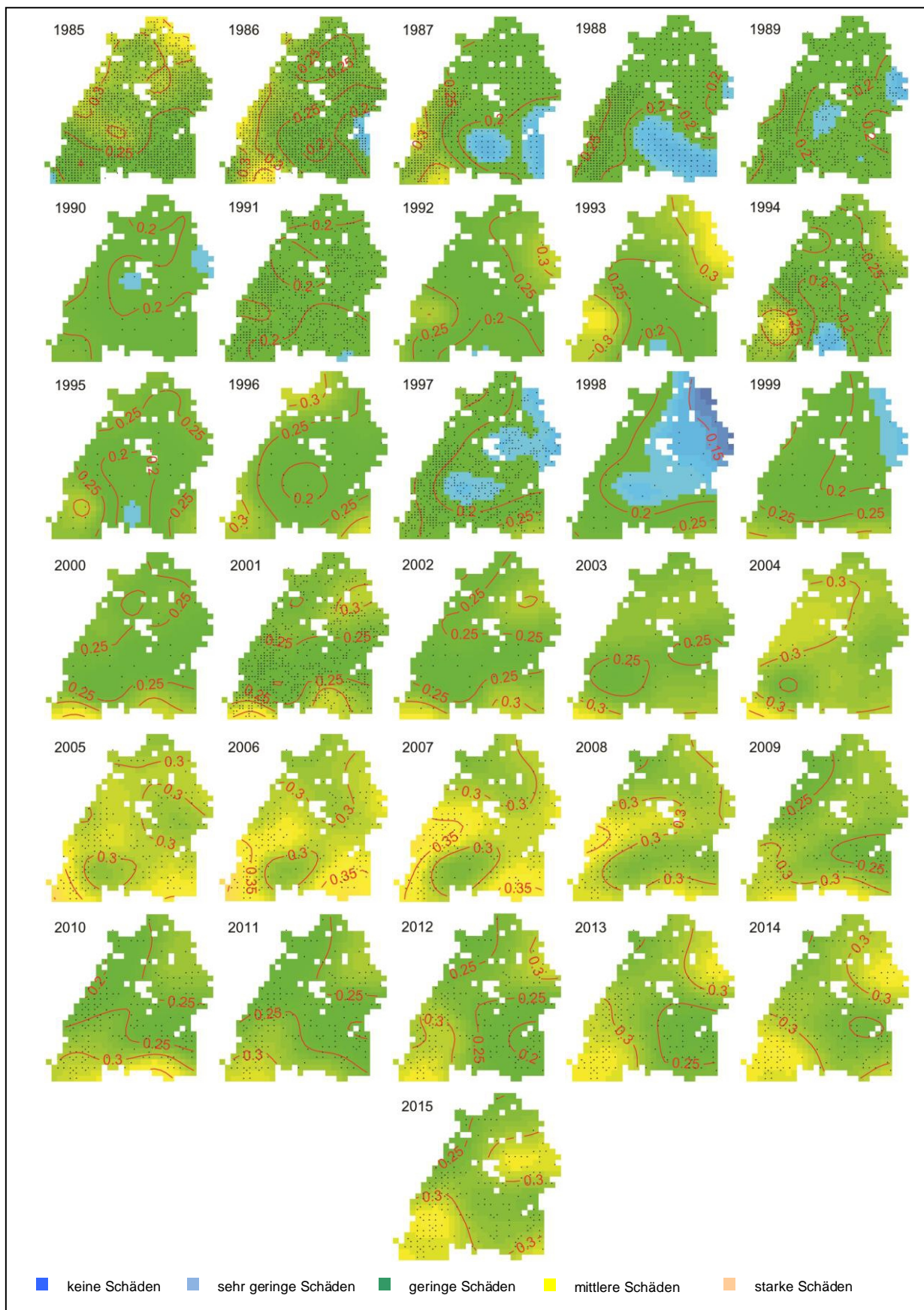
**Abb. 38:** Eiche - Entwicklung der Blattverluste in den Wuchsgebieten (Analyse nach dem Raum-Zeit-Modell)

## Räumliche Muster der Kronenschäden bei Fichte und Buche

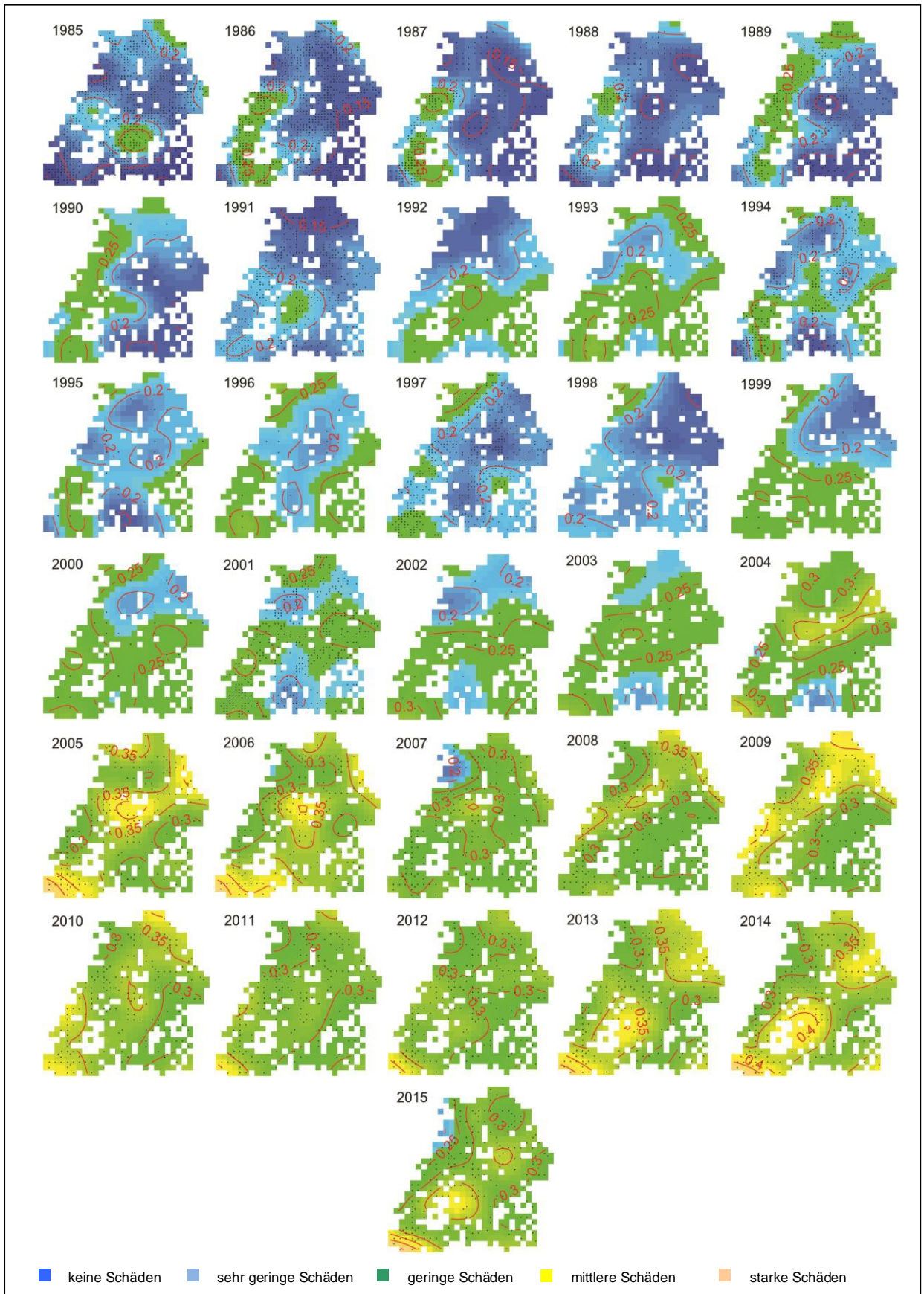
Die räumliche Verteilung der Kronenschäden der Baumart Fichte zeigt in den ersten Jahren der Waldschadensinventur vor allem im Schwarzwald und im Odenwald Schadensschwerpunkte (Abb. 39). Die erhöhten Schadstoffeinträge bis Mitte der 1980er Jahre und die dadurch verursachte Versauerung der Waldböden führten insbesondere auf diesen von Natur aus basenarmen Standorten zu einer deutlichen Belastung der Bäume. Dies deckt sich mit den Beobachtungen jener Zeit, dass die Fichte insbesondere auf den versauerungsempfindlichen, kristallinen

Standorten Baden-Württembergs eine erhöhte Kronenverlichtung und eine verstärkte Vergilbung der Nadeln aufwies. Dieses Verteilungsmuster bleibt mit mehrjährigen Erholungsphasen des Kronenzustandes bis etwa dem Jahr 2000 bestehen. Danach ist eine deutliche Änderung der bisherigen Schadensschwerpunkte zu erkennen. Nun treten erstmals höhere Kronenschäden bei der Fichte auch auf besser versorgten Standorten Oberschwabens und des Neckarlandes auf. Infolge der extremen Trockenjahre 2003 und 2006 vergrößern sich die einzelnen Schadgebiete der Fichte und weiten sich bis ins Jahr 2007 zu einem großen, zusammenhängenden Schadensareal in Baden-Württemberg aus. In den Folgejahren ist eine Erholung der Fichte und damit eine Verkleinerung der Schadgebiete zu beobachten. Ab dem Jahr 2012 zeichnen sich wieder Schadensschwerpunkte im kristallinen Schwarzwald und auf besser nährstoffversorgten Standorten des östlichen Neckarlandes ab, die sich bis 2014 weiter ausbreiten. Im Jahr 2015 ist eine leichte Verschiebung der Schadareale bei der Fichte zu erkennen. Während sich das Areal mit größeren Kronenschäden im Schwarzwald weiter nach Norden vergrößert, verschiebt sich der Schadensschwerpunkt im Neckarland leicht nach Westen.

Im Gegensatz zur Baumart Fichte weist der Kronenzustand der Buche nahezu in allen Regionen Baden-Württembergs in den ersten 20 Jahren der Waldschadensinventur ein sehr geringes Schadniveau auf (Abb. 40). Erst nach dem Trockenjahr 2003 lassen sich Regionen mit erhöhter Kronenverlichtung der Buche abgrenzen. Vor allem in den eher trocken-warmen Regionen Baden-Württembergs dem Mittleren Neckarland, der Hohenloher Ebene und des Hochrheins sind verstärkt Kronenschäden der Buche zu erkennen. In den Folgejahren weiten sich die Schadregionen weiter aus. Seither ist ein Wechsel zwischen Jahren mit größerer und Jahren mit etwas geringerer Ausdehnung der Schadareale zu beobachten, ohne jedoch wieder das geringe Schadensausmaß der ersten Hälfte der Waldschadensinventur zu erreichen. Im Jahr 2015 sind Schadareale mit höheren Kronenschäden bei der Buche vor allem am Hochrhein zu beobachten.



**Abb. 39:** Räumlicher Entwicklungstrend der Nadelverluste für die Baumart Fichte nach dem Raum-Zeit-Modell (rote Linien: Isolinien gleichen Nadelverlustes)



**Abb. 40:** Räumlicher Entwicklungstrend der Blattverluste für die Baumart Buche nach dem Raum-Zeit-Modell (rote Linien: Isolinien gleichen Nadelverlustes)

## 4 WITTERUNG

Der Witterungsverlauf 2015 in Baden-Württemberg ist gekennzeichnet von nahezu durchgängig hohen Temperaturen und periodisch hohem Niederschlagsdefizit. Vor allem der Sommer 2015 war extrem heiß und sehr trocken (Abb. 41).

Nach dem die zweite Jahreshälfte 2014 landesweit im Vergleich zum langjährigen Mittel deutlich zu warm und leicht zu trocken war, brachte der Januar bei weiterhin milden Temperaturen reichlich Niederschlag. Im Landesdurchschnitt lagen die Niederschläge zu Beginn des Jahres knapp 50 Prozent und die Lufttemperaturen mehr als 2° C über dem langjährigen Mittel. Der Februar war dagegen etwas zu kühl und deutlich zu trocken. Im Frühjahr stiegen die Temperaturen wieder an und blieben bis August stets über dem langjährigen monatlichen Referenzwert. Ab Ende März fiel auch wieder reichlich Niederschlag, so dass zum Vegetationsbeginn mit feucht-warmer Witterung gute Bedingungen für die Bäume herrschten und der Austrieb der Bäume vergleichsweise früh begann. In den Monaten April, Mai und Juni waren die Niederschläge nahezu ausgeglichen und die

Die klimatologische Referenzperiode umfasst in der Regel 30 Jahre, damit die Kenngrößen der verschiedenen klimatologischen Parameter mit befriedigender Genauigkeit bestimmt werden können. Die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) hat als zurzeit gültige Referenzperiode den Zeitraum 1961-1990 festgelegt.

Temperaturen leicht erhöht gegenüber dem langjährigen Mittel. Der Juli und der August waren landesweit sehr sonnenreich und extrem heiß. Die durchschnittliche Lufttemperatur lag in beiden Monaten über 3° C über dem Referenzwert. Vielerorts wurden neue Hitzerekorde über 35° C gemessen. Insgesamt war der Sommer 2015 in Baden-Württemberg nach 2003 der zweitwärmste seit Beginn der Wetteraufzeichnungen (Dwd 2015). Dabei war es gleichzeitig landesweit sehr trocken. Lediglich einzelne Hitzegewitter sorgten regional für eine kurzzeitige Unterbrechung der Dürreperiode.

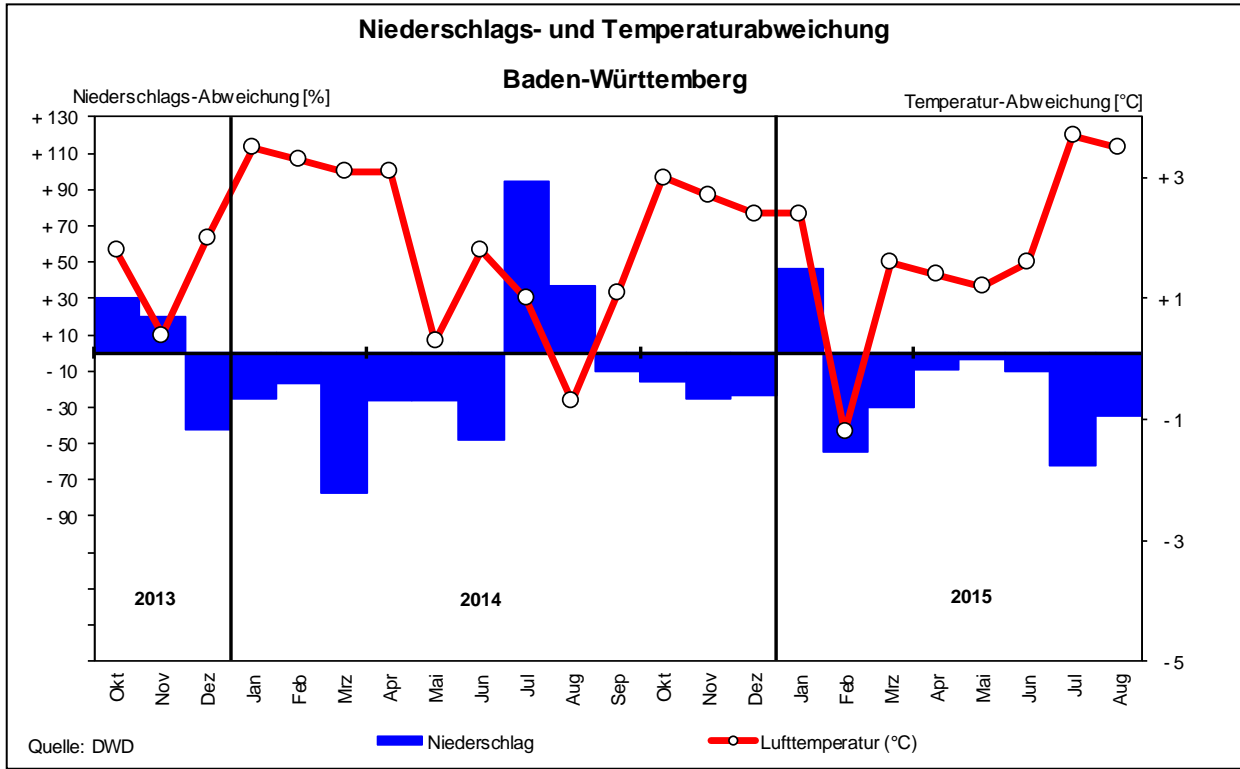


Abb. 41: Niederschlags- und Temperaturabweichung vom langjährigen Mittel, Baden-Württemberg

## 5 ZUWACHS UND TROCKENHEIT

Der Hitzesommer 2015 ist Teil einer seit dem Extremtrockenjahr 2003 auffälligen Häufung von vier überdurchschnittlich warmen und trockenen Sommern (2003, 2006, 2010 und 2015). In diesem Jahr war das Wetter in Südwestdeutschland im Zeitraum zwischen Ende Juni und Ende September durch drei bis vier Hitzewellen mit extrem hohen Lufttemperaturen und niedrigen Niederschlägen gekennzeichnet.

In einem solchen Extremjahr war zu erwarten, dass an Bäumen akute Trockenschäden, wie vorzeitiger Nadel- und Blattfall und Absterben von Kronenteilen, beobachtet werden. Die im August durchgeführte Aufnahme des Kronenzustandes zeigte jedoch bei den Hauptbaumarten Buche und Fichte keine weitere Verschlechterung des Nadel-/Blattverlusts gegenüber dem vergangenen Jahr, sondern sogar eine Verbesserung.

