

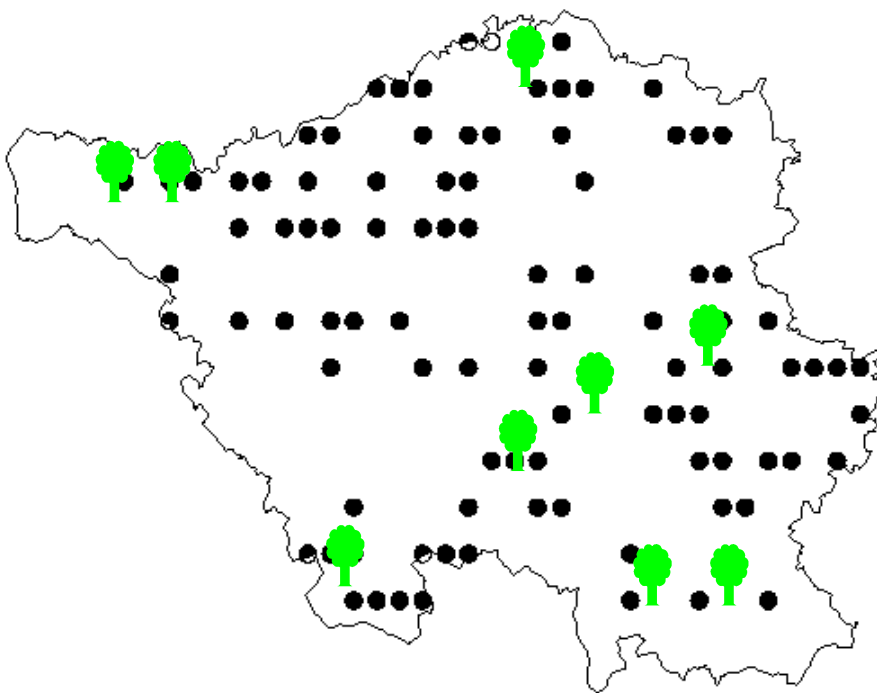
# Forstliches Umweltmonitoring im Saarland

## Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2001

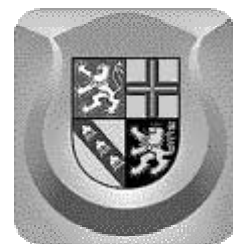
● **Waldschadenserhebung Level I**



**Dauerbeobachtungsflächen Level II**



Saarbrücken, im September 2001



Ministerium für Umwelt

# Inhalt

## ***Forstliches Umweltmonitoring***

	Seite
Forstliches Umweltmonitoring	2
<b><i>Ergebnisse der Waldschadenserhebung 2001 Level I</i></b>	
Gesamtergebnis	3
Ergebnisse im Überblick	5
Veränderungen seit 2000	6
Alle Baumarten	7
Buche	9
Eiche	11
Fichte	14
Kiefer	16
Einfluss der Witterung	18
Verfahren	20
Ergebnistabellen seit 1984	21
<b><i>Ergebnisse der Dauerbeobachtungsflächen Level II</i></b>	
Ergebnisse Level II im Überblick	23
Dauerbeobachtungsflächen im Wald	24
Schwefel- und Stickstoffeinträge	25
Bodenversauerung	26
Bodenlösung und Stoffflüsse	28
Wald und Wasser	33
Nährstoffbilanzen	34
Ernährungssituation der Waldbestände	35
Auswirkungen auf die Waldwirtschaft	37

## Forstliches Umweltmonitoring

Waldstandorte unterliegen heute durch die mit der Luft und den Niederschlägen eingetragenen Mengen an Nähr- und Schadstoffen starken Veränderungen. Die dadurch ausgelösten Prozesse sind wesentlicher Teil der Wirkungskette, die für das Auftreten der sog. "Neuartigen Waldschäden" verantwortlich gemacht werden.

Zur Beobachtung der Waldschadensentwicklung wurde in Deutschland ein zweistufiges System aufgebaut, das als Forstliches Umweltmonitoring bezeichnet wird. Es ist Teil eines EU-weiten Messnetzes, um den Waldzustand anhand einheitlicher Maßstäbe erfassen und bewerten zu können.

Bei der ersten Stufe (**Level I**) handelt es sich um Rastererhebungen im Abstand von 4x4 km. Sie umfassen im Wesentlichen die jährliche Waldschadenserhebung (WSE) über den Kronenzustand der Waldbäume sowie die Bodenzustandserhebung (BZE), die zuletzt 1989 durchgeführt wurde und im ca. 10-15jährigen Turnus wiederholt werden soll.

Die zweite Stufe (**Level II**) stellt ein intensives Monitoring dar, bei dem auf ausgewählten, repräsentativen Waldstandorten forstliche Dauerbeobachtungsflächen unterhalten und bewertet werden. Hier werden monatlich Proben über die Stoffein- und -austräge mit den Niederschlägen und die Dynamik der dadurch ausgelösten Prozesse sowohl in den Waldböden als auch in den Waldbeständen erfasst.

Die Ergebnisse aus diesen beiden Erhebungen stellen eine wesentliche Planungsgrundlage dar, um die Stabilität und Naturnähe des Waldes mit seinen vielfältigen ökologischen und ökonomischen Funktionen nachhaltig zu garantieren. Der Aufbau naturnaher, stabiler und standortgerechter Waldbestände mit intakten Stoffkreisläufen lässt sich nur durch forstliche Maßnahmen in Verbindung mit dem Forstlichen Monitoring gewährleisten.

### Stufen des Forstlichen Umweltmonitorings

Intensitätsstufe	Inventur	zeitl.-räuml. Auflösung	Erfassung	Interpretation
<b>Level I</b> Flächeninventur	WSE	jährlich / mind. 16x16 km Raster	Kronenzustand	repräsentative Trends des Kronenzustandes für Hauptbaumarten
	BZE	alle 10-15 Jahre mind. 8x8 km Raster	Elementgehalte in Blättern	Nährstoffversorgung in Verbindung mit Bodenchemie und Standortsinformationen
Bodenchemie			räumliche Verteilung – Veränderung der bodenchemischen Zustände	
<b>Level II</b> Prozesse in Waldbeständen	Dauerbe- obachtungs- flächen	kontinuierlich / repräsentative Waldbestände	Stoffeinträge mit den Niederschlägen, Stoffausträge mit den Bodenlösungen	Dynamik der Stoffhaushalte und deren Risiken, der Entwicklungstendenzen und der Ernährungszustände Standorte

## -Ergebnisse der Waldschadenserhebung 2001 -

Die Waldschadenserhebung im Saarland erfolgte im Jahr 2001 - zum 17. Mal - als Punktstichprobe in einem 2x4-km-Raster. Über 2300 zufällig ausgewählte Probestämme wurden nach äußerlich erkennbaren Kronenschäden als Weiser für den allgemeinen Gesundheitszustand folgenden Schadensklassen zugeordnet:

**Schadstufe 1:** Schwache Schäden (Warnstufe; Blatt- oder Nadelverluste vorhanden, aber vielfach noch im Rahmen einer natürlichen Schwankung der Belaubungs- bzw. Benadelungsdichte).

**Schadstufe 2-4:** stark und sehr stark geschädigte sowie abgestorbene Bäume. Für die Darstellung der Schadentwicklung werden die deutlichen Schäden ab der Schadstufe 2 als eindeutige (deutliche) Schäden mit mehr als 25% Nadel- bzw. Blattverlust zusammengefasst.

### **Schadensrückgang gegenüber dem Vorjahr**

Im Saarland hat sich im Jahr 2001 bei allen Hauptbaumarten die Vitalität der Baumkronen leicht verbessert. Die Gesamtschäden verringerten sich gegenüber dem Vorjahr um 3 Prozentpunkte auf einen Schadensstand von 11 Prozent bei den deutlichen Schäden und 49 Prozent bei den Gesamtschäden. Die Entwicklung seit 2000 folgt dem allgemeinen Trend der letzten Jahre, verläuft jedoch bei den einzelnen Baumarten und Alterstufen unterschiedlich.

### **Deutliche Schäden: Verbesserung seit 1995**

In der langjährigen Beobachtungsreihe ist seit 1995 eine Verbesserung insbesondere bei den deutlichen Schäden zu verzeichnen. Gute Wachstumsbedingungen mit reichlichen Niederschlägen begünstigten in den letzten Jahren das Waldwachstum. Seit einem Höchststand von 23 % im Jahr 1995 haben sich die deutlichen Schäden auf 11 % halbiert. Dies entspricht dem Schadensstand von 1986.

### **Jeder 2. Baum zeigt Schadsymptome**

In der Gesamtbilanz ist im Wesentlichen eine Verschiebung von den deutlichen zu den schwachen Schäden und weniger von den schwachen Schäden in die Gruppe der ungeschädigten Bäume festzustellen. In der Zeitreihe nahmen daher die schwachen Schäden seit 1995 tendenziell zu. Der Anteil der ungeschädigten Bäume hält sich bei einigen Schwankungen seit 1993 auf einem Stand von um die 50%. Jeder 2. Baum im Saarland zeigt Schadsymptome.

### **- Buchenbestände sind am stärksten geschädigt -**

Die Buche bleibt mit einem Anteil deutlicher Schäden von 23% die am stärksten geschädigte Baumart, gefolgt von Kiefer (10%), Fichte (9%) und Eiche (8 %).

### **-Schadensschwerpunkt in den Altbeständen-**

Kronenschäden treten vornehmlich in älteren Waldbeständen auf: Bei 21 % der älteren, über 60jährigen Bäume und lediglich bei 3% der jüngeren Bäume wurden in diesem Jahr deutliche Schäden festgestellt.

### **Insekten- und Pilzbefall**

Insekten- und Pilzbefall hatten 2001 keinen Einfluss auf das Gesamtergebnis der Waldschadenserhebung. Lediglich bei der Fichte traten im Sommer einzelne Befallsherde der Borkenkäfer (Buchdrucker- *Ips typographus* - und Kupferstecher – *Pytryogenes chalcographus* -) auf. Bei der Eiche kommt es durch das „Eichensterben“ mit Befall des Laubholzprachtkäfers (*Agrilus viridis*) zum Absterben einzelner Stämme in älteren Eichenbeständen, Schäden durch blattfressende Insekten wie Eichenwickler- und Frostspanner (*Tortrix viridana* u. *Operophtera brumata*) spielten in diesem Jahr keine Rolle. Das Erlensterben, einer durch Pilze der Gattung *Phytophthora* verursachten Erkrankung, wurde in Waldbeständen im Saarland bisher nicht beobachtet. Betroffen sind hier v.a. zeitweise überflutete Erlensäume entlang von Gewässern.

Punktuell tritt im Nordsaarland Befall durch den Laubnutzholzborkenkäfer (*Xyloterus domesticus*) an äußerlich vital erscheinenden Buchen auf. Flächige Schäden, wie etwa im benachbarten Rheinland-Pfalz, Luxemburg und Belgien, konnten bislang nicht festgestellt werden.

### **Keine Entwarnung**

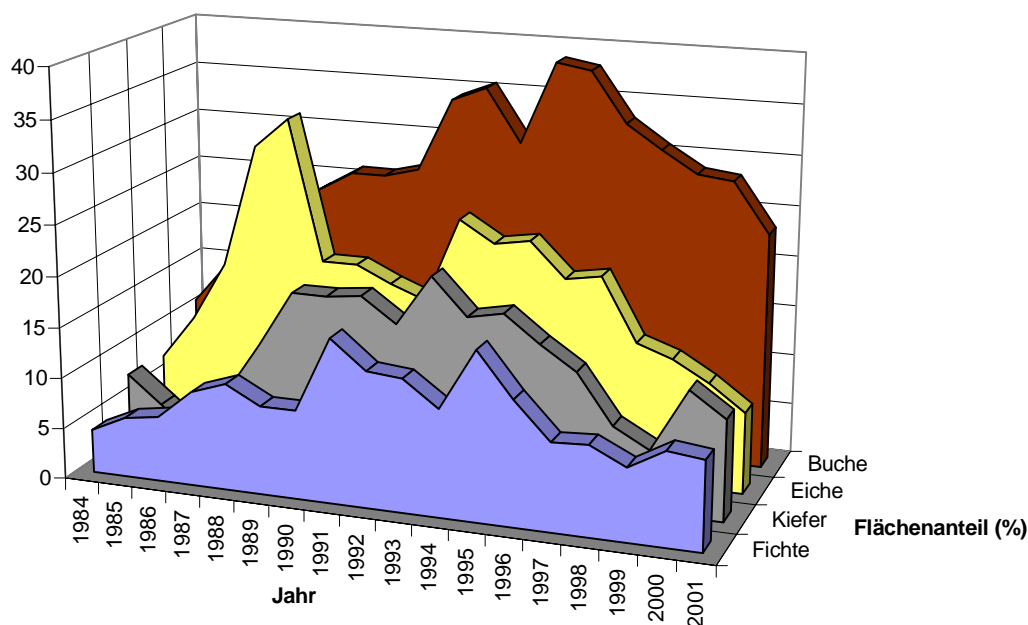
Die günstige Entwicklung der Waldschäden nach äußeren Vitalitätsmerkmalen steht im Gegensatz zu der chemischen Verschlechterung der Waldböden mit anhaltender, durch Schadstoffeintrag verursachter Bodenversauerung und zunehmend schlechterer Nährstoffversorgung der Bäume. Häufig auftretende Wurzeldeformationen mit Absterben tieferreichender Wurzeln weisen darauf hin, dass die Bäume im veränderten Bodenmilieu nachhaltig geschädigt werden, diese Schäden sich jedoch im Moment durch die sehr gute Wasserversorgung der letzten Jahre nicht auf das Kronenbild niederschlagen.

Bei Auftreten zusätzlicher Stressoren, z.B. Trockenstress bei einer Abfolge mehrerer trockener Sommer wie zuletzt in 1989-1993, ist zu befürchten, dass sich äußere Schäden infolge gestörter Wasser- und Nährstoffaufnahme sehr rasch wieder verstärken können.

## Entwicklung der Waldschäden von 2000 auf 2001 im Überblick

	2000	2001
Gesamtschäden	51%	49%
deutliche Schäden	14%	11%
Buche	28%	23%
Eiche	11%	8%
Kiefer	12%	10%
Fichte	9%	9%
deutliche Schäden in älteren Beständen	25%	21%
deutliche Schäden in jüngeren Beständen	5%	3%

**Waldschadenserhebung 1984-2001  
Deutliche Schäden der Hauptbaumarten**



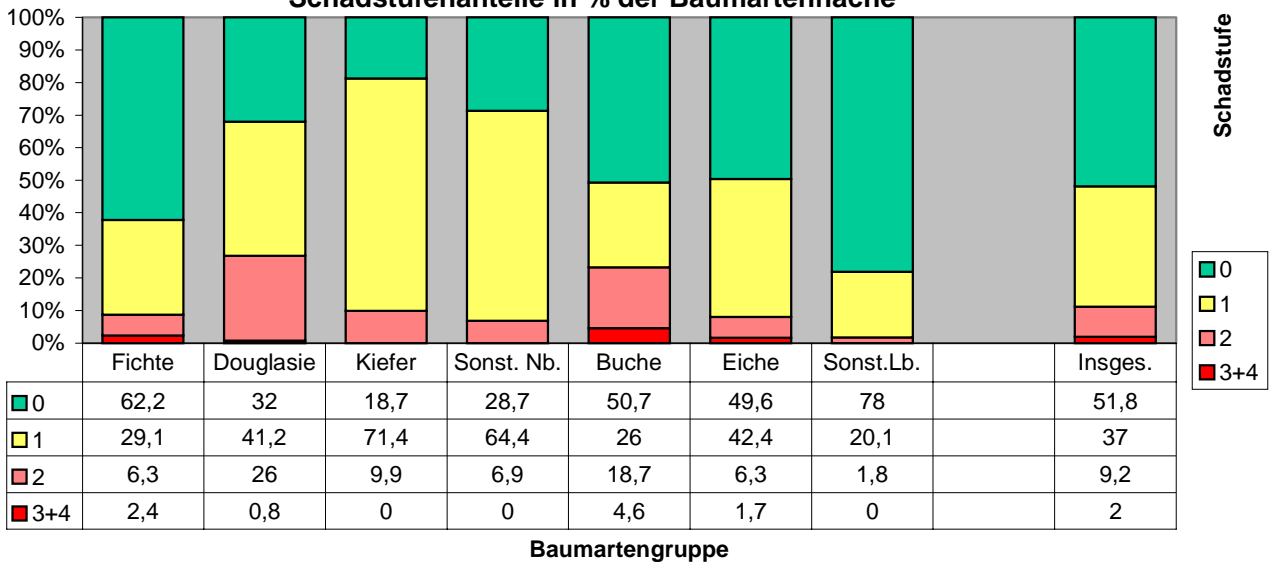
1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
4,3	5,9	6,4	9,3	10,5	8,7	8,7	16,1	13,3	13	10,5	16,5	12,2	8,6	8,8	7,1	9,1	8,7
7,5	4,8	2	6,9	12	17,6	17,6	18	15,6	20,6	17	17,7	15,1	12,8	8	6,1	12,3	9,9
7,1	11,5	17,4	29,7	32,7	18,7	18,7	17,1	15,8	24,2	22,1	22,7	19,3	19,9	13,7	12,5	10,5	8
10,9	14,9	15,9	21,9	23,9	25,9	25,9	26,8	34,1	35,5	30,3	38,5	37,9	33	30,7	28,6	28,2	23,3

