

Forstliches Umweltmonitoring

Waldzustandsbericht 2012

Kurzfassung



Waldzustandsbericht 2012

Kurzfassung

INHALTSVERZEICHNIS

I. Vorwort	3
II. Einleitung	4
III. Verfahren und Durchführung der Waldzustandserhebung.....	7
IV. Zusammenfassung und Ausblick.....	8
V. Einzelergebnisse.....	10
1. Kronenzustand	10
Buche	10
Eiche.....	12
Fichte.....	14
Kiefer	16
Esche	18
Douglasie	18
2. Waldbodenzustand Saarland - Säuretoxizität	19
3. Versauerungsprozesse in Waldökosystemen.....	26
4. Wald und Wild	32
VI. Impressum.....	34

Der Waldzustandsbericht 2012 ist als Kurzversion und in der Langfassung abrufbar:

www.umwelt.saarland.de

I. VORWORT

Sehr geehrte Leserin, sehr geehrter Leser,



unser Wald ist ein wichtiges Naturgut, ein faszinierendes Ökosystem, das es zu schützen gilt. Er erfüllt wichtige Funktionen, die direkt mit unserem Leben zu tun haben: er beeinflusst unser Klima, ist unsere „grüne Lunge“ und bietet unschätzbare Erholung. Er ist Lebensraum für viele Tiere und Pflanzen, aber auch ein nicht zu unterschätzender Wirtschaftsfaktor.

Unser verstärkter Bedarf an Energie, der hauptsächlich durch Verbrennung fossiler Brennstoffe gedeckt wird, belastet unsere Wälder in hohem Maße. In den 70er und 80er Jahren wurden Absterbeprozesse von Bäumen in den Hochlagen der Mittelgebirge beobachtet. Wissenschaftliche Untersuchungen konnten einen Zusammenhang zwischen „saurem Regen“ und dem Absterben der Bäume herstellen.

Die Waldzustandserhebung wurde 1984 als Teil des bundesweiten forstlichen Umwelt-Monitorings initiiert und seither jährlich wiederholt. Im Laufe der Jahre wurden die Erkenntnisse um die komplexen Prozesse und Zusammenhänge immer größer. Der Untersuchungsumfang wurde diesen Erkenntnissen angepasst und ständig erweitert.

Wir wissen heute, dass sich die spezifischen Baumschäden, bedingt durch die von Menschen verursachten Luftschadstoffe, sowohl am Kronenbild der Bäume, als auch in der Bodenchemie ablesen lassen.

Die Erwärmung des Klimas macht den Wäldern zusätzlich zu schaffen. Seit 1990 ist der globale CO₂-Ausstoß mindestens um 54 % gestiegen. Im letzten Jahr gelangten weltweit Treibhausgase in einem Umfang von etwa 36 Gigatonnen Kohlendioxid in die Atmosphäre. (Das sind 36.000.000.000.000 Kilogramm) Die Tendenz ist steigend.* Diese Treibhausgase sind ursächlich für den Klimawandel verantwortlich.

Auf den folgenden Seiten erhalten Sie, liebe Leserinnen und Leser, wichtige Hintergrundinformationen, die Sie erahnen lassen, wie komplex die natürlichen und „mensch-gemachten“ Einflüsse im Ökosystem Wald ineinander greifen. Mein Bemühen ist es, die von der saarländischen Landesregierung eingeleitete Energiewende konsequent zu unterstützen und zu forcieren. Es lohnt sich für uns und unsere Kinder, durch eigenes umweltgerechtes Verhalten unseren Beitrag für diese unsere Erde zu leisten.

In diesem Sinne und mit freundlichen Grüßen

Ihre

Anke Rehlinger

* (Quelle: G.Peters, C. Le Quéré, Tyndall Centre for Climate Change, 2012)

II. EINLEITUNG

Seit 28 Jahren berichtet das zuständige Umweltministerium jährlich über den Zustand des saarländischen Waldes. Anlass ist die bundesweit einheitliche Erfassung von sichtbaren Schäden (der Baumkronen), die in den Monaten Juli und August eines jeden Jahres durchgeführt wird.

Die Waldzustandserhebung ist Teil des forstlichen Umweltmonitorings. Seit den 1980er Jahren ist es unser Ziel, Umweltveränderungen und ihre Auswirkungen auf Waldökosysteme zu erfassen und zu beschreiben. Da Umweltprobleme bekanntlich nicht an nationalen Grenzen Halt machen, führte dies zur grenzüberschreitenden Zusammenarbeit.

1985 wurde dafür das Internationale Zusammenarbeitsprogramm *ICP Forests* zur Bewertung und Überwachung der Wirkung von Luftschadstoffen auf Wälder geschaffen. In Europa erheben inzwischen 41 Staaten im Rahmen dieses Programms die Stoffeinträge in den Boden, den Kronenzustand und weitere Parameter.

Bei der Beurteilung der Frage der Waldschäden wird klar, dass die nun sichtbaren Prozesse eine lange Vorgeschichte haben, die:

- mit der Industrialisierung im 19. Jahrhundert ihren Anfang nahmen;
- sich in den 60er und 70er Jahren des 20. Jahrhunderts erheblich verstärkten;
- über große Zeiträume ablaufen;
- ihre negativen Wirkungen auf den Waldböden sehr zeitverzögert entfalten.

Der Prozess der schädlichen Veränderung der Waldböden bis hin zur Bodendegradation* durch menschliche Einflüsse (anthropogen) aus Schadstoffeinträgen hatte schon lange begonnen, bevor Wissenschaftler anfangen, diesen Prozess zu entdecken. Bis heute ist man daran, ihn wissenschaftlich zu verstehen.

**Bodendegradation beschreibt den Prozess der schrittweisen Ton-Mineralumwandlung und nachfolgend irreversiblen Ton-Mineralzerstörung im Bodenkörper. Dies stellt ein gravierendes Problem nachhaltiger Waldwirtschaft dar und reduziert sich nicht nur auf Baumschäden, sondern umfasst das gesamte Ökosystem Wald einschließlich des Wasserhaushaltes.*

Kronenzustand

Das Erscheinungsbild einer Baumkrone spiegelt die Summe einer Vielzahl von Einflussfaktoren wider. Deren Ursachen können vielfach natürlichen Ursprungs, aber auch anthropogen bedingt sein. Wie ist aber der natürliche Einfluss auf die Krone zu beurteilen? Wie sind die Wirkungen von

- viel oder wenig Regen;
- über- oder unterdurchschnittlichen Temperaturen;
- Extremereignissen wie Sturm oder langen Hitzeperioden;
- biologischen Faktoren wie Schädlingsbefall oder Pilzkrankheiten;

usw. auf den Baum einzuschätzen?

Schadstoffeinträge aus der Luft

Und welchen Anteil an dem Aussehen einer Krone hat der Eintrag von Schadstoffen aus der Luft? Seien es Substanzen mit unmittelbar giftiger Wirkung, wie z.B. verschiedene Schwefelverbindungen, oder Stoffe aus verschiedenen Stickstoffverbindungen, die primär als Dünger das Waldwachstum beschleunigen, dann aber, gleichsam dem gedopten Radsportler, die Stabilität des Systems gefährden und in eine toxische Wirkung umschlagen.

Stickstoffverbindungen beschleunigen das Pflanzenwachstum, gleichzeitig gerät aber das Nährstoffgleichgewicht aus den Fugen und ein bestimmter Nährstoff wie z.B. Magnesium ist plötzlich Mangel-element, weil es nicht in dem Maße wie Stickstoff pflanzenverfügbar ist.

Hinzu kommen versauernd wirkende Stickstoffverbindungen. Mit dem Regen gelangen diese Stoffe in den Waldboden.

Komplexe Zusammenhänge

Zwischen all diesen Faktoren gibt es verstärkende bzw. schwächende Wechselwirkungen. Beispiel:

Ein durch Versauerung geschädigtes Wurzelsystem funktioniert ausreichend, wenn dem Baum genug Wasser zur Verfügung steht. Ein Problem entsteht erst, wenn es Wasserstress wegen fehlender Niederschläge gibt. Hier hat ein Baum mit intaktem Wurzelsystem viel bessere Überlebenschancen als der vorgeschädigte Baum. Das Absterben wegen Trockenheit erschiene wie eine natürliche Ursache, tatsächlich sind Prozesse der Bodenversauerung und -vergiftung ursächlich für das Baumsterben.

Wetter/Klima

Der Witterungsverlauf eines jeden Jahres stellt einen weiteren Aspekt dar, der maßgeblichen Einfluss auf Waldbäume ausübt. 2012 stellte sich wie folgt dar:

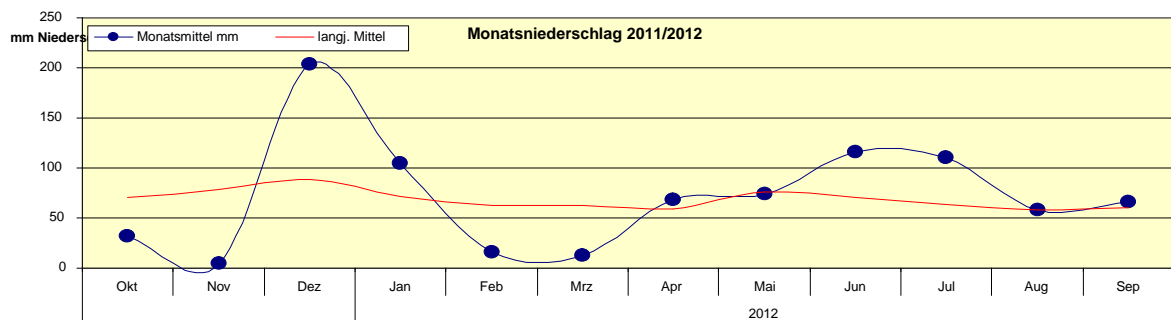
- Seit Oktober 2011 lagen die Temperaturen insgesamt 0,7 Grad über dem langjährigen Mittel.
- Der Februar 2012 war zu kalt. Ein Kälteeinbruch Ende Januar bis Mitte Februar ließ die Temperaturen bis unter -15 Grad sinken.

- Im schnellen Wechsel kam das Frühjahr mit einem sehr milden und trockenen März. In der Vegetationsperiode waren die Wachstumsbedingungen für den Wald mit einem kühl-feuchten Juni und Juli günstig.