Dies kann im Wesentlichen auf drei Faktoren zurückgeführt werden: 1.) eine stark verminderte Belastung durch Fruchtbehang, nach dem im Vorjahr die Fruktifikation der Fichten und Buchen und damit die physiologische Belastung der Bäume außergewöhnlich hoch war; 2.) eine vergleichsweise geringe Belastung der Buchen und Fichten durch Schadinsekten, v.a. eine geringe Schädigung durch den Fichten-Borkenkäfer bis zum Abschluss der Inventur Mitte August; 3.) eine gute Wasserversorgung bis zur ersten Hälfte der Vegetationsperiode durch gut gefüllte Bodenwasservorräte nach einem vergleichsweise feuchten Frühjahr.

An fünf Versuchsflächen (Level II - Flächen), welche die wichtigen Naturräume von Baden Württemberg repräsentieren, werden intensive Ökosystemuntersuchungen in Fichten und Buchenbeständen durchgeführt (Abb. 42). An allen Standorten werden u.a. Messungen der Bodenwasserverfügbarkeit und des Zuwachses der Bäume vorgenommen (Abb. 45). Die Untersuchungen zur Wasserverfügbarkeit im Verlauf des Jahres 2015 zeigen, dass in allen Regionen Baden-Württembergs die Austrocknung zeitlich etwa gleich verlief und deren Intensität in Fichten- und Buchenbeständen etwa gleich hoch war.

Am Beispiel des Fichtenbestands am Untersuchungsstandort Heidelberg sieht man, dass die Austrocknung im Hauptwurzelraum schon Ende Mai den Schwellenwert von  $\log(\text{Saugspannung}) = 3$  überschritten hat, was einer kapillaren Wasserbindung an den Boden von 10,2 m Wassersäule entspricht (Abb. 43). Das heißt, die Bäume müssen einen Unterdruck von mindestens 10,2 m Wassersäule aufbringen, um Wasser aus dem Boden aufzunehmen. Ab diesem Schwellenwert ist mit physiologisch relevantem Trockenstress zu rechnen. Ab Mitte Juni trocknete der Boden vier Mal bis in die Nähe des permanenten Welkepunktes ( $\log(\text{Saugspannung}) = 4,2$ ) aus, bei dem irreversibles Welken und Absterben von Kronenteilen eintritt, wenn diese Phasen länger als etwa eine Woche andauern. Glücklicherweise wurden diese Trockenphasen durch drei Niederschlagsereignisse mit jeweils ca. 10 mm Niederschlagssummen unterbrochen, so dass akutes Absterben ausblieb.

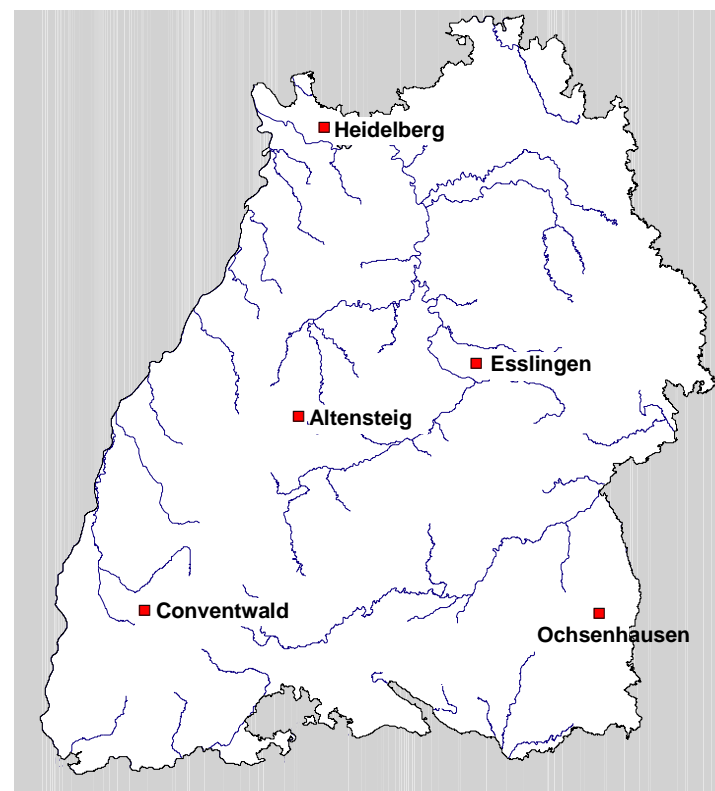
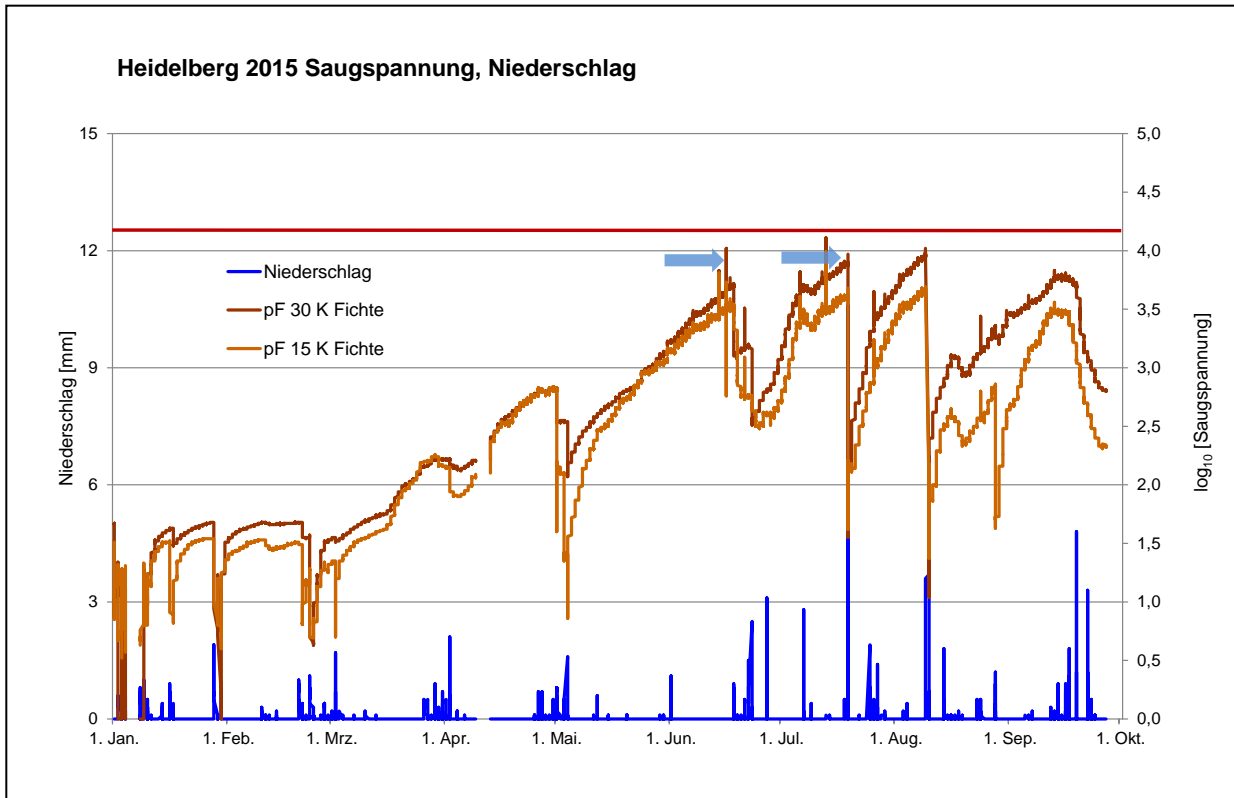
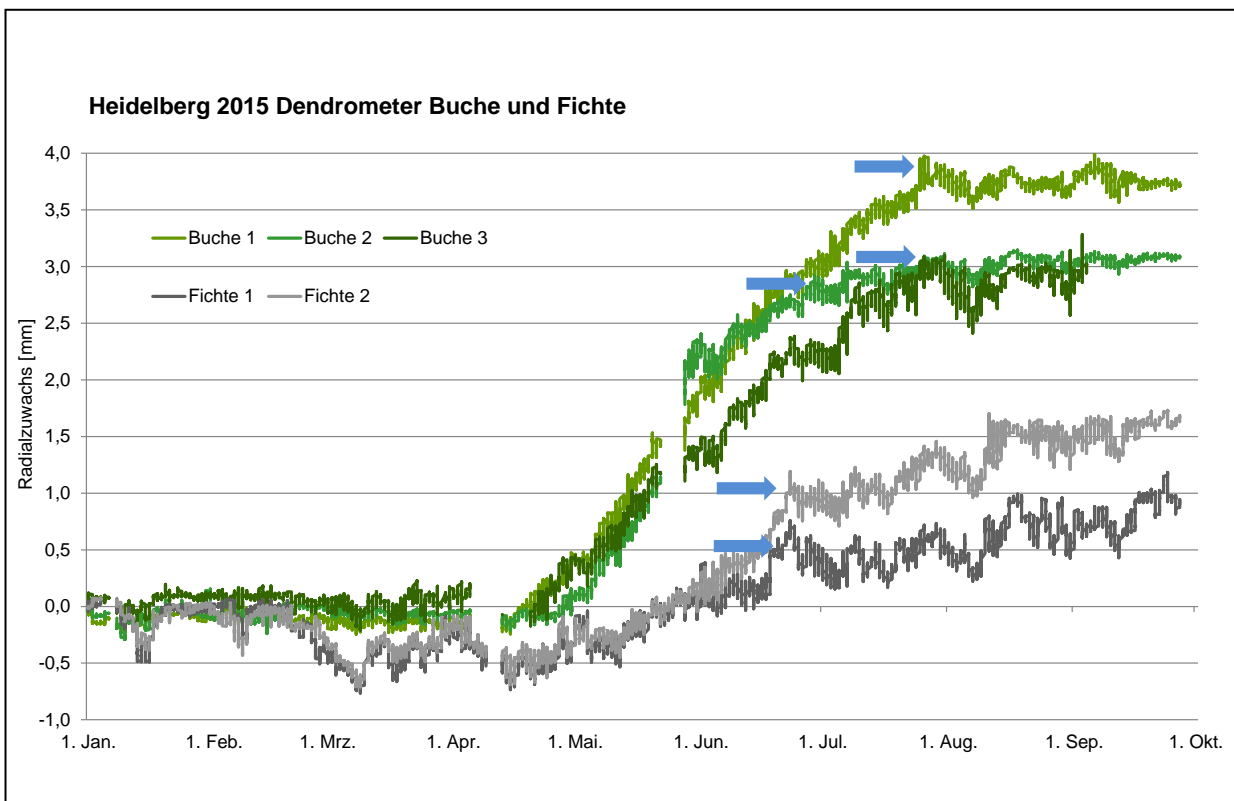


Abb. 42: Räumliche Lage der Level-II-Flächen in Baden-Württemberg



**Abb. 43:** Verlauf des Niederschlags und der Bodenwasser-Saugspannung im Fichtenbestand am Untersuchungs-ort Heidelberg in 15 und 30cm Bodentiefe (rote Linie= permanenter Welkepunkt, blaue Pfeile = Zeitpunkt zu dem der permanente Welkepunkt angenähert wurde)



**Abb. 44:** Radialzuwachsverlauf von drei Buchen und zwei Fichten am Untersuchungsstandort Heidelberg (blaue Pfeile zeigen jeweils das Ende des Jahringzuwachses)

Sowohl der frühe Beginn der Austrocknung am Standort Heidelberg, als auch die starke Reaktion der Bodenwasserverfügbarkeit nach vergleichsweise schwachen Niederschlagsereignissen sind dadurch begründet, dass Heidelberg ein ausgeprägter Sandstandort mit sehr niedriger Wasserspeicherkapazität ist.

Durch die Trockenphase zwischen Ende Juni und Ende September sind die Waldböden so stark ausgetrocknet, dass das Jahringwachstum der intensiv untersuchten Buchen und Fichten durch Trockenstress schon zwischen Mitte Juni und Mitte Juli eingestellt wurde (Abb. 44). Die Buchen zeigen mit 3,0 bis 3,7mm einen etwa dreimal so hohen Radialzuwachs wie die Fichten an diesem Untersuchungsort und haben das Jahringwachstum tendenziell auch später eingestellt als die untersuchten Fichten. In durchschnittlich mit Wasser versorgten Jahren endet das Jahringwachstum erst Ende September bis Anfang Oktober – die Vegetationsperiode ist also etwa doppelt so lang. Bei der Interpretation der Dendrometerkurven ist zu beachten, dass nach dem Ende des Jahringwachstums (markiert durch blaue Pfeile) noch eine schwächere, lineare Radialzunahme stattfinden kann, welche durch eine allmähliche Wasseraufnahme in der Borke und die dadurch verursachte Volumenzunahme zu erklären ist. Dieser Effekt tritt vor allem bei den grobborkigeren Fichten auf.

Am Standort Ochsenhausen, mit seinen tiefgründigen Lehmen und hoher Wasserspeicherkapazität, kommt es aufgrund des hohen Bodenwasservorrats erst ca. zwei Monate später als in Heidelberg zu einer Austrocknung des Waldbodens (Abb. 46). Der permanente Welkepunkt wird hier erst Mitte August bis Anfang September erreicht, also deutlich später als auf dem wenig wasserspeichernden, sandigen Standort Heidelberg.

In Ochsenhausen, im Staubereich der Alpen, waren während der gesamten Vegetationsperiode die Niederschlagsereignisse häufiger und ergiebiger als in Heidelberg. Trotzdem waren die Reaktionen der Bodenwasserspannung auf die einzelnen Niederschlagsereignisse wesentlich schwächer ausgeprägt.

Während in Heidelberg die Saugspannung im Boden nach nahezu jedem Niederschlagsereignis deutlich absinkt, sind auf der Versuchsfläche in Ochsenhausen nur geringe Ausschläge der Saugspannung nach Regenfällen zu beobachten. Dies liegt einerseits daran, dass die Bäume das Niederschlagswasser quantitativ schon im Oberboden aufgenommen haben und andererseits die vergleichsweise hohe Bodenwasser-Speicherkapazität dazu führt, dass geringe Niederschlagsmengen keine merklichen Reaktionen in der Saugspannung verursachen.

Die am Standort Ochsenhausen beobachteten Fichten stellten einheitlich schon Mitte Juni das Jahringwachstum ein, also wenige Tage nachdem der Bodenwasserspeicher begann auszutrocknen (Abb. 47). Die Buchen hatten, wie bereits auf der Versuchsfläche Heidelberg beobachtet, auch hier länger Anschluss an noch verfügbare Bodenwasservorräte und stellten deshalb das Jahringwachstum zwei bis acht Wochen später als die Fichten ein.

An allen Intensivmessflächen wurden mittels permanenter Umfangmessbänder für alle herrschenden Bäume (in der oberen Kronenschicht beteiligten Bäume) die Jahreszuwachsdaten der Fichten- und Buchenteilflächen gemessen und ausgewertet. Im Gegensatz zu den Dendrometerdaten ist bei den mittels Umfangmessbändern gemessenen Zuwachsdaten zu beachten, dass diese sich auf den Durchmesser- und nicht auf den Radialzuwachs beziehen.



**Abb. 45:** Zuwachsmessung mittels eines Dendrometers; hier an einer Buche (Foto: A. Hölscher)

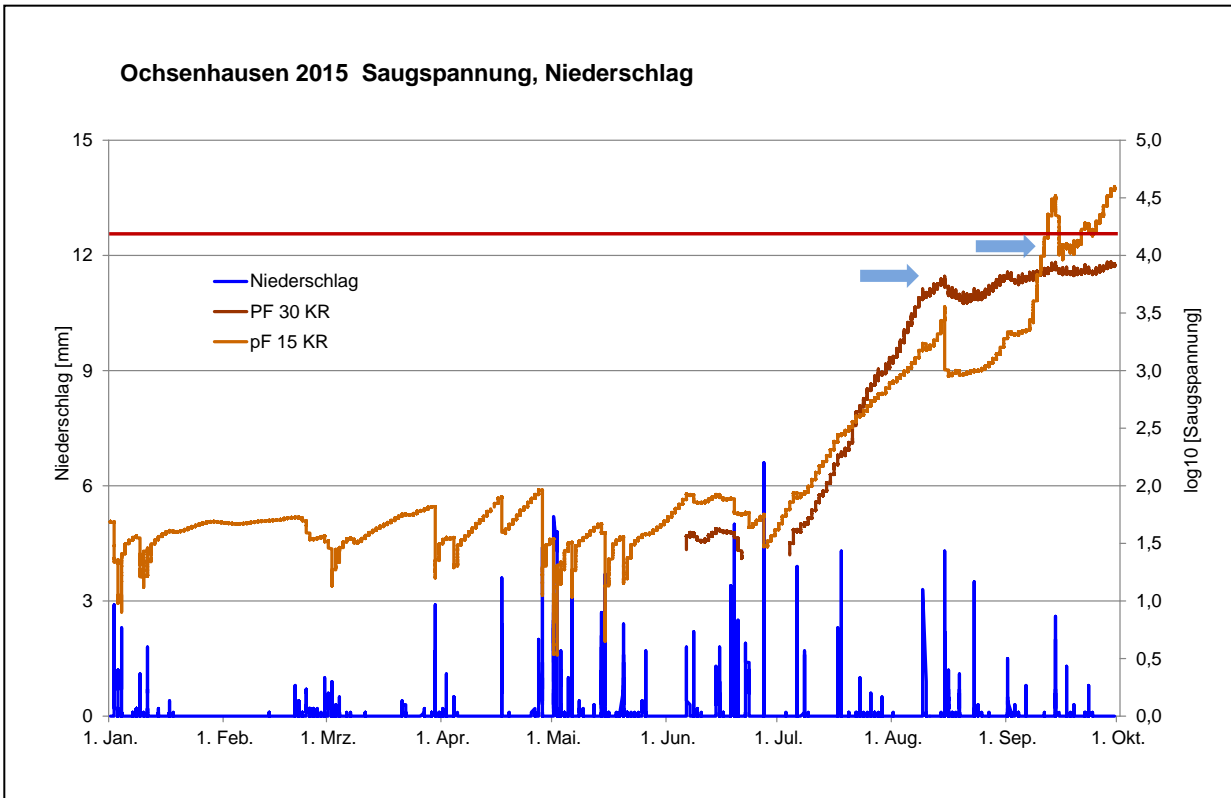


Abb. 46: Verlauf des Niederschlags und der Bodenwasser-Saugspannung im Fichtenbestand am Untersuchungsstandort Ochsenhausen in 15 und 30cm Bodentiefe (rote Linie= permanenter Welkepunkt, blaue Pfeile = Zeitpunkt zu dem der permanente Welkepunkt angenähert wurde)

