



Forstliche Versuchs-
und Forschungsanstalt
Baden-Württemberg



Waldzustandsbericht 2016



Waldzustandsbericht 2016 für Baden-Württemberg



Herausgeber:

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA)

Autoren:

Stefan Meining (Büro für Umweltüberwachung, Freiburg)

Heike Puhlmann (FVA Baden-Württemberg)

Nicole Augustin (University of Bath, England)

Kapitel 6: Horst Delb, Reinhold John, Berthold Metzler, Jörg Schumacher, Jan Wußler (alle FVA Baden-Württemberg)

Kapitel 7: Simona Moosmann, Lucia Seebach, Veronika Braunisch (alle FVA Baden-Württemberg)

Titelfoto: Stefan Meining (Büro für Umweltüberwachung, Freiburg)

Bestellung an:

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt

Baden-Württemberg

Wonnhaldestraße 4

79100 Freiburg

Tel.: 0761/4018-0

Email: fva-bw@forst.bwl.de

Download:

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

ISSN: 1862-863X

INHALTSVERZEICHNIS

1	VORWORT	3
2	DAS FORSTLICHE UMWELTMONITORING	5
	AUFBAU UND THEMEN DES FORSTLICHEN UMWELTMONITORINGS	6
	INTERNATIONALE EINBINDUNG	7
	TERRESTRISCHE WALDSCHADENSINVENTUR	7
	QUALITÄTSSICHERUNG	8
	DURCHFÜHRUNG DER TWI	9
	AUSWERTUNG	10
3	ERGEBNISSE DER KRONENZUSTANDSERHEBUNG	11
	DER WALDZUSTAND IN BADEN-WÜRTTEMBERG	11
	ALTERSGRUPPEN	12
	VERTEILUNG DES NADEL-/BLATTVERLUSTES	13
	VERGILBUNG	13
	SCHADSTUFEN	15
	FRUKTIFIKATION	15
	AUSGEFALLENE BÄUME	17
	MORTALITÄT	18
	DIE BAUMARTEN	18
	REGIONEN BADEN-WÜRTTEMBERGS	32
4	WITTERUNG	35
5	WALDSCHUTZSITUATION	38
	ABIOTISCHE SCHADURSACHEN	38
	BIOTISCHE SCHADERREGER AN NADELBÄUMEN	39
	BIOTISCHE SCHADERREGER AN LAUBBÄUMEN	41
6	STOFFEINTRÄGE	45
	BODENVERSAUERUNG	45
	STICKSTOFFBELASTUNG DER WÄLDER	46
	REGIONALE VERTEILUNG DER STOFFEINTRÄGE	47
7	PROZESSSCHUTZGEBIETE	48
	PDF MITTLERER GRÖÖE	49
	DATEN DES WALDSTRUKTURMONITORINGS	50
	FORSCHUNGSFRAGEN	51
8	ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION	53
	KLIMAWANDEL UND WALDZUSTAND	53
	WALDZUSTAND AKTUELL	54
	FAZIT	55
9	LITERATURVERZEICHNIS	57

1 VORWORT

Liebe Leserinnen und Leser,

der Waldzustandsbericht dokumentiert jährlich den Gesundheitszustand unserer Wälder in Baden-Württemberg. Eine Vielzahl von Umweltfaktoren, wie zum Beispiel Belastungen durch Schadstoffe, Witterungsextreme oder biotische Schaderreger führen zu einer Veränderung des Waldzustands. Die Terrestrische Waldschadensinventur beobachtet jährlich den Kronenzustand als einen wichtigen Indikator für die Gesundheit der Waldbäume. Das Forstliche Umweltmonitoring ermöglicht es, die Ursachen für Baumkronenverlichtungen zu identifizieren, mögliche negative Entwicklungen frühzeitig zu erkennen und Handlungsempfehlungen für Gegenmaßnahmen abzuleiten.



An den Messstationen des Landes lassen sich wichtige Tendenzen erkennen. Beobachtet werden stetig steigende Temperaturen und eine Zunahme extremer Witterungen. Der Zustand der Waldböden hat sich im Hinblick auf die Bodenversauerung kontinuierlich verbessert. Bodenschutzkalkungsmaßnahmen sowie Maßnahmen zur Luftreinhaltung wirken hier messbar. In die Wälder werden nur noch niedrige Säureeinträge festgestellt, demgegenüber sind die Einträge von eutrophierend wirkendem Stickstoff weiterhin auf einem hohen Niveau.

Der Waldzustand in Baden-Württemberg bleibt auch im Jahr 2016 auf einem erhöhten Schadniveau. Die durchschnittliche Kronenverlichtung ist mit 23,8 Prozent verglichen zum Vorjahr nahezu konstant. Vor allem die Fichte profitiert im aktuellen Jahr von der milden und feuchten Witterung der ersten Jahreshälfte. Der nach dem sehr trockenen Sommer 2015 zu erwartende Borkenkäferbefall wurde zum einen durch die hohen Niederschläge in der ersten Jahreshälfte, zum anderen durch das intensive Käfermonitoring eingedämmt. Bei den Buchen führte der trockene Sommer des Vorjahres allerdings in diesem Jahr zu einer sehr starken Fruktifikation. In den letzten Jahren ist bei den Buchen ein Trend zu immer häufigeren Mastjahren zu beobachten. Ob die stärkere Fruchtausbildung langfristig Auswirkungen auf das Wachstum der Buchen hat, kann derzeit noch nicht eingeschätzt werden. Eine erfreuliche Entwicklung gibt es bei den Eschen zu verzeichnen. Aufgrund des trockenen Sommers 2015 und den günstigen Witterungsbedingungen im Frühjahr und Frühsommer 2016, verringerte sich der mittlere Blattverlust um 7,5 Prozentpunkte auf 29,7 Prozent. Von einer Trendwende kann man aber hier nicht sprechen. Es ist vielmehr davon auszugehen, dass sich das Eschentriebsterben in den nächsten Jahren weiter ausbreiten und es zu einer zunehmenden Schädigung der Esche kommen wird.

Der Erhalt und die Wiederherstellung der Vitalität der Wälder bleibt weiterhin eine zentrale Aufgabe für Politik und Gesellschaft. Mit dem Strategischen Nachhaltigkeitsmanagement verfolgt der Landesbetrieb ForstBW die nachhaltige Entwicklung im Staatswald, wobei ökonomische, ökologische und soziale Belange gleichrangig berücksichtigt werden. Die multifunktionale Waldbewirtschaftung sichert die zukunftsfähigen Wälder, die nachhaltig Holz produzieren und gleichzeitig wertvollen Lebensraum für viele Tier- und Pflanzenarten, aber auch Erholungsraum für die Menschen in Baden-Württemberg sind.

Stuttgart, im Dezember 2016



Ihr Peter Hauk MdL
Minister für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz
Baden-Württemberg

2 DAS FORSTLICHE UMWELTMONITORING

Das heutige Forstliche Umweltmonitoring wurde Anfang der 1980er Jahre im Zuge der Waldschadensdiskussion aufgebaut und mittlerweile zu einem umfassenden Monitoringsystem entwickelt. Zunächst standen akute Schäden der Wälder und der Waldböden durch hohe atmogene Schadstoffeinträge im Fokus der Untersuchungen. Vor allem die hohen Einträge von Schwefel- und Stickstoffverbindungen führten zu einer großflächigen Versauerung der Waldböden mit massiven Auswirkungen auf den Waldbestand. Zwar konnte eine fortschreitende Versauerung der Waldböden durch verschiedene Luftreinhaltemaßnahmen nicht zuletzt in Folge der öffentlich geführten Umweltdiskussion abgemildert werden, jedoch sind die Waldböden in weiten Teilen Baden-Württembergs nach wie vor belastet (HARTMANN ET AL. 2016). Hinzu kommen aktuell die zunehmenden

Auswirkungen des Klimawandels auf das Waldökosystem, welche durch das Forstliche Umweltmonitoring intensiv untersucht werden.

Ziel des Forstlichen Umweltmonitorings ist es Informationen über räumliche und zeitliche Veränderungen des Waldökosystems zu erhalten, um daraus langfristige Maßnahmen zur Verbesserung der Vitalität der Wälder abzuleiten. Hierfür ist es notwendig, den Zustand der Wälder, die auftretenden Umwelteinflüsse sowie die Reaktion des Ökosystems mit ausreichender Intensität und Kontinuität zu erfassen. Die verschiedenen Untersuchungen des Forstlichen Umweltmonitorings stellen somit in ihrer Gesamtheit ein geeignetes Frühwarnsystem dar, welches langfristige Entwicklungstrends des Waldzustandes aufzeigt und auf dessen Grundlage geeignete Maßnahmen zum Schutz der Wälder abgeleitet werden können.

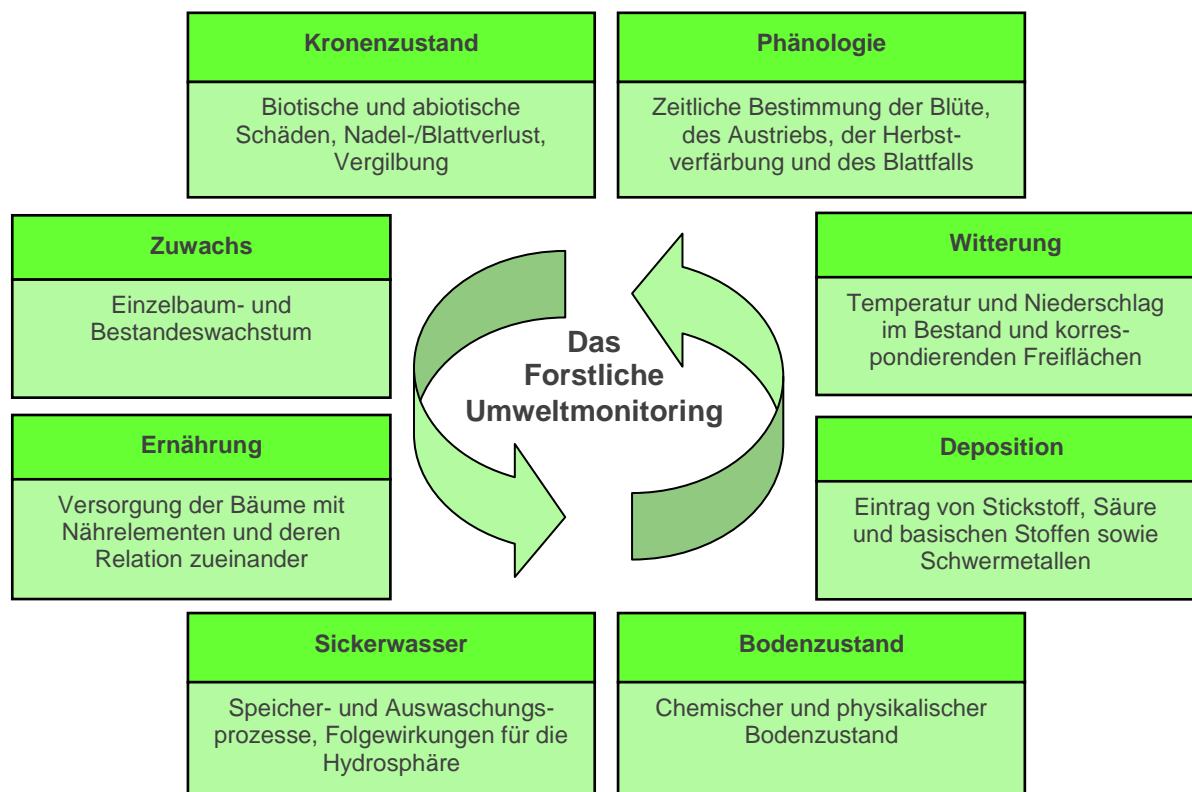


Abb. 1: Themen und Messgrößen des Forstlichen Umweltmonitorings

Aufbau und Themen des Forstlichen Umweltmonitorings

Das Forstliche Umweltmonitoring in Baden-Württemberg umfasst viele verschiedene Themen und Messgrößen, die mit unterschiedlicher Intensität auf den Messnetzen untersucht werden (Abb. 1). Hierzu zählen sowohl baumbezogene wie auch standörtliche Parameter, die zwischenzeitlich so gut miteinander vernetzt sind, dass themenübergreifende Auswertungen möglich sind. Untersuchungsschwerpunkte im Einzelnen sind: der Kronenzustand, die Phänologie, der Zuwachs und die Ernährungssituation der Bäume sowie der Bodenzustand und die Bodenvegetation, der Wasser-, Nähr- und Schadstoffhaushalt sowie der Witterungsverlauf.

Der Aufbau des Forstlichen Umweltmonitorings gliedert sich systematisch in zwei Ebenen (Abb. 2). Die erste Ebene bilden die extensiv untersuchten Rasterstichproben, die aufgrund des hohen Stichprobenumfangs und der streng systematischen Auswahl der Stichprobenpunkte flächenrepräsentative Ergebnisse für die Waldfläche Baden-Württembergs liefern.

Rasterstichproben

- Terrestrische Waldschadensinventur (TWI)
- Bodenzustandserhebung (BZE) inklusive Ernährungsinventur (IWE)
- Bundeswaldinventur (BWI)

Versuchsflächen

- Dauerbeobachtungsflächen
- Depositionsmessnetz
- Stoffflussmessnetz
- Waldwachstumsversuchsflächen

Abb. 2: Rasterstichproben und Versuchsflächen

Die Aufnahmepunkte der Stichproben werden über die Schnittpunkte eines landesweiten Rasternetzes bestimmt. Jeder Schnittpunkt, der in ein Waldgebiet fällt, dient als Stichprobenpunkt der Aufnahme,

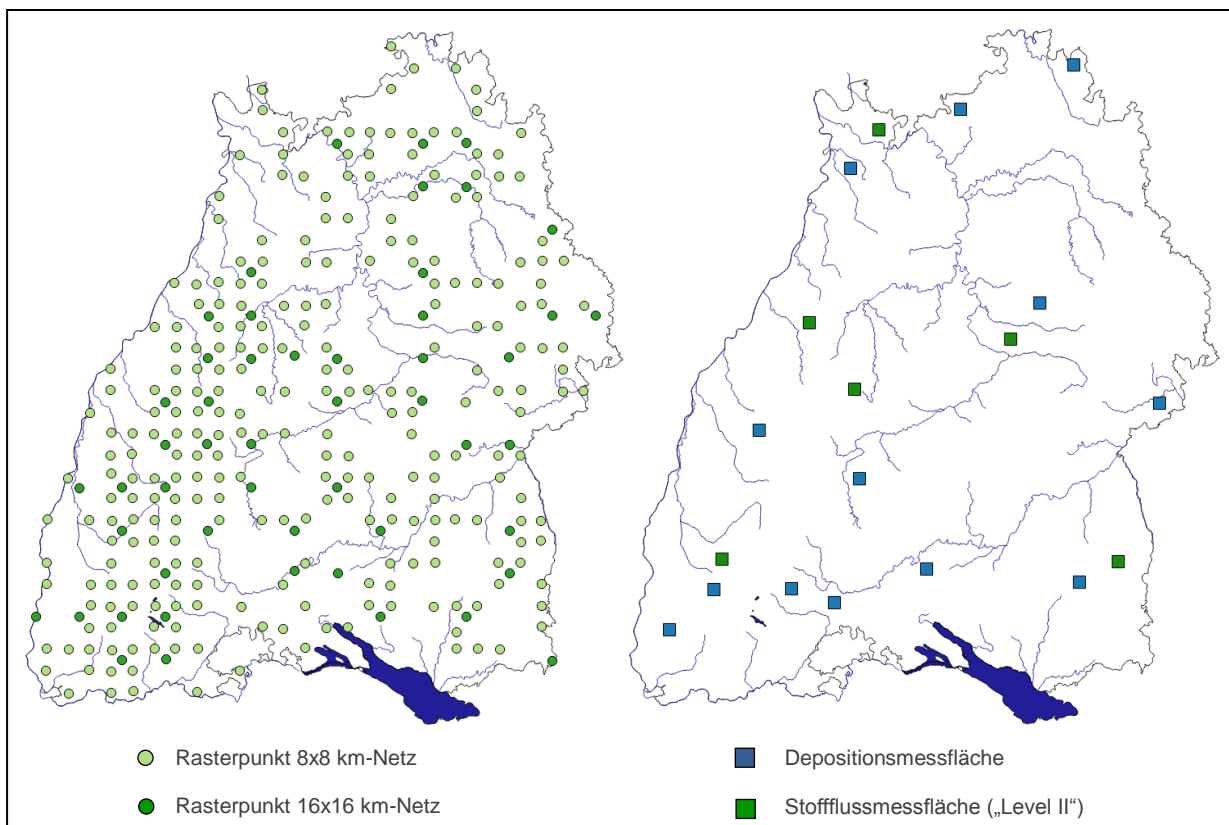


Abb. 3: Räumliche Lage der Rasterstichproben (links) und der Versuchsflächen (rechts)

unabhängig von Standort, Baumartenverhältnis oder sonstigen Kriterien. Die Rasterabstände können je nach Stichprobenumfang variieren. Zu den Rasterstichproben zählt die Terrestrische Waldschadensinventur (TWI), die Bodenzustandserhebung (BZE) sowie die Ernährungsinventur (IWE), welche an die BZE angekoppelt ist. Alle Untersuchungen werden auf den gleichen Stichprobenpunkten durchgeführt, so dass integrierende Auswertungen zwischen den Erhebungen möglich sind (Abb. 3, links).

Die zweite Ebene des Forstlichen Umweltmonitorings bilden die Versuchsflächen, auf denen je nach Untersuchungsschwerpunkt eine große Anzahl von verschiedenen Untersuchungen durchgeführt wird. Die räumliche Lage der i. d. R. ein Viertel Hektar großen Versuchsflächen wird im Gegensatz zu den Rasterstichproben entsprechend dem Untersuchungsziel bestimmt (Abb. 3, rechts). Die Messintensität auf den Versuchsflächen ist sowohl in zeitlicher als auch in räumlicher Auflösung deutlich höher. Ziel der Versuchsflächen ist es, konkrete Fragestellungen des Forstlichen Umweltmonitorings ursachenbezogen auszuwerten. Zu den Versuchsflächen gehören die Dauerbeobachtungsflächen, die Versuchsflächen des Depositions- und Stoffflussmessnetzes, die Klimastationen sowie waldwachstumskundliche Flächen.

Internationale Einbindung

Das Forstliche Umweltmonitoring Baden-Württembergs ist sowohl in nationale wie auch in internationale Programme eingebunden. Von den 321 zur Verfügung stehenden Rasterstichproben liegen insgesamt 52 Aufnahmepunkte auf dem europäischen 16x16 km-Netz. Die Ergebnisse dieser Punkte fließen in das Europäische Umweltmonitoring-Programm „Level I“ ein und werden zur Beurteilung des nationalen wie auch europäischen Waldzustandes herangezogen.

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.

Terrestrische Waldschadensinventur

Die Terrestrische Waldschadensinventur (TWI) untersucht den Kronenzustand der Waldbäume in Baden-Württemberg. Dabei werden an jedem Rasterstichprobenpunkt systematisch 24 Bäume zufällig, d. h. unabhängig von Baumart, Alter und Zustand für die jährliche Aufnahme des Kronenzustandes ausgewählt und dauerhaft markiert. Ausgefallene Bäume werden durch Nachbarbäume ersetzt. In der bisherigen Aufnahmeperiode der Waldschadensinventur wurden in Baden-Württemberg unterschiedliche Aufnahmeraster des 4x4, 8x8 bzw. 16x16 km-Netz verwendet (Tab. 1).

Tab. 1: *Aufnahmedichte 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
2016	8x8 km	306	7.256

Seit dem Jahr 2005 wird die Waldschadensinventur zur besseren Interpretation der Ergebnisse jährlich auf dem 8x8 km-Netz durchgeführt. Die Veränderung des Kronenzustandes ist ein wichtiger Indikator zur Einschätzung der Vitalität von Wäldern. Bei der Kronenzustandsaufnahme werden bei jedem Probebaum der Nadel-/Blattverlust und die Vergilbung der Nadeln bzw. Blätter in 5-Prozentstufen eingeschätzt und anschließend zu sogenannten Kombinations-Schadstufen zusammengefasst (Tab. 2). Zusätzlich wird an jedem Baum eine eingehende Schadansprache durchgeführt. Hierunter fallen insbesondere Schäden durch Insekten (z. B. durch blattfressende oder holzbrütende Insekten), Schäden durch extreme Witterungseinflüsse (z. B. Trockenstress oder Frost) und Schadsymptome aufgrund mangelnder Nährstoffversorgung (z. B. Nadelbräune).

Qualitätssicherung

Die Gewährleistung einer hohen Datenqualität spielt bei der Terrestrischen Waldschadensinventur (TWI) seit jeher eine entscheidende Rolle. Hierfür wurden in der Vergangenheit zahlreiche Qualitätssicherungsmaßnahmen eingeführt, die einer stetigen Weiterentwicklung unterliegen. Ein entscheidender Faktor zur sicheren Ansprache des Kronenzustandes ist eine eingehende Schulung der Aufnahmeteams. Dies wird in Baden-Württemberg mit einer dreitägigen Schulung auf eigens dafür eingerichteten Schulungsparcours durch die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) sichergestellt. Neben der Schulung zur Kronenverlichtung an den Hauptbaumarten Fichte, Tanne, Kiefer, Buche, Eiche und Esche bilden dabei auch die Nebenbaumarten sowie die Bewertung von auftretenden Schäden die wesentlichen Schwerpunkte. Als Hilfestellung zur Einschätzung der Kronenverlichtung stehen den Aufnahmeteams bundesweit abgestimmte Bilderserien zur Verfügung (Abb. 4). Die fachliche Begleitung der Außenaufnahmen und eine stichpunktartige Kontrolle der Aufnahmeteams tragen

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-Schadstufe				
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			

Schadstufe 0:	ungeschädigt	
Schadstufe 1:	schwach geschädigt	Warnstufe
Schadstufe 2:	mittelstark geschädigt	
Schadstufe 3:	stark geschädigt	deutlich geschädigt
Schadstufe 4:	abgestorben	

zudem zu einer Qualitätssicherung der Kronenzustandsdaten bei. Neben der landesweiten Schulung findet jährlich auch eine Abstimmung der Inventurleitungen auf Bundesebene statt, um auch bundesweit eine einheitliche Ansprache des Kronenzustandes zu gewährleisten. Ergebnisse des bundesweiten Abstimmungskurses zeigen, dass die visuelle Bewertung der Baumkronen nach den Methoden der Waldschadensinventur zu zuverlässigen, d.h. vergleichbaren und reproduzierbaren Ergebnissen führt (EICKENSCHIEDT 2016). Auf internationaler Ebene finden ebenfalls regelmäßig Kalibrierungskurse zur weiteren Abstimmung der Erhebungen statt. Im Jahr 2015 wurde zusätzlich ein Foto-Vergleichstest für Europa und Deutschlands durchgeführt, dessen Ergebnisse die sehr hohe Homogenität der Kronenansprache innerhalb Deutschlands bestätigen (MEINING ET AL. 2016).



Abb. 4: Buchenkronen mit ansteigender Kronenverlichtung von links oben nach rechts unten: 0 Prozent, 20 Prozent, 50 Prozent und 75 Prozent (aus: AG KRONENZUSTAND 2007)

Durchführung der TWI 2016

Im Vorfeld der diesjährigen Terrestrischen Waldschadensinventur (TWI) in Baden-Württemberg wurde turnusgemäß das Aufnahmenetz des 8x8 km-Rasters auf Vollständigkeit überprüft. An insgesamt 15 Waldstandorten, die bisher nicht Bestandteil der Waldschadensinventur waren, konnten neue Probepunkte angelegt werden, so dass sich die Anzahl der insgesamt zur Verfügung stehenden Stichprobenpunkte der TWI auf nunmehr 321 erhöht.

Die Außenaufnahmen fanden vom 22. Juli bis 19. August durch forstliche Sachverständige statt. An insgesamt 306 Stichprobenpunkten konnte dabei eine reguläre Aufnahme des Kronenzustandes durchgeführt werden, wobei drei vormals ruhende Stichprobenpunkte wieder reaktiviert werden konnten. An 15 Stichprobenpunkten ruhte dieses Jahr die Aufnahme, da nicht genügend Bäume in ausreichender Höhe zur Verfügung standen. Gründe hierfür sind u.a. Holzernmaßnahmen, Sturmwurf oder Ausfall der Bäume

durch biotische Ursachen. Sobald der nachfolgende Bestand eine mittlere Höhe von 60 cm erreicht hat, werden diese Stichprobenpunkte wieder in die Waldschadensinventur aufgenommen.

Der Stichprobenumfang der diesjährigen Waldschadensinventur umfasst insgesamt 7.256 Bäume, die hinsichtlich ihres Kronenzustandes während des Sommers 2016 untersucht werden konnten (Tab. 3). Dabei ist gemäß den Baumartenanteilen in Baden-Württemberg die Fichte mit 2.430 Bäumen am häufigsten in der Stichprobe vertreten, gefolgt von der Buche mit 1.720 Bäumen. Die Fichte dominiert vor allem in den Wuchsgebieten Schwarzwald, Südwestdeutsches Alpenvorland, Schwäbische Alb und Baar-Wutach, während die Buche im Neckarland und im Odenwald die höchsten Anteile aufweist. Im Oberrheinischen Tiefland sind indes vor allem die Esche und die sonstigen Laubhölzer, wie Ahorn und Erle mit hohen Baumartenanteilen vertreten. Die Tanne hat ihr Hauptverbreitungsgebiet im Schwarzwald und im Schwäbisch-Fränkischen Wald (Neckarland), was sich

Tab. 3: Anzahl untersuchter Probebäume der Waldschadensinventur 2016

Anzahl untersuchter Probebäume TWI 2016		Fichte	Tanne	Kiefer	sonstige Nadelbäume	Buche	Eiche	Esche	sonstige Laubbäume	Summe	Stichprobenpunkte
Wuchsgebiete	Oberrhinesisches Tiefland	0	0	19	18	28	63	77	216	421	18
	Odenwald	54	10	10	46	100	35	6	27	288	12
	Schwarzwald	1.048	707	82	69	363	34	21	108	2.432	102
	Neckarland	236	166	142	59	712	377	121	227	2.040	86
	Baar-Wutach	102	19	7	0	8	0	0	3	139	6
	Schwäbische Alb	514	9	30	26	316	17	30	85	1.027	43
	Südwestdeutsches Alpenvorland	476	6	4	38	193	24	82	86	909	39
Gesamt Baden-Württemberg	bis 60 Jahre	711	129	49	117	442	152	163	550	2.313	/
	ab 61 Jahre	1.719	788	245	139	1.278	398	174	202	4.943	/
	Summe	2.430	917	294	256	1.720	550	337	752	7.256	306

auch in der Baumartenverteilung der Waldschadensinventur widerspiegelt. Dagegen treten höhere Anteile der Baumarten Kiefer und Eiche vor allem in den wärmeren Regionen des Neckarlands auf.

Auswertung

Die Waldschadensinventur ist ein landesweit angelegtes Stichprobenverfahren mit zufällig ausgewählten Probebäumen. Um die Ergebnisse auf die tatsächliche Waldflächenverteilung in Baden-Württemberg übertragen zu können, werden die Ergebnisse mit den Baumartenflächen gewichtet und waldfächenbezogen dargestellt. Für die Gewichtung dienen jeweils die aktuellen Daten der Bundeswaldinventur. Derzeit liegen aktuelle Daten der dritten Bundeswaldinventur für Baden-Württemberg zur Gewichtung der Baumartenflächen vor. Damit werden die Ergebnisse der einzelnen Probebäume der Waldschadensinventur gemäß ihrem tatsächlichen Vorkommen in Baden-Württemberg berücksichtigt. Die Berechnung des mittleren Nadel-/Blattverlusts wird mit einem Vertrauensbereich von 95 Prozent dargestellt (gestrichelte Linien), das bedeutet, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von mindestens 95 Prozent der wahre Wert innerhalb dieses Bereiches liegt. Da der

Vertrauensbereich stark von der Anzahl der Beobachtungen abhängt, liegt dieser umso dichter am Mittelwert, je mehr Bäume untersucht wurden.