Die klimatische Entwicklung der letzten beiden Jahrzehnte ist von überdurchschnittlich warmen und trockenen Vegetationsperioden, sowie milden Wintern geprägt, ein deutlicher Hinweis auf einen Klimawandel.

Die Jahre mit Sommertrockenheit 1985, 1991, 1996, 2002, 2003, 2005 und 2006 verstärkten umweltbedingte komplexe Waldschäden noch zusätzlich. Die Bäume passten ihre assimilierende Blattmasse der geringen Wasserversorgung an. Nach vorzeitigem Blattabwurf folgten häufig eine geringere Knospenbildung sowie das Absterben von Kronenteilen. Diese strukturellen Kronenveränderungen nach ausgeprägten Trockenjahren wirkten über mehrere Folgejahre nach.

Die folgende Grafik vermittelt einen Überblick der Niederschläge für das Jahr 2012:



Ausgeprägter Trockenstress der Bäume durch lang anhaltende Hitzeperioden und Trockenphasen in der Vegetationszeit traten seit 2007 auf den meisten Waldstandorten im Saarland nicht mehr auf. Die Trockenzeiten in den Frühjahren 2010, 2011 und 2012 konnten durch hohe Sommerniederschläge weitgehend ausgeglichen werden.

III. 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. Benadelungs-Zustand.

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

Aufnahmezeit Ende Juli bis Mitte August eines jeden Jahres

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

Schadstufen 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.)

Zusatzuntersuchung Aufnahme des Befalls biotischer und abiotischer Schadorganismen nach ROSKAMS ROSKAMS, P. (2006): Assessments of Damage Causes.

- Borkenkäfer
- Buchenspringrüssler
- Kieferngroßschädlinge
- Eichenwickler und Frostspanner
- sonstige Insekten und Schadpilze
- Trockenreisig
- Mechanische Beschädigungen

Durchführung SaarForst Landesbetrieb

IV. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Entwicklung des Kronenzustandes

Die langfristige Beobachtung der Baumkronen zeigt, dass neben eingetragenen Schadstoffen, auch Witterungsbedingungen und biotische Faktoren erheblichen Einfluss auf das Gesundheitsbild der Bäume haben. Nach einer Erholungsphase seit 2006 hat es im Jahr 2012 wieder eine leichte Verschlechterung gegenüber den Vorjahren gegeben, so dass noch keine Entwarnung gegeben werden kann. Schließlich zeigt jeder dritte Baum deutliche Kronenschäden.

Gegenüber 2011 entwickelten sich die Kronenschäden bei den einzelnen Baumarten sehr unterschiedlich: Eine deutliche Verschlechterung ist bei der Eiche, der Douglasie und den sonstigen Laubbäumen zu verzeichnen. Verbessert hat sich hingegen der Kronenzustand von Buche und Kiefer. Im Mittel nehmen die so genannten deutlichen Schäden (Schadstufen 2-4) um 7 Prozentpunkte auf 34 % zu; die Gesamtschäden (Schadstufen 1-4) halten sich mit 74 % auf dem Niveau des Vorjahres.

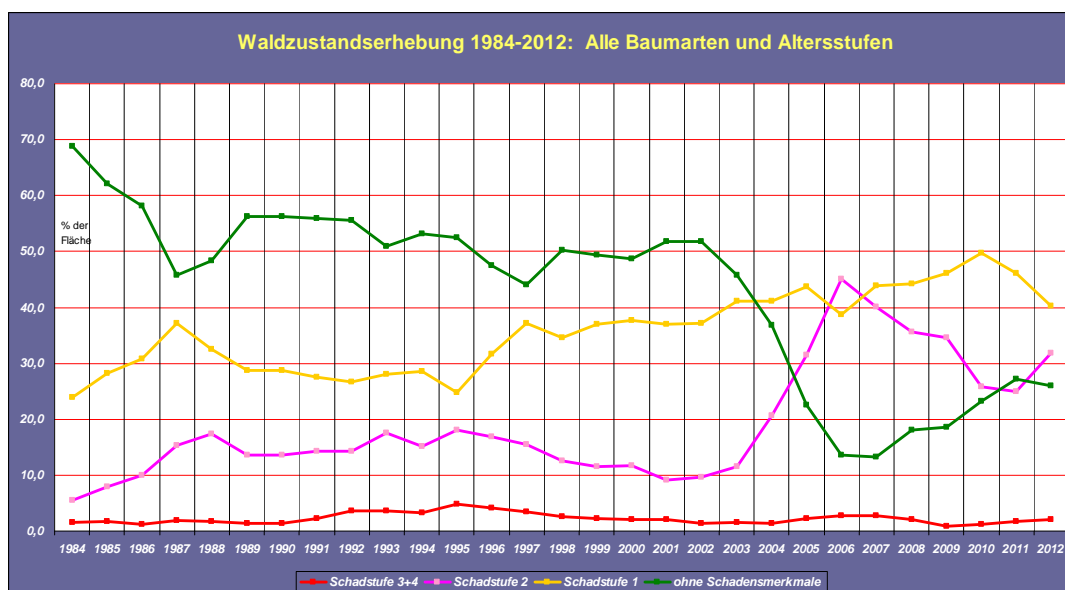


ABB.: ENTWICKLUNG DER WALDSCHÄDEN SEIT 1984 FÜR ALLE BAUMARTEN UND SCHADSTUFEN

TABELLE: GESAMTERGEBNIS 2012

	2011	2012
Gesamtschäden (Schadstufe 1-4)	73 %	74 %
deutliche Schäden (Schadstufe 2-4)	27 %	34 %
Buche	51 %	35 %
Eiche	18 %	51 %

Kiefer	44 %	27 %
Fichte	16 %	19 %
deutliche Schäden in älteren Beständen	36 %	43 %
deutliche Schäden in jüngeren Beständen	11 %	18 %

Waldböden – Maßnahmen zur Regeneration

Die saarländischen Waldböden haben unter dem Einfluss der Schadstoffeinträge erheblich gelitten und sind inzwischen weit entfernt von einem natürlichen Zustand. Die infolge der zurückliegenden Schadstoffeinträge ausgelösten bodenschädigenden Prozesse würden zunächst auch dann weiterlaufen, wenn alle schädlichen Stoffeinträge sofort unterbunden werden könnten.

Die Vorstellung, dass Säureeinträge aus der Luft vom Waldökosystem mit eigenen, natürlichen Mechanismen kompensiert werden könnten, hat sich als unzutreffend erwiesen. In den Fällen, in denen die Bodendegradation besonders fortgeschritten ist, muss daher mit Maßnahmen der Kompensationskalkung eine weitere Verschlechterung der Waldböden gestoppt werden.

Während vor 25 Jahren Schwefelverbindungen den wesentlichen Beitrag zur Versauerung der Waldböden beitrugen, sind es heute vor allen Dingen Stickstoffverbindungen. Damit wird deutlich, dass die Luftreinhaltepolitik der vergangenen Jahre hinsichtlich Schwefels erfolgreich war. Ähnliche Anstrengungen müssen bei den Stickstoffverbindungen folgen. Hier gibt es zwei wesentliche Quellen: Verbrennung fossiler Brennstoffe und die Landwirtschaft.

Die in Folge der Bodenversauerung stattfindenden Austräge an Nährstoffen und Schadstoffen können früher oder später auch in die Gewässer gelangen. Aus der anthropogen bedingten Störung des Waldökosystems folgt eine Störung nachfolgender Ökosysteme. Je früher mit Sanierungsmaßnahmen eingegriffen wird, desto geringer werden die Schäden ausfallen.

Die Landesregierung wird die im Regierungsprogramm vorgesehene Waldkalkung umsetzen. Die vorliegenden Untersuchungsdaten und die vordringlich kalkungsbedürftigen Waldflächen (Hot Spots) werden zusammengestellt, um im nächsten Jahr die in 2009 kurzfristig beendete Waldkalkung fortzusetzen. Begleitet wird die Maßnahme durch ein intensives Monitoring biotischer und bodenchemischer Faktoren durch das Landesamt für Umwelt und Arbeitsschutz.

Die Regeneration von Waldböden wird aber auch waldbaulich/biologisch angegangen. Totes bzw. vermoderndes Holz fördert die Bodenstruktur und Bodenfruchtbarkeit. Zur Unterstützung des natürlichen Nährstoffkreislaufes wird auf die Ernte von Holz, dessen Durchmesser geringer als 10 cm ist, verzichtet. Dies beeinflusst die Böden in einer positiven Weise. Der SaarForst-Landesbetrieb wendet das Prinzip der standortverträglichen Holznutzung schon seit einigen Jahren an.

V. EINZELERGEBNISSE

1. KRONENZUSTAND

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 günstigeren Witterungsbedingungen verminderten sich die Schäden in der Folge auf ein Schadniveau von vor 2004 bzw. Anfang der 1990er Jahre. Starke Fruktifikation führte 2009 und 2011 jeweils wieder zu einem rasanten Anstieg der Kronenverlichtungen. Häufig gab es in den Oberkronen mehr Früchte als Blätter. In 2012 konnten diese Kronenverlichtungen teilweise wieder ausgeglichen werden.

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 bildet die Buche atypische flache Wurzelteller, tiefer reichende Wurzeln sind dann nicht mehr vorhanden oder abgestorben. Neben einer Verringerung der Standfestigkeit führt dies besonders bei Altbuchen zu einer erheblich gestörten Nährstoff- und Wasserversorgung. In der Folge kommt es über die Jahre zu gravierenden, strukturellen Kronenschäden.

Die häufigen Trockensommer seit Beginn der Erhebung, zuletzt 2006, verursachten zusätzlichen Trockenstress und wirkten vitalitätsmindernd auf die Buchen. In den Jahren ab 2007 lagen eher günstige Wachstumsbedingungen vor. Auch stark vorgeschädigte Altbuchen konnten ihr Kronenvolumen teilweise regenerieren. Durch die Bildung sekundärer Kronenäste im mittleren bis unteren Kronenbereich vergrößerte sich in vielen Fällen die Belaubungsdichte. Mit Abfällen abgestorbener Äste aus der Oberkrone verbesserte sich das äußere Erscheinungsbild bisher strukturell stark geschädigter Bäume.

