5 ERGEBNISSE DER WALDSCHADENSINVENTUR 2005

5.1 Ergebnisse der Gesamtwaldfläche Baden-Württembergs

Der Anteil der deutlich geschädigten Waldfläche (Schadstufen 2 – 4) ist im Jahr 2005 auf ein neues Rekordhoch angestiegen. Insgesamt sind 43,3% der Waldfläche Baden-Württembergs deutlich geschädigt. Damit wurde der bisher höchste Stand der Schadensfläche in der bisherigen Waldschadenserhebung in Baden-Württemberg seit 1983 erreicht (Abb. 19).

Der aktuell hohe Anteil der deutlich geschädigten Waldfläche in Baden-Württemberg bestätigt somit den bis dahin einmaligen Höchststand der Schadfläche im Jahr 2004 (EU-Raster). Der entsprechend größere Fehlerrahmen der EU-Aufnahme mit lediglich 50 Aufnahmepunkten lässt keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Waldschadensaufnahmen 2004 und 2005 erkennen.

In den beiden letzten Jahren hat sich der Waldzustand gegenüber dem relativ konstanten Niveau des Zeitraums 1997 bis 2003 gravierend verschlechtert. Offensichtlich sind die Nachwirkungen des Extremsommers 2003 mit sehr hoher Hitze- und Trockenheitsbelastung für die Waldbäume auch noch im zweiten Folgesommer im Kronenzustand erkennbar.

EU Auswertung

Wenn man das Untersuchungsmaterial auf die 50 Stichprobenpunkte des EU-Messnetzes beschränkt, um einen direkten Vergleich mit 2004 zu ermöglichen, zeigt sich gleichfalls keine Erholung der angespannten Waldschadenssituation in Baden-Württemberg. Zwar ist bei diesem kleinen Stichprobenkollektiv im Vergleich zum Vorjahr ein schwacher Rückgang der deutlich geschädigten Waldfläche zu verzeichnen, jedoch liegt dieser innerhalb des relativ großen Stichprobenfehlers, so dass kein statistisch signifikanter Unterschied feststellbar ist.

Schadstufenverteilung

Die Verteilung der einzelnen Schadstufen belegt eingehend die gravierende Verschlechterung des Waldzustandes in den letzten Jahren. Seit dem Jahr 2002 ist eine kontinuierliche Erhöhung der mittelstark und stark geschädigten Waldfläche in Baden-Württemberg zu verzeichnen, die eine stete Verringerung des Anteils der schwach und ungeschädigten Waldfläche in Baden-Württemberg zur Folge hat.

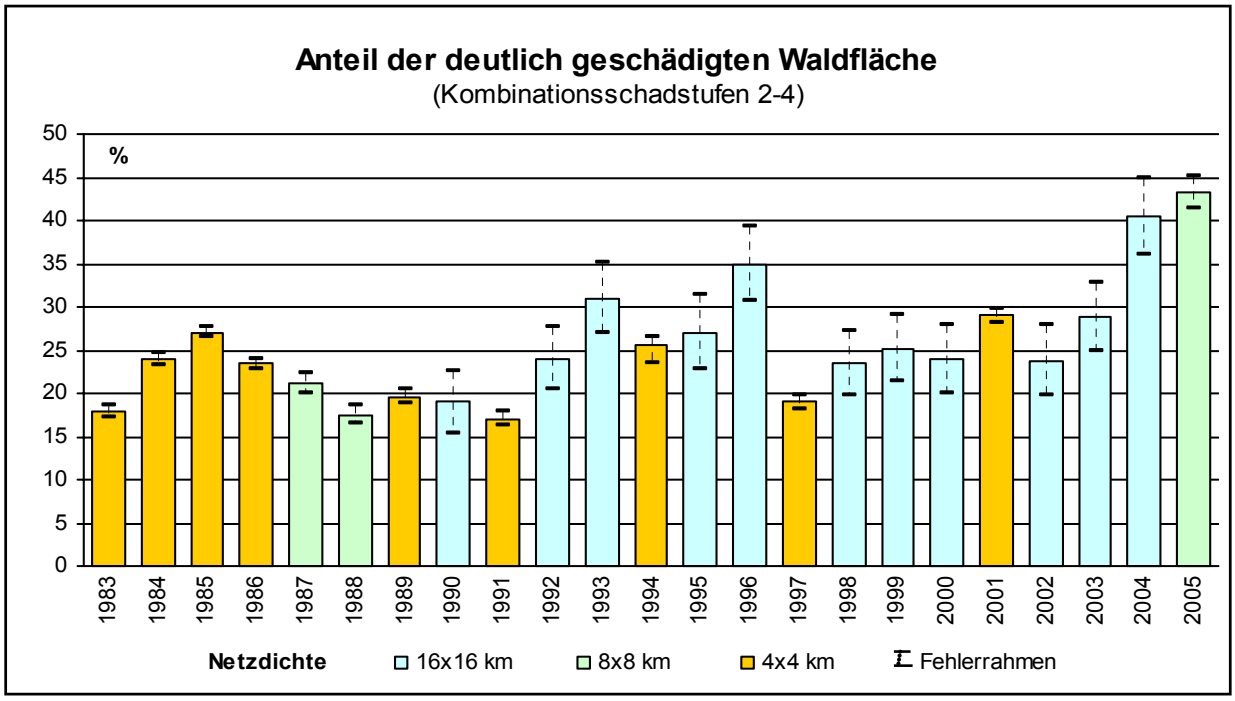
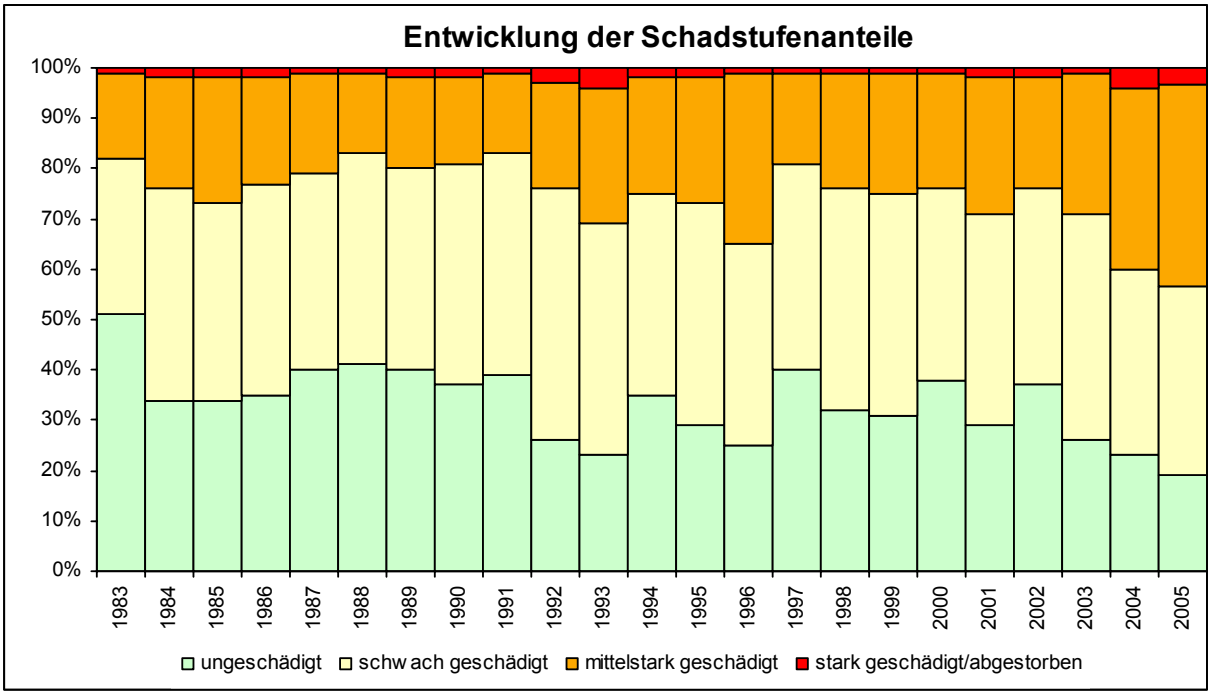


Abb. 19: Anteil der deutlich geschädigten Waldfläche



	1983	1984	1985	1986	1987 [1]	1988 [1]	1989	1990 [2]	1991	1992 [2]	1993 [2]	1994	1995 [2]	1996 [2]	1997	1998 [2]	1999 [2]	2000 [2]	2001	2002 [2]	2003 [2]	2004 [2]	2005 [1]
Schadstufe	Anteile an der Waldfläche in Prozent																						
SST 0	51	34	34	35	40	41	40	37	39	26	23	35	29	25	40	32	31	38	29	37	26	23	19
SST 1	31	42	39	42	39	42	40	44	44	50	46	40	44	40	41	44	44	38	42	39	45	37	38
SST 2	17	22	25	21	20	16	18	17	16	21	27	23	25	34	18	23	24	23	27	22	28	36	40
SST 3/4	1	2	2	2	1	1	2	2	1	3	4	2	2	1	1	1	1	1	2	2	1	4	3
SST 2-4 (deutliche Schäden)	**18**	**24**	**27**	**23**	**21**	**17**	**20**	**19**	**17**	**24**	**31**	**25**	**27**	**35**	**19**	**24**	**25**	**24**	**29**	**24**	**29**	**40**	**43**
mittlerer NBV in %	/	/	20,0	19,0	18,0	17,0	17,7	17,6	17,2	21,2	23,7	20,1	21,2	23,2	17,7	19,3	20,3	18,8	21,1	18,9	21,4	25,3	26,2

[1] 8 x 8 km Netz [2] 16 x 16 km Netz

Abb. 20: Entwicklung der Schadstufenanteile

In der aktuellen Aufnahme wurden lediglich 19% der Waldfläche als ungeschädigt eingestuft. Somit ist der Anteil der ungeschädigten Waldfläche in Baden-Württemberg auf den geringsten Wert in der bisherigen Geschichte der Waldschadensaufnahme gefallen.

Der Anteil der schwach geschädigten Waldfläche blieb dagegen im Vergleich zur Vorjahresaufnahme relativ konstant bei 38 Prozent. Nahezu den gleichen Anteil nimmt die mittelstark geschädigte Waldfläche ein. Ihr Anteil hat sich um 4 Prozentpunkte auf nunmehr insgesamt 40% erhöht. Auffällig ist der deutliche Anstieg der mittelstark geschädigten Waldfläche innerhalb weniger Jahre. Seit 1997 hat sich die Waldfläche dieser Schadstufe mehr als verdoppelt. Im gleichen Zeitraum halbierte sich der Anteil der ungeschädigten Waldfläche in Baden-Württemberg, während der Anteil der schwach geschädigten Waldfläche mit leichten Schwankungen stabil blieb. Der Anteil der stark geschädigten bzw. bereits abgestorbenen Waldfläche ist mit 3% gegenüber dem Vorjahr relativ konstant geblieben (Abb. 20).

