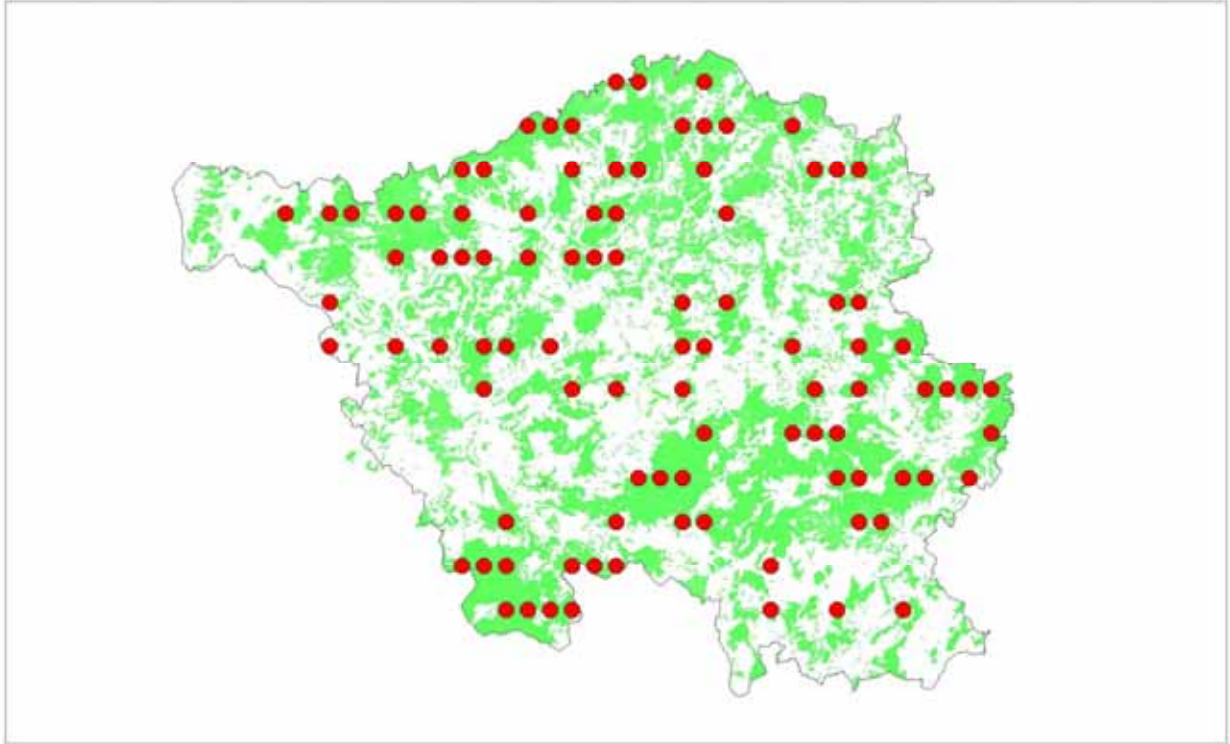


# Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2008



Ministerium für Umwelt



SaarForst   
Landesbetrieb

Saarland

Landesamt für Umwelt-  
und Arbeitsschutz

Saarbrücken, im November 2008

# Inhalt

## **Ergebnisse der Waldzustandshebung 2008**

Einführung	2
Gesamtergebnis	3
Ergebnisse im Überblick	4
Veränderungen seit 2007	5
Alle Baumarten	6
Buche	8
Eiche	11
Fichte	14
Kiefer	17
Einflussfaktoren	20
Verfahren	24
Ersatz von Probestämmen	25
<b><i>Dauerbeobachtungsflächen im Wald</i></b>	<b>27</b>
<b><i>Waldkalkung im Staatswald</i></b>	<b>34</b>
Anhang: Ergebnistabellen seit 1984	39

# Einführung

Die Einwirkung einer Vielzahl von Umweltfaktoren führt zu einer permanenten Veränderung des Zustandes von Wäldern. Diese Faktoren beruhen teilweise auf natürlichen Einwirkungen, wie etwa Witterung und biotische Schädigungen, werden aber auch durch menschenbedingte Stoffeinträge beeinflusst. Die klimatischen Veränderungen, auch im Zusammenhang mit der Belastung der Waldböden durch Bodenversauerung und Nährstoffverarmung, sind in ihrer Wirkung nicht vollständig absehbar. Zudem wirken die verschiedenen Einflussfaktoren noch in einer Wechselbeziehung auf die Wälder ein, so fördern zum Beispiel lange Trockenphasen die Vermehrung von Schadinsekten, die dann zusätzlich das Waldökosystem beeinträchtigen.

Rekordereignisse wie extreme Trockenphasen oder auch längere sehr niederschlagsreiche Wetterlagen beeinflussen den Waldzustand über Jahre hinaus und führen bei den einzelnen Baumarten zu unterschiedlich schnellen Reaktionen auf die Witterungsveränderungen. So reagiert zum Beispiel die Buche, die Leitbaumart unseres ozeanisch getönten Klimaraumes, sehr schnell auf für sie positive oder negative Wetterlagen, die Eiche, unsere zweithäufigste Laubbaumart, zeigt mitunter erst nach Jahren derartige Reaktionen.

Der Wechsel ausgeprägter Trockenperioden mit sehr niederschlagsreichen Wetterlagen wirkt sich als zusätzlicher Stressfaktor schnell und unmittelbar auf die Dichte und Struktur von Baumkronen aus.

Grundlage für die Berichterstattung über den Waldzustand sind die Ergebnisse der Waldzustandserhebung. Der hierbei begutachtete Kronenzustand stellt ein gut sichtbares, wenn auch unspezifisches Merkmal für den Gesundheitszustand der Bäume dar. Verlust oder Veränderungen von Blättern und Nadeln sind ein Zeichen für die auf die Bäume einwirkenden Stressfaktoren, deren anteilige Ursache aber de facto nicht genau hergeleitet werden kann. Nur eine zusammenfassende Betrachtung aller durch Beobachtung und Untersuchung gewonnenen Erkenntnisse der auf die Wälder einwirkenden Umwelteinflüsse ermöglicht ein Verständnis der festgestellten Veränderungen.

2006 erreichten im Saarland die Waldschäden den höchsten Stand seit 1984. Nur dem regenreichen Sommer der letzten beiden Jahre mit günstigen Wachstumsbedingungen ist es zu verdanken, dass sich die Kronenschäden wieder verringern. Das Schadniveau bleibt jedoch besorgniserregend hoch.

Dieser Waldschadensbericht knüpft an die grundsätzlichen Inhalte der Vorjahre an und aktualisiert die baumartentypischen langjährigen Entwicklungsreihen in der gewohnten Darstellungsform; dabei wird teilweise auch die textliche Beschreibung der bisherigen Entwicklung zum besseren Gesamtverständnis übernommen.

# -Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2008 -

## Weiterer Rückgang der deutlichen Schäden im Jahr 2008

### Erholung der älteren Buchenbestände

Das vegetationsschädigende Trockenjahr 2003 hat zu einer drastischen Zunahme von Waldschäden geführt. Nach Erreichen eines Höchststandes im Jahr 2006 war 2007 ein leichter Rückgang zu verzeichnen; diese Entwicklung setzt sich auch in diesem Jahr fort.

Die **deutlichen Schäden** haben sich 2008 wiederum um 5 %-Punkte auf nunmehr 38% vermindert, liegen damit aber immer noch weit über dem ursprünglichen Niveau **vor** diesem Klimaereignis. Bei unverändertem Stand der **schwachen Schäden** reduzierten sich die **Gesamtschäden** in der Bilanz auf 82% - nur 18% des Waldes weisen keine äußerlich erkennbaren Kronenschäden auf.

Unterstützt wurde diese Entwicklung durch insgesamt gute klimatische Bedingungen. Nach dem regenreichen Sommer 2007 waren die Niederschlagsmengen und der Temperaturverlauf auch 2008 für das Waldwachstum ausreichend bis günstig: verstärktes Triebwachstum und Ausbildung der Assimilationsorgane konnten chronische Schäden der Vorjahre weiter mildern.

Merklich verbessert haben sich besonders die **älteren**, über 60jährigen **Waldbestände** mit Rückgang der deutlichen Schäden um 9%-Punkte auf 53%. Besonders positiv ist die Erholung der älteren Buchen mit Verminderung der deutlichen Schäden um 25%-Punkte auf 46%. Auch bei Fichte, Douglasie und der Gruppe der Sonstigen Laubbäume ist eine deutliche Verbesserung zu verzeichnen. Die Eichen und Sonstigen Nadelbäume verbleiben auf dem Stand des Vorjahres, nur bei der Kiefer haben die Schäden geringfügig zugenommen.

Die **jüngeren**, unter 60jährigen Bäume sind insgesamt wesentlich geringer geschädigt. Die deutlichen Schäden liegen bei 16%, die Veränderung gegenüber 2007 (-3 %-Punkte) fällt geringer aus als in den älteren Beständen; allerdings hat sich der Kronenzustand der jüngeren Bäume bereits im Vorjahr stärker verbessert. Gegenüber dem letzten Jahr unverändert ist der Schadensstand bei Buche und Fichte, verschlechtert haben sich Eiche und Kiefer.

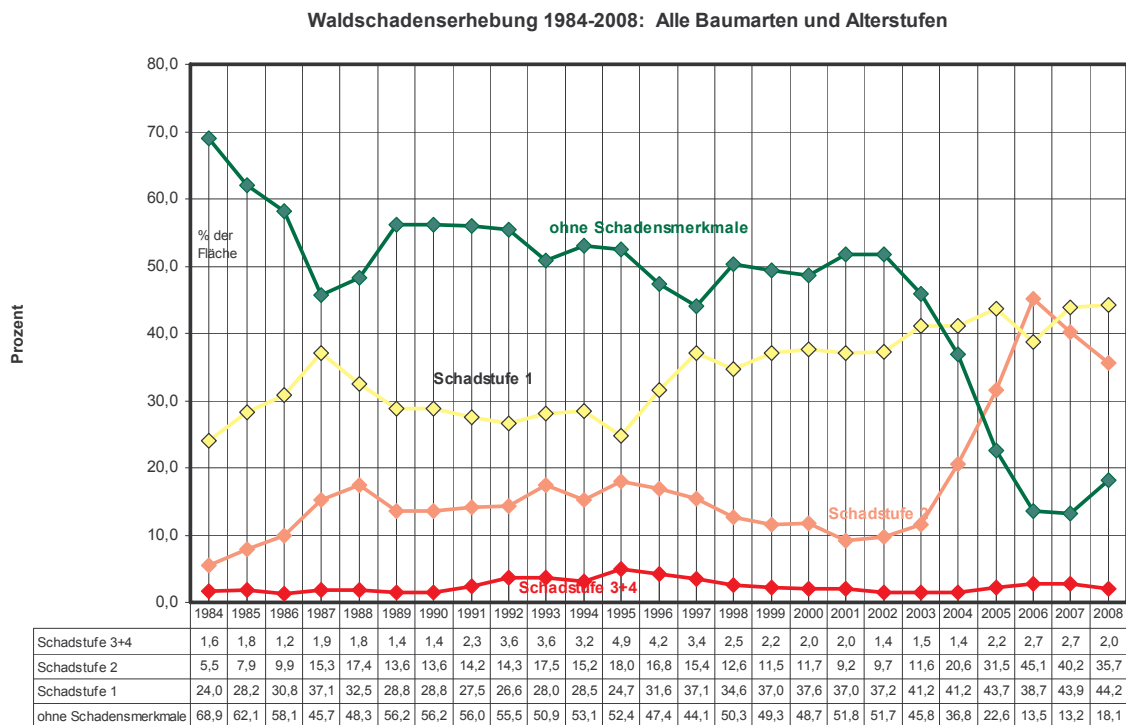
Einhergehend mit einer Schadenzunahme bleibt die Kiefer in der absoluten Höhe deutlicher Schäden die am stärksten geschädigte Hauptbaumart (67%; +5%-Punkte), vor der Eiche, die bei geringfügiger Veränderung (52%; +2%-Punkte) den höchsten Schadensstand seit 1984 erreicht, der Buche (33%; - 17%-Punkte) und der Fichte (30%; - 3%-Punkte).

# Entwicklung der Waldschäden von 2007 auf 2008 im Überblick

Tabelle 1: Gesamtergebnis

	2007	2008
Gesamtschäden	87 %	82 %
deutliche Schäden	43 %	38 %
Buche	50 %	33 %
Eiche	50 %	52 %
Kiefer	62 %	67 %
Fichte	33 %	30 %
deutliche Schäden in älteren Beständen	62 %	53 %
deutliche Schäden in jüngeren Beständen	19 %	16 %

Abb.1 Entwicklung der Waldschäden seit 1984



Veränderung in Prozentpunkten

Saarland

Baumart	Jahr	bis 60 Jahre			über 60 Jahre			GESAMT		
		0	1-4	2-4	0	1-4	2-4	0	1-4	2-4
Fichte	2007	31,8	68,2	17,6		100,0	77,4	23,6	76,4	33,0
	2008	33,4	66,6	17,2		100,0	65,3	24,8	75,2	29,5
	Veränd.	<b>1,6</b>	<b>-1,6</b>	<b>-0,4</b>			<b>-12,1</b>	<b>1,2</b>	<b>-1,2</b>	<b>-3,5</b>
Douglasie	2007	24,2	75,8	32,6		100,0	16,2	20,0	80,0	29,8
	2008	37,0	62,9	23,8		100,0		30,7	69,3	19,7
	Veränd.	<b>12,8</b>	<b>-12,9</b>	<b>-8,8</b>			<b>-16,2</b>	<b>10,7</b>	<b>-10,7</b>	<b>-10,1</b>
Kiefer	2007	3,1	96,9	49,9	0,4	99,6	66,7	1,2	98,8	61,9
	2008		100,0	56,9		100,0	68,8		100,0	66,8
	Veränd.	<b>-3,1</b>	<b>3,1</b>	<b>7,0</b>	<b>-0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>2,1</b>	<b>-1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>4,9</b>
Sonstige Nadelbäume	2007	4,9	95,1	53,7	0,9	99,1	55,6	2,0	98,0	55,1
	2008	3,6	96,4	31,8	1,7	98,3	55,4	2,0	98,0	51,2
	Veränd.	<b>-1,3</b>	<b>1,3</b>	<b>-21,9</b>	<b>0,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,1</b>	<b>-0,0</b>	<b>-0,0</b>	<b>-3,9</b>
Buche	2007	21,3	78,7	12,7	2,3	97,7	70,6	9,0	91,0	50,3
	2008	32,3	67,7	3,3	5,9	94,1	45,6	13,8	86,2	33,1
	Veränd.	<b>11,0</b>	<b>-11,0</b>	<b>-9,4</b>	<b>3,6</b>	<b>-3,6</b>	<b>-25,0</b>	<b>4,8</b>	<b>-4,8</b>	<b>-17,2</b>
Eiche	2007	15,1	84,9	19,4	0,3	99,7	61,4	4,1	95,9	49,9
	2008	33,0	67,0	22,0	2,3	97,7	61,2	9,3	90,7	52,3
	Veränd.	<b>17,9</b>	<b>-17,9</b>	<b>2,6</b>	<b>2,0</b>	<b>-2,0</b>	<b>-0,2</b>	<b>5,2</b>	<b>-5,2</b>	<b>2,4</b>
Sonstige Laubbäume	2007	48,0	52,0	8,4	7,9	92,1	21,5	35,7	64,3	12,4
	2008	62,3	37,7	3,1	28,2	71,8	9,9	51,5	48,5	5,2
	Veränd.	<b>14,3</b>	<b>-14,3</b>	<b>-5,3</b>	<b>20,3</b>	<b>-20,3</b>	<b>-11,6</b>	<b>15,8</b>	<b>-15,8</b>	<b>-7,2</b>
Alle Baumarten	2007	28,0	72,0	18,9	1,4	98,6	62,1	13,2	86,8	42,9
	2008	37,0	63,0	15,6	4,6	95,4	53,5	18,1	81,9	37,7
	Veränd.	<b>9,0</b>	<b>-9,0</b>	<b>-3,3</b>	<b>3,2</b>	<b>-3,2</b>	<b>-8,6</b>	<b>4,9</b>	<b>-4,9</b>	<b>-5,2</b>

Tabelle 2: Veränderungen

Abb.2: Schädigung der Baumartengruppen im Vergleich

Waldschadenserhebung 2008 Saarland  
Vergleich der Baumartengruppen  
Schadstufenanteile in % der Baumartenfläche