Aktuelle Entwicklung 2012:

Nach dem außergewöhnlichen Mastjahr 2011 fallen 2012 die deutlichen Schäden (Schadstufe 2-4) wieder auf einen Wert von 35%. (siehe nachfolgende Grafik)

Differenziert nach Alter ergibt sich folgendes Bild:

Buchen über 60 Jahren sind zu 44,8 % deutlich geschädigt (Schadstufe 2-4)

Buchen unter 60 Jahren zu 7,4 %.

Fazit: Auch nach fünf witterungsbedingt recht günstigen Jahren für die Buche bewegt sich der Anteil der deutlichen Schäden auf besorgniserregend hohem Niveau.

Waldschadenserhebung 1984-2012
Buche insgesamt

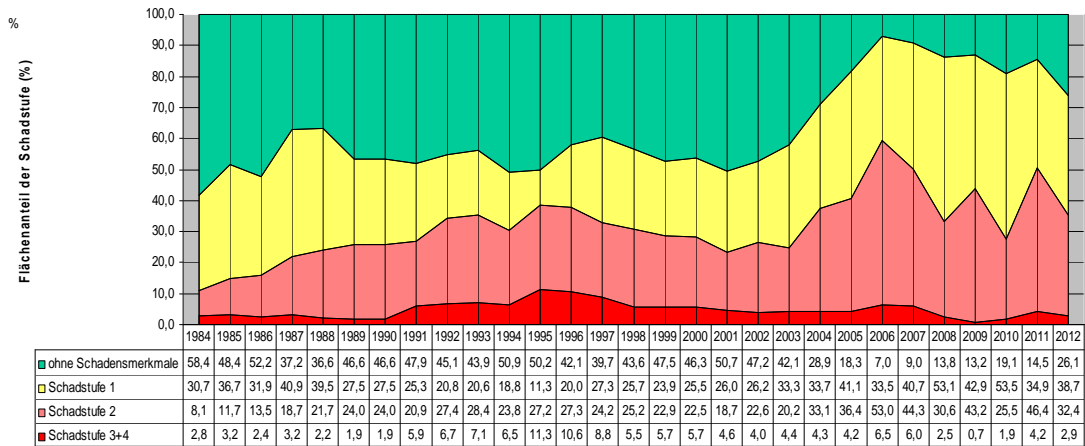


Abb.: Entwicklung der Waldschäden der Buche insgesamt.

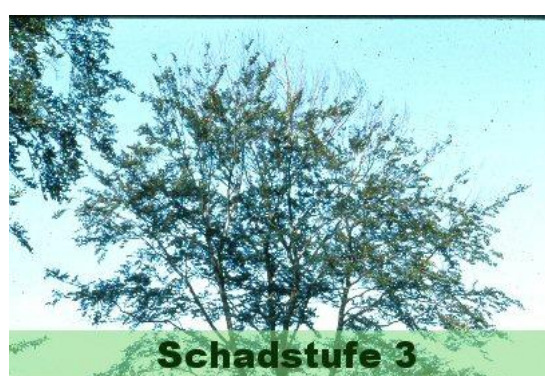
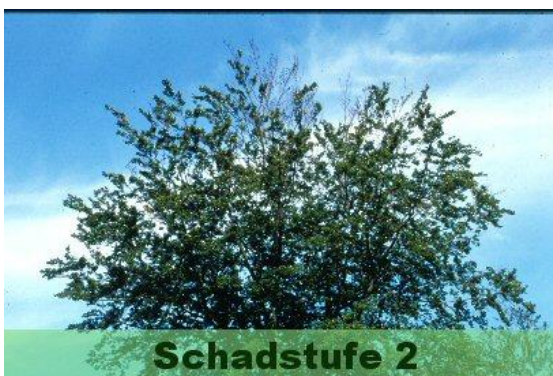


Abb.: Hauptbaumart Buche: Kronenzustand bzw. -verlichtung nach Schadstufen 0–3. Schadstufe 4: Baum ist abgestorben.

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 und nach dem Trockenjahr 2003 bis 2008 auf einen Höchststand von 52% angestiegen. Bis 2011 verringerten sich die Schäden kontinuierlich auf 18%.

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. Die Eiche hat auch noch im hohen Alter die Fähigkeit, abgestorbene oder stark geschädigte Kronenteile durch die Bildung sekundärer Triebe im unteren Kronenbereich zu ersetzen und somit eine neue, sekundäre Krone auszubilden. Auch stark vorgeschädigte Eichen können somit ihre Assimilationsmasse wieder vergrößern.

Seit Beginn der systematischen Erfassung von Waldschäden ist die Kronenverlichtung der Eiche sehr stark durch wiederholt auftretenden Befall blattfressender Insekten (u.a. Eichenwickler und Frostspanner) beeinflusst. Diese Arten entwickeln sich zyklisch in einem Rhythmus von ca. 7-8 Jahren. Die Schädigungen können nach folgendem Muster ablaufen:

Nach Kahlfraß im Frühjahr erfolgt ein Wiederaustrieb, häufig einhergehend mit Mehltau-Befall. Die Eichen verbrauchen dabei Reservestoffe, ohne neue zu produzieren; es kommt zu einer geringeren Frühholz- und Spätholzbildung, insgesamt eine physiologische Schwächung.

In der Folge kann sich dann der Befall durch den Eichenprachtkäfer verstärken. Er befällt vorzugsweise Altbäume, oft mit letalem Ausgang.

Im Saarland traten Fraßschäden in den Jahren 1987/88, 1995-1997 und zuletzt 2005/06 als ausgeprägte Kalamität bis hin zum Kahlfraß auf und bewirkten erhebliche Vitalitätsminderungen mit einer verringerten Blattmasse nach Wiederaustrieb (Johannistrieb) und strukturellen Schäden in den Oberkronen.

Aktuelle Entwicklung 2012:

Wie der Entwicklungsgang der blattfressenden Schmetterlings-Raupen erwarten ließ, traten 2012 wieder verstärkt Fraßschäden durch Eichenwickler und Frostspanner auf; und zwar als ausgeprägter deutlich erkennbarer Löcherfraß. Bei der Waldzustandserfassung wurde bei über 40 % der Eichen Fraßschäden festgestellt.

Auch ist 2012 eine Zunahme des Eichenprachtkäferbefalls zu beobachten. Je nach Witterungsverlauf ist in den nächsten Jahren mit einer weiteren Zunahme der Eichenschädlinge zu rechnen.

Die deutlichen Schäden (Schadstufen 2-4) stiegen 2012 bei den Eichen insgesamt sprunghaft auf 51 % an (+ 33 Prozentpunkte).

Differenziert nach Alter ergibt sich folgendes Bild:

Eichen über 60 sind zu 57,6 % deutlich geschädigt (Schadstufe 2-4).

Eichen unter 60 Jahren zu 15,3 %.

Diese Verschlechterung kann auch mit der starken Eichelmast des Jahres 2011 zusammenhängen. Reservestoffe wurden in die Fruchtentwicklung investiert und

standen für den nächsten Austrieb im nächsten Frühjahr 2012 in geringerem Maß zu Verfügung.

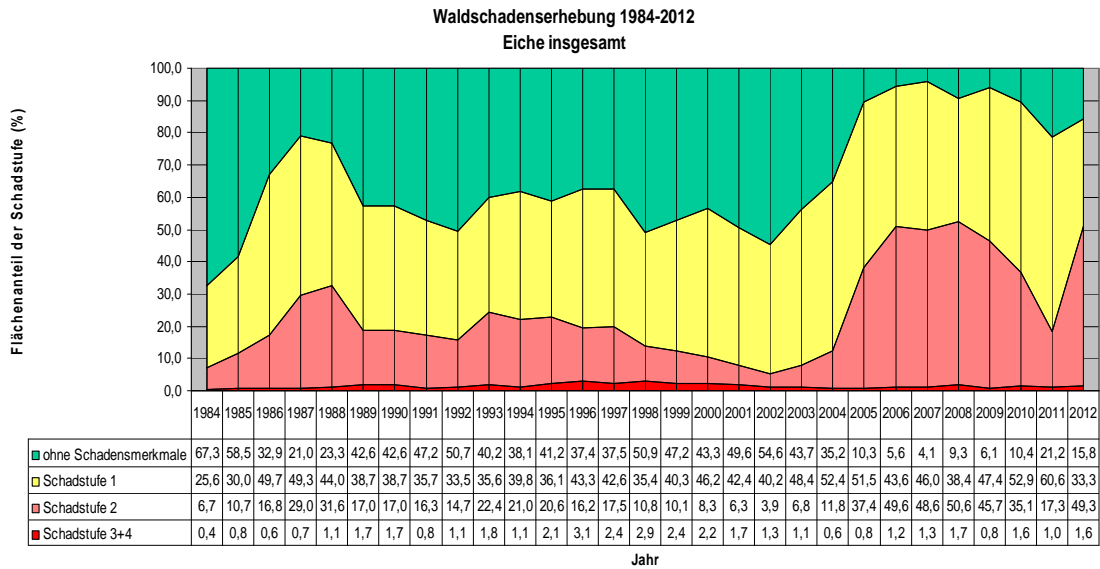


Abb.: Entwicklung der Waldschäden der Eiche insgesamt.