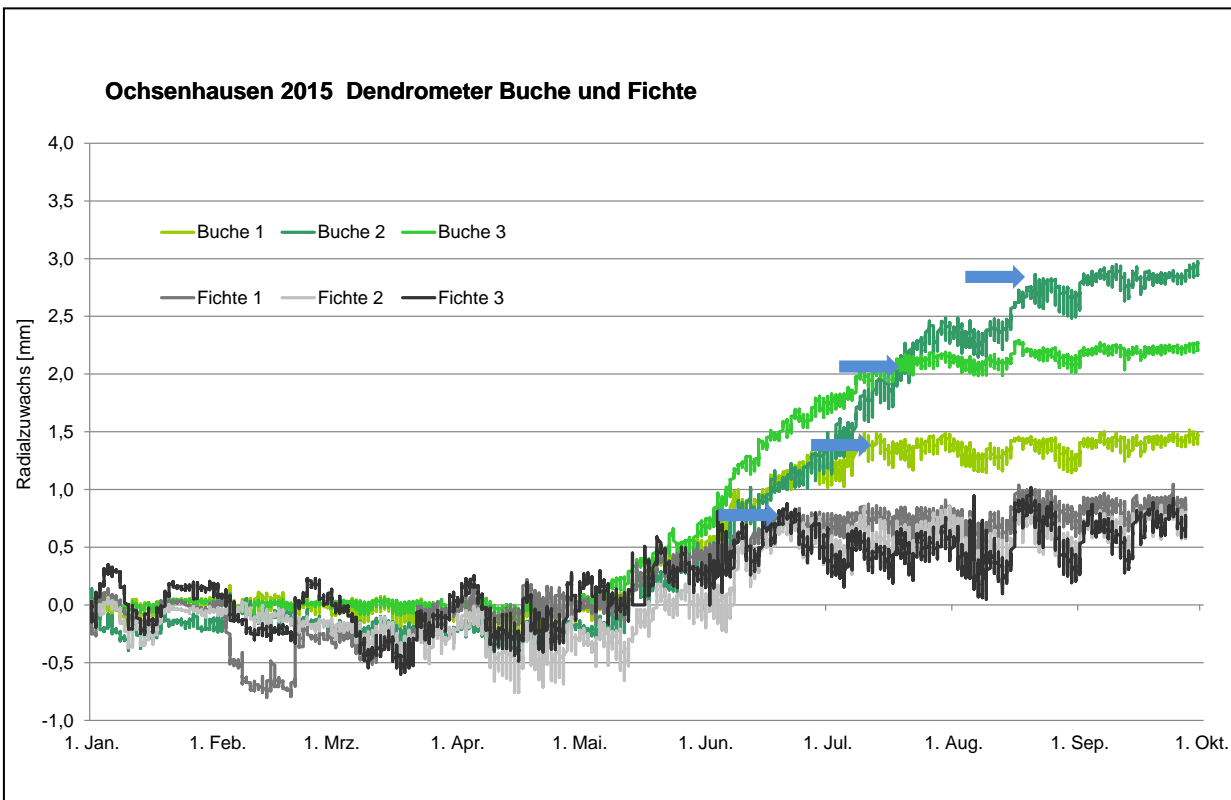
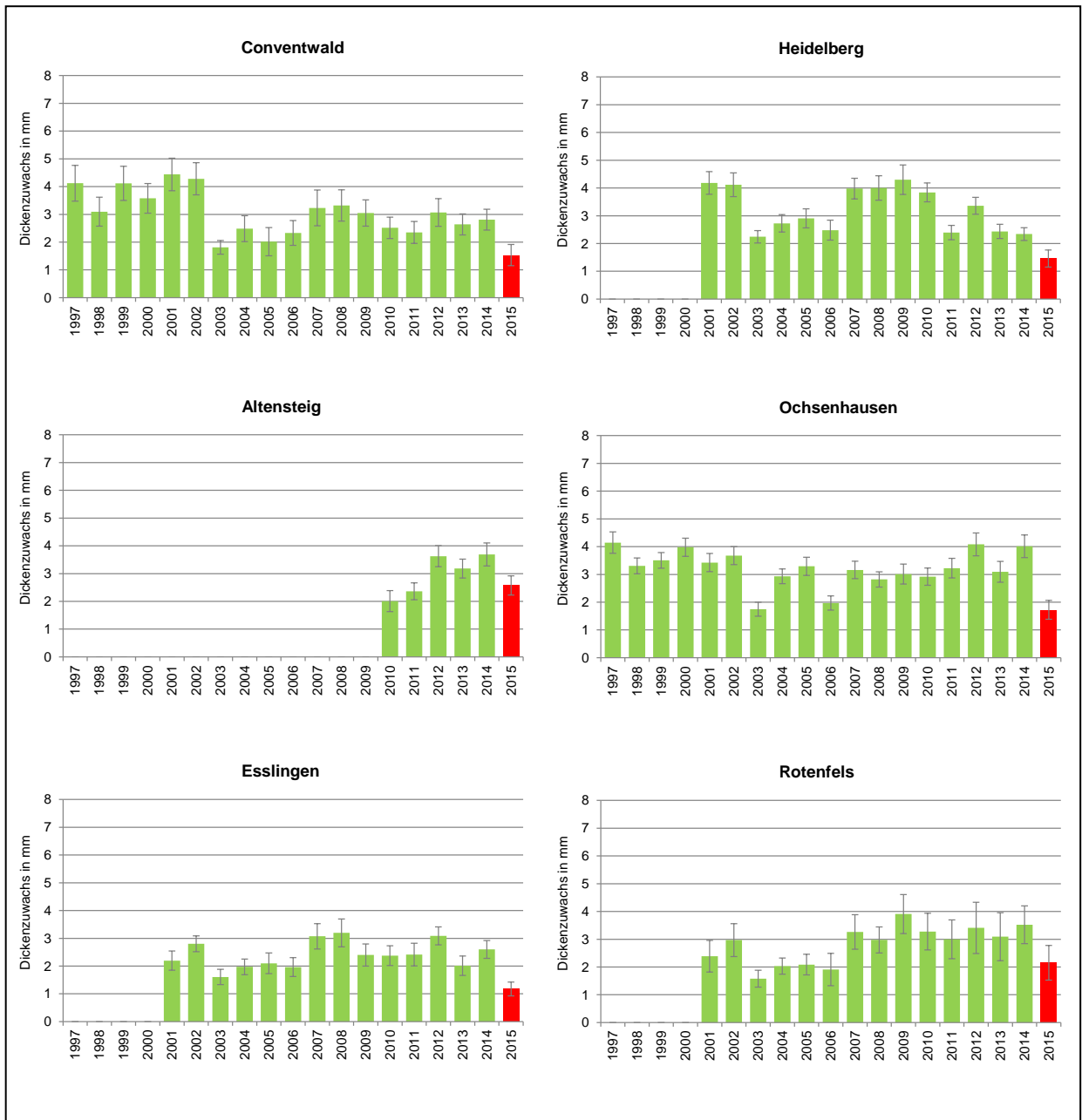


Abb. 47: Radialzuwachsverlauf von drei Buchen und drei Fichten am Untersuchungsstandort Ochsenhausen (Blaue Pfeile zeigen jeweils das Ende des Jahrringzuwachses)

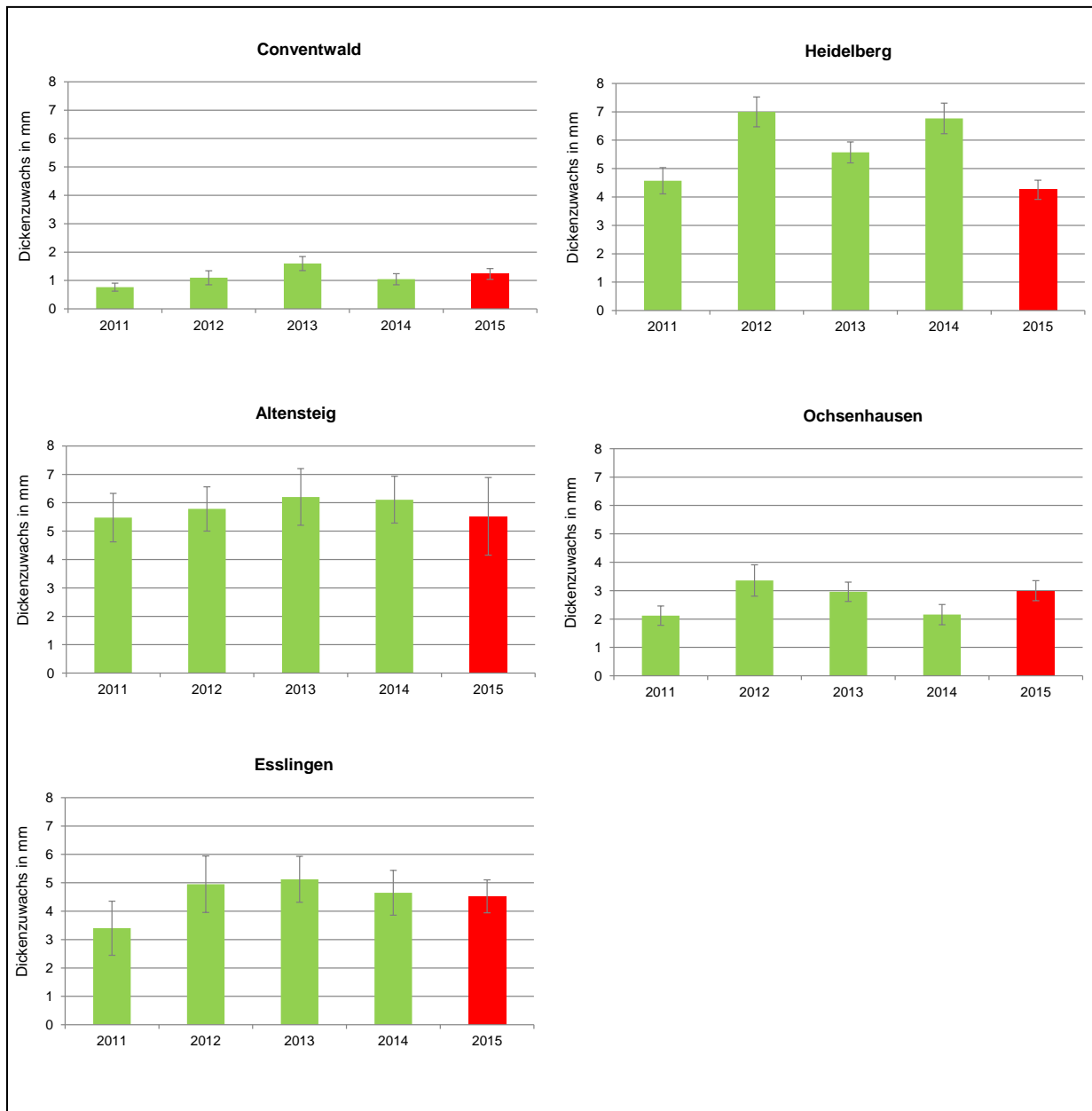




**Abb. 48:** Durchschnittliche Durchmesserzuwächse der herrschenden Fichten an den Intensivmessflächen des Level-II-Programms seit Beginn der Untersuchungen an den jeweiligen Flächen (rot = Trockenjahr 2015)

Bei den Fichten erkennt man, dass der durchschnittliche Jahreszuwachs im Trockenjahr 2015 an allen Flächen gegenüber dem Vorjahr statistisch signifikant zurückgegangen ist (Abb. 48). Am deutlichsten ist der Zuwachsrückgang der Fichten auf der Fläche Ochsenhausen und Esslingen ausgeprägt. Im Durchschnitt aller untersuchten Fichten reduziert sich hier der Zuwachs gegenüber dem Vorjahr um über 50 Prozent. Auf den meisten Flächen lag der Jahreszuwachs in 2015 niedriger als im letzten Extremtrockenjahr 2003.

Nur auf der Fläche Ochsenhausen sind die Werte 2003 und 2015 nahezu gleich hoch und auf der Fläche Rotenfels liegt der Zuwachs 2015 leicht über dem des Jahres 2003. Die Durchmesserzuwächse im Jahr 2015 betragen zwischen 1,0 und 2,5 mm – die gleiche Größenordnung, wie die mittels Dendrometer gemessenen Zuwächse an zwei Einzelbäumen der Fläche Heidelberg.



**Abb. 49:** Durchschnittliche Durchmesserzuwächse der herrschenden Buchen an den Intensivmessflächen des Level-II-Programms seit Beginn der Untersuchungen an den jeweiligen Flächen (rot = Trockenjahr 2015)

Bei den Buchen ist die Reaktion auf das Trockenjahr 2015 nicht so eindeutig wie bei den Fichten (Abb. 49). An den drei Standorten Conventwald, Altensteig und Esslingen ist kein signifikanter Unterschied des Zuwachses zum Vorjahr zu erkennen. In Ochsenhausen war der Zuwachs 2015 signifikant höher als im Vorjahr und in Heidelberg signifikant niedriger. Wie bei der Interpretation der innerjährlichen Wachstumsdynamik in Abbildung 47, ist der Grund hierfür in der fehlenden Zusatzbelastung durch Fruchtbildung und der günstigen Wasserversorgung im Frühjahr zu suchen. Offensichtlich haben die Buchen mit ihrem tendenziell tieferen Wurzelwerk die Bodenwasser-

vorräte besser nutzen können als die Fichten. Der durchschnittliche Jahreszuwachs liegt bei den Buchen in 2015 mit Werten zwischen 1,0 und 5,5 mm deutlich höher als bei den Fichten, was auch durch die Ergebnisse der Dendrometermessungen bestätigt wird. Da die Buchenflächen erst ab 2011 angelegt wurden, ist ein Vergleich der Wachstumsreaktion auf die beiden Trockenjahre 2003 und 2015 hier nicht möglich.

## 6 WALDSCHUTZSITUATION

Auffällig in den letzten Jahren sind in ganz Baden-Württemberg die Fraßschäden durch den Buchespringrüssler, im Jahr 2015 ist die Art aber deutlich weniger präsent als in den beiden Vorjahren. Der Große Fichtenborkenkäfer (Buchdrucker) hat einen in etwa um 25 Prozent erhöhten Schadholzeinschlag gegenüber dem Vorjahr verursacht. Deshalb ist hier erhöhte Vorsicht geboten. Das Eschentriebsterben, dem in dieser Ausgabe ein eigenes Kapitel gewidmet ist, legte noch einmal gravierend zu. Darüber hinaus trat regional der Blattfraß durch Frostspanner-Raupen besonders in Erscheinung. Die diesjährige trocken-warme Witterung in den Sommermonaten führte in einigen Regionen des Landes zu Trockenstresssymptomen und disponierte die Bäume für Folgeschäden, insbesondere biotischer Natur.

Der Anteil des außerplanmäßigen Holzeinschlags aufgrund abiotischer oder biotischer Schadursachen (DELB et al. 2015) am Jahresgesamteinschlag lag im Jahr 2014 mit acht Prozent (616.313 Fm) unter dem des Vorjahres (Abb. 50).

### Abiotische Schadursachen

Ein Fünftel des Schadholzes wurde 2014 als „Sturmholz“ (129.804 Fm, 21 Prozent) und nahezu die Hälfte als „Insektenholz“ (273.737 Fm, 44 Prozent) verbucht. Für das Jahr 2015 ist v.a. bei den durch Dürre und in der Folge von Trockenstress durch Insekten verursachten Nutzungen ein Anstieg zu erwarten.