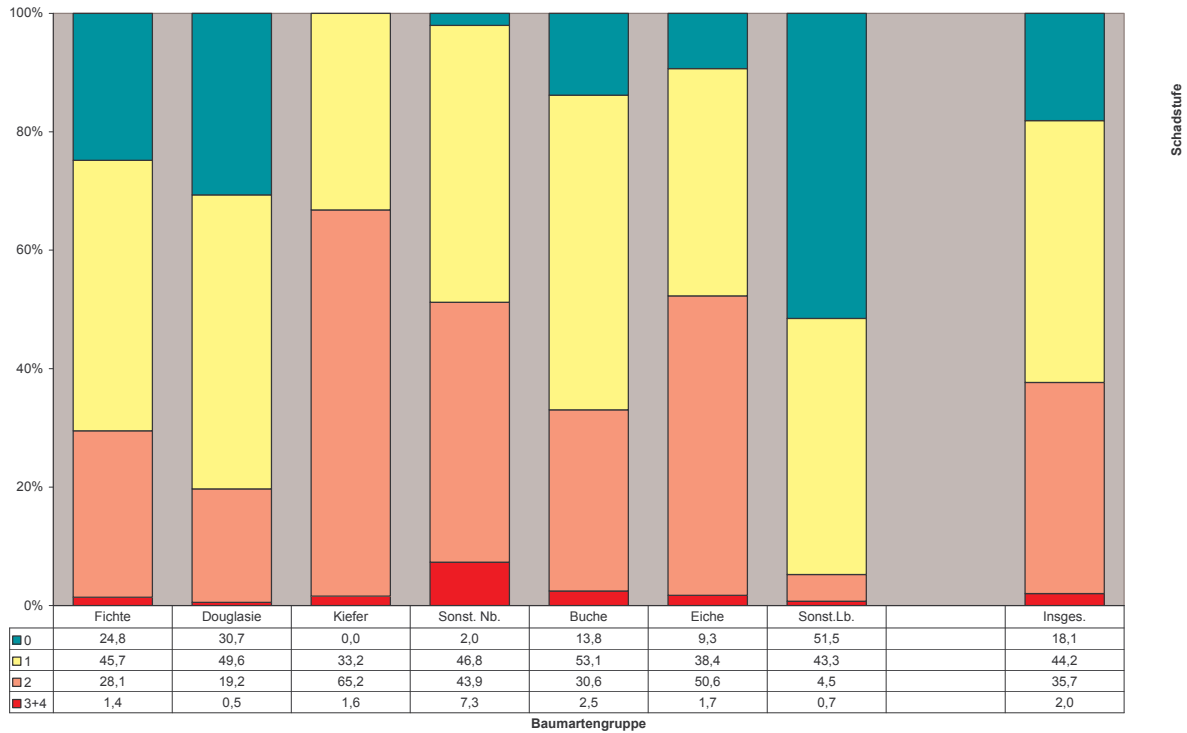


Abb.3: Entwicklung der deutlichen Schäden seit 1984 für alle Baumarten nach Schadstufen

Waldschadenserhebung 1984-2008  
Deutliche Schäden der Hauptbaumarten

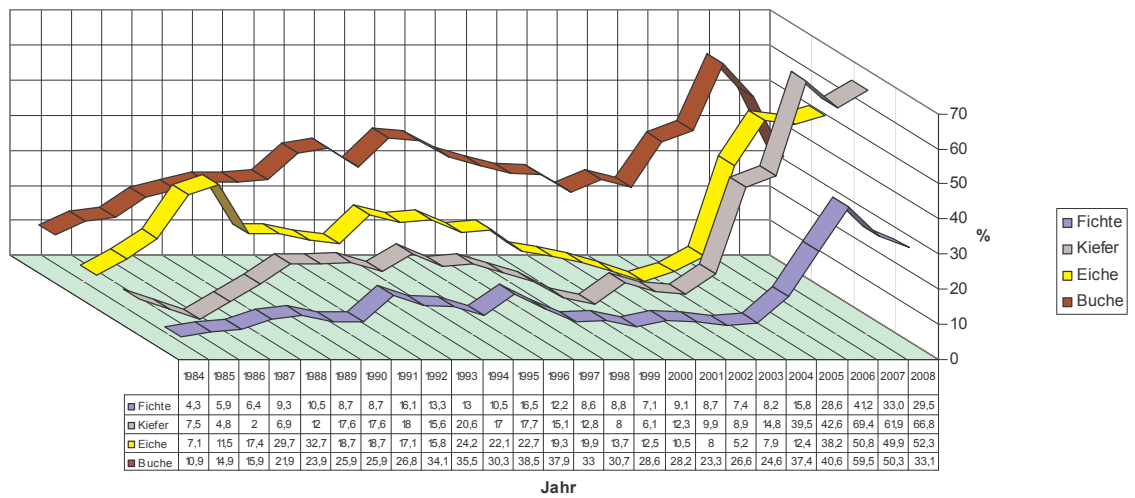


Abb.4 : Entwicklung der Waldschäden seit 1984 für Bäume über 60 Jahre

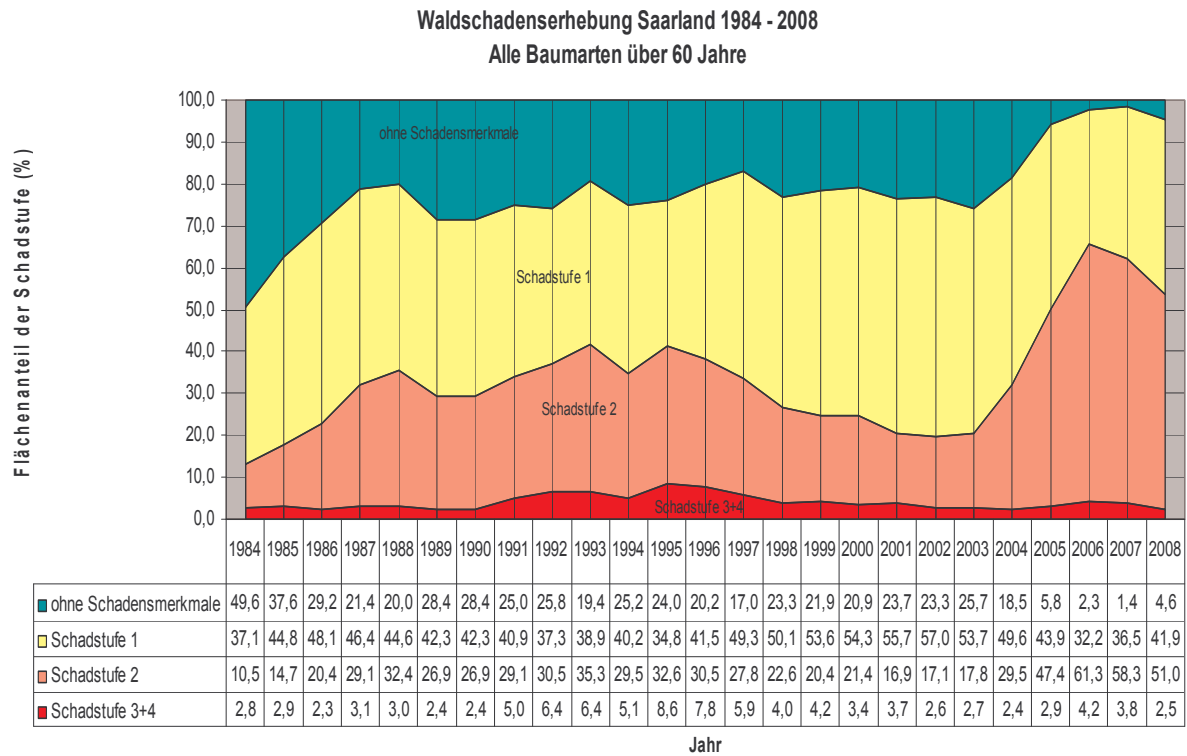
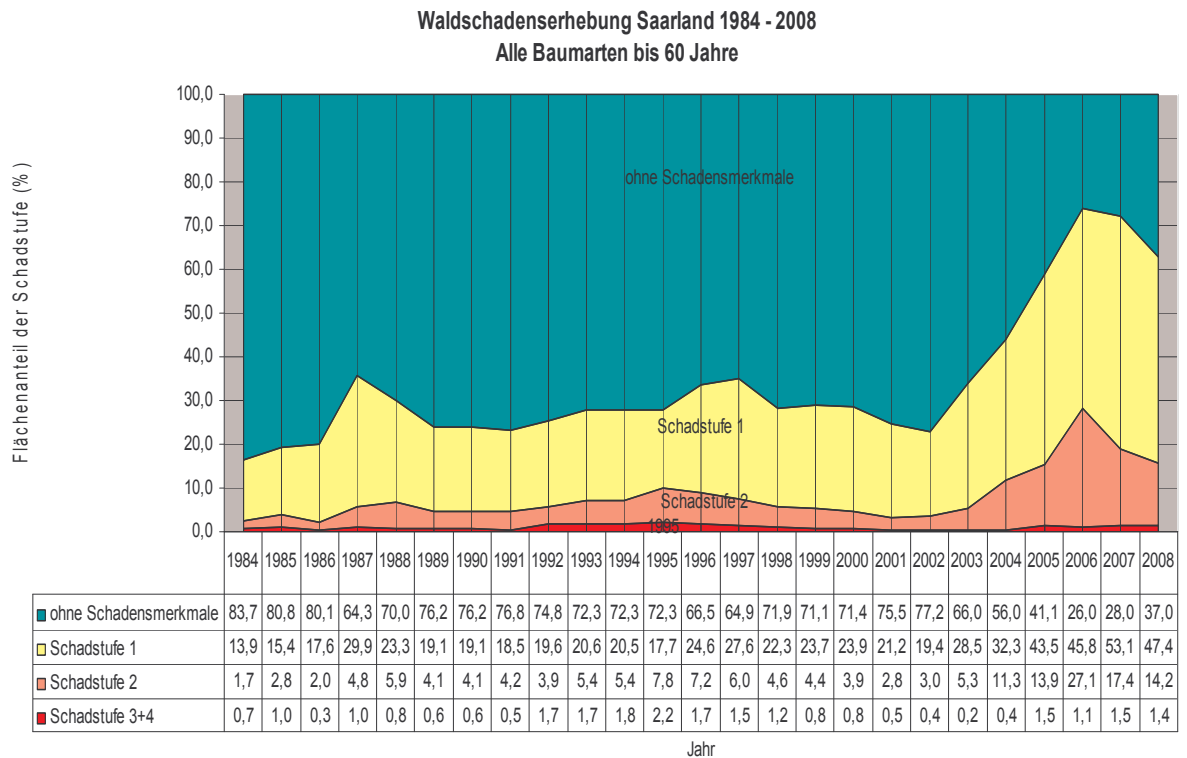


Abb. 5: Entwicklung der Waldschäden seit 1984 für Bäume unter 60 Jahre





## **Bewertung der Schadenssituation bei den Baumarten im Einzelnen:**

### ***Buche***

Die Buche ist im Saarland mit 23% Flächenanteil die wichtigste Baumart und zugleich Leitbaumart der natürlich vorkommenden Waldgesellschaften.

#### **Langfristige Entwicklung:**

Seit Beginn der Waldschadensuntersuchungen im Jahr 1984 nahmen die deutlichen Kronenschäden bei der Buche kontinuierlich zu und erreichten 1995 ein Maximum von 39%. In den Jahren 1996 bis 2003 schwächten sich die deutlichen Schäden spürbar auf 25% ab. Die rapide Verschlechterung nach dem Trockensommer 2003 führte 2006 mit 60% zu einem neuen Höchststand der Schäden. Unter günstigen Witterungsbedingungen verminderten sich die Schäden 2007 auf 50% (Abb. 6).

Insbesondere die Folgen einer anhaltenden Bodenversauerung mit Verringerung der Basenvorräte und Mobilisierung wurzeltoxischer Elemente wie Mangan und Aluminium führen zu auffälligen Wurzelschäden (Wurzelfäulnis) und Konzentration der Feinwurzeln in den obersten Bodenschichten. Oft sind für die Buche atypische flache Wurzelteller ausgebildet und tieferreichende stärkere Senkerwurzeln nicht mehr vorhanden oder abgestorben. Neben einer Verringerung der Standfestigkeit führt dies besonders bei Altbuchen zu einer gestörten Nährstoff- und Wasserversorgung und in der Folge über die Jahre zu gravierenden, oft auch strukturellen Kronenschäden. Klimatische Bedingungen wirken sich dabei unmittelbar aus: In niederschlagsreichen Jahren mit einer Verbesserung des Kronenzustandes, in Trockenjahren mit sehr schnell einsetzenden Absterbeprozessen.

So wirkten die Trockensommer bis Mitte der 90er Jahre wiederholt durch zusätzlichen Trockenstress vitalitätsmindernd, während in den folgenden Jahren bis 2001 mit hohen Sommerniederschlägen eher günstige Wachstumsbedingungen vorherrschten. Auch stark vorgeschädigte Altbuchen konnten ihr Kronenvolumen wieder ausweiten; durch die Bildung sekundärer Kronenäste im mittleren bis unteren Kronenbereich vergrößerte sich in vielen Fällen die Belaubungsdichte. Mit Ausbrechen abgestorbener Äste aus der Oberkrone verbesserte sich tatsächlich auch das äußere Erscheinungsbild, diese Bäume wirkten oft vitaler als es ihrer tatsächlichen Schadentwicklung und ihrem wirklichen Gesundheitszustand entsprach.

#### **Aktuelle Entwicklung:**

Die im Jahr 2007 einsetzende Erholung setzt sich 2008 verstärkt fort. Als besonders positiv ist das Regenerationsvermögen der älteren Buchen zu bewerten. Die deutlichen Schäden verminderten sich binnen einen Jahres um 25%-Punkte von 71% auf 46%! Der Schadensstand der jüngeren, unter 60jährigen Buchen verminderte sich auf 4%. Über alle Alter hinweg ergibt sich für die deutlichen Schäden ein Anteil von 33% (-17,4%-Punkte). Das Schadniveau liegt damit noch über dem Stand vor dem einschneidenden Trockenjahr 2003. Der Anteil der Bäume ohne Schadsymptome hat seit 2007 zwar zugenommen, liegt bei Altbuchen aber nur bei 6% und bei den jüngeren Buchen bei 33%, im Mittel bei 14%.