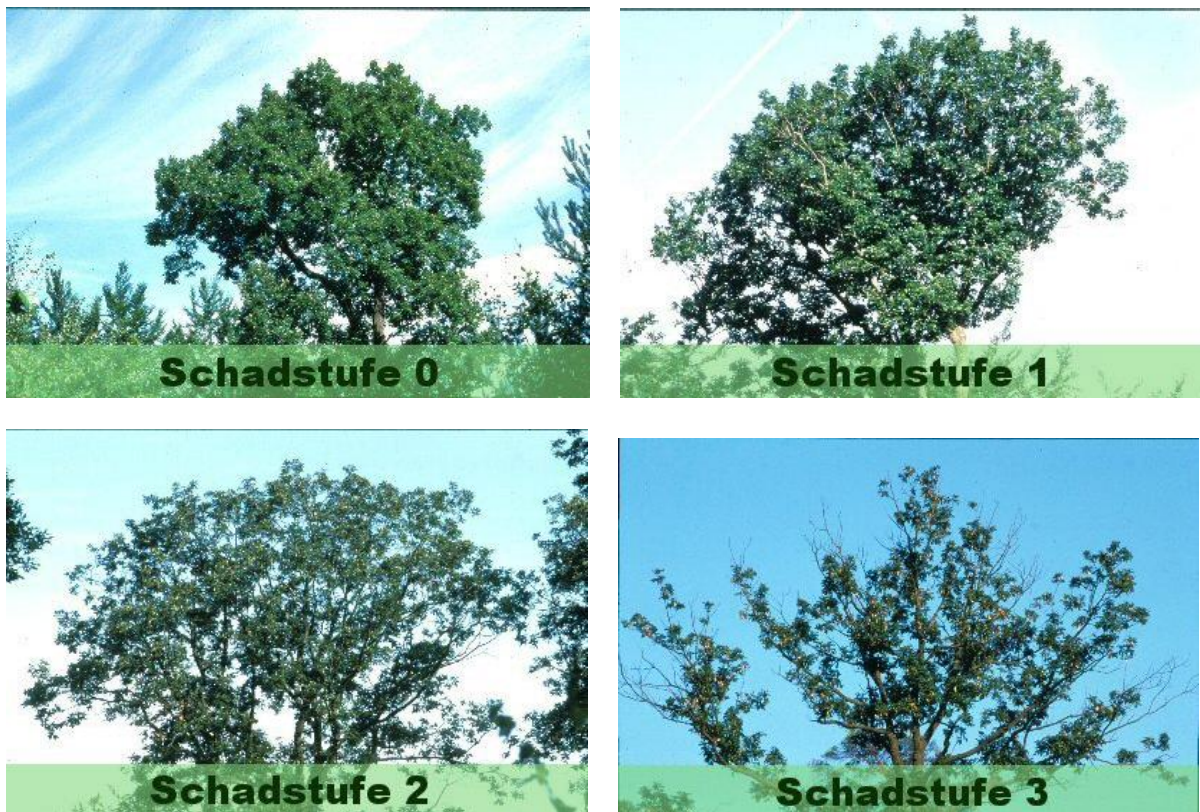


Abb.: Hauptbaumart Eiche: Kronenzustand bzw. -verlichtung nach Schadstufen 0–3. Schadstufe 4: Baum ist abgestorben.

FICHTE

Die Fichte hat im Saarland einen Flächenanteil von 17%.

Langfristige Entwicklung:

Der Anteil der deutlichen Schäden bei der Fichte hielt sich bis zum Trockenjahr 2003, bedingt durch Sturm- und Borkenkäferschäden, auf einem Niveau von etwa 10 %. Der Höhepunkt der Kronenverlichtungen wurde im Jahr 2006 mit 41 % Nadelverlust registriert. Seit dieser Zeit nehmen die Schäden kontinuierlich ab. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die Gefährdungen abgenommen haben, sondern beruht auf der Tatsache, dass sich die Fichtenanteile auf für diese Baumart ungeeigneten Standorten kontinuierlich verringern. Die Fichte gilt in den Wäldern unseres Klimabereichs als Baumart, die bei falscher Standortwahl unter den gegebenen Umwelt- und Schadstoffeinflüssen langfristig nicht konkurrenzfähig ist.

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 reagierte.

Es zeigte sich bald eine klare Altersabhängigkeit der auftretenden Schäden: Ältere Bäume waren in der Regel viel stärker geschädigt als jüngere.

Die Sturmwürfe des Jahres 1990 (Vivian und Wibke) sowie die einhergehenden Folgeschäden (Trocknis, Borkenkäferbefall) führten zur vorzeitigen Nutzung vieler älterer und standörtlich labiler Fichtenbestände. Die Zustandserhebung der Fichte wird deshalb stark durch den hohen Anteil jüngerer Bestände geprägt.

Im Saarland erreicht die Fichte nicht die hohen Schadprozentage, wie in den natürlichen Verbreitungsgebieten der submontanen bis montanen Klimazonen Deutschlands.

Aktuelle Entwicklung:

Die deutlichen Schäden (Schadstufen 2-4) erreichen 2012 bei den Fichten insgesamt einen Wert von 19 %, ein Anstieg von 3 % gegenüber dem Vorjahr.

Differenziert nach Alter ergibt sich folgendes Bild:

Fichten über 60 Jahren sind zu 25 % deutlich geschädigt (Schadstufe 2-4).

Fichten unter 60 Jahren zu 16 %. Ein Anstieg um etwa 6 %, bedingt durch lokalen Borkenkäferbefall.

Waldschadenserhebung 1984 - 2012
Fichte insgesamt

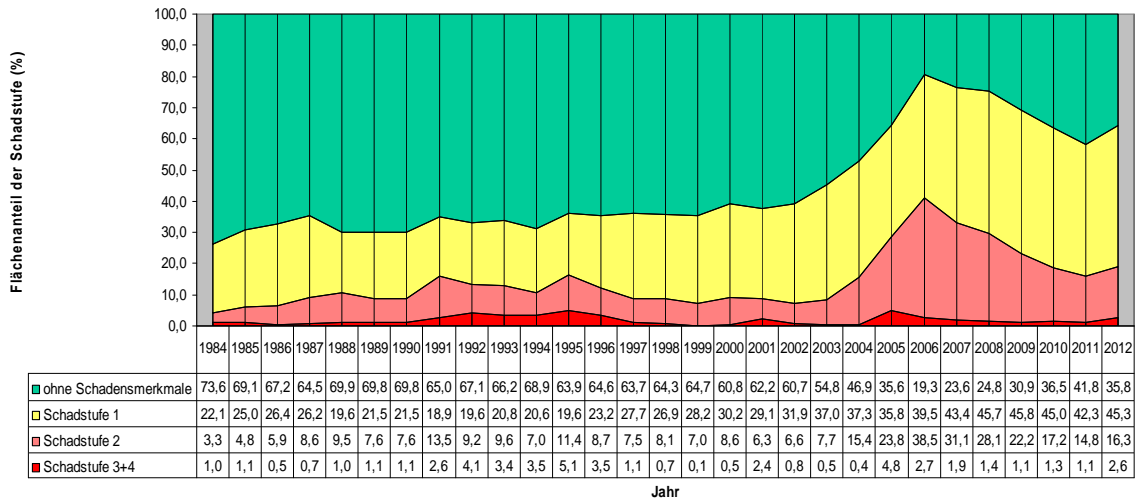


ABB. : ENTWICKLUNG DER WALDSCHÄDEN DER FICHTE INSGESAMT.



Hauptbaumart Fichte: Kronenzustand bzw. -verlichtung nach Schadstufen 0-3.
Schadstufe 4: Baum ist abgestorben.

Die Kiefer hat im Saarland einen Flächenanteil von 8%.

Langfristige Entwicklung:

Die deutlichen Schäden der Kiefer lagen in der langjährigen Beobachtungsreihe seit 1984 auf einem Niveau von weniger als 20% mit einem Maximum von 21% im Jahr 1993. Auf das Trockenjahr 2003 reagierte die Kiefer stärker als die übrigen Hauptbaumarten mit Nadelabwurf zur Verringerung der transpirierenden und assimilierenden Kronenmasse. 2006 lagen die deutlichen Schäden mit 69% fünfmal höher als noch 2003. Seit 2008 trat eine Erholungsphase ein, so auch in diesem Jahr:

Aktuelle Entwicklung:

2012 liegen die deutlichen Schäden (Schadstufe 2-4 bei der Kiefer insgesamt bei 27 %, ein Rückgang gegenüber dem Vorjahr um erfreuliche 17%.

Bei der feuchten Witterung diese Sommers trat zwar die Kiefernschütte, eine Nadelpilzerkrankung v. a. der jüngeren Kiefern, häufiger auf, hatte aber keinen Einfluss auf das diesjährige Inventurergebnis.

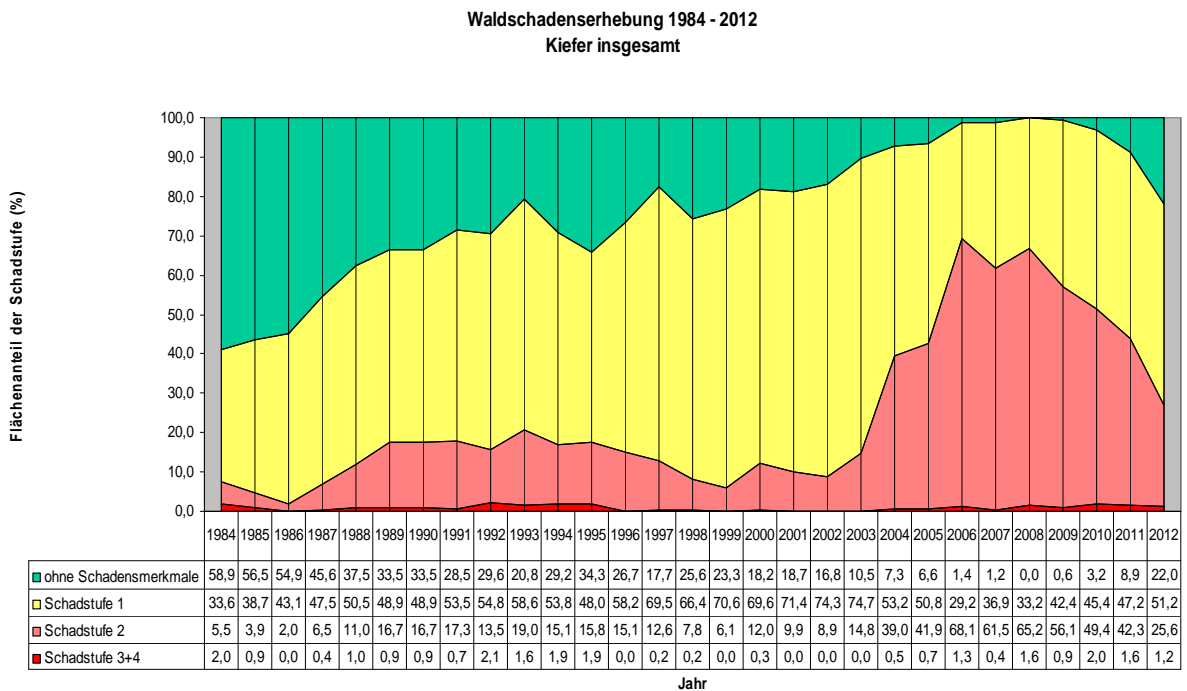
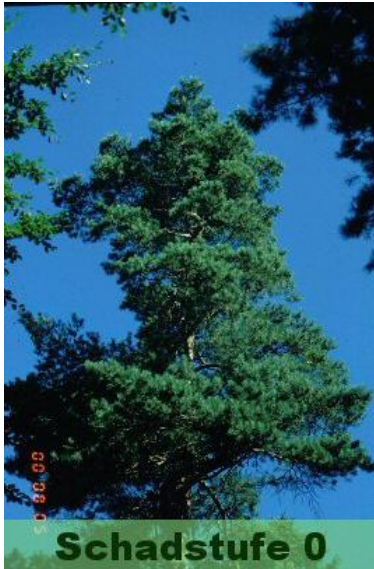


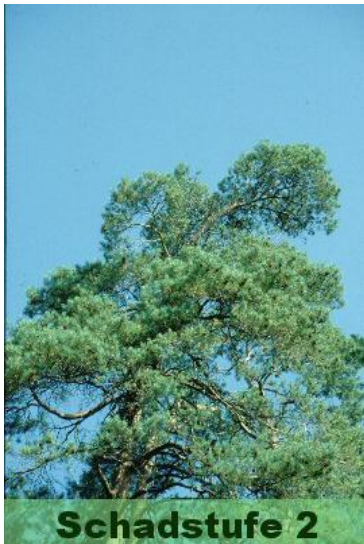
ABB. : ENTWICKLUNG DER WALDSCHÄDEN DER KIEFER INSGESAMT.