Altersgruppen

Der Vitalitätszustand von Bäumen hängt stark von deren Lebensalter ab. Während jüngere Bäume häufig vitaler erscheinen, sind ältere Bäume oftmals mit stärkeren Schadsymptomen gekennzeichnet. Der schlechtere Kronenzustand ist nicht ausschließlich auf eine altersbedingte physiologische Schwächung des Vitalitätszustandes älterer Bestände zurückzuführen, sondern zeigt vielmehr, dass aufgrund der langfristig einwirkenden Stressfaktoren auf das Waldökosystem eine Akkumulation der Schadeinwirkungen auf die Bäume gegeben ist.

Abbildung 21 zeigt die Schadstufenverteilung gegliedert nach den Altersgruppen „bis 60 Jahre“ und „über 60 Jahre“. In den jüngeren Beständen überwiegt eindeutig der Anteil der ungeschädigten bzw. schwach geschädigten Waldfläche, während sich bei älteren Beständen die Verhältnisse nahezu umkehren. Hier überwiegt der Anteil der mittelstark bzw. stark geschädigten und abgestorbenen Waldfläche deutlich. Die zuvor beschriebene deutliche Zunahme der hohen Schadintensitäten zu Lasten der niedrigeren Schadstufen ist zumindest ab dem Jahr 2002 bei beiden Altersgruppen zu erkennen.

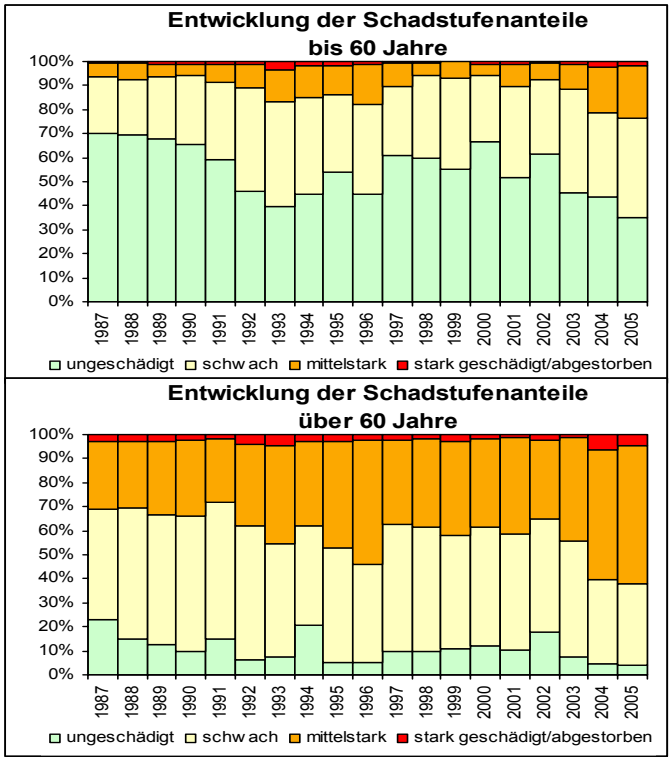


Abb. 21: Schadstufen nach Altersgruppen

Der Nadel-/Blattverlust

Der mittlere Nadel-/Blattverlust aller Untersuchungsbäume stieg in Baden-Württemberg im Jahr 2005 auf 26,2 Prozent. In der Beobachtungsperiode der Waldschadenserhebung ist dies der bisher höchste Wert.

Abbildung 22 zeigt die Entwicklung des mittleren Nadel-/Blattverlustes über alle Baumarten seit 1983 in Baden-Württemberg. Bisher wurde, mit Ausnahme des Jahres 2004, in keiner Waldschadensaufnahme der mittlere Nadel-/Blattverlust von 25 Prozent überschritten.

Die unterschiedlichen Aufnahmedichten der jeweiligen Jahre (Aufnahmen im 4x4 km, 8x8 km oder16x16 km Netz) sind gekennzeichnet. Die Stichprobenfehler der einzelnen Aufnahmen hängen von der jeweiligen Stichprobendichte ab. Während im 4x4 km Netz der Stichprobenfehler mit ±0,3% sehr gering ist, ist er im 16x16 km Netz mit ±1,7% deutlich höher. Bei der Aufnahme des 8x8 km Netzes im Jahr 2005 lag der Stichprobenfehler bei ±0,7 Prozentpunkten.

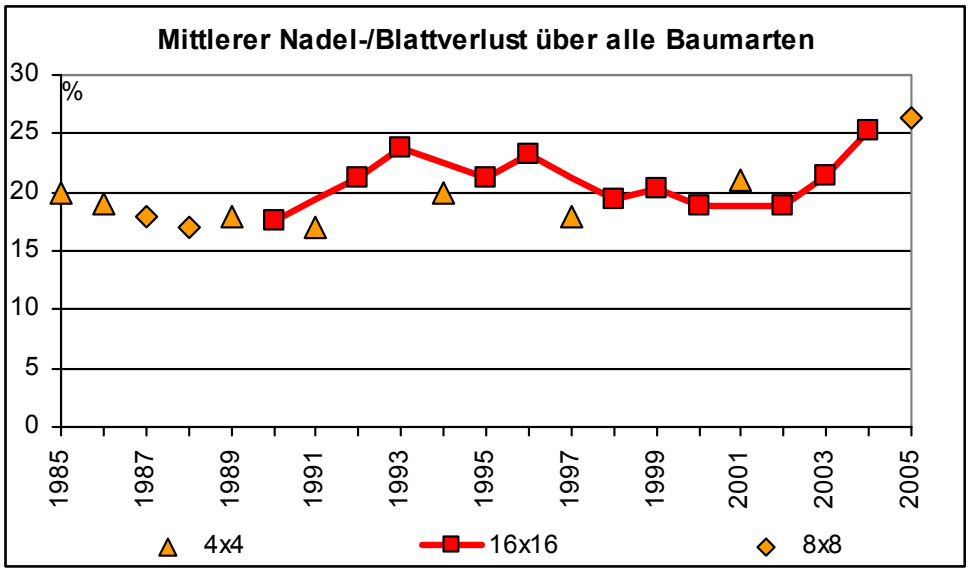


Abb. 22: Mittlerer Nadel-/Blattverlust

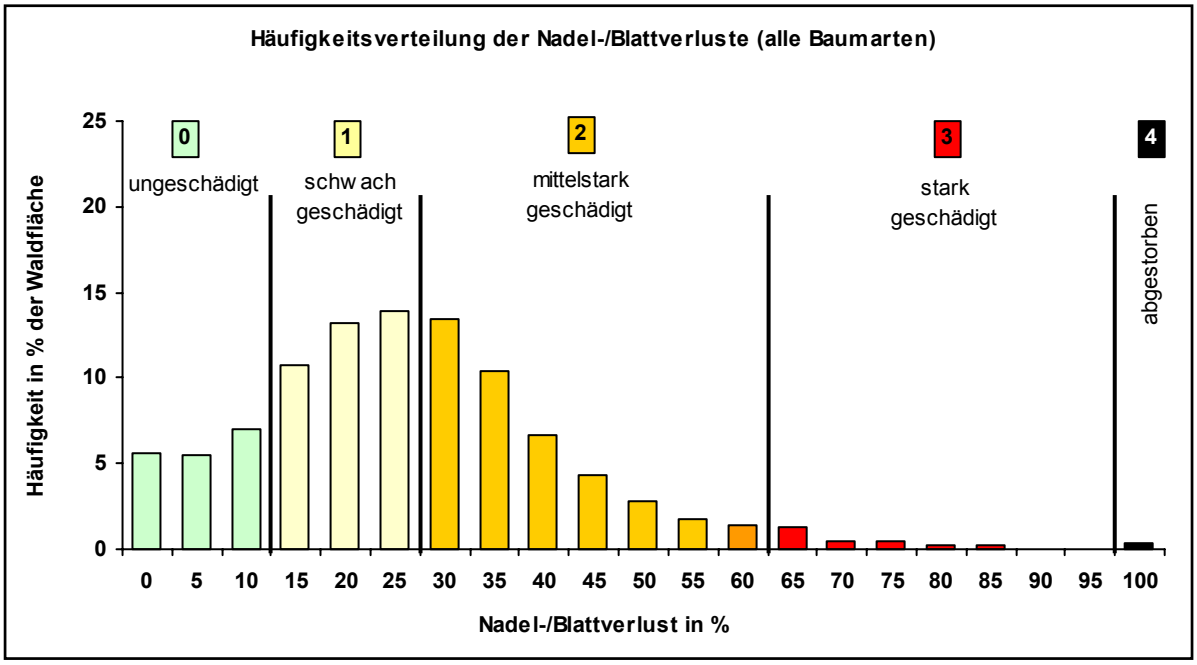


Abb. 23: Häufigkeitsverteilung der Nadel-/Blattverluste

Die Verteilung der Waldfläche auf die Nadel-/Blattverluststufen zeigt die Häufigkeitsverteilung der Nadel-/Blattverluste (Abb. 23). Über alle Baumarten hinweg sind die Nadel-/Blattverluststufen zwischen 15 und 35% am häufigsten vertreten. Über 60% der Waldfläche Baden-Württembergs fällt in diesen Bereich. Die Stufe 25% ist die absolut am häufigsten vertretene Schadstufe.

Die besser bewertete Waldfläche (Bäume zwischen 0-10% Nadel-/Blattverlust) sowie die schlechter bewertete Waldfläche (Bäume zwischen 40-100% Nadel-/Blattverlust) nehmen mit je ca. 20% nahezu einen gleich großen Anteil ein.

Da sich die größte Häufigkeit an der Schadstufengrenze zwischen schwach geschädigt (Schadstufe 1) und mittelstark geschädigt (Schadstufe 2) befindet, wirken sich kleinere Verschiebungen der Häufigkeitsverteilung in die eine oder andere Richtung relativ stark in der Schadstufenverteilung aus. In den letzten Jahren ist zunehmend eine Verschiebung der Häufigkeitsverteilung in Richtung der höheren Nadel-/Blattverluststufen zu beobachten.

EU-Auswertung

Im Vergleich der 50 EU-Stichprobenpunkte des 16x16 km Netzes mit den Werten des Vorjahres zeigt sich seit dem Jahr 2002 erstmals wieder eine Verschiebung der Häufigkeitsverteilung in Richtung der niedrigeren Schadstufen. Die größte Häufigkeit tritt bei diesem kleinen Stichprobenkollektiv im Bereich 15 bis 25% Nadel-/Blattverlust auf. Im Vergleich zum Vorjahr ist eine Abnahme der Stufen 25 und 30% zugunsten der Stufen 15 und 20% zu beobachten. Zudem hat sich der noch im Jahr 2004 relativ hohe Anteil der Verluststufen 40 bis 55% etwas abgesenkt. Allerdings liegen die Schwankungen gegenüber dem Vorjahr aufgrund der geringen Stichprobendichte des EU-Netzes innerhalb des relativ hohen Fehlerrahmens der Unterstichprobe und weisen daher keine statistisch signifikanten Unterschiede auf.