Zur besseren Interpretation der Ergebnisse der Waldschadensinventur wurde in den letzten Jahren ein statistisches Modell entwickelt, mit dem es möglich ist, sowohl Zeittrends als auch räumliche Verteilungsmuster der Nadel-/Blattverluste darzustellen. Das multivariate Raum-Zeit-Modell stellt den Nadel-/Blattverlust als Funktion des Baumalters, der räumlichen Lage und der Zeit dar, wobei Korrelationen in Zeit und Raum berücksichtigt werden (AUGUSTIN ET AL. 2009). Die Kronenzustandsdaten jedes Stichprobenpunktes werden also sowohl mit den Ergebnissen der vorangegangenen und folgenden Jahre als auch mit den räumlich benachbarten Stichprobenpunkten korreliert. Dadurch reduziert sich der statistische Fehler der Daten, insbesondere in Jahren mit verhältnismäßig wenig Probebäumen, wie in Jahren des 16x16 km-Netzes. Die Ergebnisse der Waldschadensinventur können mit Hilfe des Raum-Zeit-Modells für alle Hauptbaumarten Baden-Württembergs landesweit flächendeckend dargestellt werden, wodurch Veränderungen des Kronenzustandes der Bäume in ihrer räumlichen Lage und zeitlichen Entwicklung besser interpretiert werden können.

3 ERGEBNISSE DER KRONENZUSTANDSERHEBUNG

Der Waldzustand in Baden-Württemberg

Der Waldzustand in Baden-Württemberg bleibt auch im Jahr 2016 weiterhin auf einem erhöhten Schadniveau. Der mittlere Nadel-/Blattverlust, als Mittelwert über alle Baumarten und Altersgruppen, ist mit 23,8 Prozent verglichen zum Vorjahr nahezu konstant (Abb. 5). Gegenüber der letztjährigen Waldschadensinventur stellt dies lediglich eine Erhöhung um 0,1 Prozentpunkten dar.

Die landesweit sehr hohen Niederschläge in der ersten Jahreshälfte 2016 sorgten für eine ausreichende Wasserversorgung und damit für gute Wuchsbedingungen der Bäume. Die erst im Juli einsetzende Hitze- und Trockenphase führte für die Wälder nur zu geringem physiologischen Stress, da die Bodenwasserspeicher durch die zahlreichen Niederschläge der Vormonate noch gut gefüllt waren. Zudem wurde eine vergleichsweise geringe Belastung der Wälder durch Schadinsekten festgestellt, was unter anderem auch auf das feuchte Frühjahr und den damit verbundenen schlechten Ausbreitungsbedingungen der Insekten zurückgeführt werden kann.

Regional belastend für die Wälder war hingegen ein Kälteeinbruch mit Nachfrösten Ende April bis Mitte Mai, welcher vor allem in mittleren Lagen des Schwarzwaldes zu sichtbaren Schäden der frisch ausgetriebenen Blätter und Triebe führte (Abb. 6). Hiervon waren im Wesentlichen die Baumarten Buche und Eiche betroffen, die zu diesem Zeitpunkt in der betroffenen Höhenstufe zum Austrieb kamen. Landesweit war in diesem Jahr wieder eine sehr starke Fruchtausbildung einiger Baumarten festzustellen. Vor allem bei den Baumarten Buche und Hainbuche wurde eine sehr starke Fruktifikation beobachtet, die sich direkt auf die Belaubungsdichte der Bäume auswirkt, da weniger Triebe und Blätter ausgebildet werden und es zu einer starken Beanspruchung des Nährstoffhaushalts der Bäume kommt. Die Ergebnisse der Waldschadensinventur belegen eine Zunahme an starken Fruktifikationsjahren der Buche innerhalb der letzten zehn Jahre. Weiter besorgniserregend bleibt der Zustand der Esche, deren Bestände mittlerweile landesweit massiv vom Eschentriebsterben betroffen sind, auch wenn die Kronenverlichtung der Eschen dieses Jahr rückläufig ist.

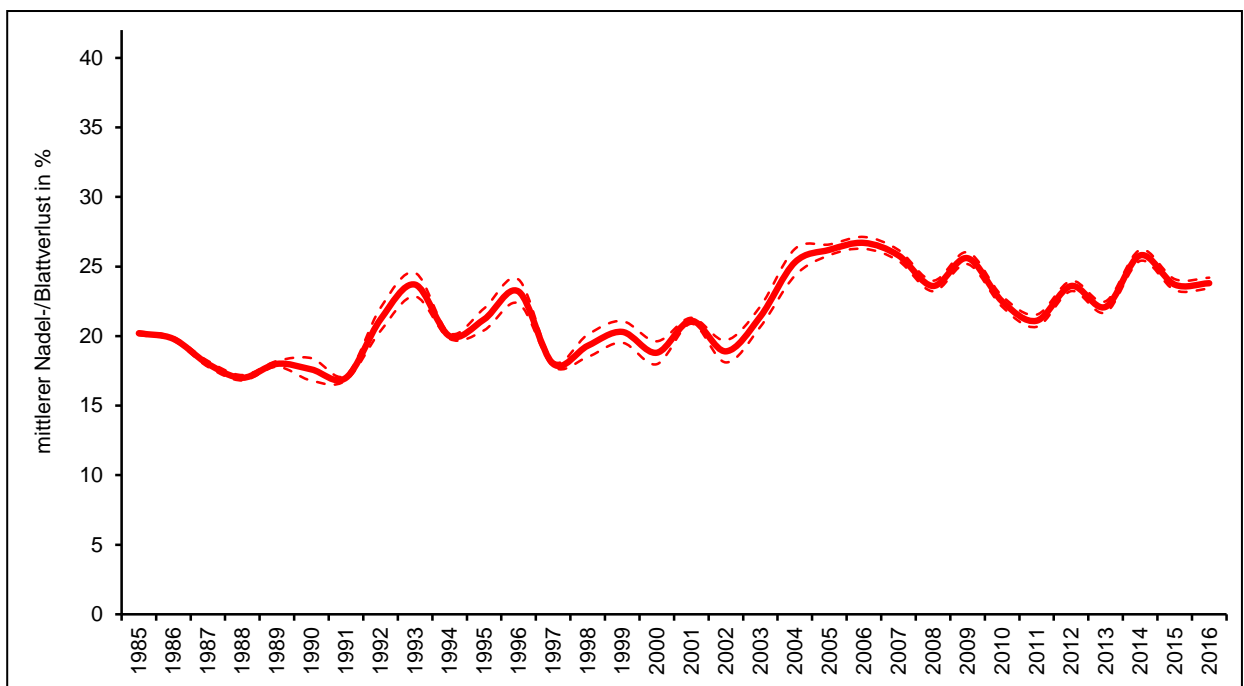


Abb. 5: Entwicklung des mittleren Nadel-/Blattverlusts aller Bäume in Baden-Württemberg (gestrichelte Linien geben den Vertrauensbereich von 95 Prozent an)



Abb. 6: Spätfrostschäden an Buchen im Südschwarzwald Anfang Juni 2016 (Foto: R. John)

Altersgruppen

Der Kronenzustand der Bäume steht in engem Zusammenhang mit dem Baumalter. Während jüngere Bäume oftmals vitaler sind und dementsprechend eine dichtere Baumkrone aufweisen, ist bei älteren Bäumen

oftmals eine höhere Kronenverlichtung zu beobachten. Daher werden die Ergebnisse der Waldschadensinventur in zwei Altersgruppen dargestellt: Bäume mit einem Alter bis 60 Jahre und Bäume mit einem Alter ab 61 Jahre. Während die jüngeren Bäume über die gesamte Aufnahmeperiode der Waldschadensinventur

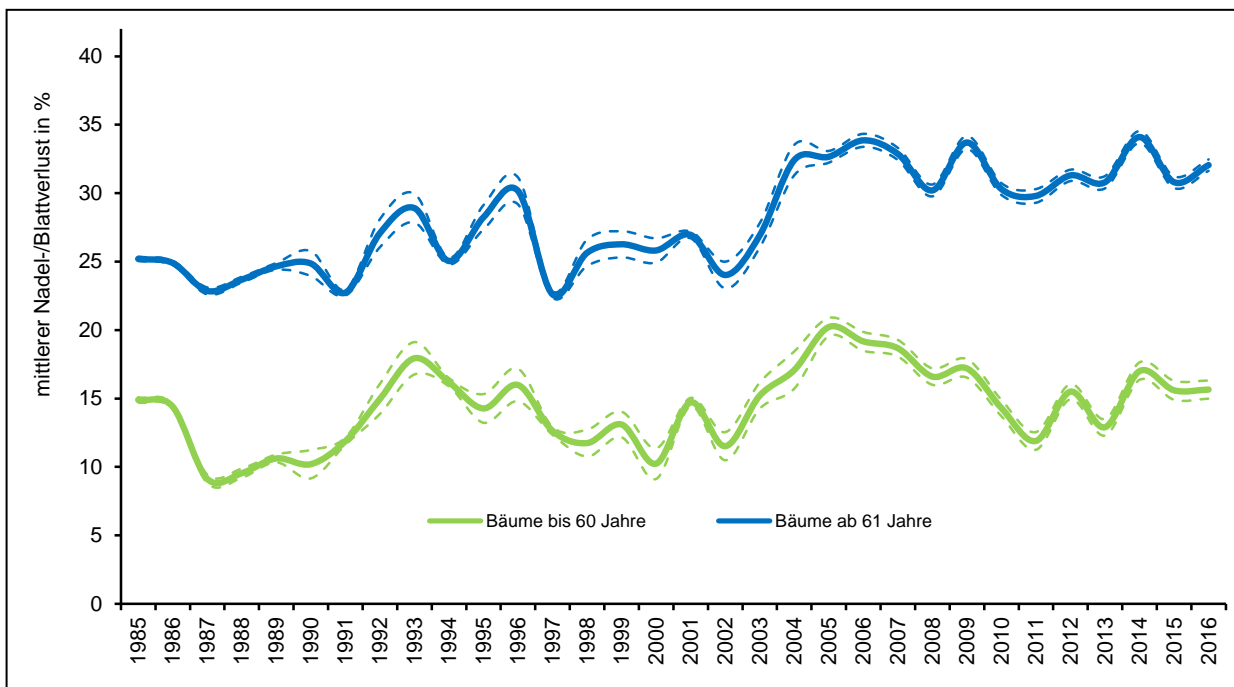


Abb. 7: Entwicklung des mittleren Nadel-/Blattverlustes aller Bäume nach Altersgruppen (gestrichelte Linien geben den Vertrauensbereich von 95 Prozent an)

im Durchschnitt einen geringeren Nadel-/Blattverlust aufweisen, liegt das Schadniveau der älteren Bäume deutlich darüber (Abb. 7). Auffällig ist die weitgehend gleiche Entwicklung der beiden Altersgruppen, wenn auch die Ausschläge in einzelnen Jahren unterschiedlich stark ausfallen. In den letzten Jahren ist eine leichte Zunahme in der Differenz der Kronenverlichtung beider Altersgruppen festzustellen. Während über die meiste Zeit der Waldschadensinventur der Abstand zwischen den beiden Gruppen bei 9 bis 15 Prozent lag, ist er in den letzten Jahren auf meist über 15 Prozent angestiegen. Eine mögliche Erklärung hierfür wäre die zuletzt beobachtete Häufung von starken Fruktifikationsjahren bei der Buche und die damit verbundene stärkere physiologische Belastung von älteren, fruchttragenden Bäumen.

Im Jahr 2016 erhöht sich der mittlere Nadel-/Blattverlust der Bäume ab 61 Jahre auf 32 Prozent, während das Verlustprozent der Altersgruppe bis 60 Jahre mit 15,7 Prozent nahezu konstant gegenüber dem Vorjahr bleibt.

Verteilung des Nadel-/Blattverlustes

In Abbildung 8 ist die relative Häufigkeitsverteilung der einzelnen Nadel-/Blattverluste der Waldschadensinventur im Vergleich der Jahre 2015 und 2016

dargestellt. Für das Jahr 2016 ergibt sich nach einem starken Anstieg der Häufigkeiten in den niedrigen Verluststufen ein Maximum bei 10 bzw. 15 Prozent. Bis zur Verluststufe 35 Prozent sind die Häufigkeiten relativ gleichmäßig verteilt. Etwa 75 Prozent der Waldfläche Baden-Württembergs fällt in den Bereich von 5 bis 35 Prozent Nadel-/Blattverlust. Mit den höheren Verluststufen nehmen die Häufigkeiten relativ schnell ab und bleiben bis zur höchsten Nadel-/Blattverluststufe auf einem geringen Niveau.

Im Vergleich zum Vorjahr ergeben sich nur wenige Veränderungen. Eine geringe Abnahme der Häufigkeiten ist sowohl in den beiden niedrigsten als auch in den Verluststufen 20 und 25 Prozent zu verzeichnen. Dagegen nimmt der Anteil in den Verluststufen 10 und 15 Prozent sowie 30 bis 40 Prozent leicht zu. In den höheren Verluststufen sind nur sehr geringfügige Veränderungen feststellbar.

Vergilbung

Die Vergilbung von Nadeln und Blättern ist seit Beginn der Waldschadensinventur in Baden-Württemberg deutlich rückläufig. Aktuell weisen nur noch 0,6 Prozent der Waldfläche Vergilbungserscheinungen auf und damit so wenig wie noch nie in der bisherigen Aufnahmeperiode (Abb. 9).

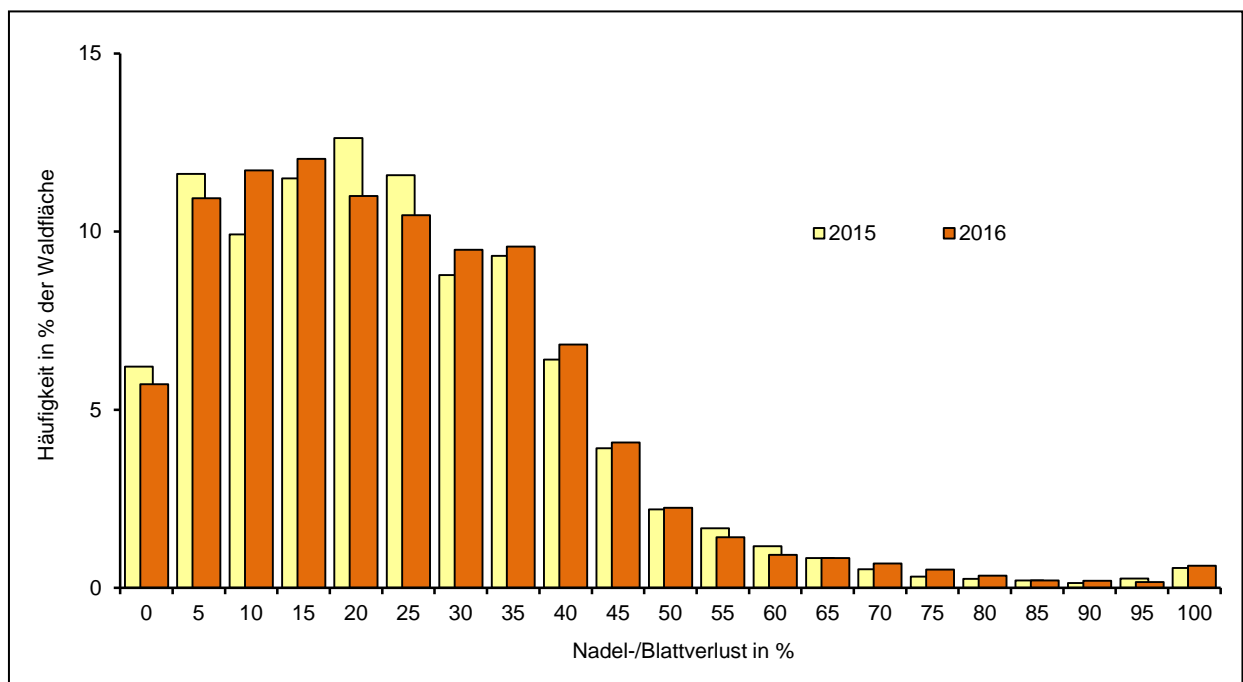


Abb. 8: Häufigkeitsverteilung der Nadel-/Blattverluste aller Baumarten im Vergleich der Jahre 2015 und 2016

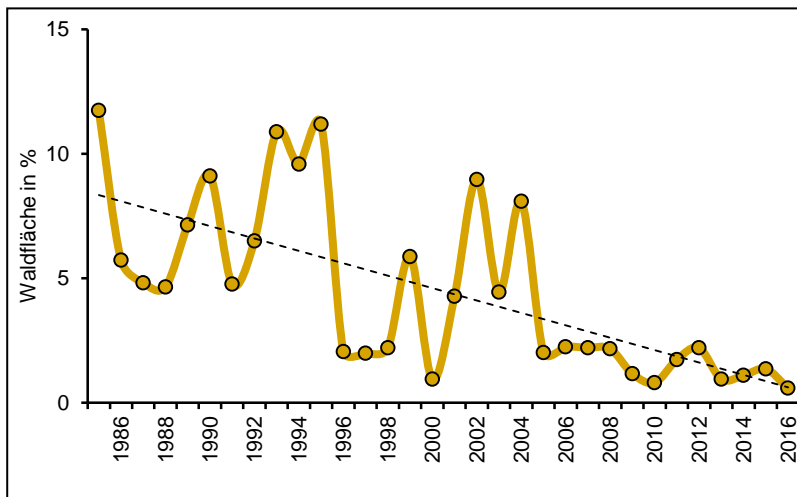


Abb. 9: Anteil der vergilbten Waldfläche in Baden-Württemberg
(gestrichelte Linie: linearer Trend von 1985 bis 2016)

Der deutliche Rückgang von Vergilbungssymptomen in den Wäldern ist auf konsequente Luftreinhaltmaßnahmen der letzten Jahrzehnte zurückzuführen, wodurch weniger Schadstoffe durch „sauren Regen“ in die Wälder gelangen. Die Deposition von Säuren, die v. a. durch Schwefel- und Stickstoffverbindungen in den Boden eingetragen werden, bewirkt eine Störung der Puffersysteme im Boden, in deren Folge wichtige Nährelemente, wie z. B. Magnesium, Calcium oder Kalium ausgewaschen werden.

Tab. 4: Schadstufenverteilung und mittlerer Nadel-/Blattverlust 1985 bis 2016 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
2016	30	33	33	4	37	23,8

Eine Vergilbung der Nadeln und Blätter weist in der Regel auf einen Magnesiummangel im Boden hin. Bei fortschreitender Versauerung werden zudem toxische Metall-Ionen (z. B. Aluminium-Ionen) freigesetzt, die schädigend auf Feinwurzeln und Bodenfauna wirken und ins Grundwasser gelangen können.

Die deutliche Abnahme der Vergilbung an Waldbäumen und die Reduzierung der Schadstoffdeposition der letzten Jahrzehnte dürfen allerdings nicht darüber hinwegtäuschen, dass viele Waldböden in Baden-Württemberg durch die jahrelang hohen Schadstoffeinträge weiterhin geschädigt sind. Um eine vollständige Regeneration der Waldböden zu bewirken, sind weitere Maßnahmen, wie eine Reduktion der Stickstoffdeposition, Bodenschutzkalkungen sowie waldbauliche Maßnahmen zur Begründung standortgerechter Mischbestände, nötig.

Schadstufen

Die Schadstufenverteilung, abgeleitet aus der Kombination von Nadel-/Blattverlust und Vergilbung (vgl. S. 8), zeigt eine Zunahme der deutlich geschädig-

ten Waldfläche in Baden-Württemberg seit dem Beginn der Waldschadensinventur (Tab. 4). Im Jahr 2016 sind 37 Prozent der Wälder Baden-Württembergs deutlich geschädigt (Schadstufe 2 bis 4). Dagegen verteilen sich auf die ungeschädigte (Schadstufe 1) und schwach geschädigte (Schadstufe 2) Waldfläche lediglich 30 bzw. 33 Prozent (Tab. 4).

Fruktifikation

Das Jahr 2016 war erneut durch eine starke Blütenbildung und Fruktifikation der Buchen gekennzeichnet (Abb. 10). Nahezu 80 Prozent aller Buchen im blühfähigen Alter weisen eine mittlere bis starke Fruktifikation auf (Abb. 11).

Dagegen liegt der Anteil mit maximal 40 Prozent für die Baumarten Tanne und Kiefer sowie unter zehn Prozent für die Baumarten Fichte und Eiche deutlich darunter. Die Fruktifikation der Eiche wird dabei allerdings verfahrensbedingt meist unterschätzt, da die Eicheln erst im Verlauf des Sommers vollends entwickelt werden und zum Zeitpunkt der Waldschadensinventur Ende Juli kaum sichtbar sind.



Abb. 10: Stark fruktifizierende Buchenäste mit deutlich verkürzter Seitenverzweigung (Foto: S. Meinung)

Eine starke Fruktifikation stellt für die Buchen eine hohe physiologische Belastung dar. Für die Ausbildung der Bucheckern benötigen die Bäume eine große Menge an Energie- und Nährstoffreserven. Die Buchen bilden oftmals kürzere Triebe und kleinere Blätter aus. Zudem reduziert sich in Folge fehlender Energie- und

Nährstoffreserven das Dickenwachstum der Bäume. Darüber hinaus wird durch die Fruchtbildung die Seitenverzweigung verringert, was bei häufiger Fruktifikation zu einer sichtbaren Veränderung der Kronenstruktur führen kann.

Das Blühverhalten der Bäume wird durch günstige Witterungsbedingungen im Früh-

sommer des Vorjahres ausgelöst, wobei warm-trockene Phasen die Anlage von Blütenknospen begünstigen (WACHTER 1964). Die Ergebnisse der Waldschadensinventur zeigen für Baden-Württemberg eine Häufung starker Fruktifikationsjahre der Buche während des letzten Jahrzehnts. Der Abstand zwischen starken Fruktifikationsjahren pendelt derzeit zwischen zwei und drei Jahren. Ein erhöhter Fruchtbehang wurde für die Buche in den Jahren 2004, 2006, 2009, 2011, 2014 und 2016 beobachtet (Abb. 12). Dagegen sind in dem Zeitraum davor lediglich die Jahre 1992 und 1999 durch eine stärkere Buchenfruktifikation gekennzeichnet, der Abstand ist also mit vier bis sechs Jahren doppelt so groß. Zudem hat im letzten Jahrzehnt die Intensität der Fruchtbildung erheblich zugenommen.

Die starke Fruktifikation wirkt sich direkt auf den Kronenzustand der Buche aus. Während Buchen ohne bzw. mit geringer Fruktifikation einen geringeren Blattverlust aufweisen, steigt dieser in der mittleren und starken Fruktifikationsstufe deutlich an (Abb. 13). Stark fruktifizierende Buchen weisen im Jahr 2016 im Durchschnitt einen um zehn Prozent erhöhten mittleren Blattverlust gegenüber nicht fruktifizierenden Buchen auf.

Eine Erholung des Kronenzustandes der Buchen nach starker Fruktifikation findet in der Regel innerhalb eines

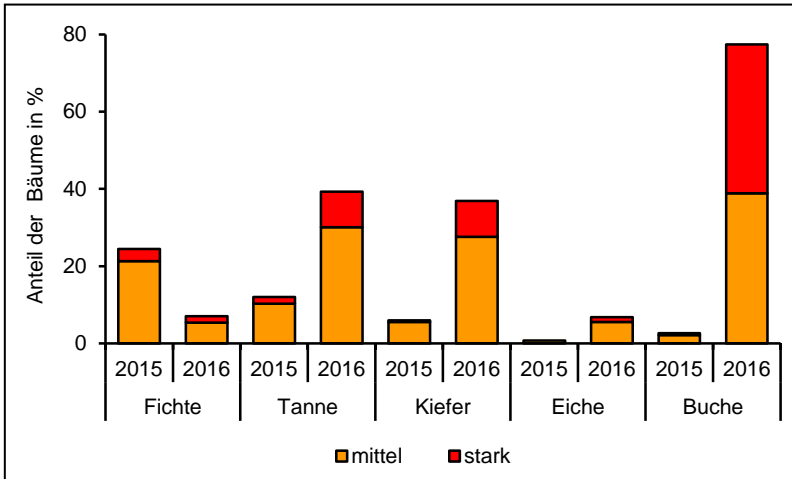


Abb. 11: Fruktifikationsintensität der Hauptbaumarten im Vergleich der Jahre 2015 und 2016

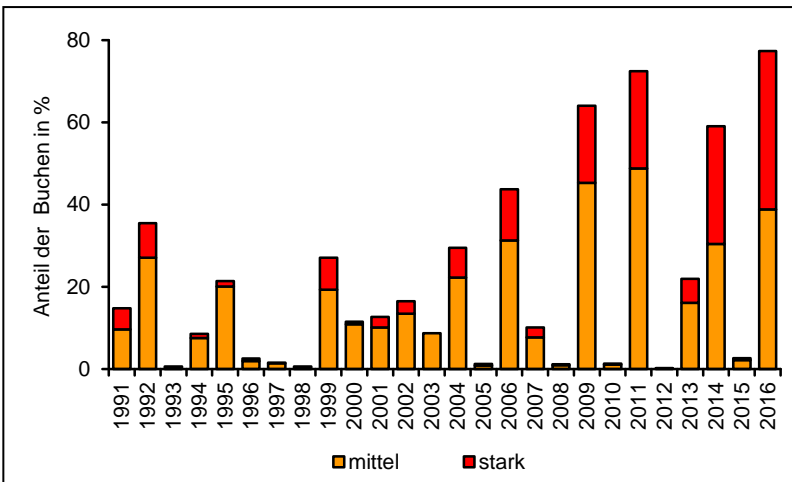


Abb. 12: Fruktifikationsintensität der Buchen seit 1991

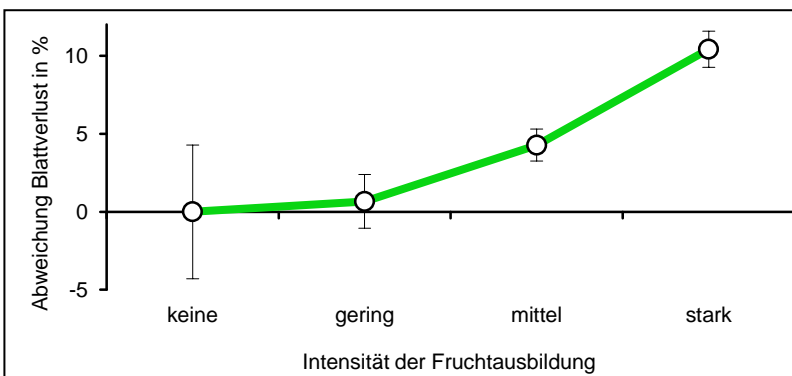


Abb. 13: Abweichung des mittleren Blattverlusts in Abhängigkeit der Fruktifikationsintensität bei Buche

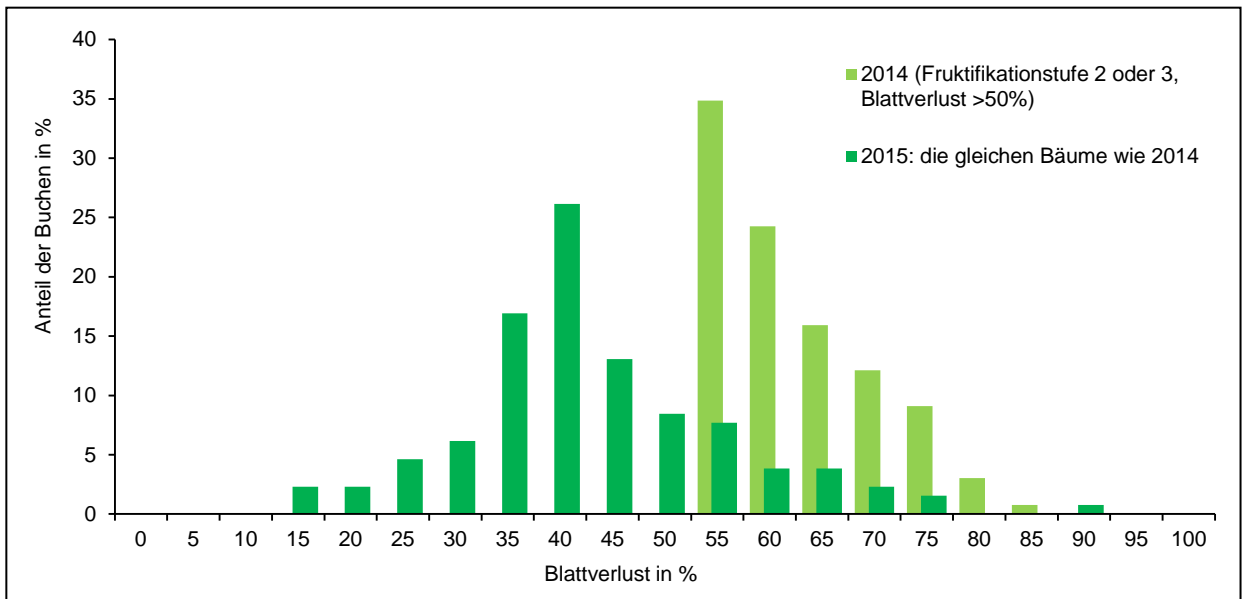


Abb. 14: Entwicklung des Blattverlusts von stärker fruktifizierenden Buchen mit höherem Blattverlust (>50 %) des Jahres 2014 im Vergleich zum Jahr 2015

Jahres statt. Abbildung 14 zeigt die Entwicklung des Kronenzustandes der stärker fruktifizierenden Buchen mit hohem Blattverlust für die Jahre 2014 und 2015. Die hellgrünen Säulen stellen für das Jahr 2014 die Häufigkeitsverteilung der Blattverluste der stärker fruktifizierenden Buchen mit einem Blattverlust größer 50 Prozent dar. In den dunkelgrünen Säulen ist der Blattverlust der gleichen Bäume für das Jahr 2015 abgebildet. Es zeigt sich eine deutliche Verschiebung in Richtung niedrigerer Blattverluste der Buche innerhalb eines Jahres. Der mittlere Blattverlust dieser Gruppe verringert sich von 2014 zu 2015 von 62 auf 42 Prozent. Inwieweit sich die Häufung und Verstärkung der Fruktifikation langfristig auf den Kronenzustand der Buchen auswirken wird, ist derzeit noch offen.