Schadstufe 0



Schadstufe 1



Schadstufe 2



Schadstufe 3

Hauptbaumart Kiefer: Kronenzustand bzw. -verlichtung nach Schadstufen 0-3.
Schadstufe 4: Baum ist abgestorben.

Zusätzlich zu den vorgenannten Hauptbaumarten Buche, Eiche, Fichte und Kiefer soll aus aktuellem Anlass auf zwei weitere Baumarten eingegangen werden, nämlich auf die Laubbaumart Esche und die Nadelbaumart Douglasie:

ESCHE

Die Esche hat im saarländischen Wald als wichtige Mischbaumart einen Anteil von zwei Prozent. Sie wird in der jährlichen Waldzustandserfassung unter der Baumartengruppe der Sonstigen Laubbäume geführt.

In den letzten Jahren trat zunehmend eine Pilzerkrankung auf, das so genannte **Eschentriebsterben**, das sich in einer Blattwelke und vorzeitigem Blattfall im Spätsommer und einer nekrotischen Infektion der Triebe äußert.

Im fortgeschrittenen Stadium werden auch Wipfel- und Seitentriebe sowie der Stammkörper befallen, mit meist letalem Ausgang für den Baum.

Typisch sind die büschelige Ausbildung von Ersatztrieben und Wasserreiser am Stamm. Als Erreger wurde kürzlich ein Schlauchpilz identifiziert, das Falsche Stengelbecherchen (*Hymenoscyphus pseudoalbidus*), dessen Sporen durch die Luft verbreitet werden.

Diese Erkrankung wird zunehmend bestandsbedrohend. Im Saarland wurden im Zuge der Waldschadensinventur bei der **Hälfte** aller begutachteten Eschen Infektionsmerkmale festgestellt. Die Infektion wird durch feuchte Witterung gefördert.

Da in Eschenbeständen fast völlig gesunde Eschen neben stark befallenen vorkommen, ist eine einzelbaumweise Resistenz zu vermuten. Im Rahmen einer Bewirtschaftung sind solche noch vitalen Eschen unbedingt zu erhalten und zu fördern, ansonsten wird von Neuanpflanzungen z.Zt. abgeraten (*Quelle: Waldschutz-Info der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg 2/2011*).

DOUGLASIE

Auch bei der Douglasie (4% der Waldfläche) sind in diesem Jahr starke Nadelschäden in Jungwüchsen und Jungbeständen auffällig. Verursacht werden die Schäden durch die Rußige Douglasienschütte (*Phaeocryptopus gaeumannii*), einem Nadelpilz, der von innen heraus die älteren bis jüngsten Nadeljahrgänge befällt, die Knospen und der Neuaustrieb bleiben intakt.

Begünstigt wird die Infektion durch feuchte Witterung und geringere Frosthärte. Starke Fröste Anfang Februar 2012 mit Temperaturen teilweise unter -15° C haben Nadelschütten befallener Douglasien beschleunigt. Normalerweise führt starker Befall nicht zum Absterben der Douglasien, jedoch zu Verringerung der Vitalität und Zuwachsverlusten. (*Quelle: Waldschutz-Info der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg 2/2012*).

2. WALDBODENZUSTAND SAARLAND - SÄURETOXIZITÄT

Der überwiegende Anteil der saarländischen Waldböden ist aus sauren Ausgangsgesteinen entstanden. Aus diesem Grunde sind wichtige Funktionen dieser Böden (z. B. Filter- und Pufferfunktionen) begrenzt.

Durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe gelangen Schwefeldioxid-Konzentrationen in die Luft, die als schweflige Säuren über den Niederschlag maßgeblich für die anthropogen verursachte Bodenversauerung der vergangenen Jahrzehnte anzusehen sind. Durch konsequente Luftreinhaltemaßnahmen konnten die SO₂-Konzentrationen zwischen 1986 und 2000 von durchschnittlich 40 µg/m³ auf 8 µg/m³ (Reduktion 80%) gesenkt werden. Die Böden speichern heute noch einen großen Teil der Säurelast dieser vergangenen Dekaden. (*Quelle: LUA, 2012*)

Können bei zunehmenden Ansprüchen der Gesellschaft an die Rohstoff- und Energieressourcen unsere Wälder ihre Aufgaben im Sinne einer nachhaltigen Nutzung auch künftig erfüllen?

Um die Wirkungen von Säureeinträgen auf Böden und Bestände beurteilen zu können, wurden im Saarland im Rahmen der Bodenschutzkalkungen 159 Monitoringflächen angelegt, von denen 104 für Untersuchungen auf Austauschbelegung und pH-Wert (Bodenzone) sowie die Blatt/Nadelspiegelwerte selektiert wurden.

Kalkungsareal und Zeitraum	Anzahl Monitoringflächen
Homburg 2005/2006	17
Kirkel – Rohrbach 2006/2007	20
St. Ingbert – Saarbrücken	22
Warndt 2008/2009	24
Saarkohlenwald	35
Nordsaarland Ost	25
Nordsaarland Mitte	16

Tab. 1: Kalkungsareale, Zeitraum und Anzahl der Monitoringflächen

Um das Ausmaß der Auswirkungen von Säureeinträgen auf den Mineralbestand näher erfassen zu können, wurden zusätzlich tonmineralogische Untersuchungen vorgenommen. Diese Untersuchungen erlauben eine Beurteilung der Degradation des Mineralbestands durch Bodenversauerung. Auf der Basis dieser Befunde lassen sich Ableitungen für die Notwendigkeit einer Bodenschutzkalkung treffen.

Nahezu alle untersuchten Böden zeigen eine sehr geringe Elastizität gegen Säuretoxizität, gemessen an der Basen- und Erdalkalisättigung. Ausnahmen bilden Lehmsande und Verwitterungslehme aus dem Oberrotliegenden sowie Karbon-, Glanz- und Vulkanitmischlehme, die eine etwas günstigere Basenversorgung aufweisen.

Anstelle der am Austauscher (Tonminerale) verdrängten Basen wie Magnesium und Kalium treten sauer wirkende Eisen- und Wasserstoffionen, die in entsprechender Konzentration auf Baumwurzeln toxisch wirken. Blatt- und Nadelanalysen nach denen besonders das Element Mg auf sauren Standorten im Mangel ist, bestätigen diese im Boden ablaufenden Prozesse.

Mit der pH-Messung wird die Anzahl von Ionen in wässrigen Lösungen festgestellt, um Aussagen über deren Konzentration zu bekommen. Insbesondere interessieren dabei die Wasserstoff (H⁺) Ionen (*pH – potentia hydrogenii*), denn sie sind Maßstab dafür, wie sauer oder alkalisch eine Lösung ist. Die oberen Bodenschichten sind in der Regel stärker versauert als die unteren, d.h. die pH-Werte steigen innerhalb der Bodenzone von oben nach unten an. Die Belegung der Austauscher ist abhängig vom pH-Wert; die Verdrängung von Basen durch Säuren läuft in verschiedenen Pufferbereichen stufenweise ab:

Pufferbereiche	pH-Bereiche
Carbonatpufferbereich:	8,6-6,2
Silikatpufferbereich	6,2-5,0
Austauscherpufferbereich:	5,0-4,2
Aluminiumpufferbereich:	4,2-3,8
Aluminium-/Eisenpufferbereich:	3,8-3,0
Eisenpufferbereich	<3,0

Tab.: Pufferbereiche im Boden (nach ULRICH 1981)

Tonmineraluntersuchung

Tonminerale sind besondere Bestandteile des Bodens. Sie besitzen einmalige physikalisch-chemische Eigenschaften, denn sie sind Träger der Bodenfruchtbarkeit. Dies beruht auf ihrer Eigenschaft, Nähr-Ionen (z.B. Mg) reversibel speichern zu können.

Diese Ionen-Speicherkapazität der Tonminerale ist an ihre äußere und innere Oberflächenstruktur gebunden. Tonminerale haben eine Schichtpakete-Struktur. In den Zwischenschichten der Tonminerale (Austauscher) sind bei intakten Böden zunächst Mg-Ionen eingelagert, Stichwort: primäre Chloritisierung.

Sinkt nun der pH-Wert in der Bodenlösung in Bereiche von 4-5, werden Aluminium-Ionen aus Silicatschichten freigesetzt und Mg-Ionen abgegeben. Die Al-Ionen ersetzen die Mg-Ionen in den Zwischenschichten, Stichwort: sekundäre oder Al-Chloritisierung. Gleichzeitig nimmt die Kationenaustauschkapazität (A_{K_e}) kontinuierlich ab.

Sinkt der pH-Wert weiter auf Werte <3.5 , verlieren die Schichtpakete ihre Form und zerfallen irreversibel in amorphe Strukturen, Stichwort: Al-Dechloritisierung.

Die tonmineralogische Ausstattung saarländischer Waldböden besitzt eine große Bandbreite. Auf engem Raum ist ein vielfältiger Wechsel des geologischen Untergrunds vorzufinden, oftmals mit quartärer Überprägung.