*Abb.1 Entwicklung der deutlichen Schäden seit 1984*

**Entwicklung der Waldschäden seit 2000 nach Hauptbaumarten und Alterstufen  
Veränderung in Prozentpunkten Saarland**

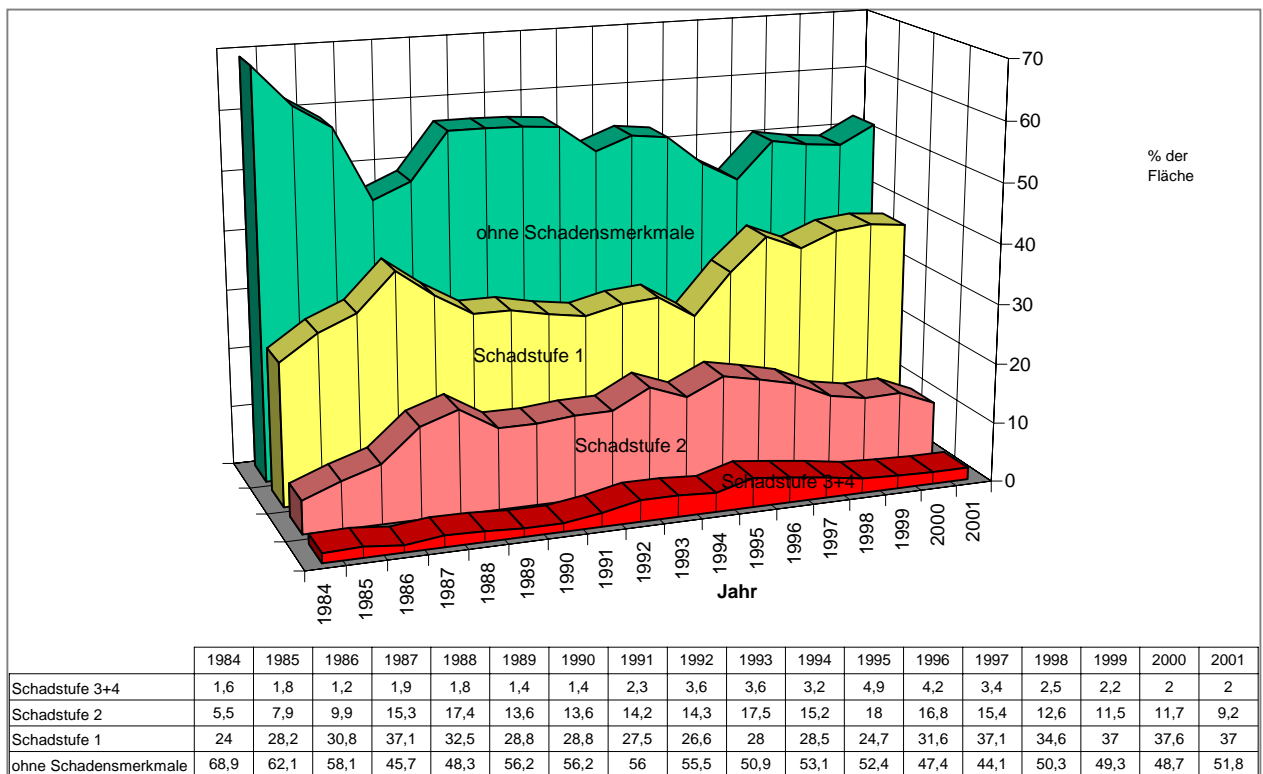
Baumart	Jahr	bis 60 Jahre			über 60 Jahre			GESAMT		
		0	1-4	2-4	0	1-4	2-4	0	1-4	2-4
Fichte	2000	72,6	27,4	5,0	17,8	81,2	23,5	60,8	39,2	9,1
	2001	79,9	20,1	3,8	10,3	89,7	24,1	62,2	37,8	8,7
	Veränd.	<b>7,3</b>	<b>-7,3</b>	<b>-1,2</b>	<b>-7,5</b>	<b>8,5</b>	<b>0,6</b>	<b>1,4</b>	<b>-1,4</b>	<b>-0,4</b>
Douglasie	2000	36,8	63,2	26,6	27,6	72,4	21,5	35,4	64,6	25,8
	2001	35,8	64,2	27,7	11,3	88,7	21,5	32,0	68,0	26,8
	Veränd.	<b>-1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,1</b>	<b>-16,3</b>	<b>16,3</b>	<b>0,0</b>	<b>-3,4</b>	<b>3,4</b>	<b>1,0</b>
Kiefer	2000	37,1	62,9	1,1	11,4	88,6	16,2	18,2	81,8	12,3
	2001	39,0	61,0	1,1	11,6	88,4	13,0	18,7	81,3	9,9
	Veränd.	<b>1,9</b>	<b>-1,9</b>	<b>0,0</b>	<b>0,2</b>	<b>-0,2</b>	<b>-3,2</b>	<b>0,5</b>	<b>-0,5</b>	<b>-2,4</b>
Sonstige Nadelbäume	2000	29,9	70,1	2,5	44,5	55,5	10,6	33,4	66,6	4,4
	2001	22,6	77,4	8,0	47,9	52,1	3,6	28,7	71,3	6,9
	Veränd.	<b>-7,3</b>	<b>7,3</b>	<b>5,5</b>	<b>3,4</b>	<b>-3,4</b>	<b>-7,0</b>	<b>-4,7</b>	<b>4,7</b>	<b>2,5</b>
Buche	2000	96,4	3,6	0,5	13,6	86,4	46,3	46,3	53,7	28,2
	2001	97,4	2,6	0,0	21,1	78,9	38,0	50,7	49,3	23,3
	Veränd.	<b>1,0</b>	<b>-1,0</b>	<b>-0,5</b>	<b>7,5</b>	<b>-7,5</b>	<b>-8,3</b>	<b>4,4</b>	<b>-4,4</b>	<b>-4,9</b>
Eiche	2000	72,4	27,6	6,0	23,2	76,8	13,6	43,3	56,7	10,5
	2001	81,2	18,8	2,2	27,7	72,3	11,9	49,6	50,4	8,0
	Veränd.	<b>8,8</b>	<b>-8,8</b>	<b>-3,8</b>	<b>4,5</b>	<b>-4,5</b>	<b>-1,7</b>	<b>6,3</b>	<b>-6,3</b>	<b>-2,5</b>
Sonstige Laubbäume	2000	78,7	21,3	5,1	60,6	39,4	10,1	75,2	24,8	6,0
	2001	83,1	16,9	1,1	56,7	43,3	5,1	78,0	22,0	1,9
	Veränd.	<b>4,4</b>	<b>-4,4</b>	<b>-4,0</b>	<b>-3,9</b>	<b>3,9</b>	<b>-5,0</b>	<b>2,8</b>	<b>-2,8</b>	<b>-4,1</b>
Alle Baumarten	2000	71,4	28,6	4,7	20,9	79,1	24,8	48,7	51,3	13,7
	2001	75,5	24,5	3,3	23,7	76,3	20,6	51,8	48,2	11,2
	Veränd.	<b>4,1</b>	<b>-4,1</b>	<b>-1,4</b>	<b>2,8</b>	<b>-2,8</b>	<b>-4,2</b>	<b>3,1</b>	<b>-3,1</b>	<b>-2,5</b>

**Waldschadenserhebung 2001 Saarland  
Vergleich der Baumartengruppen  
Schadstufenanteile in % der Baumartenfläche**



*Abb.2 Schädigung der Baumartengruppen im Vergleich*

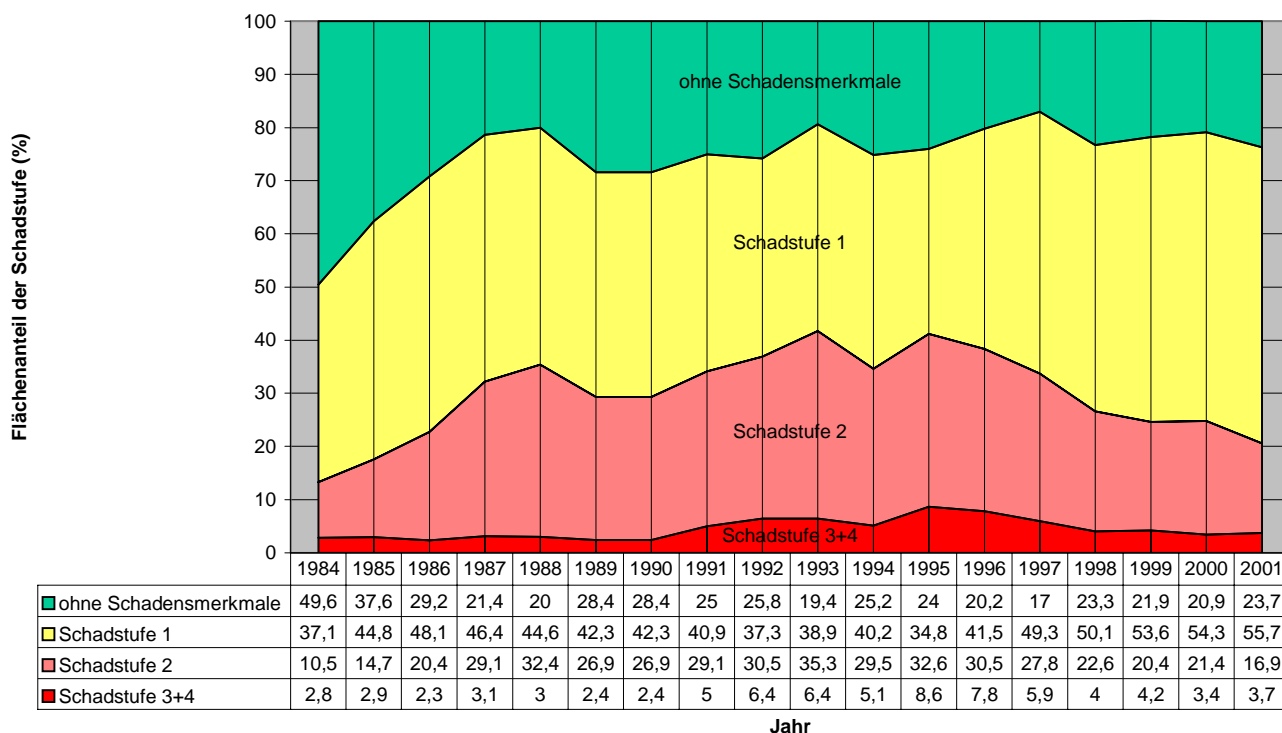
**Waldschadenserhebung 1984-2001: Alle Baumarten und Alterstufen**



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

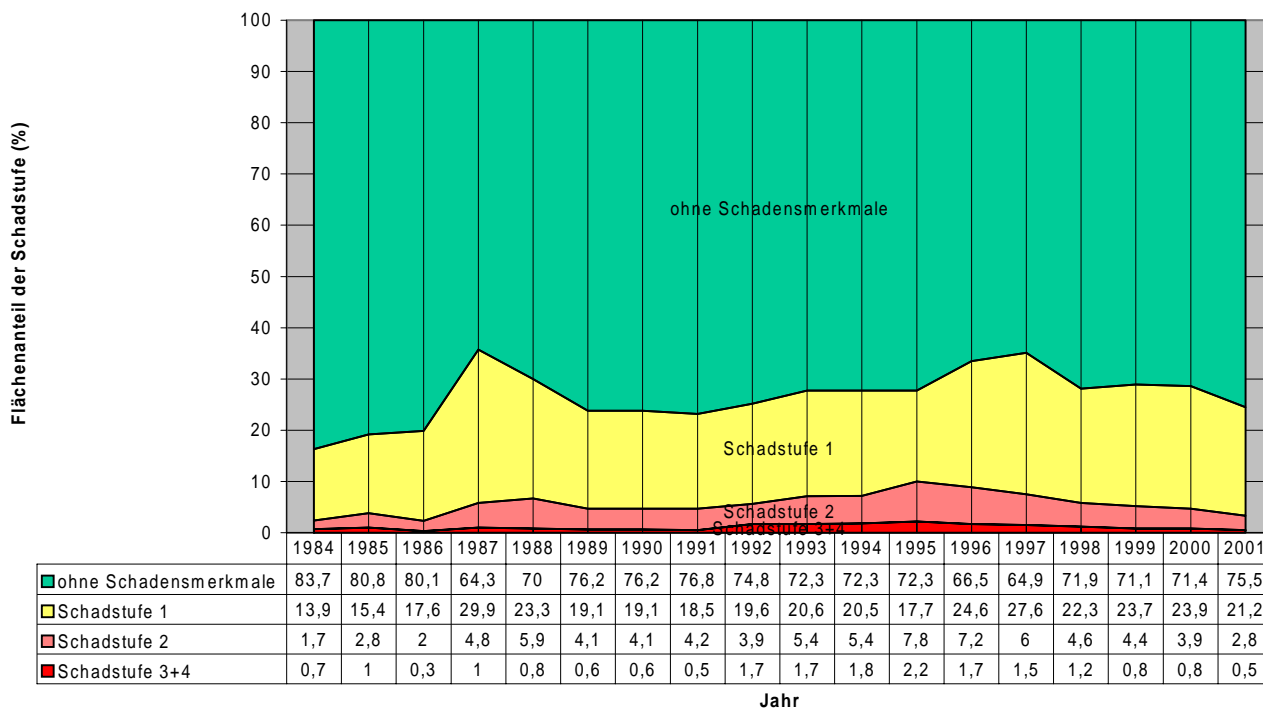


**Waldschadenserhebung Saarland 1984 - 2001  
Alle Baumarten über 60 Jahre**



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

**Waldschadenserhebung Saarland 1984 - 2001  
Alle Baumarten bis 60 Jahre**



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

## Bewertung der Schadenssituation bei den Baumarten im Einzelnen:

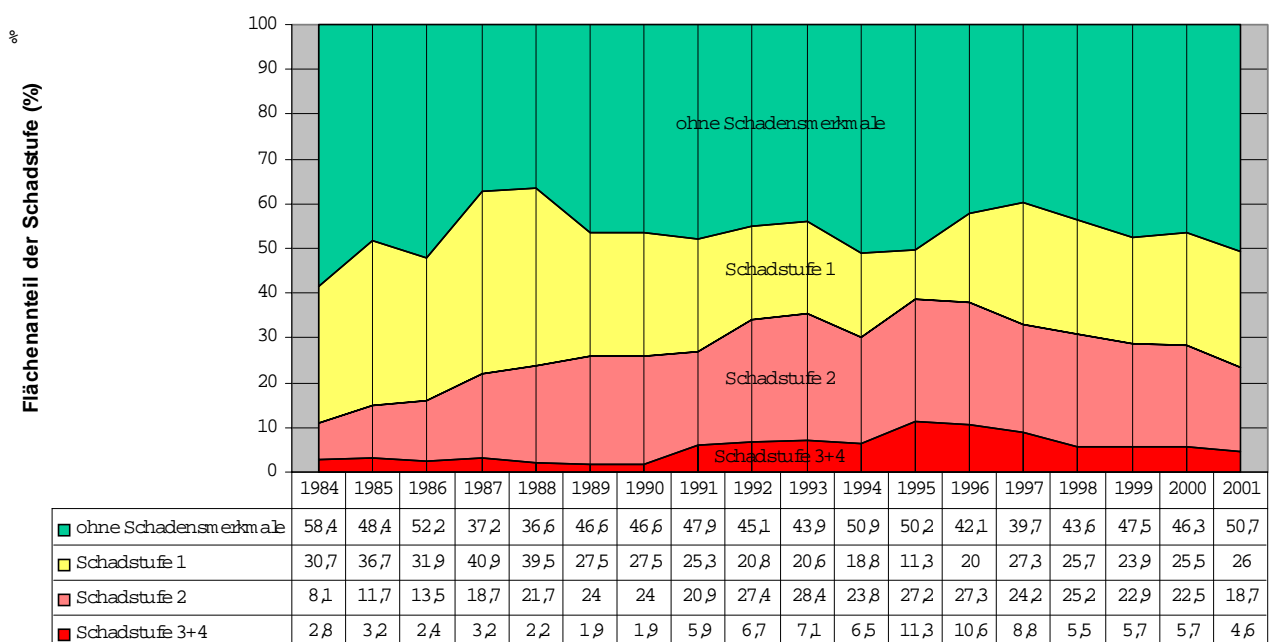
### Buche

In der langjährigen Beobachtungsreihe nahmen die deutlichen Schäden bei der Buche, der mit 23 % Flächenanteil und entsprechend der natürlichen Waldgesellschaften wichtigsten Baumart im Saarland, seit 1984 zunächst kontinuierlich zu und erreichten 1995 mit 39 % einen Höchststand. Seit 1995 ist ein stetiger Rückgang zu verzeichnen, die deutlichen Schäden liegen in 2001 bei 23 % (- 5 Prozentpunkte gegenüber dem Vorjahr).