Ausgefallene Bäume

An den 306 Stichprobenpunkten mit insgesamt 7.256 Bäumen der diesjährigen Waldschadensinventur sind 202 Bäume ausgefallen. Dies entspricht einem Anteil von 2,8 Prozent. Für jeden der ausgefallenen Bäume wird die Ausfallursache erhoben, bevor sie durch Nachbarbäume am Stichprobenpunkt ersetzt werden. Die diesjährige Erhebung zeigt – verglichen mit den letzten Jahren – mit 44 Prozent einen geringen Anteil an Bäumen, die im Rahmen einer forstlichen Nutzung aus dem Bestand entnommen wurden (Abb. 15).

Dagegen ist der Anteil an Bäumen mit biotischer Ausfallursache mit 23 Prozent vergleichsweise hoch. Insgesamt 16 Prozent der Bäume sind aufgrund einer geänderten Kronenkonkurrenz aus dem Kollektiv der Waldschadensinventur ausgeschieden, während bei fünf Prozent eine abiotische Ursache (Sturmwurf, Trockenstress) festgestellt wurde. Keine eindeutige Ausfallursache konnte bei 12 Prozent der ausgefallenen Bäume ermittelt werden. Die Verteilung der ausgefallenen Bäume differenziert nach Ausfallursache und Hauptbaumarten Baden-Württembergs zeigt eine

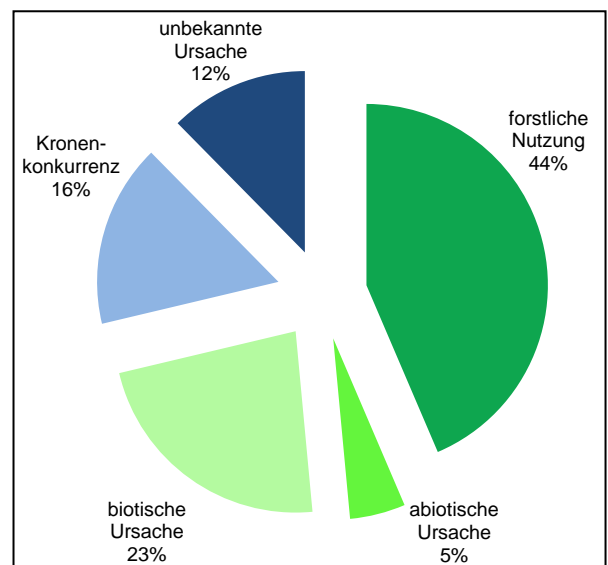


Abb. 15: Prozentualer Anteil der Stichprobenbäume nach Ausfallgrund

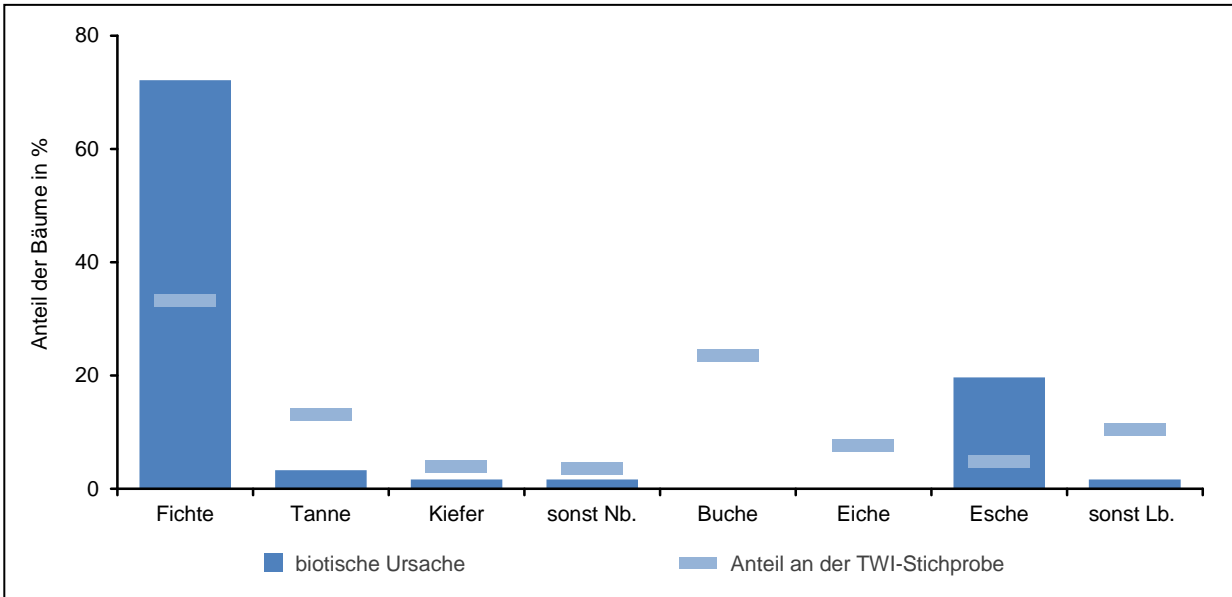


Abb. 16: Biotische Ausfallrate der Bäume im Vergleich zum Baumartenanteil der TWI-Stichprobe

erhöhte biotische Ausfallrate von Fichten und Eschen. Ihr Anteil an biotischer Ausfallursache ist im Jahr 2016 gegenüber dem Baumartenanteil der Stichprobe stark überhöht (Abb. 16). Hierfür verantwortlich zeichnen sich v. a. höhere Ausfallraten aufgrund des Fichten-Borkenkäfers, dessen befallene Stämme zur Verhinderung einer weiteren Ausbreitung schnell aus den Waldbeständen entfernt werden mussten, und eine erhöhte Ausfallrate bedingt durch das landesweit verbreitete Eschentriebsterben.

Mortalität

Die Mortalitätsrate erfasst, im Gegensatz zu den ausgefallenen Bäumen, nur die stehend abgestorbenen Bäume eines Jahres. Im Jahr 2016 liegt die Mortalitätsrate bei 0,28 Prozent (entspricht 21 Bäume der Stichprobe) und ist damit doppelt so hoch wie noch im Vorjahr (Abb. 17). Verantwortlich hierfür ist die extreme Sommertrockenheit 2015, in deren Folge Ausfälle durch Trockenstress und Borkenkäferbefall auftraten. Zudem sorgt das Eschentriebsterben weiterhin für eine erhöhte Ausfallrate in den Waldbeständen.

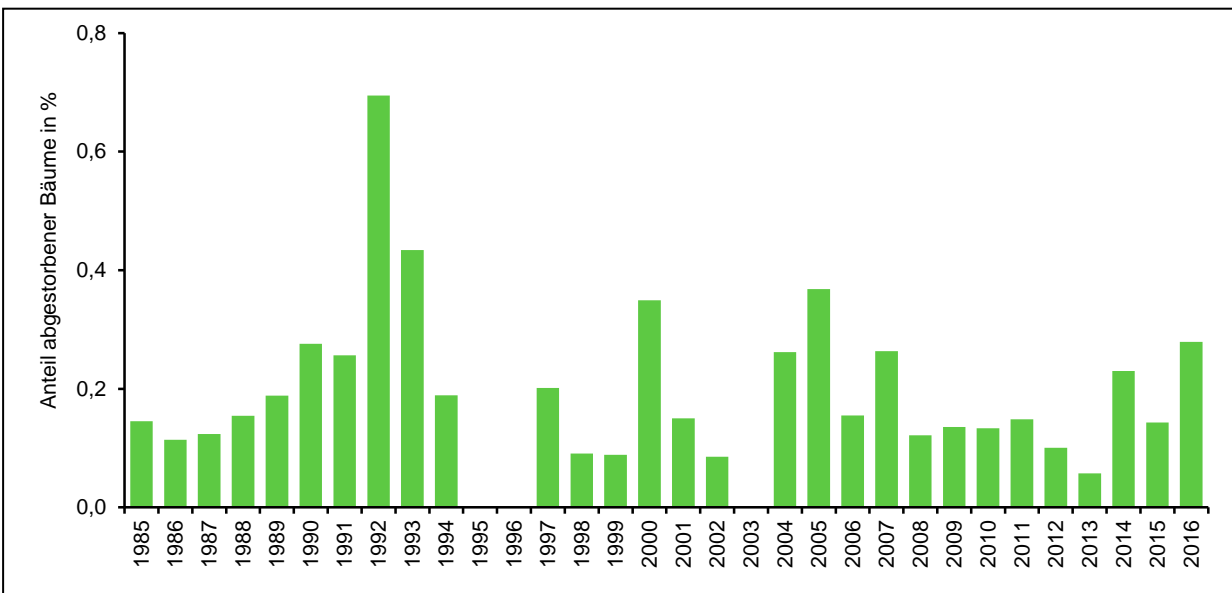


Abb. 17: Anteil der stehend abgestorbenen Bäume

Die Fichte

Der Kronenzustand der Fichte hat sich gegenüber dem Vorjahr kaum verändert. Der mittlere Nadelverlust verringert sich geringfügig um 0,4 Prozentpunkte auf 19,7 Prozent (Abb. 18). Damit liegt der Nadelverlust der Fichten 2016 in etwa auf dem Mittel des gesamten Aufnahmezeitraums der Waldschadensinventur in Baden-Württemberg. Höhere Nadelverluste der Fichten sind in den Jahren 1993 und 1996 u. a. nach Borkenkäferbefall im Zuge großflächiger Sturmwürfe zu beobachten. Zudem führte die extreme Trockenheit im Jahr 2003 zu einer außergewöhnlich starken Belastung der Wälder, in deren Folge der Nadelverlust der Fichten über mehrere Jahre ansteigt.

Im aktuellen Jahr profitiert die Fichte von den günstigen Wuchsbedingungen durch milde Temperaturen und ausreichend Niederschlag, insbesondere in der ersten Hälfte der Vegetationszeit. Zudem wurde der zunächst befürchtete Anstieg der Borkenkäferpopulation, der sich nach einem sehr trockenen Jahr verbunden mit einem milden Winter 2015 andeutete, durch die sehr hohen Niederschläge in der ersten Jahreshälfte und durch ein intensives Käfermonitoring eingedämmt. Zur Stärkung des Wachstums trägt außerdem die erneut geringe Fruktifikation der Fichten bei, wodurch den Bäumen mehr Nährstoff- und Energiereserven für vegetatives Wachstum zur Verfügung stehen.

Die Fichte (*Picea abies*) ist mit etwa 34 Prozent Waldflächenanteil mit Abstand die häufigste Baumart in Baden-Württemberg. Sie bildet meist ein flach ausgeprägtes Wurzelsystem aus und kommt mit vielen unterschiedlichen Standorten zurecht. Ihr Flächenanteil ist in den letzten Jahren durch einen verstärkten Umbau von Fichtenreinbeständen in stabile Mischbestände deutlich zurückgegangen.

In der regionalen Darstellung des multivariaten Raum-Zeit-Modells (vgl. S. 10) ist in den ersten Jahren der Waldschadensinventur eine erhöhte Schädigung der Fichte v. a. auf versauerungsempfindlichen, kristallinen Standorten des Schwarzwaldes und des Odenwaldes zu beobachten (Abb. 19). Dagegen treten auf den besser nährstoffversorgten Standorten deutlich weniger Schäden auf. Etwa ab der Jahrtausendwende ändert sich die räumliche Verteilung der Schadensschwerpunkte für die Fichte in Baden-Württemberg. Eine höhere Kronenverlichtung wird nun auch auf gut nährstoffversorgten Standorten im Neckarland und im Alpenvorland festgestellt. In Folge des extrem heißen und trockenen Sommers 2003 vergrößern sich die Schadareale sehr schnell und decken im Jahr 2007

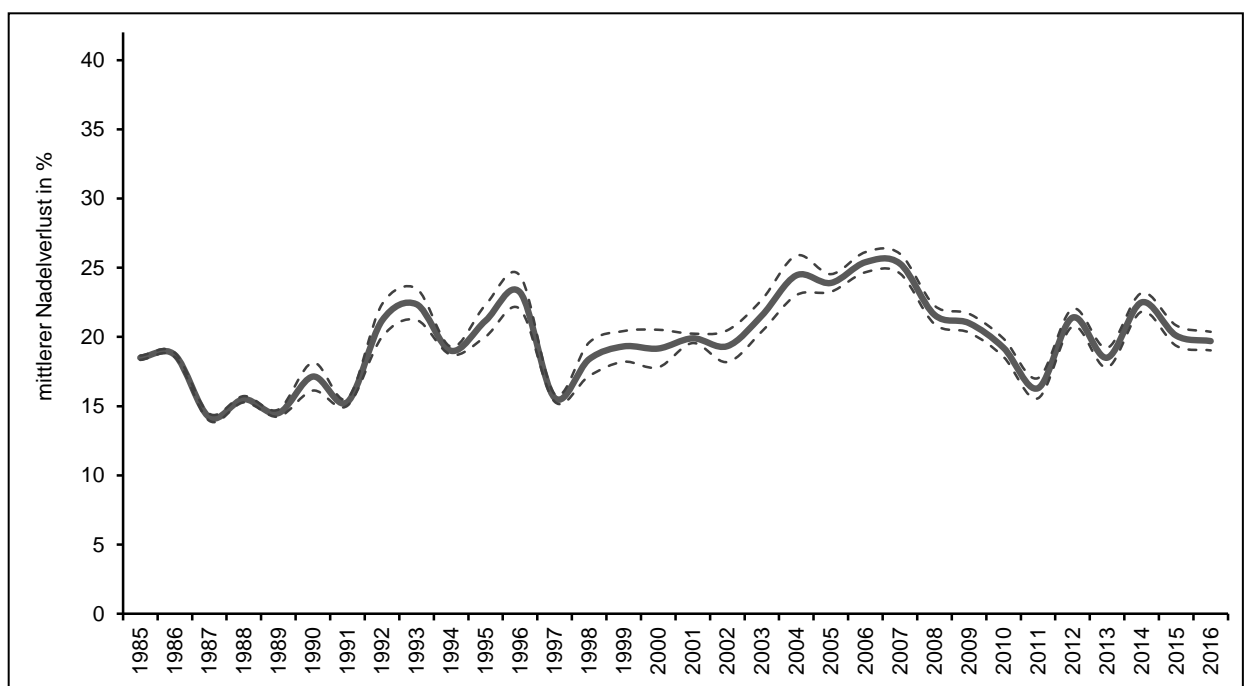


Abb. 18: Mittlerer Nadelverlust der Fichten (gestrichelte Linien geben den Vertrauensbereich von 95 % an)

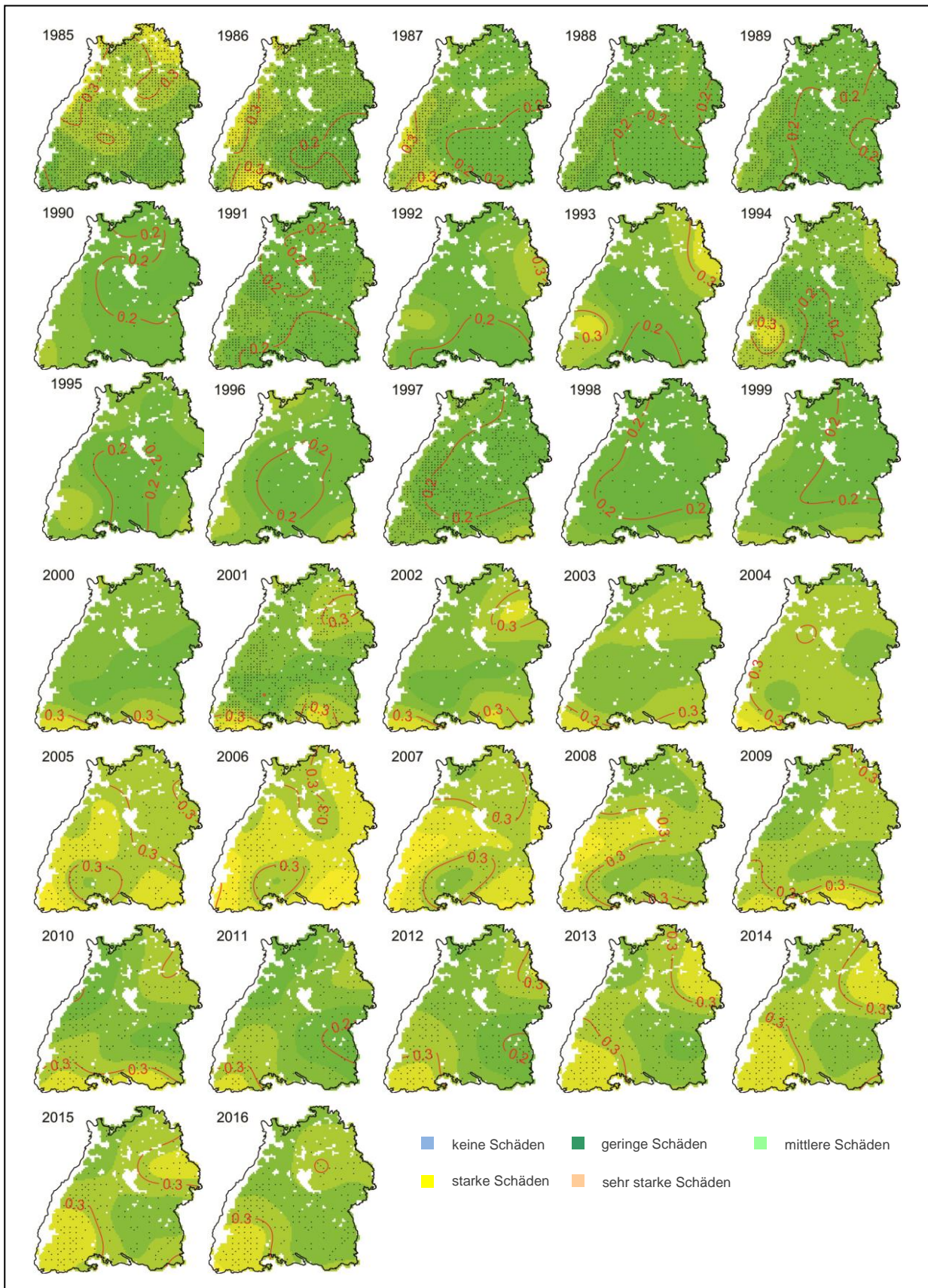


Abb. 19: Räumlicher Entwicklungstrend der Nadelverluste für die Baumart Fichte nach dem Raum-Zeit-Modell (rote Linien: Isolinien gleichen Nadelverlustes)

weite Teile des Schwarzwaldes, des Neckarlandes und des Alpenvorlandes ab. Während sich in den Folgejahren die Schädigungsintensität innerhalb der bestehenden Areale etwas verringert, ist ab dem Jahr 2012 wiederum eine erhöhte Schädigung und ein Ausweiten der Schadareale für die Fichte in Baden-Württemberg zu beobachten. Im Jahr 2016 sind stärkere Kronenschäden der Fichte vor allem im südlichen und mittleren Schwarzwald sowie im mittleren Neckarland festzustellen.

Die Tanne (*Abies alba*) nimmt etwa acht Prozent der Waldfläche in Baden-Württemberg ein. Ihre Verbreitungsschwerpunkte liegen im Schwarzwald und im Schwäbisch-Fränkischen Wald. Die Tanne ist eine leistungsfähige und ökologisch sehr wertvolle Baumart. Sie wurzelt tief, ist schattentolerant und bildet gemeinsam mit Fichte und Buche stabile, mehrstufige Mischbestände.

Die Tanne

Die Tanne erweist sich auch im Jahr 2016 als eine äußerst stabile Baumart mit derzeit wenigen Veränderungen im Vitalitätszustand. Der mittlere Nadelverlust der Tanne bleibt im Jahr 2016 gegenüber dem Vorjahr unverändert auf 22,3 Prozent (Abb. 20).

Die Entwicklung des Vitalitätszustandes der Tanne seit Beginn der Waldschadensinventur in Baden-Württemberg ist als äußerst positiv zu bewerten. Führten zunächst noch hohe Schadstoffeinträge in die Wälder – vor allem Schwefeldioxid – zu massiven Schädigungen, hat sich durch die deutliche Verringerung der Luftschadstoffe auch der Kronenzustand der Tannen mittlerweile merklich verbessert. Im Gegensatz zur ersten Hälfte der Beobachtungsperiode erweist sich die Tanne seit über einem Jahrzehnt als äußerst

stabile Baumart mit nur geringen jährlichen Veränderungen im Kronenzustand. Dies ist neben dem Rückgang der Schadstoffimmissionen auch auf die derzeit eher geringe Schädlingsbelastung sowie auf die im Vergleich zur Fichte deutlich bessere Verträglichkeit gegenüber Trockenstress zurückzuführen.

Die regionalisierten Ergebnisse der Waldschadensinventur belegen die beobachteten hohen Schäden an der Tanne zu Beginn der Erhebungsperiode auf versauerungsempfindlichen Standorten des Schwarzwaldes und des Odenwaldes sowie auf den besser versorgten Standorten des Schwäbisch-Fränkischen Waldes (Abb. 21). Im Vergleich zur Fichte zeigt die Tanne zu jener Zeit einen deutlich höheren Schädigungsgrad. Hohe Schadstoffeinträge auf den meist

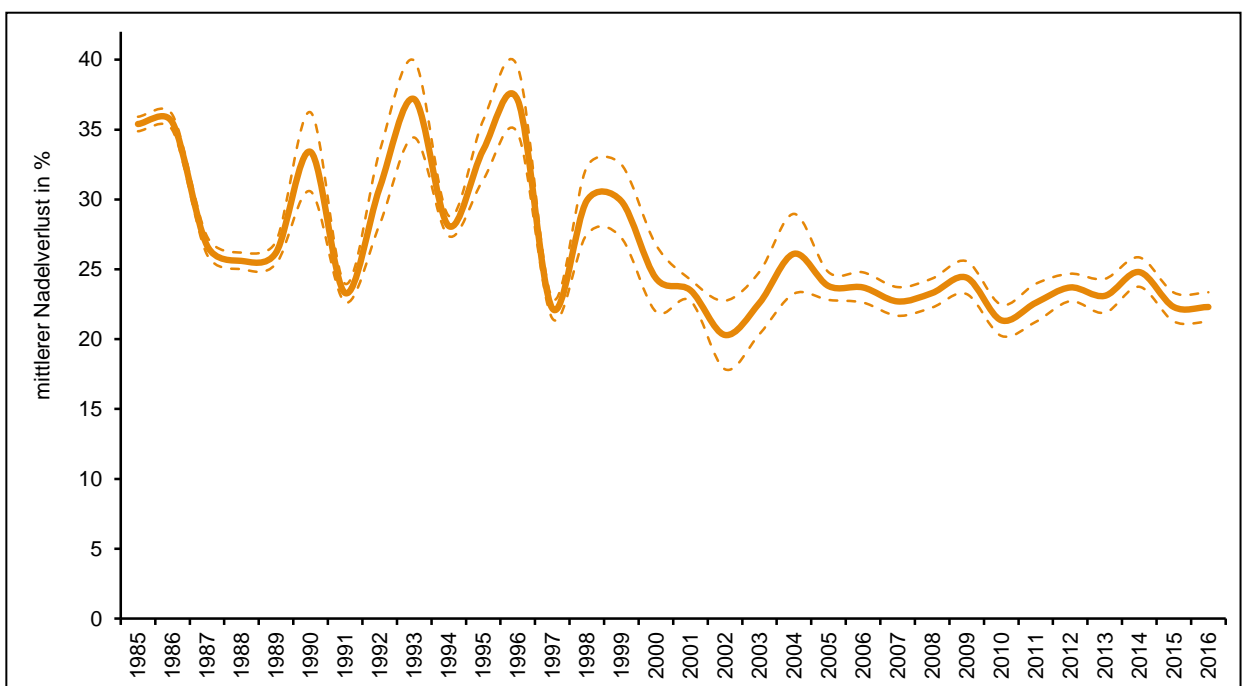


Abb. 20: Mittlerer Nadelverlust der Tannen (gestrichelte Linien geben den Vertrauensbereich von 95 % an)



Abb. 21: Räumlicher Entwicklungstrend der Nadelverluste für die Baumart Tanne nach dem Raum-Zeit-Modell (rote Linien: Isolinien gleichen Nadelverlustes)

exponierten Waldstandorten führten bis in die Mitte 1990er Jahre vor allem auf basenarmen Standorten zu erhöhten Nadelverlusten und zu Vergilbungserscheinungen durch akuten Nährstoffmangel im Boden. Durch den Rückgang der Schadstoffbelastung aus der Luft und der Kalkung anthropogen versauerter Standorte verringern sich landesweit die Kronenschäden der Tanne. Im Jahr 2016 sind im vormals stark geschädigten Nordschwarzwald nur geringe Kronenschäden der Tanne zu verzeichnen.

Die Kiefer

Bei der Kiefer ist landesweit gegenüber dem Vorjahr eine Verbesserung des Kronenzustandes feststellbar. Der mittlere Nadelverlust verringert sich um 2,7 Prozentpunkte auf 23,1 Prozent (Abb. 22).