### Schaderreger an Nadelbaumarten

#### Fichte

Die durch Käfer an Fichte verursachte Schadholzmenge belief sich im Jahr 2014 mit 232.180 Fm etwa auf dem Vorjahresniveau. Korrespondierend hierzu hatte der Umfang der von den Unteren Forstbehörden gemeldeten Flächen, die von Buchdrucker und Kupferstecher befallen waren, nur leicht zugenommen. 2015 bestanden insbesondere aufgrund des warmen Sommers außerordentlich „käferfreundliche“ Bedingungen; die Entwicklung des Buchdruckers erbrachte je nach Höhenlage bis zu drei Generationen

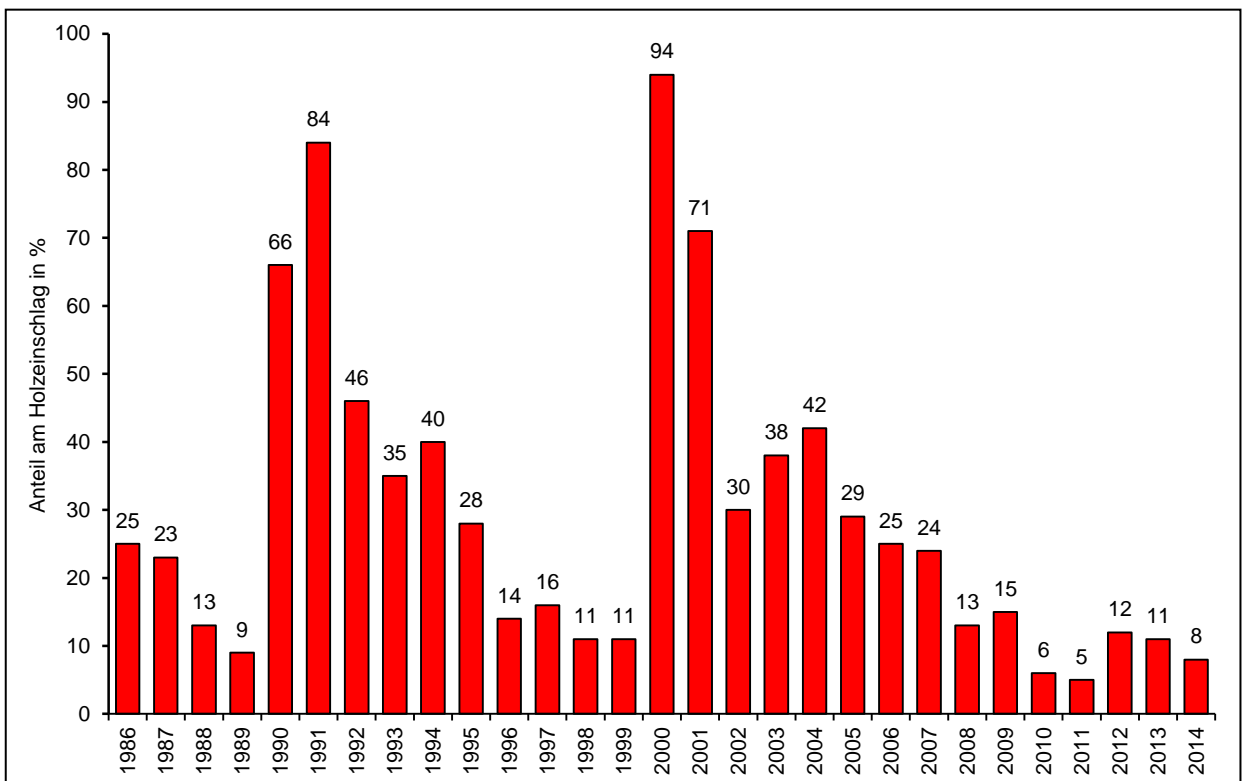


Abb. 50: Anteil der zufälligen Nutzung am Holzeinschlag (Gesamtwald Baden-Württemberg)



**Abb. 51:** Stehendbefall durch den Buchdrucker und dessen Folgeschaden an Fichte (Foto: R. John)

und bis zu zwei Geschwisterbruten (Abb. 51). Daraus ergab sich ein intensives Schwärmgeschehen und hohe Käferzahlen in den Pheromon-Fallen. Im Herbst 2015 bestehen daher landesweit hohe Populationen, die in die Überwinterung gehen. Bedingt durch diesen hohen Populationsanstieg des Sommers ergibt sich ein sehr hohes Gefahrenpotenzial für das Jahr 2016, sofern sich der Winter nicht sehr wechselhaft, d.h. mit wiederholt raschen Temperaturgegensätzen, darstellt. Von den günstigen Bedingungen profitiert nicht nur der Buchdrucker; ein deutlicher Anstieg der Gesamtpopulation deutet sich ebenfalls beim Kupferstecher an. Die Symptome des Befalls bzw. des entstehenden Schadens sind in diesem Herbst sehr deutlich und gehen über die Indizien Harzfluss und Bohrmehl hinaus. An zahlreichen Fichten sind bereits Spechteinschläge und abblätternde Rinde zu finden. Durch den verzögert stattfindenden Einschlag bzw. dessen Verbuchung sind daher abschließende Aussagen über den im Jahr 2015 entstehenden Schadholzanteil noch nicht möglich. Es zeichnet sich ab, dass bei der Fichte

etwa ein Viertel mehr Käferholz zu erwarten ist als im Vorjahr.

Die angespannte Situation zwingt zu erhöhter Wachsamkeit. Zunächst ist für den Herbst und herannahenden Winter besondere Aufmerksamkeit bei dem durch Sturm und Schnee entstehenden Schadholz geboten. Gegebenenfalls ist eine zügige Durchführung einschlägiger Präventivmaßnahmen dringend erforderlich.

### **Tanne**

In den südwestdeutschen Wäldern war in den letzten Jahren die Tannen-Rindennekrose weit verbreitet. Dabei sind die Weißtannenstammlaus und der Rindenpilz *Neonectria fuckeliana* wesentlich beteiligt, die oft von dem Weißtannenrüssler und verschiedenen Borkenkäferarten begleitet werden. Landesweit sind die betroffenen Flächen dieser Tannen-Komplexkrankheit weiter zurückgegangen. Nur bei rindenbrütenden Borkenkäfern war ein Anstieg festzustellen. Häufig sind ältere Tannen zudem auch

intensiv von Misteln befallen. Durch die Waldschadensinventur wurden im Jahr 2015 Tannenmisteln in allen klassischen Tannengebieten mit hoher Frequenz festgestellt. Der Einfluss auf den Kronenzustand und damit die Vitalität war jedoch differenziert. Der durch Insekten verursachte Tanneneinschlag erhöhte sich im Jahr 2014 gegenüber dem Vorjahr auf 14.870 Fm. Die Meldungen der Tannentrieblaus sind deutlich zurückgegangen. Trotzdem bleibt der Befall regional in mehr oder weniger freistehenden Jungwüchsen weiterhin ein bedeutendes Problem. Sowohl die Stamm- als auch die Trieblaus werden durch Witterungskonstellationen mit milden Frühjahren und Wintern besonders gefördert, womit aufgrund des Klimawandels in Zukunft häufiger zu rechnen sein könnte.

### Kiefer

Der Umfang von mit Waldgärtner, sonstigen Borkenkäfern sowie Pracht- und Bockkäfern befallenen Flächen hatte sich im Jahr 2014 auf etwa 1.600 ha deutlich reduziert. Trotzdem war der durch Rindenbrüter bei Kiefern verursachte Holzeinschlag gegenüber dem Vorjahr auf 7.400 Fm gestiegen. Ein großes waldbauliches Risiko für die Kiefernwirtschaft in der nördlichen Oberrheinebene stellt auf mehr als 4.000 ha nach wie vor der Befall durch die Kiefernmistel dar. Vor allem im Zusammenhang mit Trockenstress kann dies zu erhöhter Mortalität führen. Die Kiefernmistel ist häufig auch ein Faktor der in den letzten Jahren zunehmend beobachteten Kiefern-Komplexkrankheit, die momentan vor allem in der nördlichen Oberrheinebene auf Standorten sandiger Beschaffenheit zu erheblichen Vitalitätseinbußen und einem Schadholzanstieg führt. Möglicherweise ist das Zusammenwirken von Mistelbefall, Maikäferengerlingsfraß, Sommertrockenheit sowie nachfolgendem Rindenbrüterschaden und gegebenenfalls Pilzbefall für die Problematik verantwortlich.

### Schaderreger an Laubbaumarten

#### Eiche

Die gemeldete Waldfläche mit Fraßschäden durch den Frostspanner und Eichenwickler ist im Jahr 2014 gegenüber dem Vorjahr erwartungsgemäß gestiegen. Je nachdem, ob eine Koinzidenz zwischen dem

Schlupf der Raupen und dem Austrieb vorhanden war, sind einzelbaumweise unterschiedliche Fraßschäden aufgetreten. Die in Laubholzbeständen gemeldete Fraßfläche lag mit rund 1.770 ha etwa doppelt so hoch wie im Jahr 2013. Die routinemäßig durchgeführten Leimring-Prognosen zum Frostspanner zeigten für das Frühjahr 2015 besonders in der nördlichen Oberrheinebene aber auch im Neckarland wieder einen Raupenfraß an. Der Schwammspinner wurde im Jahr 2014 auf 48 ha häufiger als im Vorjahr beobachtet. Anhand von jährlich durchgeführten Pheromonfallenfängen gibt es vorsichtige Anzeichen, dass die Population im Steigen begriffen sein könnte.

Im Rahmen der diesjährigen Waldschadensinventur wurden v.a. in der Oberrheinebene, im Odenwald und Neckarland ebenfalls Fraßschäden durch die „Eichenfraßgesellschaft“ festgestellt.

Der Eichenprozessionsspinner stellt insbesondere aufgrund der Gefährdung durch die Brennhaare der Raupen für Mensch und Tier vielerorts ein Dauerproblem dar. Ältere Raupenstadien produzieren das Nesselgift Thaumetopoein, das Haut- und Augenreizungen bis hin zu schweren Allergien auslösen kann. Die Brennhaare reichern sich als Häutungsreste in den Raupennestern an und bleiben auch nach der Verpuppung der Raupen eine Gefahr. An einigen Orten mussten aus humanhygienischen Gründen mit Bioziden vorbeugende Maßnahmen getroffen werden. Die Befunde des bei Freiburg jährlich durchgeführten Monitorings verweisen stellenweise auf einen erneuten Anstieg der Populationsdichte.

Der Flächenumfang der durch Eichenmehltau geschädigten Bestände war im Jahr 2014 insgesamt auf 314 ha angewachsen. Dies korrespondiert mit der festgestellten Steigerung des Auftretens blattfressender Raupen vor allem in der Oberrheinebene und im Neckarland, denn unter diesen Bedingungen wird in der Regel die Regenerationsbelaubung befallen. Dadurch wird die durch den Raupenfraß bedingte Schwächung der Eichen oft erheblich verstärkt.

Über das gesamte Land gesehen ist die Befallsfläche durch den Eichenprachtkäfer in etwa gleich geblieben und mit 97 ha im Jahr 2014 noch auf einem vergleichsweise geringen Niveau. Dementsprechend lag auch die daraus resultierende Insektenholzmenge bei lediglich 1.990 Fm. Die von der Eichen-Komplex-

krankheit betroffene Fläche war gegenüber dem Vorjahr 2013 mit ca. 360 ha in etwa gleich geblieben.

### **Buche**

Die gemeldete Fläche mit Stehendbefall durch Rindenbrüter, den Buchenprachtkäfer und Kleinen Buchenborkenkäfer hatte sich mit etwa 60 ha im Jahr 2014 deutlich verringert. Demgegenüber ist die durch Insekten verursachte Schadholzmenge im Vergleich zum Vorjahr auf ca. 10.780 Fm gestiegen.

Die vom Springrüssler betroffene Waldfläche hatte sich im Jahr 2014 auf 15.050 ha mehr als versechsfacht. Besonders betroffen waren die Höhenlagen oberhalb von 600 m. Und auch im Jahr 2015 wurden Schäden durch den Buchenspringrüssler bei der Waldschadensinventur festgestellt. Durch den Reifungsfraß der Käfer erscheinen die Blätter perforiert. Die Larven minieren in den Blättern bis hin zu ausgedehntem Platzfraß. Bei starkem Befall verbräunt das Laub der ganzen Baumkrone. In der Regel verkraften die Bäume den Fraß ohne längerfristige Schädigungen. Weitere Informationen zum Springrüssler enthält das

Waldschutz-INFO 4/2014 auf [www.fva-bw.de](http://www.fva-bw.de). Da die Blattschäden durch den Springrüssler im Jahr 2014 mit einer ausgeprägten Fruchtausbildung einhergegangen sind, ist von einer latenten Schwächung der Buchenbestände auszugehen.

### **Schaderreger in Kulturen und Jungwüchsen**

In der nördlichen Oberrheinebene sind die Jungwüchse und unterständigen Laubhölzer durch den Wurzelfraß der Engerlinge des Waldmaikäfers weiterhin gefährdet (Abb. 52). Unmittelbar spürbare Schäden wurden im Jahr 2014 auf 940 ha festgestellt. In diesem Frühjahr flog der "Südstamm" des Waldmaikäfers in den Gebieten Hardtwald, Iffezheim, Rheinstetten und im Großraum Karlsruhe auf mehr als 10.000 ha Waldfläche. Hier kam es durch das synchrone Auftreten der "Eichenfraßgesellschaft" und des Waldmaikäfers vielerorts zu Lichtfraß in den Laubwäldern. In den Rheinauewäldern zwischen Jechtingen und Weisweil kam es zu einem gemeinsamen Käferflug von Wald- und Feldmaikäfern.



**Abb. 52:** Zwei Waldmaikäfer bei der Paarung auf einem abgefressenen Eichenzweig (Foto: H. Delb)

## Quarantäneschadorganismen

Der Esskastanien-Rindenkrebs hat sich in der Oberrheinebene und im Neckarland auf ca. 120 ha ausgeweitet (Abb. 53). Betroffen ist ganz besonders der Ortenaukreis. Durch die Verbreitung von hypovirulenten Pilzstämmen, die durch einen spezifischen Virusbefall ihre Aggressivität verloren haben, besteht grundsätzlich die Aussicht, dass sich die Krankheit verlangsamt. Dies kann trotz des immer noch negativen Gesamttrends an einigen Orten in der Ortenau beobachtet werden.

Die gemeldete Befallsfläche der Japanischen Esskastanien-Gallwespe hat sich von 43 auf 79 ha ausgeweitet, wobei ein Schwerpunkt im Raum Heidelberg liegt. Die bis Anfang des Jahres 2014 gültigen Notmaßnahmen sind aufgrund der weiten Verbreitung des invasiven Schadinsekts durch die Änderung der Richtlinie 2000/29/EG aufgehoben worden. Ähnlich wie für den Erreger des Esskastanien-Rindenkrebses werden in Zukunft besondere Anforderungen lediglich für die Verbringung von Pflanzgut in Schutzgebiete gestellt.

Der Erreger der *Dothistroma*-Nadelbräune („Kiefernadelbräune“), *Mycosphaerella pini*, wurde nach dem Erstnachweis in einem Waldbestand bei Rastatt im Jahr 2013 noch in einem weiteren Waldbestand desselben Forstbezirkes im Jahr 2014 festgestellt.

Neben der Schwarz-Kiefer war hier auch die Gelb-Kiefer (*Pinus ponderosa*) befallen. Die betroffenen Bestände wurden inzwischen durch forstaufsichtliche Anordnungen abgetrieben; ein Monitoring zur Erfolgskontrolle wurde im Jahr 2015 durch die FVA installiert. Dabei ließ sich der Quarantänekäfer in noch zwei weiteren, dem Erstfundort nahe gelegenen, Beständen der Schwarz-Kiefer nachweisen.

Der Asiatische Laubholzbockkäfer hat im Dreiländereck bei Lörrach erneut für Aufregung gesorgt. Ein neuer Befallsnachweis an einer Weide im Rheinufer-



**Abb. 53:** Absterbende Esskastanien nach Erkrankung durch den Esskastanien-Rindenkrebs (Foto: J. Schumacher)

bereich in Grenzach bezieht nun erstmalig auch die Forstwirtschaft in die aufwändigen Quarantänemaßnahmen des durch die EU geregelten Monitorings mit ein. Dabei müssen innerhalb der nächsten Monate bis zum Beginn der Flugsaison des Käfers in der 500 m-Zone um den Befallsort ca. 3.000 Waldbäume durch Baumkletterfirmen bestiegen und auf vorhandene Symptome untersucht werden. In dem darüber hinausgehenden 1 km-Radius erfolgt eine intensive Kontrolle aller Wirtsbäume vom Boden aus.

## 7 ESCHENTRIEBSTERBEN

Die Esche hat als ökologisch wertvolle und wuchskräftige Baumart mit sehr guten Holzeigenschaften im Zuge des naturnahen Waldbaus innerhalb der letzten Jahrzehnte erheblich an Bedeutung in der Forstwirtschaft gewonnen. Auch galt sie bislang wegen ihrer hohen Trockenheitstoleranz im Hinblick auf den Klimawandel als besonders zukunftsfähig. In Baden-Württemberg, wo die Esche im Vergleich der Bundesländer am häufigsten vorkommt, hat ihr Anteil an der Waldfläche nach Daten der Bundeswaldinventuren kontinuierlich von 3,1 Prozent im Jahr 1987 auf 4,9 Prozent im Jahre 2012 zugenommen. Sie ist demnach nach der Buche und den einheimischen Eichenarten die dritthäufigste Laubbaumart in Baden-Württemberg. Vor allem in der Oberrheinebene und auf der Schwäbischen Alb ist sie von sehr hoher lokaler Bedeutung.

Seit 1992 breitet sich der invasive Pilz *Hymenoscyphus fraxineus* in Europa rasant aus und erreichte spätestens 2006 auch Baden-Württemberg. Dieser Pilz stammt ursprünglich aus Ostasien und verursacht ein schwerwiegendes Eschentriebsterben. Wie kaum eine andere Baumkrankheit führt das Triebsterben zurzeit zu immensen Schäden und Ausfällen in den Eschenbeständen Europas.

Im Sommer produziert der Pilz gewaltige Mengen an Sporen, die mit dem Wind verfrachtet werden und so auf die Blätter der Eschen gelangen können. Von hier aus dringt der Pilz über die Blattstiele bis in die Triebe vor, die daraufhin absterben (Abb. 54). Um das Triebsterben zu kompensieren, reagieren die Eschen mit der Bildung von Ersatztrieben und Wasserreisern. Allerdings kommt es jährlich zu erneuten Infektionen, die auch die Ersatztriebe treffen können. Dadurch stirbt



Abb. 54: Eschenkrone mit typischen Symptomen des Eschentriebsterbens (Foto: S. Meining)



die Krone langsam zurück und die geschwächten Eschen werden anfällig für andere Krankheitserreger und phytophage Insekten. Langfristig führt diese Abwärtsspirale zum Absterben der Bäume.

Jedoch bestehen erhebliche graduelle Unterschiede in der Anfälligkeit einzelner Individuen. An einem kleinen Prozentsatz der Eschen treten keine oder nur vereinzelte Symptome des Triebsterbens auf, auch wenn Bäume in direkter Nachbarschaft schwer erkrankt sind. Auch auf Beobachtungsflächen der FVA Baden-Württemberg ist ein einstelliger Prozentsatz der Eschen trotz anhaltend hohem Infektionsdruck nicht oder nur schwach von dem Pilz befallen. Durch verschiedene Untersuchungen an Klonen und Nachkommenschaftsversuchen konnte belegt werden, dass es sich hierbei um eine genetisch bedingte und vererbte partielle Resistenz gegenüber den Kronensymptomen des Eschentriebsterbens handelt. Hieraus ergibt sich die Möglichkeit, durch Selektion und Züchtung eine erhöhte Resistenz in zukünftigen Populationen zu etablieren.