Dabei verbesserte sich das Schadensbild in allen Altersstufen; die günstigen Witterungsbedingungen der letzten Jahre haben dazu beigetragen, dass Kronenschäden in jüngeren Buchenbeständen nur noch in geringem Umfange auftreten und auch in Altbeständen die deutlichen Schäden seit 1995 um 24 Prozentpunkte auf 38 % zurückgegangen sind.

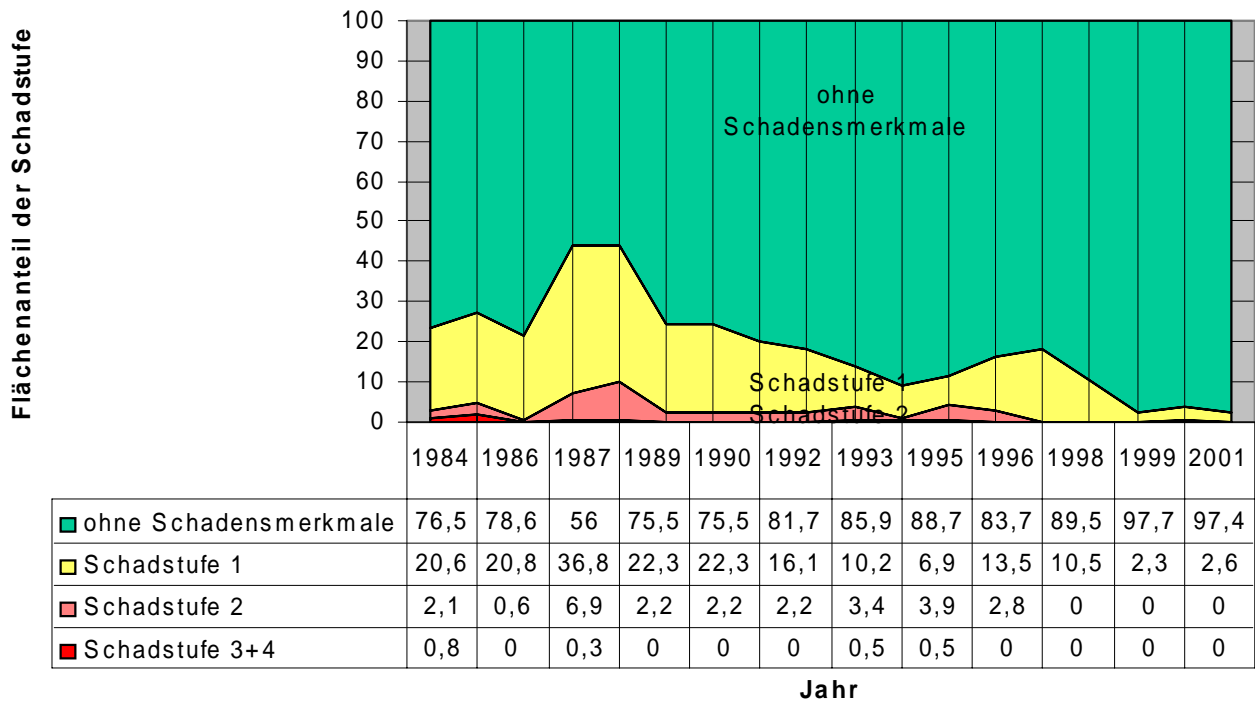
Die Schadenssituation der Buchenaltbestände hat sich damit deutlich entspannt, bleibt jedoch nach wie vor besorgniserregend. Die schweren Schäden (Schadstufe 3+4) nehmen immer noch einen Stand von 8% ein. Zu beobachten ist in den letzten Jahren die Bildung sekundärer Kronen stark vorgeschädigter Buchen im mittleren bis unteren Kronenbereich. Mit Ausbrechen abgestorbener Äste aus der Oberkrone wirken die Bäume oft vitaler als sie eigentlich sind. Einzelwindwürfe belegen, dass viele Altbuchen starke Wurzelschäden aufweisen und in ihrer Standfestigkeit stark beeinträchtigt sind. Oft sind nur noch flache Wurzelteller ausgebildet und lebende stärkere Senkerwurzeln nicht mehr vorhanden. Durch Konzentration der Feinwurzeln auf den Oberboden ist damit eine ausreichende Wasser- und Nährstoffversorgung insbesondere in niederschlagsarmen Jahren gefährdet.

**Waldschadenserhebung 1984 - 2001  
Buche insgesamt**



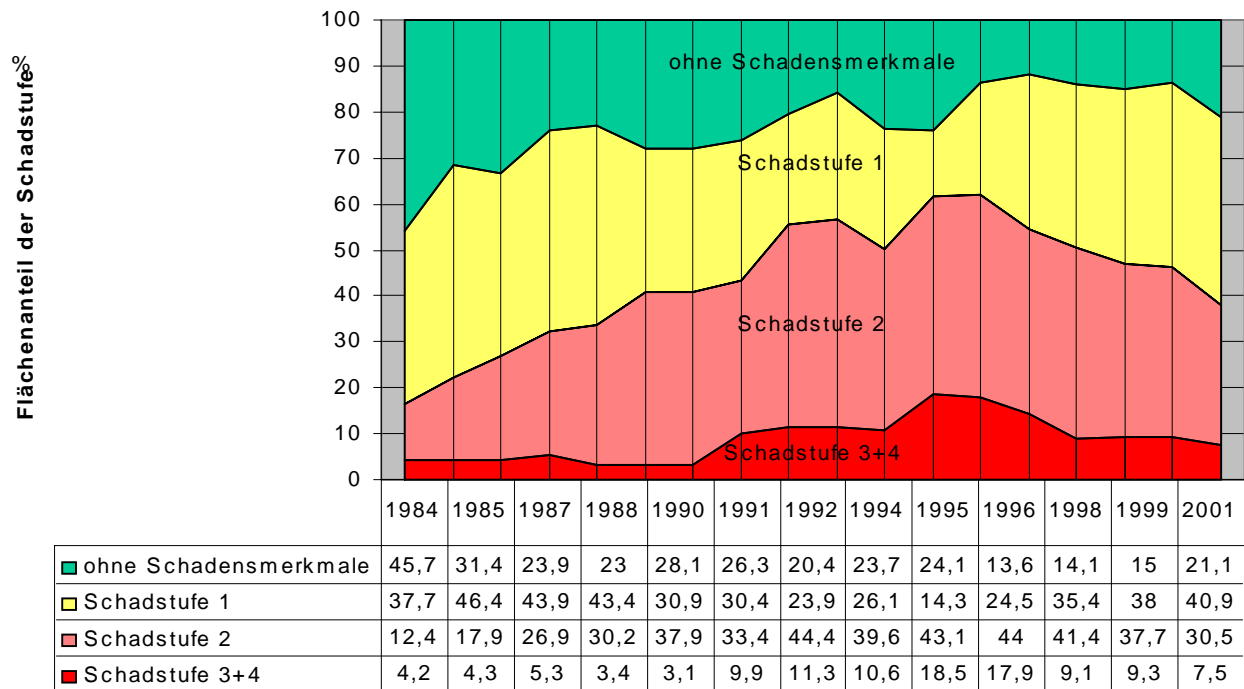
*Abb.6: Entwicklung der Waldschäden der Buche seit 1984*

### Waldschadenserhebung 1984 -2001 Buche bis 60 Jahre



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

### Waldschadenserhebung 1984 -2001 Buche über 60 Jahre



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

## Eiche

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 gleichzeitig günstiger Witterung mit hohem Niederschlagsangebot.

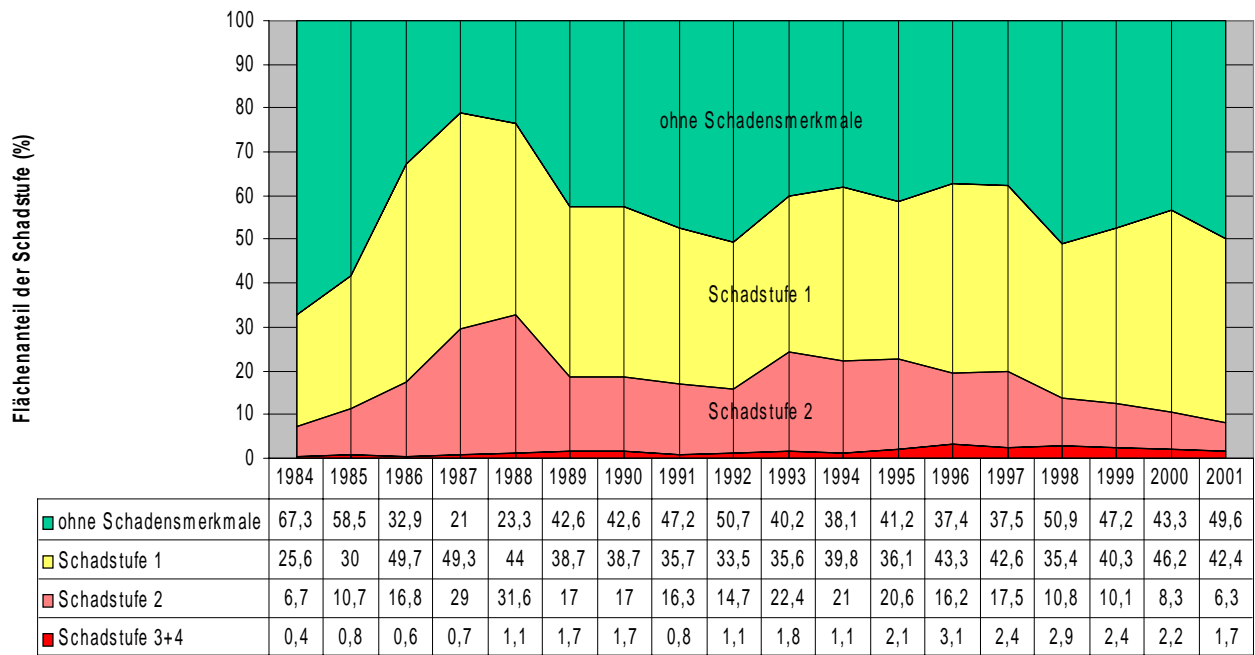
Die deutlichen Schäden bei der Eiche sind nach einem Höchststand von 33 % im Jahre 1988 auf 8% gesunken (2001 - 3%-Punkte). Der Anteil deutlicher Schäden in den älteren Eichen beträgt 12 %, in den jüngeren nur noch 2 %.

Bei einem hohen Anteil der schwachen Schäden (Schadstufe 1) liegt der Anteil der ungeschädigten Eichen insgesamt bei 50% (+ 6 Prozentpunkte gegenüber dem Vorjahr).

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.

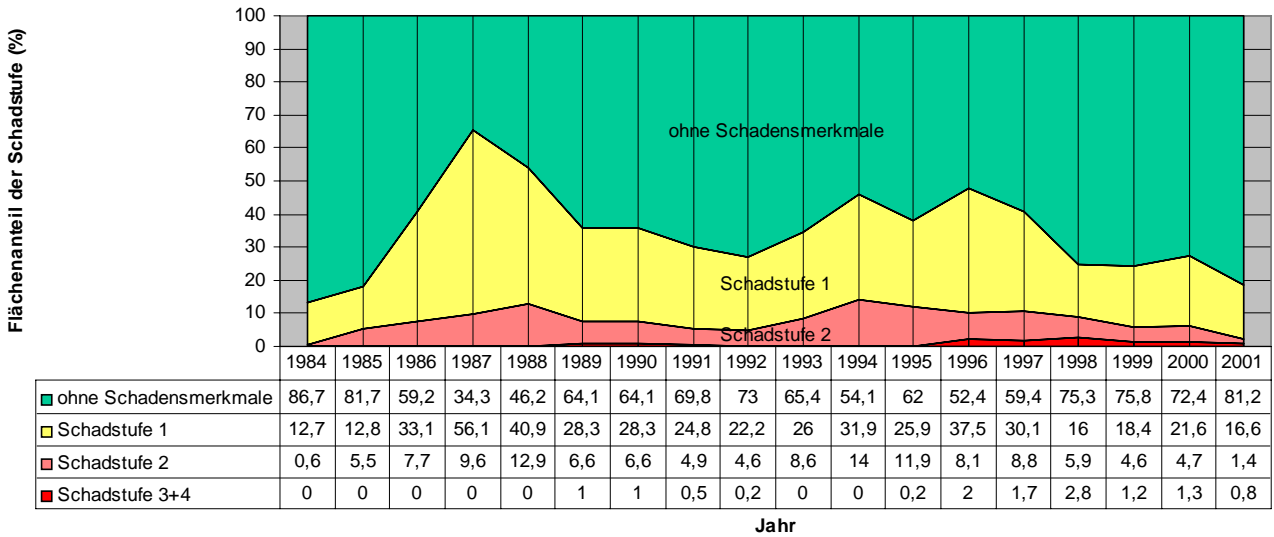
Flächenmäßig zwar weniger bedeutend, vom wirtschaftlichen und ökologischen Schaden jedoch gravierend ist das "Eichensterben". Dabei sterben in älteren Eichenbeständen einzelne Bäume, häufig bislang vitale und großkronige Eichen, nach Aufreißen der Rinde und Schleimfluß innerhalb von 2-3 Jahren ab. Die Ursachen des Eichensterbens sind nicht vollständig geklärt; häufig ist mindestens sekundär der Eichenprachtkäfer beteiligt, der durch querlaufende Fraßgänge seiner Larven die Nährstoff- und Wasserleitung unterbindet.

**Waldschadenserhebung 1984-2001  
Eiche insgesamt**



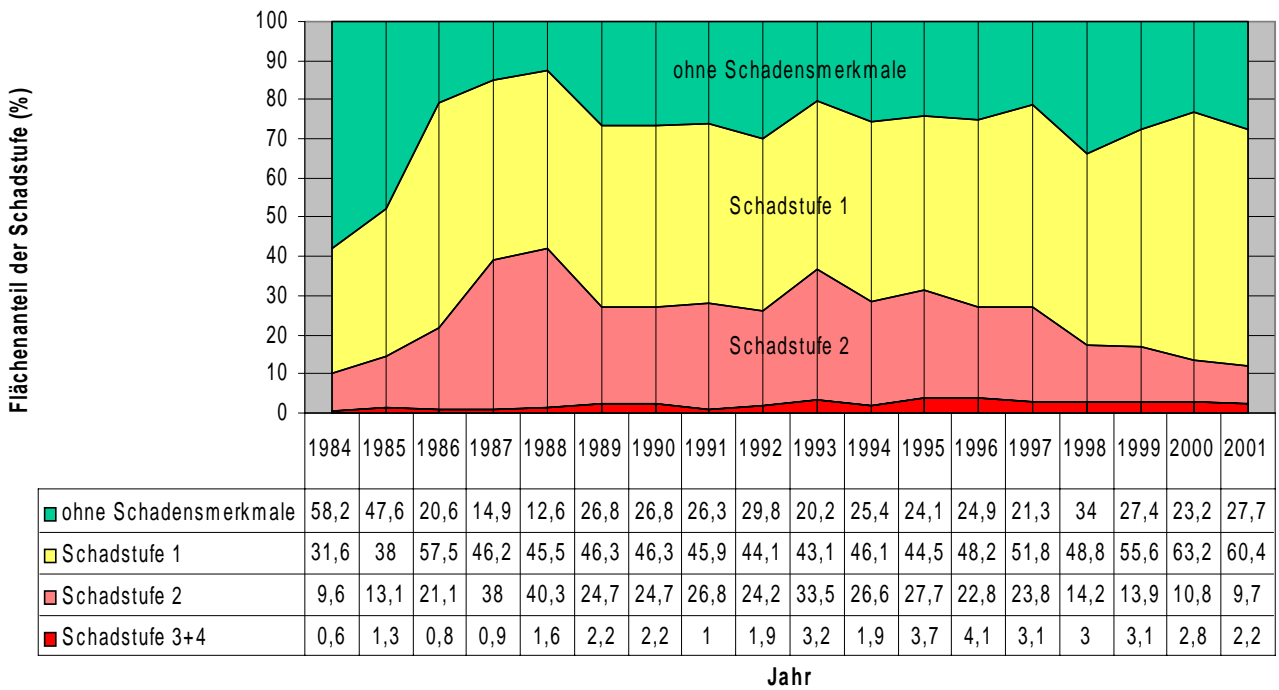
*Abb.9: Entwicklung der Waldschäden der Eiche seit 1984*

**Waldschadenserhebung 1984-2001  
Eiche bis 60 Jahre**



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

**Waldschadenserhebung 1984-2001  
Eiche über 60 Jahre**



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

## Fichte

Die Fichte ist die Baumart, bei der ein Zusammenhang zwischen Schadstoffimmissionen, Bodenversauerung und Kronenschäden am besten untersucht und dokumentiert wurde. Im Saarland wurden schon in den 60er Jahren Rauchschadenszonen ausgeschieden, die den Anbau der Fichte einschränkten.