Die Vergilbung von Blattmasse

Die Waldfläche mit vergilbten Nadeln bzw. Blättern ist im Jahr 2005 wieder deutlich zurückgegangen. Nur noch 2% der Waldfläche weisen Bäume mit Vergilbungssymptomen auf, wobei der überwiegende Teil hiervon eine schwache Vergilbung (Vergilbungsstufe 1) zeigt (Abb. 24).

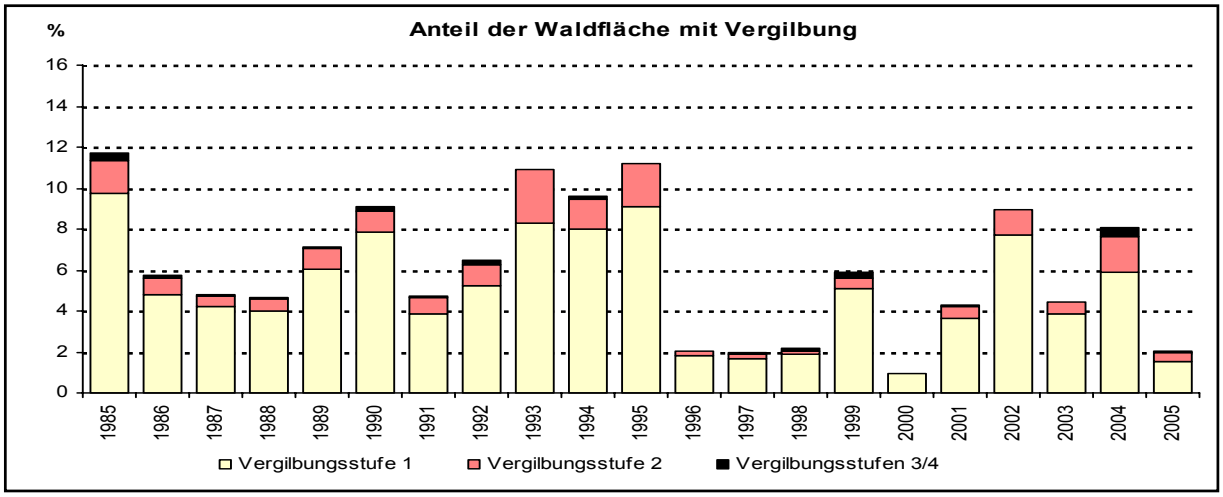


Abb. 24: Anteil der vergilbten Waldfläche in Baden-Württemberg

Vergilbungssymptome sind häufig auf Nährstoffmangelerscheinungen zurückzuführen. Insbesondere der Mangel an dem Nährelement Magnesium führt bei Bäumen zu einer Schädigung und sichtbaren Gelbfärbung der Blattorgane. Magnesium wird durch im Niederschlag enthaltene Schwefel- und Stickstoffverbindungen zusammen mit anderen Nährelementen aus dem Boden ausgewaschen und ist so für die Bäume nicht mehr in ausreichender Menge verfügbar. Solche anthropogen bedingten Versauerungsprozesse im Boden werden seit Anfang der 80er Jahre durch gezielt durchgeführte Bodenschutzkalkungen kompensiert. Der deutliche Rückgang der Vergilbung von Waldbäumen seit Beginn der Waldschadenserhebung 1983 ist nicht zuletzt hierdurch sowie durch die zwischenzeitlich durchgeführten Wiederholungskalkungen begründet.

Der relative Rückgang der Vergilbung im Jahr 2005 wird allerdings im Wesentlichen durch witterungsabhängige Faktoren bewirkt. Nach dem extremen Trockenjahr 2003 litten viele Waldbestände insbesondere auf nährstoffarmen Standorten unter akuten Nährstoffmangelerscheinungen (häufig Kalium-Mangel). Zum einen ist die Nährelementaufnahme an pflanzenverfügbares Wasser gebunden, so dass in Trockenperioden von Bäumen weniger Wasser, aber auch weniger Nährelemente aufgenommen werden können. Zum anderen beziehen Bäume auf armen Standorten ihre Nährstoffversorgung vornehmlich aus der direkten Umsetzung in der Humusschicht. Findet die Nährelementfreisetzung aus der Humusauflage aufgrund von Trockenheit wie im Jahr 2003 nur eingeschränkt statt, kann dies zu akuten Mangelerscheinungen und somit zu Vergilbung von Nadeln und Blättern führen. Nachdem sich die Niederschlagsmengen ab der zweiten Jahreshälfte 2004 wieder erhöht haben, hat sich dieser witterungsbedingte Engpass auf vielen Standorten wieder aufgelöst.

Ausgefallene Bäume

Die Waldschadensaufnahme 2005 wurde auf dem bestehenden Raster der Bodenzustandserhebung und der Immissionsökologischen Waldzustandserhebung neu organisiert, um verbesserte Randbedingungen für eine themenübergreifende, integrierende Auswertung der Daten aus den Umweltmessnetzen im Wald zu schaffen. Da über die Hälfte der Punkte letztmalig bereits 1988 oder noch früher Bestandteil der Waldschadenserhebung waren, mussten dementsprechend viele Bäume ersetzt werden. Bei den meisten der ausgefallenen Bäume konnte aufgrund der langen Zeitspanne kein gesicherter Ausfallgrund ermittelt werden.

Verglichen mit der Waldschadensaufnahme 2004 sind auf den in beiden Inventuren aufgenommenen 50 EU-Stichprobenpunkten insgesamt 48 Bäume, dies entspricht 4% des Stichprobenumfangs ausgefallen. Hierbei handelt es sich weit überwiegend um Fichten, die aufgrund von Borkenkäferbefall aus dem Bestand entfernt wurden.

Wiederholt aufgenommene Bäume

Von den 6.524 Bäumen der diesjährigen Waldschadenserhebung wurden 1.331 Bäume bereits in den Jahren 1985 und 1994 erhoben. Die Auswertung der gleichen Baumindividuen zeigt die individuelle Regenerationsmöglichkeit der einzelnen Bäume. Eine allgemeine, landesgültige Schadensinterpretation ist mit diesem Baumkollektiv dagegen nicht möglich, da es sich um die überlebensfähigsten Bäume des ursprünglichen Stichprobenumfangs handelt. Die in der Beobachtungsperiode zwischenzeitlich abgestorbenen bzw. entnommenen Stichprobenbäume können in dem Baumkollektiv der wiederholt aufgenommenen Bäume nicht enthalten sein. Die individuelle Schadstufenentwicklung der 1985, 1994 und 2005 aufgenommenen, identischen Baumindividuen ist in Abbildung 25 als Farbschema dargestellt. Die Farbgebung in den unterschiedlichen Jahren zeigt die Schadstufenentwicklung der einzelnen Bäume der Waldschadenserhebung an. Die Nadelbäume sind

Übersicht 6: Schadstufenverteilung der wiederholt aufgenommenen Bäume

Verteilung der wiederholt aufgenommenen Bäume auf die Schadstufen		Jahr			Jahr		
		1985	1994	2005	1985	1994	2005
		Prozent			Anzahl		
Schadstufe 0	Nadelholz	35%	36%	54%	125	117	56
	Laubholz	65%	64%	46%	235	211	48
	Gesamt	**27%**	**25%**	**8%**	**360**	**328**	**104**
Schadstufe 1	Nadelholz	54%	55%	58%	299	319	318
	Laubholz	46%	45%	42%	259	258	230
	Gesamt	**42%**	**43%**	**41%**	**558**	**577**	**548**
Schadstufe 2	Nadelholz	81%	77%	56%	309	307	346
	Laubholz	19%	23%	44%	73	93	274
	Gesamt	**29%**	**30%**	**47%**	**382**	**400**	**620**
Schadstufe 3	Nadelholz	97%	77%	75%	30	20	39
	Laubholz	3%	23%	25%	1	6	13
	Gesamt	**2%**	**2%**	**4%**	**31**	**26**	**52**
Schadstufe 4	Nadelholz	/	/	57%	/	/	4
	Laubholz	/	/	43%	/	/	3
	Gesamt	**/**	**/**	1%	**/**	**/**	**7**

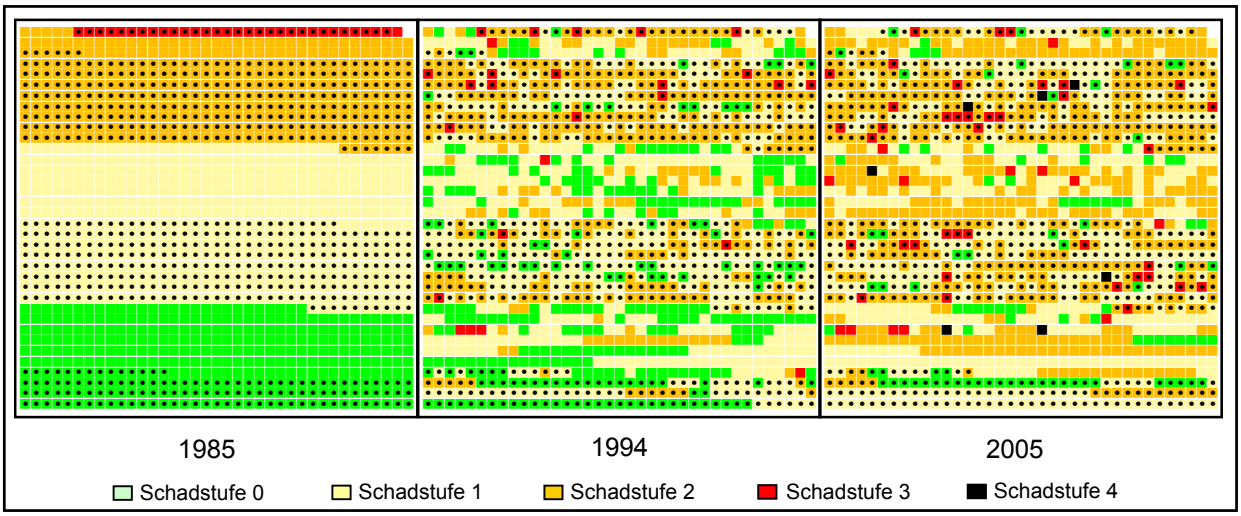


Abb. 25: Farbschema der Schadstufenentwicklung wiederholt aufgenommener Bäume (1985/1994/2005). Positionen (X-Y-Koordinaten) stehen für die selben Bäume.

mit einem Punkt kenntlich gemacht.