Sandige Böden sind besonders sensibel, da sie nur über geringe Gehalte an Tonmineralen verfügen. Die bislang vorliegenden Untersuchungsergebnisse stammen aus:

- Böden aus Buntsandstein im südöstlichen Saarland und dem Warndt,
- Karbon und Rotliegendem im Saarkohlenwald und
- devonischen Schiefen und Quarziten im Nordostsaarland.
- Böden aus dem Nohfeldener Rhyolithmassiv und aus quartären Deckschichten in allen Arealen wurden ebenfalls einbezogen (BUTZ-BRAUN 2011).

Als Ergebnisse liegen die quantitativen Befunde der Tonmineralzusammensetzung und die Gehalte der Haupt- und Spurenelemente vor. In einigen Böden hat langanhaltende Bodenversauerung zu einer Al-Dechloritisierung z. T. bis in den Unterboden geführt. Hierbei kommt es zu einem gravierenden Verlust an basischen Kationen.

Dieser Prozess kann bis zu einer Zerstörung der Kristallgitter führen. Sind hiervon Dreischichtsilikate betroffen, so wird die Nährstoffversorgung beeinträchtigt und die Reglerfunktionen des Waldbodens sind eingeschränkt (BUTZ-BRAUN 2011).

Häufig korrespondieren die tonmineralogischen Befunde mit den Daten zur Austauscherbelegung und zum pH, d. h. in Böden mit tiefem pH und geringer Basensättigung zeigen sich eher Tonmineralzerstörungen.

Ergebnis:

Die Mehrzahl der untersuchten saarländischen Waldböden bewegt sich im Aluminium-/Eisenpufferbereich (pH 3,8-3,0).

Einige Standortseinheiten befinden sich in der Boden-Tiefe 10-30 cm noch im Aluminiumpufferbereich (pH 4,2-3,8).

Besonders kritisch ist die Situation in den Böden aus devonischen Ablagerungen (Quarzitmischlehm QL) im Nordsaarland, deren Oberböden bereits an die Grenze zum Eisenpufferbereich angekommen sind.

Die Grafik zeigt die betroffenen Regionen der Waldbodenversauerung im Saarland.

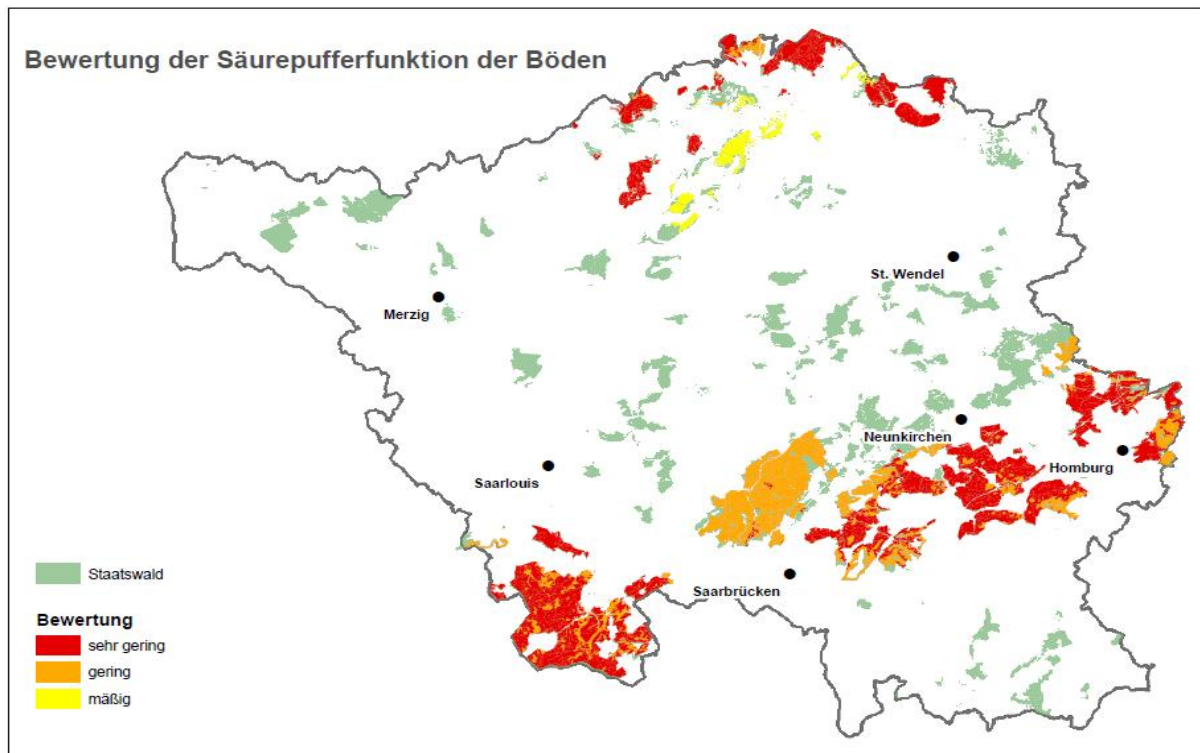


Abb.: Bewertung der Säurepufferfunktion der untersuchten Böden im Staatsforst des Saarlandes

Ableitung von Bodenschutzkalkungen

Bodenschutzkalkungen (auch Kompensationskalkungen) stellen derzeit die einzige, praktikable Maßnahme dar, säureinduzierte Prozesse zu minimieren und den Verlust der basischen Kationen an den Austauschern auszugleichen.

Die Dringlichkeit von Kalkungen bezogen auf Boden-Degradationsprozesse lässt sich im Wesentlichen in 3 Stufen klassifizieren:

- **Bodenschutzkalkung empfohlen:** Al-Dechloritisierung noch nicht eingetreten; Verlust an Aluminium noch nicht nachweisbar; primäre Chlorite teilweise vorhanden.
- **Bodenschutzkalkung erforderlich:** beginnende und fortgeschrittene Al-Dechloritisierung im Oberboden; Aluminiumverlust nachweisbar.
- **Bodenschutzkalkung dringend erforderlich:** weit fortgeschrittene Al-Dechloritisierung im Oberboden; hohe Aluminiumverluste; keine bzw. kaum noch Al-Hydroxy-Polymere in den Zwischenschichten der Tonminerale; eine Kalkung kann bei diesen Standorten den Oberboden nicht mehr revitalisieren, ist aber zum Erhalt der Bodenfunktionen des Unterbodens dringend

erforderlich. Insbesondere Böden aus Buntsandstein (S), Quarziten (Q, QL) und Schiefen (Z) sind betroffen (BUTZ-BRAUN 2011).

Bezogen auf die Einheiten der Standortkartierung werden folgende Empfehlungen für eine Bodenschutzkalkung gegeben:

- Böden aus Diluvial- (DS) und Lehmsanden (LS) im Sandstein und Karbon: Bodenversauerung aufgrund des geringen Basensättigungsgrads bzw. Anteils an Ca und Mg an der effektiven Kationenaustauschkapazität (AK_e) sehr hoch: **Kalkung erforderlich**
- Böden aus Deckschichten; lehmig (DF): Bodenversauerung aufgrund des geringen Basensättigungsgrads bzw. Anteils an Ca und Mg an der AK_e sehr hoch: **Kalkung erforderlich**
- Böden aus Deckschichten im Devon; tonig (TL): nach tonmineralogischem Befund: **Kalkung empfohlen**
- Böden aus Sandstein (Buntsandstein; S): Bodenversauerung aufgrund des sehr geringen Basensättigungsgrads bzw. Anteils an Ca und Mg an der AK_e sehr hoch bis extrem: **Kalkung erforderlich**
- Böden aus Karbon; lehmig (GL, KL): nach tonmineralogischem Befund: **Kalkung empfohlen**
- Böden aus Quarzit (Devon; Q, QL): Bodenversauerung aufgrund des sehr geringen Basensättigungsgrads bzw. Anteils an Ca und Mg an der AK_e sehr hoch bis extrem: **Kalkung erforderlich**
- Böden aus Schiefer (Devon; Z): Bodenversauerung aufgrund des äußerst geringen Basensättigungsgrads bzw. Anteils an Ca und Mg an der AK_e extrem: **Kalkung dringend erforderlich**
- Böden aus intermediären/basischen Vulkaniten (VL): nach tonmineralogischem Befund: **Kalkung empfohlen**
- Böden aus vorwiegend sauren Vulkaniten (VP): nach tonmineralogischem Befund: **Kalkung empfohlen** (BUTZ-BRAUN 2011).

Zusammenfassung und Bewertung

Bei Diluvialsanden in Sandsteingebieten, diluvialen Feinlehmen, Tonlehmen, Quarzsanden sowie Böden aus Quarziten und Porphy (Rhyolith) ist die Bodenversauerung so weit fortgeschritten, dass mit Beeinträchtigungen des Baumwachstums zu rechnen ist (Säuretoxizität). Die angezeigten Gehalte an den für die Baumernährung lebenswichtigen Mg/Ca/K-Kationen bewegen sich vielfach auf dem Niveau weniger Prozente (Basenverarmung). Derartig geringe Gehalte an Nährstoffen stehen den Bäumen kaum noch zur Verfügung. Zudem sinkt bei einem

zunehmend saurer werdenden Bodenmilieu die Pflanzenverfügbarkeit wichtiger Nährstoffe wie z. B. für Phosphor. Die Bodenfunktionen nach §2 Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG 1998) sind deutlich eingeschränkt.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Böden von fortgeschrittener Bodenversauerung in hohem Maße degradiert sind. Sie sind vielfach im Aluminium-, Aluminium/Eisen- oder gar im Eisen-Pufferbereich angekommen. Auch die bereits örtlich einsetzende Tonmineralzerstörung kann als Beleg für diese Entwicklung gesehen werden (BUTZ-BRAUN 2011).

Basenverarmte Böden sind daher auch synonym als kalkungsbedürftig zu klassifizieren (MEIWES et al. 1984).

Bei allen untersuchten Standortseinheiten haben Bodenschutzkalkungen in der Vergangenheit zu einer Verbesserung geführt. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass Bodenschutzkalkung auf sauren Böden zu einer nachweisbaren Zunahme der Elastizität der Böden gegen Säuretoxizität geführt hat.

Nadel- und Blattanalysen bestätigen, dass Bodenschutzkalkungen eine signifikant höhere Ca- und Mg-Versorgung aller Baumarten bewirkten. Die Anhebung des pH-Wertes im Boden begünstigt ferner die P-Versorgung (WERNER 2011).