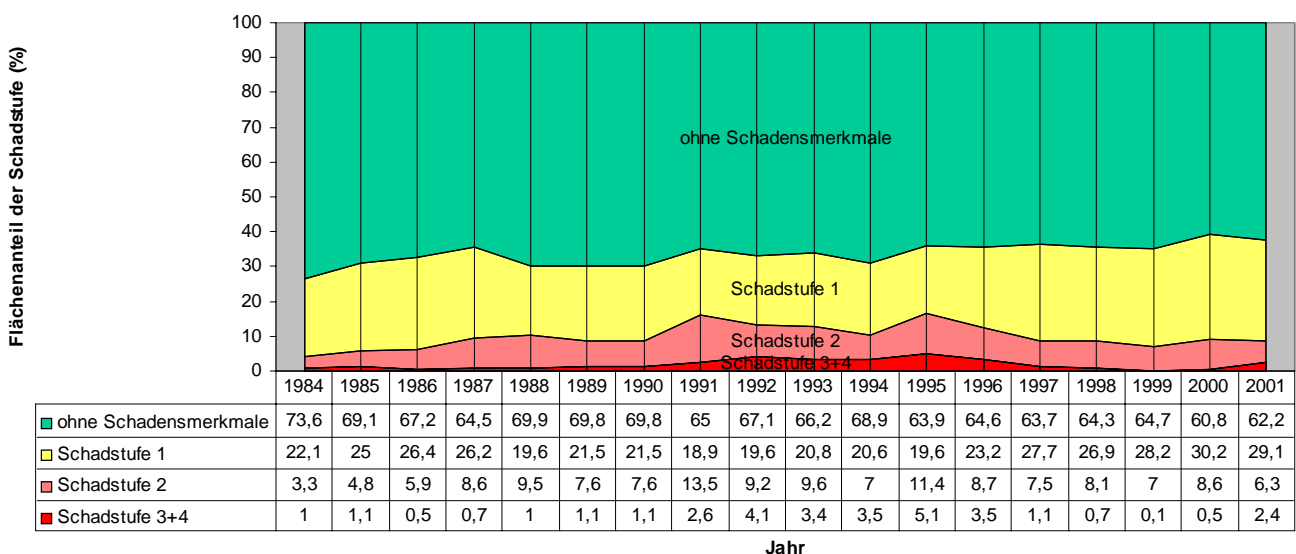
Die ersten Waldschadensuntersuchungen Anfang der 80er Jahre konzentrierten sich im Wirkungsbild zunächst auf die Fichte. Später verlagerte sich der Schadensschwerpunkt auf das Laubholz, insbesondere auf die älteren Bäume. Diese Entwicklung hängt v.a. von der Altersstruktur der Fichte im Saarland ab: Als nicht standortheimische Baumart erreicht die Fichte im Saarland nicht ihre natürliche Altersgrenze. Da jedoch die Schäden mit zunehmendem Alter i.d.R. ansteigen, werden die hohen Schadprozentage der natürlichen Verbreitungsgebiete der Fichte nicht erreicht. Mit den Sturmwürfen des Jahres 1990 wurde die Altersstruktur der Fichte zusätzlich verändert. Den Stürmen fielen hauptsächlich die älteren und die standörtlich labilsten Bestände zum Opfer.

Bei den nach den Sturmwürfen verbliebenen Fichten verstärkten sich zunächst die Kronenschäden durch Folgewirkungen wie Borkenkäferbefall, Schäden durch plötzliche Freistellung (Untersonnung) und Wasserstreß durch Wurzelabrisse. 1995 erreichten die deutlichen Schäden mit 17 % ihr Maximum.

### Zunahme der Schäden in Altbeständen

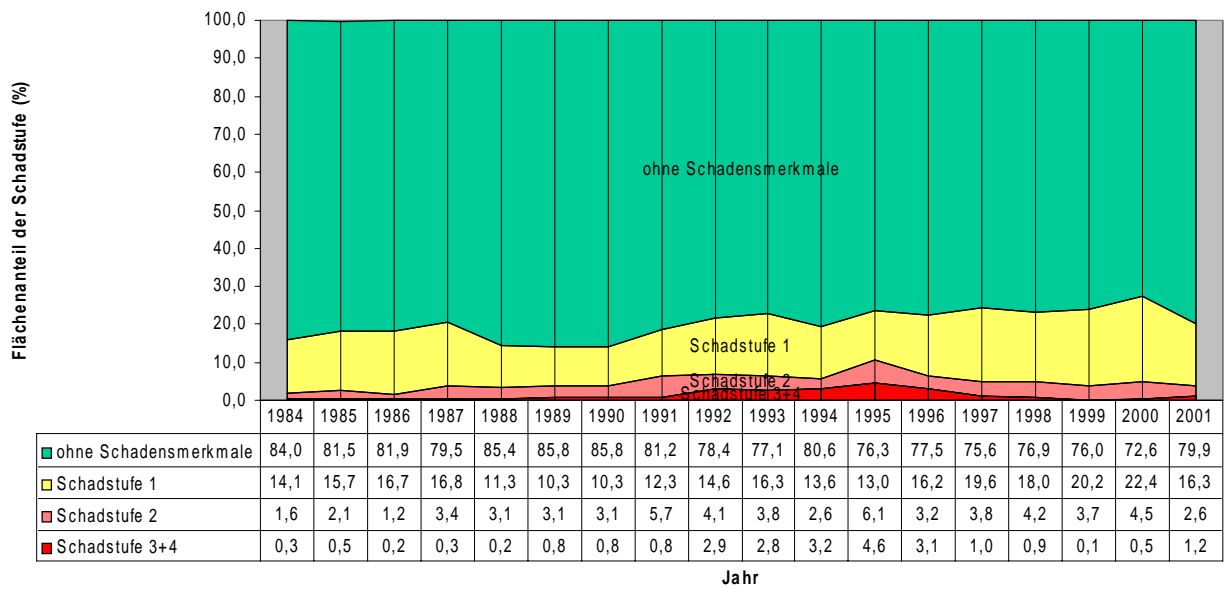
Von 2000 auf 2001 nahmen die deutlichen Schäden in den Altbeständen leicht zu, insbesondere in den Schadstufen 3-4 und der Schadstufe 1. Durch gleichzeitigen Rückgang der Schäden in den Jungbeständen bleibt das Gesamtergebnis für die deutlichen Schäden mit 9 % auf dem Stand des Vorjahres.

**Waldschadenserhebung 1984 - 2001  
Fichte insgesamt**



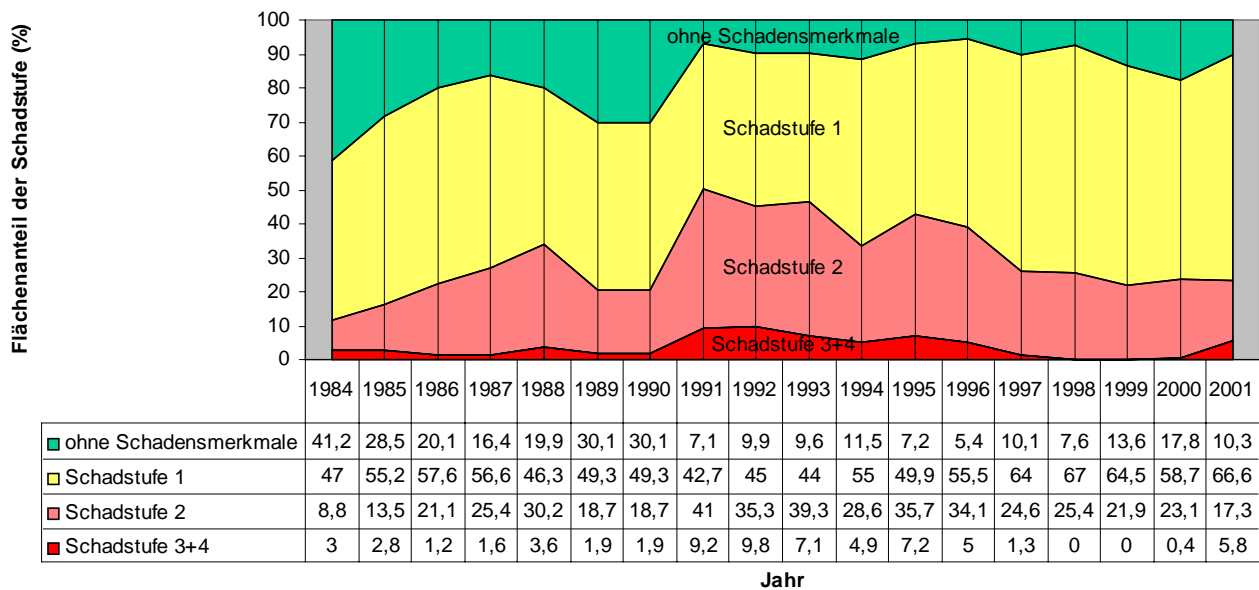
*Abb.12: Entwicklung der Waldschäden der Fichte seit 1984*

**Waldschadenserhebung 1984 - 2001  
Fichte bis 60 Jahre**



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

**Waldschadenserhebung 1984 - 2001  
Fichte über 60 Jahre**



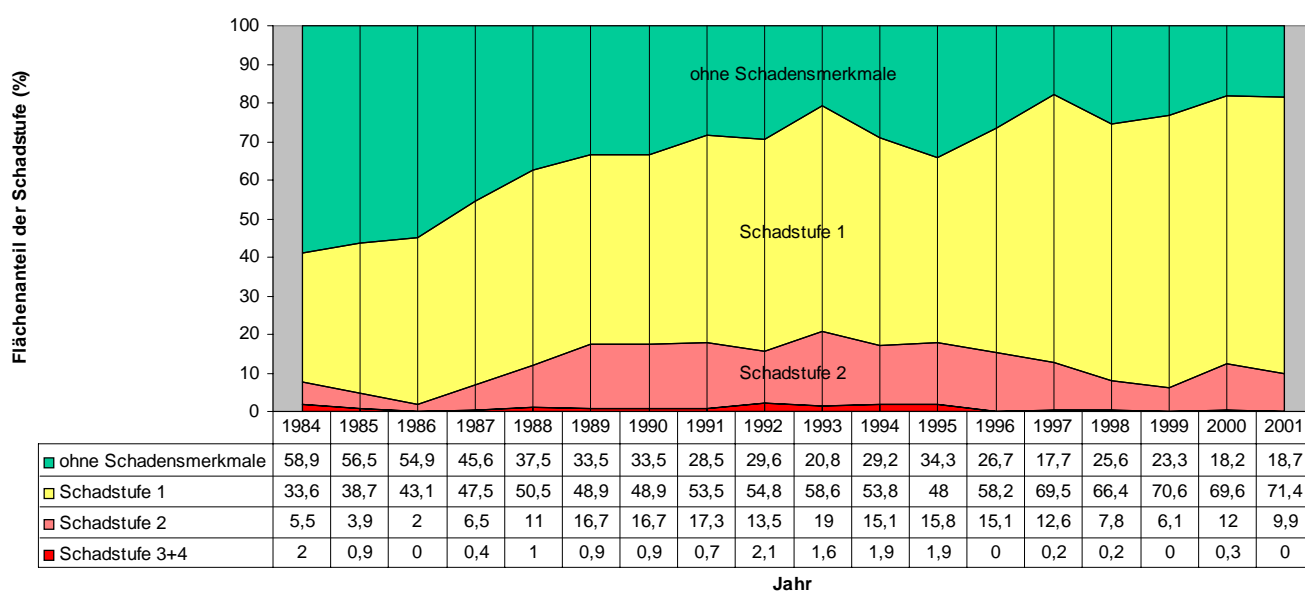
*Abb.14: Entwicklung der Waldschäden seit 1984 für Fichte über 60 Jahre*



## Kiefer

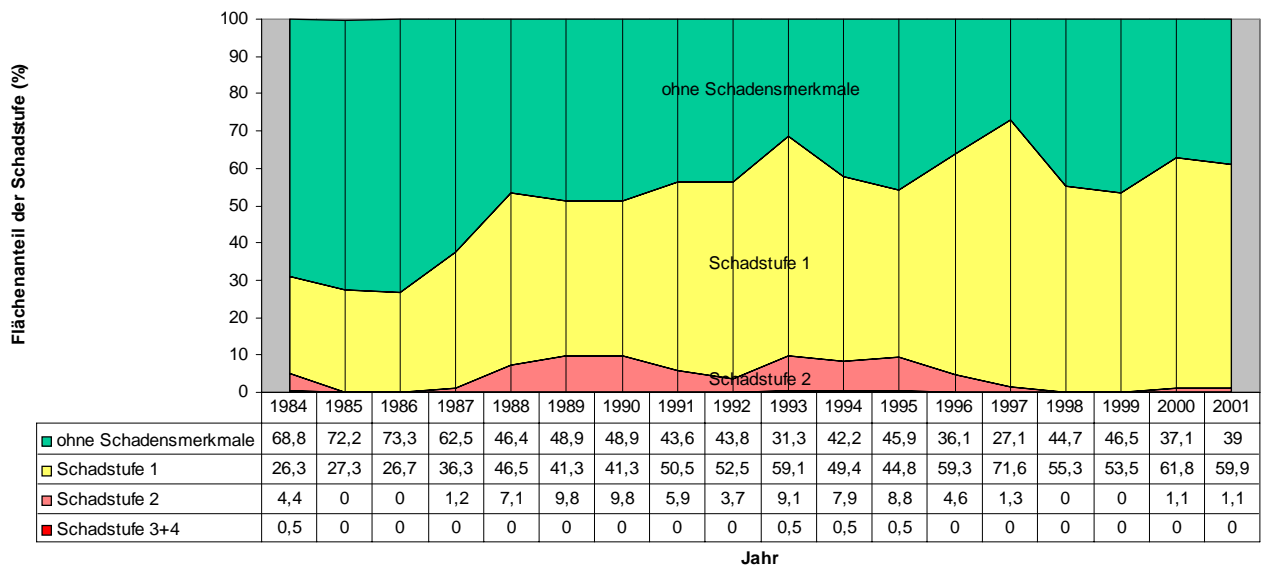
Nach dem Schadensanstieg des Jahres 2000 gingen 2001 die Schäden bei der Kiefer wieder leicht zurück. Die deutlichen Schäden reduzierten sich um 2 Prozentpunkte auf 10%. Die Gesamtschäden liegen bei einem hohen Anteil schwacher Schäden bei 81 %.

**Waldschadenserhebung 1984 - 2001  
Kiefer insgesamt**



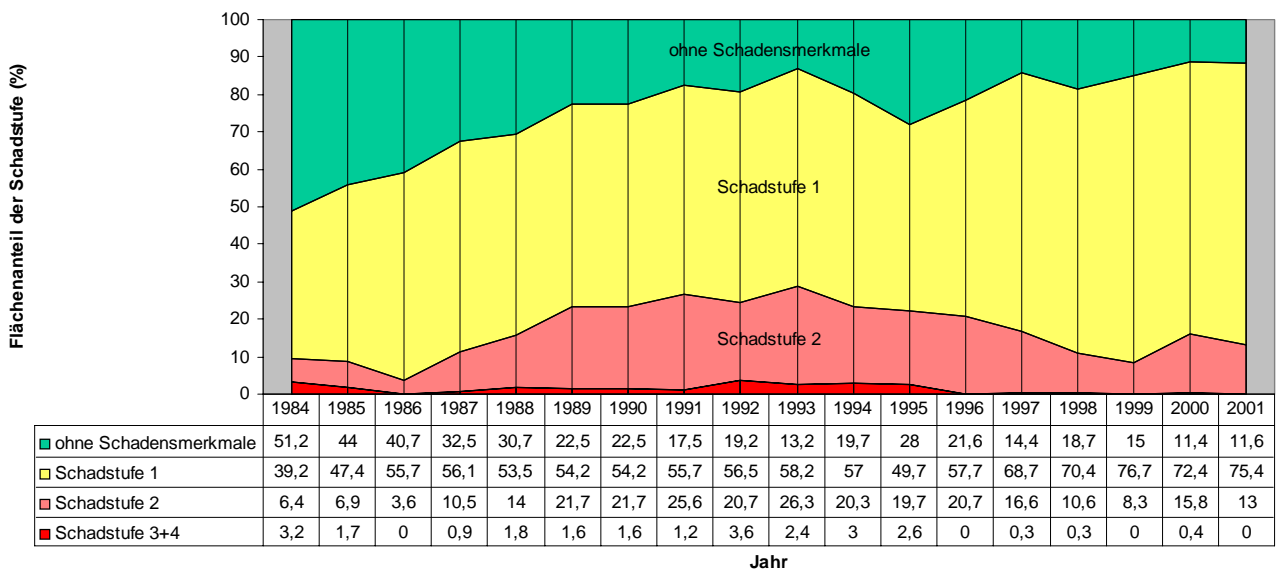
*Abb.15: Entwicklung der Waldschäden der Kiefer seit 1984*

**Waldschadenserhebung 1984 - 2001  
Kiefer bis 60 Jahre**



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

**Waldschadenserhebung 1984 - 2001  
Kiefer über 60 Jahre**



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

## Der Einfluss der Witterung

Die Niederschlagsentwicklung der letzten Jahre hat das Waldwachstum begünstigt. Seit einer Folge von Jahren mit unterdurchschnittlichem Jahresniederschlag 1989-1992 liegen die Jahresniederschlagswerte seit 1993 im langjährigen Jahresdurchschnitt oder darüber, ausgenommen das Jahr 1996.