Bei der Waldschadensaufnahme des Jahres 1985 sind die Anteile der Schadstufen 0 und 2 mit 27 bzw. 29% nahezu gleich stark vertreten (Übersicht 6). Deutlich größer ist der Anteil der Schadstufe 1 mit insgesamt 42%. Die Schadstufe 3 ist mit 2% der Bäume nur gering vertreten. Auffallend ist der hohe Anteil an Nadelhölzern in den höheren Schadstufen. Während der Anteil der Nadelbäume in der Schadstufe 0 1985 lediglich bei 35% liegt, sind die Nadelhölzer in der Schadstufe 2 mit 81% deutlich stärker vertreten. Das erhöhte Schadniveau der Nadelbaumarten, besonders der Tanne Anfang der 80er Jahre spiegelt sich hier wider. Insbesondere die massive Vergilbung der Nadelbäume zu dieser Zeit, die zu einer Einstufung in eine höhere Schadstufe führt, ist hier zu berücksichtigen.

Neun Jahre später, 1995, hat sich der Waldzustand insgesamt in Baden-Württemberg nicht wesentlich gebessert und auch die wiederholt aufgenommenen Bäume weisen in der Gesamtansicht der Schadstufenverteilung kaum eine Änderung auf. Erst die einzelbaumweise Betrachtung deckt die Dynamik in der Entwicklung des Kronenzustandes innerhalb weniger Jahre auf. Insbesondere Bäume, die 1985 der Schadstufe 0 und 1 angehörten, sind aufgrund ihres veränderten Kronenzustandes 1994 einer anderen Schadstufe zugeordnet. Die nahezu durchgängige Verbesserung der 1985 noch als Schadstufe 2 bewerteten Bäume ist auf die deutliche Reduzierung der Vergilbungserscheinungen in diesem Zeitraum zurückzuführen (Abb. 25).

Wiederum elf Jahre später im Jahr 2005 sind Bäume der Schadstufe 2 in dem ausgewählten Baumkollektiv am meisten vertreten, während der Anteil der Schadstufe 0 auf nur noch 8% geschrumpft ist. Die Schadstufe 3 nimmt im Vergleich der drei Jahre mit 4% der Bäume den bisher größten Anteil ein. Durch das Extremereignis der Trockenperiode im Zeitraum 2003/2004 ist bei vielen Bäumen eine Verschlechterung des Kronenzustandes festzustellen. Ein Wechsel zu einer besseren Schadstufe im Vergleich zu 1994 findet dagegen nur noch selten statt. Zudem hat sich das Baumartenverhältnis in den Schadstufen deutlich verschoben. Im Jahr 2005 sind gegenüber den beiden betrachteten Voraufnahmen wesentlich mehr Laubbäume stärker geschädigt.

Durch die Betrachtung der einzelnen Baumindividuen

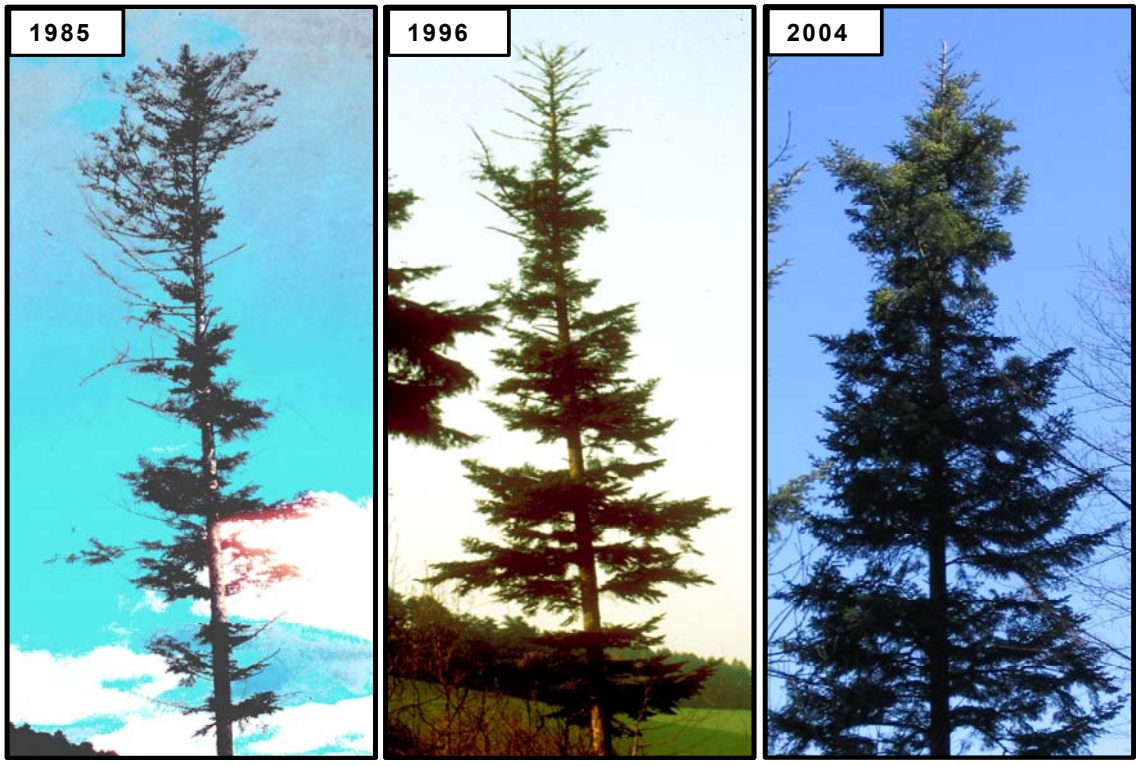


Abb. 26: Revitalisierende Tanne im Schwarzwald 1985/1996/2004

und ihres Vitalitätszustandes wird deutlich wie unterschiedlich sich Bäume im Laufe der Jahre entwickeln können. Die räumlich und zeitlich variierenden Einflussfaktoren wie Witterung, Stoffeinträge und biotische Schädlinge wirken in verschiedenster Weise auf die Bäume ein. Ein Großteil der Bäume zeigt insbesondere nach dem Trockenjahr 2003 eine deutliche Verschlechterung des Vitalitätszustandes. Daneben finden sich aber auch einzelne Bäume, die in der langfristigen Betrachtung ihren Vitalitätszustand halten bzw. auch verbessern können. Insbesondere die Tanne kann durch Bildung von Sekundärtrieben in der Krone und am Stamm die Benadelung innerhalb weniger Jahre wieder deutlich verbessern (Abb. 26).

Sonstige Kronenparameter

Der Waldzustand in Baden-Württemberg wird zwei Jahre nach dem außerordentlichen Trockenjahr 2003 weiterhin von dessen Auswirkungen bestimmt. Bei der Waldschadensaufnahme 2005 wurden noch zahlreiche Symptome, wie abgetrocknete Kronenteile, Wipfeldürre oder absterbende Triebspitzen beobachtet, die überwiegend als direkte Trockenschäden anzusehen sind. Insbesondere wurden zahlreiche Buchen mit solchen Symptomen vorgefunden, was sich auch in der Bewertung des Kronenzustandes der Baumart eindeutig niederschlägt (Abb. 27).

Abb. 27: Buchen mit abgetrockneten Trieben

Ebenfalls wurde bei der Buche ein verstärktes Hochklappen der Blattspreite von Blättern sonnenexponierter Kronenpartien beobachtet. Durch diese Verringerung der Oberfläche versucht der Baum eine

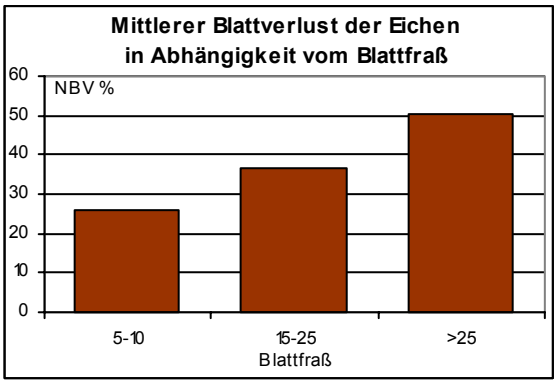


Abb. 28: Blattfraß an Eiche

erhöhte Transpiration zu verhindern, um ein Wasserdefizit besser zu überstehen. Insgesamt zeigten 40% der bei der Waldschadenserhebung aufgenommenen Buchen dieses auch als „Schiffchenbildung“ bekannte Symptom.

Ein zweiter, die Waldschadensinventur 2005 stark beeinflussender Faktor ist die außerordentlich hohe Befallsstärke von blattfressenden Raupen. Dabei kam es bereits im Frühsommer vor der Inventur nahezu in ganz Baden-Württemberg zu einem erheblichen Fraß, insbesondere von Frostspanner- und Eichenwicklerraupen. Besonders Eichenbestände waren hiervon betroffen. An vielen Orten führte dieser massive Befall zu einem Kahlfraß der Eichenbestände. Durch einen zweiten Austrieb können sich Eichen innerhalb der Vegetationsperiode zwar größtenteils wieder regenerieren, jedoch führt die zeitweise Entlaubung zu einer Schwächung der Bäume. Neben der Baumart Eiche sind hiervon auch andere Laubbaumarten wie Hainbuche oder Linde betroffen. Während der Waldschadensinventur im August 2005 wurden bei 93% der aufgenommenen Eichen Fraß der so genannten „Eichenschadgesellschaft“ festgestellt. Bei knapp 50% der Eichen war die Befallsstärke allerdings nur gering (5-10% Fraß); jeweils rund 25% der Eichen wurden mittelstark bzw. stark von den Raupen befressen. Dabei wiesen die stärker geschädigten Eichen einen deutlich höheren Nadel-/Blattverlust auf als die Bäume, bei denen wenig Fraß festgestellt wurde (Abb. 28).

Auch an der Baumart Buche wurden Schäden durch blattfressende Insekten festgestellt. Insgesamt zwei Drittel der aufgenommenen Buchen wiesen überwiegend geringen Loch- bzw. Minierfraß des Bu-

chenspringrüsslers auf. Der Einfluss dieser geringfügigen Fraßschäden auf den Kronenzustand der Buchen kann allerdings vernachlässigt werden.

An jeweils etwa 5% der aufgenommenen Fichten und Tannen wurden aktuelle Schäden durch Borkenkäfer festgestellt. Borkenkäfer bohren sich in die Rinde von Nadelhölzern ein, die mit Harzaustritt versuchen sich dem Befall zu widersetzen. Im schwerwiegenden Verlauf verfärben sich die Nadeln der Bäume und der Baum stirbt schließlich ab. Zusammen mit den bereits durch Borkenkäferbefall ausgefallenen und ersetzten Stichprobenbäumen ist auf 14% der Stichprobenpunkte Borkenkäferbefall aufgetreten.