Die Entwicklung des Kronenzustands der Kiefer ist nach einer anfänglich stabilen Phase bis etwa 1990 durch eine trendhafte Verschlechterung bis etwa 2005 gekennzeichnet. Der mittlere Nadelverlust erhöht sich in dieser Zeit von knapp über 20 auf über 30 Prozent. Seither ist im Trend eine Erholung des Kronenzustandes der Kiefer zu verzeichnen. Im Jahr 2016 ist der Anteil an stärker geschädigten Kiefern in Baden-Württemberg gering. Nichtsdestotrotz wurde in einzelnen Regionen Baden-Württembergs aktuell eine auffällig hohe Absterberate bei der Kiefer festgestellt,

Die Kiefer (*Pinus sylvestris*) hat in Baden-Württemberg einen Waldflächenanteil von etwa sechs Prozent. Sie kann mit ihrem Pfahlwurzelsystem auch tiefere Bodenschichten erschließen und weist eine große Standortsamplitude auf. Sie kommt sowohl mit trockenen als auch mit vernässenden Standorten zurecht und hat geringe Anforderungen an die Nährstoffversorgung.

was als Folgeerscheinung des trockenen Sommers 2015 zu werten ist. Belastend wirkt dabei zusätzlich der regional z. T. sehr starke Mistelbefall der Kiefern. Misteln entziehen dem Baum Wasser und darin gelöste Nährstoffe und lösen so zusätzlichen Stress aus.

In der regionalen Entwicklung der Kronenschäden zeichnen sich für die Kiefer in den ersten Jahren der Beobachtungsperiode zunächst kleinflächige Schädgebiete v. a. im Südwesten und Nordosten Baden-Württembergs ab (Abb. 23). Ab dem Jahr 2001 sind verstärkte Schäden der Kiefer v. a. in den südlichen Landesteilen zu beobachten. In den letzten Jahren ist landesweit eine tendenzielle Erholung des Kronenzustandes der Kiefern festzustellen.

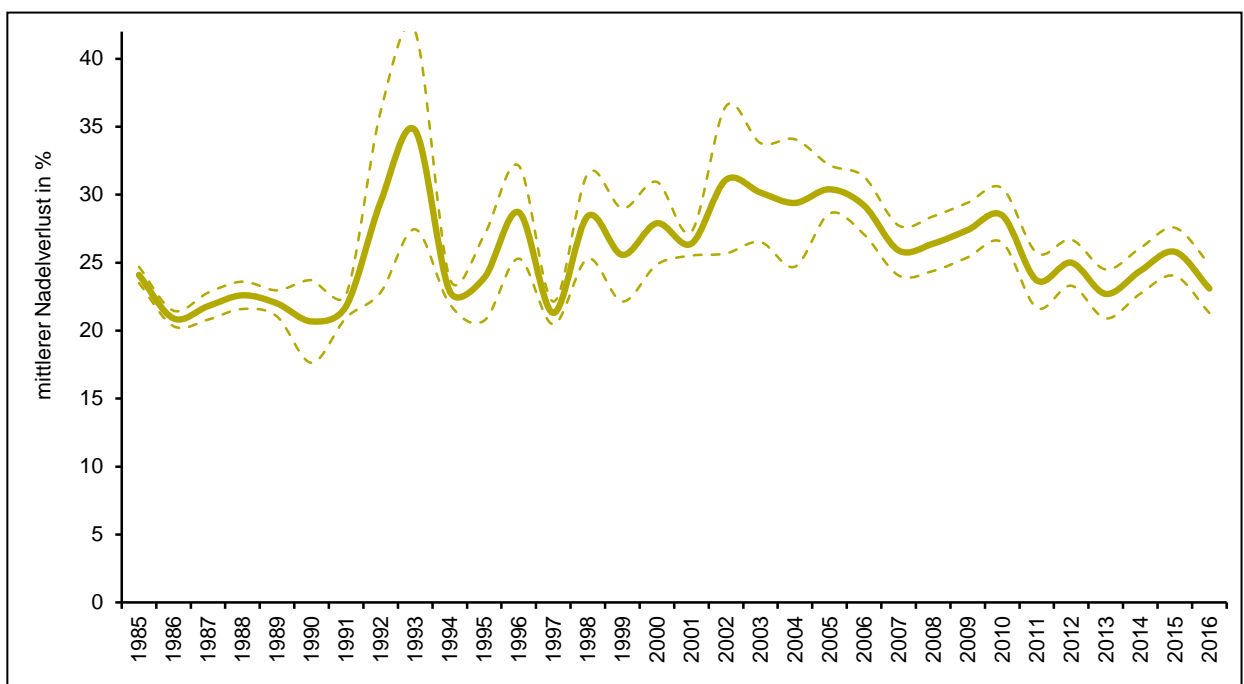


Abb. 22: Mittlerer Nadelverlust der Kiefern (gestrichelte Linien geben den Vertrauensbereich von 95 % an)

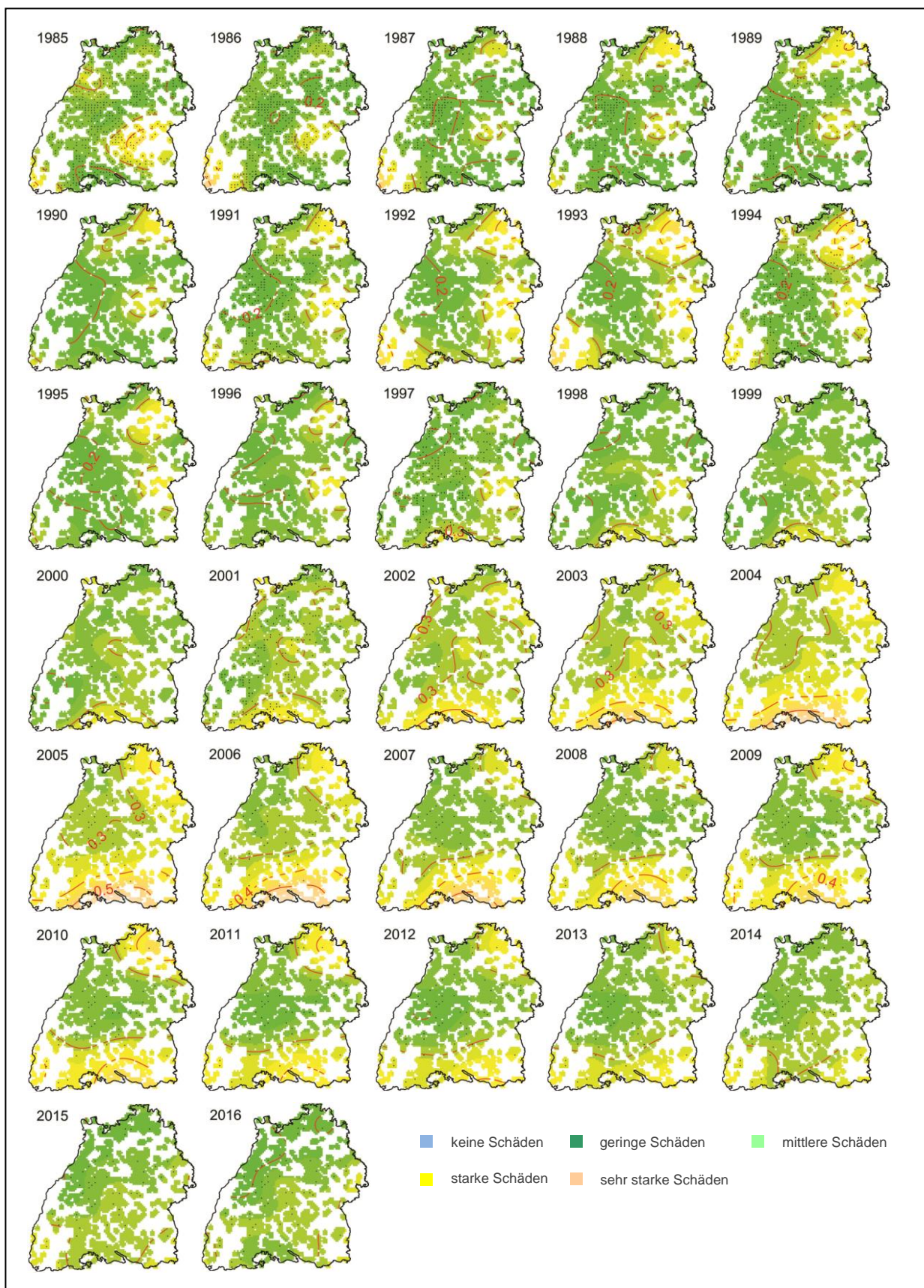


Abb. 23: Räumlicher Entwicklungstrend der Nadelverluste für die Baumart Kiefer nach dem Raum-Zeit-Modell (rote Linien: Isolinien gleichen Nadelverlustes)

Die Buche

Der Kronenzustand der Buche wurde im Jahr 2016 erneut durch eine landesweit starke Fruktifikation beeinflusst. Der mittlere Blattverlust erhöhte sich deutlich um 5,2 Prozentpunkte auf 32,9 Prozent (Abb. 24).

Der starke Behang an Bucheckern führt regelmäßig zu einer höheren Kronenverlichtung der Buchen. Da Blütenknospen anstelle von vegetativen Knospen gebildet werden, können die Bäume weniger Seitenverzweigung und Blätter ausbilden, was zu einer Erhöhung der Kronenverlichtung führt. Zudem kommt es in Jahren starker Fruktifikation durch den hohen Nährstoff- und Energiebedarf der Bäume häufig zu einer Kleinblättrigkeit der Buchen. Die Ergebnisse der Waldschadensinventur zeigen mittlerweile bei der Baumart Buche für das letzte Jahrzehnt eine Häufung von Fruktifikationsjahren in zwei- bis dreijährigem Abstand (vgl. S. 16).

Neben der starken Fruktifikation waren die Buchen dieses Jahr auch wieder durch Insektenfraß des Buchenspringrüsslers betroffen, der jedoch aufgrund der geringen Befallsstärke kaum einen Einfluss auf den Vitalitätszustand der Buchen hatte. Lokal bedeutend waren Spätfrostschäden an gerade frisch ausgetriebenen Buchentrieben, die vor allem in mittleren Lagen des Schwarzwaldes auftraten und Mitte Mai zu braun

Die Buche (*Fagus sylvatica*) ist mit einem Waldflächenanteil von knapp 22 Prozent die häufigste Laubbaumart in Baden-Württemberg. Sie kommt in fast allen Regionen des Landes vor und ist als Schattbaumart von Natur aus sehr konkurrenzstark. Während sie auf nahezu allen geologischen Substraten vorkommt, zeigt sie sich empfindlich gegenüber Wechselfeuchte und Staunässe sowie gegenüber Spätfrösten und extremer Trockenheit.

gefärbten Buchenkronen führten.

In der regionalen Betrachtung treten bei der Buche in den ersten 20 Jahren der Waldschadensinventur landesweit kaum höhere Kronenschäden auf (Abb. 25). In den überwiegenden Landesteilen sind keine oder nur geringe Schäden in den Buchenkronen zu beobachten. Regionen mit höherem Schädigungsgrad können erstmals nach dem Trockenjahr 2003 im Neckarland und am Hochrhein abgegrenzt werden. In den Folgejahren weiten sich die Schadgebiete der Buche vor allem in den warm-trockenen Regionen Baden-Württembergs aus. Gebiete mit geringen Kronenschäden lassen sich nun nur noch kleinflächig

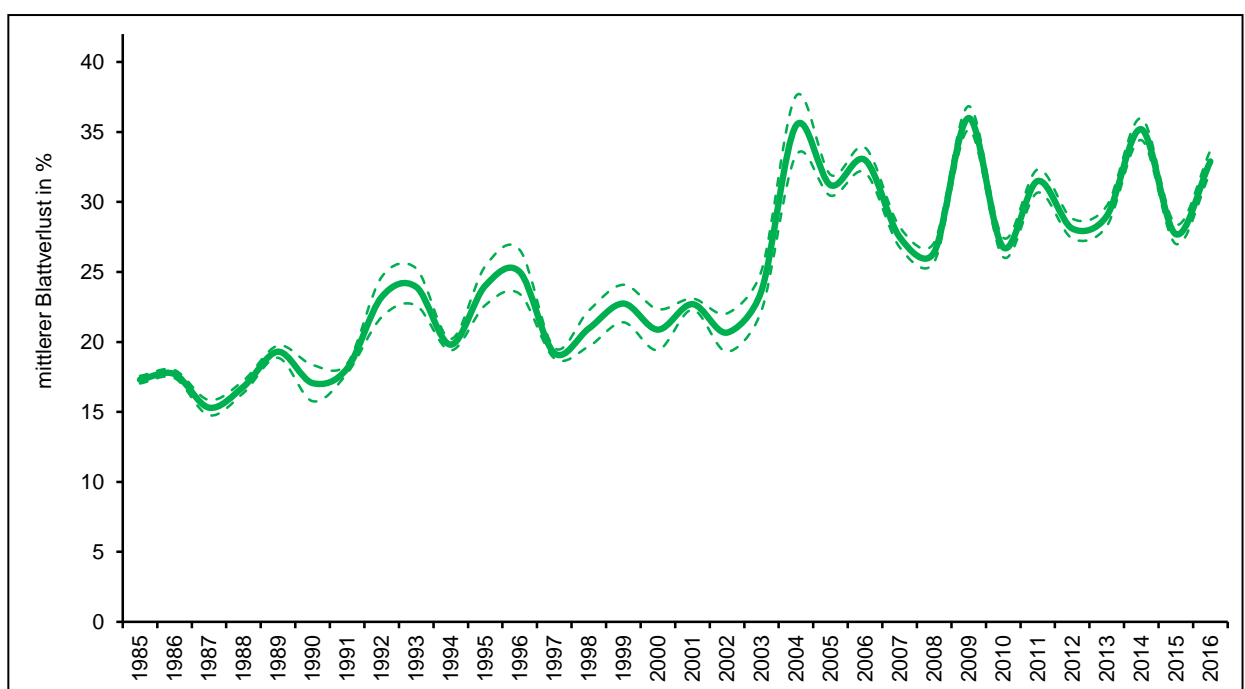


Abb. 24: Mittlerer Blattverlust der Buchen (gestrichelte Linien geben den Vertrauensbereich von 95 % an)

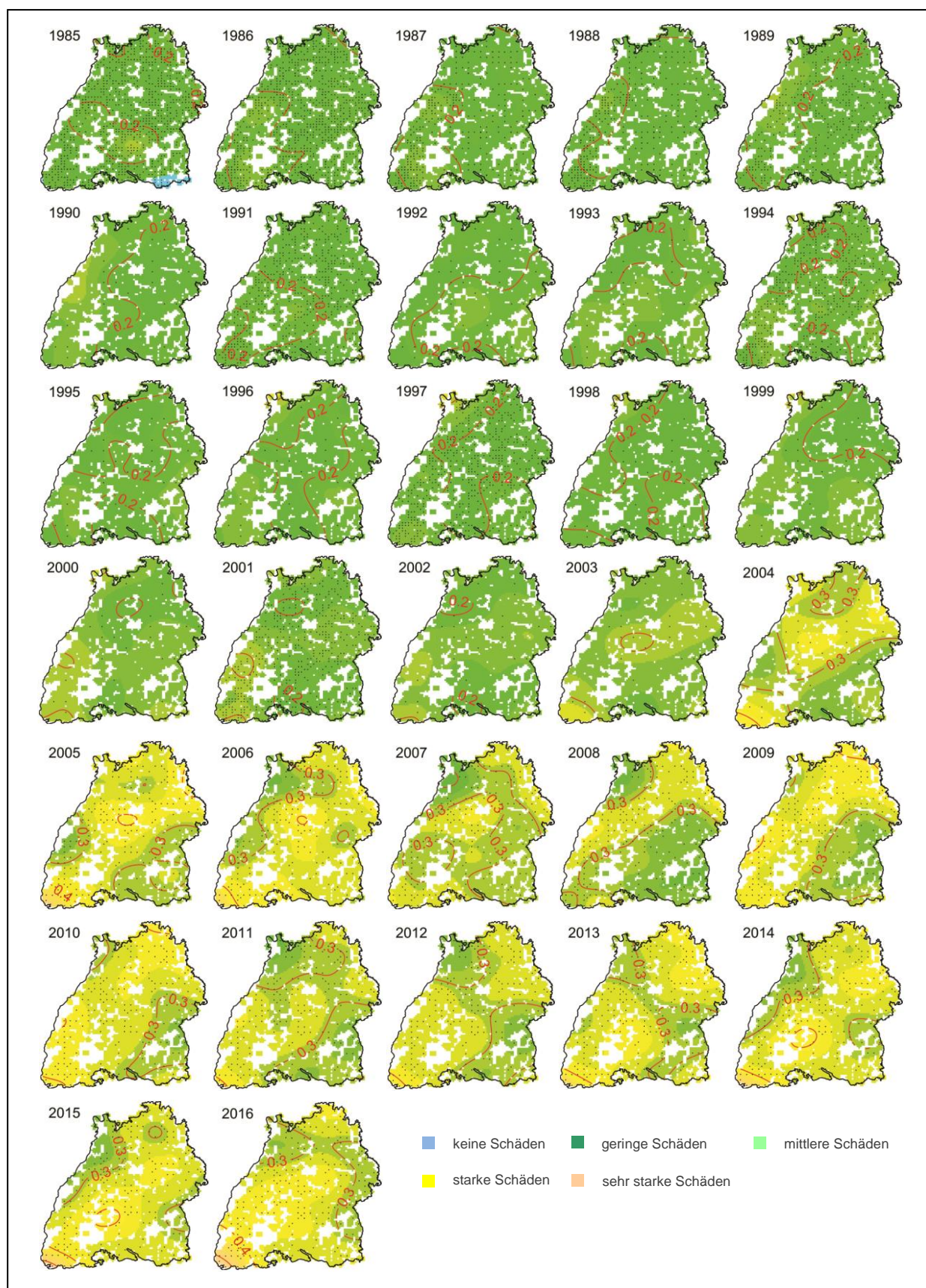


Abb. 25: Räumlicher Entwicklungstrend der Blattverluste für die Baumart Buche nach dem Raum-Zeit-Modell (rote Linien: Isolinien gleichen Blattverlustes)

und in einzelnen Jahren aufzeigen. Im Jahr 2016 sind weite Teile des Schwarzwaldes, des mittleren Neckarlandes und der Main-Tauber-Region von stärkeren Buchenschäden betroffen. Zudem nehmen die Kronenschäden der Buchen am Hochrhein weiter zu.

Die Eiche

Der Kronenzustand der Eiche hat sich in diesem Jahr deutlich verbessert. Der mittlere Blattverlust der Eichen verringert sich um 3,5 Prozentpunkte auf 26,4 Prozent (Abb. 26). Die Eiche ist die Baumart, die mit am stärksten von der warm-feuchten Witterung zu Beginn der Vegetationszeit profitiert hat. Regelmäßige Niederschläge und der gut gefüllte Bodenwasserspeicher sorgten dafür, dass die Eichen auch auf sonst eher trockeneren Standorten bis in den Juli hinein kaum unter Trockenstress litten und dementsprechend dicht belaubte Baumkronen ausbilden konnten. Zudem war die Belastung von blattfressenden Insekten in diesem Jahr eher gering und auch der Blattpilz Eichenmehltau, der vor allem die nach stärkerem Fraß ausgebildeten Johannistriebe schädigt, trat dieses Jahr kaum in Erscheinung.

In der Entwicklung des Kronenzustandes ist die Bedeutung von Insektenschäden der Eichenfraßgesellschaft, die sich in jährlichen Ausschlägen des

Die Baumartengruppe der Eiche setzt sich aus Stieleiche (*Quercus robur*) und Traubeneiche (*Quercus petraea*) zusammen, die in Baden-Württemberg etwa sieben Prozent der Waldfläche einnehmen. Während die Stieleiche vorwiegend auf gut wasserversorgten, teils auch vernässenden, gut nährstoffversorgten Standorten der Ebenen und Flusslandschaften vorkommt, findet sich die Traubeneiche vermehrt auf nährstoffärmeren und flachgründigeren Böden mittlerer Lagen, häufig in Mischung mit Buche.

Blattverlusts zeigen, erkennbar. Davon abgesehen befindet sich der Kronenzustand der Eiche ab dem Jahr 2005 auf einem hohen Schadniveau, wobei in den letzten fünf Jahren eine Erholung des Kronenzustandes zu erkennen ist.

In der ersten Hälfte des Beobachtungszeitraums treten Areale mit stärkeren Kronenschäden bei der Eiche in Baden-Württemberg lediglich kleinflächig durch lokal auftretenden Fraß der Eichenschadgesellschaft auf (Abb. 27). In Folge des Extremsommers 2003 sind größere Schadareale der Eiche v. a. im Nordosten und

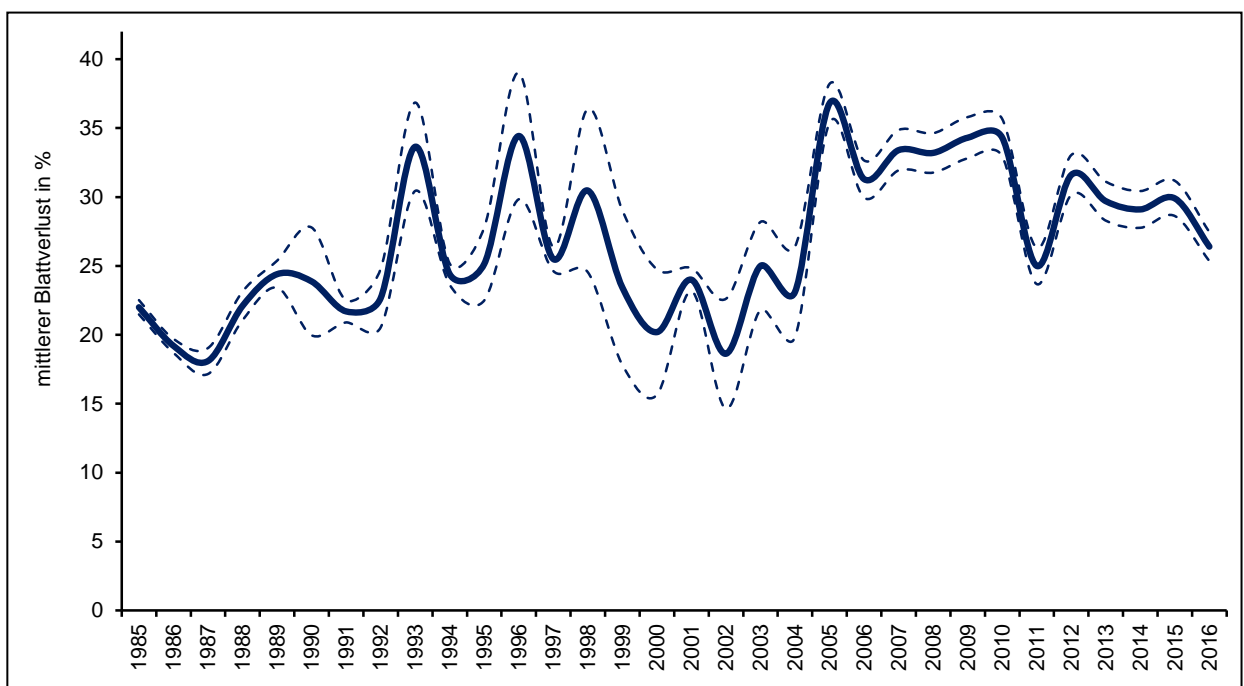


Abb. 26: Mittlerer Blattverlust der Eichen (gestrichelte Linien geben den Vertrauensbereich von 95 % an)

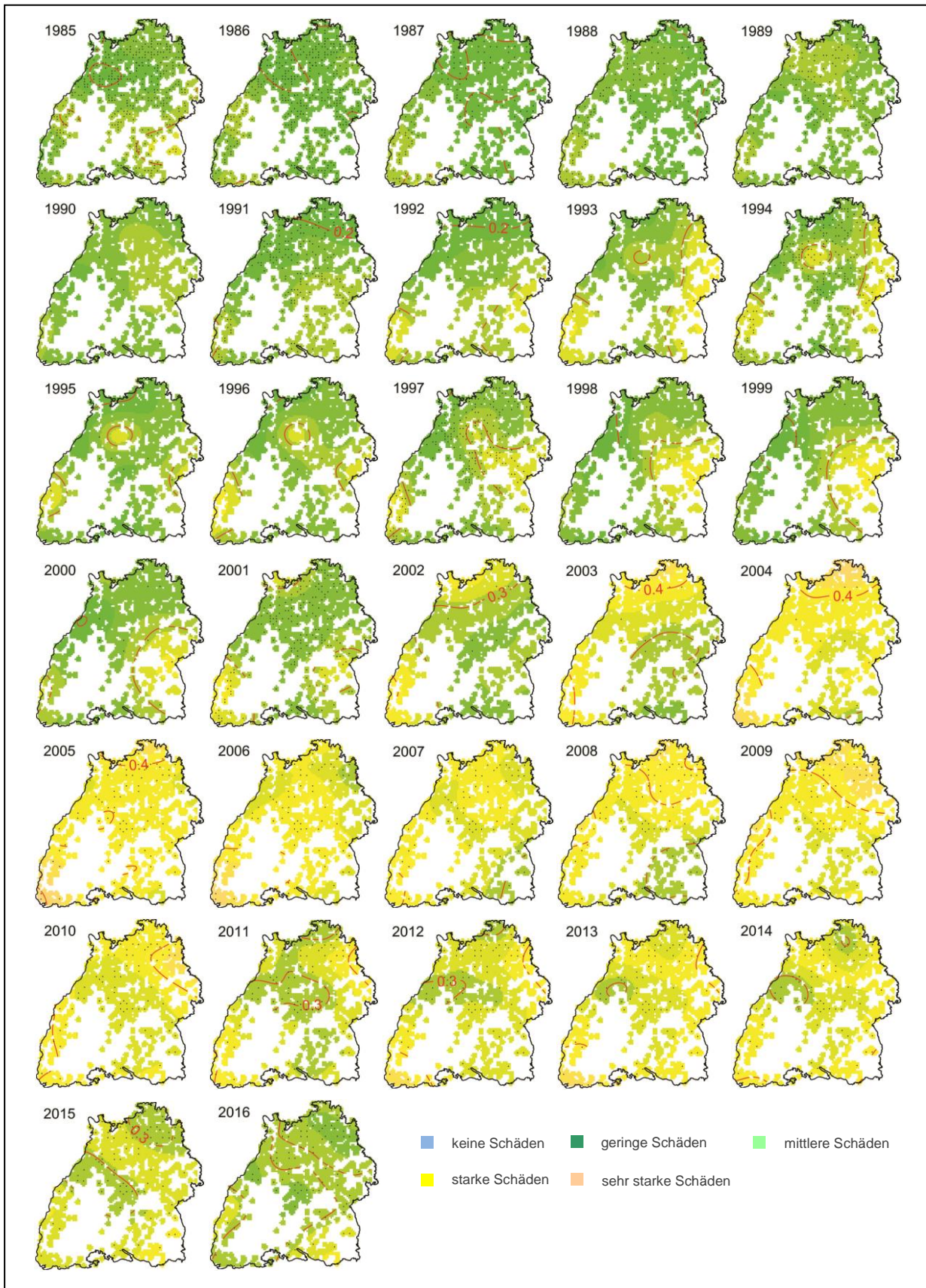


Abb. 27: Räumlicher Entwicklungstrend der Blattverluste für die Baumart Eiche nach dem Raum-Zeit-Modell (rote Linien: Isolinien gleichen Blattverlustes)

Südwesten des Landes zu finden, die sich in den Folgejahren weiter vergrößern und bis 2009 weite Teile Baden-Württembergs einnehmen. Seither ist wiederum eine Verkleinerung der Schadareale zu beobachten. Für das Jahr 2016 lassen sich kaum mehr Areale mit stärkeren Kronenschäden bei der Eiche in Baden-Württemberg abgrenzen.