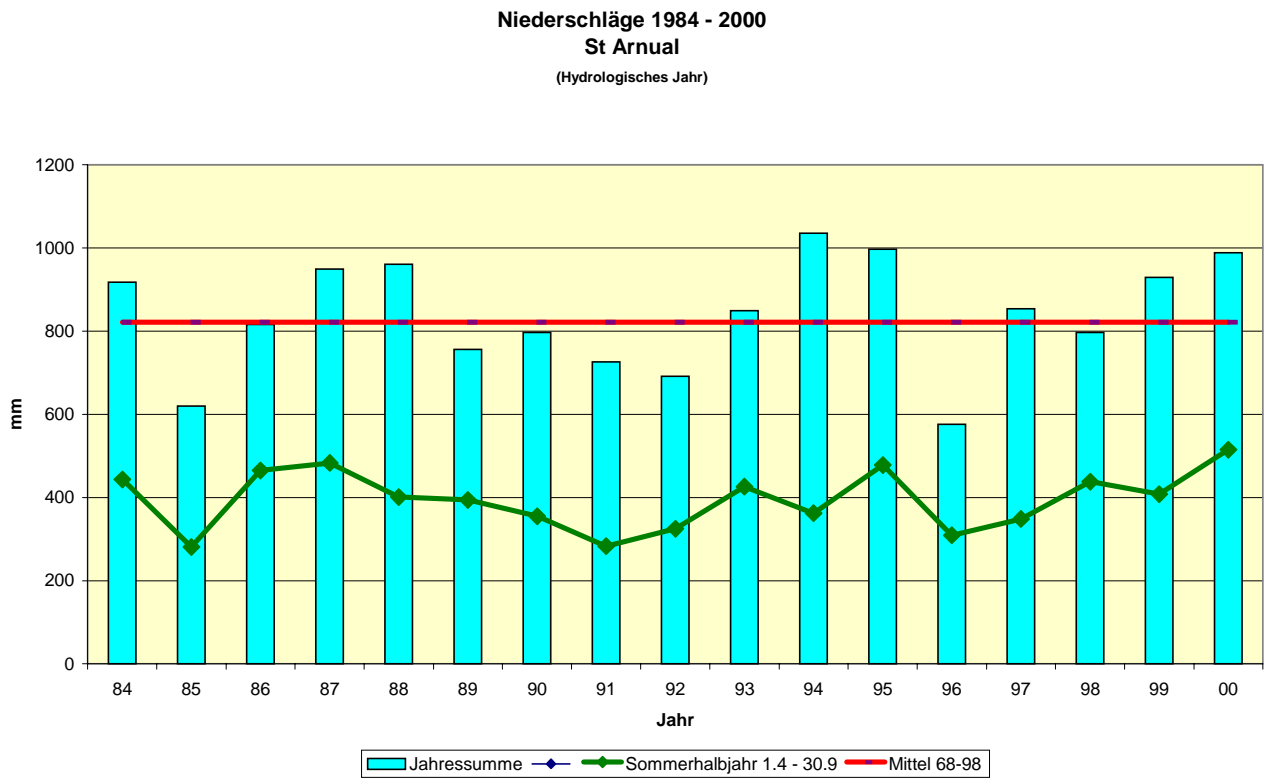
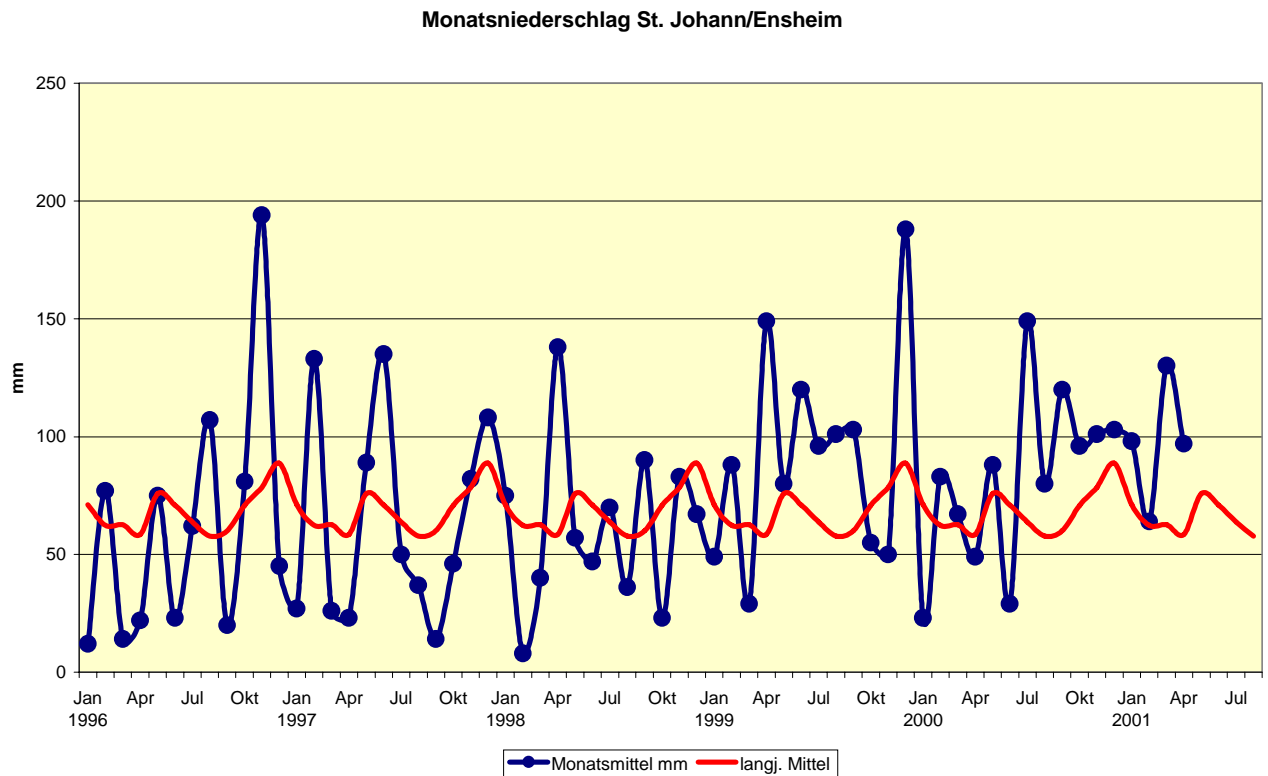


Abb.18 Niederschlagssumme Jahresniederschlag 1984-2000

Betrachtet man die Niederschlagsentwicklung im Monatsgang, so erkennt man, dass insbesondere seit Anfang 1999 die niederschlagsarmen Perioden seltener und in geringerer Dauer auftreten. Das 2. Halbjahr des Jahres 2000 wie auch das Frühjahr 2001 waren sehr nass mit zahlreichen Starkniederschlägen. Damit war eine durchgehende gute Wasserversorgung der Bäume gewährleistet.



*Abb.19: Monatsniederschlag 1996-April 2001*

## **Anhang: Verfahren und Durchführung der Waldschadenserhebung**

Die Waldschadenserhebung erfolgt nach bundesweit einheitlichen Kriterien durch Ansprache des Gesundheitszustandes von Einzelbäumen nach äußeren Merkmalen, insbesondere nach dem Belaubungszustand.

**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  
(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

**Waldschadenserhebung 1984 bis 2001 Saarland**  
**Vergleich der prozentualen Schäden**  
**Angaben in % der Baumartenflächen**

Baumart	Jahr	bis 60 Jahre				über 60 Jahre				Alle Alter					Summe
		0	1	2	3+4	0	1	2	3+4	0	1	2	3+4	2+3+4	
Fichte	1984	84	14,1	1,6	0,3	41,2	47	8,8	3	73,6	22,1	3,3	1	4,3	26,4
	1985	81,5	15,7	2,1	0,5	28,5	55,2	13,5	2,8	69,1	25	4,8	1,1	5,9	30,9
	1986	81,9	16,7	1,2	0,2	20,1	57,6	21,1	1,2	67,2	26,4	5,9	0,5	6,4	32,8
	1987	79,5	16,8	3,4	0,3	16,4	56,6	25,4	1,6	64,5	26,2	8,6	0,7	9,3	35,5
	1988	85,4	11,3	3,1	0,2	19,9	46,3	30,2	3,6	69,9	19,6	9,5	1	10,5	30,1
	1989	85,8	10,3	3,1	0,8	30,1	49,3	18,7	1,9	69,8	21,5	7,6	1,1	8,7	30,2
	1990														
	1991	81,2	12,3	5,7	0,8	7,1	42,7	41	9,2	65	18,9	13,5	2,6	16,1	35
	1992	78,4	14,6	4,1	2,9	9,9	45	35,3	9,8	67,1	19,6	9,2	4,1	13,3	32,9
	1993	77,1	16,3	3,8	2,8	9,6	44	39,3	7,1	66,2	20,8	9,6	3,4	13	33,8
	1994	80,6	13,6	2,6	3,2	11,5	55	28,6	4,9	68,9	20,6	7	3,5	10,5	31,1
	1995	76,3	13	6,1	4,6	7,2	49,9	35,7	7,2	63,9	19,6	11,4	5,1	16,5	36,1
	1996	77,5	16,2	3,2	3,1	5,4	55,5	34,1	5	64,6	23,2	8,7	3,5	12,2	35,4
	1997	75,6	19,6	3,8	1	10,1	64	24,6	1,3	63,7	27,7	7,5	1,1	8,6	36,3
	1998	76,9	18	4,2	0,9	7,6	67	25,4		64,3	26,9	8,1	0,7	8,8	35,7
	1999	76	20,2	3,7	0,1	13,6	64,5	21,9		64,7	28,2	7	0,1	7,1	35,3
2000	72,6	22,4	4,5	0,5	17,8	58,7	23,1	0,4	60,8	30,2	8,6	0,5	9,1	39,2	
2001	79,9	16,3	2,6	1,2	10,3	66,6	17,3	5,8	62,2	29,1	6,3	2,4	8,7	37,8	
Douglasie	1984	95	2,5	2,5	--					95	2,5	2,5	--	2,5	5
	1985	89,4	6,2	2,2	2,2					89,4	6,2	2,2	2,2	4,4	10,6
	1986	91,7	8,3	--	--					91,7	8,3	--	--	--	8,3
	1987	100	--	--	--					100	--	--	--	--	--
	1988	97,2	--	2,8	--					97,2	--	2,8	--	2,8	2,8
	1989	94,4	2,8	2,8	--					94,4	2,8	2,8	--	2,8	5,6
	1990	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	1991	100	--	--	--	49,3	50,7	--	--	92,2	7,8	--	--	--	7,8
	1992	97,4	2,6	--	--	49,9	54,1	--	--	88,8	11,2	--	--	--	11,2
	1993	93,2	5,7	1,1	--	44,5	55,5	--	--	85,1	14	0,9	--	0,9	14,9
	1994	86,2	11,4	2,4		44,5	55,5	--	--	79,3	18,7	2	--	2	20,7
	1995	84,6	13	2,4		21,5	68,4	9,6	--	74,8	21,7	3,5	--	3,5	25,2
	1996	75,1	9,5	15,4	--	67,8	32,2	--	--	73,9	13,1	13	--	13	26,1
	1997	47,9	38,2	12,5	1,4	36,7	26,6	37,7	--	46	36,4	16,4	1,2	17,6	54
	1998	41,2	35,8	21,7	1,3	33	30,3	36,7		44,5	33,6	20,8	1,1	21,9	55,5
	1999	36,2	36,9	20,7	6,2	35,6	42,9	21,5		36,2	37,8	20,8	5,2	26	59,7
2000	36,8	36,6	24,4	2,2	27,6	50,9	21,5		35,4	38,8	23,9	1,9	25,8	64,6	
2001	35,8	36,5	26,8	0,9	11,3	67,2	21,5		32	41,2	26	0,8	26,8	68	
Kiefer	1984	68,8	26,3	4,4	0,5	51,2	39,2	6,4	3,2	58,9	33,6	5,5	2	7,5	41,1
	1985	72,2	27,3	--	--	44	47,4	6,9	1,7	56,5	38,7	3,9	0,9	4,8	43,5
	1986	73,3	26,7	--	--	40,7	55,7	3,6	--	54,9	43,1	2	--	2	45,1
	1987	62,5	36,3	1,2	--	32,5	56,1	10,5	0,9	45,6	47,5	6,5	0,4	6,9	54,4
	1988	46,4	46,5	7,1	--	30,7	53,5	14	1,8	37,5	50,5	11	1	12	62,5
	1989	48,9	41,3	9,8	--	22,5	54,2	21,7	1,6	33,5	48,9	16,7	0,9	17,6	66,5
	1990	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	1991	43,6	50,5	5,9	--	17,5	55,7	25,6	1,2	28,5	53,5	17,3	0,7	18	71,5
	1992	43,8	52,5	3,7	--	19,2	56,5	20,7	3,6	29,6	54,8	13,5	2,1	15,6	70,4
	1993	31,3	59,1	9,1	0,5	13,2	58,2	26,3	2,4	20,8	58,6	19	1,6	20,6	79,2
	1994	42,2	49,4	7,9	0,5	19,7	57	20,3	3	29,2	53,8	15,1	1,9	17	70,8
	1995	45,9	44,8	8,8	0,5	28	49,7	19,7	2,6	34,3	48	15,8	1,9	17,7	65,7
	1996	36,1	59,3	4,6	--	21,6	57,7	20,7	--	26,7	58,2	15,1	--	15,1	73,3
	1997	27,1	71,6	1,3	--	14,4	68,7	16,6	0,3	17,7	69,5	12,6	0,2	12,8	82,3
	1998	44,7	55,3			18,7	70,4	10,6	0,3	25,6	66,4	7,8	0,2	8	74,4
	1999	46,5	53,5			15	76,7	8,3		23,3	70,6	6,1		6,1	76,7
2000	37,1	61,8	1,1		11,4	72,4	15,8	0,4	18,2	69,6	12	0,3	12,3	81,8	
2001	39,0	59,9	1,1		11,6	75,4	13		18,7	71,4	9,9		9,9	81,3	
Sonstige Nadelbäume	1984	91	4,5	4,5	--	80	20	--	--	90,3	5,5	4,2	--	4,2	9,7
	1985	90,9	4,6	4,5	--	83,3	16,7	--	--	90,5	5,3	4,2	--	4,2	9,5
	1986	86,4	9	4,6	--	68,8	18,8	12,4	--	85,3	9,6	5,1	--	5,1	14,7
	1987	59,1	40,9	--	--	41	29,5	17,5	12	58	40,2	1	0,8	1,8	42
	1988	90,5	9,5	--	--	52,9	11,8	35,3	--	88,1	9,7	2,2	--	2,2	11,9
	1989	81,3	15,6	3,1	--	55,5	33,3	5,6	5,6	77,2	18,4	3,5	0,9	4,4	22,8
	1990	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	1991	83,2	14,1	--	2,7	47,3	41,6	8,1	3	73,9	21,3	2,1	2,7	4,8	26,1
	1992	56,9	25,7	7,6	9,8	54,3	25,6	9,9	10,2	56,2	25,6	8,2	10	18,2	43,8
	1993	55,7	27,4	7,6	9,4	42,1	38,1	10	9,8	51,9	30,3	8,3	9,5	17,8	48,1
	1994	47,9	33,8	8,4	9,9	44,2	38,5	8,9	8,4	46,9	35,1	8,5	9,5	18	53,1
	1995	53,2	23,4	14,1	9,3	28,2	45,4	23,5	2,9	46,8	29,1	16,5	7,6	24,1	53,2
	1996	44,1	40,3	12	3,6	38,3	45,4	16,3	--	42,5	41,7	13,2	2,6	15,8	57,5
	1997	29,3	58,1	11,9	0,7	26,3	60,9	12,8	--	28,6	58,8	12,1	0,5	12,6	71,4
	1998	30,5	56,8	12,7		36,1	52,6	11,3		32	55,7	12,3		12,3	68
	1999	32,4	62	5,6		35,9	58,6	2,5	3	33,3	61,1	4,8	0,8	5,6	66,7
2000	29,9	67,6	2,5		44,5	44,9	10,6		33,4	62,2	4,4		4,4	66,6	
2001	22,6	69,4	8		47,9	48,5	3,6		28,7	64,4	6,9		6,9	71,3	