Abb.6: Entwicklung der Waldschäden der Buche seit 1984

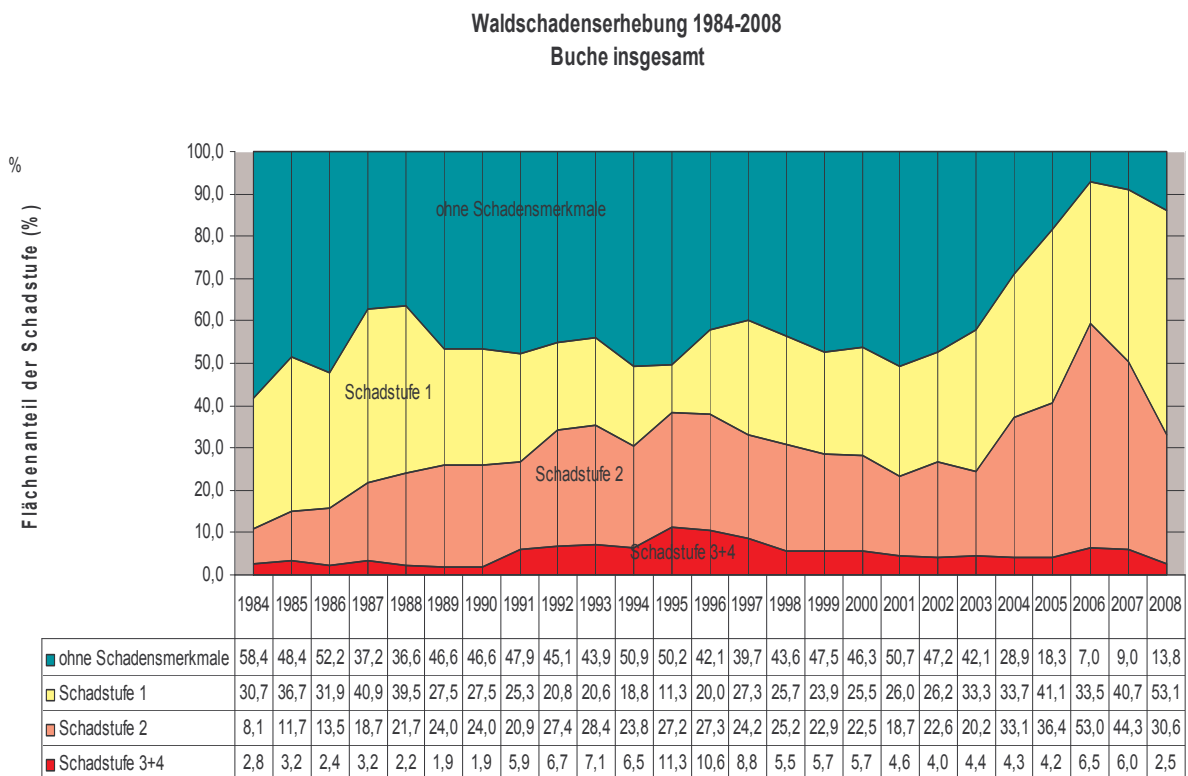


Abb.7: Entwicklung der Waldschäden seit 1984 für Buche bis 60 Jahre

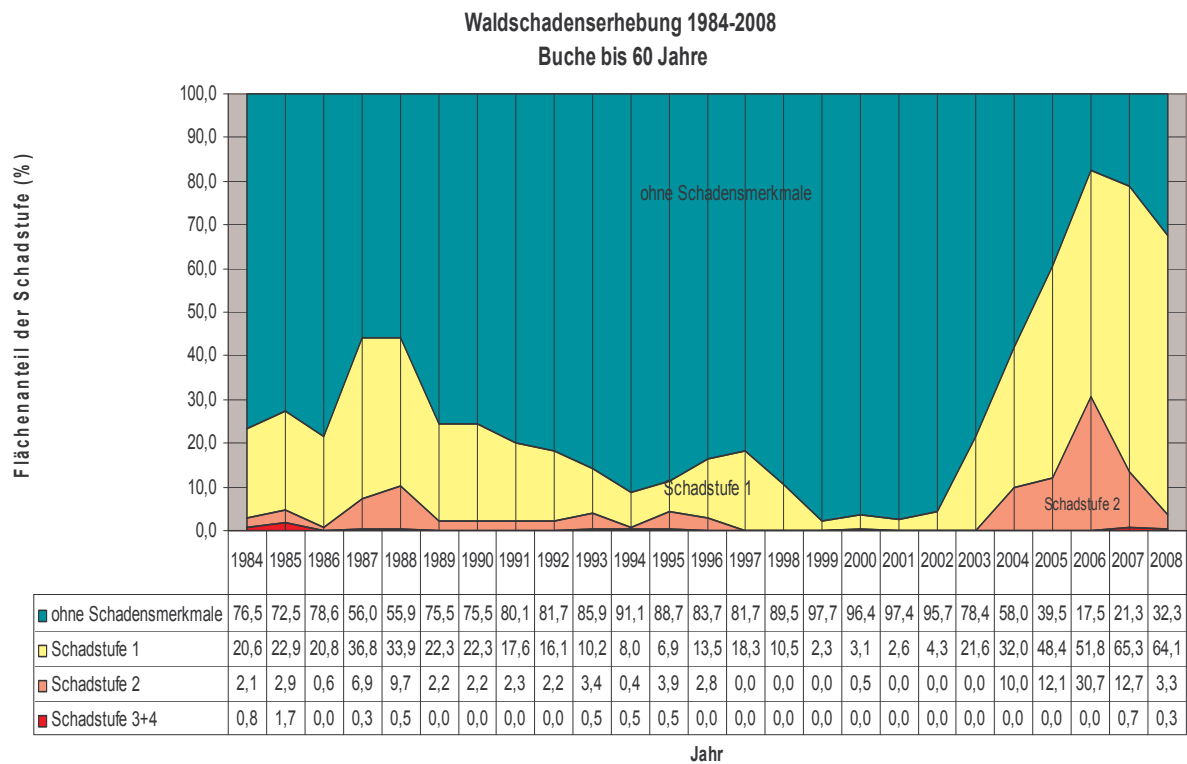
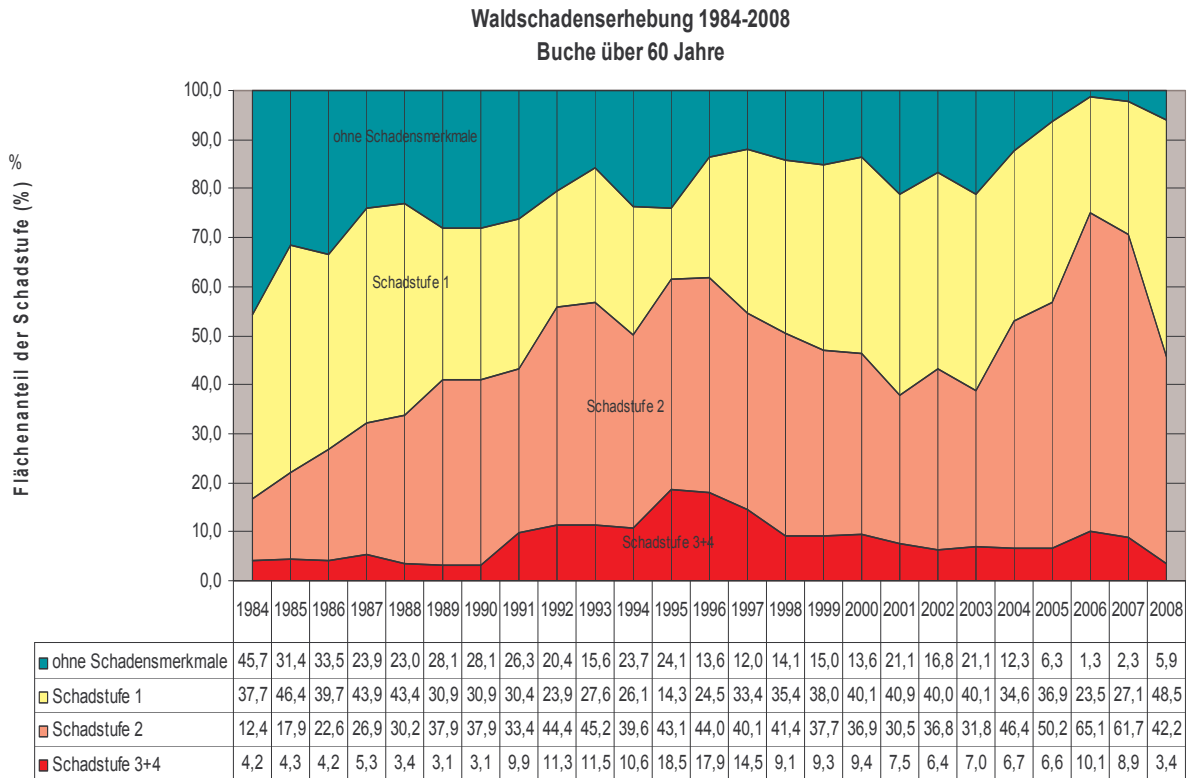


Abb.8: Entwicklung der Waldschäden seit 1984 für Buche über 60 Jahre



## Eiche

Die Eiche hat im Saarland einen Flächenanteil von 21%.

### Langfristige Entwicklung:

Die deutlichen Schäden bei der Eiche sind nach einem Maximum von 33% im Jahr 1988 auf 5% im Jahr 2002 gesunken, nach dem Trockenjahr 2003 bis 2006 auf einen Höchststand von 51% angestiegen, der auch 2007 nur geringfügig unterschritten wurde.

Seit Beginn der systematischen Erfassung von Waldschäden ist die Schadentwicklung der Eiche sehr stark durch wiederholt auftretenden Befall blattfressender Insekten, insbesondere von Eichenwickler und Frostspanner geprägt. Diese Kalamitäten erfolgten sporadisch, in den Jahren 1995 bis 1997 als ausgeprägte Kalamität bis hin zum Kahlfraß, und bewirkten erhebliche Vitalitätsminderungen, da die Bäume auf starke Fraßschäden mit einem erneuten Austrieb im gleichen Jahr, meistens jedoch auch mit einer verminderten Blattmasse reagierten.

Seit 1998 blieb dieser Schädlingsbefall weitgehend aus; insbesondere in jüngeren Beständen regenerierten sich die Kronen bei günstiger Witterung mit hohem Niederschlagsangebot. Im Jahr 2005 und auch 2006 kam es zu einem erneuten Massenbefall mit flächenhaftem Kahlfraß, 2007 traten Fraßschäden nur lokal und in geringerem Umfang auf.

Deutliche Schäden bei der Eiche zeigen sich häufig durch das Auftreten von Trockenästen in der Oberkrone und einer büschelartigen Belaubung mit größeren Lücken im Kronendach. Mehr noch als die Buche besitzt die Eiche auch noch im höheren Alter die Fähigkeit, abgestorbene oder stark geschädigte Kronenteile durch die Bildung sekundärer Triebe im unteren Kronenbereich zu ersetzen. Auch stark vorgeschädigte Eichen können somit ihre Assimilationsmasse wieder vergrößern.

### Aktuelle Entwicklung:

Im Gegensatz zu allen anderen Laubbaumarten, insbesondere zur Buche, ist bei der Eiche keine grundlegende Verbesserung der Kronenschäden festzustellen. Im Gegenteil, bei geringfügiger Zunahme **deutlicher Schäden** bei den jüngeren Eichen (22%; + 3 %-Punkte) und gleich bleibendem Stand bei den älteren (61%) wird 2008 mit insgesamt 52% ein neuer Höchststand der Schäden seit 1984 erreicht (+ 2%-Punkte). Dabei war der Kronenzustand in den letzten beiden Jahren kaum von vitalitätsmindernden Fraßschäden oder zehrender Eichelmast beeinflusst.

Erhöht hat sich allerdings auch der Anteil der Bäume **ohne** Schadmerkmale, und zwar durch Rückgang der schwachen, aber eher unspezifischen Schäden (Schadstufe 1), besonders bei den jüngeren Eichen.

Abb.9: Entwicklung der Waldschäden der Eiche seit 1984

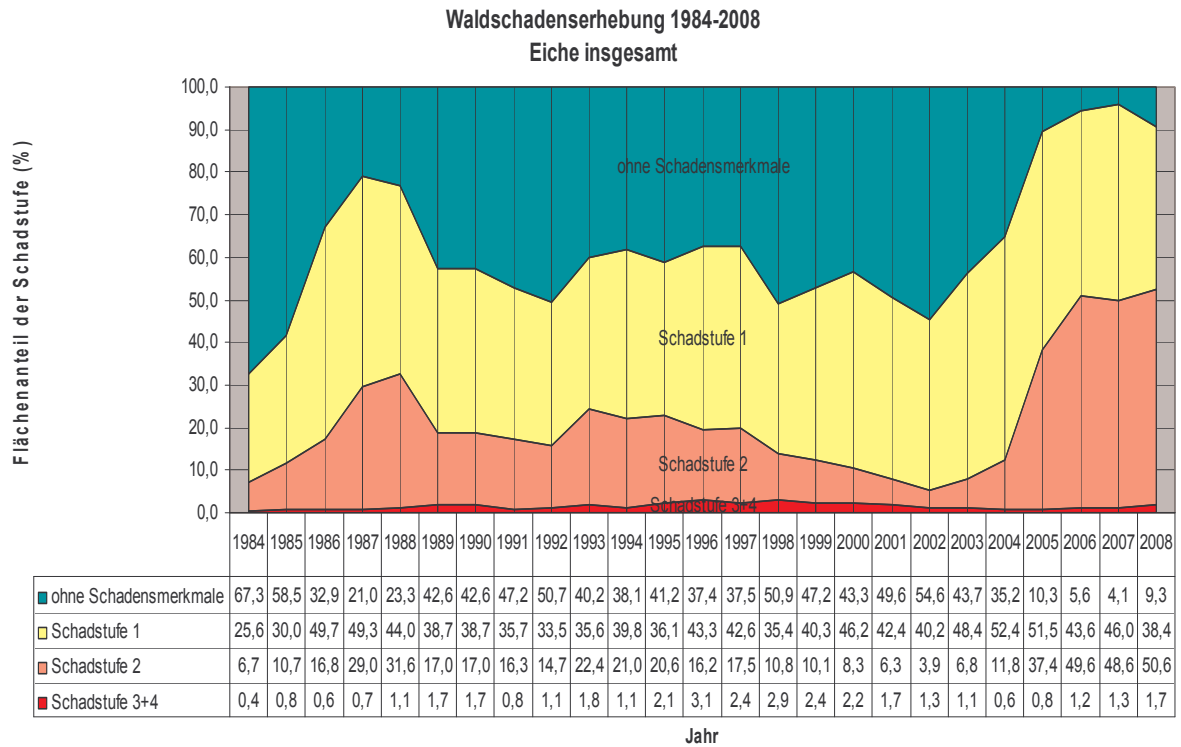


Abb.10: Entwicklung der Waldschäden seit 1984 für Eiche bis 60 Jahre

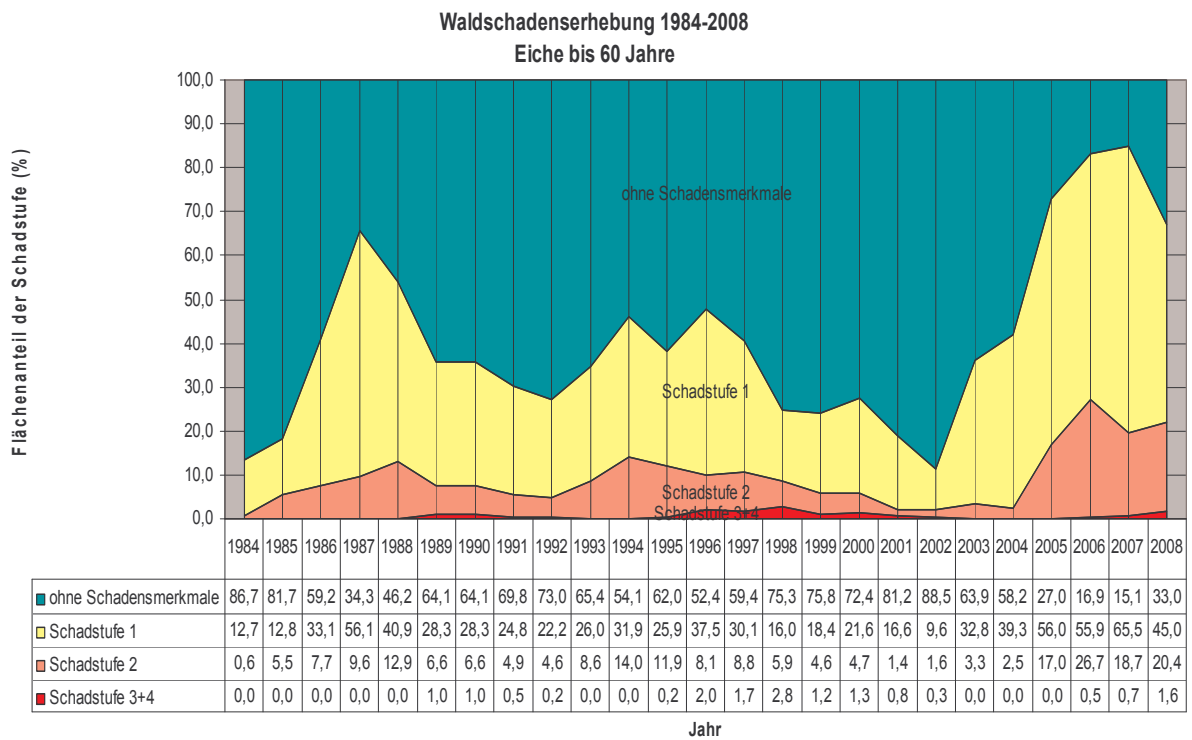
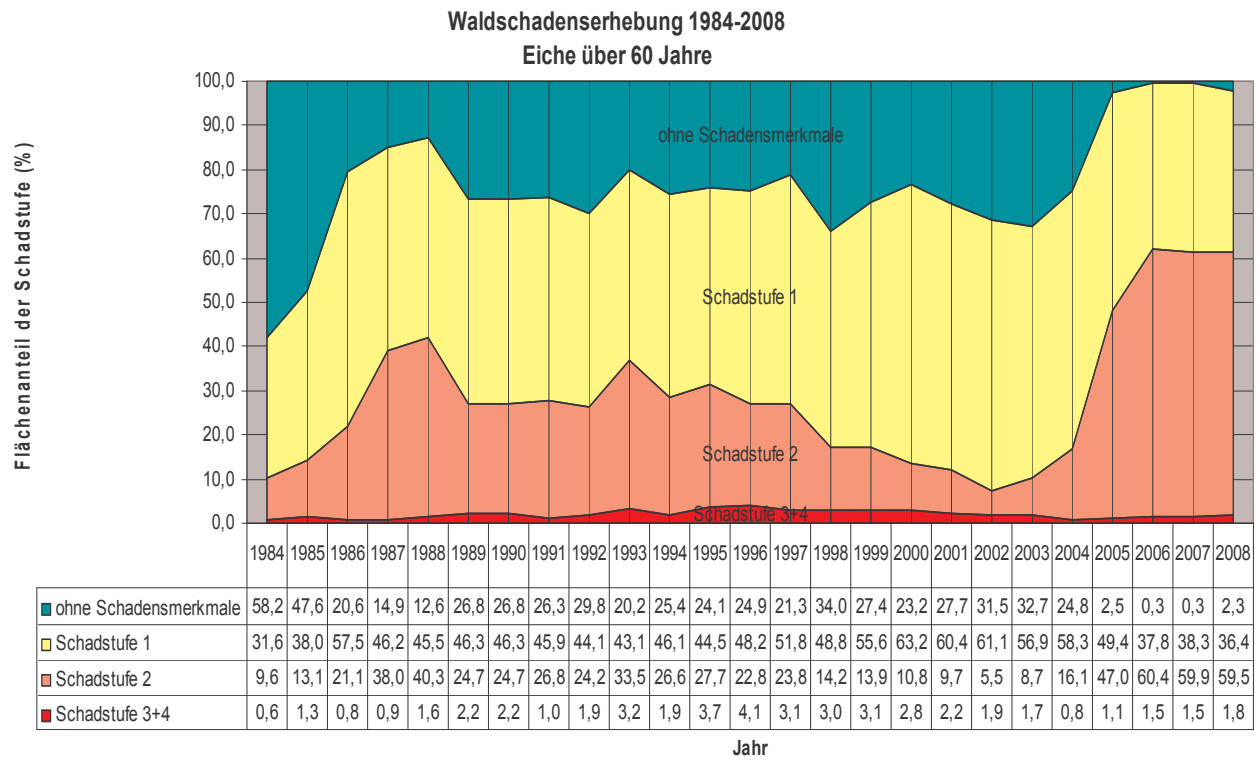


Abb.11: Entwicklung der Waldschäden seit 1984 für Eiche über 60 Jahre



## Fichte

Die Fichte hat im Saarland einen Flächenanteil von 17%.