Die Esche

Der Kronenzustand der Esche hat sich in den letzten Jahren durch das Ausbreiten des pilzlichen Erregers, das Falsche Weiße Stengelbecherchen (*Hymenoscyphus pseudoalbidus*), dramatisch verschlechtert. Das dadurch ausgelöste Triebsterben verursacht landesweit erhebliche Schäden, so dass mittlerweile ganze Eschenbestände ausfallen. Im Jahr 2016 verbessert sich allerdings der Kronenzustand der Eschen, da es einerseits aufgrund des trockenen Sommers 2015 nur zu einer geringen Neuinfektion des Eschentriebsterbens kam und andererseits die Esche von den günstigen Wuchsbedingungen im Frühjahr 2016 profitierte. Der mittlere Blattverlust verringert sich gegenüber dem Vorjahr um 7,5 Prozentpunkte auf 29,7 Prozent (Abb. 28). Gegenüber dem Jahr 2009, in dem das Eschentriebsterben zum ersten Mal an Stichprobenpunkten der Waldschadensinventur festgestellt wurde, stellt dies knapp eine Verdoppelung

Die Esche (*Fraxinus excelsior*) ist mit einem Waldflächenanteil von etwa fünf Prozent in Baden-Württemberg vertreten. Sie ist eine weit verbreitete Baumart mit großer Standortsamplitude. Charakteristisch steht sie für feuchte bis vernässende Böden auf denen sie artenreiche Mischbestände bildet. Sie besiedelt aber auch kalkreiche, flachgründige und trockenere Standorten.

des Schädigungsgrades dar. Es ist davon auszugehen, dass sich das Eschentriebsterben in den nächsten Jahren weiter ausbreiten wird und es zu einer zunehmenden Schädigung der Esche kommt.

Der Kronenzustand der Eschen zeigt im überwiegenden Teil der Beobachtungsperiode der Waldschadensinventur wenig regionale Schwerpunkte mit erhöhter Kronenverlichtung (Abb. 29). Bis in die 2000er Jahre hinein können regional kaum Gebiete mit höheren Kronenschäden bei der Esche lokalisiert werden. Erst durch die massive Schädigung aufgrund des Eschentriebsterbens treten ab 2011 Areale mit starken Kronenschäden der Esche im Neckarland, in der Hohenlohe und im Oberrheinischen Tiefland auf, die sich innerhalb weniger Jahre deutlich vergrößern.

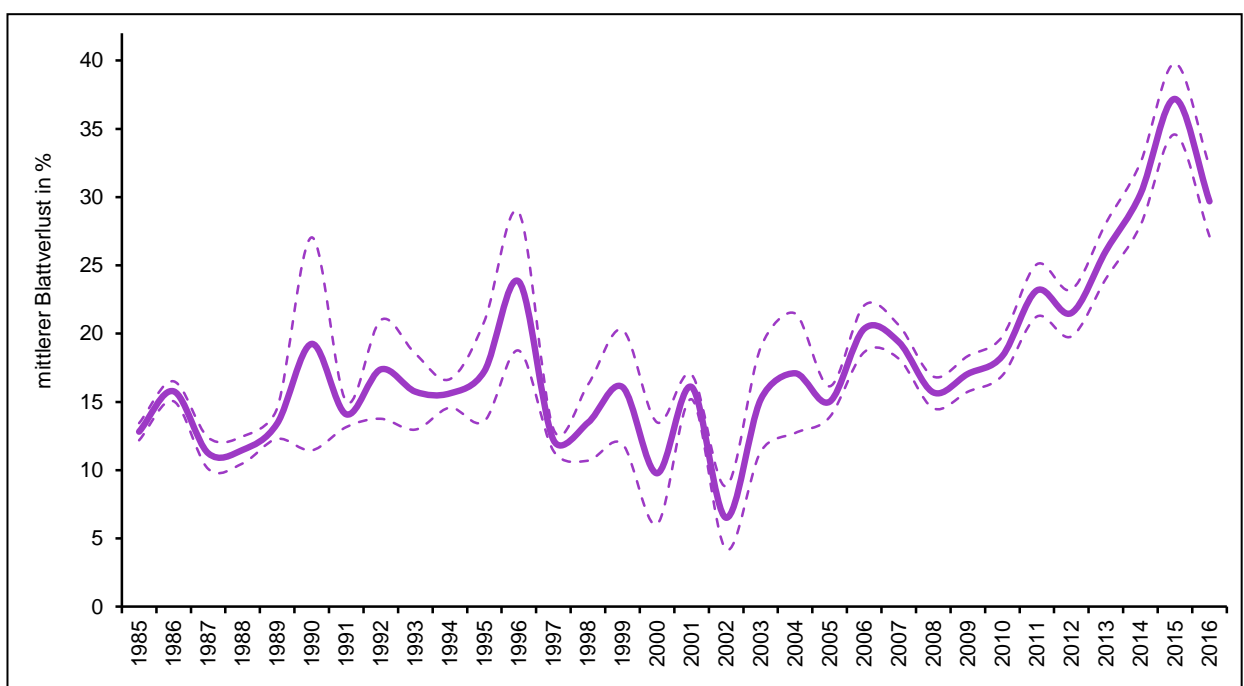


Abb. 28: Mittlerer Blattverlust der Eschen (gestrichelte Linien geben den Vertrauensbereich von 95 % an)

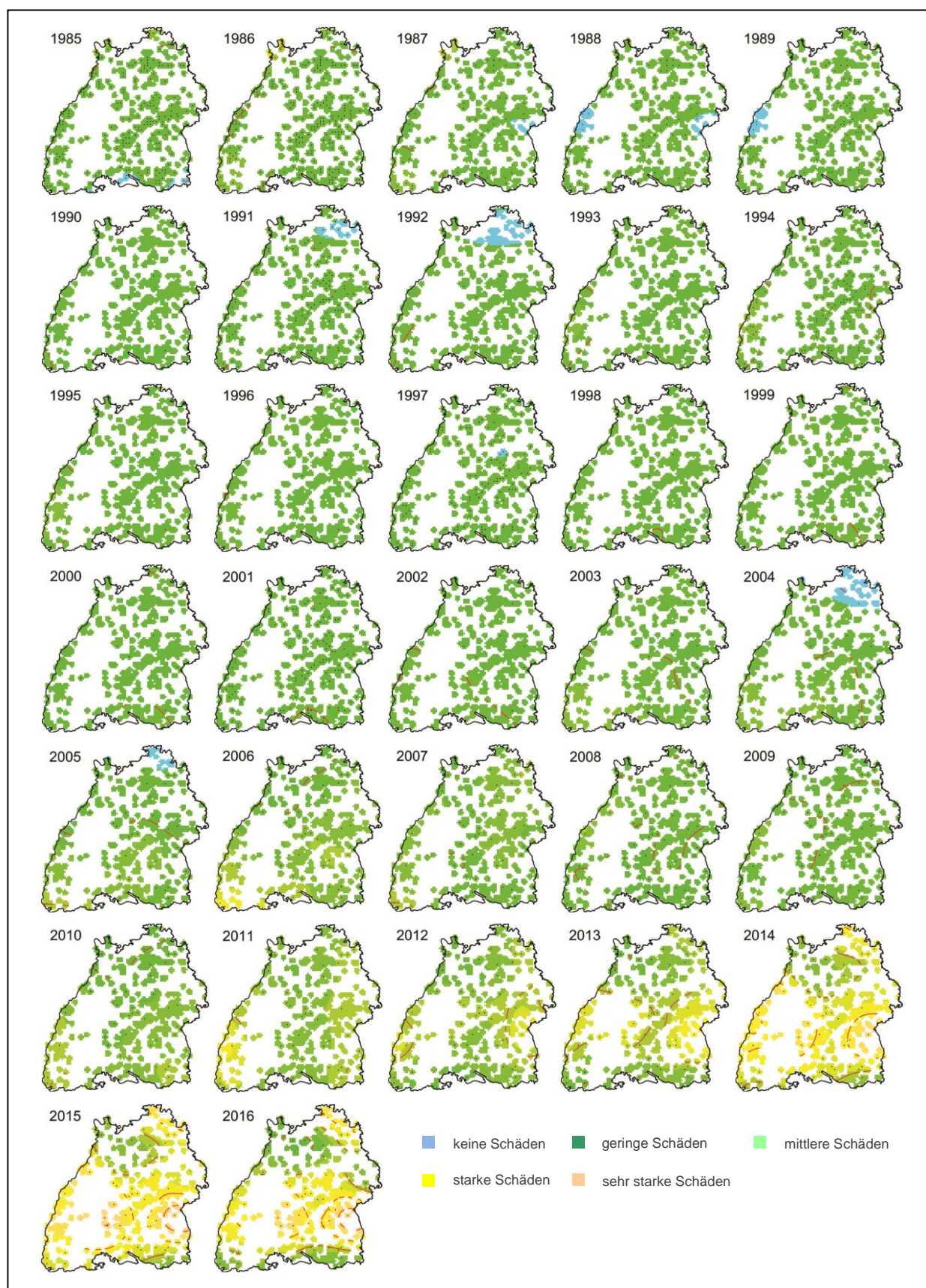


Abb. 29: Räumlicher Entwicklungstrend der Blattverluste für die Baumart Esche nach dem Raum-Zeit-Modell (rote Linien: Isolinien gleichen Blattverlustes)

Sonstige Laubbaumarten

Bei der Gruppe der sonstigen Laubhölzer ist in der Zusammenfassung aller dort beinhalteten Baumarten so gut wie keine Veränderung des Kronenzustandes erkennbar (Abb. 30, unten). Der mittlere Blattverlust verringert sich minimal um 0,1 Prozentpunkte auf 19,4 Prozent. Deutliche Unterschiede ergeben sich allerdings in der separaten Betrachtung der einzelnen Baumarten dieser Gruppe. So verringert sich der mittlere Blattverlust der Roteichen auf 16,8 Prozent. Sie zeigen damit aktuell eine ähnliche Erholungstendenz wie die heimischen Eichenarten. Im Gegensatz dazu verschlechtert sich bei den Hainbuchen der Kronenzustand sehr stark, was ähnlich wie bei der Baumart Buche auf die starke Fruktifikation zurückzuführen ist.

Der mittlere Blattverlust der Hainbuchen steigt auf 26,5 Prozent. Dagegen bleibt der mittlere Blattverlust beim Bergahorn nahezu konstant bei 16,4 Prozent.

Sonstige Nadelbaumarten

Der Kronenzustand der sonstigen Nadelbäume verringert sich gegenüber dem Vorjahr leicht um 1,5 Prozentpunkte auf 20,8 Prozent (Abb. 30, oben). Die Baumarten Douglasie und Lärche (Europäische und Japanische Lärche) bilden die Hauptbestandteile dieser Baumartengruppe. Während die im Durchschnitt jüngeren Douglasien mit 15 Prozent einen deutlich geringeren Nadelverlust aufweisen, ist der Nadelverlust der Lärchen mit 26,9 Prozent – auch im Vergleich zu den anderen Nadelbaumarten – vergleichsweise hoch.

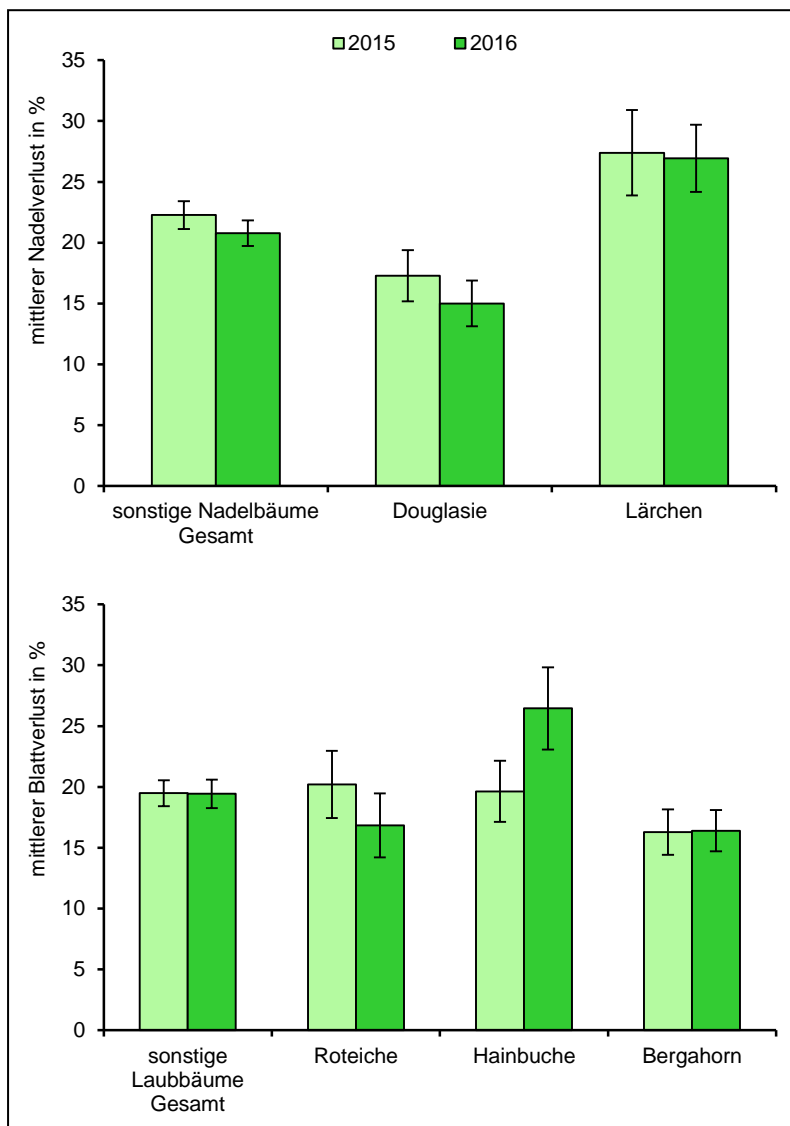


Abb. 30: Mittlerer Nadel- bzw. Blattverlust der sonstigen Nadelbäume (oben) und der sonstigen Laubbäume (unten) im Vergleich der Jahre 2015 und 2016

Regionen Baden-Württembergs

Die Waldfläche in Baden-Württemberg ist in sieben Wuchsgebiete eingeteilt, die sich hinsichtlich ihrer Landschaftsausprägung, ihren klimatischen Verhältnissen, ihrem geologischen Aufbau sowie ihren Bodeneigenschaften voneinander unterscheiden. Im Einzelnen sind dies: Oberrheinisches Tiefland, Odenwald, Schwarzwald, Neckarland, Baar-Wutach, Schwäbische Alb und Südwestdeutsches Alpenvorland (Abb. 31). Die Ergebnisse der Waldschadensinventur lassen sich auf der Ebene der Wuchsgebiete berechnen.

Die statistische Genauigkeit der Ergebnisse ist dabei abhängig von der Anzahl der untersuchten Bäume, weshalb nur die Aufnahmejahre des dichteren 8x8 und 4x4 km-Netzes mit ausreichender Genauigkeit für die Wuchsgebiete dargestellt werden können. Je nach Anzahl der untersuchten Bäume im Wuchsgebiet und Jahr liegt der Fehlerrahmen weiter oder dichter am Mittelwert.

Die Entwicklung des Kronenzustandes der Bäume weist bis etwa zur Jahrtausendwende in nahezu allen Wuchsgebieten einen ähnlichen Verlauf auf (Abb. 32 und 33).



Abb. 31: Wuchsgebiete Baden-Württembergs und deren Waldverteilung

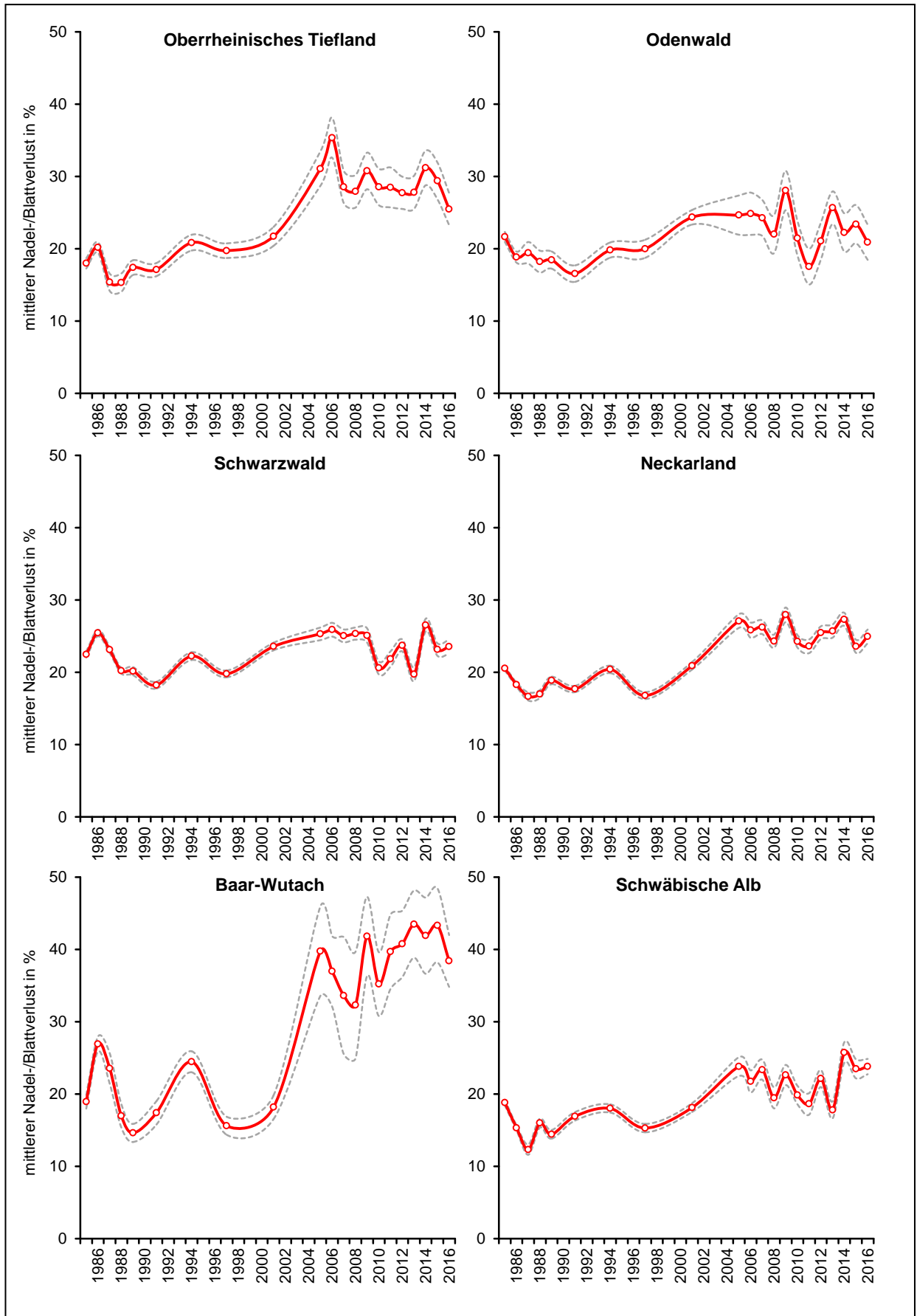


Abb. 32: Mittlerer Nadel-/Blattverlust aller Bäume in den Wuchsgebieten Oberrheinisches Tiefland, Odenwald, Schwarzwald, Neckarland, Baar-Wutach, Schwäbische Alb (gestrichelte Linien geben den Vertrauensbereich von 95 % an)

Während die Kronenverlichtung der Bäume nach anfänglichem Rückgang in allen Wuchsgebieten zunächst auf einem relativ konstanten Niveau bleibt, ist Anfang des neuen Jahrtausends eine sprunghafte Erhöhung des Schädigungsgrads zu verzeichnen. Der Anstieg der Kronenverlichtung Anfang des Jahrtausends ist durch eine Änderung des Witterungsverlaufs mit häufigerer Frühjahrs- und Sommertrockenheit zu erklären.

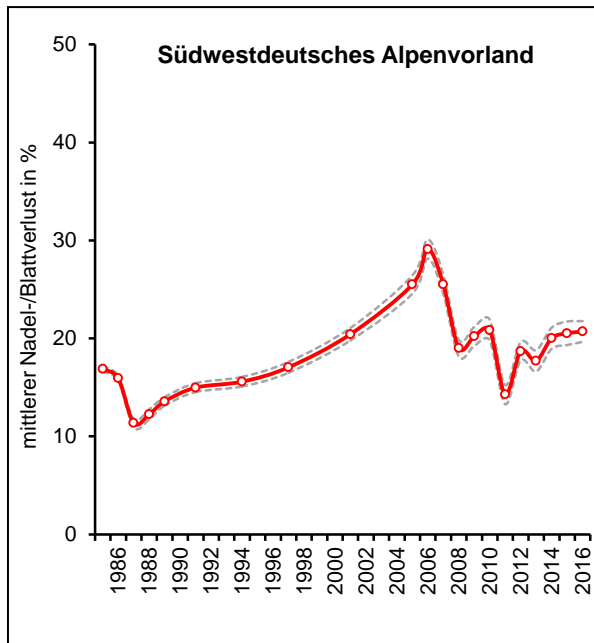


Abb. 33: Mittlerer Nadel-/Blattverlust aller Bäume im Wuchsgebiete Südwestdeutsches Alpenvorland (gestrichelte Linien geben den Vertrauensbereich von 95 % an)

Lediglich in den höher gelegenen und dadurch für Trockenstress unempfindlichen Wuchsgebieten wie Odenwald und Schwarzwald fällt der Anstieg der Kronenschäden etwas geringer aus. Seither ist in den Wuchsgebieten Oberrheinisches Tiefland und Südwestdeutsches Alpenvorland eine tendenzielle Verbesserung des Waldzustandes zu erkennen. Im Schwarzwald und auf der Schwäbischen Alb wurde ebenfalls eine Erholungstendenz sichtbar, die allerdings durch zunehmende Kronenschäden in den letzten vier Jahren wieder nivelliert wurde. Keine wesentliche Regeneration der Bäume ist dagegen bisher im Neckarland zu beobachten. In dem vergleichsweise niederschlagsarmen Wuchsgebiet bleibt die Kronenverlichtung der Wälder mit leichten Schwankungen im letzten Jahrzehnt auf einem relativ konstant hohen Schadniveau.

Für die Wuchsgebiete Oberrheinisches Tiefland, Baar-Wutach und Odenwald ist es schwierig für die letzten Jahre eine genaue Aussage über den Kronenzustand zu treffen, da selbst im 8x8 km-Netz, welches seit 2005 durchgehend erhoben wird, der Fehlerrahmen in diesen kleinen Wuchsgebieten aufgrund der geringen Anzahl an Stichprobenbäumen sehr groß ist. Die landesweite Entwicklung mit steigenden Kronenschäden um die Jahrtausendwende und anschließende Stagnation der Schäden (Baar-Wutach) bzw. einer leichten Regeneration (Odenwald, Oberrheinisches Tiefland) ist aber auch hier zu erkennen.

4 WITTERUNG

Das Jahr 2015 war zusammen mit den Jahren 2000 und 2007 deutschlandweit mit 9,9 °C das zweitwärmste Jahr seit Beginn regelmäßiger Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881 (DWD 2016). Dabei zählte Baden-Württemberg 2015 zu den sehr sonnenreichen und niederschlagsarmen Bundesländern. Im Vergleich zum langjährigen Mittel waren lediglich die Monate Februar, September und Oktober etwas zu kalt, während alle anderen Monate z. T. deutlich erhöhte Temperaturen gegenüber dem Referenzwert aufwiesen (Abb. 34).

Demgegenüber wurden in Baden-Württemberg lediglich in den Monaten Januar und November im Vergleich zum langjährigen Mittel höhere Niederschläge erreicht. Insgesamt fiel das Jahr 2015 in Baden-Württemberg deutlich zu trocken aus. Belastend für die Wälder wirkte sich vor allem die spätsommerliche Trockenheit im Jahr 2015 aus. Verfrühter Blattfall und erste Trocknisschäden an Laubbäumen im Spätsommer waren die Folge. Zudem fiel der Zuwachs der Fichten geringer aus, da das Dickenwachstum aufgrund der extrem trockenen Witterung im Sommer 2015 bereits Mitte Juni eingestellt wurde (MEINING ET AL. 2015).

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

Auch das Jahresende 2015 war deutlich zu warm und zu trocken. Im Dezember lag die mittlere Lufttemperatur mit knapp 5 °C über dem langjährigen Mittel, während die Niederschlagsmenge etwa 60 Prozent unterhalb des Referenzwertes lag.