**Waldschadenserhebung 1984 bis 2001 Saarland**  
**Vergleich der prozentualen Schäden**  
**Angaben in % der Baumartenflächen**

Baumart	Jahr	bis 60 Jahre				über 60 Jahre				Alle Alter					Summe 1-4
		0	1	2	3+4	0	1	2	3+4	0	1	2	3+4	2+3+4	
Buche	1984	76,5	20,6	2,1	0,8	45,7	37,7	12,4	4,2	58,4	30,7	8,1	2,8	10,9	41,6
	1985	72,5	22,9	2,9	1,7	31,4	46,4	17,9	4,3	48,4	36,7	11,7	3,2	14,9	51,9
	1986	78,6	20,8	0,6	--	33,5	39,7	22,6	4,2	52,2	31,9	13,5	2,4	15,9	47,8
	1987	56	36,8	6,9	0,3	23,9	43,9	26,9	5,3	37,2	40,9	18,7	3,2	21,9	62,8
	1988	55,9	33,9	9,7	0,5	23	43,4	30,2	3,4	36,6	39,5	21,7	2,2	23,9	63,4
	1989	75,5	22,3	2,2	--	28,1	30,9	37,9	3,1	46,6	27,5	24	1,9	25,9	53,4
	1990	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	1991	80,1	17,6	2,3	--	26,3	30,4	33,4	9,9	47,9	25,3	20,9	5,9	26,8	52,1
	1992	81,7	16,1	2,2	--	20,4	23,9	44,4	11,3	45,1	20,8	27,4	6,7	34,1	54,9
	1993	85,9	10,2	3,4	0,5	15,6	27,6	45,2	11,5	43,9	20,6	28,4	7,1	35,5	56,1
	1994	91,1	8	0,4	0,5	23,7	26,1	39,6	10,6	50,9	18,8	23,8	6,5	30,3	49,1
	1995	88,7	6,9	3,9	0,5	24,1	14,3	43,1	18,5	50,2	11,3	27,2	11,3	38,5	49,8
	1996	83,7	13,5	2,8	--	13,6	24,5	44	17,9	42,1	20	27,3	10,6	37,9	57,9
1997	81,7	18,3	--	--	12	33,4	40,1	14,5	39,7	27,3	24,2	8,8	33	60,3	
1998	89,5	10,5			14,1	35,4	41,4	9,1	43,6	25,7	25,2	5,5	30,7	56,4	
1999	97,7	2,3			15	38	37,7	9,3	47,5	23,9	22,9	5,7	28,6	52,5	
2000	96,4	3,1	0,5		13,6	40,1	36,9	9,4	46,3	25,5	22,5	5,7	28,2	53,7	
2001	97,4	2,6			21,1	40,9	30,5	7,5	50,7	26	18,7	4,6	23,3	49,3	
Eiche	1984	86,7	12,7	0,6	--	58,2	31,6	9,6	0,6	67,3	25,6	6,7	0,4	7,1	52,7
	1985	81,7	12,8	5,5	--	47,6	38	13,1	1,3	58,5	30	10,7	0,8	11,5	41,5
	1986	59,2	33,1	7,7	--	20,6	57,5	21,1	0,8	32,9	49,7	16,8	0,6	17,4	67,1
	1987	34,3	56,1	9,6	--	14,9	46,2	38	0,9	21	49,3	29	0,7	29,7	79
	1988	46,2	40,9	12,9	--	12,6	45,5	40,3	1,6	23,3	44	31,6	1,1	32,7	76,7
	1989	64,1	28,3	6,6	1	26,8	46,3	24,7	2,2	42,6	38,7	17	1,7	18,7	57,4
	1990	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	1991	69,8	24,8	4,9	0,5	26,3	45,9	26,8	1	47,2	35,7	16,3	0,8	17,1	52,8
	1992	73	22,2	4,6	0,2	29,8	44,1	24,2	1,9	50,7	33,5	14,7	1,1	15,8	49,3
	1993	65,4	26	8,6	--	20,2	43,1	33,5	3,2	40,2	35,6	22,4	1,8	24,2	59,8
	1994	54,1	31,9	14	--	25,4	46,1	26,6	1,9	38,1	39,8	21	1,1	22,1	61,9
	1995	62	25,9	11,9	0,2	24,1	44,5	27,7	3,7	41,2	36,1	20,6	2,1	22,7	58,8
	1996	52,4	37,5	8,1	2	24,9	48,2	22,8	4,1	37,4	43,3	16,2	3,1	19,3	62,6
1997	59,4	30,1	8,8	1,7	21,3	51,8	23,8	3,1	37,5	42,6	17,5	2,4	19,9	62,5	
1998	75,3	16	5,9	2,8	34	48,8	14,2	3	50,9	35,4	10,8	2,9	13,7	49,1	
1999	75,8	18,4	4,6	1,2	27,4	55,6	13,9	3,1	47,2	40,3	10,1	2,4	12,5	52,8	
2000	72,4	21,6	4,7	1,3	23,2	63,2	10,8	2,8	43,3	46,2	8,3	2,2	10,5	56,7	
2001	81,2	16,6	1,4	0,8	27,7	60,4	9,7	2,2	49,6	42,4	6,3	1,7	8	50,4	
Sonstige Laubbäume	1984	86,8	10,2	--	3	47,9	39,1	8,7	4,3	81,4	14,2	1,2	1,9	3,1	18,6
	1985	84,9	11,3	1,9	1,9	48	47	5	--	79,8	16,3	2,3	1,6	3,9	20,2
	1986	88,4	7,9	2,1	1,6	72,3	22,1	5,6	--	86,2	9,9	2,6	1,3	3,9	13,8
	1987	50	37,5	6,3	6,2	52,2	26,2	21,6	--	50,3	36	8,4	5,3	13,7	49,7
	1988	56,9	33,9	4,6	4,6	25	37,5	25	12,5	52,5	34,4	7,4	5,7	13,1	47,5
	1989	76,1	19,1	3,5	1,3	55,5	27,8	16,7	--	74,7	19,7	4,4	1,2	5,6	25,3
	1990	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	1991	79,5	15,7	4,8	--	51,4	31,5	17,1	--	76,7	17,3	6	--	6	23,3
	1992	80,6	16,3	3,1	--	57,9	27,2	14,9	--	77,9	17,6	4,5	--	4,5	22,1
	1993	78,9	16,3	4,8	--	51,1	22	26,9	--	75,4	17	7,6	--	7,6	24,6
	1994	81,6	14,8	3,2	0,4	54,8	22,6	18,5	4,1	78,2	15,8	5,1	0,9	6	21,8
	1995	77,4	15,2	7,2	0,2	38,9	17	42,4	1,7	72,8	15,4	11,4	0,4	11,8	27,2
	1996	68	18,3	13,1	0,6	30,2	35,4	34,4	--	63,4	20,4	15,7	0,5	16,2	36,6
1997	66,4	20,6	8,9	4,1	28,5	45,7	25,8	--	61	24,2	11,3	3,5	14,8	39	
1998	75,1	20,4	2,8	1,7	29	65,8	5,2		66,5	28,9	3,2	1,4	4,6	33,5	
1999	64,1	27,1	7,2	1,6	44,9	48,7	6,4		60,5	31,1	7,1	1,3	8,4	39,5	
2000	78,7	16,2	3,2	1,9	60,6	29,3	9,5	0,6	75,2	18,8	4,4	1,6	6	24,8	
2001	83,1	15,8	1,1		56,7	38,2	4,5	0,6	78	20,1	1,8	0,1	1,9	22,0	
alle Baumarten	1984	83,7	13,9	1,7	0,7	49,6	37,1	10,5	2,8	68,9	24	5,5	1,6	7,1	31,1
	1985	80,8	15,4	2,8	1	37,6	44,8	14,7	2,9	62,1	28,2	7,9	1,8	9,7	37,9
	1986	80,1	17,6	2	0,3	29,2	48,1	20,4	2,3	58,1	30,8	9,9	1,2	11,1	41,9
	1987	64,3	29,9	4,8	1	21,4	46,4	29,1	3,1	45,7	37,1	15,3	1,9	17,2	54,3
	1988	70	23,3	5,9	0,8	20	44,6	32,4	3	48,3	32,5	17,4	1,8	19,2	51,7
	1989	76,2	19,1	4,1	0,6	28,4	42,3	26,9	2,4	56,2	28,8	13,6	1,4	15	43,8
	1990	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	1991	76,8	18,5	4,2	0,5	25	40,9	29,1	5	56	27,5	14,2	2,3	16,5	44
	1992	74,8	19,6	3,9	1,7	25,8	37,3	30,5	6,4	55,5	26,6	14,3	3,6	17,9	44,5
	1993	72,3	20,6	5,4	1,7	19,4	38,9	35,3	6,4	50,9	28	17,5	3,6	21,1	49,1
	1994	72,3	20,5	5,4	1,8	25,2	40,2	29,5	5,1	53,1	28,5	15,2	3,2	18,4	46,9
	1995	72,3	17,7	7,8	2,2	24	34,8	32,6	8,6	52,4	24,7	18	4,9	22,9	47,6
	1996	66,5	24,6	7,2	1,7	20,2	41,5	30,5	7,8	47,4	31,6	16,8	4,2	21	52,6
1997	64,9	27,6	6	1,5	17	49,3	27,8	5,9	44,1	37,1	15,4	3,4	18,8	55,9	
1998	71,9	22,3	4,6	1,2	23,3	50,1	22,6	4	50,3	34,6	12,6	2,5	15,1	49,7	
1999	71,1	23,7	4,4	0,8	21,9	53,6	20,4	4,2	49,3	37	11,5	2,2	13,7	50,7	
2000	71,4	23,9	3,9	0,8	20,9	54,3	21,4	3,4	48,7	37,6	11,7	2	13,7	51,3	
2001	75,5	21,2	2,8	0,5	23,7	55,7	16,9	3,7	51,8	37	9,2	2	11,2	48,2	

# **-Ergebnisse der Stoffhaushaltsuntersuchungen LEVEL II für das Saarland 2001 -**

## ***Belastungssituation der saarländischen Wälder***

Die Einträge an Sulfatschwefel sind auf allen Dauerbeobachtungsflächen seit 1990 weiter rückläufig, die Belastungen durch den Gesamtstickstoffeintrag (Emissionen aus Kraftfahrzeugen und Landwirtschaft ) liegen im Vergleich zu den Vorjahren auf annähernd gleichem und damit zu hohem Niveau. Die Bestände werden weiterhin überdüngt.

## ***Bodenversauerung***

Die Zeitreihenuntersuchungen der Bodenfestphase und der Bodenlösungen zeigen eine weiter fortschreitende Versauerungsdynamik der Standorte. Auf den nährstoffarmen Böden im Nordsaarland sank der pH-Wert in den ersten Zentimetern des Oberbodens in 10 Jahren von pH 4,2 auf unter 3,8 ab. In der Bodenlösung hat sich seit 1990 der Säuregehalt fast verzehnfacht.

## ***Rückgang der Nährstoffgehalte in den Bodenlösungen***

Die Konzentrationen der Nährelemente Calcium, Magnesium und Kalium (Basen) sind in den Bodenlösungen als Reaktion auf die fortgesetzten Versauerungsprozesse z.T. drastisch zurückgegangen. Vor allem bei Magnesium, einem wichtigen Bestandteil des Chlorophylls, hat sich die Situation alarmierend verschlechtert.

## ***Risiken für Oberflächen- und Grundwässer***

Die Aluminium- und Mangankonzentrationen liegen im Austrag unter Wald weiterhin in Größenordnungen, die für Grundwasser und Oberflächengewässer ein potentiell hohes Risiko darstellen.

## ***Ernährungssituation der Bestände***

Die Nährstoffgehalte in den Blättern zeigen bei der Buche einen absoluten Magnesiummangel auf, bei der Eiche ist auf basenarmen Standorten eine deutliche Unterversorgung festzustellen. Dies weist auf ein gravierendes Nährstoffungleichgewicht in Waldbeständen hin.



## Forstliche Dauerbeobachtungsflächen

Waldstandorte stellen komplexe Systeme dar, die über die von außen mit dem Niederschlag und der Luft eingetragenen Nähr- und Schadstoffmengen mit zunehmender Industrialisierung hochgradig belastet werden. Diese anthropogen bedingten Einträge (Abb.20) stören die natürlichen Stoffkreisläufe in den Waldbeständen und lösen dabei dynamische Prozesse aus, die zum Teil irreversible Veränderungen des Bodens und damit eine Änderung der Standorteigenschaften verursachen.

In Zusammenarbeit mit der Universität des Saarlandes (Angew. Geochemie / Phys. Geographie) wurden 1989 für den saarländischen Forst an 8 ausgewählten Laubwaldstandorten Dauerbeobachtungsflächen eingerichtet, um die sich unter dem Einfluss der Einträge ändernden Stoffhaushalte in zeitlich hoher Auflösung überwachen und bewerten zu können. Seit 1994 ist die Messstation in Fischbach Teil eines EU-weiten Monitorings (Untersuchungsprogramms). Zu bestimmten Fragestellungen haben sich hierbei Arbeitskreise und Expertengruppen gebildet, die ihre Ergebnisse den teilnehmenden Ländern, z. B. über externe Verrechnungen der Daten wieder zur Verfügung stellen.

Ziel dabei ist, aus den EU-weiten Messdaten die Dynamik der Prozesse in den Waldbeständen zu erfassen und zu bewerten. Daraus können Maßnahmen zur Minderung der Schäden abgeleitet und deren Wirkung wiederum abgeschätzt werden.

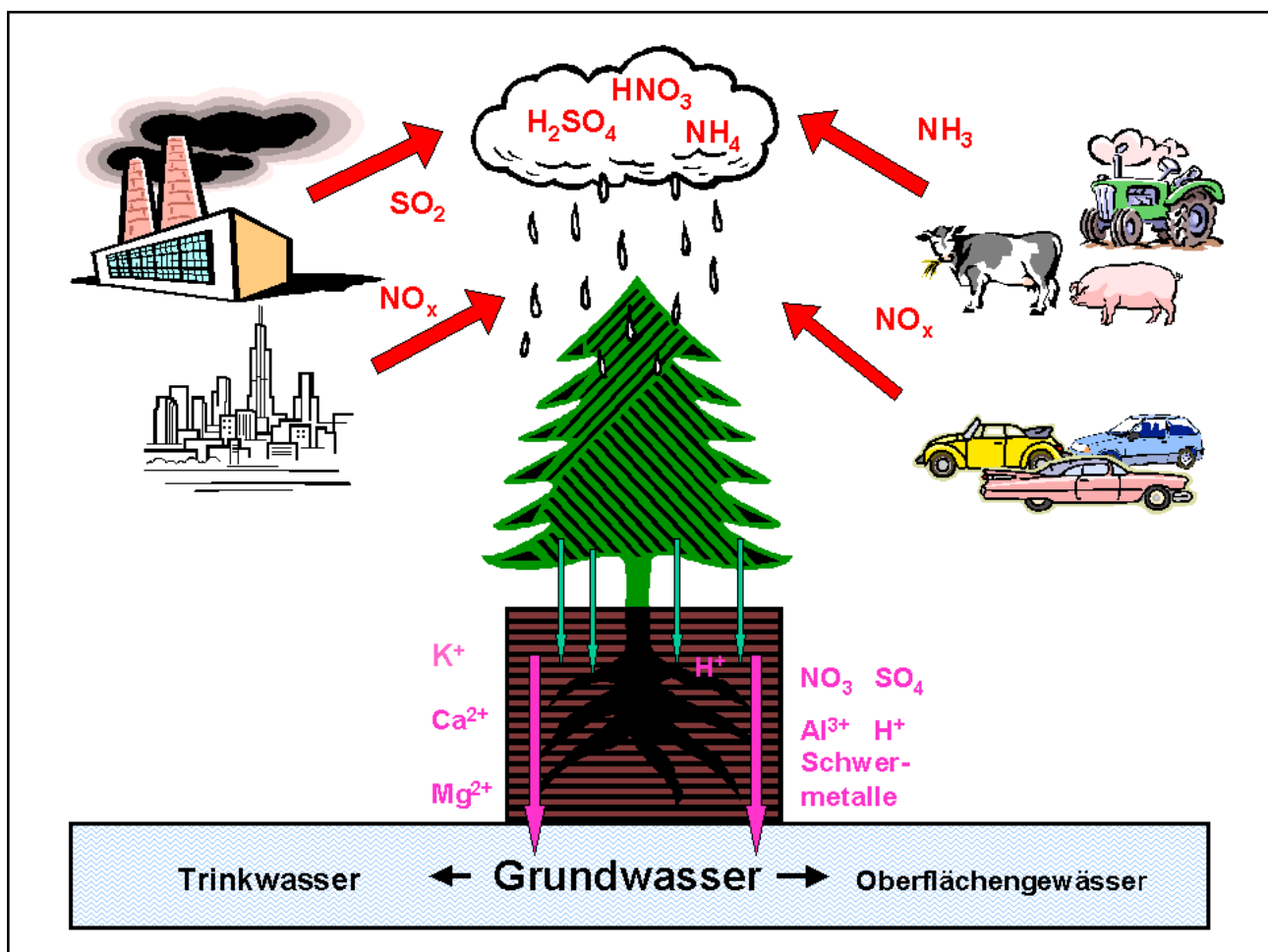


Abb.20 : Stoffkreisläufe in Waldökosystemen

## Belastungssituation der saarländischen Wälder

Bei der Wirkung von Stoffeinträgen auf Waldstandorte unterscheidet man zwischen einer direkten Schädigung, z. B. der Blattorgane und einem indirekt wirkenden Schädigungspfad, der sich in einer meist langfristig angelegten Veränderung der Bodenchemie (Versauerung, Nährstoffungleichgewichte, Wurzelschädigungen etc.) äußert.