### Langfristige Entwicklung:

Die Fichte ist die Baumart, bei der ein Zusammenhang zwischen Schadstoffimmissionen, Bodenversauerung und Kronenschäden seit längerem untersucht und dokumentiert wurde. Schon in den 60er Jahren erkannte man im Saarland die schädliche Wirkung von Rauchgasen auf Waldbäume; die ersten Waldschadensuntersuchungen konzentrierten sich im Wirkungsbild zunächst auf die Fichte, die als immergrüne Nadelbaumart mit ihrem hohen Filterungsvermögen besonders empfindlich gegenüber direkten Schadstoffbelastungen ist. In Nähe der großen Zentren der Schwerindustrie wies die damalige Landesforstverwaltung bereits in den 1960er Jahren Rauchschadenszonen aus und riet dort von einem weiteren, in der damaligen Forstwirtschaft üblichen Anbau dieser Baumart dringend ab.

Später traten die Schäden verstärkt auch bei Laubbäumen auf. Es zeigte sich bald eine klare Altersabhängigkeit auftretender Schäden: Ältere Bäume waren viel stärker geschädigt als jüngere; der Schadensschwerpunkt verlagerte sich im Saarland von Fichtenbeständen auf die alten Laubbaumbestände.

Die heute vergleichsweise geringeren Schäden der Fichte im Saarland sind abhängig von ihrer spezifischen Altersstruktur: Als nicht standortheimische Baumart erreicht die Fichte im Saarland i.d.R. ihre natürliche Altersgrenze nicht. Durch die Sturmwürfe des Jahres 1990 und die Folgeschäden (Trocknis, Borkenkäferbefall) mussten viele ältere und standörtlich labile Fichtenbestände vorzeitig genutzt werden. Die Schadenssituation der Fichte wird deshalb stark durch den hohen Anteil jüngerer Bestände geprägt (Abb. 12-13). Im Gesamtergebnis erreicht die Fichte im Saarland die hohen Schadprozente der natürlichen Verbreitungsgebiete in den submontanen bis montanen Klimazonen Deutschlands nicht.

Insgesamt hielt sich der Anteil der deutlichen Schäden bei der Fichte seit 1984 mit Schwankungen auf einem Niveau um 10%. Höhere Schäden traten in dem Zeitraum nach den Sturmwürfen 1990 durch Folgewirkungen wie Borkenkäferbefall, Schäden durch plötzliche Freistellung (Untersonnung) und Wasserstress durch Wurzelabrisse auf. Nach dem Trockenjahr 2003 stiegen die Schäden bis 2006 auf 41% an, verringerten sich bei guten Wachstumsbedingungen 2007 auf 33%.

### Aktuelle Entwicklung:

Im Jahr 2008 setzt sich die Verbesserung des Kronenzustandes weiter fort, das Schadniveau vor dem Trockenjahr 2003 wird aber bei weitem nicht erreicht. Insgesamt ergibt sich bei den deutlichen Schäden ein Rückgang um 3 %-Punkte auf 30 %. Verbessert haben sich in diesem Jahr vornehmlich die älteren Fichten (65%, -12 %-Punkte), die deutlichen Schäden bei den jüngeren Fichten halten sich auf dem Vorjahresstand von 17%.

Abb.12: Entwicklung der Waldschäden der Fichte seit 1984

Waldschadenserhebung 1984 - 2008  
Fichte insgesamt

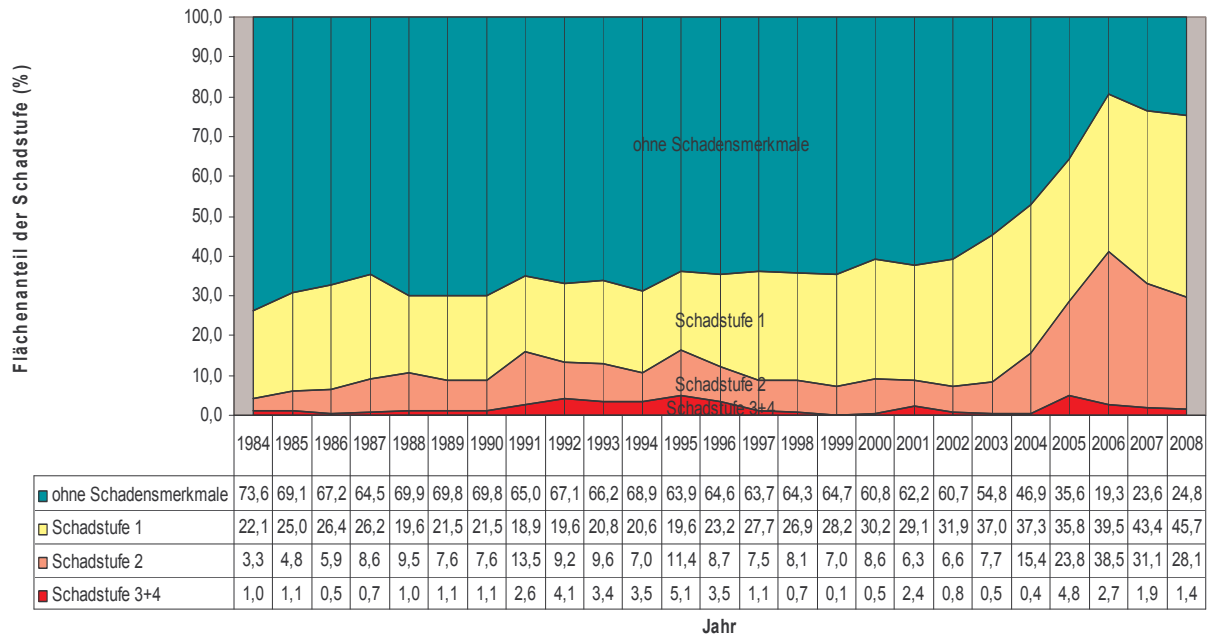




Abb.13: Entwicklung der Waldschäden seit 1984 für Fichte bis 60 Jahre

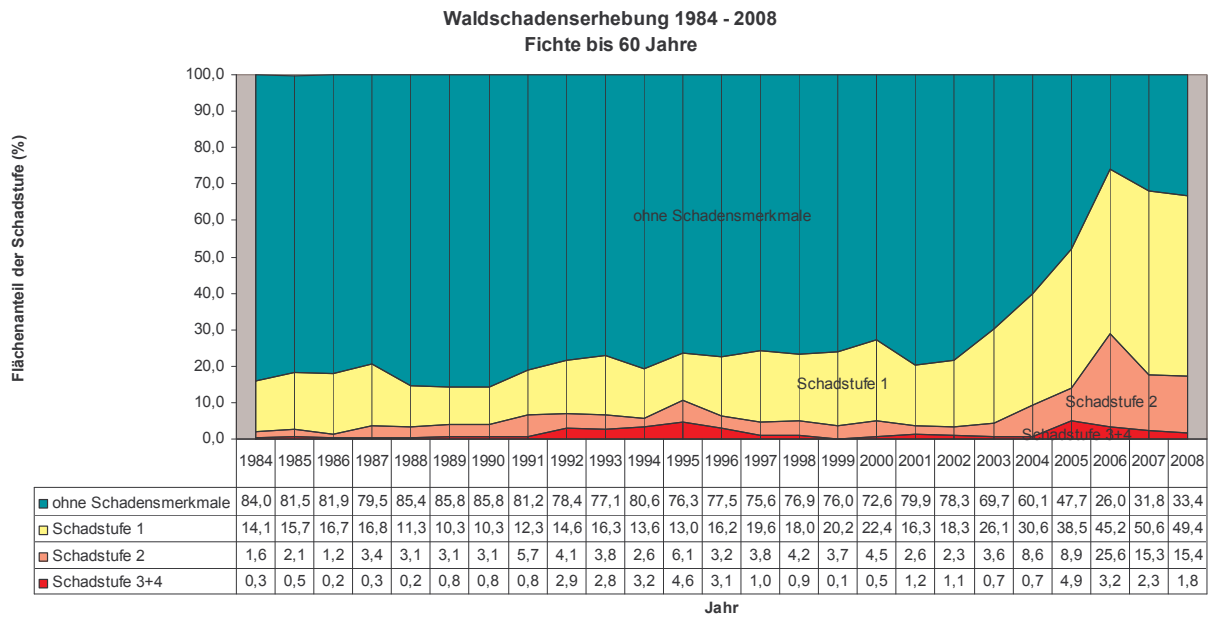
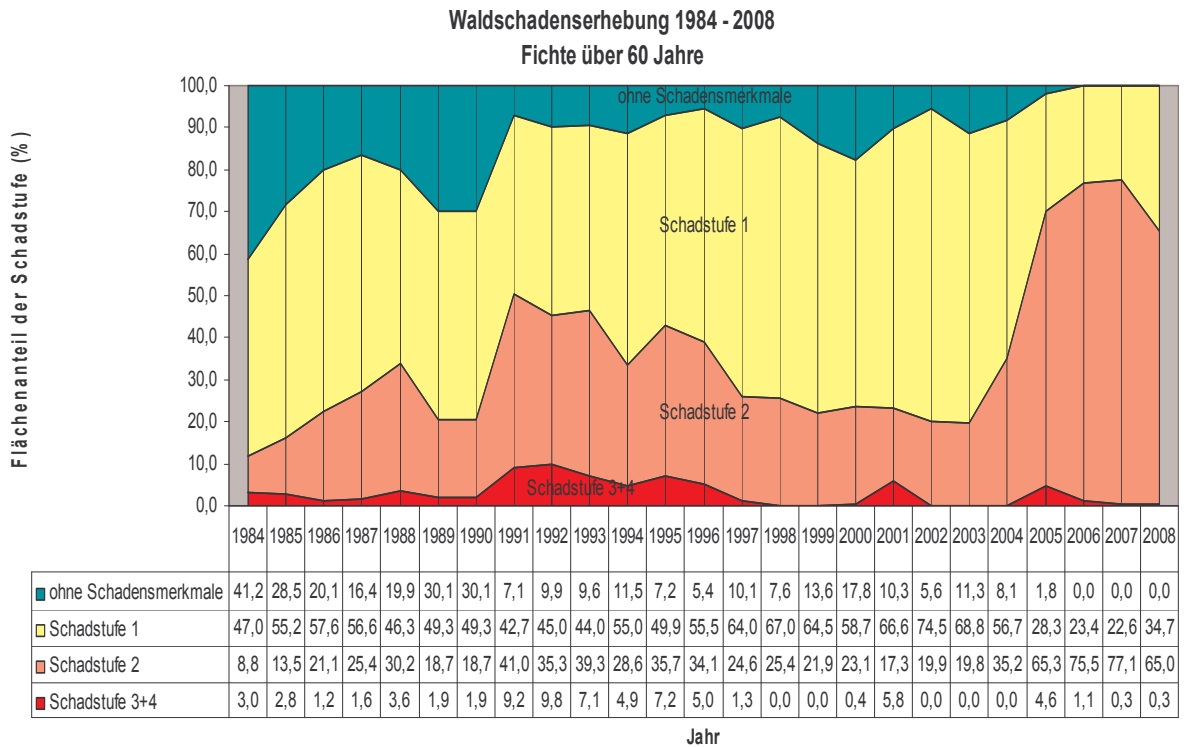


Abb.14: Entwicklung der Waldschäden seit 1984 für Fichte über 60 Jahre



## **Kiefer**

Die Kiefer hat im Saarland einen Flächenanteil von 8%.

### **Langfristige Entwicklung:**

Die Benadelung von Altkiefern mit intakten Kronen besteht normalerweise aus vollen 3, die jüngerer Kiefern aus 4 Nadeljahrgängen. Der vorzeitige Abwurf und Verlust ganzer Nadeljahrgänge (und deren Neuaustrieb) bewirkt bei der Kiefer von Jahr zu Jahr eine stärkere Fluktuation der Kronendichte als bei anderen Baumarten.

Die deutlichen Schäden der Kiefer lagen in der langjährigen Beobachtungsreihe seit 1984 auf einem Niveau um 20% mit einem Maximum von 21% im Jahr 1993. Danach ging der Schadensstand wieder leicht zurück.

Auf das Trockenjahr 2003 reagierte die Kiefer stärker als die übrigen Hauptbaumarten mit Nadelabwurf zur Verringerung der verdunstenden und assimilierenden Kronenmasse. 2006 lagen die deutlichen Schäden mit 69% fünfmal höher als noch 2003.

Der Anteil von Bäumen ohne Schadensmerkmale verringerte sich im gesamten Zeitraum seit 1984 kontinuierlich. 2006 wurde nur noch 1% aller Kiefern als gesund eingestuft, 2007 verringerten sich die deutlichen Schäden hauptsächlich bei den jüngeren Kiefern.

Das Schadniveau der älteren und jüngeren Kiefernbestände liegt im Gegensatz zu den anderen Hauptbaumarten auf einem ähnlich hohen Niveau.

### **Aktuelle Entwicklung:**

Entgegen dem allgemeinen Trend bei den anderen Baumarten haben die deutlichen Schäden in den jüngeren und älteren Beständen zugenommen; in den jüngeren um 11 %-Punkte auf 61 %, in den älteren um 2 %-Punkte auf 69 %. Kiefern mit einer wirklich voll benadelten Krone waren in diesem Jahr kaum noch zu finden. Verstärkt wurde diese Entwicklung zumindest teilweise durch die Kiefernschütte, einem Nadelpilz, der bei der feuchten Witterung im Spätsommer letzten Jahres zu einem vorzeitigen Abwurf der älteren Nadeljahrgänge führte.