In der ersten Jahreshälfte 2016 konnten sich die Bodenwasserspeicher in Folge starker Niederschläge wieder auffüllen. Mit Ausnahme des März lagen landesweit alle Monate bis einschließlich Juni z. T. deutlich über dem langjährigen Mittel der Niederschlagsmenge. Dabei führten regional langanhaltende und starke Niederschläge in einigen Ortschaften und

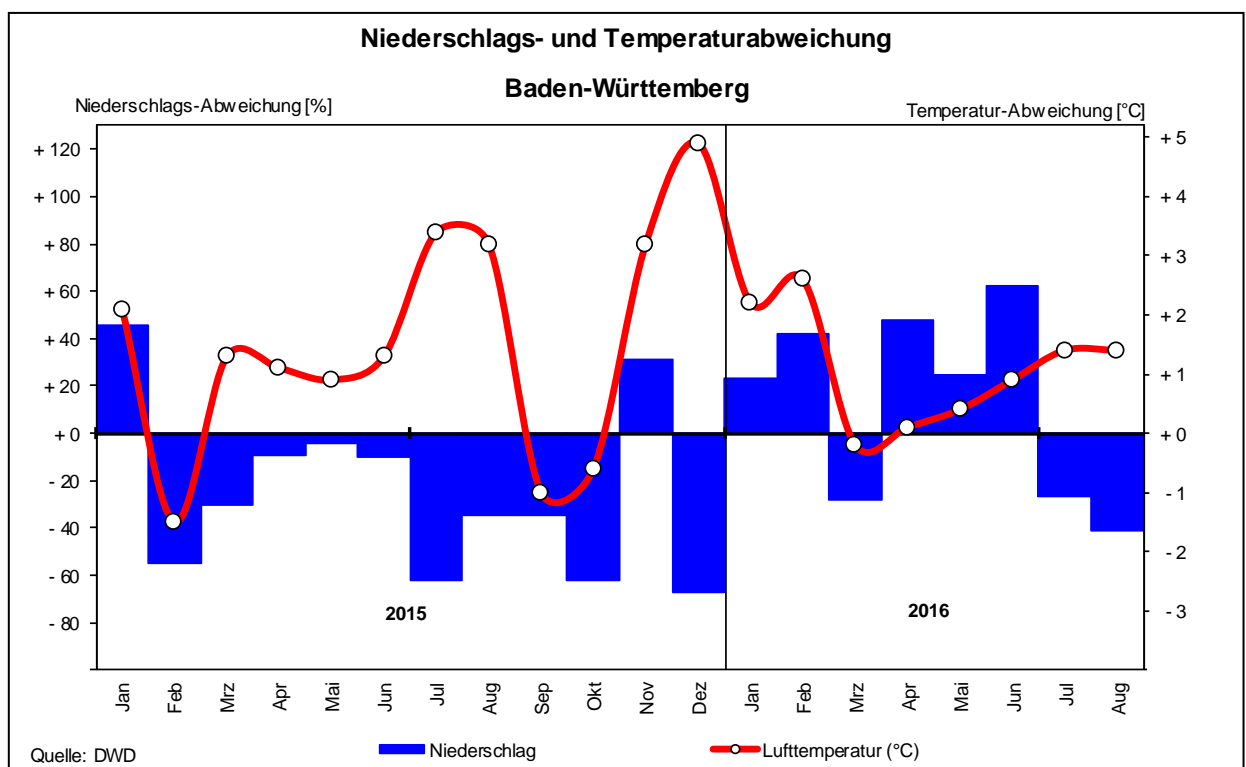


Abb. 34: Niederschlags- und Temperaturabweichung vom langjährigen Mittel, Baden-Württemberg; Quelle: DWD

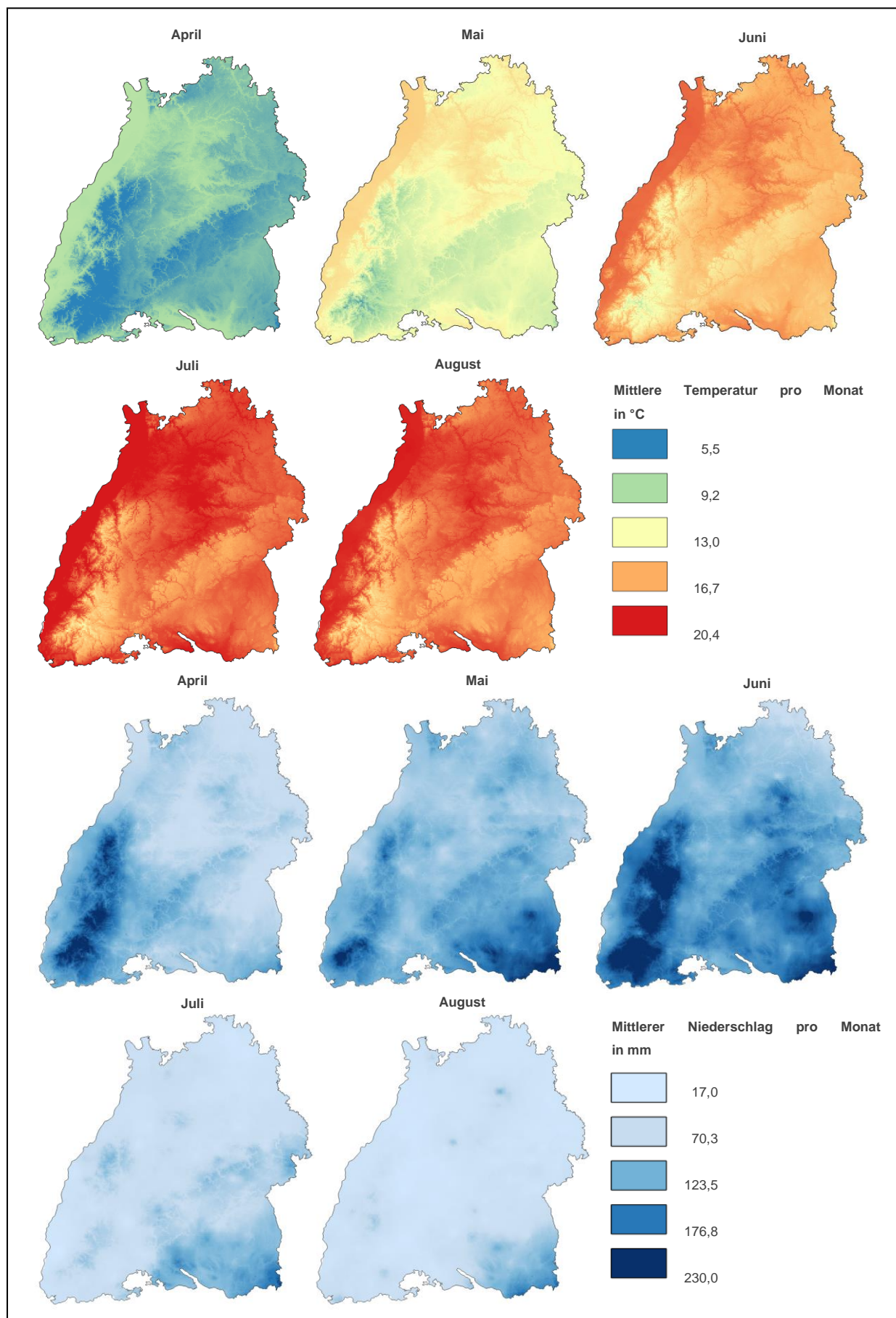


Abb. 35: Regionale Temperatur- (oben) und Niederschlagsverteilung (unten) 2016 in Baden-Württemberg (April bis August). Quelle: DWD

Städten sowie in der Landwirtschaft zu erheblichen Schäden. Flüsse traten über ihre Ufer, Dorfbäche entwickelten sich in kurzer Zeit zu reißenden Sturzbächen und landwirtschaftliche Flächen wurden überflutet. In den Wäldern beschränkten sich die Schäden im Wesentlichen auf einzelne Jungbestände in Stauwasserlagen und durch Wasser geschädigte Waldwege. Im Gegenteil: die reichlichen Niederschläge zu Beginn der Vegetationszeit sorgten zusammen mit den milden Temperaturen für ein ausgesprochen gutes Wachstum der Bäume. Ende April und Mitte Mai auftretende Kälteeinbrüche führten in mittleren Höhenlagen regional zu Spätfrostschäden an einigen Baumarten. Insbesondere im Schwarzwald wurden auf einer Höhe von etwa 600 bis 800 Meter die frisch ausgetriebenen Blätter einiger Laubbaumarten (v. a. Buchen) durch Spätfrost geschädigt. Im Juli 2016 änderte sich die Wetterlage in Baden-Württemberg. Nach dem Dauerregen setzte sich nun sommerliches Wetter mit leicht erhöhten Temperaturen und geringen Niederschlägen in allen Landesteilen durch. Die Temperaturabweichung lag im Juli und im August etwas mehr als 1 °C über dem langjährigen Mittel, während der Niederschlag etwa 30 bzw. 40 Prozent unterhalb des langjährigen Monatsmittels blieb.

In der regionalen Betrachtung der Witterungssituation in Baden-Württemberg ergeben sich für die einzelnen Regionen z. T. erhebliche Unterschiede. Abbildung 35 zeigt die Verteilung der monatlichen Temperatur- und Niederschlagswerte Baden-Württembergs berechnet für die Monate April bis August 2016. Für die Temperaturwerte ist in den einzelnen Monaten eine deutliche Abstufung je nach Höhenlage zwischen einzelnen Regionen erkennbar. Während der Schwarzwald, die Schwäbische Alb, der Odenwald und auch der Schwäbisch Fränkische Wald und Teile Oberschwabens durch kühlere Temperaturen gekennzeichnet sind, zeichnen sich die Flusslandschaften und die Bodenseeregion als wärmere Gebiete ab. Die Niederschlagsverteilung zeichnete für die Monate April bis Juni ein ähnliches Bild mit deutlich höheren Regenfällen in den höheren Lagen Baden-Württembergs. Im Juli ließen die Niederschläge deutlich nach. Im August verschärfte sich die Trockenphase landesweit, bis auf den südöstlichsten Teil Baden-Württembergs, in dem noch höhere Niederschläge fielen.

5 WALDSCHUTZSITUATION

Abiotische und biotische Schadfaktoren können allein oder in Kombination miteinander einen erheblichen Einfluss auf die Vitalität und den Kronenzustand unserer Wälder nehmen. Sie treten gewöhnlich in jährlich wechselndem Ausmaß auf. Zu den wichtigen abiotischen Schadfaktoren gehören Dürren, Stürme, Nassschnee und Hagel sowie Frostereignisse. Die biotischen Schadfaktoren sind vor allem den Insekten und Pilzen zuzuordnen.

Abiotische Schadursachen

Die Folgen der im Vorjahr deutlich zu warmen und trockenen Witterung waren anhand der Dürrolzanfälle noch bis in den April 2016 festzustellen. Während 2016 das Wetter im Frühjahr und im Frühsommer bis in den Juni vergleichsweise wechselhaft und teils feucht war, lagen bis in den Herbst hinein überdurchschnittlich warme und niederschlagsarme Verhältnisse vor. Im Zusammenhang mit einer ausgeprägten Fruchtbildung

führte dies insbesondere bei der Buche und Hainbuche vor allem auf trockenen Standorten zu vorzeitiger Laubverfärbung, Welke und zum Abwurf des Laubes (Abb. 36). Die langfristigen Folgen der Trockenheit in den letzten beiden Jahren können derzeit jedoch nicht abschließend beurteilt werden.

Während im Vorjahr mit dem Sturm „Niklas“ vor allem im Osten des Landes und einem Tornado im Südschwarzwald noch gravierende abiotische Schadereignisse auftraten, sind im Wald in diesem Jahr bisher keine außergewöhnlichen Begebenheiten von überregionaler Bedeutung dokumentiert.

Allerdings traten Ende April und Anfang Mai in einigen Landesteilen Baden-Württembergs aufgrund von Nachtfrösten erhebliche Spätfrostschäden auf. Die zu diesem Zeitpunkt frisch ausgetriebenen Blätter insbesondere von Buchen aber auch Eichen und anderen Laubbäumen wurden zum Teil erheblich beschädigt. Tannen und Douglasien waren zum Teil ebenfalls davon betroffen.



Abb. 36: Vorzeitige Verfärbung, Welke und Abwurf des Buchenlaubes im Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald anfangs September 2016 (Foto: H. Delb)

Biotische Schaderreger an Nadelbäumen

Fichte

Die Entwicklung der wichtigsten Fichtenborkenkäfer, Buchdrucker und Kupferstecher, sowie der Verlauf ihrer Flugaktivitäten wird mit Hilfe wöchentlicher Kontrollen der Brutentwicklung an Fangbäumen (Abb. 37) und mit Pheromonfallen im Rahmen des Borkenkäfer-Monitorings überwacht. Auf Grundlage dieser Daten werden fortlaufend Empfehlungen zu einem effektiven Borkenkäfer-Management in den Fichtenwäldern abgeleitet.

Der Schwärmflug der überwinterten Käfer verlief in diesem Jahr aufgrund der immer wieder durch kühlfeuchte Phasen gekennzeichneten Frühjahrswitterung sehr verhalten. Der Hauptschwärmflug setzte nach einem nassen April erst spät ein, im Nordschwarzwald z. B. erst in der zweiten Maihälfte. In der Folge beeinträchtigten häufige Witterungswechsel und insbesondere ein zu nasser Juni das Schwärmgeschehen erheblich, das nur Ende Juni und im Juli intensiver war. So entwickelten sich auch die nachfolgenden Generationen verzögert. Gleichzeitig war durch die gute Wasserversorgung bis in den Sommer hinein eine vergleichsweise hohe Abwehrkraft der Fichten gegeben. 2016 kann vor allem aufgrund des wechselhaften Frühjahres und Frühsommers insgesamt nicht als besonders „käferfreundliches“ Jahr bezeichnet werden. Die Entwicklung des Buchdruckers erbrachte je nach Höhenlage bis zu zwei Generationen und Geschwisterbruten, in Ausnahmen waren drei Generationen möglich.

Trotz der eingeschränkten Entwicklung des Borkenkäfers lag in diesem Jahr die bis August angefallene Käferholzmenge aufgrund der ausgesprochen „käferfreundlichen“ Ausgangssituation des Vorjahres insgesamt deutlich über dem Vorjahresniveau. Bis Ende September ist im Staats- und Körperschaftswald bei der Fichte mit rund 210.000 Festmeter (Fm) erheblich mehr Käferholz als im Vorjahr mit rund 121.000 Fm angefallen. Die Schwerpunkte lagen erwartungsgemäß in den Sturmschadensgebieten des Vorjahres im Osten und Südwesten des Landes. Endgültige Aussagen über den im Jahr 2016 durch Borkenkäfer entstandenen Schadholzanteil sind jedoch erst nach Abschluss der Verbuchungen nach

Jahresende möglich. Doch ist die befürchtete außergewöhnliche Massenvermehrung landesweit nicht eingetreten. Neben dem im Frühjahr und Frühsommer wechselhaften Wetter ist dies auch auf das Ausbleiben weiterer abiotischer Schadereignisse, die für Käferbruten gut geeignetes Material als Ausgangspunkt von Gradationen mit sich bringen, zurückzuführen. Außerdem haben die intensiven Kontrollen der Fichtenbestände durch die Forstbetriebe in Verbindung mit einer raschen Aufarbeitung und Abfuhr sowohl des bruttauglichen als auch des befallenen Fichtenholzes schlimmeres verhindern können. Dies trifft insbesondere auch auf die letztjährigen Sturmschadensgebiete zu. Das im späteren Sommer einsetzende und bis in den Herbst anhaltende überdurchschnittlich warme und niederschlagsarme Wetter hat bisher nicht mehr zu einem massiven Anstieg der Käferholzanfälle geführt.



Abb. 37: Markierung der Einbohrlöcher von Borkenkäfern zur Beobachtung der Brutentwicklung an einem Fangbaum 2016 (Foto: R. John)

Tanne

Die von Tannen-Komplexkrankheit und -Triebblaus betroffenen Flächen sind in den letzten Jahren zurückgegangen. Trotzdem bleibt der Triebblausbefall regional in mehr oder weniger freistehenden Jungwüchsen weiterhin ein bedeutendes Problem. Sowohl die Stamm- als auch die Triebblaus werden durch Witterungskonstellationen mit milden Frühjahren und Wintern besonders gefördert, womit aufgrund des Klimawandels in Zukunft häufiger zu rechnen ist. Nach wie vor sind ältere Tannen vielerorts intensiv von chronisch vitalitätsmindernden Misteln zum Teil erheblich befallen. Oft ist auch der Tannenkrebs mit seinen typischen Symptomen, wie z. B. Hexenbesen, anzutreffen. Der Befall durch Tannenborkenkäfer nimmt offenbar wieder an Bedeutung zu. Derzeit kristallisieren sich dabei der mittlere Schwarzwald und Waldregionen in den östlichen Landesteilen als Schwerpunkte heraus. Hier wird gleichzeitig aktuell auch wieder der Tannenrüsselkäfer in Altbeständen auffällig.

Douglasie

Auch in Südwestdeutschland wurde die ursprünglich in Nordamerika beheimatete Gallmückenart, *Contarinia pseudotsugae*, die zuvor in den Niederlanden und Belgien gefunden wurde, im aktuellen Jahr an Douglasien bestätigt. In Baden-Württemberg ist diese gebietsfremde und invasive Art mit positivem Befund bereits in den Landkreisen Karlsruhe und Freudenstadt sicher nachgewiesen worden. Die Larven minieren in den Nadeln des jüngsten Nadeljahrgangs (Abb. 38). Bei starkem Befall können die Zweige absterben, wobei der Befall bisher allerdings noch vergleichsweise gering ist. Da sich die Schäden der Gallmücke im jüngsten Nadeljahrgang und demgegenüber die der Douglasien-Schütte sich in den älteren Nadeljahrgängen äußern, könnte bei weiterer Ausbreitung und kombiniertem Befall beider Schadfaktoren die Vitalität der Douglasien durchaus nachteilig beeinflusst werden.



Abb. 38: Durch Larven der Douglasien-Gallmücke minierte Nadeln (Foto: J. Schumacher)

Kiefer

In der Oberrheinebene sind zahlreiche Kiefern nach wie vor intensiv und anhaltend von Misteln befallen. Eng damit verbunden ist die sogenannte Kiefern-Komplexkrankheit. Vor allem in Zusammenhang mit Trockenstress und lang in den Herbst anhaltender trocken-warmer Witterung führt dies in den letzten Jahren zu erhöhten Mortalitätsraten. Dies war im Sommer 2015 besonders ausgeprägt, sodass noch bis in den April 2016 zahlreiche Dürrhölzer angefallen sind. In diesem Zusammenhang ist auch das Ausmaß von mit Waldgärtner, sonstigen Borkenkäfern sowie Pracht- und Bockkäfern befallenen Kiefern verbreitet gestiegen (Abb. 39). Die Baumart Kiefer scheint hier dauerhaft gefährdet zu sein. In Anbetracht der Massenvermehrung des Waldmaikäfers (siehe S. 42) auf nahezu gleicher Fläche steht auf den betroffenen trockenen Sandstandorten in dieser Region die Waldwirtschaft vor einer großen Herausforderung.

Biotische Schaderreger an Laubbäumen

Blattpilze

Die feuchte Witterung im Frühjahr 2016 hat gute Infektionsbedingungen für einen erhöhten Pilzbefall an Blättern geschaffen. An Buche traten Blattnekrosen durch Befall durch die Buchenblattbräune, bei Kirsche durch die Sprühfleckenkrankheit und bei Ahorn durch die Teerfleckenkrankheit auf. Zum Teil führte der Blattpilzbefall zu Welkeerscheinungen und vorzeitigem Blattfall.

Buche

Auch in diesem Jahr sind wieder Blattschäden infolge eines Befalls durch den Buchen-Springrüssler in Erscheinung getreten, wenn auch die Intensität und die Verbreitung gegenüber den Vorjahren zurückgegangen sind. Dabei ist das Ausmaß der Blattschäden örtlich sehr unterschiedlich ausgefallen. Durch den Reifungsfraß der Käfer entstehen kleine Löcher in den Blättern. Die Larven minieren in den Blättern bis hin zu ausgedehntem Platzfraß. Bei starkem Befall werden die Baumkronen „braun“. In der Regel verkraften die Bäume den Fraß ohne längerfristige Schädigungen. Allerdings trat der Springrüsslerbefall im Jahr 2016



Abb. 39: Abgestorbene Kiefer nach Mistel- und Rindenbrüterbefall im Rhein-Neckar-Kreis im Mai 2016 (Foto: H. Delb)

häufig in Kombination mit starker Fruktifikation auf. Zusammen mit den zum Teil entstandenen Spätfrostschäden, den Blattpilzen und dem trockenen Hoch- und Spätsommer war die Buche im aktuellen Jahr somit erheblichen Belastungen ausgesetzt. Außerdem liegen seit der Sommertrockenheit 2015 wieder Meldungen eines Stehendbefalls durch Rindenbrüter, Buchenprachtkäfer und Kleiner Buchenborkenkäfer, vor.

Eiche

Die im Rahmen des routinemäßig durchgeführten Monitorings für das nördliche Oberrheinische Tiefland und das Neckarland prognostizierten Schäden durch die Eichenfraßgesellschaft sind weniger stark als erwartet ausgefallen. Eine bei den Unteren Forstbehörden durchgeführte Umfrage hat ergeben, dass in den genannten Regionen von gemeldeten rund 3.000 ha mehr als neunzig Prozent lediglich leichten



Abb. 40: Raupe des Kleinen Frostspanners im Hainbuchen-Unterstand im Landkreis Karlsruhe im Mai 2016 (Foto: H. Delb)

Fraß oder Lichtfraß aufwiesen. Daran waren insbesondere Frostspanner-Arten beteiligt (Abb. 40), die als Jungraupen bei den oben genannten Spätfrostereignissen vermutlich Verluste erlitten haben. In der Oberrheinebene war eine eindeutige Zuordnung zu Schmetterlingsraupen aufgrund des zeitgleich auftretenden Blattfraßes durch den Maikäfer in den betreffenden Waldgebieten mitunter nur schwer möglich. Der Schwammspinner wurde nicht gemeldet. Demgegenüber trat der Eichenprozessionsspinner in vielen Regionen des Landes auf, jedoch ohne gravierenden Blattfraß zu verursachen. Dort hat er aufgrund der von den Brennhaaren der Raupen für Mensch und Tier ausgehenden Gefahren wieder oft von sich reden gemacht. Der Flächenumfang mit vorwiegend leichtem Befall durch den Eichenmehltau lag bei rund 2.700 ha. Dies korrespondiert meist mit dem Vorkommen blattfressender Insekten, denn der nach Fraß auftretende junge Neuaustrieb wird je nach Witterung sehr häufig von diesem Blattpilz befallen. Dadurch verstärkt sich die durch den Raupenfraß bedingte Schwächung der Eichen oft erheblich.

Esche

In diesem Jahr sind die in der Krone erkennbaren Schadsymptome des Eschentriebsterbens augenscheinlich etwas zurückgegangen. Dies dürfte mit den vergleichsweise schlechten Infektionsbedingungen durch langandauernde Trockenperioden in den Jahren 2015 und 2016 zusammenhängen und ist deshalb nur

als Atempause zu werten (Abb. 41). Diese Krankheit stellt jedoch weiterhin eine große Bedrohung dar. Betroffen sind alle Altersklassen in allen Regionen des Landes. Besondere Besorgnis erregt das zunehmende Vorkommen von Stammfußnekrosen an Eschen, insbesondere auf nassen Standorten. Hier kommt es oft zusätzlich zu Hallimasch-Infektionen, welche eine relativ rasche Stockfäule mit Bruchgefährdung nach sich ziehen. Damit verbunden sind große Herausforderungen bei der Arbeits- und Verkehrssicherung sowie eine rasche Holzentwertung. Untersuchungen verschiedener Forschungseinrichtungen zeigen jedoch, dass ein kleiner Teil der Eschen eine genetisch bedingte Resistenz gegen das Triebsterben zeigt. Deshalb müssen Eschen mit normaler Belaubung, ohne Ersatztriebe, sowie ohne Stammfußnekrosen für den Aufbau einer künftig gesünderen Generation erhalten werden. Bei anstehenden Eingriffen sind bevorzugt anfällige Eschen zu entnehmen, die sowohl durch Kronenverlichtung und/oder durch die Bildung von Ersatztrieben erkenntlich sind.

Waldmaikäfer

In der nördlichen Oberrheinebene sind insbesondere die Jungwüchse und unterständigen Laubhölzer durch den Wurzelfraß der Engerlinge des Waldmaikäfers weiterhin gefährdet. Vermutlich werden dadurch aber auch ältere Laub- und Nadelbäume geschwächt und sind dann anfällig für Folgeschädlinge. In diesem Frühjahr fanden von Karlsruhe-Friedrichstal bis Schwetzingen beim sogenannten „Nordstamm“ auf mehr als 14.000 ha Waldfläche wieder umfangreiche Flugaktivitäten des Waldmaikäfers statt. Der Reifungsfraß der Käfer führt zu einer Entlaubung der Laubbäume, was aber durch einen Wiederaustrieb ausgeglichen wird. Jedoch ist nach den Eiablagen in diesem Frühjahr der Waldboden mit großer Sicherheit wieder vielerorts dicht mit Engerlingen besetzt, sodass weiter mit Schäden gerechnet werden muss. In diesem Zusammenhang steht auch zu befürchten, dass sich in den durch diese Schäden immer mehr verlichtenden Waldbeständen Neophyten wie die Kermesbeere oder die Spätblühende Traubenkirsche weiter ausbreiten und die heimische Vegetation verdrängen.



Abb. 41: Anfällige Eschen mit Ersatztrieben, die noch nicht wieder erneut vom Triebsterben abgetötet wurden
(Foto: R. Enderle)

Quarantäne-Schadorganismen

Der Esskastanien-Rindenkrebs stellt für die Esskastanie seit Jahren eine ernstzunehmende Bedrohung dar. Durch die Verbreitung von hypovirulenten Pilzstämmen, die durch einen spezifischen Virusbefall ihre Aggressivität verloren haben, besteht jedoch die Aussicht, dass sich die Krankheit verlangsamt. Die weitere Ausbreitung der Japanischen Esskastanien-Gallwespe wird nicht mehr aufzuhalten sein. Allerdings geht der Gallwespenbefall in den Esskastanienwäldern südlich der Alpen aufgrund einer Parasitierung durch eine in Italien freigesetzte ebenfalls aus China stammende Schlupfwespe (*Torymus sinensis*) bereits wieder zurück. Denkbar ist, dass sich dieser Gegenspieler der Gallwespe auch in unsere Region hinein ausbreitet.

Der Erreger der Dothistroma-Nadelbräune („Kiefernadelbräune“) wurde bei Rastatt im Jahr 2013 zum ersten Mal in einem Waldbestand nachgewiesen. Neben Schwarz- waren auch Gelb-Kiefern befallen. Die

betroffenen Bestände sind inzwischen abgetrieben. Seitdem findet in den Gebieten des ehemaligen Befalls ein jährliches Erfolgs-Monitoring statt.

Im Sommer 2016 wurde in Hildrizhausen im Landkreis Böblingen ein intensiver Befall durch den Asiatischen Laubholzbockkäfer (ALB) festgestellt. Da dieser Käfer auch gesunde Laubbäume befällt, sind die umliegenden Wälder im Schönbuch erheblich gefährdet. Auf Grundlage einschlägiger Rechtsnormen müssen hier in den nächsten Jahren intensive Monitoring-Maßnahmen durchgeführt werden. Dies ist nach Kehl-Straßburg, Weil am Rhein und Grenzach-Whylen nun das vierte ALB-Monitoringgebiet in Baden-Württemberg. Besonders in der Nähe von Warenumschlags- und Lagerplätzen vor allem von Importwaren aus Asien mit Verpackungsholz besteht vielerorts eine erhöhte Gefahr der Einschleppung von Quarantäne-Schadorganismen.

Die Gefahr der Einschleppung von Quarantäne-Schadorganismen soll neuerdings mit Hilfe eines

europaweiten Monitorings so frühzeitig wie möglich eingedämmt werden. So wurde das bisherige Monitoring zum Kiefernholznematoden und zum ALB in diesem Jahr nach europäischen und nationalen Vorgaben um das aus Amerika stammende Feuerbakterium (*Xylella fastidiosa*), das auch Waldbaumarten befallen kann, sowie die sogenannte „Tausend-Canker-Krankheit“ an Nussbäumen erweitert. In den EU-Mitgliedstaaten wird das genannte Monitoring-Programm mit weiteren Verpflichtungen zur umfangreichen Durchführung spezifischer Überwachungsmaßnahmen bei potentiell invasiven und geregelten Schadorganismen im nächsten Jahr auch im Wald noch einmal erweitert werden.

6 STOFFEINTRÄGE

Seit über 100 Jahren ist in Mitteleuropa in Folge fortschreitender Industrialisierung ein stark gesteigener Ausstoß von Luftschadstoffen zu beobachten. Die hohen Schadstoffeinträge führen insbesondere durch die Versauerung der Böden zu einer erheblichen Belastung der Waldökosysteme. In den vergangenen Jahrzehnten konnte die jährliche Schadstoffbelastung der Wälder reduziert werden.

Dies gilt vor allem für Schwefeldioxid (SO_2), dessen Ausstoß durch den Einbau von Filterungsanlagen in der Großindustrie und die Verwendung schwefelarmer Brennstoffe gesenkt werden konnte. Dagegen liegt die Emission der ebenfalls versauernd wirkenden Stickstoffverbindungen in vielen Regionen Baden-Württembergs weiterhin oberhalb der ökosystemverträglichen Eintragsmenge (Abb. 42).

Die eingetragenen Stickstoffverbindungen werden im Wesentlichen durch den Kraftfahrzeugverkehr und der Industrie in Form von Stickoxiden (NO_x) und aus der landwirtschaftlichen Produktion in Form von Ammonium (NH_4) freigesetzt.

Der Eintrag von Luftschadstoffen in die Wälder ist im Vergleich zum Offenland besonders hoch, da Wälder aufgrund ihrer großen Kronenoberfläche mehr Schadstoffe und Feinstäube aus der Luft herausfiltern. Der Schadstoffeintrag in die Wälder ist um das zwei bis dreifache höher als auf benachbarten Freiflächen. Wälder leisten somit einen aktiven Beitrag zur Luftreinhaltung.