Neben Insektenschäden wurden während den Waldschadensaufnahmen auch pilzlich verursachte Schäden beobachtet. Hier ist vor allem die Blattverfärbung durch die Buchenblattbräune zu nennen. Knapp 20% der Buchen weisen meist geringe Symptome dieser Pilzinfektion auf.

Auch die Ausbildung von Früchten kann einen Einfluss auf den Belaubungszustand von Bäumen haben. Daher werden bei der Waldschadensinventur Parameter wie Nadel-/Blattverlust, Vergilbung und Insekten bzw. Pilzschäden ebenso die Intensität der Fruktifikation erhoben. Insbesondere bei der Buche konnte mehrmals im Laufe des Gesamt-Inventurzeitraums ein Zusammenhang zwischen starker Fruchtausbildung und schlechtem Kronenzustand nachgewiesen werden. In diesem Jahr spielt die Fruktifikation bezüglich des Kronenzustands dagegen nur eine geringe Rolle. Die Bäume haben über alle Baumarten hinweg außerordentlich wenige Früchte ausgebildet. Nur 13% aller Bäume tragen dieses Jahr überhaupt Früchte, wobei davon der weit überwiegende Teil nur eine schwache Intensität aufweist. Eine überproportional starke Ausbildung von Früchten kann durch Stress (z.B. extreme Witterungsverhältnisse), als Reaktion des Baumes sich noch einmal zu reproduzieren, ausgelöst werden. Im Jahr 2004 haben die Bäume nach dem extremen Hitze- und Trockenstress wiederholt verhältnismäßig stark fruktifiziert. Die deutliche Absenkung dieser Aktivität kann somit als eine Art natürliche Erholungsphase der Bäume gewertet werden. Die erhöhte Fruktifikation im Jahr 2003 kann nicht auf die Trockenheit im gleichen Jahr zurückgeführt werden, da Bäume schon im Jahr davor Blütenknospen anlegen müssen (Abb. 29).

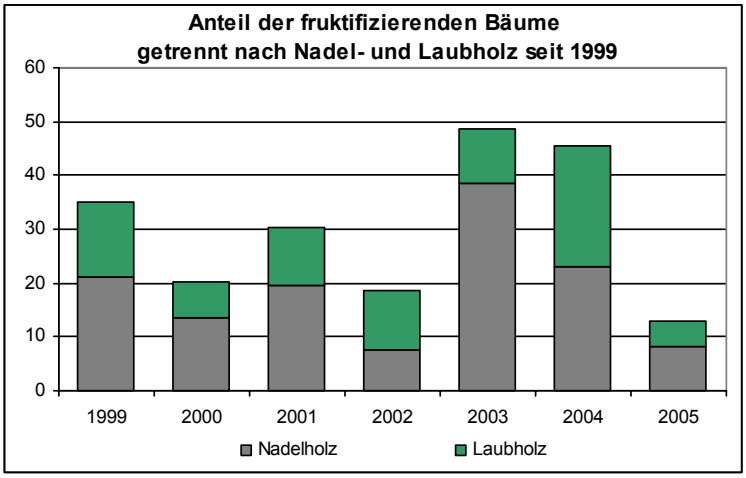


Abb. 29: Fruktifikation

5.2 Ergebnisse der Baumarten

Durch die verdichtete Aufnahme im 8x8 km Netz ist es für das Jahr 2005 möglich, Aussagen über den Vitalitätszustand einzelner Baumarten in Baden-Württemberg zu treffen. Aufgrund der Baumartenverteilung und der Stichprobenanzahl können die Hauptbaumarten Fichte, Tanne, Kiefer, Douglasie, Buche und Eiche hinsichtlich ihres Kronenzustandes getrennt untersucht werden. Die übrigen Baumarten werden zu sonstige Nadelbäume (sNb) und sonstige Laubbäume (sLb) zusammengefasst (Abb. 30).

Der mittlere Nadel-/Blattverlust zeigt bei den einzelnen Baumarten eine erhebliche Spreitung. Nachdem sich die Unterschiede im Schadniveau zwischen den einzelnen Baumarten seit Beginn der Waldschadensinventur kontinuierlich verringert haben, klaffen die Schadniveaus der einzelnen Baumarten nun wieder weiter auseinander. Die Differenz zwischen den niedrigsten und den höchsten mittleren Nadel-/Blattverlusten beträgt nun 22 Prozent, dies ist im Vergleich zu 2001 mehr als das Doppelte.

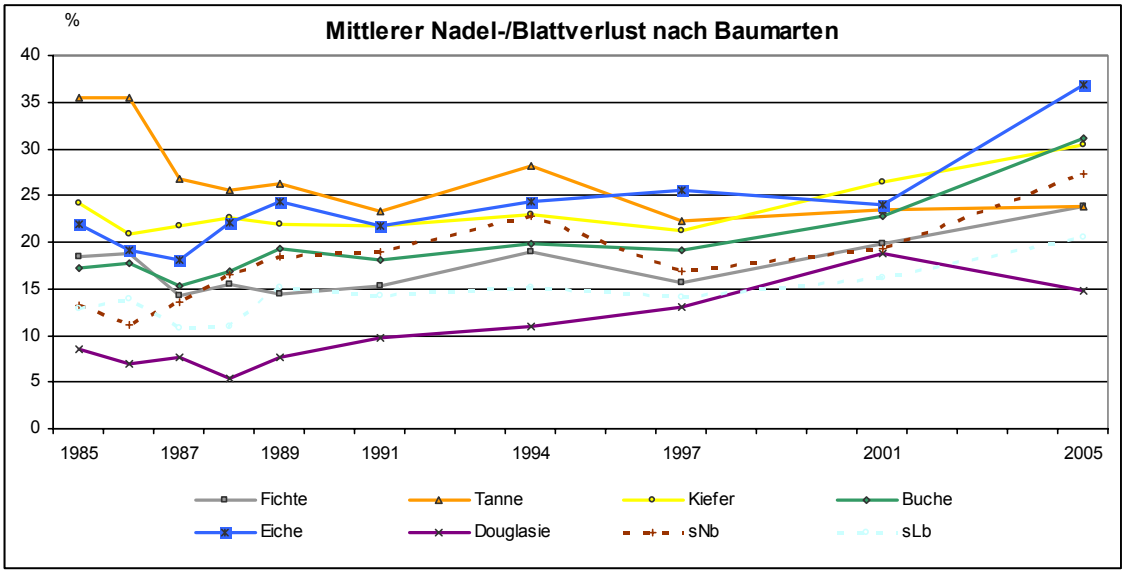


Abb. 30: mittlerer Nadel-/Blattverlust nach Baumarten in Jahren mit verdichteter Aufnahme

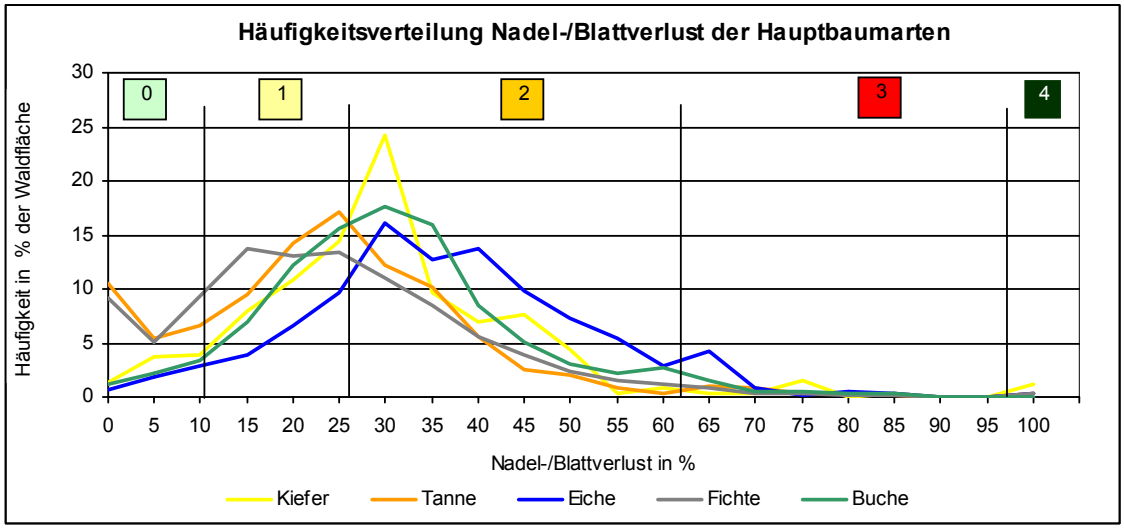


Abb. 31: Häufigkeitsverteilung des Nadel-/Blattverlustes nach Baumarten

Die stark heterogene Verteilung der Nadel-/Blattverlustwerte der einzelnen Baumarten an der Waldfläche Baden-Württembergs zeigt die Häufigkeitsverteilung in Abbildung 31. Die unterschiedlichen Schadniveaus können damit differenziert nach der Häufigkeit der Nadel-/Blattverluststufen interpretiert werden.

Auffallend ist, dass bei allen Baumarten bis auf Douglasie und Tanne das Schadniveau im Vergleich zur Aufnahme 2001 deutlich angestiegen ist. Bei **Douglasie** ist die Verringerung des Schadniveaus um 4 Prozentpunkte hauptsächlich auf das Hinzukommen von jungen Douglasienbeständen in die Stichprobe zurückzuführen.

Am stärksten geschädigt zeigt sich die Baumart **Eiche**. Der durchschnittliche Nadel-/Blattverlust liegt bei der Eiche mit 36,8% auf einem bisher noch von keiner Baumart erreichten Schadniveau. Ursächlich hierfür ist zum einen die erhebliche Schädigung durch blattfressende Raupen im Frühjahr 2005, die sich natürlich auf die Höhe des Blattverlustes im Sommer niedergeschlagen haben. Andererseits liegt der durchschnittliche Blattverlust, der nicht oder nur schwach durch Fraß geschädigten Eichen bei über 31%, also auch noch auf einem deutlich höheren Schadniveau. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Eiche, wie alle anderen Laubbäume auch, deutlich durch die Folgeschäden des Trockenjahres 2003 betroffen ist. Dies ist u. a. mit dadurch begründet, dass Eichenbestände häufig auf Extremstandorten wie Tonböden oder wechselfeuchten Standorten stocken und daher schon standortsbedingt einem erhöhten Stresspotential ausgesetzt sind.

In der Häufigkeitsverteilung des Blattverlustes an der Waldfläche wird das Ausmaß der Schädigung der Eiche im Jahr 2005 deutlich. Die jeweiligen Anteile in den besseren Blattverlustwerten sind verglichen mit allen anderen Baumarten äußerst gering. Der Häufigkeitsschwerpunkt liegt mit 30 bis 40% Blattverlust bereits deutlich in Schadstufe 2 und die Anteile in den noch höheren Blattverluststufen sind überproportional hoch (Abb. 31). Der Blick auf die Schadstufenverteilung der Baumart Eiche seit Beginn der Waldschadenserhebung betont eindrücklich den schlechten Vitalitätszustand der Eichen im Jahr 2005. Nahezu 75% der Eichenfläche in Baden-Württemberg ist demnach den Schadstufen 2 bis 4 zuzuordnen (Abb. 32).