Abb.15: Entwicklung der Waldschäden der Kiefer seit 1984

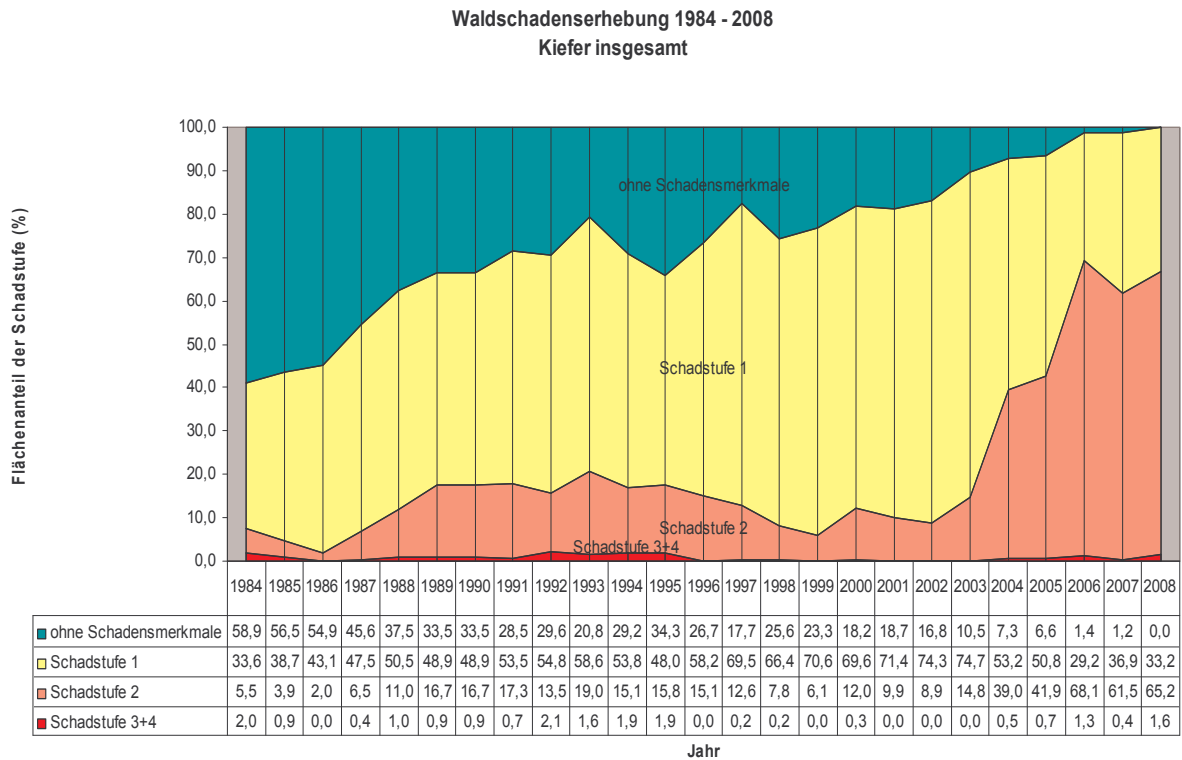


Abb.16: Entwicklung der Waldschäden seit 1984 für Kiefer bis 60 Jahre

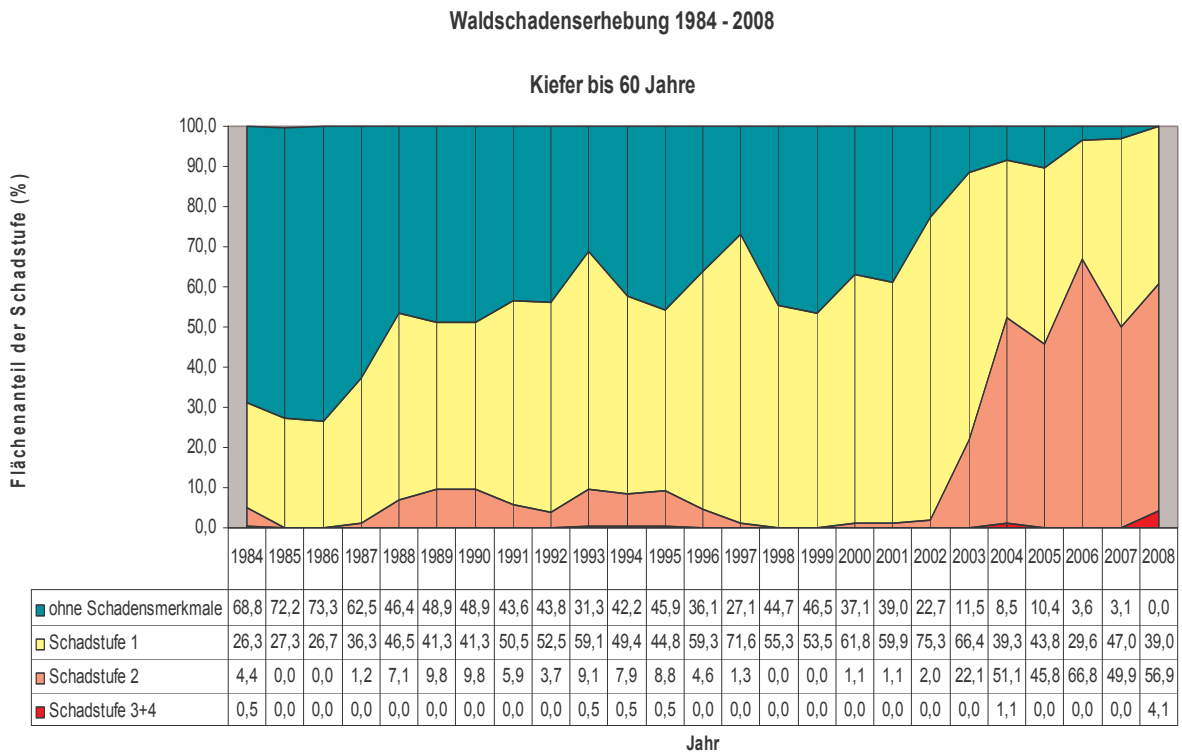
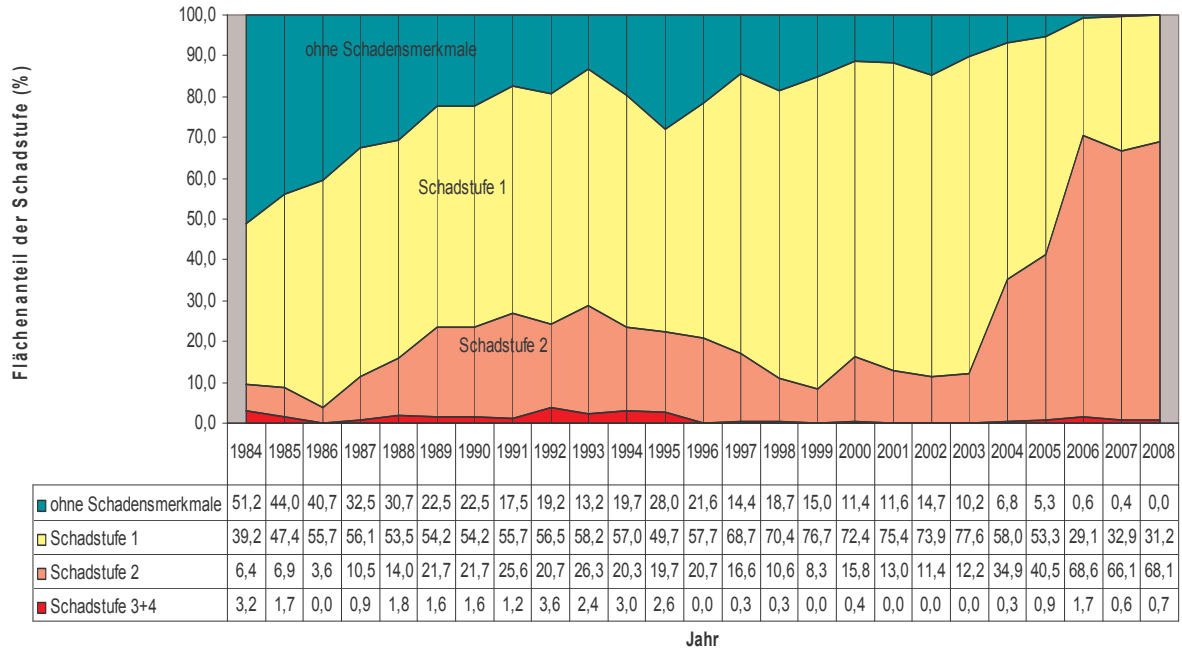


Abb.17: Entwicklung der Waldschäden seit 1984 für Kiefer über 60 Jahre

Waldschadenserhebung 1984 - 2008

Kiefer über 60 Jahre



## ***Einflussfaktoren***

### ***Die Waldschutzsituation 2008***

Die relativ kühle 2. Sommerhälfte, verbunden mit reichlich Niederschlag im August, in einer Zeit also, wenn die sich aufbauenden Insektenpopulationen zu ihrem Höhepunkt und zur 2. wenn nicht gar 3. Regeneration gelangen, bewirkte ein Ausbleiben aller im Frühjahr prognostizierten Insektenkalamitäten.

Die Fraßschäden der Eichen-Schadgesellschaft (Ei-Wickler und Frostspanner) waren nur gering, in jungen und mittel alten Beständen sogar bedeutungslos. Auch die Gradation des Eichenprozessionsspinners, der durch die schädliche Wirkung der Gifthaare seiner Raupe unsere Aufmerksamkeit verdient, wurde im zweiten Jahr hintereinander nachhaltig gestört. Besorgniserregend ist jedoch die stetige Zunahme von Schäden des Eichen-Prachtkäfers, dessen Fraß unter der Rinde besonders mittel alter Eichen zum Absterben bringen kann. Die Klimaerwärmung begünstigt seine Vermehrung, besondere Aufmerksamkeit muss ihm in den nächsten Jahren zuteil werden.

An der Buche waren ebenfalls Fraßschäden von Frostspanner und Schwammspinner gering, nur ein leichter Befall des Buchenspringgrüsslers war hier festzustellen, der jedoch als Schadfaktor von geringer Bedeutung ist.

Der Buchdrucker, Hauptschädling an der Fichte, war nur in wesentlich geringem Umfang tätig, mit bis zum Erstellen dieses Berichtes von 11.000 Festmetern im Staats- und Kommunalwald eingeschlagenem Schadholz, blieb der Schadumfang deutlich hinter den Zahlen des Vorjahres (19.200 fm).

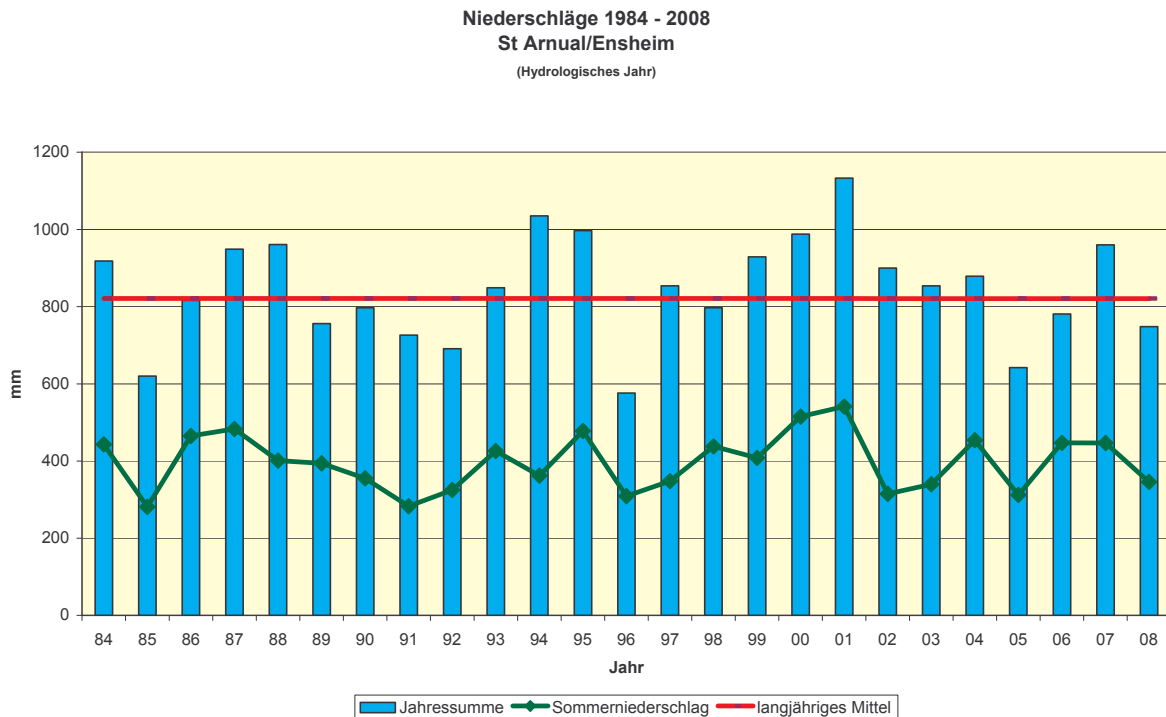
Schütte-Erkrankungen an Kiefer und Douglasie nahmen leicht zu, was zum einen auf eine höhere Feuchtigkeit zurückzuführen ist, zum anderen, speziell bei der Douglasie, sich als eine Frage der Herkunft zeigt, es wird deutlich, dass viele Douglasien nicht dem pazifischen Küstenraum Nordamerikas entspringen, sondern aus Inlandherkünften stammen, die mit unserem feucht-milden Klima nicht zurechtkommen.

## Einfluss von Klima und Witterung

Die Entwicklung des Kronenzustandes der Waldbäume wird durch den Witterungsverlauf maßgeblich beeinflusst. Offensichtlich wirken sich Stresssituationen durch Trockenheit im vorgeschädigten Wald besonders gravierend aus. Von besonderer Bedeutung sind dabei vegetationschädigende ausgeprägte Trockenjahre wie das Jahr 2003, deren Folgewirkungen über mehrere Jahre anhalten. Abb. 19 zeigt die Niederschlagsverteilung seit 1984. Dargestellt ist jeweils das hydrologische Jahr, d.h. die Niederschläge von Oktober bis September. Nachdem von 1989-1992 nur unterdurchschnittliche Jahresniederschläge erreicht wurden, liegen die Werte seit 1993, ausgenommen das Jahr 1996, im langjährigen Mittel oder darüber. Auch das Jahr 2003 lag trotz eines extrem trocken-heißen Sommers mit 900 mm noch über dem Durchschnitt, was auf die hohen Herbst/Winterniederschläge zurückzuführen ist.

Sehr deutlich unter dem langjährigen Mittel liegen die Jahre mit Sommertrockenheit: 1985, 1991, 1996 sowie in der Folge 2002, 2003 und 2005.

*Abb.18: Jahresniederschlag seit 1984 (hydrologisches Jahr - Oktober bis September)*



**2008: Sehr milder Winter, durchschnittliches Frühjahr mit sehr warmem und trockenem Mai, warmem Sommer mit recht trockenem Juni und Juli**

Nach mildem und recht niederschlagsreichen Winter undzeitigem Frühjahr waren die Wachstumsbedingungen für den Wald insgesamt gut, die trockenen Monate Mai-Juli mit überdurchschnittlichen Temperaturen führten i.d.R. noch nicht zu einer größeren Einschränkungen der Wasserversorgung mit negativer Auswirkung auf das Waldwachstum.

Abb.19: Monatstemperatur Oktober 2002 – September 2008 (\*)

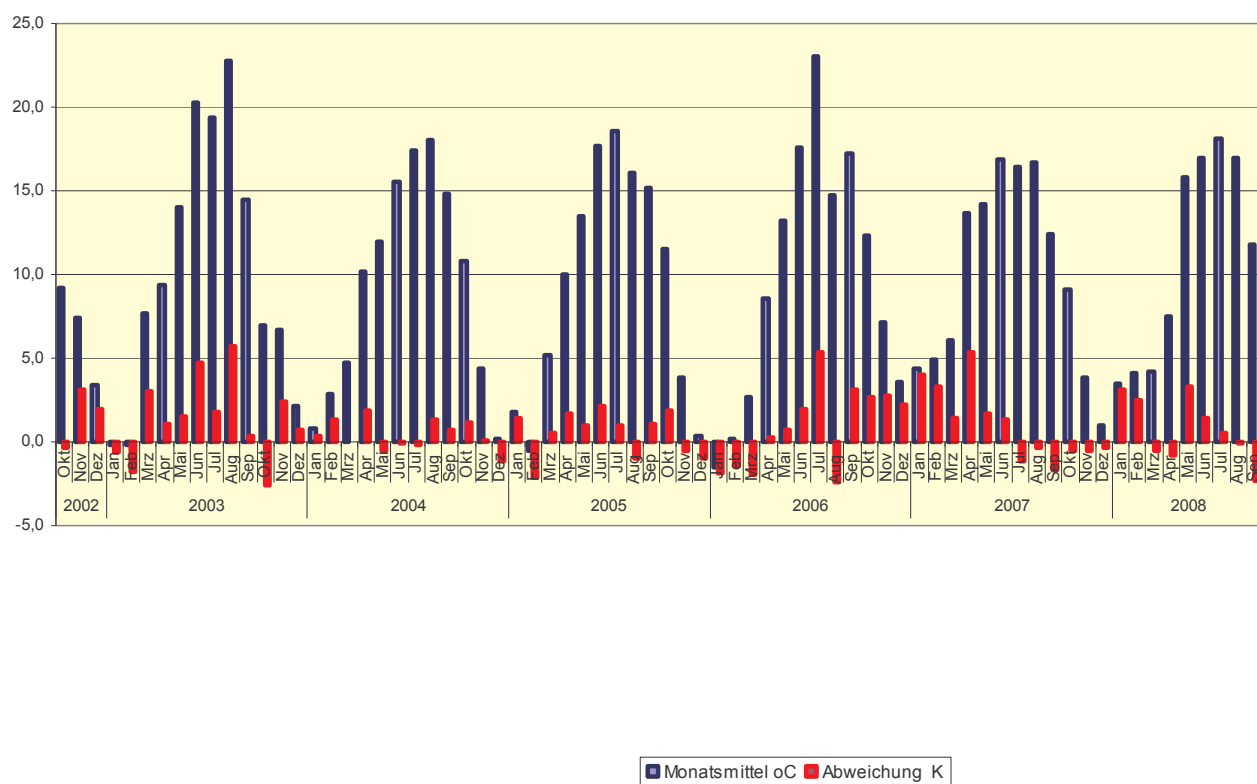
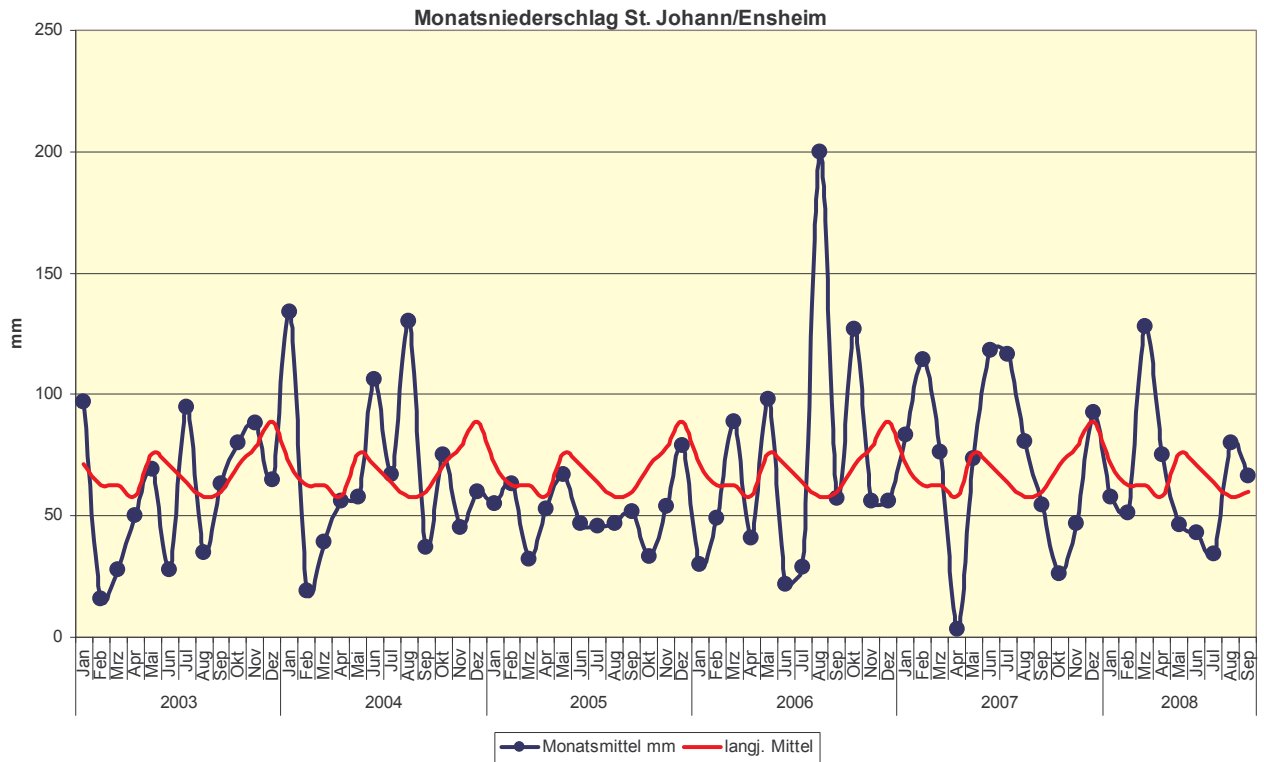


Abb.20: Monatsniederschlag Januar 2003 – September 2008 (\*)



(\*) DEUTSCHER WETTERDIENST/ 2002/2008



## **Verfahren und Durchführung der Waldzustandserhebung**

Die Waldzustandserhebung erfolgt nach bundesweit einheitlichen Kriterien durch Ansprache des Gesundheitszustandes von Einzelbäumen nach äußeren Merkmalen, insbesondere nach dem Belaubungs- bzw. Benadelungszustand.