Die Kronenschäden sind aber nicht die einzigen Symptome des Eschentriebsterbens. Das Eschenstängelbecherchen (*H. fraxineus*) ist offenbar zusätzlich in der Lage, den Stammfuß der Eschen zu besiedeln, wobei der genaue Infektionshergang noch nicht abschließend erforscht ist. Hierbei stirbt das Kambium im Bereich der Infektionsstelle ab (Abb. 58). Diese Nekrosen bieten dann holzerstörenden Pilzen die Möglichkeit in den Stamm einzudringen. Besonders häufig ist die Hallimasch-Art *Armillaria gallica* in den Stammfußnekrosen nachzuweisen. Dieser Pilz kann den Baum innerhalb weniger Jahre zum Absterben bringen. Damit verbunden ist ein Verlust der Standfestigkeit der Bäume, was erhebliche Gefahren für die Verkehrs- und Arbeitssicherheit mit sich bringt. In einigen Beständen in der Oberrheinebene sind mehr als 90 Prozent der Eschen von Stammfußnekrosen betroffen. Erste Untersuchungen der FVA deuten an, dass das Auftreten der Stammfußnekrosen deutlich von Standortbedingungen abhängig ist. Staunasse oder periodisch überflutete Bereiche scheinen hierbei besonders gefährdet zu sein. Auch die Eschen, die in der Krone nicht oder nur schwach befallen sind, können von Stammfußnekrosen betroffen sein, wenn

auch weniger oft als in der Krone stark geschädigte Bäume.

Bisher wurde das Eschentriebsterben in Baden-Württemberg auf speziell dafür eingerichteten Versuchsflächen intensiv untersucht. Diese Flächen können aber nicht als repräsentative Stichprobe für Baden-Württemberg angesehen werden. Zusätzlich werden Symptome des Eschentriebsterbens bei der Waldschadensinventur erfasst. Um das Ausmaß und die Auswirkungen der Krankheit für Baden-Württemberg an einem größerem Kollektiv statistisch gesichert abschätzen zu können, wurde im Sommer 2015 zusätzlich eine Bonitur zum Eschentriebsterben an Stichpunkten der Bundeswaldinventur (BWI) im 2x2 km Netz durchgeführt. Das Stichprobenpunkte-Raster der BWI ist nicht nur repräsentativ, sondern liefert auch Daten aus früheren Inventuren für diese Punkte, die in Kombination mit den neu erhobenen Daten für die Abschätzung der Folgen der Krankheit verwendet werden konnten. Somit stehen detaillierte Daten zum Eschentriebsterben zur Verfügung, die einen überregionalen Bereich abdecken. Dadurch ist es möglich, auch Erkenntnisse über relevante Einflussfaktoren zu gewinnen.

### Aufnahmemethodik

Die Ansprache des Gesundheitszustands der Eschenpopulation in den Wäldern Baden-Württembergs erfolgte auf Stichproben des Bundeswaldinventurnetzes im Land. Das BWI-Stichprobenetz umfasst mit Stand der dritten Bundeswaldinventur (BWI 3) insgesamt 13.232 Stichproben an 4.580 Stichprobentrakten. Das Netz wurde im Rahmen der BWI 3 in den Jahren 2011 und 2012 aufgenommen, so dass relativ aktuelle Informationen über die vorkommenden Baumarten vorlagen. Die Esche nahm zum Zeitpunkt der BWI 3 (Stichjahr 2012) hochgerechnet auf den Gesamtwald eine Baumartenfläche von rund 65.000 ha mit einem Gesamtvorrat von rund 17,8 Mio. Vorratsfestmeter mit Rinde ein (entsprechend 273 Vfm/ha). Das Eschenkollektiv mit einem Mindestdurchmesser in Brusthöhe (BHD) von sieben Zentimetern kam an insgesamt 1.373 Traktecken (an 1.023 Trakten) vor. Für die vorliegende Studie wurden von diesen Stichproben mit Eschenvorkommen insgesamt 529

Traktecken an 330 Trakten zufällig ausgewählt. Insgesamt konnten in diesen Stichproben der Gesundheitszustand von 1.627 Eschen erhoben werden. Darüber hinaus erfolgte auch eine Gesundheitsansprache an jungen Eschen mit einer Mindesthöhe von 0,5 m. Hier wurden insgesamt 698 Individuen erfasst. Anhand der bei der BWI 3 erfassten und berechneten Kennwerte ließen sich die Anteile der angesprochenen Schadenskategorien (Kronenverlichtung, Ersatztrieb Bildung, Stammfußnekrosen) nach verschiedenen Bezugsgrößen herleiten. Die berechneten Prozentwerte beziehen sich stets auf den Zustand im Jahr 2012, da wegen des relativ kurzen Zeitraums zwischen den Erhebungen von rund drei Jahren eine Fortschreibung aufgrund des relativ großen Stichprobenfehlers nicht sinnvoll erschien. Die folgenden Ergebnisse beziehen sich auf den Vorrat (gemessen in den Volumeneinheiten Vorratsfestmeter mit Rinde).

Die Aufnahmen fanden im Juli und der ersten Augustwoche 2015 statt. Gemäß der Aufnahmemethodik der BWI wurden die Probebäume ab sieben Zentimeter BHD an jeder Traktecke mittels Winkelzählprobe mit dem Zählerfaktor vier ausgewählt. Für alle Bäume wurde dabei unterschieden, ob sie bereits bei der Vorinventur aufgenommen worden waren oder ob es sich um in die Stichprobe neu eingewachsene Bäume handelte. Zudem wurde an allen Eschen der BHD gemessen. Nicht mehr lebende Eschen der Vorinventur wurden in folgende Kategorien eingeteilt: 1) selektiv entnommen; 2) bei Kahlschlag entnommen; 3) nicht mehr stehend vorhanden aber offenbar nicht zur Verwertung vorgesehen; 4) stehend abgestorben.

Die Ausprägung des Eschentriebsterbens wurde anhand von vier unterschiedlichen Schadbildern erhoben. Zunächst wurden die Eschen auf das Vorhandensein einer Stammfußnekrose geprüft. Hierzu wurde der Stammfuß, wenn nötig, rundum von Moos befreit. Rückeschäden und vollständig überwallte Verletzungen wurden dabei nicht als Stammfußnekrose gezählt. In einigen Fällen war es nicht möglich, zwischen einer mit dem Eschentriebsterben in Verbindung stehenden Stammfußnekrose und einer Stammfußverletzung

anderer Art zu unterscheiden. In diesen Fällen wurde das Merkmal nicht aufgenommen.

Die Kronensymptome des Eschentriebsterbens wurden anhand von zwei verschiedenen Parametern erhoben. Einerseits wurde der Grad der Kronenverlichtung geschätzt, der als Indikator für die generelle, aber durch das Eschentriebsterben beeinflusste Vitalität der Eschen diente. Andererseits wurde der Anteil der Ersatztriebe an der grünen Krone geschätzt, der sich bereits als guter Indikator für den Grad der Schädigung durch das Eschentriebsterben erwiesen hatte. Für beide Kriterien galten dabei die gleichen Prozentklassen: 0 – 25 Prozent; 26 – 60 Prozent; 61 – 99 Prozent. Waren die Sichtachsen auf die Kronen aufgrund der Bestandessituation derart verdeckt, dass eine zuverlässige Einschätzung der Kronenschäden nicht möglich war, wurde keine Kronenansprache durchgeführt.

Zur Untersuchung der Eschenverjüngung wurden im Verjüngungsprobekreis der Vorinventur (BWI) mit einem Radius von zwei Metern alle Eschen mit einer Höhe von mehr als 50 cm bis zu einem BHD von 6,9 cm erfasst. Gemäß den Aufnahmen der BWI wurden diese Eschen in folgende Größenklassen eingeteilt: über 50 cm bis 130 cm Höhe; über 130 cm Höhe bis 4,9 cm BHD; 5,0 cm bis 5,9 cm BHD und 6,0 cm bis 6,9 cm BHD. Bei der Verjüngung erfolgte die Beurteilung des Gesundheitszustandes nach dem Anteil der vom Eschentriebsterben befallenen Einzeltriebe in vier Klassen: 0 Prozent (keine infizierten Triebe); weniger als 50 Prozent infizierte Triebe; mehr als 50 Prozent infizierte Triebe; 100 Prozent infizierte Triebe oder abgestorben.

Die Datenerhebungen wurden von drei Aufnahmeteams durchgeführt. Vor Beginn der Aufnahmen wurde ein Referenzatlas mit typischen Krankheitserscheinungen und Kronenzuständen zur Orientierung an die Teams ausgegeben. Zudem wurde die Kronenansprache bei einem gemeinsamen Termin vor Beginn der Aufnahmen erprobt, um die Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten.

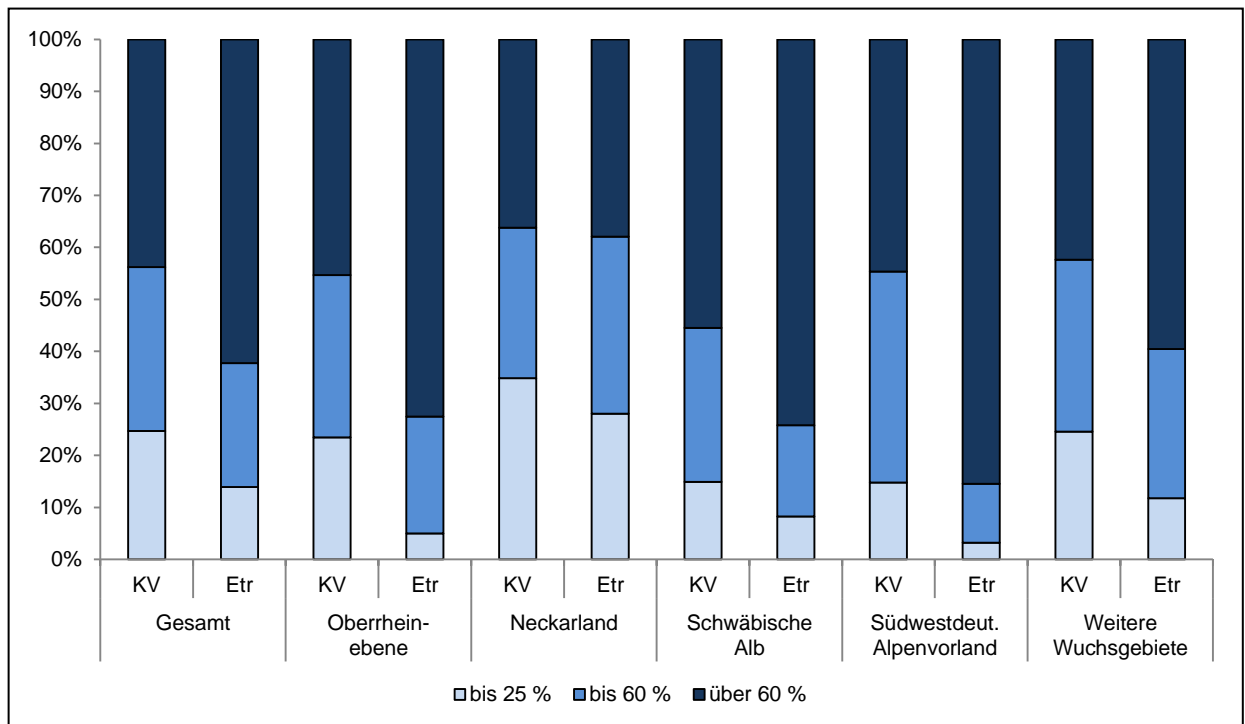
## Ergebnisse

Über alle Stichprobenpunkte setzten sich 39,2 Prozent des Vorrats aus stark verlichteten Eschen mit über 60 Prozent Kronenverlichtung zusammen (Abb. 55). Betrachtet man diese Eschen als unzureichend vital und abgänglich, wird also über ein Drittel des gesamten Eschenvorrats innerhalb weniger Jahre als zufällige Nutzung anfallen oder absterben. Der Anteil des Vorrats von Eschen mit mehr als 60 Prozent Ersatztriebanteil in der Krone machte sogar 62,2 Prozent aus. Eschen mit Stammfußnekrosen hatten einen Anteil von 17,5 Prozent am Vorrat. Bei diesen Bäumen ist ein Absterben innerhalb weniger Jahre wahrscheinlich. Für 7,3 Prozent des Vorrats war die Ansprache unsicher (Abb. 56).

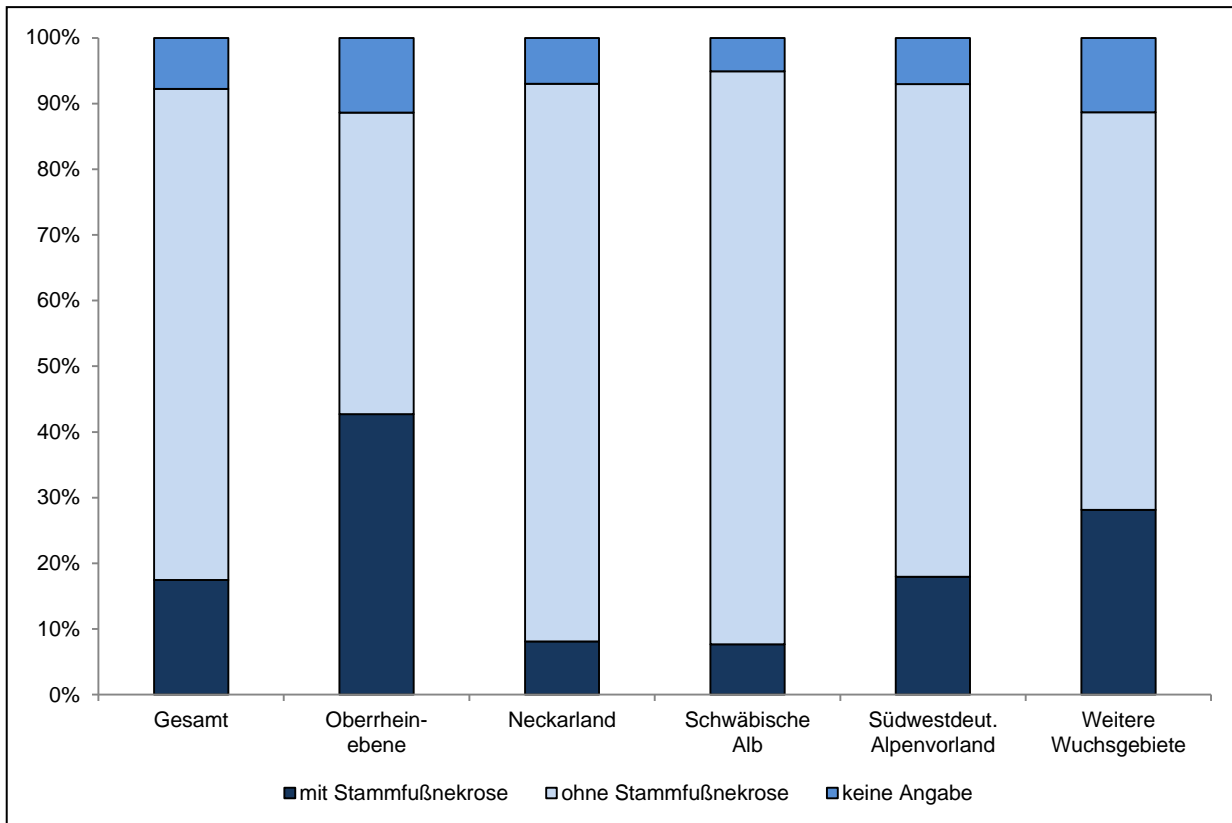
Nur 17,0 Prozent des Eschenvorrats bestand aus Bäumen mit einer Kronenverlichtung unter 25 Prozent. Bei den Ersatztrieben ist dieser Wert noch deutlich geringer als bei der Kronenverlichtung. Nur 13,9 Prozent des Vorrats setzt sich aus Eschen zusammen, die bisher nicht oder nur moderat durch das Eschentriebsterben betroffen sind (Ersatztriebanteil bis 25 Prozent).

Eschen mit einer Kronenverlichtung und einem Ersatztriebanteil unter 25 Prozent sind mit 8,3 Prozent am Vorrat vertreten. Diese Eschen können als in der Krone weitestgehend gesund eingestuft werden. Allerdings war auch ein Teil dieser Eschen von Stammfußnekrosen betroffen. Der Anteil der potentiell langfristig überlebensfähigen Eschen, also Eschen ohne Stammfußnekrose und mit einer Kronenverlichtung und einem Ersatztriebanteil unter 25 Prozent, machte nur 6,7 Prozent des Vorrats aus. Es ist aber von einer weiteren Reduktion dieses Anteils auszugehen, denn es ist wahrscheinlich, dass auch an diesen Eschen neue Stammfußnekrosen entstehen können.

Wie bereits bei früheren Untersuchungen, ließ sich auch hier ein Zusammenhang zwischen dem Grad der Kronenverlichtung und dem Auftreten von Stammfußnekrosen feststellen. Der Vorrat der Eschen mit einer Kronenverlichtung bis 25 Prozent bestand zu 12,8 Prozent aus Eschen mit Stammfußnekrosen. Beim Vorrat der Eschen mit einer Kronenverlichtung bis 60 Prozent betrug dieser Anteil 16,7 Prozent und bei Eschen mit einer Kronenverlichtung über 60 Prozent



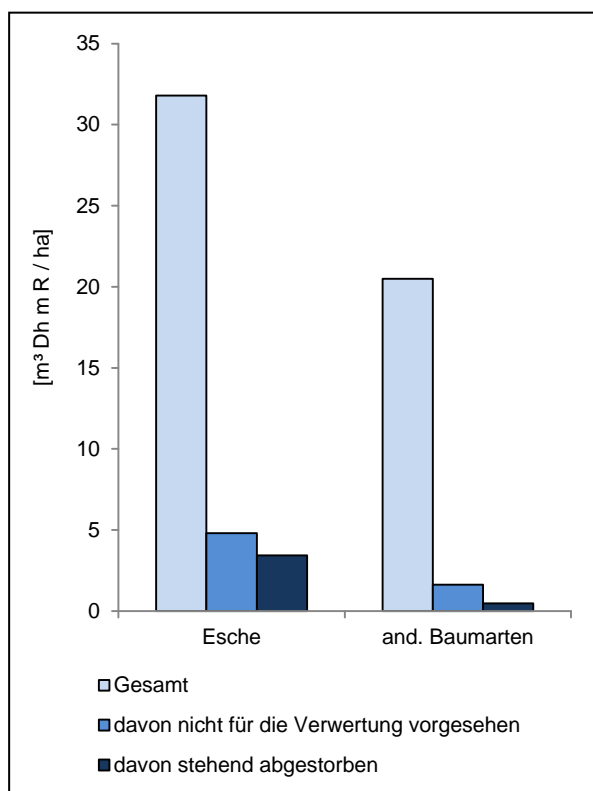
**Abb. 55:** Prozentuale Anteile des Vorrats der Esche nach Klassen der Kronenverlichtung (KV) und des Ersatztriebanteiles (ETr) für das gesamte Land und für einzelne Wuchsgebiete. Unter „Weitere Wuchsgebiete“ sind der Schwarzwald, der Odenwald und das Wuchsgebiet Baar-Wutach zusammengefasst.