Fortgeschrittene Bodenversauerung schränkt die Leistungsfähigkeit des Waldes in der Daseinsfürsorge und in seinem Beitrag zu erneuerbaren Energien erheblich ein. Eine nachhaltige Bewirtschaftung muss daher auf den sehr stark limitierten Pool dieser Nährstoffe durch eine schonende Nutzung Rücksicht nehmen. Ergebnisse hierzu werden aus dem an der Universität Trier laufenden Projekt „Nährstoffbilanzierung“ erwartet.

Fazit:

Die Landesregierung übernimmt Verantwortung und wird, wie im Koalitionsvertrag von 2012 beschlossen, die Kalkung von 2009 fortführen.

Literatur

- AD HOC AG BODEN (2000):** Methodendokumentation Boden - Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden. – Geol. Jb., Reihe G, Heft SG 1, 2. Aufl.; Hannover 2000.
- ARBEITSKREIS (AK) FORSTLICHE STANDORTSKARTIERUNG (2003):** Forstliche Standortsaufnahme. – 6. Aufl.; IHW-Verlag Eching.
- BBODSCHG (1998):** Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz) vom 17. März 1998. – Bundesgesetzblatt Jahrgang 1998, Teil I, Nr. 16 vom 24.03.1998.
- BLOCK, J. et al. (2000):** Kennwerte zur Charakterisierung des ökochemischen Bodenzustands und des Gefährdungspotenzials durch Bodenversauerung und Stickstoffsättigung an Level II-Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen. – BMELV Bonn.
- BUTZ-BRAUN, R. (2011):** Tonmineralogische Untersuchungen im Rahmen der Wirkungskontrolle der Waldkalkung und quantitative Mineralanalysen zur Charakterisierung von Nährstoffvorräten und –gehalten der Böden im Bezug auf eine nachhaltige Holzbewirtschaftung im Nordsaarland. – Bericht im Auftrag des LUA, 27 S.
- MEESENBURG, H. UND SCHUBERT, A. (2008):** Redaktionsgruppe „Boden-Dauerbeobachtung“ – Prioritäre länderübergreifende Fragestellungen des Bodenschutzes: Versauerung. – Manuskript, 11 S.
- MEIWES, K.-J., KÖNIG, N., KHANA, P. K., PRENZEL, J. UND B. ULRICH (1984):** Chemische Untersuchungsverfahren für Mineralböden, Auflagehumus und Wurzeln zur Charakterisierung und Bewertung der Versauerung von Waldböden. – Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben Göttingen, Bd. 7, 61 S.
- WERNER, W. (2011):** Waldkalkung – angewandter Naturschutz oder Zerstörung natürlicher Waldlebensräume – Versauerungsprozesse in Waldökosystemen und die Wirkung von Kompensationskalkungen. – Vortrag ANW Saarland.

3. VERSAUERUNGSPROZESSE IN WALDÖKOSYSTEMEN

Stoffflüsse der 'Level-II Fläche Fischbach'

Seit dem Jahr 1990 werden auf der EU-Dauerbeobachtungsfläche Fischbach sowie acht weiteren Flächen im Saarland die Stoffflüsse in den Waldökosystemen erfasst. Komponenten der Stoffflussanalyse sind:

- Stoffeinträge im Freiland und im Bestandesniederschlag (Stickstoff in Form von $\text{NH}_4\text{-N}$ und $\text{NO}_3\text{-N}$, S, K, Ca, Mg, Al, Fe, Mn). Daraus wird die Gesamtsäure in Freiland- und Bestandesniederschlag errechnet.
- In Passivsammlern werden die Summenkonzentrationen von Ozon, NH_3 , NO_x und SO_2 erfasst. Aus den Differenzen von Vorratsgrößen der errechneten Elementkonzentrationen der Blätter sowie der Streu und der Masse der Streu lassen sich die Stoffaufnahme in die Blätter errechnen.
- Die Stoffausträge aus dem Ökosystem mit dem Sickerwasser werden durch die Elementkonzentrationen in Bodensickerwasserproben in 10 cm, 25 cm und 1m Tiefe erfasst.

Stoffeinträge

Eine Versauerung der Level-II Fläche Fischbach durch Eintrag von Schwefeldioxid ist in den vergangenen Dekaden kontinuierlich und signifikant zurückgegangen. Die Schwefeldioxidkonzentrationen haben sich seit dem Untersuchungsbeginn in 1990 nahezu halbiert und überschreiten heute nicht mehr die kritischen Belastungsgrenzen (Critical Loads). Im Jahr 2011 lagen sie im Mittel bei 5 kg/ha. Die Eintragsdaten für SO_2 in Passivsammlern zeigten einen klaren Trend mit erhöhten Einträgen in den Wintermonaten Januar und Februar und niedrigen Werten in den Sommermonaten (Abb. 1). Dieser Verlauf ist eindeutig auf den winterlichen Hausbrand zurückzuführen.

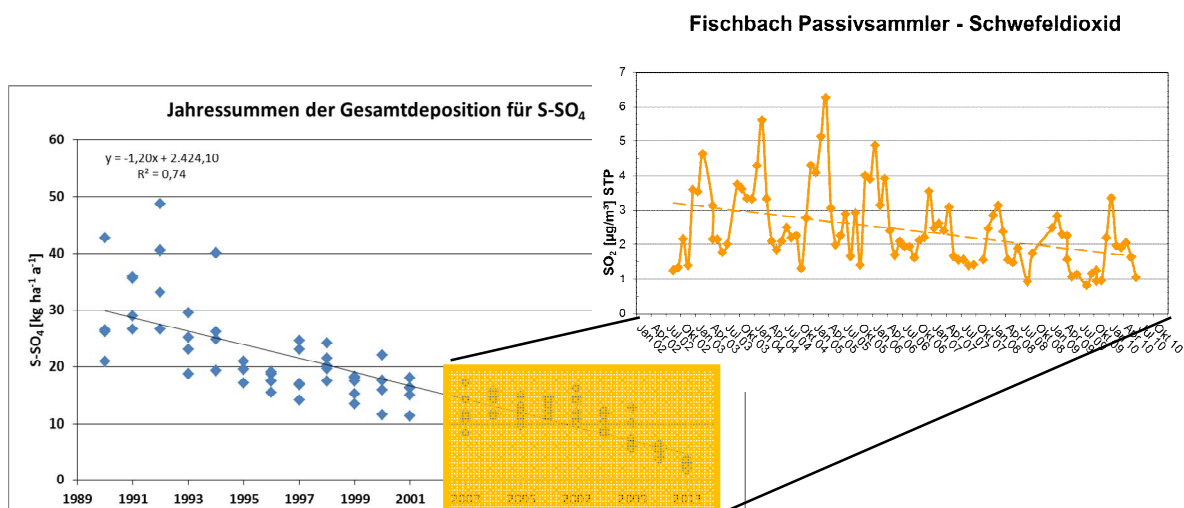


Abb. 1: SO_2 -Deposition (kg/ha/Jahr) an den Standorten der forstlichen Dauerbeobachtung im Saarland sowie Schwefeldioxid-Konzentrationen der Luft gemessen mit Passivsammler am Standort Fischbach im Jahr 2011.

Darüber hinaus werden ebenfalls versauernd wirkende Stickstoffverbindungen aus Verbrennungsprozessen durch industrielle Prozesse sowie den Kraftverkehr (NO_x) und der Landwirtschaft (NH₃) in die Waldökosysteme eingetragen.

Ein Rückgang der Stickstoff-Gesamtdeposition im gesamten zwanzigjährigen Beobachtungszeitraum ist nicht klar zu erkennen (Abb. 2).

Die Einträge an Ammonium-Stickstoff sind sogar kontinuierlich angestiegen und variierten in 2011 zwischen 10 und 20 kg N/ha/Jahr. Der kritische Schwellenwert für die Stickstoffdeposition in Waldökosystemen kann allgemein zwischen 5 kg N/ha/Jahr und höchstens 20 kg N/ha/Jahr angesetzt werden. Critical Loads für Nadelwälder liegen bei 10 kg N/ha/Jahr, für Laubwälder verschieben sich die Werte auf < 15 kg N/ha/Jahr. Zur Vermeidung von Störungen der Bodenprozesse und Bodenvegetation in Wäldern gilt ein Bereich von 10 bis 15 kg N/ha/Jahr. Die N-Einträge in saarländische Wälder liegen folglich immer noch auf einem kritisch hohen Niveau (Abb. 2). Seit dem Jahr 2004 liegen die Werte für Gesamtstickstoff am Standort Fischbach deutlich über dem Mittel, was insbesondere auf den Anteil an Ammoniumstickstoff zurückzuführen ist. Die Gefahr einer Eutrophierung und einer Verschärfung der Bodenversauerung mit Folgen für die Ernährung der Waldbäume und deren erhöhter Empfindlichkeit gegenüber Witterungsextremen und Schädlingsdruck wird damit auch noch in Zukunft gegeben sein.

Bei der jährlichen Eintragsdynamik am Standort Fischbach zeigte sich für Stickstoff ein gegenüber Schwefel umgekehrtes Bild (Abb. 2). Die Spitzenwerte lagen hier in den Sommermonaten, wohingegen die Einträge im Winter niedrig waren. Dieser Verlauf wird durch die Gülleausbringung in der Landwirtschaft nach der sommerlichen Ernte bestimmt. Die geschilderte Entwicklung im Saarland zeigt sich auch in anderen Bundesländern.

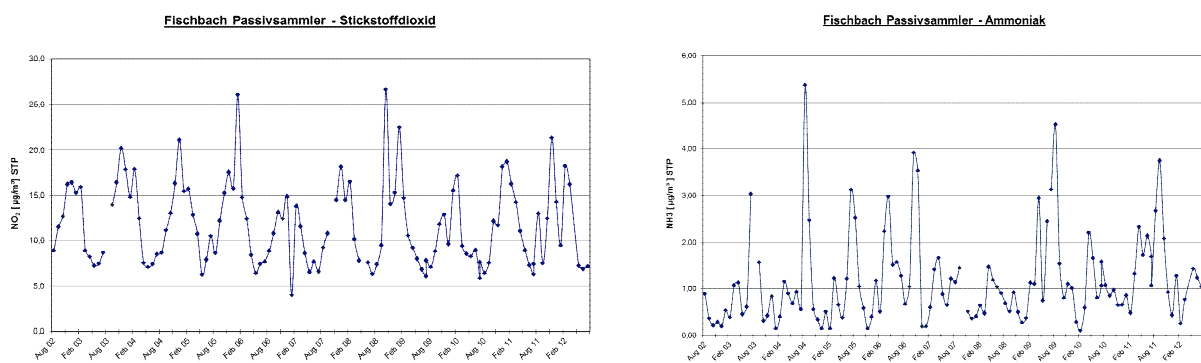


Abb. 2: Zeitreihe der Ammoniak-- und NO₂-Konzentrationen der Luft, gemessen am Standort Fischbach im Jahr 2011.