Bodenversauerung

Die über Jahrzehnte eingetragenen Luftschadstoffe führten zu einer großflächigen Versauerung der Waldböden und dadurch zu einer langfristigen Schädigung der Wälder. Auch wenn seit einigen Jahren die Schadstoffdeposition rückläufig ist, sind die

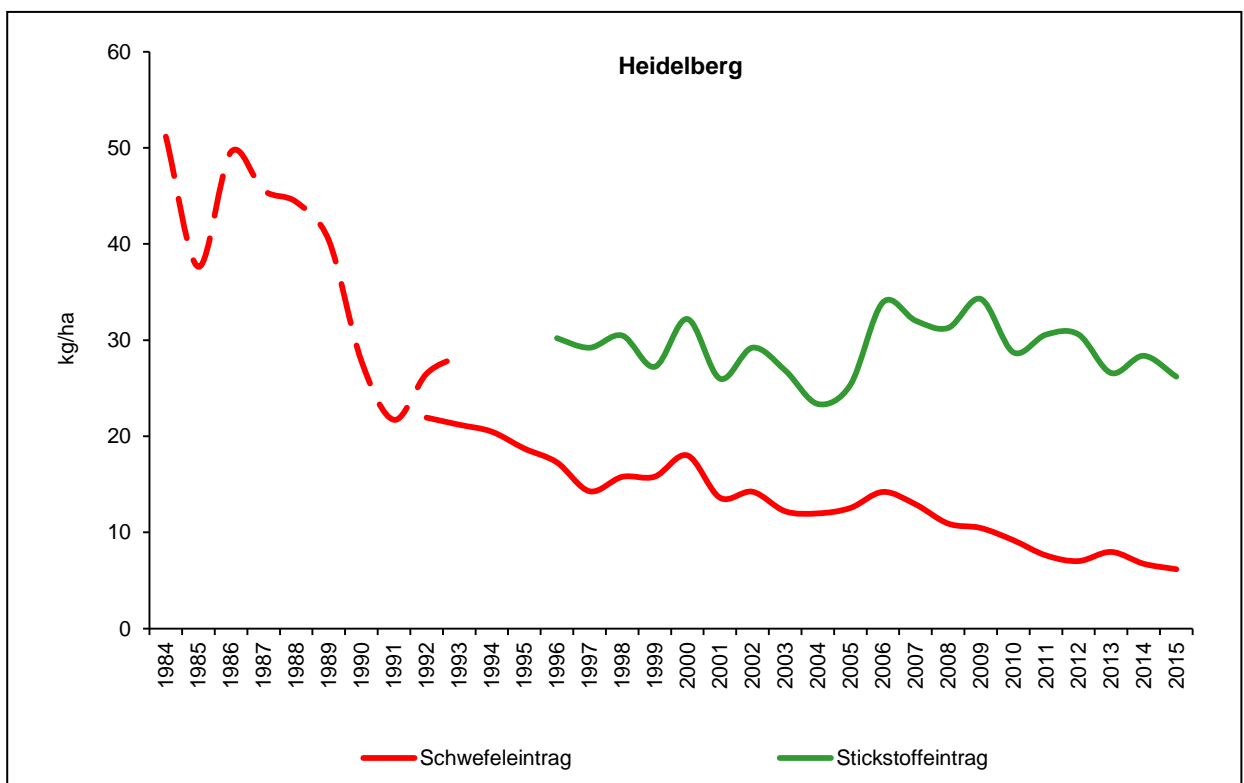


Abb. 42: Jährlicher Schwefel- und Stickstoffeintrag auf der Versuchsfläche Heidelberg von 1984 bis 2015 (1992 wurde das Messfeld auf der Versuchsfläche verlegt)

Böden weiterhin deutlich versauert bzw. führt weiterer Eintrag von Stickstoffverbindungen zu einer fortschreitenden Versauerung mit langfristigen Folgen für das Waldökosystem. Ergebnisse der Bodenzustandserhebung von 2006 bis 2008 (BZE 2) zeigen für Baden-Württemberg, dass insbesondere auf ungekalkten Waldstandorten die Belastung der Böden in weiten Teilen nach wie vor hoch ist (HARTMANN ET AL. 2016). Durch den Eintrag von versauernd wirkenden Schwefel- und Stickstoffverbindungen wird die natürliche Pufferfunktion des Bodens zerstört. Die eingetragenen Säuren bewirken eine Verlagerung bzw. Auswaschung wichtiger Pflanzennährstoffe. Zudem werden toxische Aluminiumionen und Schwermetalle freigesetzt, die einerseits schädigend auf die Feinwurzeln der Bäume wirken und andererseits gefährlich für das Grundwasser werden können.

Stickstoffbelastung der Wälder

Neben einer fortschreitenden Versauerung der Böden führt ein erhöhter Stickstoffeintrag zu weiteren Belastungen der Waldökosysteme. Durch den

atmosphärischen Eintrag von anorganischem Stickstoff kommt es neben einer Veränderung der Artenzusammensetzung, die zu einer Verdrängung stickstoffmeidender Pflanzen- und Tierarten in Waldgebieten führt, auch zu einem verstärkten Austrag von Nitrat aus dem Waldboden und damit zu einer Belastung des Grund- bzw. Trinkwassers. Zusätzlich verursacht ein Überangebot von Stickstoff – insbesondere auf Standorten, die von Natur aus wenig Stickstoff zur Verfügung haben – ein Nährstoffgleichgewicht, so dass andere wichtige Pflanzennährstoffe, wie z. B. Magnesium oder Kalium, von den Waldbäumen nicht mehr in ausreichender Menge aufgenommen werden können. Auch reagieren die Baumwurzeln auf die Stickstoffzufuhr mit einer verstärkten Durchwurzelung des Oberbodens und einer Feinwurzelreduktion in tieferen, stickstoffärmeren Bodenschichten. Eine derartige Verflachung des Wurzelsystems kann den Wassermangel in Trockenperioden verstärken, wodurch auch die Nährstoffaufnahme reduziert wird (ELLING ET AL. 2007). Dabei begünstigen die hohen Stickstoffeinträge der letzten Jahrzehnte das Wachstum der Waldbäume und führen zudem im

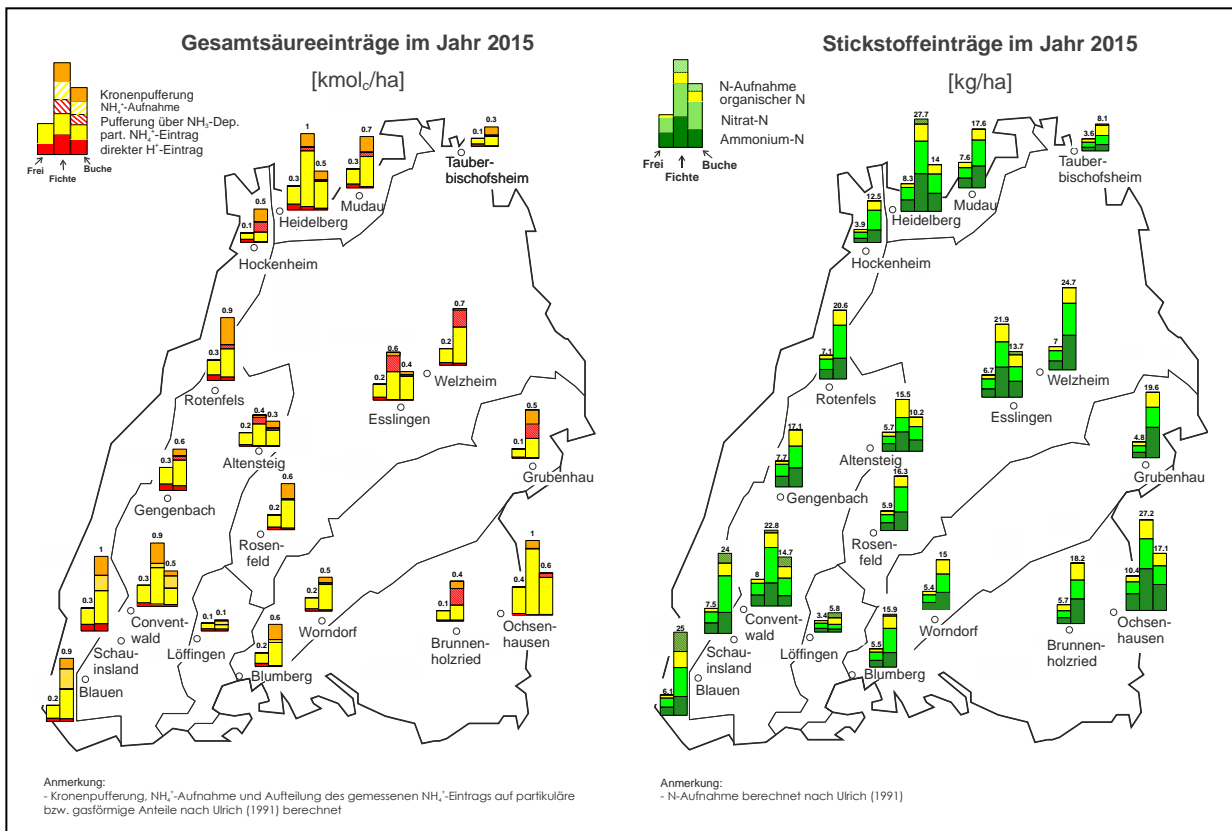


Abb. 43: Regionale Verteilung der Stoffeinträge 2015 in die Wälder Baden-Württembergs: Gesamtsäureeintrag (links), Stickstoffeintrag (rechts) für Freiland, Fichte und Buche

Zusammenspiel mit häufig auftretender Frühjahrstrockenheit zu einer vermehrten Fruktifikation der Bäume. Des Weiteren kann es durch eine Stickstoffübersorgung der Waldböden zu einer verstärkten Ausgasung von Treibhausgasen, wie z. B. Lachgas (N_2O), kommen.

Regionale Verteilung der Stoffeinträge

Auf dem Depositionsmessnetz Baden-Württemberg wird der Schadstoffeintrag in die Wälder an 19 permanenten Messstationen erhoben. Dabei wird der Niederschlag in den Waldbeständen und vergleichend dazu auf einer benachbarten Freifläche aufgefangen und im Labor chemisch untersucht. Zur besseren Vergleichbarkeit werden alle Bestandesniederschläge in Fichtenbeständen gemessen. Eine Ausnahme bildet die Versuchsfläche Hockenheim, die in einem Douglasienbestand angelegt ist. An fünf Messstationen in Baden-Württemberg werden zudem die Stoffeinträge vergleichend in benachbarten Fichten- und Buchenbeständen untersucht.

Die gemessenen Gesamtsäureeinträge an den Waldmessstationen Baden-Württembergs lagen für das Jahr 2015 zwischen 0,1 und 1,0 kmolc/ha (Abb. 43, links). Höhere Einträge sind dabei entlang der Stationen des Schwarzwaldwestkammes (z. B. Schauinsland), des westlichen Odenwalds (Heidelberg) und im östlichen Oberschwaben (Ochsenhausen) zu erkennen.

An den Messstationen auf der windabgewandten Seite des Schwarzwaldes und des Odenwaldes traten dagegen geringere Säureeinträge auf (z. B. Löffingen, Tauberbischofsheim).

Ein ähnliches Bild zeigt sich in der räumlichen Verteilung der Stickstoffeinträge (Abb. 43, rechts). Während Messstationen an exponierten Lagen eine erhöhte Stickstoffdeposition aufweisen, liegt sie an Stationen in tieferen bzw. windgeschützteren Lagen deutlich niedriger. Die höchsten Stickstoffeinträge werden im Jahr 2015 mit über 25 kg/ha an den Stationen Heidelberg, Ochsenhausen und Blauen gemessen, die niedrigsten mit unter 10 kg/ha in Löffingen und Tauberbischofsheim. Ein Unterschied ergibt sich in der Zusammensetzung der Stickstoffkompartimente. Vor allem an den Stationen im Schwarzwald ist der Nitratanteil, der hauptsächlich dem Individualverkehr zurechenbar ist, am größten. Dagegen ist im stark landwirtschaftlich geprägten Ostteil des Landes der Ammoniumanteil höher.

Im Vergleich der fünf Buchenflächen zu den jeweils benachbarten Fichtenflächen zeigt sich ein höherer Schadstoffeintrag mit dem Faktor 1,5 bis 2 auf den Fichtenflächen. Dies liegt zum einen an der ganzjährigen Benadelung der Fichten und zum anderen an ihrer größeren Nadeloberfläche, die dazu führt, dass deutlich mehr Schadstoffe und Stäube aus der Luft gefiltert werden.

7 PROZESSSCHUTZGEBIETE

Der Prozessschutz steht in erster Linie für den Schutz einer natürlichen Walddynamik ohne anthropogene Einflüsse. Veränderungen, z. B. durch Störungen wie Sturmwurf oder Käferbefall, werden akzeptiert und beobachtet; die Natur entwickelt sich frei ohne lenkende Eingriffe (STURM 1993, JEDICKE 1998). Die so entstehende Strukturvielfalt kann in Folge zahlreiche seltene, anspruchsvolle Waldarten fördern (PAILLET ET AL. 2010). Neben der Forschung und dem Naturschutz dienen alle Bannwälder und Biosphärengebiets-Kernzonen dem Naturerleben und der Umweltbildung und damit nicht nur als Lebens- und Rückzugsraum für bedrohte Arten, sondern auch als Erholungsraum für den Menschen.

Es gibt in Baden-Württemberg verschiedene Schutzkategorien als Instrumente für den Prozessschutz. Die geschützten Flächen, auf denen natürliche Prozesse ablaufen dürfen, unterscheiden sich vor allem in ihrer Größe und dem Grad der Integration in die Waldbewirtschaftung.

Dauerhaft aus der Waldbewirtschaftung ausgenommen

sind die dem Prozessschutz dienenden Flächen (PdF) in Baden-Württemberg. Diese umfassen Bannwälder und Kernzonen der Großschutzgebiete. Zu letzteren zählen der Nationalpark Schwarzwald und die Biosphärengebiete. Bannwälder und Kernzonen sind rechtlich langfristig gesicherte Prozessschutzgebiete, die nach §32 Landeswaldgesetz (Bannwälder), §28 Naturschutzgesetz (Biosphärengebiets-Kernzonen) und §23 Nationalparkgesetz (Nationalpark-Kernzonen) ausgewiesen sind. Größere kompakte Prozessschutzflächen liegen im Nationalpark Schwarzwald, während Bannwälder und Biosphärengebiets-Kernzonen zumeist eine mittlere Größe aufweisen und über das Land verteilt ein wirksames Instrument für den Prozessschutz darstellen. Die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) führt vor allem auf PdF mittlerer Größe die regelmäßige Waldstrukturaufnahme durch (früher sog. Forstliche Grundaufnahme), um die natürliche Entwicklung zu beobachten und zu dokumentieren. Darauf aufbauend können weitergehende Forschungsfragen bearbeitet werden.

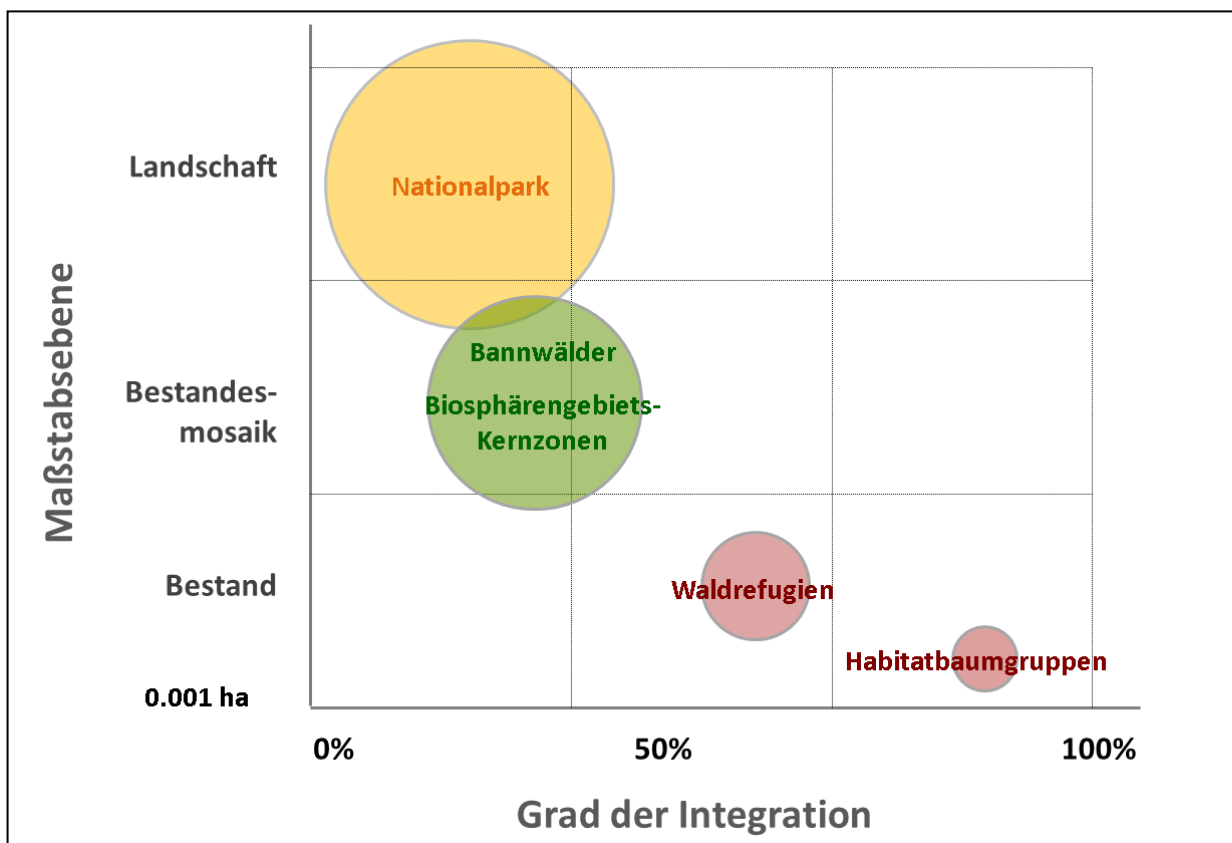


Abb. 44: Prozessschutzgebiete auf unterschiedlichen Maßstabsebenen (aus Bollmann & Braunisch (2013), modifiziert)

Neben den PdF gibt es in Baden-Württemberg weitere Instrumente, die natürliche Prozesse auf einer kleineren Maßstabsebene fördern (Abb. 44). Hierzu zählen insbesondere die sogenannten Waldrefugien und Habitatbaumgruppen des Alt- und Totholzkonzeptes, welche in die naturnahe Waldbewirtschaftung integriert sind. Die Ausweisung von Waldrefugien und Habitatbaumgruppen zielt auf die Anreicherung von altem und totem Holz in Wirtschaftswäldern und damit die Sicherung dieses selten gewordenen Lebensraums für davon abhängige Arten. Waldrefugien und Habitatbaumgruppen dienen somit weniger dem Prozessschutz als vielmehr der Förderung alt- und totholzabhängiger Arten. Die Randeinflüsse sind dementsprechend groß (FORSTBW 2015). Naturschutzfachlich bilden die verschiedenen Schutzgebietskategorien ein umfassendes Gesamtkonzept. Schutzgebiete einer kleinen bis mittleren Maßstabsebene erhöhen die Konnektivität zwischen den großen Prozessschutzflächen: Breit gestreut können sich hier seltene Strukturen wie z. B. altes und totes Holz entwickeln. Mittlere bis große Schutzgebiete erreichen Flächengrößen, die es erlauben Randeinflüsse zu puffern und artenspezifische Schwellenwerte, z. B. für Totholzvorkommen, zu erreichen (BOLLMANN & BRAUNISCH 2013). In dem folgenden Artikel stehen die PdF mittlerer Größe (Bannwälder und Biosphärengebietskernzonen) im Fokus.

PdF mittlerer Größe

Die Prozessschutz dienenden Flächen (PdF) mittlerer Größe umfassen Bannwälder und nutzungsfreie Kernzonen der Biosphärengebiete im Wald. Zum Stand 31.12.2015 gibt es in Baden-Württemberg 139 Prozessschutzgebiete, davon 27 Biosphärengebietskernzonen. Die Gebiete umfassen insgesamt 9.796 ha Waldfläche. Im Februar 2016 kamen mit der Ausweisung des Biosphärengebietes „Schwarzwald“ weitere Biosphärengebiets-Kernzonen hinzu (430 ha). Die PdF mittlerer Größe sind in Bezug auf ihr Alter, ihre Größe und die standörtlichen Ausgangsbedingungen sehr heterogen. Die PdF mittlerer Größe in Baden-Württemberg sind überwiegend sehr jung: Rund zwei Drittel wurden erst in den 1990er Jahren oder später ausgewiesen. (Abb. 45, oben). Die PdF mittlerer Größe

variieren stark hinsichtlich ihrer Größe, wobei mit zunehmender Größe die Randeinflüsse auf diese Schutzflächen (z. B. aufgrund von Verkehrssicherungsmaßnahmen oder Besucherdruck) abnehmen. Aus diesem Grund ist eine Mindestgröße der Schutzflächen von 100 ha wünschenswert: Eine Vielzahl der ausgewiesenen Bannwälder, die aufgrund besonderer standörtlicher Gegebenheiten, dem Vorkommen kleinflächiger, seltener Waldgesellschaften oder zur Untersuchung der langfristigen Entwicklung von Sturmwurfflächen ausgewiesen wurden, ist jedoch kleiner als 100 ha. Die meisten Gebiete sind zwischen 10 und 100 ha groß; den größten Flächenanteil allerdings belegen die Prozessschutzgebiete über 100 ha Flächengröße (Abb. 45, unten).

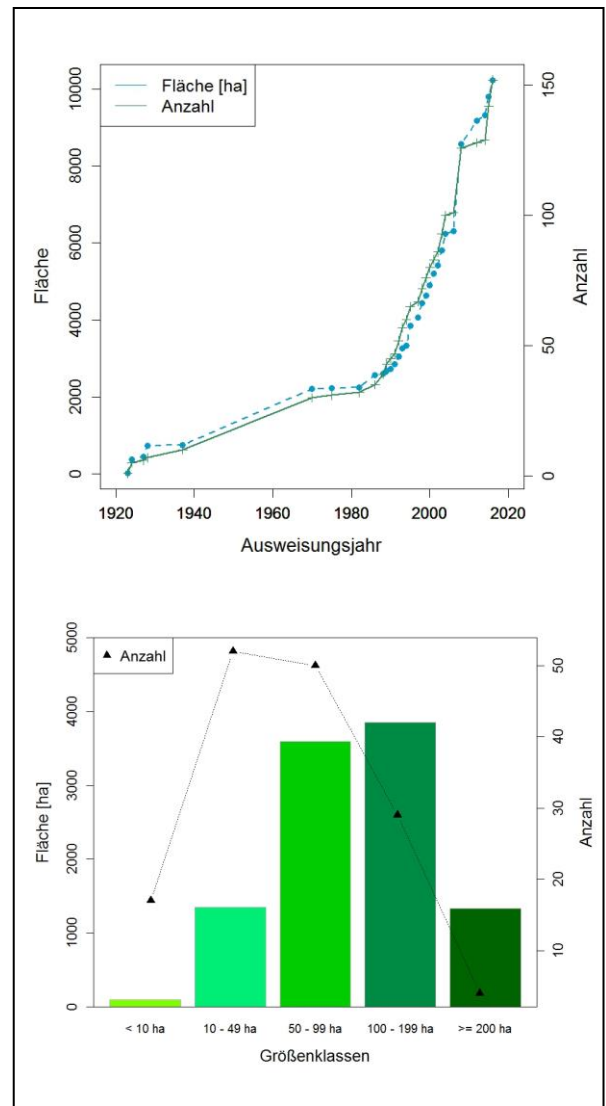


Abb. 45: Ausweisungszeiträume (oben) sowie Größe und Anzahl (unten) der PdF mittlerer Größe in Baden-Württemberg (Stand 31.12.2015)

Die Wuchsgebiete von Baden-Württemberg sind in den PdF unterschiedlich stark repräsentiert (Abb. 46): Etwa ein Drittel aller PdF mittlerer Größe wurden im Schwarzwald, ein knappes Viertel auf der Schwäbischen Alb ausgewiesen; die restlichen PdF verteilen sich auf das Südwestdeutsche Alpenvorland, das Neckarland, das Oberrheinische Tiefland, den Odenwald und die Baar-Wutach, mit abnehmender Gebietsanzahl in der genannten Reihenfolge.

Die starke Repräsentanz der baden-württembergischen Mittelgebirge in den PdF spiegelt sich auch in der Verteilung über die Hangneigungsklassen wieder: Rund 36 % Flächenanteil von PdF mittlerer Größe weist eine Hangneigung von 40 bis 65 % auf. Nur knapp 21 % der Flächen liegen in ebenem Gelände. Gründe hierfür liegen zum einen in einer verstärkten Ausweisung von schwer zu bewirtschaftenden Flächen in Steillagen, aber auch im Schutz von charakteristischen Lebensräumen (z. B. Schlucht- und Hangblockschuttwälder).

Bei der Ausweisung weiterer PdF mittlerer Größe sollen daher zum einen derzeit unterrepräsentierte Gebiete in Bezug auf die Wuchsgebiete, Waldgesell-

schaften und Höhenstufen ausgewählt werden. Zum anderen sollen potentielle Prozessschutzflächen ein hohes naturschutzbezogenes Potential aufweisen, hierbei werden Bestandesalter, Naturnähe der Baumartenzusammensetzung, strukturelle Aspekte, Artenvorkommen sowie die Habitattradition bewertet. Die räumliche Vernetzung bestehender Gebiete ist ein weiteres wichtiges Kriterium bei der Neuausweisung von Prozessschutzgebieten. Hierbei können auch kleine Gebiete und Trittsteine wie Waldrefugien und Habitatbaumgruppen des Alt- und Totholzkonzeptes Baden-Württembergs (FORSTBW 2015) eine wichtige Rolle spielen.

Daten des Waldstrukturmonitorings

Zur Beobachtung der langfristigen Entwicklung von Wäldern ohne forstliche Nutzung und ihrer Biodiversität werden in langfristig angelegten Zeitreihen Daten zu Waldstrukturen und davon abhängigen Organismengruppen erhoben und ausgewertet. Die Ansprüche an das Monitoring-Programm sind hoch: Es muss vergleichbare Daten über einen langen Zeitraum liefern, gleichzeitig aber den sich wandelnden

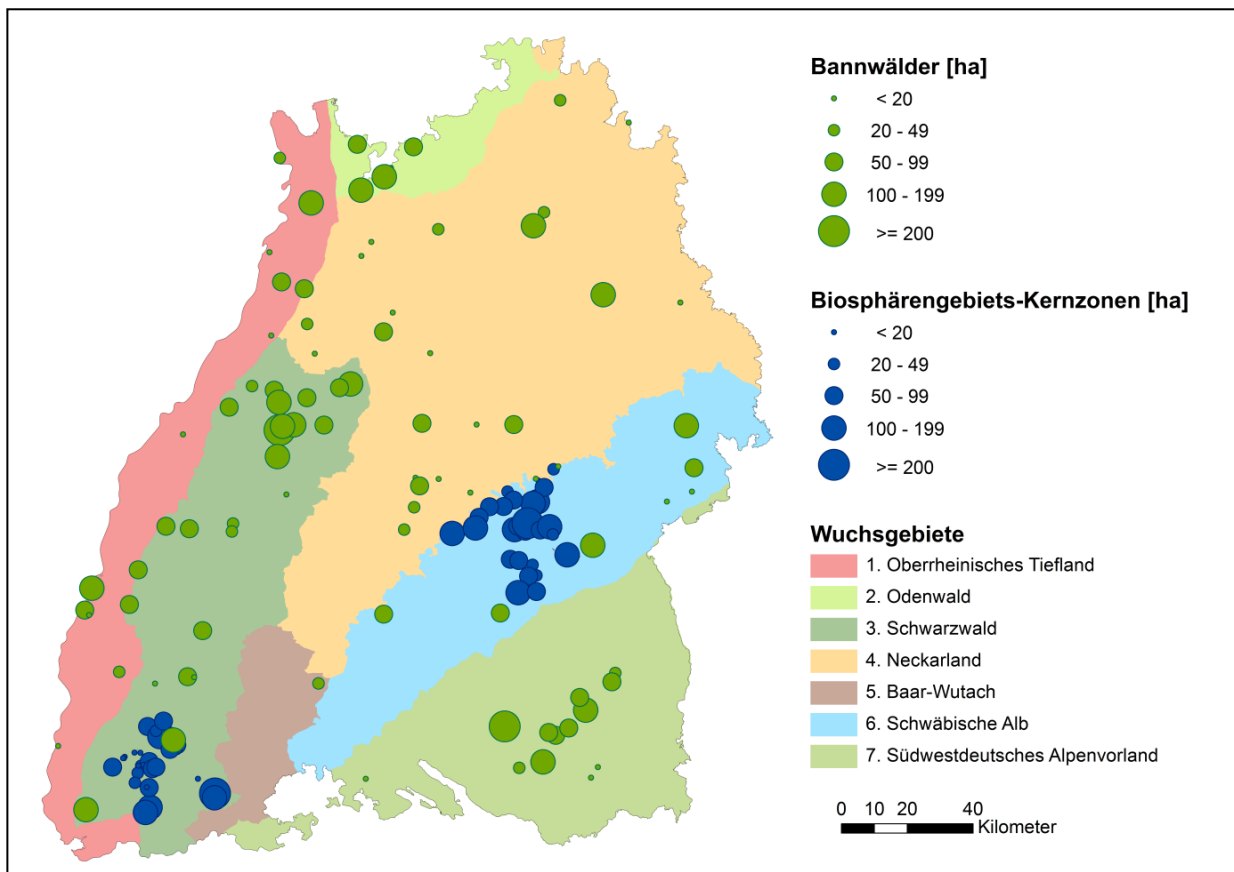


Abb. 46: Räumliche Verteilung der PdF mittlerer Größe in Baden-Württemberg (Stand Juli 2016)

Fragestellungen gerecht werden. Dies erfordert eine ständige Anpassung der Aufnahmemethodik, die auch neue Technologien integriert, bei gleichzeitiger Beibehaltung der Datenkonsistenz: eine Herausforderung!