- **Schwefel**

Schwefel als Schwefeldioxid beeinträchtigt die Stoffumsätze in den Blattorganen. Der über die Blätter aufgenommene Schwefel stört die Baumernährung nachhaltig. Als Sulfatschwefel eingetragen führt er zu einer Versauerung der Standorte. Die Depositionsraten der Eingangsbelastung, dargestellt als  $\text{SO}_4\text{-S}$  der Niederschläge (außerhalb der Bestände, Freilandniederschlag), zeigen an allen Meßstationen (Abb.21) seit 1990 einen deutlichen Rückgang.

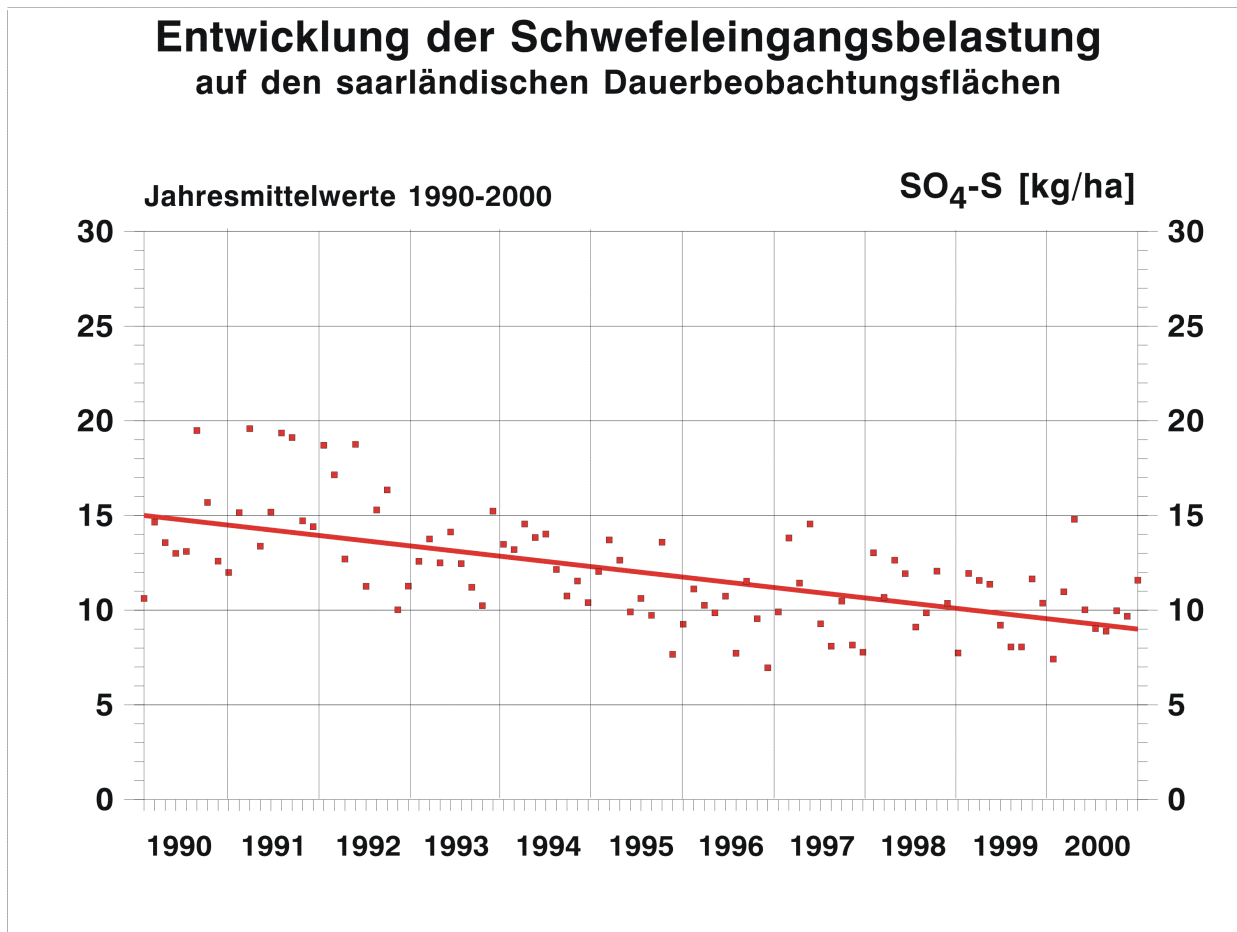


Abb.21 : Entwicklung der Schwefeleinträge

- **Gesamtstickstoff (Nitratstickstoff + Ammoniumstickstoff)**

Stickoxide ( $\text{NO}_x$  - Emissionsquelle Kraftfahrzeuge), im weitesten Sinne auch Ammoniak ( $\text{NH}_3$  - Emissionsquelle Landwirtschaft), werden über die Blattorgane direkt aufgenommen und wirken dabei düngend. Zur Aufrechterhaltung des Nährstoffgleichgewichtes müssen andere Nährelemente (Basen: Ca, Mg, K) verstärkt über die Wurzeln nachgeliefert werden.

Dies kann auf basenarmen oder basenverarmten Standorten zu Nährstoffungleichgewichten, d. h. Mangelerscheinungen insbesondere bei Magnesium (Chlorophyllaufbau) führen. Als Nitrat- oder Ammoniumstickstoff eingetragene N-Frachten wirken einerseits düngend, führen somit ebenfalls zu Nährstoffungleichgewichten, andererseits stellen sie eine erhebliche Säurebelastung für die Waldböden dar. Stickstoffeinträge setzen außerdem die Frosthärte (Frühfrostgefahr, Sprengung der Zellen) der Bäume herab.

Während die Zeitreihen der Schwefeleinträge einen deutlichen Abnahmetrend verzeichnen, verharrt die Stickstoffgesamteingangsbelastung für die saarländischen Wälder im Vergleich zu den Vorjahren auf fast unverändertem Niveau. In den Freilandmessungen (Abb. 22) werden bereits Mengen erreicht, die den Stickstoffbedarf der Standorte überschreiten. Durch den Filtereffekt der Baumkronen kommt es bei Laubwaldbeständen zu einer 1,5-2 fachen, unter Nadelholz sogar bis zu einer 4 fachen Erhöhung der Eingangsbelastung. Die Messergebnisse der Gesamtstickstoffbelastungen auf den saarländischen Dauerbeobachtungsflächen unter Wald, die regional stark variieren, belegen, dass weiterhin standortbezogen die Stickstofffrachten z. T. 10fach über der maximal verträglichen Belastungsgrenze liegen.

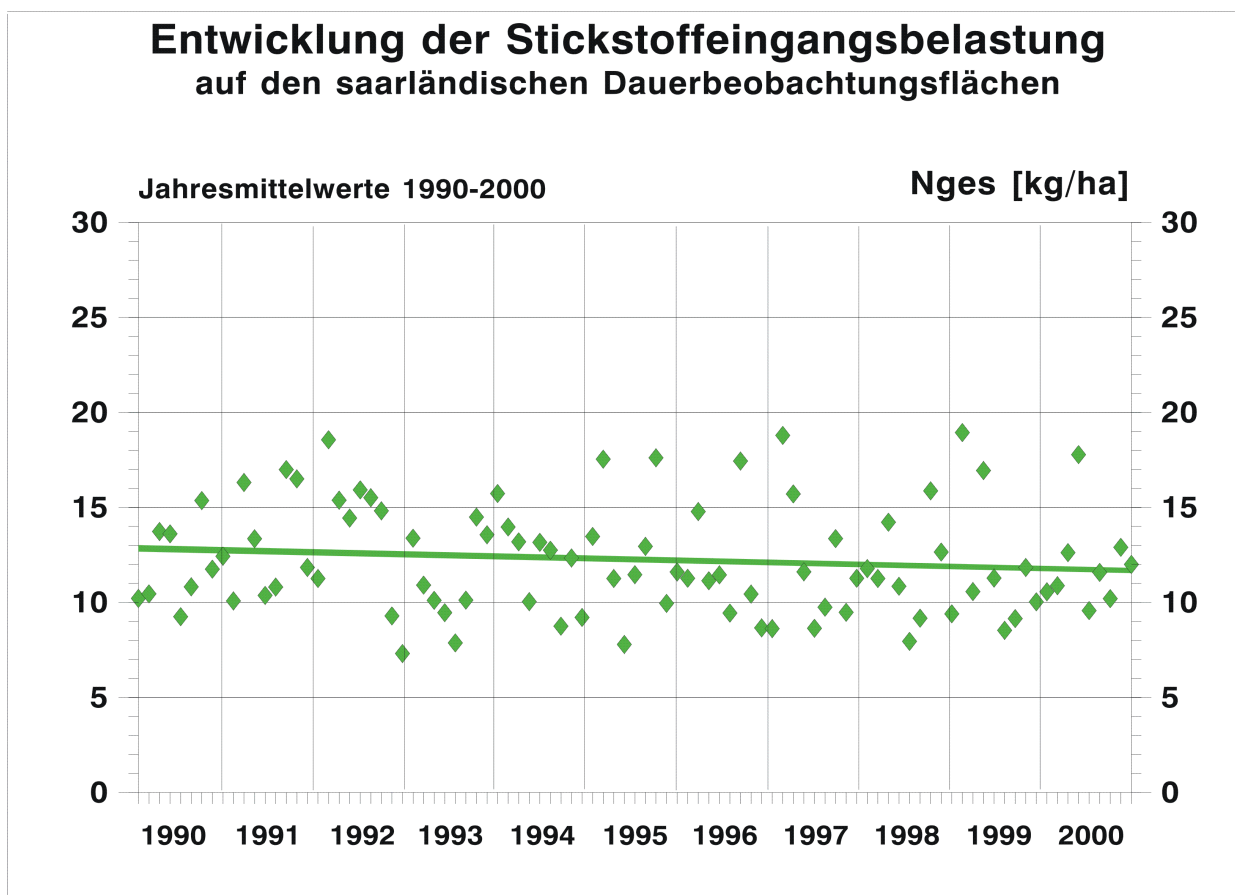
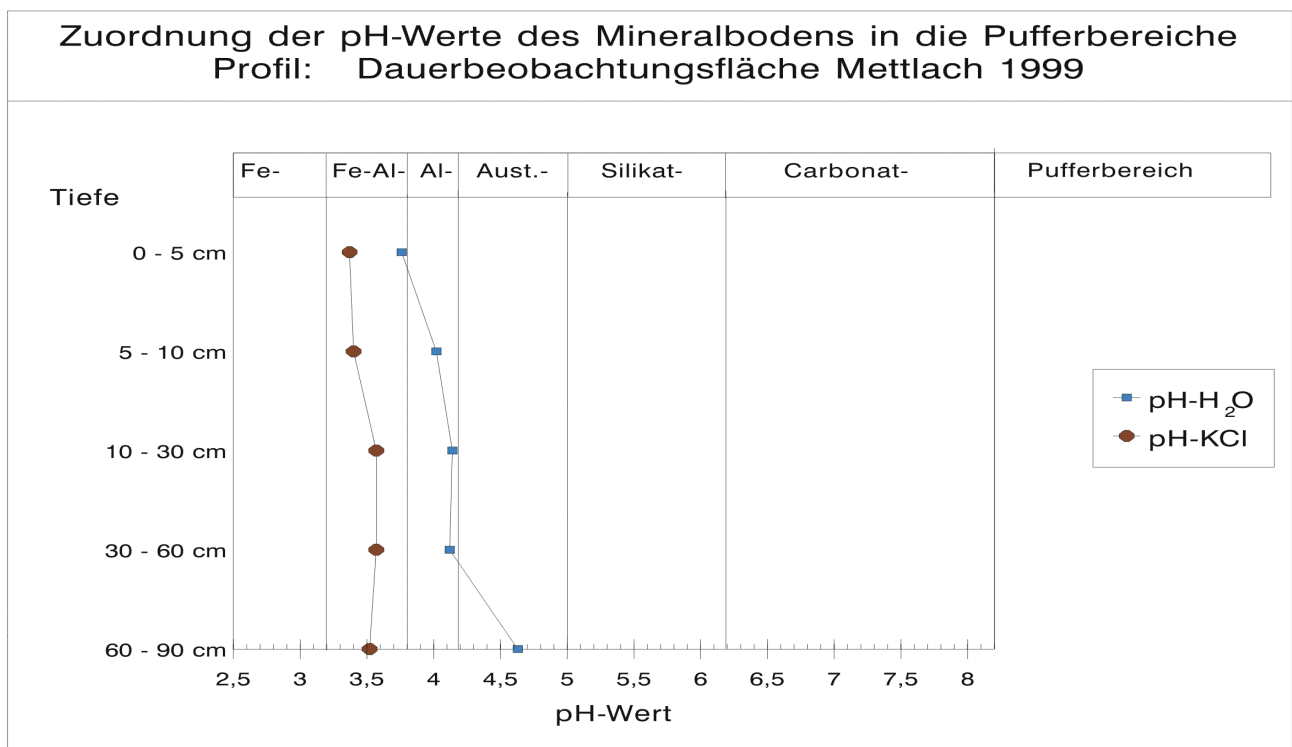
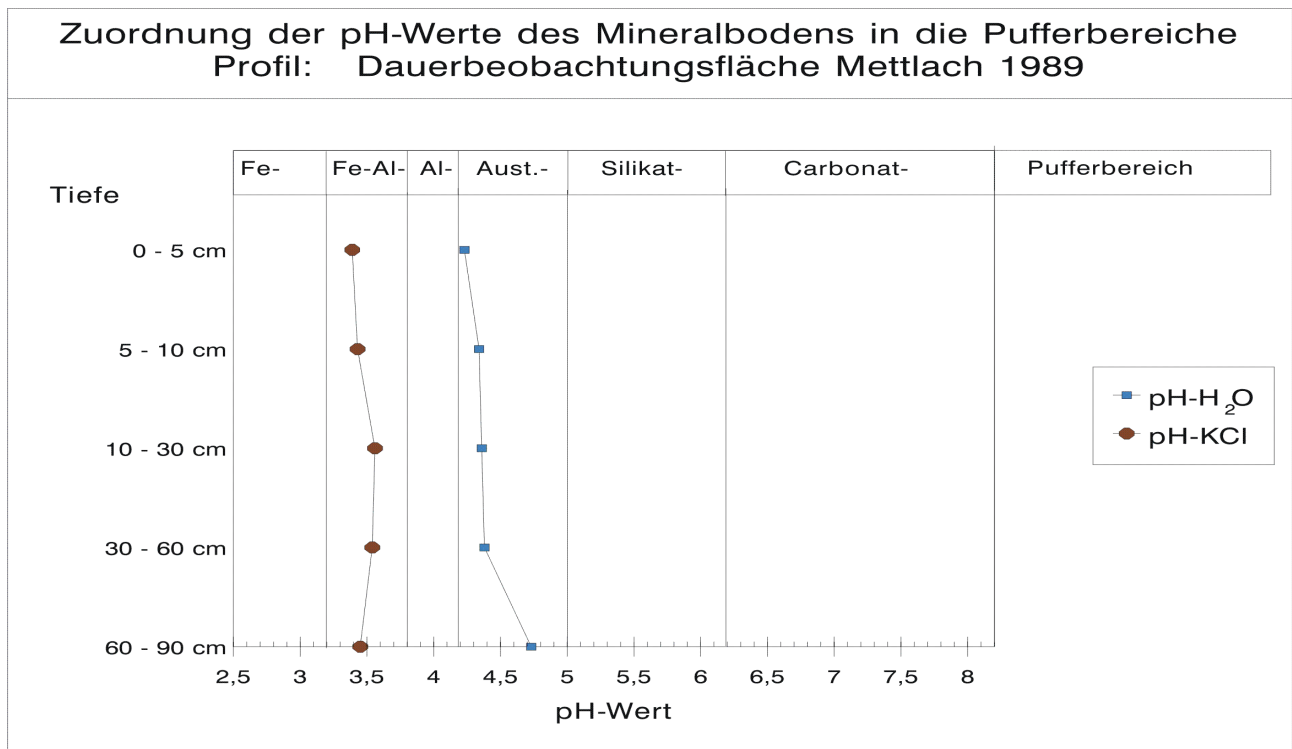


Abb. 22 : Entwicklung der Gesamtstickstoffeinträge

## Bodenversauerung

Durch mikrobielle Stoffumwandlungen, den Stoffhaushalt der Wurzeln, der Nährstoffaufnahme sowie Nährstofffixierung in der Biomasse kommt es in anthropogen unbeeinflussten Wäldern zu einer natürlichen Bodenversauerung, die sich über sehr lange Zeiträume vollzieht. Waldböden sind in der Regel saurer als Ackerstandorte, die intensiv bearbeitet und gedüngt werden.