**Abb. 56:** Prozentuale Anteile des Vorrats der Eschen mit und ohne Stammfußnekrosen für das gesamte Land und für einzelne Wuchsgebiete. Unter „Weitere Wuchsgebiete“ sind der Schwarzwald, der Odenwald und das Wuchsgebiet Baar-Wutach zusammengefasst.

lag der Anteil bei 20,3 Prozent. Die Kausalitäten dieses Zusammenhangs sind noch nicht abschließend geklärt. Sicherlich tragen Stammfußnekrosen zu größerer Kronenverlichtung bei. Andererseits ist es aber auch möglich, dass Individuen, die gegenüber den Kronensymptomen des Eschentriebsterbens resistenter sind, auch eine erhöhte Resistenz gegenüber Stammfußnekrosen aufweisen. Dies hätte eine große Bedeutung für zukünftige Züchtungsvorhaben.

Der ausgeschiedene Vorrat, der sich aus Bäumen zusammensetzt, die seit der letzten Aufnahme 2012 abgestorben oder entnommen wurden, war an den untersuchten Stichprobepunkten für Eschen 55,1 Prozent höher als für alle anderen Baumarten. Das rechnerische Volumen je ha ist in Abbildung 57 dargestellt. Bei der Esche waren 15,1 Prozent des ausgeschiedenen Vorrats ungenutzt, das heißt abgestorben oder gefällt aber nicht für die Verwertung vorgesehen. Für alle anderen Baumarten betrug dieser Anteil im Durchschnitt nur 7,9 Prozent. Stehend abgestorbene Bäume machten bei der Esche 10,8 Prozent



**Abb. 57:** Durchschnittlich ausgeschiedener Vorrat pro ha für Esche und andere Baumarten seit der Vorinventur (BWI 3)

des ausgeschiedenen Vorrats aus, im Vergleich zu nur durchschnittlich 2,3 Prozent bei allen anderen Baumarten. Dies verdeutlicht das Problem, dass die Nutzung des Holzes der nun vermehrt abgängigen Eschen im forstbetrieblichen Ablauf nicht immer möglich oder vergleichsweise seltener ökonomisch zu rechtfertigen ist. Dies stellt einen zusätzlichen volkswirtschaftlichen Schaden dar, der durch das Eschentriebsterben entsteht.

### Erkrankungsintensität differenziert nach Wuchsgebiet, Baumalter, Höhenstufe und Geländeneigung

Auf der regionalen Ebene waren erhebliche Unterschiede in der Kronenverlichtung und dem Ersatztriebanteil feststellbar (Abb. 55). Die Eschen im Neckarland waren deutlich weniger vom Eschentriebsterben betroffen als in anderen Wuchsgebieten. Hier setzte sich 24,5 Prozent des Vorrats aus Eschen mit einer Kronenverlichtung unter 25 Prozent zusammen. Der Volumenanteil von Eschen mit weniger als 25 Prozent Ersatztriebanteil war mit 28,1 Prozent ebenfalls deutlich höher als in anderen Wuchsgebieten. Ein Großteil des Wuchsgebietes Neckarland befindet sich in der kollinen Höhenstufe, in der im Vergleich sowohl zu der planaren als auch zu höheren Höhenstufen ebenfalls die geringsten Auswirkungen des Eschentriebsterbens in den Kronen festzustellen waren. Die relativ geringe Eschendichte im Neckarland, kombiniert mit den relativ geringen Sommerniederschlägen, führt hier möglicherweise zu einem insgesamt geringeren Infektionsdruck, denn der Pilz ist zur Fruktifikation auf niederschlagsreiche Zeiträume im Sommer angewiesen.

Wie bereits aus den Untersuchungen der Waldschadensinventur bekannt, besteht ein enger Zusammenhang zwischen Baumalter und Kronenzustand. Auch bei der Untersuchung zum Eschentriebsterben ist dieser Effekt zu erkennen. So waren Eschen mit einem Alter über 60 Jahren deutlich stärker verlichtet als jüngere Eschen. Für Eschen unter 60 Jahren setzte sich noch 37,6 Prozent des Vorrats aus Bäumen mit weniger als 25 Prozent Ersatztrieben zusammen, im Vergleich zu nur 13,9 Prozent für Eschen über 60 Jahren. Allgemein wurde europaweit beobachtet, dass

bei jüngeren Eschen der Absterbeprozess durch das Eschentriebsterben schneller als bei älteren Bäumen verläuft. Möglicherweise sind viele der anfälligeren Eschen des jüngeren Kollektivs bereits abgestorben oder wurden genutzt, weshalb ein vergleichsweise hoher Anteil der verbleibenden jüngeren Eschen relativ resistent ist.

In Bezug auf Stammfußnekrosen war die Oberrheinebene deutlich stärker betroffen als alle anderen Wuchsgebiete (Abb. 56). Eschen mit Stammfußnekrosen machten hier 42,7 Prozent des gesamten Vorrats der Esche aus. Dieser Anteil betrug für das Neckarland und die Schwäbische Alb nur 7,7 Prozent beziehungsweise 8,1 Prozent. Bei der Betrachtung der Höhenstufen ergab sich für die planare Höhenstufe, die schwerpunktmäßig in der Oberrheinischen Tiefebene liegt, mit 47,4 Prozent mit Abstand der höchste Anteil, während sich andere Höhenstufen kaum voneinander unterscheiden. Auch für die Geländeneigung ließ sich ein Effekt erkennen. In Hanglagen (Geländeneigung



**Abb. 58:** Stammfußnekrose an Esche  
(Foto: R. Enderle)

über fünf Prozent) machten Bäume mit Stammfußnekrosen 13,5 Prozent und in ebenen Stichprobepunkten (Geländeneigung unter fünf Prozent) 31,2 Prozent des Eschenvorratsvolumens aus.

Erste Untersuchungen der FVA zeigten bereits, dass der Wasserhaushalt ein wesentlicher Einflussfaktor für das Vorkommen von Stammfußnekrosen ist. Insbesondere Überflutungsbereiche, aber auch Quellhorizonte, Staunässe und anmoorige Standorte scheinen das Auftreten von Stammfußnekrosen zu begünstigen (ENDERLE et al. 2013; METZLER 2014).

Die Ergebnisse dieser Untersuchung passen zu diesen Befunden. Ein Großteil der Eschen in der Oberrheinebene befindet sich, im Gegensatz zu anderen Wuchsgebieten, in Auwäldern auf periodisch überfluteten Flächen. Zudem neigen Hanglagen weniger zur Vernässung als ebene Flächen. Es ist aber auch bekannt, dass die Aktivität von Hallimasch mit der Temperatur erheblich zunimmt. In der planaren Höhenstufe und in der Oberrheinebene wird Hallimasch daher deutlich aktiver sein und schneller zu auffälligen Stammfußnekrosen führen, als in höheren Lagen.

Auch beim Befall durch Stammfußnekrosen unterschieden sich Eschen über 60 Jahre deutlich von jüngeren Eschen. Im älteren Kollektiv machten Eschen mit Stammfußnekrosen 14,1 Prozent des Vorratsvolumens aus, im jüngeren Kollektiv betrug dieser Wert 26,1 Prozent.

## Eschenverjüngung

Die Anzahl an lebenden Eschen mit einer Höhe über 50 cm und einem BHD unter sieben Zentimetern ist seit der letzten Aufnahme im Jahr 2012 drastisch um durchschnittlich 56,4 Prozent zurückgegangen. Auch aus anderen betroffenen Gebieten in Europa wird von einem massiven Rückgang der Eschenverjüngung berichtet. Besonders stark war der Rückgang in der Oberrheinebene. Dies ist möglicherweise mit der hier oft stark aufkommenden krautigen Konkurrenzvegetation durch den zusätzlichen Lichtgenuss zu erklären, der durch die krankheitsbedingte Verlichtung der Eschen im Oberbestand zustande kommt. Nach Untersuchungen der FVA ist die individuelle Konkurrenzfähigkeit von Eschen in Naturverjüngung allerdings erst dann deutlich durch das Eschentriebsterben

beeinträchtigt, wenn mehr als die Hälfte der Triebe eines Individuums befallen oder abgestorben ist. Der Rückgang der Eschennaturverjüngung ist daher nicht alleine auf einen Rückgang der Konkurrenzfähigkeit, sondern auch auf die Schwächung der Samenbäume durch das Eschentriebsterben zurückzuführen. Außerdem ist bekannt, dass der Erreger des Eschentriebsterbens nicht selten auch die Samen besiedelt und es ist anzunehmen, dass infizierte Samen nicht mehr keimfähig sind.

Allerdings war ein hoher Anteil der Eschen in der Naturverjüngung gesund. An 31,9 Prozent der Eschen wurde kein einziger infizierter Trieb festgestellt, 14,6 Prozent waren an weniger als der Hälfte der Triebe erkrankt, 17,6 Prozent waren an mehr als der Hälfte ihrer Triebe erkrankt und 35,8 Prozent der Eschen waren bereits abgestorben. Bezogen auf die Anzahl der 2012 vorhandenen Eschen waren 21,7 Prozent der Verjüngung symptomlos. Von den gesunden Eschen gehörten allerdings 91,5 Prozent zu der Größenklasse bis 130 cm. Bei derart kleinen Eschen ist aufgrund der geringen Blattmasse die Wahrscheinlichkeit für das Zustandekommen einer Infektion kleiner. Da sich dieses Kollektiv zu großem Teil aus Individuen zusammensetzt, die nach dem Auftreten des Eschentriebsterbens in Baden-Württemberg entstanden sind, ist der vergleichsweise hohe Anteil an gesunden Eschen aber möglicherweise auch zu gewissem Teil durch bereits eingesetzte natürliche Selektion und daher erhöhter Resistenz zu erklären.

## Fazit

Trotz des vermehrten Escheneinschlags innerhalb der letzten drei Jahre ist davon auszugehen, dass etwa ein Drittel des jetzigen Eschenvorratsvolumens innerhalb weniger Jahre genutzt werden muss oder absterben wird. Dabei sind vor allem ältere, wertvollere Bäume betroffen. Dies wird die Forstbetriebe vor gewaltige Herausforderungen stellen, da es gilt, bei diesen Bäumen einer Holzentwertung durch andere Schadorganismen und Wasserreiserbildung am Stamm zuvorzukommen. Diese Problematik zeigt sich auch durch den Anteil der stehend abgestorbenen oder gefällt aber nicht zur Verwertung vorgesehenen Bäume, der für die Esche sehr hoch war. Gleichzeitig muss bei der Nutzung von abgängigen Eschen

besonders auf die Arbeitssicherheit geachtet werden, die durch abgestorbene Kronenteile, vor allem aber auch durch Stammfußnekrosen, gefährdet ist. Der Anteil des Eschenvorratsvolumens von Eschen mit Stammfußnekrosen lag im Mittel bei 17,5 Prozent und war in der Oberrheinebene besonders hoch.

Das Wuchsgebiet Neckarland ist am wenigsten vom Eschentriebsterben betroffen. Hier gab es vergleichsweise wenige Stammfußnekrosen, aber vor allem die Kronenschäden waren hier deutlich geringer als in anderen Wuchsgebieten Baden-Württembergs.

Eschen ohne größere Kronenschäden und bisher ohne Stammfußnekrosen machen 6,7 Prozent des Eschenvorratsvolumens in Baden-Württemberg aus. Diese Eschen können als potentiell langfristig überlebensfähig gelten, obwohl auch in diesem Kollektiv die Bildung von neuen Stammfußnekrosen nicht ausgeschlossen ist.

Das Eschentriebsterben wirkt sich auch massiv auf die Verjüngung aus. Die Anzahl von jungen Eschen ist innerhalb der letzten drei Jahre um über die Hälfte zurückgegangen. Von der verbliebenen Eschenverjüngung, vor allem von den Eschen mit einer Höhe bis 130 cm, ist jedoch ein relativ großer Anteil gesund. Es muss sich noch zeigen, ob dies bereits die Auswirkung einer natürlichen Selektion hin zu einer erhöhten Resistenz ist oder ob die niedrige Befallsrate bei den kleinen Eschen auf die geringere Wahrscheinlichkeit für eine Infektionssituation zurückzuführen ist.

## 8 STOFFEINTRÄGE

Wälder sind besonders stark durch Belastungen von Luftschadstoffen betroffen. Durch ihre große Nadel- bzw. Blattoberfläche filtern Wälder gegenüber unbewaldeten Flächen ca. das zwei- bis dreifache an Schadstoffen und Feinstäuben aus der Luft heraus. Diese Schadstoffe werden durch Niederschlag in den Waldboden eingetragen und reichern sich dort über Jahre hinweg an.

Besonders belastend für die Waldökosysteme wirkt sich der jahrelang hohe Eintrag von Schwefel und Stickstoff aus, der zu einer massiven Versauerung der Waldböden führte (Abb. 59). Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) entsteht bei der Verbrennung schwefelhaltiger Energieträger, wie Kohle und Erdöl. Durch den Einbau von Rauchgasentschwefelungsanlagen in der Großindustrie und der Verwendung von schwefelärmeren Brennstoffen konnte seit Mitte der 1980er Jahre ein deutlicher Rückgang der Schwefeleinträge erreicht werden.

Die Deposition von Stickstoff entstammt aus zwei unterschiedlichen Quellen. Zum einen werden Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) bei Verbrennungsprozessen freigesetzt, wobei der überwiegende Teil aus dem Kraftfahrzeugverkehr stammt. Zum anderen entstehen bei der Nutztierhaltung Stickstoffverbindungen, die als Ammonium ( $\text{NH}_4$ ) in die Wälder eingetragen werden. In den letzten Jahrzehnten konnte landesweit ein leichter Rückgang der Stickstoffeinträge u.a. durch die Einführung des Katalysators beim Individualverkehr

und emissionsärmere Gülleausbringungsformen in der Landwirtschaft erreicht werden. In vielen Regionen Baden-Württembergs liegt die Stickstoffdeposition dennoch weiterhin oberhalb der ökosystemverträglichen Eintragsmenge.

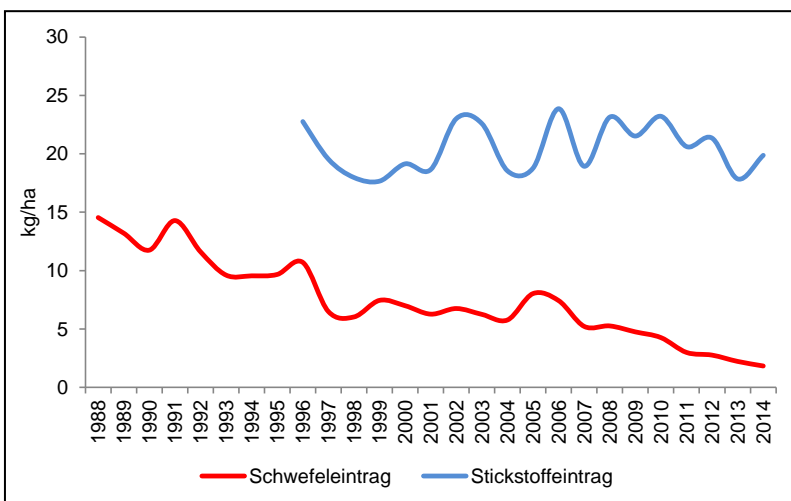
### Bodenversauerung

Die hohe Schadstoffbelastung der Wälder in den letzten Jahrzehnten führte zu einer raschen Versauerung der Waldböden. Die Ergebnisse der Bodenzustandserhebung für Baden-Württemberg zeigen, dass ein überwiegender Teil der Waldböden trotz verringerter Schadstoffeinträge der letzten Jahre auch weithin belastet ist (v. WILPERT et al. 2010).