**Stichprobe** 96 Stichprobenpunkte im 2x4-km-Raster mit jeweils 24 zufällig ausgewählten ständigen Einzelbäumen = 2304 Probebäume

**Aufnahmezeit** Ende Juli bis Mitte August

**Schadens-einschätzung** Bundeseinheitlich nach äußeren Merkmalen (Nadel- bzw. Blattverlust) sowie Vergilbung am Einzelbaum

**Schadein-stufung** Schadstufe 0 = ohne äußere Schadmerkmale –10% Blatt-Nadelverlust  
Schadstufe 1 = schwach geschädigt 10-25% Blatt-Nadelverlust  
Schadstufe 2 = mittelstark geschädigt 26-60% Blatt-Nadelverlust  
Schadstufe 3 = stark geschädigt 61-99% Blatt-Nadelverlust  
Schadstufe 4 = abgestorben

Darüber hinaus werden auftretende Vergilbungen von mehr als 25% der Blatt-Nadelmasse in der Schadeinstufung berücksichtigt.  
(Die besonders aussagefähigen Schadstufen 2-4 werden als "deutliche Schäden" zusammengefasst.)

**Zusatzun-tersuchung** Einschätzung des Befalls biotischer Schadorganismen:

- Borkenkäfer
- Buchenspringrüssler
- Kieferngrößschädlinge
- Eichenwickler und Frostspanner
- sonstige Insekten und Schadpilze

**Durchführung** SaarForst Landesbetrieb

## Ersatz von Probebäumen

Die Waldzustandserhebung ist eine Stichprobenerhebung mit einer festen Zahl an Aufnahmepunkten und Probebäumen. Scheiden Stichprobenbäume aus dem Aufnahmekollektiv aus, z.B. durch Nutzung oder Absterben, werden statt dessen nächststehende Ersatzbäume aufgenommen.

Tab.3 zeigt den Anteil ausgeschiedener und ersetzter Probebäume am Aufnahmekollektiv (2304 Probebäume) seit 1991. Es wird deutlich, dass in normalen Jahren der Anteil der ersetzten Bäume bei jährlich unter 2 bis 4% liegt. Der hohe Wert von 18,2% des Jahres 1991 ist die Folge der Sturmwürfe 1990. Im Jahr 2008 wurden 4,3 % der Probebäume ersetzt.

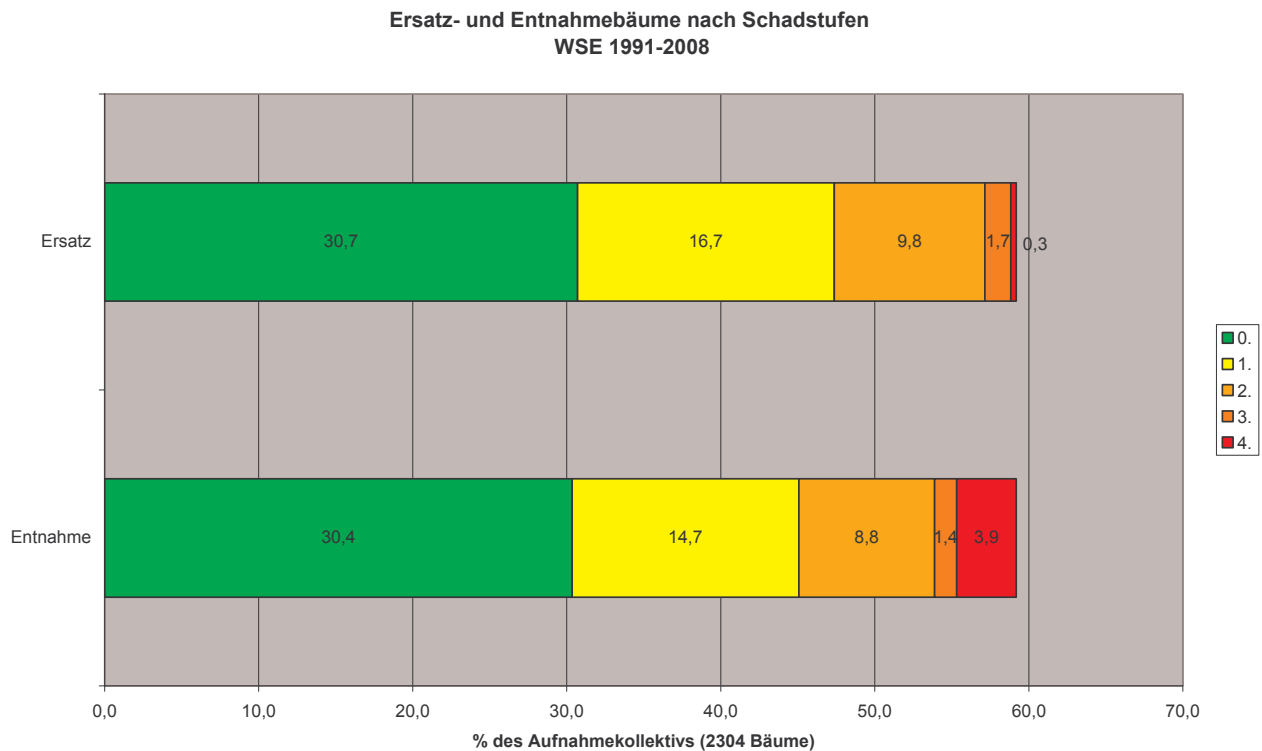
*Tabelle 3: Anteil ausgeschiedener und ersetzter Probebäume in Prozent des Aufnahmekollektivs 1991-2008*

Jahr	Ersatzbäume in %
1991	18,2
1992	2,5
1993	3,0
1994	1,4
1995	4,4
1996	1,4
1997	1,4
1998	1,3
1999	1,9
2000	1,9
2001	1,8
2002	2,7
2003	2,1
2004	1,0
2005	2,2
2006	3,6
2007	4,2
2008	4,3
1991-2008	59,2

Der Anteil der ersetzten Probebäume liegt damit unter dem jährlichen Stichprobenfehler und kann allein von der Größenordnung ein Jahresergebnis nur sehr geringfügig beeinflussen.

Abb. 21 zeigt für den Zeitraum von 17 Erhebungsjahren die Verteilung der Ersatz- bzw. Entnahmebäume auf die Schadstufen 1-4.

Abb. 21: Verteilung von Ersatz- und Entnahmebäumen nach Schadstufen seit 1991



Ausgeschiedene Bäume und die Ersatzbäume verteilen sich sehr ähnlich auf die Schadstufen. Der Anteil deutlicher Schäden ist bei den Ersatzbäumen sogar etwas höher als bei den ausgeschiedenen Bäumen. Nur der Anteil der abgestorbenen Bäume (Schadstufe 4) ist bei den Entnahmebäumen mit 3,9% wesentlich höher als bei den Ersatzbäumen (0,3 %), d.h. für tote Bäume, die aus dem Aufnahmekollektiv ausschieden, wurden i.d.R. keine toten Ersatzbäume ausgewählt.

# Untersuchungsergebnisse saarländischer Dauerbeobachtungsflächen im Wald

## 1. Einleitung

Das Saarland unterhält seit 1990 insgesamt 9 Waldökosystem – Intensivuntersuchungsflächen auf repräsentativen geologischen Ausgangssubstraten (Standorte Fischbach, Von der Heydt, Bildstock, Jägersburg, Eft-Hellendorf, Mettlach, Ormesheim, Altheim, Warndt; Standort Otzenhausen bis 2003). Mit der Station Fischbach beteiligt sich das Saarland am Level II-Programm der Europäischen Union. Ziel der jährlichen Untersuchungen der Dauerbeobachtungsflächen ist es, langjährige Trends der stofflichen Belastung der saarländischen Wälder und Waldböden aufzudecken und Konsequenzen für angrenzende Ökosysteme sowie Empfehlungen für die Verantwortlichen in Politik und forstlicher Praxis abzuleiten.

## 2. Stoffeinträge in saarländische Waldökosysteme

Im Rahmen der Aktivitäten der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UN-ECE) ist das Critical Levels- und Critical Loads-Konzept für ökologische Belastungsgrenzen gegenüber verschiedenen Luftschadstoffen entwickelt worden. In diesem Zusammenhang werden unter Critical-Levels Luftschadstoffkonzentrationen verstanden, bei deren Unterschreitung keine direkten Schäden an den Waldökosystemen zu erwarten sind. Unter Critical-Loads versteht man die auf einen Rezeptor unmittelbar einwirkende Schadstoffmenge und kann so die jeweiligen kritischen Eintragsraten ermitteln.

### Schwefel

Dank durchgreifender Luftreinhaltemaßnahmen in den zurückliegenden Dekaden ist die Eintragsbelastung saarländischer Wälder durch versauernd wirkende Schwefelverbindungen weiterhin kontinuierlich zurückgegangen (Abb. 22).

Die Schwefeldioxidkonzentrationen haben sich seit dem Untersuchungsbeginn in 1990 nahezu halbiert und überschreiten heute nicht mehr die kritischen Belastungsgrenzen (Critical Loads). Im Jahr 2007 lagen sie im Mittel bei 6,5 kg/ha.

Für die saarländischen Waldböden aus basenarmen Ausgangssubstraten, wie zum Beispiel Quarzit, wird dieser Schwellenwert allerdings noch erreicht.

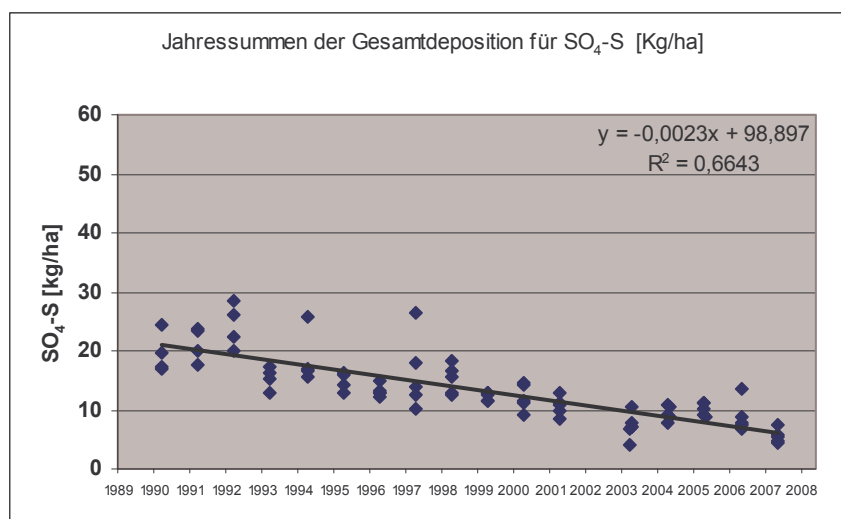


Abb. 22: Jahressummen und linearer Trend der Gesamtdeposition für SO<sub>4</sub>-S an ausgewählten saarländischen Dauerbeobachtungsflächen im Wald (mit Angabe des Bestimmtheitsmaßes)

## Stickstoff

Neben Schwefelverbindungen werden ebenfalls versauernd wirkende Stickstoffverbindungen aus dem Kraftverkehr (NO<sub>x</sub>) und der Landwirtschaft (NH<sub>3</sub>) in die Wald-Ökosysteme eingetragen. Die Stickstoff-Gesamtdeposition ging im Saarland als linearer Trend im gesamten Beobachtungszeitraum weiter zurück und variierte in 2007 zwischen 8,6 bis 16,0 kg/ha (Abb. 23). Die Einträge haben sich von im Mittel 18 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> im Jahr 1990 auf 11,6 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> im Jahr 2007 reduziert und liegen damit im Bundesdurchschnitt (Baumgarten et al. 2006). Der kritische Schwellenwert für die Stickstoffdeposition in Wald-Ökosysteme kann allgemein zwischen 5 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> und höchstens 20 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> angesetzt werden. Critical Loads für Nadelwälder liegen bei 10 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, für Laubwälder verschieben sich die Werte auf < 15 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (UN-ECE 1988; Bobbink et al. 1995; Nagel & Gregor 1998). Zur Vermeidung von Störungen der Bodenprozesse und Bodenvegetation in Wäldern gilt ein Bereich von 10 bis 15 kg ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup> [N].

Bei den meisten saarländischen Dauerbeobachtungsflächen im Wald wird dieser kritische Schwellenwert demnach noch erreicht, bzw. überschritten. Die Gefahr einer Eutrophierung und einer Verschärfung der Bodenversauerung mit Folgen für die Ernährung der Waldbäume und deren erhöhter Empfindlichkeit gegenüber Witterungsextremen und Schädlingsdruck ist damit noch nicht gebannt.

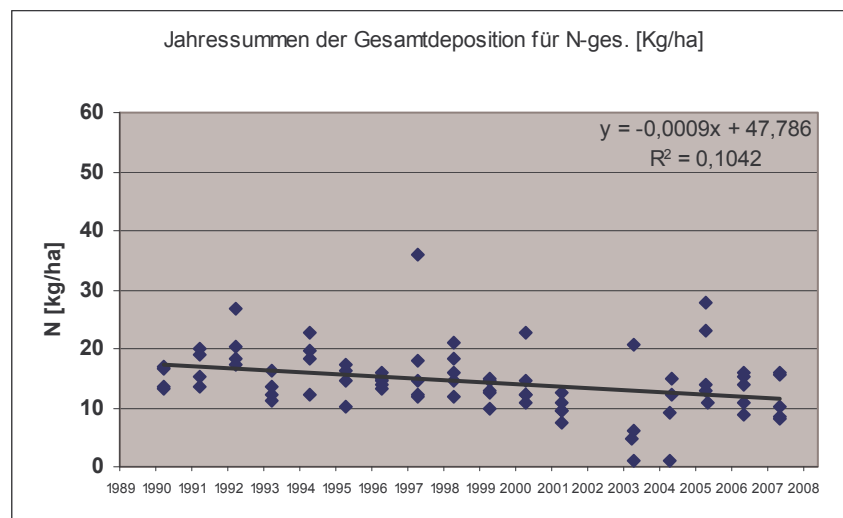


Abb. 23: Jahressummen und linearer Trend der Gesamtdeposition für N an ausgewählten saarländischen Dauerbeobachtungsflächen im Wald (mit Angabe des Bestimmtheitsmaßes).

## Säureeinträge

Die Gesamtd deposition an säurewirksamen Stoffen (H<sup>+</sup>) geht an den saarländischen Level II-Standorten seit 1990 linear zurück (Abb. 24). Die Kapazität zur Säureneutralisation der Waldböden ist unterschiedlich und basiert im Wesentlichen auf der Nachlieferung basischer Kationen durch die chemische Verwitterung. Die Bereiche für die jeweiligen kritischen Eintragungsgrenzen errechnen sich danach, wie viel ein Waldboden langfristig durch seine Säureneutralisationskapazität kompensieren kann.

Die aktuellen Säureeintragsraten überschreiten mit im Mittel 0,3 kmol IÄ/ha/Jahr derzeit noch an den basenarmen Ausgangssubstraten, wie Quarzit und Buntsandstein, die ökosystemverträglichen critical loads (WHO 2000).