Die aktuelle Monitoring-Methode wird seit 1993 angewandt und wurde seither mehrfach überarbeitet, ihr grundlegender Aufbau bleibt jedoch immer gleich (WEVELL VON KRÜGER ET AL. 2015): In den Untersuchungsgebieten wird zunächst ein gleichmäßiges Raster von Stichprobenpunkten angelegt. Jeder Stichprobenpunkt umfasst eine Fläche von 0,1 ha auf der Ebene. Die einzelnen Stichprobenpunkte werden dauerhaft markiert, sodass sie auch nach Jahrzehnten mit Hilfe des Stammverteilungsplanes und eines im Boden versenkten Magneten wieder auffindbar sind. Damit ist gewährleistet, dass die Datenerhebungen in einem Gebiet immer an denselben Punkten vorgenommen werden und vergleichbar sind. Soweit möglich werden seit 2013 auch die einzelnen stehenden Bäume identifiziert, so dass der Werdegang einzelner Bäume nachvollziehbar ist und Daten wie Mortalität und Zuwachs berechnet werden können.

An den Stichprobenpunkten werden folgende Informationen gesammelt:

Aufnahmefläche

- Hangneigung
- besondere Geländestrukturen
- vertikale und horizontale Bestandesstruktur

Stehende und liegende Bäume

- Koordinaten der Einzelbäume
- Baumart
- Volumen (BHD und Höhe)
- Vitalität oder Zersetzungsgrad
- Habitatstrukturen wie z. B. Höhlen, Pilze oder Kronenbruch

Jungwuchs

- Anzahl
- Höhe (nur auf sog. Satellitenkreisen)
- Deckung
- Verbiss

Die Daten aus dem Waldstrukturmonitoring werden in ausgewählten Gebieten durch Luftbilddauswertungen ergänzt. Hiermit können flächige Parameter wie Randlinien und Lücken erhoben werden, die mit dem stichprobenbasierten Aufnahmeverfahren nicht erfasst werden können. Aufnahmen zu Tier- und Pflanzenarten ermöglichen schließlich die Strukturentwicklung in den Gebieten mit der Entwicklung der Artenvielfalt zu verknüpfen.

Forschungsfragen

Die Daten aus dem Waldstrukturmonitoring sind von besonderem Interesse, weil sie die natürliche Waldentwicklung ohne den Einfluss der menschlichen Bewirtschaftung abbilden können. Mit Hilfe dieser Informationen geht die FVA unterschiedlichen Fragestellungen nach:

Ein aktueller Forschungsschwerpunkt im Bereich Naturwaldforschung ist der Zusammenhang zwischen Artvorkommen und Waldstrukturen. Wie entwickelt sich dieser Komplex nach der Nutzungsaufgabe? Ab welchen waldstrukturellen Schwellenwerten kommen bestimmte Habitatspezialisten vor? Welchen Einfluss hat Prozessschutz auf die Biodiversität? Welche Arten können als Indikatoren für welche Waldstrukturen fungieren? Und welche Ziele lassen sich daraus für eine naturnahe Waldbewirtschaftung auf der Gesamtfläche ableiten? Die Erkenntnisse aus der Bannwaldforschung dienen damit dem besseren Verständnis und dem Schutz der Biodiversität, auch in bewirtschafteten Wäldern.

Ein weiterer Schwerpunkt der wissenschaftlichen Forschung in Bannwäldern an der FVA ist die Methodenentwicklung im Bereich der fernerkundungsgestützten Strukturerkennung. Hierbei wird versucht, mit Hilfe von automatisierten Verfahren großflächige Informationen über Waldstrukturen und Waldentwicklung aus Luftbildern, Satellitenbildern oder Laserscanning-Daten zu extrahieren. Terrestrische Daten aus dem Bannwaldmonitoring können dabei als Kalibrierungs- und Validierungsgrundlage dienen, um Ergebnisse der Luftbildinterpretation zu testen und zu optimieren. Auf diese Weise werden derzeit neue Methoden entwickelt, mit denen Lücken und Totholz auf der Grundlage von

Stereo-Luftbildern erkannt und quantifiziert werden können.

Die Informationen aus dem Bannwaldmonitoring dienen nicht nur der Naturwaldforschung in Baden-Württemberg. Im Austausch mit anderen Ländern und Bundesländern werden übergreifende Fragestellungen untersucht z. B. wie sich Waldgesellschaften in Abhängigkeit von sich ändernden klimatischen Bedingungen oder einen großen Höhengradienten entwickeln. Langfristig können daraus Anpassungsstrategien für den Klimawandel abgeleitet werden.

Die Liste der Anwendungsgebiete für Informationen aus dem Waldstrukturmonitoring ließe sich beliebig fortführen. Eine besondere Herausforderung hierbei besteht in der Langfristigkeit der Datenerhebung aufgrund der langen Entwicklungszeiträume von Waldökosystemen, bei ständig wechselnden Forschungsaufgaben: Die Fragen an das Waldstrukturmonitoring heute unterscheiden sich wesentlich von früheren Forschungsschwerpunkten und die Zukunft bringt neue Fragestellungen und Themenschwerpunkte mit sich.

8 ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION

Die Ergebnisse der Waldschadensinventur Baden-Württemberg zeigen, dass die Auswirkungen der hohen Säureeinträge in die Wälder, die bis in die 1990er Jahre zu einem Anstieg der Kronenverlichtung und der Vergilbung vor allem bei Tanne und Fichte geführt haben, mittlerweile deutlich zurückgegangen sind. Dafür häufen sich in den letzten beiden Jahrzehnten Belastungen, die auf eine Änderung des Klimas zurückzuführen sind. Ansteigende Temperaturen und Witterungsextreme, wie z. B. lang anhaltende Trockenperioden oder milde Winter mit ausbleibender Frostperiode, führen zu physiologischem Stress und oftmals zu sichtbaren Schäden an den Bäumen der Wälder.

Durch Auswertungen der zweiten Bodenzustandserhebung (BZE 2, 2006 - 2008) in Baden-Württemberg wird deutlich, dass sich der Versauerungszustand der Waldböden im Vergleich zur ersten BZE (BZE 1, 1989 - 1992) langsam hin zu höheren pH-Werten erholt (HARTMANN ET AL. 2016). Verantwortlich hierfür ist vor allem der verringerte Säureeintrag aus der Luft, insbesondere der deutlich gesunkene Eintrag von Schwefeldioxid. Zudem wirken sich die durchgeführten Bodenschutzkalkungen und die naturnahe Bewirtschaftung hin zu standortgerechten Mischwäldern positiv auf die Waldbodenentwicklung aus. In weiten Teilen Baden-Württembergs sind die Waldböden durch den langjährigen atmosphärischen Säureeintrag und die dadurch verursachte Abnahme austauschbarer Basen im Oberboden (v. a. Calcium und Magnesium) jedoch weiterhin versauert. Zusätzlich führen die nach wie vor hohen Stickstoffeinträge in die Wälder Baden-Württembergs, neben der Gefahr einer erhöhten Nitrat- auswaschung und der damit verbundenen Grundwasserbelastung, zu einem Ungleichgewicht im Nährstoffangebot der Böden. Als Folge dessen wird die Aufnahme einzelner Nährelemente eingeschränkt und es kann zu Mangelsymptomen am Baum kommen. Die BZE 2 zeigt, dass auf basenarmen Standorten derzeit häufig die Humusaufgabe als wichtige Quelle basisch wirkender Kationen dient, aus denen die Bäume ihren Nährstoffbedarf weitgehend abdecken. Eine langfristige Sicherung der Bestandesernährung ist allerdings

aus dieser schnell umsetzbaren Basenquelle nur eingeschränkt möglich. Zusätzlich wird auf Standorten mit einer hohen Konzentration von Aluminium-Ionen, welche durch eine starke Bodenversauerung freigesetzt werden, die Durchwurzelungstiefe der Bäume gestört, so dass sich vornehmlich flache Wurzelsysteme im Oberboden ausbilden. Dies kann insbesondere in Zeiten des Klimawandels zu zusätzlichem Trockenstress der Bäume führen.

Klimawandel und Waldzustand

Schon heute sind erste Auswirkungen des Klimawandels in den Wäldern Baden-Württembergs bemerkbar. Die Ergebnisse der Waldschadensinventur belegen einen deutlichen Anstieg der Kronenverlichtung in den warm-trockenen Regionen Baden-Württembergs. Im Gegensatz zum Beginn der Erhebungsperiode stehen nicht mehr nur Fichte und Tanne im Fokus der Betrachtung, sondern es treten erhöhte Schäden nun auch bei verschiedenen Laubbaumarten, wie Buche und Eiche, auf. Eine zusätzliche Belastung, die sich indirekt auch durch das vermehrte Auftreten einer warm-trockenen Frühjahrswitterung ergibt, stellt eine Häufung der Blüte und der Fruchtbildung der Bäume dar. Die Ausbildung von Blütenständen und Früchten wird dabei durch warm-trockene Perioden des Vorjahres begünstigt (WACHTER 1964). Zudem ist davon auszugehen, dass hohe Stickstoffeinträge in die Wälder das Blühverhalten der Waldbäume weiter fördern (MATSCHKE 1982). Der Zusammenhang zwischen einer erhöhten Kronenverlichtung und einer starken Fruktifikation konnte in der Vergangenheit bereits für die Baumarten Fichte und Buche belegt werden (MEINING ET AL. 2014). Auch im Jahr 2016 wird der Einfluss der Fruktifikation auf den Kronenzustand durch die Daten der Waldschadensinventur für die Buche sichtbar. Eine starke Fruktifikation bedeutet für die Buchen eine erhöhte physiologische Belastung, die sich in einer schlechten Seitenverzweigung, der Ausbildung kleinerer Blätter und einem geringeren Zuwachs widerspiegelt (LÜSCHER UND SIEBER 1990, SCHMIDT 1991). In den letzten Jahren ist bei der Buche

eine deutliche Zunahme von Jahren mit starker Fruktifikation festzustellen. Die vier stärksten Mastjahre, seit Erhebungsbeginn dieses Parameters bei der Waldschadensinventur im Jahr 1991, fallen auf die Jahre 2009, 2011, 2014 und 2016. Eine starke Fruktifikation der Buche ist demnach derzeit alle zwei bis drei Jahre zu beobachten. Weiterreichende Literaturrecherchen zur Fruktifikation in Deutschland zeigen für den Zeitraum von 1839 bis 1987 einen mittleren Abstand von 4,7 Jahren zwischen Jahren mit starker Fruktifikation (PAAR ET AL. 2011). Inwieweit eine häufiger auftretende Fruktifikation als Anpassungsfähigkeit der Buche an sich ändernde Witterungseinflüsse und damit als ein Vitalitätsweiser angesehen werden kann, oder ob dies zu einer dauerhaften Belastung der Baumart führt, muss in den nächsten Jahren weiter untersucht werden.

Weitere Auswirkungen des Klimawandels ergeben sich aus einem früheren Austrieb der Bäume und der damit verbundenen erhöhten Gefahr von Spätfrostschäden. Zudem hat die festgestellte Klimaänderung Auswirkungen auf die Baumartenverteilung. Witterungsbedingungen bestimmen in hohem Maße die Baumartenzusammensetzung einer Region. Insbesondere für die auf anhaltende Trockenperioden sensitiv reagierende Fichte wird es daher zunehmend schwerer sich in warm-trockenen Regionen Baden-Württembergs behaupten zu können. Aktuelle Berechnungen des Forschungsprogramms KLARA (Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung) gehen davon aus, dass die Anzahl an Sommer- und Hitzetage bis ins Jahr 2040 in Baden-Württemberg deutlich ansteigen wird (LUBW 2015). Zudem ist zu befürchten, dass es in den kommenden Jahrzehnten zu einer Zunahme von Stürmen und extremen Witterungssituationen mit eventuell nachfolgenden Käferkalamitäten in Folge des Klimawandels kommt.

Waldzustand aktuell

Über alle Baumarten hinweg hat sich der Waldzustand in Baden-Württemberg 2016 gegenüber dem Vorjahr kaum verändert. Im Einzelnen zeigen die Ergebnisse der Waldschadensinventur für Fichte und Tanne in diesem Jahr kaum Veränderungen im Kronenzustand, während für Kiefer und Eiche eine Erholung erkennbar

ist. Die für das Baumwachstum in diesem Jahr günstigen Witterungsbedingungen, mit z. T. sehr hohen Niederschlägen und milden Temperaturen in der ersten Hälfte der Vegetationszeit, führten zu einer dichten Belaubung der Baumkronen. Begünstigt wurde diese Entwicklung durch ein geringes Vorkommen von Schadinsekten. Einzig die Baumart Buche zeigt im Vergleich zum Vorjahr, v. a. aufgrund der wiederholt sehr starken Fruktifikation, eine deutliche Verschlechterung im Kronenzustand. Die Situation der Baumart Esche ist weiterhin besorgniserregend, auch wenn sich die Kronenverlichtung 2016 aufgrund der günstigen Witterungsbedingungen und einer geringen Neuinfektion des Eschentriebsterbens in diesem Jahr verringert (WALDSCHUTZINFO 2/2016). Die Baumart ist weiterhin massiv durch den Pilzerreger des Eschentriebsterbens geschädigt, der mittlerweile ganze Eschenbestände zum Absterben bringt. Neuere Untersuchungen zeigen jedoch, dass ein kleiner Teil der Eschen eine genetische Resistenz gegen das Triebsterben aufweist (ENDERLE ET AL. 2015).

In einigen Regionen Baden-Württembergs führten Spätfrostereignisse Ende April und Anfang Mai zu einer massiven Schädigung frisch ausgetriebener Triebe. Hiervon betroffen waren v. a. Buchen und Eichen auf mittleren Höhenlagen. Dagegen wurden in den Wäldern Baden-Württembergs für das Jahr 2016 keine überregional bedeutenden Sturmschäden beobachtet. Die aufgrund der ausgeprägten Sommertrockenheit 2015 erwartete starke Vermehrung des Fichtenborkenkäfers wurde durch die zahlreichen Niederschläge im Verlauf des Frühjahrs und Frühsommers deutlich eingeschränkt. Jedoch ist trotz der langsamen Entwicklung des Borkenkäfers bis September 2016 ein Anstieg der Käferholzmenge im Vergleich zum Vorjahr zu verzeichnen. Tanne und Kiefer sind regional weiterhin stark von der Mistel befallen, was im Zusammenspiel mit langanhaltenden Trockenperioden, wie sie 2015 beobachtet wurden, zu massiven Vitalitätsverlusten führen kann. Hinzu kommt oftmals ein sekundärer Befall geschwächter Kiefern durch verschiedene holzbrütende Käferarten. Insbesondere bei der Kiefer stieg die Mortalitätsrate in einigen Regionen Baden-Württembergs in Folge der Witterung 2015 deutlich an.

Der Befall durch blattfressende Raupen an der Eiche war im Jahr 2016 landesweit eher gering ausgeprägt, was sicherlich auch auf die für einige Raupenarten dezimierende Wirkung der Spätfrostereignisse im Frühjahr 2016 zurückzuführen ist. Auch bei der Buche verursachten die Schäden des auftretenden Buchenspringrüsslers im Jahr 2016 isoliert gesehen wenig Schäden. Zusammen mit der starken Fruktifikation der Buchen und den z. T. entstandenen Spätfrostschäden, den beobachteten Vorkommen von Blattpilzen und dem trockenen Hoch- und Spätsommer war die Buche dieses Jahr jedoch erheblichen Belastungen ausgesetzt.

Fazit

Um die Wälder einerseits vor aktuellen Schädigungen zu schützen und sie andererseits auf zukünftige Belastungen vorzubereiten, muss die Widerstandsfähigkeit der Wälder gegenüber Umwelteinflüssen, insbesondere gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels weiter gestärkt werden. Mit dem Konzept der naturnahen Waldbewirtschaftung wird seit Jahrzehnten die ökologische und physikalische Stabilität der Wälder in Baden-Württemberg gestärkt. Eines der Hauptanliegen des naturnahen Waldbaus ist es, naturnahe, standortgerechte und strukturreiche Wälder zu fördern. Dabei kommt der standortspezifischen Baumarteneignung auch hinsichtlich des Klimawandels eine ganz entscheidende Rolle zu. Als Planungsgrundlage für die forstliche Praxis wurden hierfür von der FVA Baden-Württemberg landesweite Baumarteneignungskarten erstellt, die unter Berücksichtigung zukünftiger Klimaszenarien das Anbaurisiko verschiedener Baumarten darstellen (FVA 2016). Während der Anteil an reinen Fichtenbeständen in den letzten Jahrzehnten in Baden-Württemberg mehr und mehr zurückgedrängt wurde, ist eine Zunahme stabiler Mischwälder mit hohem Buchen- und Tannenanteilen zu verzeichnen. Im Zeichen des Klimawandels wird auch eine gezielte Beteiligung wärmeliebender und trockenheitstoleranter Baumarten, wie etwa Douglasie oder Eiche, auf dafür geeigneten Standorten angestrebt. Der integrierte Waldschutz und die Förderung von Naturverjüngung stellen zudem seit langem wichtige Bausteine zur Stärkung der Vitalität der Wälder dar.

Der Vitalitätszustand der Wälder ist zudem stark von der Nährstoffverfügbarkeit im Boden abhängig. Untersuchungen zur Ernährungssituation aus den Jahren 2011/2012 zeigen für die Baumart Buche eine angespannte Versorgung für die Nährelemente Stickstoff, Phosphor und Magnesium (HARTMANN ET AL. 2016). Dies ist insbesondere mit Blick auf die in den letzten Jahren steigenden Kronenschäden der Buche und die Häufung von starken Fruktifikationen, mit hohem Energie- und Nährstoffbedarf, besorgniserregend. Die Versorgungslage der Fichte hat sich infolge der großflächig durchgeführten Bodenschutzkalkungen entspannt. Zusätzlich hat die kurzfristig erhöhte Mineralisierung nach dem Trockenjahr 2003 zu dieser Entspannung beigetragen. Die jüngsten Ergebnisse belegen jedoch eine erneut kritische Versorgungslage der Fichte mit Kalium, was auf ein Ende dieses kurzfristigen Nährstoffschubs hindeuten könnte. Um den Nährstoffhaushalt der Bäume langfristig zu verbessern, ist es notwendig den Schadstoffeintrag in die Wälder weiter zu reduzieren und durch Kalkung eine vollständige Regeneration anthropogen versauerter Waldstandorte zu bewirken. Zudem kann die Beimischung von Holzasche bei der Bodenschutzkalkung einen wichtigen Beitrag zur Nährstoffversorgung der Wälder leisten. Insbesondere auf Flächen ohne Bodenschutzkalkung muss die Intensität der Holznutzung – und damit der Nährstoffentzug – an das standortsverträgliche Maß angepasst werden. Intensive Nutzungen, welche die stark nährstoffhaltige Rinde und/oder Reisig sowie Blätter/Nadeln entnehmen, sollten daher nur in Betracht gezogen werden, wenn der erhöhte Nährstoffentzug durch Nachlieferung aus der Mineralverwitterung und dem Eintrag mit der Deposition ausgeglichen werden. Durch den Verzicht einer Vollbaumnutzung, wie es im Staatswald durch Zertifizierung festgeschrieben ist, bleiben in den Waldbeständen hohe Nährstoffvorräte vorhanden, die nach ihrer Mineralisierung den Bäumen wieder zur Verfügung stehen. Ein vermehrter Nährstoffaustrag mit der Holzernte wird so verhindert.

Zunehmend an Bedeutung gewinnt der Prozessschutz im Wald, der den Schutz einer natürlichen Walddynamik ohne menschlichen Einfluss zum Ziel hat. In Baden-Württemberg gibt es hierfür verschiedene Schutzkategorien, die sich vor allem in ihrer Größe und

ihrem Grad der Integration in die Waldbewirtschaftung unterscheiden. Während Einflüsse aus der forstlichen Bewirtschaftung der Randgebiete für die Kernzone des Nationalparks Schwarzwald aufgrund dessen Größe nur eine untergeordnete Rolle spielen, üben diese für mittelgroße Prozessschutzflächen, wie etwa Kernzonen der Biosphärenreservate oder Bannwälder, einen deutlich stärkeren Einfluss aus. Zusammen mit den Waldrefugien und Habitatbaumgruppen stellen die mittelgroßen und kleinen Schutzflächen allerdings aufgrund ihrer weitgestreuten Lage über die gesamte Waldfläche des Landes wichtige Instrumente des Prozessschutzes dar. Durch die Erkenntnisse, die aus den Prozessschutzflächen gewonnen werden, können u. a. Rückschlüsse zum Schutz der Biodiversität und der natürlichen Waldentwicklung gezogen werden, die auch für die naturnahe Waldwirtschaft der gesamten Waldfläche Baden-Württembergs von großer Bedeutung sind.

Die Ergebnisse der Waldschadensforschung der letzten Jahrzehnte zeigen auf, dass Schädigungen des Waldökosystems nicht monokausal erklärt und beschrieben werden können. Vielmehr wirkt eine Vielzahl von unterschiedlichen Umwelteinflüssen auf die Wälder ein, die in Wechselbeziehung zu einander stehen und die ständig zu einer Zustandsveränderung der Waldökosysteme führen. Mit den Messnetzen des Forstlichen Umweltmonitorings in Baden-Württemberg steht ein umfassendes Instrument der Ökosystemüberwachung zu Verfügung, um rechtzeitig Fehlentwicklungen aufzuzeigen und gezielte Gegenmaßnahmen zu entwickeln. Mit den Großrauminventuren der Terrestrischen Waldschadensinventur (TWI) und der Bodenzustandserhebung (BZE) lassen sich zusammen mit der Ernährungsinventur (IWE) landesweit repräsentative Umweltmonitoringdaten gewinnen, die in Verbindung mit den kausalanalytischen Untersuchungen der Intensivmessflächen mittlerweile eine unverzichtbare Basis für zahlreiche Maßnahmen im Bereich der Umweltvorsorge darstellen.

9 LITERATURVERZEICHNIS

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

Bollmann, K., Braunisch, V. (2013): To integrate or to segregate: balancing commodity production and biodiversity conservation in European forests. In: *Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity* (eds D. Kraus & F. Krumm), pp. 18-31. European Forest Institute, Freiburg.

DWD (2016): WitterungsReport Express 13/2015. Jahreskurzübersicht 2015. Deutscher Wetterdienst (Hrsg.), 11 S.

Eickenscheidt, N. (2016): Bericht über den nationalen Abstimmungskurs zur Kronenzustandsbewertung in Deutschland 2016. 48 S.

Enderle, R., Nakou, A., Thomas, K., Metzler, B. (2015): Susceptibility of autochthonous German *Fraxinus excelsior* clones to *Hymenoscyphus pseudoalbidus* is genetically determined. *Annals of Forest Science* 72: S. 183-193

Elling, W.; Heber, U., Polle, A., Beese, F. (2007): Schädigung von Waldökosystemen. 422 S.

ForstBW (2015): Alt- und Totholzkonzept Baden-Württemberg. ForstBW (Hrsg.). Stuttgart., 44 S.

FVA (2016): <http://www.fva-bw.de/indexjs.html?http://www.fva-bw.de/forschung/bui/klimakarten.html> (Stand: 01.11.2016)

Hartmann, P., Buberl, H., Puhlmann, H., Schäffer, J., Trefz-Malcher, G., Zirlwagen, D., von Wilpert, K. (2016): Waldböden Südwestdeutschlands, Ergebnisse der Bodenzustandserhebungen von 1989 – 1992 und 2006 – 2008. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Verlag Kessel, Remagen-Oberwinter, 328 S.

Jedicke, E. (1998): Raum-Zeit-Dynamik in Ökosystemen und Landschaften – Kenntnisstand der Landschaftsökologie und Umsetzung in die Prozeßschutz-Definition. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 30, 229–236.

LUBW (2015): Klimawandel in Baden-Württemberg. Fakten – Folgen – Perspektiven. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg; LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Hrsg.), 47 S.

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., Morgenstern, Y., Wellbrock, N., Eickenscheidt, N. (2016): Ergebnisse des Foto-Vergleichstests im Rahmen der Qualitätssicherung zur Waldzustandserhebung in Deutschland 2015. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 45 S., Thünen Working Paper 60

Meining, S., v. Wilpert, K., Hölscher, A., Augustin, N., Hallsworth, C., Schumacher, J., John, R., Bublitz, T., Metzler, B., Delb, H., (2015): Waldzustandsbericht 2015. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (Hrsg.), 62 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.

Matschke, J. (1982): Blütenbildung, Fruktifikation und vegetative Vermehrung. In : Lyr, H., Fiedler, H.-J., Tranquillini, W. (ed.): *Physiologie und Ökologie der Gehölze*. 620 S., S. 497-538.

Paar, U.; Guckland, A.; Dammann, I.; Albrecht, M.; Eichhorn, J. (2011): Häufigkeit und Intensität der Fruktifikation der Buche. *AFZ-DerWald*, 6/2011, S. 26-29

Paillet Y., Bergès L., Hjältén J., Odor P., Avon C., Bernhardt-Römermann M., Bijlsma R.J., De Bruyn L., Fuhr M., Grandin U., Kanka R., Lundin L., Luque S., Magura T., Matesanz S., Mészáros I., Sebastià MT., Schmidt W., Standovár T., Tóthmérész B., Uotila A., Valladares F., Vellak K., Virtanen R. (2010): Biodiversity differences between managed and unmanaged forests: meta-analysis of species richness in Europe. *Conservation Biology* 24:101-112.

Schmitt, M. (1991): Zusammenhang zwischen Blattverlust und Fruktifikation bei Buche. *AFZ-DerWald*, 10/1991, S. 501-503

Sturm, K. (1993): Prozessschutz – ein Konzept für naturschutzgerechte Waldwirtschaft. Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz, 2.

Wachter, H. (1964): Über die Beziehung zwischen Witterung und Buchenmastjahren. Forstarchiv35/4, S. 69-78

Waldschutzinfo (2/2016): Zehn Jahre Eschentriebsterben im Südwestdeutschland – Gegenwärtig kurze Atempause?. http://www.fva-bw.de/publikationen/wsinfo/wsinfo2016_02.pdf (Stand: 01.11.2016)

Wevell von Krüger, A., Moosmann, S., Winkler, K., Kärcher, R. (2015): Methodenhandbuch für die WSA-Aufnahme. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Naturverwaltung Luxemburg. 61 S.