Durch den Eintrag von Säuren kommt es zu einer Auswaschung bzw. Verlagerung wichtiger, basischer Nährelemente wie Calcium, Magnesium, Natrium und Kalium in tiefere Bodenschichten. Insbesondere bei flachwurzelnenden Baumarten ist daher eine ausgewogene Nährstoffversorgung auf versauerten Standorten oft nicht gegeben. Durch eine zunehmende Bodenversauerung werden zudem toxische Aluminium-Ionen im Bodenwasser freigesetzt, die neben der Schädigung von wichtigen Bodenlebewesen auch die Feinwurzeln der Bäume abtöten können und somit zu einer geringeren Durchwurzelungstiefe führen. Dies kann zusätzlich erhebliche Auswirkungen bezüglich Trockenstress und Standfestigkeit für die Bäume bedeuten. Bodenökologisch führt eine starke

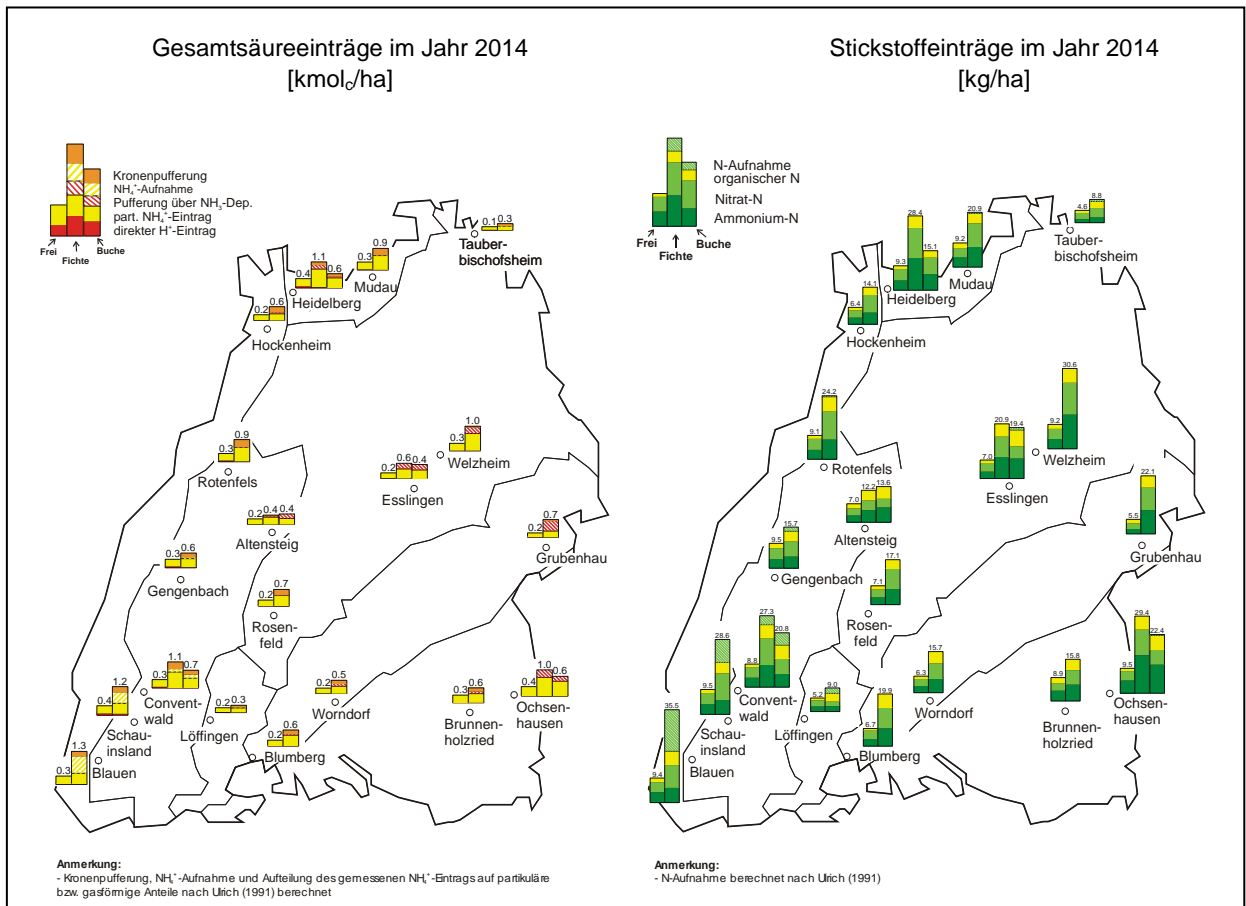
Auswaschung von basischen Nährelementen aus dem Oberboden zu einer drastischen Verschlechterung der Filter- und Puffereigenschaften von Waldböden, so dass Schadstoffe ungefiltert ins Grundwasser gelangen können.

Auch wenn sich die Schadstoffbelastung der Wälder Baden-Württembergs in den letzten Jahrzehnten deutlich verbessert hat, bleiben die Waldböden weithin durch die vormals eingetragenen Säuren chronisch belastet.



**Abb. 59:** Entwicklung der Deposition von Schwefel und Stickstoff in den Waldbeständen auf der Fläche Blumberg von 1988 bis 2014





**Abb. 60:** Räumliche Verteilung der Depositionen 2014 in Baden-Württemberg: Gesamtsäureeinträge (links), Stickstoffeinträge (rechts) für Freiland, Fichte und Buche

Zur Wiederherstellung der ursprünglichen Bodenfunktionen sind daher gezielt durchgeführte Kalkungsmaßnahmen der Wälder nötig, um sowohl die aktuell eingetragenen als auch die bereits im Boden gespeicherten Säuremengen abzubauen und somit eine vollständige Regeneration der Waldböden zu ermöglichen.

### Regionale Verteilung der Stoffeinträge

An den Waldstandorten des Depositionsmessnetzes wurden für das Jahr 2014 Gesamtsäureeinträge zwischen 0,3 bis 1,3 kmol<sub>e</sub>/ha gemessen (Abb. 60). Die höchsten Säureeinträge lagen dabei an exponierten Messstationen im Südschwarzwald und im westlichen Odenwald. Die niedrigsten Säureeinträge sind an den Stationen Löffingen und Tauberbischofsheim zu finden, die beide an der windabgewandten Seite des Schwarzwaldes bzw. des Odenwaldes liegen.

In der regionalen Verteilung der Stickstoffeinträge in Baden-Württemberg zeigt sich bei weiterhin für das

Waldökosystem hohen Stickstoffeinträgen ein Schwerpunkt im Südschwarzwald, im westlichen Odenwald sowie an den Stationen Welzheim und Ochsenhausen. Die höchsten Eintragswerte mit 35,5 kg/ha wurden auf der Fichtenfläche an der Messstation Blauen im Hochschwarzwald gemessen. Dagegen finden sich an den Stationen Löffingen und Tauberbischofsheim mit 9,0 bzw. 8,8 kg/ha wiederum die geringsten Eintragswerte.

Sowohl bei den Gesamtsäureeinträgen, als auch bei den Stickstoffeinträgen, ist der Eintrag auf den Fichtenflächen gegenüber dem der Buchenflächen – mit Ausnahme der Messstation Altensteig – erhöht. Dies liegt an der ganzjährigen Benadelung der Fichten, die dadurch mehr Schadstoffe aus der Luft filtern. Die Einträge auf der Fläche Altensteig sind aufgrund der günstigen Lage im Windschatten des Schwarzwaldes insgesamt so gering, dass sich zwischen dem Fichten- und Buchenbestand kaum Unterschiede in der Eintragshöhe bemerkbar machen.



**Abb. 61:** Auffangbehälter zur Messung der Freilanddeposition; Messturm Conventwald (Foto: A. Hölscher)

### Ozonbelastung der Wälder

Ozon ist ein stark oxidierendes, farbloses Gas, welches die Erdoberfläche in einer Höhe von ca. 20 km vor schädlicher Ultraviolettstrahlung schützt. In Bodennähe kommt Ozon natürlicherweise nur in sehr geringer Dosis vor. Aus der Reaktion von Stickoxiden und flüchtigen Kohlenwasserstoffen, die überwiegend aus Autoabgasen und Industrieemissionen stammen, kann sich Ozon bei hoher Sonneneinstrahlung als sogenannter sekundärer Luftschadstoff zusätzlich bilden. Hohe Ozonkonzentrationen in der bodennahen Luft belasten Menschen, Tiere und Pflanzen. Eine starke Ozonbelastung äußert sich bei Pflanzen als charakteristisches Schadsymptom an Nadeln bzw. Blättern. Auf der Blattoberseite bilden sich typische punktförmige Flecken („stipplings“), die bei stärkerer Schädigung zu flächigen Nekrosen zusammenwachsen können. Das Zellgift Ozon gelangt über die Spaltöffnungen der Blätter und Nadeln in den Zellapparat der Pflanze und schädigt dort nachhaltig die für die Photosynthese wichtigen Zellen des

Palisadenparenchyms (WSL 2008). Dies hat Auswirkungen auf wichtige Stoffwechselfunktionen der Pflanze und kann sich negativ auf das Baumwachstum auswirken (PRETZSCH et al. 2010). Im Gegensatz zu reinen Strahlungsschäden, verursacht Ozon an Blättern keine Schädigung der äußeren Epidermis.

Im Sommer 2015 konnte sich aufgrund der starken Sonneneinstrahlung und extrem hohen Lufttemperaturen eine hohe Ozonkonzentration in der Luft aufbauen. Vor allem in der Rheinebene und im Mittleren Neckarraum wurden hohe Ozonkonzentrationen gemessen (LUBW 2015). Bei Untersuchungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) zu sichtbaren Ozonschäden an Pflanzen wurden im Sommer 2015 auf allen fünf untersuchten Level-II-Flächen (Heidelberg, Altensteig, Conventwald, Esslingen und Ochsenhausen) Schädigungen an Blättern nachgewiesen. Auf allen Flächen zeigte sich die Buche als besonders sensitive Baumart gegenüber Ozonschäden.

## 9 ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION

### Waldzustand erkennen

Der Waldzustand in Baden-Württemberg hat sich im Jahr 2015 gegenüber dem Vorjahr insgesamt leicht verbessert. Der mittlere Nadel-/Blattverlust verringert sich um 2,1 Prozentpunkte auf 23,7 Prozent. Nach dem deutlichen Anstieg der mittleren Kronenverlichtung im Vorjahr wird das Schadniveau von 2013 allerdings noch nicht wieder erreicht. Eine deutlichere Verbesserung des Kronenzustandes zeigen vor allem die Baumarten Buche, Tanne und Fichte. Dagegen hat sich der Kronenzustand der Esche landesweit weiter verschlechtert. Gegenüber dem Vorjahr kaum verändert zeigt sich der Kronenzustand der Eiche und der Kiefer.

Die größte Erholung des Kronenzustandes weist in diesem Jahr mit über sieben Prozent die Baumart Buche auf. Dies ist im Wesentlichen dadurch zu erklären, dass die Buche 2014 landesweit außerordentlich stark fruktifiziert hat und dadurch im betreffenden Jahr einen erhöhten Blattverlust aufwies. Durch eine verstärkte Ausbildung von Blüten und Früchten verbraucht der Baum viele Nährstoffe und Energiereserven, die somit nicht mehr in gewohnt ausreichender Menge dem vegetativen Wachstum zur Verfügung stehen. Zudem können die Bäume durch das Ausbilden von Blütenknospen weniger vegetative Triebe ausbilden, was zu einer deutlich eingeschränkten Seitenverzweigung führt (LÜSCHER und SIEBER 1990). Die Ergebnisse der Waldschadensinventur 2015 zeigen, dass die Buche in der Lage ist, solche physiologischen Belastungen bedingt durch starken Fruchtbehang innerhalb eines Jahres wieder auszugleichen. Im Jahr 2015 ist die Fruktifikationsrate insgesamt bei allen Baumarten niedrig, so dass diese zusätzliche Belastung ausblieb und die meisten Baumarten sich regenerieren konnten.

### Biotische Schaderreger

Die Erholung des Kronenzustandes wurde zudem durch eine geringe Aktivität von Schadinsekten begünstigt. Auftretende Schäden in den Baumkronen durch blattfressende Insektenarten, wie z.B. dem

Springrüssler an Buche oder verschiedener Raupenarten an Eiche, traten zumeist nur mit geringer Intensität auf, so dass sie sich kaum belastend auf den Kronenzustand der Bäume auswirkten. Auch wurde bis zum Zeitpunkt der Waldschadensinventur Mitte August nur ein geringer Befall der Fichtenborkenkäfer registriert. Dagegen breitet sich das Eschentriebsterben in Baden-Württemberg weiter mit bedrohlichem Ausmaß für die Baumart Esche aus. Während bei der Waldschadensinventur 2009 erstmals Symptome des durch einen Pilz verursachten Triebsterbens an einzelnen Eschen festgestellt wurden, sind mittlerweile ganze Eschenbestände vom Absterben bedroht. Die diesjährige Sonderuntersuchung der FVA zum Eschentriebsterben zeigt, dass neben dem Absterben der Oberkrone zunehmend auch Stammfußnekrosen auftreten, die zusätzlich zu einer Destabilisierung der Eschenbestände führen. Vor allem auf den gut mit Wasser versorgten Standorten des Oberrheinischen Tieflandes treten gehäuft Stammfußnekrosen an Eschen auf. Zum jetzigen Zeitpunkt ist die Zukunftsfähigkeit der Esche noch nicht vollständig geklärt. Es bleibt abzuwarten, inwieweit und in welchem Zeitraum eine natürliche Selektion hin zu einer erhöhten Resistenz der Eschen gegenüber dem pilzlichen Erreger erfolgen kann. Dies wäre wünschenswert, da die Esche als durchaus trocken-tolerante Baumart mit einer großen Standortamplitude als Baum des Klimawandels geeignet wäre.

### Witterung und Kronenzustand

Der Sommer 2015 gilt nach 2003 als der bisher zweitwärmste Sommer in Baden-Württemberg seit Beginn der Wetteraufzeichnungen im Jahr 1880 (DWD 2015). Die Monate Juli, August und September waren geprägt durch extrem hohe Lufttemperaturen und sehr geringe Niederschläge. Bis zum Ende der Waldschadensinventur Mitte August wurden trotz allem kaum Trockenschäden an den Baumkronen festgestellt. Die Wasserverfügbarkeit der Bäume war auf den meisten Standorten offensichtlich durch reichliche Niederschläge im Frühjahr und somit gut aufgefüllte

Wasservorräte im Waldboden lange Zeit ausreichend. Zudem wurden die Trockenphasen während des Sommers in vielen Regionen durch einzelne, jedoch nicht sehr ergiebige Niederschlagsereignisse unterbrochen. Der überdurchschnittlich hohe Bodenwasservorrat im Frühjahr 2015 verhinderte zusammen mit den einzelnen Sommerniederschlägen akute Trockenschäden bis zum Aufnahmezeitpunkt der Waldschadensinventur im August. Erst im weiteren Verlauf des Sommers wurden vermehrte Schäden an den Waldbäumen sichtbar. Vor allem an Waldrändern, flachgründigen Hängen und Kuppen traten etwa ab Ende August erste Dürreschäden auf. Zudem stiegen im September aufgrund der trocken-warmen Witterung und der zunehmenden Schwächung der Bäume die Befallszahlen des Fichten-Borkenkäfers deutlich an. Besonders betroffen von der Sommertrockenheit waren die Wälder im nördlichen Baden-Württemberg, insbesondere in der Main-Tauber-Region. Die aktuelle Situation der Wälder ist vergleichbar mit dem extremen Trockenjahr 2003, in dem erste Schäden aufgrund der relativ spät einsetzenden Trockenheit auch erst im Spätsommer zu beobachten waren. Die Folgen der extremen Witterung 2003 wurden im Wald erst in den Folgejahren z.B. in Form von einer über lange Zeit erhöhten Kronenverlichtung, einer erhöhten Mortalitätsrate sowie verstärktem Befall durch Insekten (Borkenkäfer) sichtbar (MEINING et al. 2004).

### Witterung und Baumwachstum

Die Auswirkung der Sommertrockenheit auf das Baumwachstum zeigen die dendroökologischen Untersuchungen auf den Intensivmessflächen Baden-Württembergs. Bei der gegenüber Trockenheit sensiblen Fichte ist der Jahreszuwachs im Jahr 2015 nahezu an allen intensiv untersuchten Flächen signifikant niedriger als im Vorjahr. Auf den Flächen Ochsenhausen und Esslingen reduziert sich der Zuwachs der Fichten im Vergleich zum Vorjahr über die Hälfte. Der Zuwachsrückgang ist vergleichbar mit demjenigen im Extremtrockenjahr 2003. Der Jahreszuwachs der Buchen 2015 ist auf nahezu allen Intensivmessflächen vergleichbar mit dem Zuwachs der letzten Jahre. Lediglich auf der Versuchsfäche in Heidelberg ist auch der Zuwachs der Buchen gegenüber dem Vorjahr deutlich reduziert. Da die

Buchenflächen erst seit 2011 untersucht werden, stehen keine Vergleichsdaten mit dem Extremtrockenjahr 2003 zur Verfügung.

Für die beiden Versuchsfächen Heidelberg (Odenwald) und Ochsenhausen (Oberschwaben) wurden beispielhaft der Bodenwasserhaushalt und das Baumwachstum im Verlauf des Jahres 2015 dargestellt. Messungen der Bodenwasserverfügbarkeit belegen die starke Austrocknung der Waldböden im Sommer 2015. In Heidelberg wurde bereits Mitte Juni erstmals der permanente Welkepunkt erreicht, ab dem irreversible Schäden in der Baumkrone eintreten, wenn die Trockenphase mit dieser Intensität länger als etwas eine Woche andauert. Kurze Niederschlagsereignisse während des Sommers unterbrachen in Heidelberg die Trockenphasen, so dass akute Trockenschäden in den Baumkronen kaum auftraten. Auf der Versuchsfäche Ochsenhausen in Oberschwaben wurde der permanente Welkepunkt im Boden erst Mitte August erreicht. Der tiefgründige Lehmstandort dort sorgt mit seiner großen Speicherkapazität lange Zeit für eine ausreichende Wasserversorgung der Bäume, die auf dem sandigen, weniger wasserspeichernden Standort in Heidelberg schon deutlich früher nicht mehr gewährleistet ist. Auf beiden Versuchsfächen stellen die Fichten ihr Wachstum bereits zu Beginn der jeweiligen Austrocknungsphase ein. Die Buchen sind dagegen auf beiden Flächen offensichtlich aufgrund ihres tiefer reichenden Wurzelwerks länger mit Wasser versorgt und stellen deshalb ihren Zuwachs erst einige Wochen später ein. Insgesamt war das Zuwachsniveau der Buchen auf beiden Flächen im Jahr 2015 deutlich höher als das der Fichten.