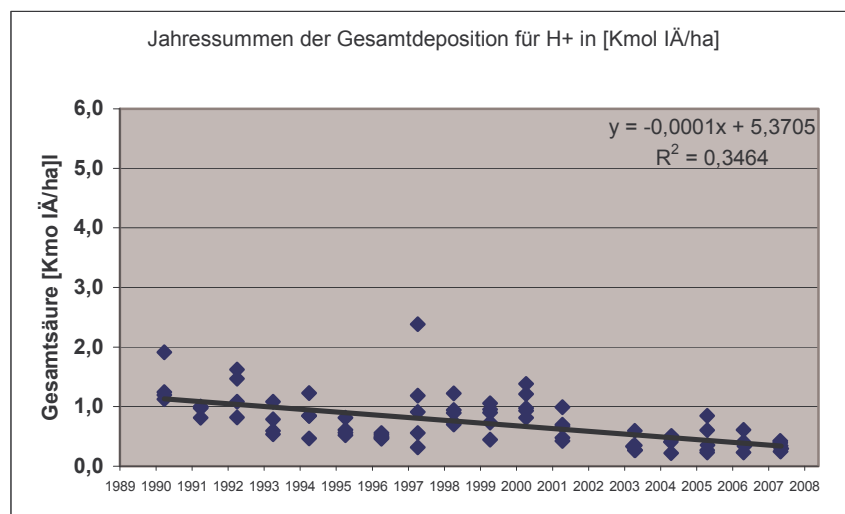


Abb. 24: Jahressummen und linearer Trend der Gesamt-Säuredeposition an ausgewählten saarländischen Dauerbeobachtungsflächen im Wald (mit Angabe des Bestimmtheitsmaßes).

Baumgarten, M. et al. (2006): Belastung der Wälder mit gasförmigen Luftschadstoffen. Studie zur Beurteilung der Luftqualität an Waldstandorten des forstlichen Umweltmonitoring in den Jahren 2002 und 2003. *Bericht im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) 2006.*

Bobbink, R. et al. (1995): Critical loads for nitrogen eutrophication of terrestrial and wetland ecosystems based upon changes in vegetation and fauna. In: Grennfelt, P. and E. Thörnelöf (Eds.): *Critical Loads for Nitrogen*. Lökeberg, Sweden.

Nagel, H.D.; Gregor, H.D. (1998): *Ökologische Belastungsgrenzen – Critical Loads & Levels*. Springer.

UN-ECE (1988): *Critical Loads for Sulphur and Nitrogen*. Skokloster, Sweden.

WHO - World Health Organisation (2000): *Air Quality Guidelines for Europe*. Second Edition. WHO regional publications, European Series, No. 91.

### 3. Bodenzustand

Die Belastungssituation der saarländischen Waldböden variiert in Abhängigkeit vom Puffer- und Säureneutralisationsvermögen der Böden. Dies ist von zahlreichen Faktoren abhängig, so zum Beispiel vom Ausgangssubstrat, der Bodenart, der Tonmineralgarnitur, dem Gehalt und der Qualität der organischen Bodensubstanz, insbesondere der Zusammensetzung der Huminsäuren und der Gründigkeit der Böden. Demnach haben sich pH-Werte, Aziditätsgrad, Säure-/Base-Relationen und ggf. phytotoxisch relevante Konzentrationen an Aluminium oder anderen Säurekationen in den Laubwaldböden in den zurückliegenden Jahren unterschiedlich entwickelt.

#### 3.1 pH-Werte der Bodenlösung

Mit Ausnahme der basenreichen Muschelkalk-Standorte Ormesheim und Altheim liegen die pH-Werte der Bodenlösung an den übrigen Standorten im sauren Milieu (Abb. 25).

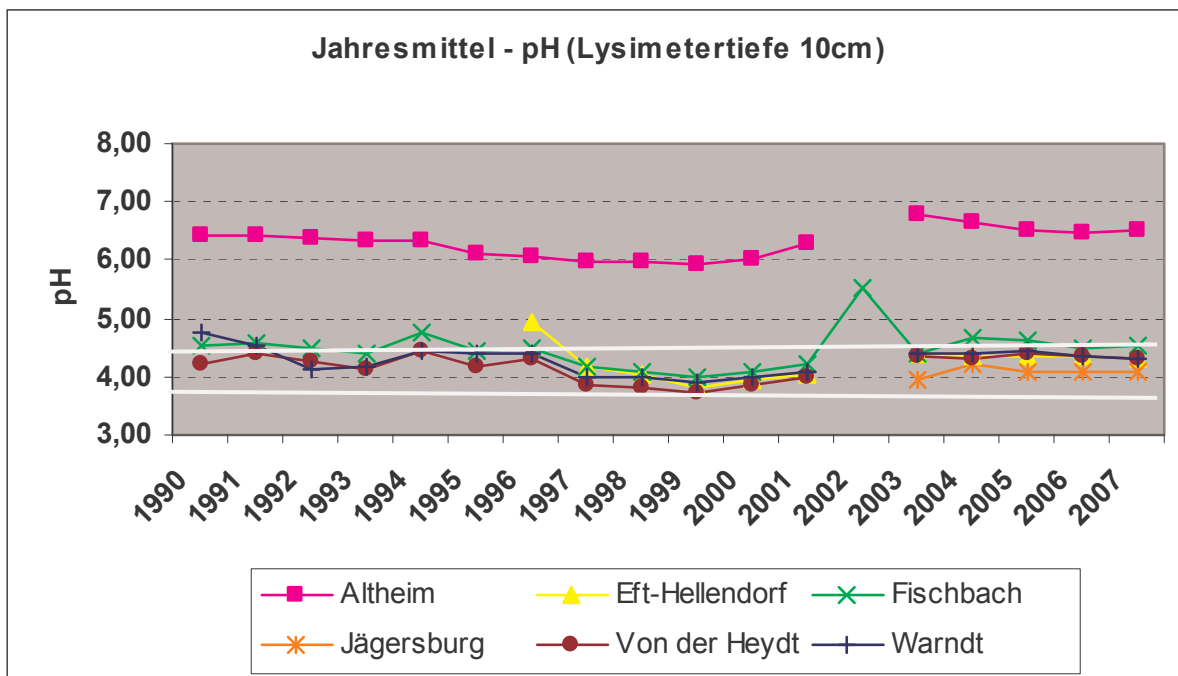


Abb. 25: Jahresmittel des pH-Wertes der Bodenlösung (Tiefenstufe 10 cm) für die Stationen Altheim, Eft-Hellendorf, Fischbach, Jägersburg, Von der Heydt und Warndt von 1990 bis 2007. Die weißen Balken markieren die Ober- und Untergrenze des Al-Pufferbereiches in Böden.

In der Hauptwurzelzone in 10 bis 25 cm Tiefe befinden sie sich an den Standorten Eft-Hellendorf, Fischbach, Jägersburg, von der Heydt und Warndt aktuell im Aluminium-Pufferbereich zwischen pH 4,0 bis pH 4,3. Dieser Trend setzt sich bis in den tieferen Unterboden fort.

Die Entwicklung der pH-Werte des Sickerwassers korreliert eindeutig mit dem Aziditätsgrad der Bodenlösung, definiert durch das Verhältnis von basischen Kationen (Ca, Mg, K, Na) zu säurebildenden Kationen (Al, Fe, Mn, H) ohne  $\text{NH}_4$ , d.h. insbesondere an den basenarmen Standorten nahm der Aziditätsgrad in den vergangenen Dekaden kontinuierlich zu.

## 3.2 Kennwerte der Säuretoxizität

### 1. Aluminium im Sickerwasser

Böden bilden im natürlichen Stoffhaushalt ein wirksames Puffersystem, um eingetragene Stoffe aufzunehmen und zu immobilisieren. Langanhaltende Einträge von Säuren führen im Boden jedoch zu einem allmählichen Verlust seiner Pufferfunktion im Stoffkreislauf. Böden aus nativ sauren Substraten, wie sie für zahlreiche saarländische Wälder typisch sind, zeigen die größten Funktionsstörungen. Dort ist die Bodenversauerung bereits weit fortgeschritten.

Unter diesen Bedingungen werden eingetragene Säuren durch die Freisetzung von Aluminium-Ionen aus Tonmineralen und Primärsilikaten gepuffert, die zum Teil ökophysiologisch wirksame Konzentrationen an  $\text{Al}^{3+}$  in der Bodenlösung erreichen können. Zudem besteht bereits die Gefahr einer irreversiblen Veränderung der Tonmineralgarnitur bis zur fortschreitenden Tonmineralzerstörung. Unter bodensauren Bedingungen geht die biologische Aktivität in den Oberböden zurück, was zu einer Verschlechterung der Humusqualität führen kann.

In den vergangenen Jahren sind folglich die  $\text{Al}^{3+}$ -Gehalte in der Bodenlösung angestiegen, was insbesondere an den basenarmen und retentionsschwachen Standorten Von der Heydt, Jägersburg und Eft-Hellendorf bis im tieferen Sickerwasser nachweisbar war. Dies ist insbesondere in den tieferen Bodenhorizonten ab 100cm Tiefe besorgniserregend, da hier das Aluminium mit dem Sickerwasser die Bodenschicht verlassen kann.

### 2. Säure/Base-Relationen

Dabei handelt es sich offenbar nicht allein um Auswaschungsphänomene von Basen, sondern zudem um qualitative Veränderungen in der Tonmineralgarnitur, was anhand des molaren Verhältnisses von Al zu Ca in der Bodenlösung erkennbar ist (Abb. 26). Der Anstieg des molaren Verhältnisses von Al zu Ca ist insgesamt auf eine zunehmende Verarmung der Standorte an Basen (Ca, Mg, K) bei gleichzeitigem Anstieg an Säurekationen (Al, Fe, H) durch fortschreitende Versauerung und Veränderung der Tonminerale zurückzuführen.

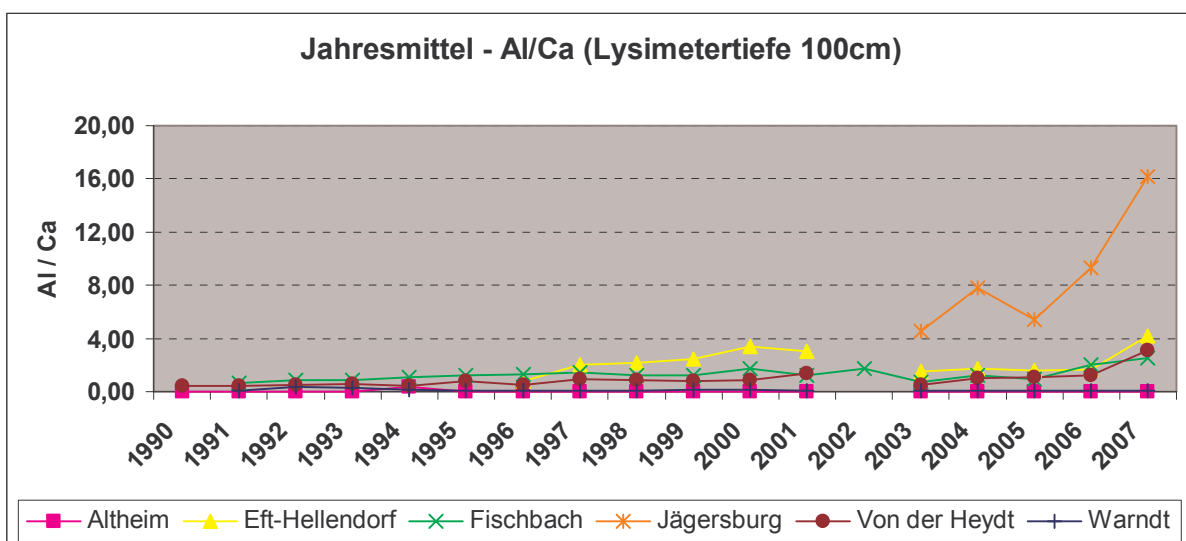


Abb. 26: Jahresmittel des molaren Verhältnisses von Aluminium zu Calcium (Al/Ca) in der Bodenlösung (Tiefenstufe 100 cm) für die Stationen Altheim, Eft-Hellendorf, Fischbach, Jägersburg, Von der Heydt und Warndt von 1990 bis 2007



In der Bodenlösung in 100cm Tiefe ist dabei insbesondere an dem Buntsandstein-Standort Jägersburg das Al/Ca-Verhältnis deutlich angestiegen. Mit Ausnahme der basenreichen Muschelkalkstandorte (Beispiel Altheim) folgen die übrigen Standorte diesem Trend (Abb. 26). Dies zeigt auch, dass die Unterböden (tiefere Horizonte) dieser Standorte keine ausreichende Pufferkapazität aufweisen.

Für Laubwaldbestände bedeutet dies ein erhöhtes Risiko für Aluminiumstress und eine Behinderung in der Aufnahme der wichtigen Nährstoffe Calcium, Magnesium und Kalium in die Pflanzenwurzeln. Außerdem können Basenverluste und erhöhte Aluminiumkonzentrationen in der Bodenlösung das Wurzelwerk, insbesondere Feinwurzeln, schädigen und zur Flachgründigkeit der Baumwurzeln beitragen.

Unter den sauren und retentionsarmen Böden werden nicht nur toxisches Aluminium, sondern zunehmend auch weitere Säurekationen, wie Eisen und Wasserstoff, in die Bodenlösung freigesetzt, obwohl sich die pH-Werte in der Bodenlösung noch im Al-Pufferbereich befinden. Gerade die Buntsandstein- und Quarzitstandorte zeigen aber seit einigen Jahren ein steigendes molares Verhältnis von Fe und H in Relation zu Ca im Sickerwasser, was ebenfalls bis in 100cm Tiefe nachweisbar ist (Abb. 27).

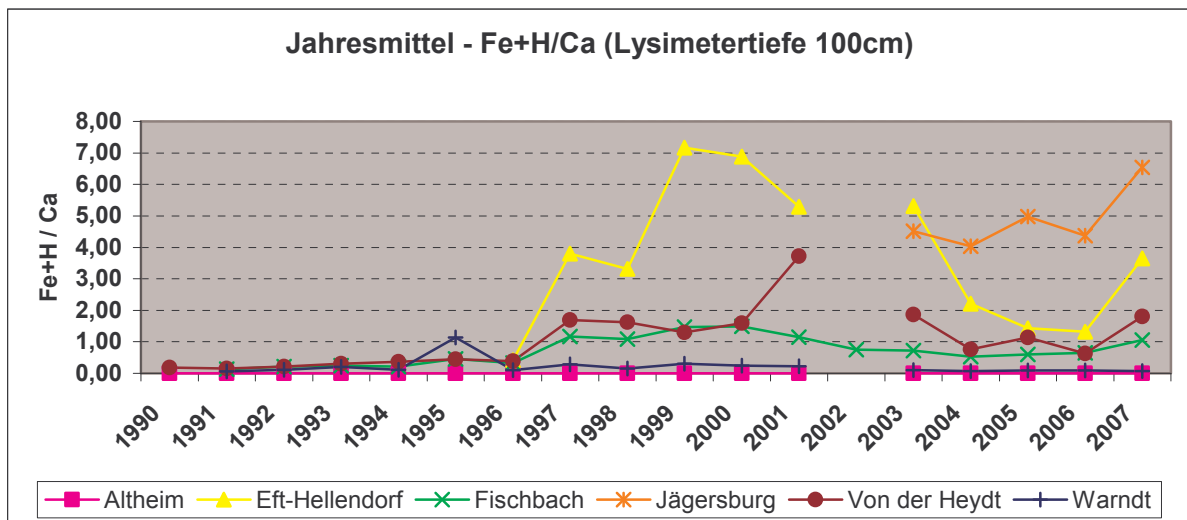


Abb. 27: Jahresmittel des molaren Verhältnisses von Säurekationen (Fe+H) zu Calcium (Fe+H/Ca) in der Bodenlösung (Tiefenstufe 100 cm) für die Stationen Altheim, Eft-Hellendorf, Fischbach, Jägersburg, Von der Heydt und Warndt von 1990 bis 2007

## 4. Konsequenzen

Die aktuellen Untersuchungsergebnisse aus den Umweltmonitoringflächen in den Wäldern des Saarlandes belegen, dass sich der negative Trend für die Waldökosysteme auf Böden aus basenarmen Ausgangssubstraten (Buntsandstein, Quarzit) seit Beginn der Untersuchungen im Jahr 1990 fortsetzt.

Diese Standorte machen im Saarland ca. 2/3 der Waldflächen aus. Besorgniserregend ist insbesondere, dass auch basen- und nährstoffreichere Standorte, wie der Saarkohlenwald, nicht aus dieser Tendenz ausgeklammert werden können. Die genannten Prozesse verlaufen hier nur verlangsamt.

Lediglich die basenreichen Standorte aus Muschelkalk können die externen Säureeinträge abpuffern.

Waldbauliche Maßnahmen sind nur in sehr eingeschränktem Maße geeignet, diese Tendenzen aufzuhalten oder gar umzukehren. Um eine nachhaltige forstliche Nutzung gerade der bodensauren Quarzit- und Buntsandstein-Standorte sicherzustellen, ist eine konsequente Fortführung der Kompensationskalkung mit dolomitischen Kalken unabdingbar. Da einigen Standorten aus ökonomischer Sicht eine besondere Bedeutung für die Forstwirtschaft im Saarland zukommt, müssen auch hier mittelfristig Boden-Restaurationsmaßnahmen in Angriff genommen werden, selbst wenn die Böden über bessere Bodeneigenschaften verfügen.