Ein ähnliches Bild mit deutlicher Erhöhung des mittleren Blattverlustes zeichnet auch die Baumart **Buche** in Baden-Württemberg. Mit 31,2% Blattverlust liegt sie deutlich über dem durchschnittlichen Wert aller Baumarten (Abb. 31). Während der Aufnahmen konnten keine biotischen Schaderreger festgestellt werden, die den Kronenzustand der Buchen insgesamt wesentlich hätten beeinflussten können. Eine starke Fruchtausbildung, die den Kronenzustand beeinflussen, kann ebenfalls nicht beobachtet werden. Vielmehr ist anzunehmen, dass die Buchen noch stark unter dem aus dem Trockenjahr 2003 bedingten Wassermangel und dessen Folgen zu leiden haben. An vielen Buchen wurden irreversible Kronenstrukturschäden und abgetrocknete Triebspitzen festgestellt.

Die Häufigkeitsverteilung zeigt einen Schwerpunkt der Blattverlustwerte zwischen 25 bis 35%. Während

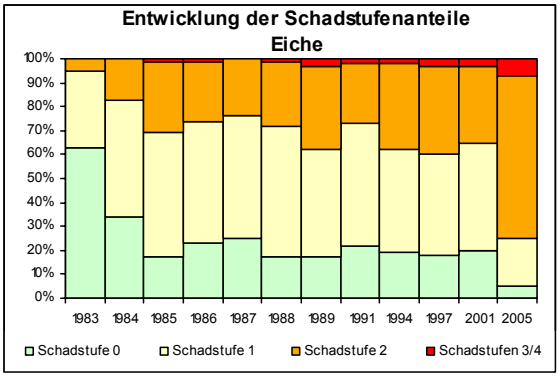


Abb. 32: Schadstufen Eiche

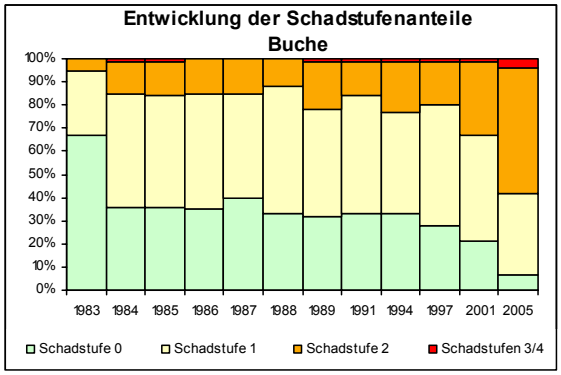


Abb. 33: Schadstufen Buche

der Anteil der besser belaubten Buchenfläche gering ist, sind im Vergleich zu den anderen Baumarten erhöhte Anteile der schlechteren Stufen zu verzeichnen (Abb. 31). Nur noch insgesamt knapp 7% der Buchenfläche ist ungeschädigt (Schadstufe 0), dafür sind 59% der Fläche als deutlich geschädigt (Schadstufe 2-4) eingestuft. Dies ist das mit Abstand schlechteste Ergebnis, welches seit Beginn der Waldschadensinventur für die Baumart Buche ermittelt wurde (Abb. 33).

Die Baumart **Kiefer** hat im Jahr 2005 in Baden-Württemberg mit 30,4% einen ähnlich hohen mittleren Nadel-/Blattverlust wie die Baumart Buche. Im Vergleich zum Jahr 2001 bedeutet dies einen Anstieg um 4% (Abb. 30). Mit Abstand der größte Anteil der Kiefernfläche hat einen Nadelverlust von 30%. Verglichen mit allen übrigen Baumarten zeigt die Kiefer hier ein absolutes Maximum. Alle anderen Nadelverluststufen sind mit deutlich geringen Anteilen vertreten. Leicht erhöhte Anteile an abgestorbenen Bäumen (Nadelverlust 100%) lassen sich durch regional beobachtete Absterbeprozesse nach der Trockenheit 2003 erklären (Abb. 31). Der Anteil der deutlich geschädigten Kiefernfläche ist in Baden-Württemberg auf 58 Prozent gestiegen. Im Vergleich zu 1997 hat sich der Schadflächenanteil somit mittlerweile verdoppelt (Abb. 34). Der relativ konstante Anteil der Schadstufe 3 und 4 der Kiefernfläche seit Beginn der Waldschadenserhebung kann als Folge des Vorkommens der Pionierbaumart auf Extremstandorten angesehen werden.

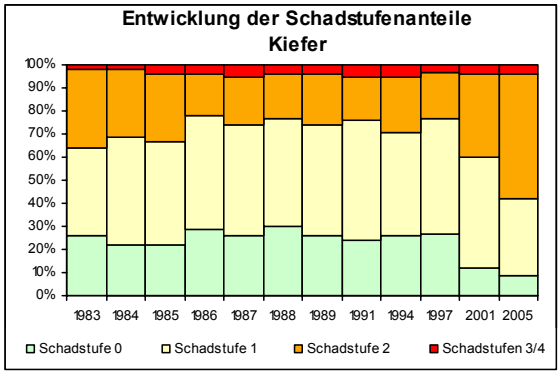


Abb. 34: Schadstufen Kiefer

Auch der Kronenzustand der **Fichten** in Baden-Württemberg hat sich weiter verschlechtert. Der mittlere Nadelverlust stieg um 4 Prozentpunkte auf nunmehr 23,9%. Damit liegt er etwas unterhalb des durchschnittlichen Verlustwertes aller Baumarten (Abb. 30). Im Vergleich zu den anderen Baumarten sind die Anteile der niedrigeren Nadelverluststufen in der Häufigkeitsverteilung stärker vertreten und der Schwerpunkt der Verteilung insgesamt früher, d.h. bei niedrigeren Nadelverluststufen (15 bis 25%) angesiedelt. Der Anteil der Fichtenfläche über 25% Nadelverlust geht kontinuierlich zurück (Abb. 31).

Das Schadniveau ist im Vergleich zu den übrigen Hauptbaumarten bei der Fichte am niedrigsten. Im Jahr 2005 sind 36% der Fichtenfläche deutlich geschädigt, d.h. 9% mehr als während der Aufnahme im Jahr 2001. Der Anteil der Schadstufen 2 – 4 hat sich seit 1997 mehr als verdoppelt (Abb. 35).

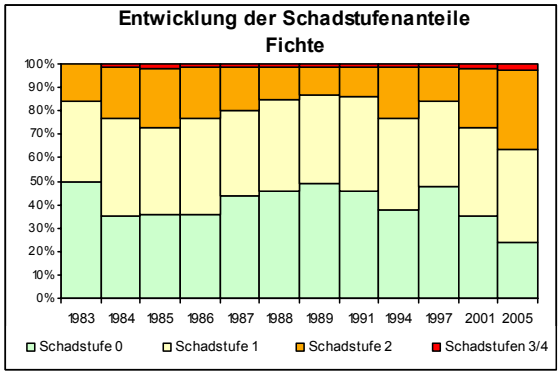


Abb. 35: Schadstufen Fichte

Während alle anderen Hauptbaumarten in Baden-Württemberg einen z. T. erheblich schlechteren Vitalitätszustand als in den vorherigen Jahren aufzeigen, kann die Baumart **Tanne** ihr Schadniveau der letzten Vollaufnahme von 2001 in etwa halten. Der durchschnittliche Nadelverlust der Tannen steigt gegenüber der Voraufnahme lediglich um 0,3 Prozentpunkte (Abb. 30).

Die Tanne hat sich somit als die lange Zeit am stärksten geschädigte Baumart im langfristigen Trend seit Beginn der Waldschadensinventur erholt. Dies liegt insbesondere an dem ausgeprägten Regenerationsvermögen von Alttannen, die sich mit Hilfe von Ersatztrieben eine neue Krone ausbilden können. Zudem ist sie augenscheinlich weniger empfindlich gegenüber extremer Trockenheit als alle anderen Hauptbaumarten. Dies ist zum einen durch die bessere Durchwurzelung der Tanne begründet. Mit ihrem tief greifenden Wurzelwerk ist es ihr möglich Wasservorräte in tieferen Bodenschichten zu erschließen. Somit ist sie besser gegen ein Niederschlagsdefizit gerüstet als beispielsweise die Fichte. Zum anderen wurde die Tanne in der Vergangenheit strikt nur in klimatisch für sie geeigneten Regionen angebaut, was ihre Konkurrenzkraft sicherlich stärkt. Die Entwicklung der Schadstufenanteile der Tanne zeigt die nahezu kontinuierliche Verringerung der deutlich geschädigten Waldfläche seit 1985. In den letzten Jahren ist in dieser positiven Entwicklung allerdings eine Stagnation zu beobachten. Bei der diesjährigen Aufnahme werden, ähnlich wie bei der Voraufnahme 2001 rund 37% der Tannenfläche als deutlich geschädigt eingestuft (Abb. 36).