Durch die von außen über die Atmosphäre eingetragenen säurewirksamen Stoffmengen wird dieser Prozess verstärkt und z. T. drastisch (Abb. 23 ) beschleunigt. Die pH-Werte (H<sub>2</sub>O, KCl) der Bodenfestphase, die punktuelle Erhebungen darstellen und die H<sup>+</sup>-Gehalte in den kontinuierlichen Zeitreihen der Bodenlösungen beschreiben den Versauerungsgrad und die Versauerungsdynamik der Standorte. Anhand von allgemein üblichen pH-Schwellen (Pufferbereiche) lassen sich die dabei vorherrschenden und sich entwickelnden Bodenprozesse und die sich daraus einstellenden Standortbedingungen, ableiten. Gleichzeitig lassen sich daraus Risikopotentiale (H<sup>+</sup>-,Al-Schwermetallbelastungen) für nachgeschaltete Systeme (Oberflächengewässer, Grundwasser) prognostizieren.



**Abb. 23: Entwicklung der pH-Werte des Mineralbodens- Dauerbeobachtungsfläche Mettlach**

Auf der Dauerbeobachtungsfläche in Mettlach vollzieht sich in nur 10 Jahren in dem obersten Profilabschnitt ein Wechsel vom Austausch- zum Fe-Al-Pufferbereich, d.h. der Boden-pH-Wert sinkt hier von pH 4,2 auf einen Wert unter 3,8 ab. Aufgrund der weiter anhaltenden Versauerungsprozesse, der damit verbundenen Mobilisierung und Auswaschung von basischen Ionen (essentielle Nährstoffe, Ca, Mg, K) wechselt der sich darunter anschließende Bereich (10 cm bis 60 cm ) vom Austausch- in den Al-Pufferbereich. In dieser Stufe werden bodeninterne und eingetragene Säurelasten über die Auflösung (Zerstörung) von sekundären Tonmineralen (essentiellen Nährstoffspeicherplätzen) kompensiert. Verbunden ist damit eine starke Freisetzung von Aluminiumionen und eine Zunahme der Kationensäurekonzentration ( Fe, Mn, Al) in der Bodenlösung, die toxisch auf die Wurzeln der Bestockungen wirken.

## ***Bodenlösungen und Stoffflüsse***

Die Bodenlösungen auf den saarländischen Dauerbeobachtungsflächen, die in den Tiefen 10, 25 und 100 cm gewonnen werden, stehen mit der Bodenfestphase in einem dynamischen Gleichgewicht. Über die darin enthaltenen und damit messbaren Gehalte an Nähr- und Schadstoffen und das Verhältnis bestimmter Elemente zueinander (Indikationsparameter) lässt sich die Veränderung des bodenchemischen Zustandes erfassen. Darüber hinaus können über den Vergleich der Austräge mit den Sickerwässern und der Einträge in die Wälder Stoffflüsse quantifiziert werden. Die Daten geben Aufschluss über die Prozesse, die als Reaktion auf die sich ändernden Stoffeinträge im Boden ablaufen und ermöglichen die Erstellung von Nähr- und Schadstoffbilanzen in kg/ha.

Aus den dabei entstehenden Zeitreihen sind eindeutige Aussagen über die Dynamik der Bodenversauerung und der damit verbundenen Standortentwicklung möglich. Gleichzeitig lassen sie Rückschlüsse auf die Wirksamkeit von standortstabilisierenden Maßnahmen seitens der forstlichen Bewirtschaftung zu. Die Reaktionen der Wälder auf sich ändernde Umweltbedingungen (Veränderung der Eingangsbelastung) werden so anhand der Elementkonzentrationen messbar und bewertbar.

### **• *pH-Werte der Bodenlösungen***

Der pH-Wert in der Bodenlösung ist ein Maß für den Säurezustand und somit eine ökologische Zustandsgröße zur Beurteilung der Pufferkapazität und Versauerungstendenz des Bodens. Zusammen mit der zeitlichen Entwicklung der Basengehalte (Ca, Mg und K) der Bodenlösungen ist eine Beurteilung der aktuellen und zu erwartenden Versauerungsdynamik möglich. Abnehmende pH-Werte zeigen, dass die Säurebelastung die standortspezifische Pufferungsrate überschreitet.

Auch wenn die Schwefel-Einträge seit Beginn der Untersuchungen rückgängig sind, ist anhand der pH-Werte (Abb. 24 ) zu erkennen, dass die Versauerungsprozesse, unterstützt durch die zu hohen Stickstoffeinträge, weiterhin auf den untersuchten Standorten ungebrochen anhalten. Als Vergleich sind die pH-Werte der entsprechenden Tiefenstufe der Dauerbeobachtungsfläche in Ormesheim (Muschelkalk) dargestellt. Hier kann der ausreichend basenversorgte Standort die Säuremengen noch komplett abpuffern.



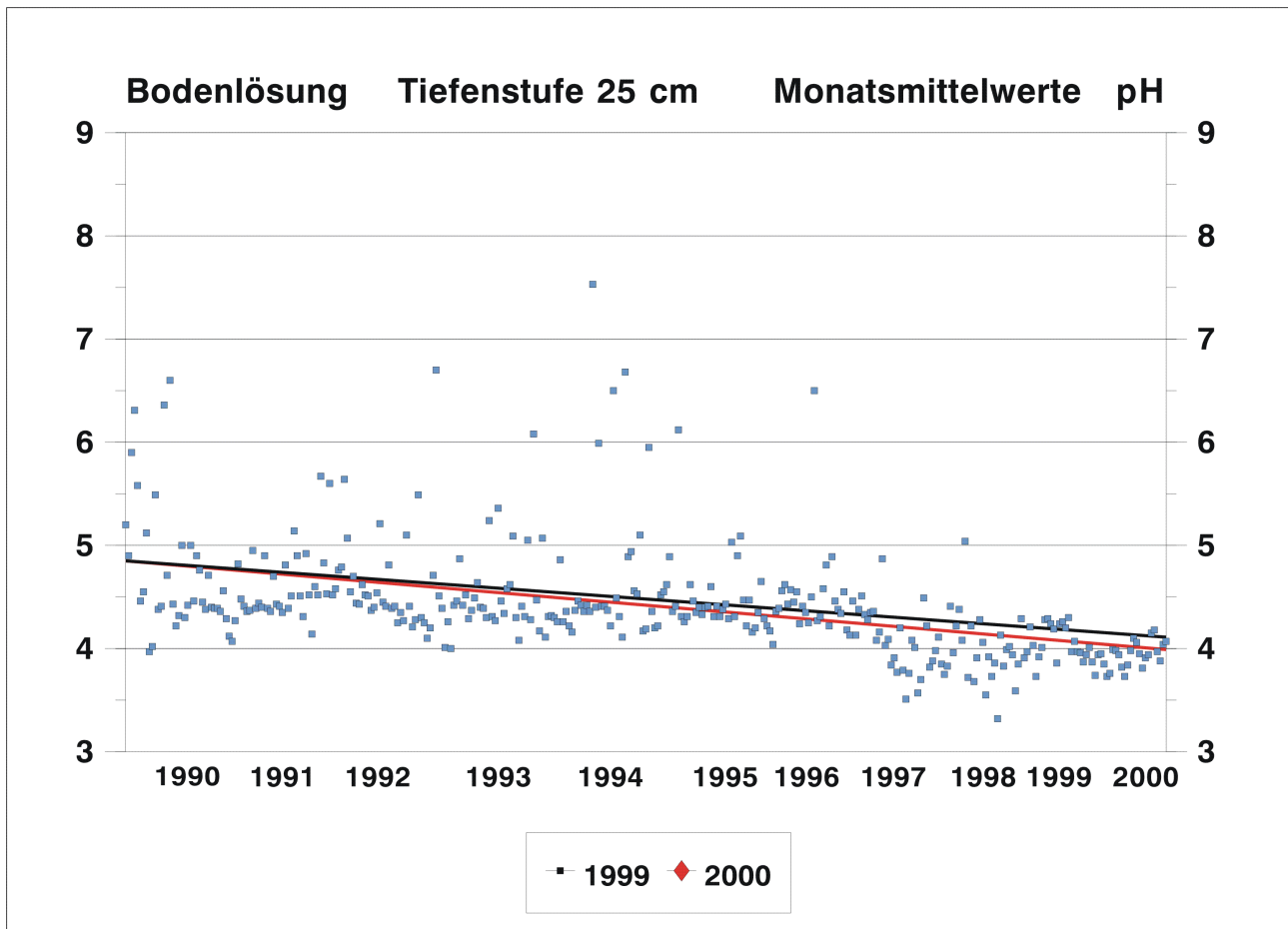


Abb. 25 : Entwicklung des pH-Wertes in den Bodenlösungen der Tiefenstufe 25 cm aller Dauerbeobachtungsflächen

Bewertet man die pH-Werte aller Bodenlösungen der Tiefenstufe 25 cm (Abb. 25 ) auf den forstlichen Dauerbeobachtungsflächen (ohne Muschelkalk) unter dem Gesichtspunkt der Dynamik, so ist für die saarländischen Waldstandorte deutlich zu erkennen, dass die Versauerungsentwicklung weiter zugenommen hat. Dieser Trend gilt auch für die Tiefen 10 cm und 100 cm. Stabil bleiben die pH-Werte nur auf den ausreichend basenversorgten Untersuchungsflächen in Ormesheim und Altheim, die auf dem Ausgangssubstrat Muschelkalk errichtet wurden und in der Übersichtsdarstellung nicht mit berücksichtigt sind.

### • Nährstoffgehalte in den Bodenlösungen

Als Reaktion auf die fortschreitende Versauerung werden im Boden essentielle Nährstoffe (Ca, Mg und K) mobilisiert und ausgewaschen. Dies führt zu einer Verarmung der Standorte. Mit Ausnahme der Dauerbeobachtungsflächen in Ormesheim und Altheim ist der Basenrückgang anhand der Lösungsinhalte in allen Tiefenstufen auf den Messstationen in unterschiedlicher Intensität feststellbar. Am Beispiel der Fläche in Mettlach (Abb. 26 ) zeigt sich, mit welcher drastischen Geschwindigkeit dieser Prozess im Boden abläuft.

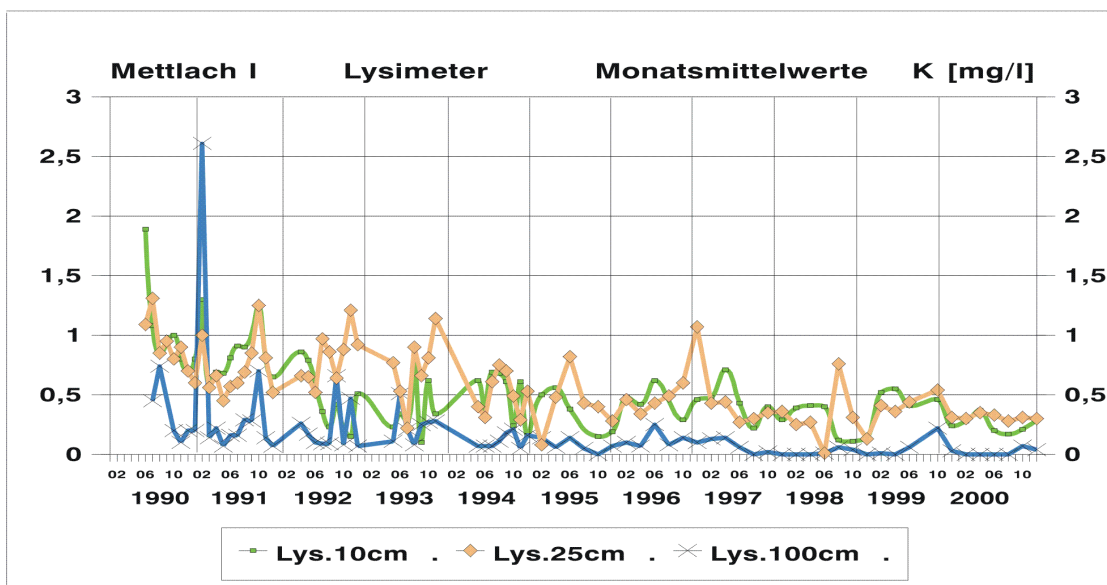
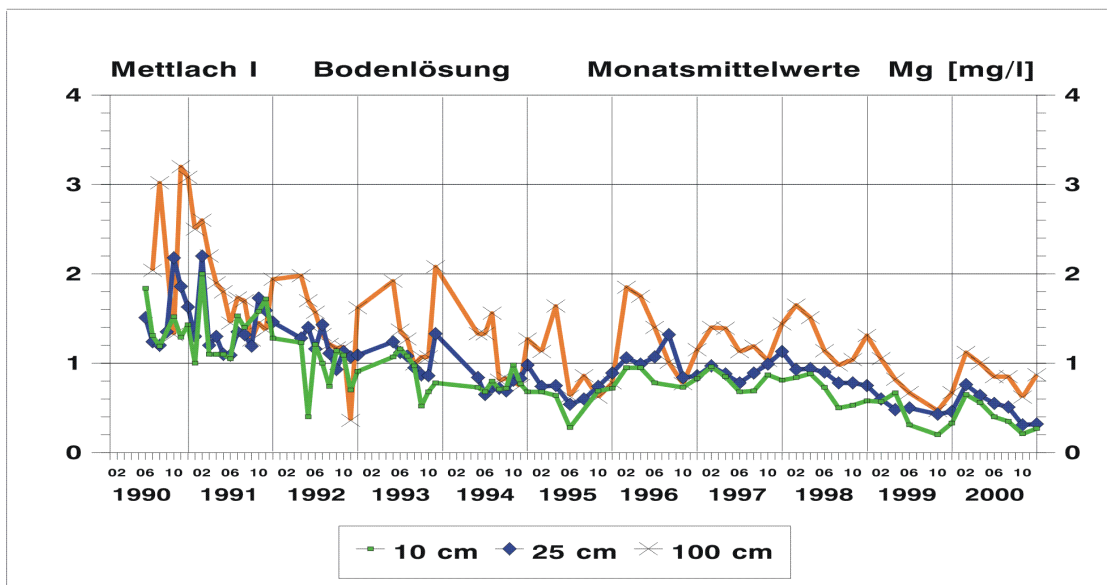
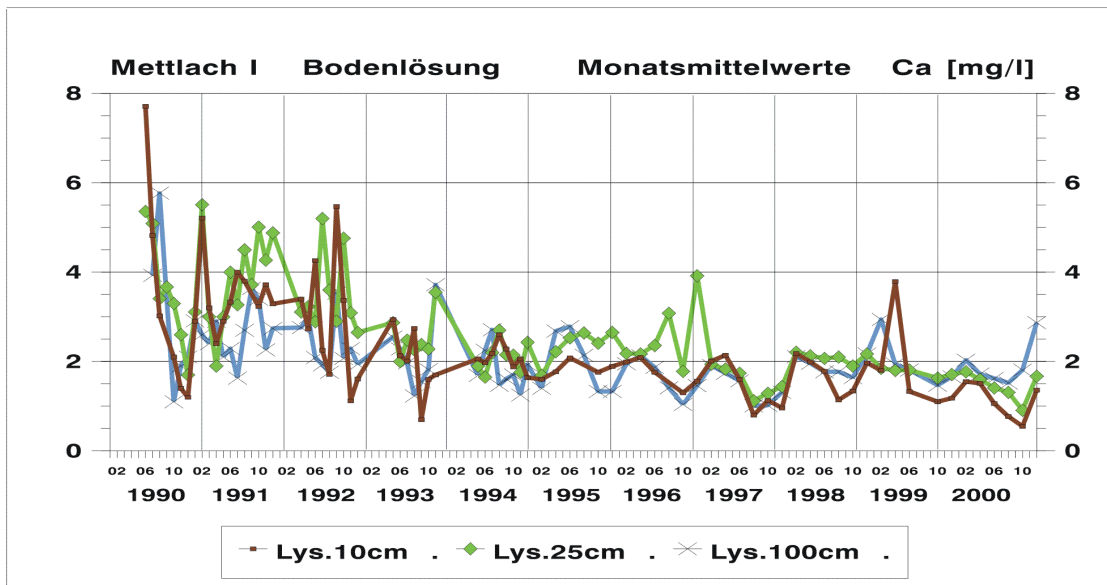


Abb. 26 : Entwicklung der Basengehalte in den Bodenlösungen der Dauerbeobachtungsflächen Mettlach