## Waldkalkung im Staatswald

Die kontinuierlichen, atmosphärischen Stoffeinträge mit ihren negativen Auswirkungen auf Waldbestände und Bodenzone verlangen von der forstlichen Praxis eine Handlungsmaxime, die neben flankierenden waldbaulichen Maßnahmen auch das Instrument der Kompensationskalkung einbezieht. Ziel dieser Kalkungsmaßnahmen ist die annähernde Neutralisation der eingetragenen, luftbürtigen sauren Depositionen im Boden.

Von den rd. 40.000 ha Staatswald im Saarland ist etwa die Hälfte der Fläche prioritär kalkungsbedürftig (siehe Abb. 28). Die Waldkalkung wurde Ende 2005 im südöstlichen Saarland begonnen und soll in wenigen Jahren abgeschlossen sein. Es wird eine Kalkgabe (Magnesiumkalk) von 3 t je Hektar in einer Korngröße bis zu 2 mm ausgebracht. Die Kalkausbringung erfolgt mittels Hubschrauber in Streutechnik, die eine gleichmäßige Verteilung des Kalkes garantiert.

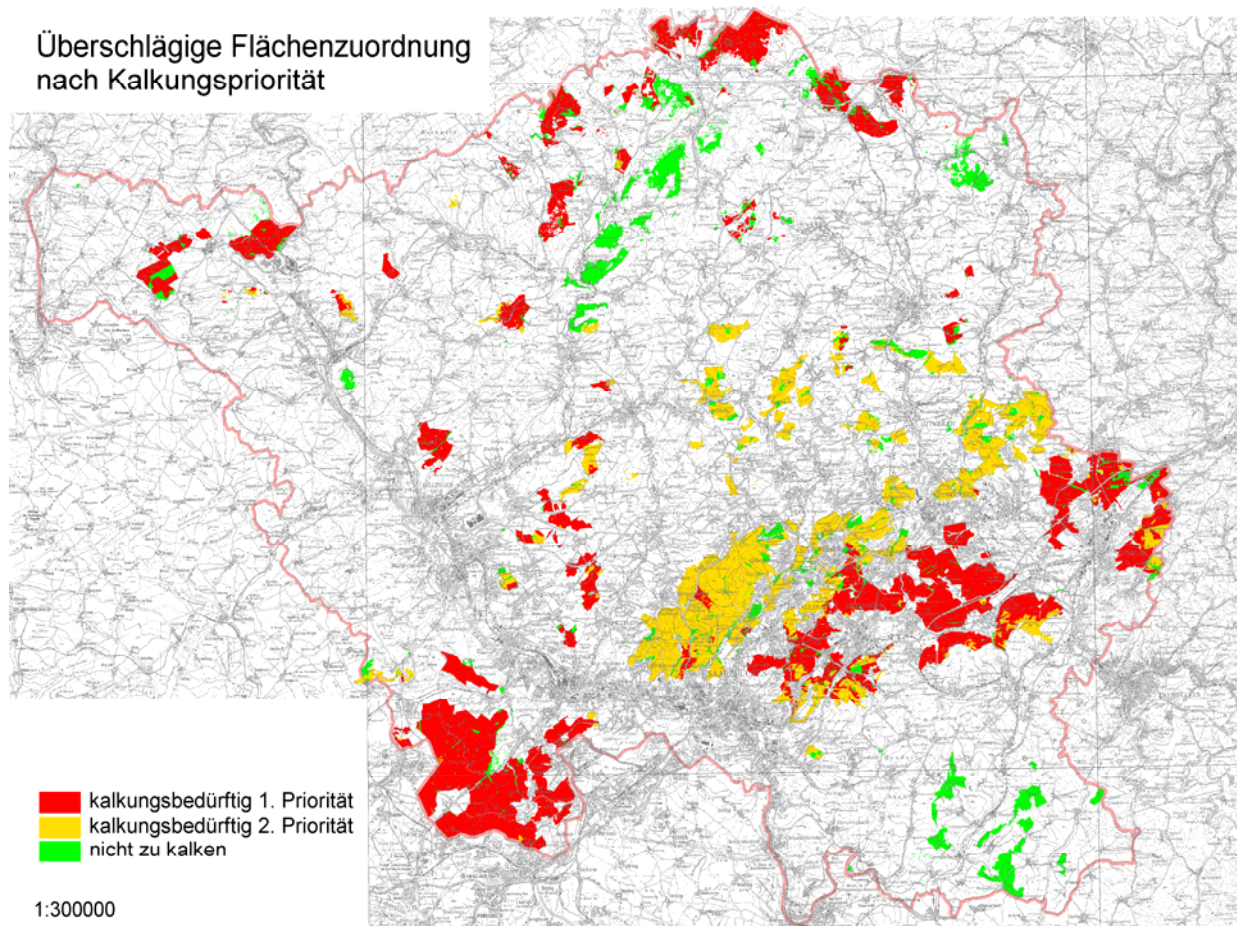


Abb. 28: Kalkungsbedürftige Flächen des Staatswaldes im Saarland

Die Waldkalkung wird durch ein umfangreiches Untersuchungsprogramm begleitet. Es dient sowohl der Erfassung der aktuellen Bodenversauerung vor der Kalkung als auch zur Wirkungskontrolle nach erfolgter Kalkapplikation. Neben der Entnahme von Bodenproben werden auch Blätter und Nadeln zur Kennzeichnung der Nährstoffversorgung des aufstockenden Bestandes gewonnen. Das Verfahren wird naturschutzfachlich und – rechtlich begleitet. Von der Kalkung ausgeschlossen werden, nach jeweiligen naturschutzfachlichen Prüfungen, kalkungssensible Biotope wie z.B. grundwasserbeeinflusste Standorte, Naturschutzgebiete und Naturwaldzellen. Des Weiteren führen in den dicht besiedelten Arealen Verkehrsadern und Siedlungsnähe zu Ausschlussflächen.

Tab. 4 zeigt einen Überblick über die bislang gekalkten Flächen im saarländischen Staatswald.

	Fläche in ha		
	2005/2006 Raum Homburg	2006/2007 Raum Kirkel und Rohrbach	2007/2008 Raum St. Ingbert und Saarbrücken
Gesamtfläche	3.018	3.791	3.621
Ausschlussfläche	1.141	475	417
Pufferfläche	427	1.276	183
<b>Gekalkte Fläche</b>	<b>1.450</b>	<b>2.040</b>	<b>3.021</b>
	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
Ausschlussfläche	38 %	12 %	12 %
Pufferfläche	14 %	34 %	5 %
<b>Gekalkte Fläche</b>	<b>48 %</b>	<b>54 %</b>	<b>83 %</b>

Leitindikatoren für eine Kalkbedürftigkeit der Böden sind der pH-Wert und die Basensättigung an der Austauschkapazität. Böden mit pH-Werten von < 4,2 gelten als kalkungsbedürftig, < 3,8 sogar als dringend kalkungsbedürftig. Ergänzend wird die Basensättigung zu Rate gezogen: Sinkt sie unter 15 % an der Gesamtaustauschkapazität, so liegt ein weiterer Beleg für die Notwendigkeit einer Kompensationskalkung vor.

Die bislang analytisch untersuchten Kalkungsareale im südöstlichen und südlichen Saarland (Raum Homburg, St. Ingbert und Saarbrücken) konnten an Hand der Leitindikatoren ohne Ausnahme als kalkungsbedürftig, häufig sogar als dringend kalkungsbedürftig klassifiziert werden. Die Daten dokumentieren die fortgeschrittene Basenverarmung und geringe Elastizität der Böden zur Abpufferung weiterer Säureeinträge. Die nächste Kalkungsmaßnahme wird im Winterhalbjahr 2008/2009 im Warndt durchgeführt. Hier zeigen die Bodenanalysen örtlich noch eine gewisse Restwirkung der in den 80er Jahren erfolgten Kalkung mittels Verblasungstechnik. Diese Wirkung beruht auf der ungünstigen flächenmäßigen Verteilung des Kalkes bei dem Verblasungsverfahren. Der überwiegende Teil der Flächen ist jedoch auch nach analytischer Betrachtung als kalkungsbedürftig anzusprechen.

## Tonmineralogische Untersuchungen

Die Kalkungsmaßnahmen werden zusätzlich durch tonmineralogische Untersuchungen begleitet. Diese Spezialanalysen bilden eine wichtige Entscheidungsgrundlage für die Bewertung des Zustandes der Waldböden.

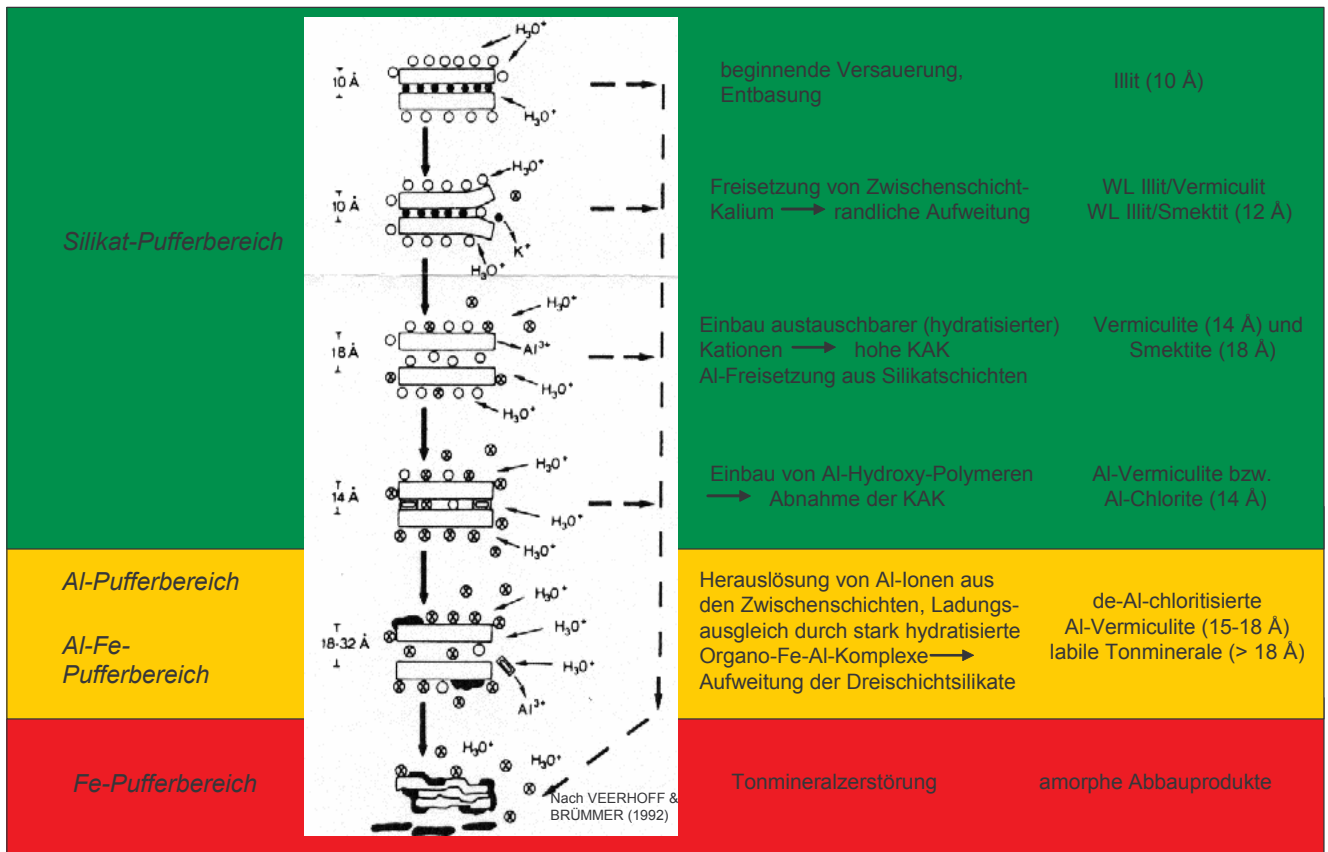
Die Tonminerale beeinflussen aufgrund ihrer speziellen kristallographischen, d.h. blättchenförmigen Struktur in vielfältiger Weise die Reglerfunktionen des Bodens. So spielen die Tonminerale bei der Nährstoffversorgung, als Säurepuffer und als Wasserfilter in karbonatfreien Waldböden eine überaus wichtige Rolle. Dabei unterliegen Tonminerale durch den überhöhten Säureeintrag aus Luftschadstoffen ständigen Veränderungen, was sich negativ auf die Elastizität des Bodens auswirkt. Bei stark versauerten Böden kann eine irreversible Tonmineralzertörung einsetzen. Dagegen können Kompensationskalkungen eine Stabilisierung der Tonminerale bewirken.

Die für die Reglerfunktionen wichtigen Tonminerale sind Drei-Schichtsilikate, bestehend aus einer Oktaeder-Schicht, an die auf der oberen und unteren Seite jeweils eine Tetraeder-Schicht ankondensiert ist. Die Ladung der Schichten ist negativ. Zum elektrostatischen Ausgleich sind Kationen, häufig zusammen mit Wassermolekülen, in einer Zwischenschicht inmitten der einzelnen Schichtpakete (Tetraeder – Oktaeder – Tetraeder-Schicht) gebunden. Diese Tonminerale nennt man je nach Schichtladung und Zwischenschicht-Kationen (K, Ca, Mg, Al) Illite, Smektite, Vermiculite und Al-Vermiculite.

Bei den Vermiculiten und Smektiten müssen, in Abhängigkeit von ihren Zwischenschicht-Kationen, mehrere Entwicklungsstadien berücksichtigt werden. Im ursprünglichen Zustand sind die Zwischenschichten der Vermiculite und Smektite mit Ca- und Mg-Ionen belegt. Im schwachsauren Bereich werden diese Ca-Mg-Ionen gegen Al-Hydroxy-Polymere ausgetauscht, wodurch Al-Vermiculite entstehen. Bei pH-Werten  $< 4,0$ , also im Al-Pufferbereich, werden auch diese Al-Hydroxy-Polymere wieder aus den Zwischenschichten herausgelöst und es entstehen de-Al-chloritisierte Al-Vermiculite. Das Ladungsdefizit wird durch wasserhaltige Organo-Fe-Al-Komplexe ausgeglichen. Je höher der Anteil an diesen wasserhaltigen Organo-Fe-Al-Komplexen ist, desto instabiler ist die Kristallstruktur der Dreischichtsilikate, die letztendlich zerfällt.

In Abb. 29 ist die Verwitterungsreihe in Abhängigkeit vom Pufferbereich schematisch dargestellt.

## Prozesse der Tonmineralumwandlungen



© Dr. Rüdiger Butz-Braun - Tonmineralogische Beratung

**Abb. 29: Prozesse der Tonmineralumwandlungen am Beispiel des Illits in Abhängigkeit vom Pufferbereich nach ULRICH (1986) (abnehmende Schichtladung von oben nach unten)**

Durch röntgendiffraktometrische Untersuchungen nach verschiedenen Behandlungen können die Dreischichtsilikate, je nach ihrem Entwicklungszustand, genau charakterisiert werden.

Bisherige tonmineralogische Untersuchungen im Saarland haben gezeigt, dass insbesondere die Dreischichtsilikate der Böden des Buntsandsteins durch die Bodenversauerung, teilweise bis zu einer Tiefe von 40 cm, in Mitleidenschaft gezogen wurden. An einigen Stellen ist es sogar schon zu einer Zerstörung der Tonminerale, d.h. zu einer irreversiblen Auflösung der Schichtpakete gekommen.

Durch eine Bodenschutzkalkung wird einer weiteren Auflösung und einer damit verbundenen Aluminiumfreisetzung entgegengewirkt. Außerdem können an freien Sorptionsplätzen - besonders in den Zwischenschichten - der Dreischichtsilikate Calcium und Magnesium eingebaut werden und stehen dann wieder längerfristig für die Pflanzenernährung zur Verfügung. So ist auch bei einigen Profilstandorten im Warndt, die Mitte der 80er Jahre gekalkt wurden, häufig noch ein Einbau basischer Kationen in die Zwischenschichten nachweisbar. Im Warndt wird der anstehende Buntsandstein weiträumig von quartären Deckschichten überlagert, deren Tonminerale verwitterungsresistenter, aber auch nährstoffärmer als die des Ausgangssubstrates sind. Darüber hinaus sind diese Decksedimente grundsätzlich sehr quarzreich und damit kaum in der Lage, genügend Nährstoffe nachzuliefern.

Vorläufige tonmineralogische Analysen an Bodenproben aus dem Saarkohlenwald zeigen ein zweigeteiltes Bild. Bei einem Teil der bislang untersuchten Profile sind die Tonminerale noch weitgehend intakt. In anderen Bereichen ist dagegen schon eine tiefgreifende Veränderung der Tonminerale, d.h. ein Verlust an basischen Kationen und vor allem auch an Aluminium eingetreten, so dass die Reglerfunktionen des Waldbodens nicht mehr in ausreichendem Maße gewährleistet sind.