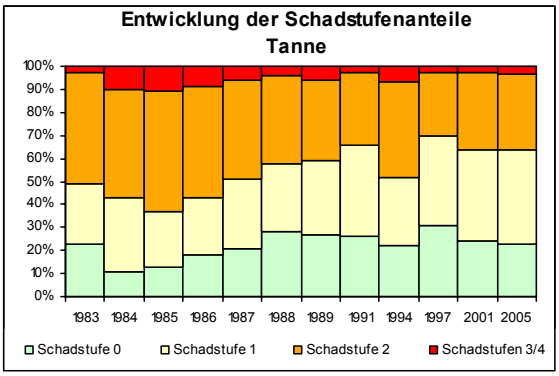


Abb. 36: Schadstufen Tanne

5.3 Ergebnisse der Regionen

Entsprechend der Auswertungen für einzelne Baumarten können durch die verdichtete Aufnahme im 8x8 km Netz Aussagen über den Kronenzustand einzelner Regionen getroffen werden. Aufgrund der Stichprobenverteilung können für die vier größten Wuchsgebiete Baden-Württembergs Ergebnisse dargestellt werden (Abb. 37):

- Schwarzwald
- Südwestdeutsches Alpenvorland
- Neckarland
- Schwäbische Alb

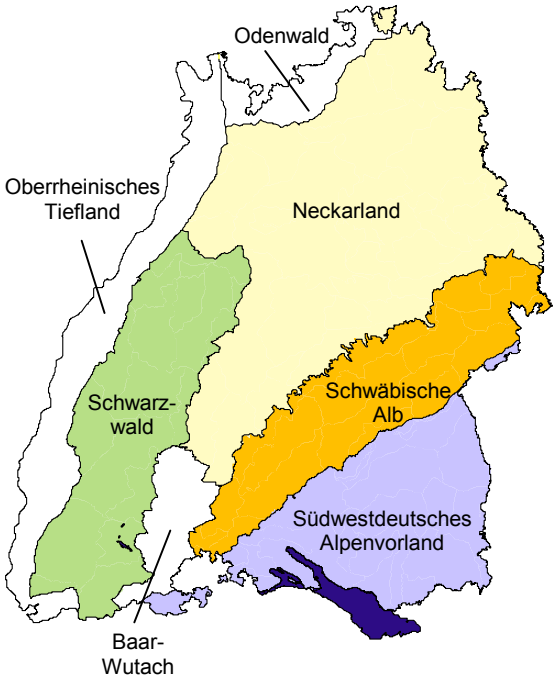


Abb. 37: Lage der Wuchsgebiete

Insgesamt lässt sich eine Annäherung des Schadniveaus in den vier Wuchsgebiete auf deutlich erhöhtem Niveau im Vergleich zur vorherigen Aufnahme erkennen. Das Schadniveau ist in allen vier Wuchsgebieten angestiegen. Während sich die Bäume im Schwarzwald im Durchschnitt nur leicht verschlechtern, sind in allen anderen Wuchsgebieten erhebliche Steigerungen des Schadniveaus zu erkennen. Entgegen der langjährigen Zeitreihe weisen im Jahr 2005 die Bäume des Neckarlandes das höchste Schadniveau auf. Die Bäume des Schwarzwaldes halten im Wesentlichen ihren hohen Schädigungsgrad, während die Bäume des Südwestdeutschen Alpenvorlandes sich deutlich verschlechtern und erstmals in der langjährigen Beobachtungsperiode an das Schadniveau der Bäume des Schwarzwaldes aufschließen. Das geringste Schadniveau findet sich bei Bäumen auf der Schwäbischen Alb. Sie weisen aber zusammen mit den Bäumen des Neckarlandes die stärkste Verschlechterung gegenüber der Voraufnahme auf (Abb. 38).

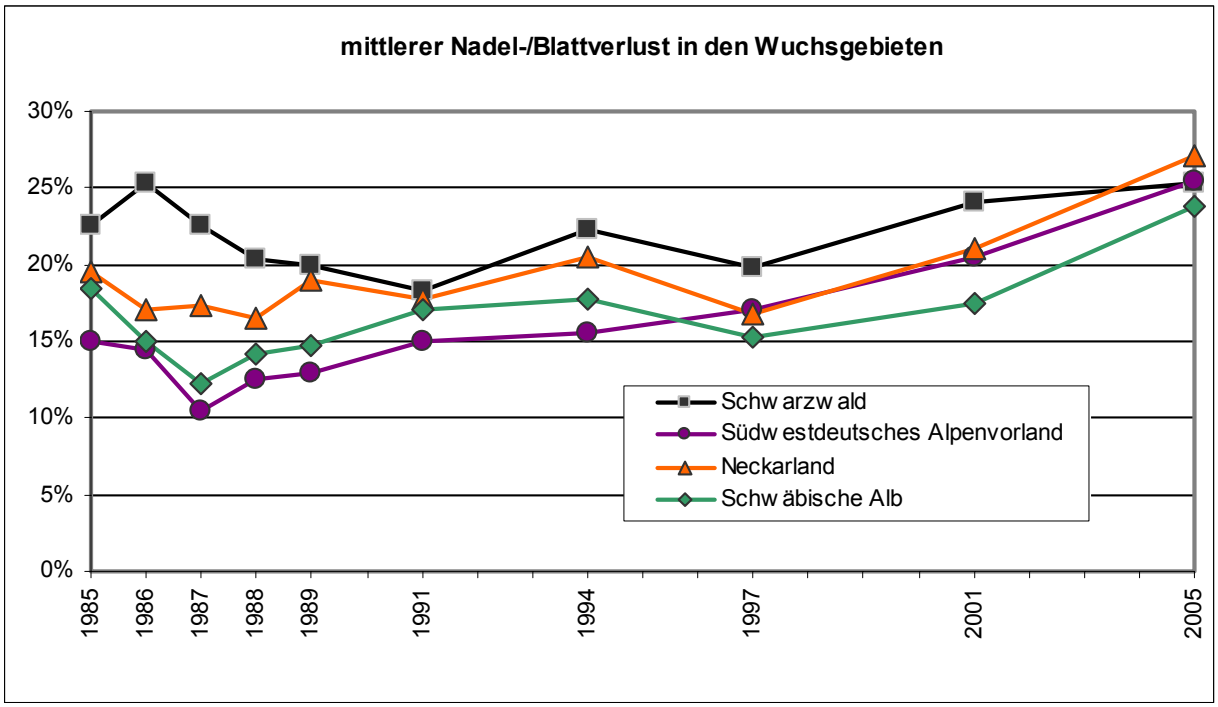


Abb. 38: mittlere Nadel-/Blattverlust in den Wuchsgebieten

Für die Wuchsgebiete Oberrheinische Tiefebene, Odenwald und Baar-Wutach können aufgrund des geringen Stichprobenumfanges keine regionalen Aussagen zum Vitalitätszustand der Bäume gemacht werden.

Abbildung 39 zeigt alle Stichprobenpunkte und deren mittleren Nadel-/Blattverlust in Abstufung von 10 Prozentpunkten. Regionen mit stärkeren Schäden ergeben sich aus der Häufung dunkler gefärbter Stichprobenpunkte. Bestände unter 60 Jahren sind auf der Abbildung durch Dreiecke gekennzeichnet. Nahezu alle Stichprobenpunkte mit einem durchschnittlichen Nadel-/Blattverlust bis 10% fallen hierunter.

Deutliche Schadensschwerpunkte lassen sich v. a. im südlichen und mittleren Schwarzwald sowie auf den Hochlagen des Buntsandstein-Schwarzwaldes erkennen. Zudem können im Nordosten des Wuchsgebiets Neckarland und im nordwestlichen Teil Oberschwabens Schadensschwerpunkte ausgemacht werden. Im Unterschied zur Vollaufnahme (4x4 km Netz) erschwert die erheblich geringere Anzahl an Aufnahmepunkten die Ausweisung von regionalen Schadgebieten.

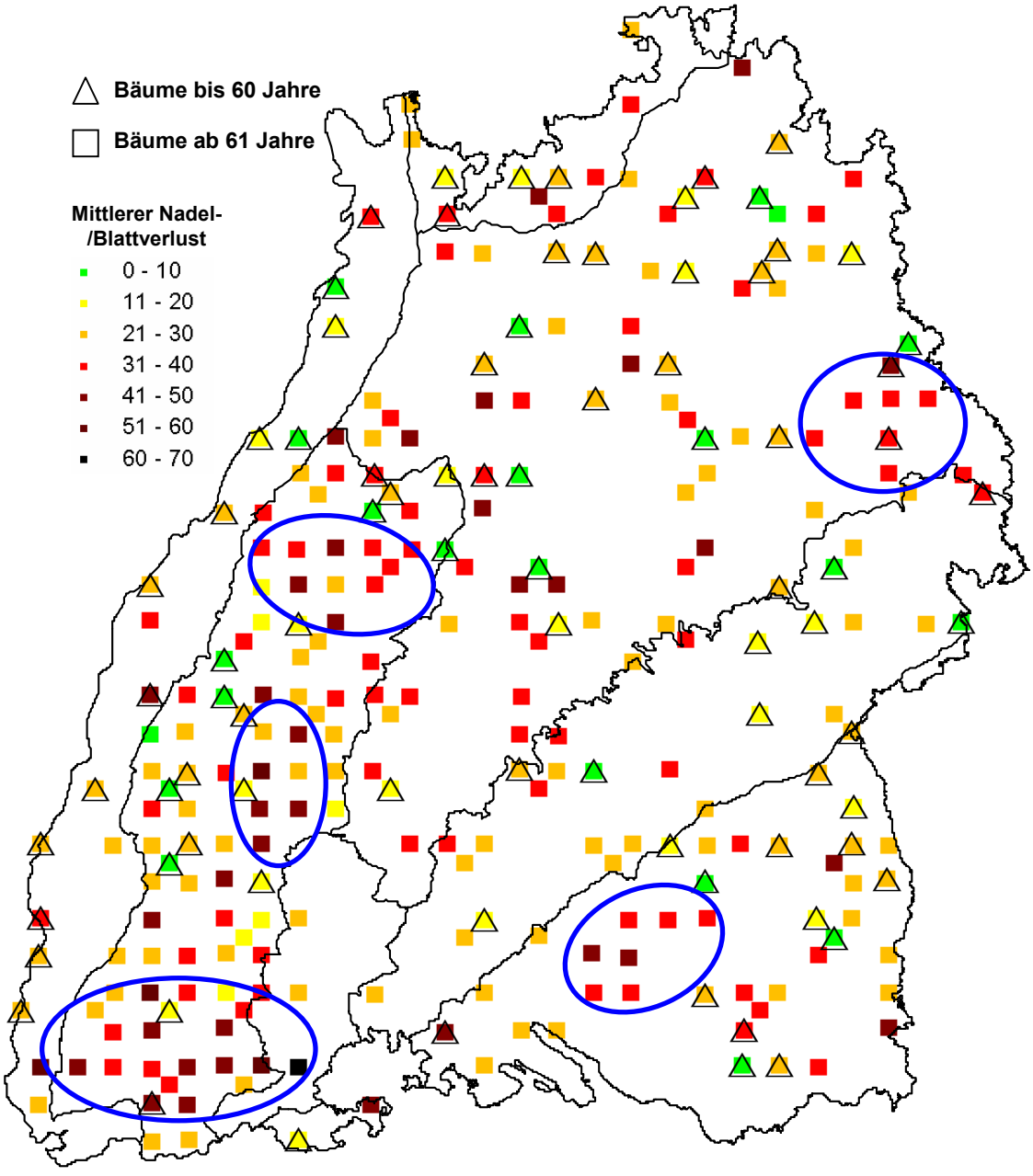


Abb. 39: mittlerer Nadel-/Blattverlust der Stichprobenpunkte

Das Neckarland

Der Vitalitätsverlust der Bäume ist im Wuchsgebiet Neckarland im Vergleich zu den Voraufnahmen dramatisch angestiegen. Mittlerweile sind 46% Prozent der Waldfläche deutlich geschädigt. Soviel wie in keinem anderen Wuchsgebiet. Im Vergleich zum Jahr 2001 bedeutet dies eine Zunahme der deutlich geschädigten Waldfläche um 19%. Dies ist im Wesentlichen auf die starke Verschlechterung der Laubbaumarten im Wuchsgebiet zurückzuführen. Die Anteile der deutlich geschädigten Buchen- und Eichenflächen haben sich mehr als verdoppelt. Insbesondere im Nordöstlichen Neckarland ist die Verschärfung der Schadintensität auf den hohen Anteil an Tonsubstraten zurückzuführen auf denen sich die Austrocknung 2003 besonders intensiv und lang anhaltend ausgewirkt hat. Durch den hohen Tonanteil im Boden steht den Bäumen in Trockenperioden deutlich weniger Wasser zur Verfügung als auf anderen Standorten. Insgesamt sind im Wuchsgebiet Neckarland 61% der Buchenfläche und 77% der Eichenfläche deutlich geschädigt. Bei Fichte und Kiefer hat der Anteil deutlich geschädigter Waldfläche ebenfalls zugenommen. Hier ist seit 1997 ein stark ansteigender Trend zu beobachten.