Die auffällige Häufung von Trockenjahren in den letzten 15 Jahre erhöht das Umweltrisiko für den Wald nicht nur durch akute Trockenschäden, sondern auch dadurch, dass die Trockenheit eine Zusatzbelastung zu anderen Schadfaktoren, wie z.B. Borkenkäferbefall, Eschentriebsterben oder Belastung durch Schadstoffeinträge, darstellt. Hinsichtlich des Eschentriebsterbens ist die Annahme einer Kumulation der Schadwirkung naheliegend, da beide Faktoren, die pilzlich verursachte Disfunktionalität des Wasserleitgewebes im Baum und Wassermangel im Boden, Trocknisercheinungen verursachen. Wenn in Zukunft eine Häufung derartiger Trockenjahre auftritt, etwa wie

rückwirkend beobachtet im Abstand von 10 bis 12 Jahren, wird das für Gesundheit und Produktivität der Wälder eine ernstzunehmende Verschärfung der Risikobelastung darstellen.

## Fazit

Die Ergebnisse der Waldschadensinventur der letzten 30 Jahre belegen einen Wandel der Umweltfaktoren, die auf den Waldzustand wirken. Standen Anfang der 1980er Jahre vor allem die Belastungen durch Schadstoffeinträge aus der Luft im Vordergrund, die zu einer langfristigen Versauerung und Stickstoffeutrophierung der Waldböden führten, treten in den letzten 15 Jahren verstärkt klimabedingte Belastungen auf. Neben hohen Frühjahrstemperaturen, einer längeren Vegetationszeit und milden Wintern, auf die sich die Waldökosysteme einstellen müssen, sind es vor allem die Zunahme von Witterungsextremen, insbesondere von Trocken- und Hitzeperioden sowie häufiger auftretenden Sturmereignissen, die zu erhöhten Schäden in den Wäldern führen. Daneben erhöht eine trocken-warme Witterung die Anfälligkeit der Bäume gegenüber biologischen Schaderregern, wie z.B. des Borkenkäfers oder blattfressender Insekten. Auch die Ausbreitung neuer Schaderreger, wie etwa das Eschentriebsterben, kann zu einer existentiellen Bedrohung der betroffenen Bestände führen.

Zusätzlich ändert sich durch den Klimawandel das Blüh- und Fruchtverhalten der Waldbäume. Die Anlage von Blütenknospen wird maßgeblich durch trocken-warme Sommer gefördert, aus denen sich im Folgejahr Fruchtstände entwickeln können (WACHTER 1964). Eine Häufung stärkerer Fruktifikationsjahre in den letzten eineinhalb Jahrzehnten, die eine deutliche Belastung des Kronenzustandes bewirken, ist anhand der Daten der Waldschadensinventur zu beobachten. Insbesondere bei der Baumart Buche ist in den letzten Jahren eine deutliche Zunahme von Jahren starker Fruktifikation festzustellen. Die Fruktifikationsrate der Buchen wird im Rahmen der Waldschadensinventur seit 1991 aufgenommen. Seither fallen die drei stärksten Mastjahre auf die Jahre 2009, 2011 und 2014.

Neben den klimabedingten Umweltfaktoren und deren unmittelbaren Auswirkungen sind die Wälder weiterhin durch eine nach wie vor bestehende Bodenversauerung – ausgelöst durch hohe Schadstoffeinträge –

belastet. Auch wenn die Gesamtsäureeinträge in die Wälder Baden-Württembergs in den letzten Jahren deutlich reduziert werden konnten, was nicht zuletzt als Erfolg der durch die Waldschadensdiskussion ausgelösten Umweltdebatte Anfang der 1980er Jahre angesehen werden kann, sind viele Waldböden weiterhin durch die „Altlast“ Bodenversauerung geschädigt. Zur vollständigen Regeneration der Böden wurde daher in Baden-Württemberg in den letzten Jahren ein langfristiges Kalkungskonzept erarbeitet. In Verbindung mit der Rückführung von qualitätsgeprüfter Holzasche wird so eine nachhaltige Nährstoffversorgung der Bäume auf bodenökologisch aktiven Böden sichergestellt und so die Widerstandsfähigkeit der Wälder gegenüber anderen Umwelteinflüssen gestärkt. Auch wenn die Schadstoffeinträge aus der Luft innerhalb der letzten Jahrzehnte deutlich zurückgegangen sind, ist weiterhin die Gefahr einer Stickstoffübersättigung der Waldböden zu beachten. In vielen Regionen Baden-Württembergs ist der Eintrag von Stickstoffverbindungen weiterhin zu hoch. Mit über 20 kg je Hektar liegt die Stickstoffdeposition weit über der Menge, die Waldökosysteme schadlos speichern können. Dies kann neben einer Störung des Nährstoffhaushalts der Bäume zu einer weiteren Versauerung und Nährstoffverlagerung im Boden, einer unerwünschten Ausbreitung stickstoffliebender Pflanzen und zu einer Nitratbelastung des Grundwassers und Eutrophierung der Gewässer führen.

Unter dem Einfluss einer zunehmenden und neuen Belastung der Wälder, aufgrund von sich verschärfenden Klimabedingungen, ist es heute wichtiger denn je, die Widerstandsfähigkeit der Wälder weiter zu stärken. Neben der Fortführung einer konsequenten Luftreinhaltepolitik zur weiteren Reduzierung von Luftschadstoffen, insbesondere von Stickstoffverbindungen aus Verkehr und Landwirtschaft, ist es notwendig, auf anthropogen versauerten Standorten im Rahmen des langfristigen Kalkungskonzepts weiterhin Bodenschutzkalkungen bis zur vollständigen Regeneration der natürlichen Bodenfunktionen durchzuführen. Daneben wird in Baden-Württemberg seit langem das Konzept der naturnahen Waldbewirtschaftung angewandt, welches die Wälder zusätzlich gegenüber anderen Umweltfaktoren stabilisiert. Durch den Aufbau naturnaher Mischwälder, eine standortsgerechte

Baumartenwahl und Maßnahmen des integrierten Waldschutzes wird die Stabilität der Wälder gegenüber schädlichen Umwelteinflüssen gestärkt und ihre Anpassungsfähigkeit erhöht. Zusätzlich wird hinsichtlich der Baumartenwahl eine gezielte Beteiligung wärmeliebender und trockenheitstoleranter Baumarten, wie z.B. Eiche und Douglasie, angestrebt.

Seit Aufstellung der Nachhaltigkeitsgrundsätze vor über 300 Jahren wird in der Forstwirtschaft lediglich das natürliche Potential der Wälder genutzt. Dies gilt jedoch nicht nur für den Rohstoff Holz, sondern ebenso für Gemeinwohleistungen, wie beispielsweise die Bereitstellung wertvollen Grundwassers für die Trinkwassergewinnung. Ein Ziel der Forstwirtschaft ist es unter anderem, alle Güter in Quantität und Qualität gleichbleibend und generationenübergreifend erbringen zu können.

Im Rahmen der nachhaltigen Forstwirtschaft wird darauf geachtet, dass Bewirtschaftungsmaßnahmen die natürlichen Ökosystemprozesse nicht verändern. Durch eine gezielte Bodenbearbeitung und Düngung erfolgt in der Landwirtschaft eine Optimierung der physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften. In unseren Wäldern wird im Gegensatz dazu lediglich die natürliche Ausstattung und Diversität der Bodeneigenschaften erhalten und stabilisiert.

Seit ca. 100 Jahren haben sich jedoch in Mitteleuropa durch menschliche Aktivitäten, wie durch Luftverschmutzung, Bodenversauerung, Stickstoffübersättigung und in jüngster Zeit durch Klimawandel bedingte Witterungsextreme die Randbedingungen für Gesundheit und Wachstum der Wälder außerordentlich dynamisch verschlechtert. Die genannten Belastungsfaktoren kumulieren sich in ihrer Wirkung.

Die Veränderung der Umweltbedingungen verlaufen um viele Größenordnungen schneller als natürliche Veränderungen von Klima- und Bodeneigenschaften, an welche die Wälder evolutionär angepasst sind. So hat beispielsweise die anthropogen verursachte Bodenversauerung der letzten 100 Jahre etwa zur gleichen pH-Absenkung (ca. zwei pH-Stufen) geführt, wie die natürliche, nacheiszeitliche Bodenentwicklung während ca. 10.000 Jahren – die Versauerungsgeschwindigkeit hat sich also durch die Einwirkung der Menschen um den Faktor 100 beschleunigt. Das zwingt dazu, aktiv gegenzusteuern, um irreversible

Verluste von Bodenfunktionen und infolge davon eine grundsätzliche Destabilisierung der Wälder zu vermeiden. Diese Gegensteuerung besteht im Wesentlichen aus Maßnahmen des vorsorgenden und regenerativen Bodenschutzes und der Anpassung waldbaulicher Bewirtschaftungsmerkmale an die neuen und in Zukunft zu erwartenden Umweltbedingungen. Beispiele für Strategien gegen umweltbedingte und anthropogene Belastungen sind die Minimierung von Befahrungsschäden durch stringente Befahrungsrichtlinien, das Konzept der regenerativen Bodenschutzkalkung, die Stabilisierung des standortstypischen Ernährungszustandes durch Beimischung von Holzasche bei der Bodenschutzkalkung und die kleinräumige Anpassung der Baumartenwahl an zukünftig zu erwartenden Klimastress. Letzteres wird durch Baumarten-Eignungskarten unterstützt, welche aus Klimaprojektionen und Bodeneigenschaften abgeleitet wurden.

Es muss bewusst werden, dass dabei aktiver in Ökosystemprozesse eingegriffen werden muss, als das aus der Forstgeschichte gewohnt ist. Die Notwendigkeit dazu ergibt sich aus der Tatsache, dass Waldökosysteme durch die Schnelligkeit der Umweltveränderungen nicht mehr im Gleichgewicht mit den Umweltfaktoren sind. Ganz aktuell zeigt sich dieser Befund an der rasanten Ausbreitung des aggressiven Erregers des Eschentriebsterbens an der Baumart Esche, der diese ökologisch wertvolle Baumart innerhalb von nur wenigen Jahren in ihrer Existenz gefährdet.

Art und Umfang des aktiven Eingreifens ergibt sich aus der multivariaten Analyse und Zusammenschau der in den unterschiedlichen Ebenen der Forstlichen Umweltmonitoring Systeme gewonnenen Zustands- und Zeitreihendaten. Generell werden Gegenstrategien anhand folgender Kriterien bestimmt und gesteuert:

- Aus der wissenschaftlichen Analyse der Monitoringdaten muss sich der Handlungsbedarf ergeben.
- Eine Abwägung zwischen den betrachteten Schutzaspekten (z.B. chemischer Bodenschutz) und anderen von der Maßnahme berührten Schutzgütern (z.B. geschützte Biotope) muss kleinteilig erfolgen. Dies beinhaltet in Bezug auf den betrachteten Schutzaspekt, aber auch auf das gesamte Waldökosystem, eine quantitative Abwägung des Risikos des Nicht-Handelns.

- Die gewählten Maßnahmen müssen insofern ökosystemkonform sein, als sie die Dynamik natürlicher Ökosystemprozesse nicht wesentlich beschleunigen und mit der natürlichen Ökosystemausstattung kompatibel sind (z.B. keine Verwendung schnell löslicher Düngesubstanzen).
- Der Erfolg der Maßnahmen sowie mögliche Fehlentwicklungen müssen durch die Forstlichen Umweltmonitoring Systeme periodisch überwacht und bewertet werden.

Zusammenfassend kann man sagen, dass man sich nicht mehr uneingeschränkt und alleine auf das Regelvermögen der Natur verlassen kann, da wesentliche natürliche Regel- und Puffermechanismen in Waldböden durch Umweltveränderungen, die durch den Menschen verursacht wurden, belastet und teilweise außer Kraft gesetzt sind.

Die Messnetze des Forstlichen Umweltmonitorings sind ein umfassendes Instrument der Ökosystemüberwachung, das rechtzeitig Fehlentwicklungen aufzeigt und gezielte Gegenmaßnahmen ermöglicht. Integrale Bestandteile sind die Terrestrischen Waldschadensinventur, die Bodenzustandserfassung, die Ernährungsinventur sowie Intensivmessflächen zur Aufdeckung kausaler Zusammenhänge und Erfassung ökosystemarer Schlüsselprozesse. Als Schlüsselindikator für den Zustand der Waldökosysteme wird die Vitalität der Waldbäume im Rahmen der Waldschadensinventur auf allen Messnetzen des Umweltmonitoringsystems erhoben. Sie stellt den wirkungsbezogenen Kernbereich dieses integrierten Umweltüberwachungskonzepts dar und dient der Bewertung von Zuständen und Veränderungen, der chemisch-physikalischen Umweltbedingungen in unseren Wäldern. Obwohl die Forstliche Umweltüberwachung aus der Waldsterbensdiskussion hervorgegangen ist, gehen ihre Relevanz

und Einsatzmöglichkeit weit über diesen engen Kontext hinaus. Mittlerweile dient sie als unverzichtbare Datengrundlage für die Steuerung der Bodenschutz-kalkulation, für die Abschätzung der Folgen des Klimawandels für die Wasserversorgung und Leistung der Wälder oder zur Steuerung der Nährstoffnachhaltigkeit der Holznutzung und damit zur Definition von Möglichkeiten und Grenzen intensivierter Holzbiomassenutzung im Wald. Letzteres hat in jüngster Zeit im Zusammenhang mit der politischen Wende hin zur Stärkung regenerativer Energienutzung eine besondere Bedeutung gewonnen. Hier werden prognosesichere Entscheidungswerkzeuge benötigt, die auf einer verlässlichen Datenbasis beruhen. Durch die Länge der Datenzeitreihen und mittels moderner Auswertungsmethoden wurde die Forstliche Umweltüberwachung von einem Frühwarnsystem zu einem flexibel einsetzbaren Planungs- und Steuerungsinstrument für die praktische Waldbewirtschaftung entwickelt. Der Bodenwissenschaftler Hildebrand schrieb 1994: „Der Umgang mit Böden gibt Auskunft darüber, ob Menschen die ökologischen Randbedingungen der Landschaften, die ihnen anvertraut sind, akzeptieren oder nicht. Langfristig können Menschen nur überleben, wenn sie auf geschlossene Stoffkreisläufe ausgerichtete Produktionsstrategien von Ökosystemen übernehmen und darin möglichst unauffällig mitschwimmen“. Er fasste damit unsere Verantwortung für die Integrität der Waldökosysteme prägnant zusammen, die von den Forstleuten, Naturschützern sowie Umwelt- und Bodenschützern gemeinsam wahrgenommen werden muss. Das bedeutet, dass Interessenkonflikte zwischen den genannten Ressorts durch Abwägungen und Optimierungsansätze auf quantitativer Messdatenbasis gelöst werden müssen.

## 10 LITERATURVERZEICHNIS

AG Kronenzustand (2007): Waldbäume – Bilderserien zur Einschätzung von Kronenverlichtungen bei Waldbäumen. BMVEL (Hrsg.), 130 S.

Augustin, N. (2006): Terrestrial Inventory Survey (TWI): Simulation study to investigate different sampling schemes. Interner Projektbericht 13 S.

Augustin, N., Musio, M., v. Wilpert, K., Kublin, E., Wood, S.N., Schumacher, M. (2009): Modelling spatio-temporal forest health monitoring data. *Journal of the American Statistical Association*, 104/487, p. 899-911, DOI:10.11987jasa.2009ap07058

Delb, H., Bublitz, T., John, R., Metzler, B., Schumacher, J. (2015): Waldschutzsituation 2014/2015 in Baden-Württemberg. *Allgemeine Forstzeitschrift* 70 (7): S. 14-17

DWD (2015): [http://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2015/20150828\\_deutschlandwetter\\_sommer\\_2015.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2015/20150828_deutschlandwetter_sommer_2015.pdf?__blob=publicationFile&v=2) (31.10.2015)

Enderle, R., Peters, F., Nakou, A., Metzler, B. (2013): Temporal development of ash dieback symptoms and spatial distribution of collar rots in a provenance trial of *Fraxinus excelsior*. *Eur J Forest Res* 132: 865–876

Hildebrand, E. E. (1994): Der Waldboden - ein konstanter Produktionsfaktor? *AFZ* 48, 1139-1142.

LUBW (2015): <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/35855/> (31.10.2015)

Lüscher, D., Sieber, M. (1990): Die Blütenbildung und ihre Auswirkungen auf die Struktur der Krone. *Schweiz.Z.Forstwes.*, 141/2: S. 147-154.

Meining, S., Schröter, H., v. Wilpert, K. (2004): Waldzustandsbericht 2004. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (Hrsg.), 54 S.

Meining, S., v. Wilpert, K., Schäffer, J., Hartmann, P., Schumacher, J., Delb, H., Augustin, N. (2012): Waldzustandsbericht 2012. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (Hrsg.), 64 S.

Meining, S., v. Wilpert, K., Schumacher, J., Delb, H., Hartmann, P., Rubin, L., John, R., Metzler, B., Bublitz, T., Augustin, N. (2014): Waldzustandsbericht 2014. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (Hrsg.), 58 S.

Metzler, B. (2014): Ergebnisse der Umfrage bei den Unteren Forstbehörden zur Häufigkeit von Stammfußnekrosen an Eschen vom 27.02.2014. Interner Bericht ForstBW.

Pretsch, H., Dieler, J., Matyssek, R., Wipfler, P. (2010): Tree and stand growth of mature Norway spruce and European beech under long-term ozone fumigation. *Environmental Pollution* 158 (4). p. 1061-1070

v. Wilpert, K., Schäffer, J., Holzmann, S., Hug, R., Meining, S., Zirlwagen, D., Augustin, N. (2010): Was Waldzustandserfassung und Forstliche Umweltüberwachung bewirkt haben – Ableitung eines langfristigen Kalkungsprogramms. *AFZ-DerWald* 3/2010, 20-25.

Wachter, H. (1964): Über die Beziehung zwischen Witterung und Buchenmastjahren. *Forstarchiv* 35/4, S. 69-78

WSL (2008): Validierung von visuellen Ozonsymptomen auf Buchenblättern. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. Validierungsbericht erfolgt durch Günthardt-Goerg, S., Menard, T. 10 S.