Der Kronenzustand der Tannen hat sich - wie auch im Landesdurchschnitt - im Neckarland kaum verschlechtert. Mit 24% deutlich geschädigter Waldfläche ist der Tannenanteil gegenüber 2001 nahezu unverändert (Abb. 40).

Der Schwarzwald

Der Anteil der deutlich geschädigten Waldfläche ist im Schwarzwald von 35 auf 43% angestiegen. Damit zählt der Schwarzwald nach wie vor zu den am stärksten geschädigten Gebieten Baden-Württembergs. Verglichen mit dem Jahr 2001 bedeutet dies einen Anstieg um 8 Prozentpunkte. Durch langjährige Säureeinträge und die daraus resultierende Bodenversauerung, insbesondere am Westabfall und in den Kammlagen des Schwarzwaldes, zählt das Wuchsgebiet weiterhin zu den klassischen Schadgebieten Baden-Württembergs. Bei Fichte und Buche hat der Anteil deutlich geschädigter Waldfläche gegenüber 2001 stark zugenommen. Während bei Fichte die Zunahme der geschädigten Waldfläche mit 7 Prozentpunkten noch relativ gering ausfiel,

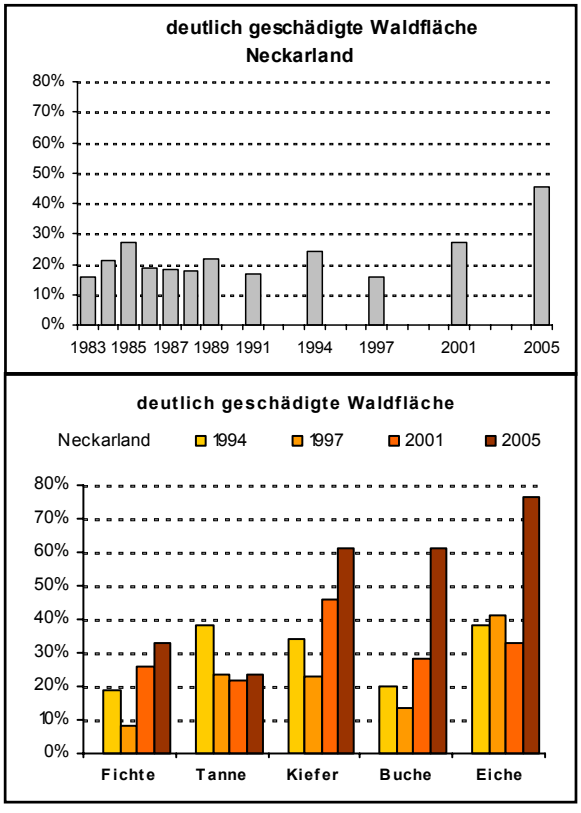


Abb. 40: Wuchsgebiet Neckarland

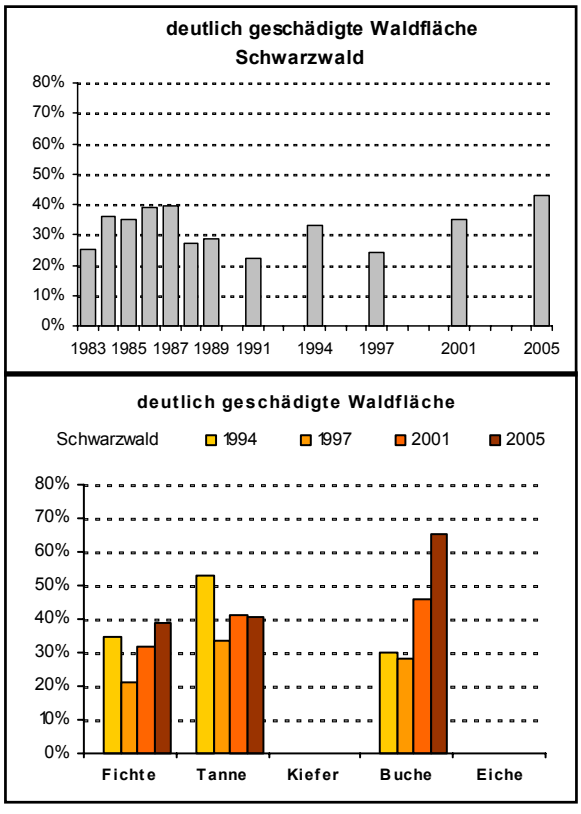


Abb. 41: Wuchsgebiet Schwarzwald

kann sie bei der Buche mit +19% -Punkten als alarmierend bezeichnet werden. Nahezu zwei Drittel der Buchenfläche im Schwarzwald ist deutlich geschädigt. Aufgrund der geringen Buchenfläche im Schwarzwald schlägt sich das schlechte Ergebnis der Buchen nicht so stark auf das Gesamtergebnis durch wie bei anderen Wuchsgebieten. Dagegen hat sich der Kronenzustand der Tannen im Schwarzwald etwas gebessert. Der Anteil an deutlich geschädigter Tannenfläche verringerte sich um einen Prozentpunkt auf nun 40% (Abb. 41).

Das Südwestdeutsche Alpenvorland

Im Wuchsgebiet Südwestdeutsches Alpenvorland ist der Anteil deutlich geschädigter Waldfläche im Vergleich zum Jahr 2001 um 7 Prozentpunkte auf nun insgesamt 38% gestiegen. Seit Ende der 80er Jahre ist die Schadfläche kontinuierlich angestiegen. Die Verschlechterung ist hauptsächlich auf den Anstieg der deutlich geschädigten Fichtenfläche zurückzuführen. Im Jahr 2005 stieg der Anteil der deutlich geschädigten Fichtenfläche mit 11 Prozentpunkte stärker als in allen anderen Wuchsgebieten an. Insbesondere im Nordwestlichen Oberschwaben ist das erhöhte Schadniveau auf die Auswirkungen der Trockenheit 2003 zurückzuführen. Das im Regenschatten von Schwarzwald und Schwäbischer Alb gelegene Areal ist im Klimagradient Oberschwabens das niederschlagärmste (Abb. 42).

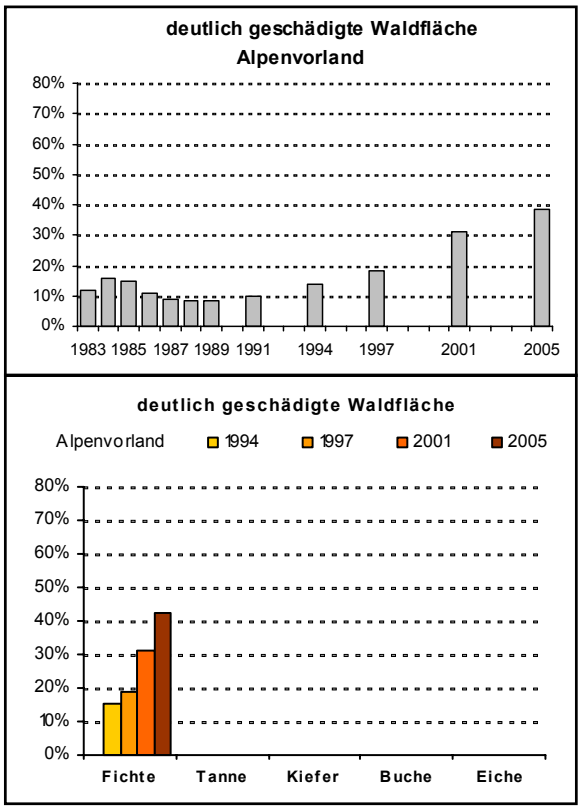


Abb. 42: Wuchsgebiet Alpenvorland

Die Schwäbische Alb

Die Schwäbische Alb ist das Wuchsgebiet mit dem geringsten Schadniveau in Baden-Württemberg. Allerdings hat sich auch hier die Schadfläche im aktuellen Jahr um 11 Prozentpunkte erhöht und ist damit erstmals in der Beobachtungsperiode auf über 30% gestiegen. Nur im Wuchsgebiet Neckarland stieg die Schadfläche im Vergleich zu 2001 steiler an (+19%).

Dies ist durch den hohen Buchenanteil des Wuchsgebietes und dessen überproportional hohen Anstieg der Schadfläche zu erklären. Der Anteil der deutlich geschädigten Buchenfläche stieg auf der Schwäbischen Alb von 26 auf 43 Prozent. Demgegenüber stieg der Anteil der deutlich geschädigten Fichtenfläche lediglich von 15 auf 24 Prozent an (Abb. 43).

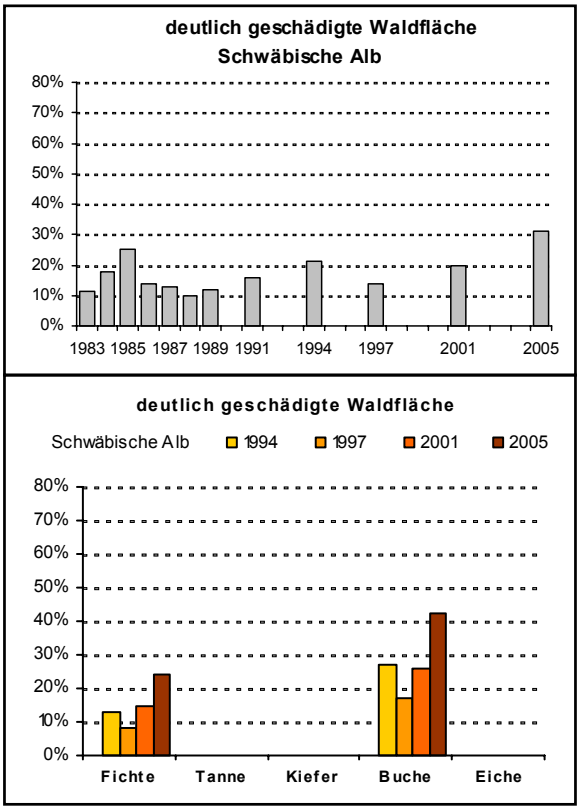


Abb. 43: Wuchsgebiet Schwäbische Alb