Neben den Schwefel- und Stickstoffeinträgen wurden im Jahr 2011 über die Freiland-Depositionen, insbesondere auch durch trockene Depositionen, auch basische Kationen Ca, Mg und K eingetragen (Abb. 3). Die Frachten beliefen sich auf 5 bis 11 kg/ha/Jahr. Die Einträge an P, Fe, Mn und Al waren dagegen sehr niedrig (<1 kg/ha).

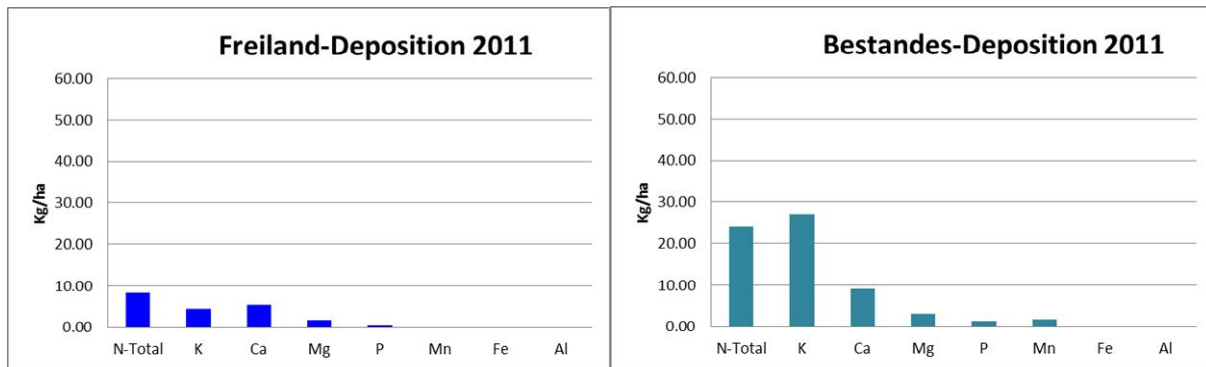


Abb. 3:links: Freilanddepositionen (kg/ha/Jahr) verschiedener Elemente am Standort Fischbach 2011. Dies sind die Elementmengen, die ohne Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Kronendach mit dem Niederschlag und Staub eingetragen werden. Rechts: Bestandesdeposition (kg/ha/Jahr) als Summe aus Kronentraufe und Stammablauf. Die Wechselwirkungen der Atmosphäre mit dem Kronendach führen zu erheblich höheren Elementeinträgen unter dem Kronendach.

Stoffausträge mit dem Sickerwasser aus der Bodenzone

In Abbildung 4 sind die Elementausträge mit dem Sickerwasser aus den oberen 10 cm, 25 cm und aus 100 cm Tiefe im Jahr 2011 am Standort Fischbach dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Elemente K, Ca, Mg, Mn, Al in erhöhten Konzentrationen ausgetragen werden. In 1 m Tiefe verlässt eine Bodenlösung den Wurzelraum, die in hohen Konzentrationen CaMgAl-Sulfat enthält. Das bedeutet, dass das Ökosystem an den Kationen Ca^{2+} Mg^{2+} und Al^{3+} verarmt, die durch das Anion SO_4^{2-} begleitet werden.

Dies sind die Folgen der über Jahrzehnte andauernden Versauerungserscheinungen durch atmosphärischen SO_2 -Eintrag. Die Böden glitten aus dem Austausch-Pufferbereich in den Al-Pufferbereich ab, was zu der Auswaschung der oben genannten Kationen führt.

Verglichen mit den Veränderungen in den Biomasse-Elementvorräten bedeutet das eine steigende Gefährdung des Bestandes durch einen Mangel an Ca und Mg. Bei Mg manifestiert sich das schon heute an zu niedrigen Blattspiegelwerten. Ca tritt derzeit noch nicht als Mangel-element im Boden auf.

Die Anreicherung an Stickstoff (N) in der Biomasse führt zu höheren Zuwächsen des Bestandes, die allerdings durch den P-Mangel begrenzt werden wird. Hier ist in den letzten Jahren zu beobachten, dass die N/P-Verhältnisse immer weiter werden. Soweit der in der Biomasse angereicherte Stickstoff in die Stoffe des Photosyntheseapparates investiert werden kann, wird dieser Trend des steigenden Holzzuwachses anhalten, wird jedoch der P-Mangel so eklatant, dass nicht mehr genug Phosphor für die Energieübertragung (ATP-Zyklus) oder für die Bildung neuer Nucleinsäuren vorhanden ist, wird dieser Trend ein Ende haben.

Die steigenden N-Blattspiegelgehalte, die offensichtlich durch höhere Eiweißgehalte des Photosyntheseapparates (vor allem das Enzym RuBisCo) hervorgerufen werden, führen gleichzeitig zu einer Attraktivitätssteigerung als Futter für blattfressende Prädatoren, insbesondere Insekten, so dass besonders bei Eiche mit erhöhten Fraßschäden und Insektenkalamitäten zu rechnen ist.

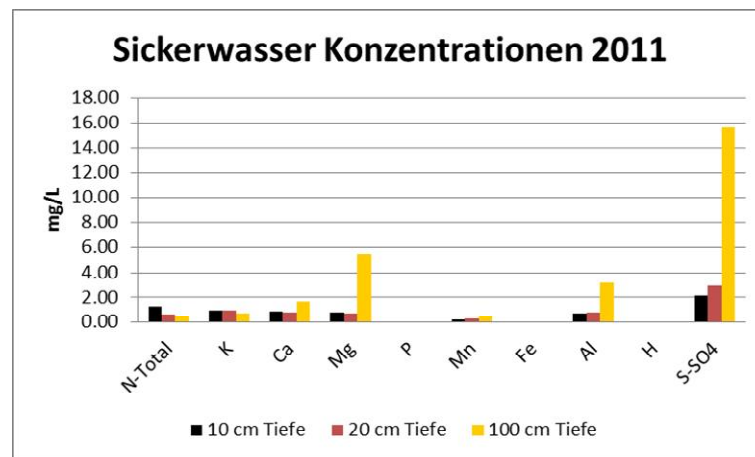


Abb. 4: Austräge von verschiedenen Elementen mit dem Sickerwasser aus 10cm, 20cm und 100cm Bodentiefe im Jahr 2011 am Standort Fischbach

Blattspiegelwerte von ausgewählten Elementen in Buchen und Eichen

Die Elementkonzentrationen in Blättern von Eichen und Buchen am Standort Fischbach im Jahr 2011 spiegelten den Ernährungszustand mit den betroffenen Mineralstoffen wider. Die Blattspiegelwerte der Eiche lagen im Jahr 2011 nur knapp unter der Grenze zur Stickstoff-Luxusernährung. Diese Stickstoff-Luxusernährung war auf hohe Mineralisationsraten und die zusätzlich hohen N-Einträge zurückzuführen. Die Blattspiegelwerte der Buche erreichten noch nicht den Richtwert für eine Luxusernährung, waren aber dennoch als hoch zu bezeichnen.

Ein anderes Bild zeigte sich für die Phosphorversorgung der Laubbäume. Hier wurde für beide Laubbaumarten, insbesondere für die Buche, eine P-Mangelsituation angezeigt. Bezüglich der übrigen basischen Kationen, Kalzium und Magnesium, lag Kalzium weder für Buche noch Eiche im Mangel vor. Lediglich die Buche zeigte durchgängig Mg-Mangel an, während für die Eiche ein Mg-Mangel seit 2004 nicht mehr auftrat. Die entsprechenden Elementvorräte die jährlich in die Blätter aufgenommen werden sind in Abb. 5 dargestellt.

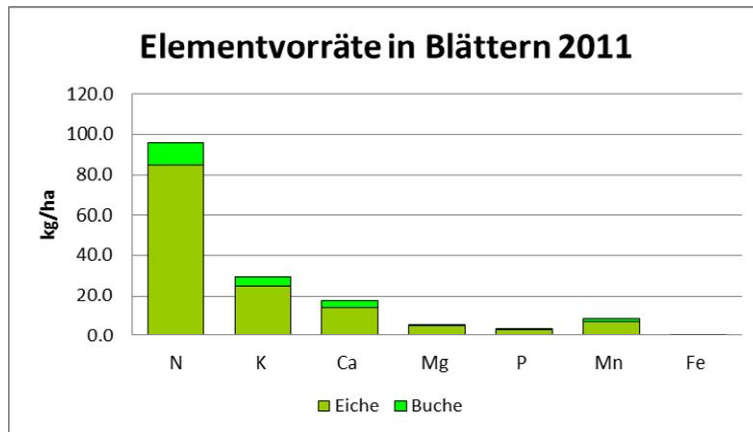


Abb. 5: Blattspiegelwerte von Stickstoff, Phosphor, Magnesium und Kalzium von Eichen- und Buchenblättern am Standort Fischbach im Jahr 2011.

Durch den herbstlichen Laubfall gelangen die in den Blättern festgelegten Nährelemente wieder zurück auf den Boden. Die in der Laubstreu des Standortes Fischbach gebundenen Elementvorräte spiegelten die gezeigten Blattspiegelwerte sehr gut wider (Abb. 6). Dabei zeigte sich, dass diejenigen Elemente, die in hohen und teilweise sehr hohen Gehalten (Luxuskonsum) in den Blättern gespeichert waren, auch in hohen Konzentrationen über den Laubfall in die Streu gelangten. Dies zeigt sich insbesondere für Stickstoff, Kalzium, Kalium und Mangan, während die Vorräte an Magnesium, Eisen und Phosphor vergleichsweise gering waren. Für N und K im Eichenlaub kam hinzu, dass 2011 ein ausgesprochenes Mastjahr der Eichen war. Die Elemente Ca, Mg, Mn und Eisen werden mit dem Laubfall aus dem Baumbestand ausgeschieden (8 kg Ca/ha, 1 kg Mg/ha, 9 kg Mn/ha), da im Streufall höhere Elementvorräte stecken als in der Blattbiomasse.

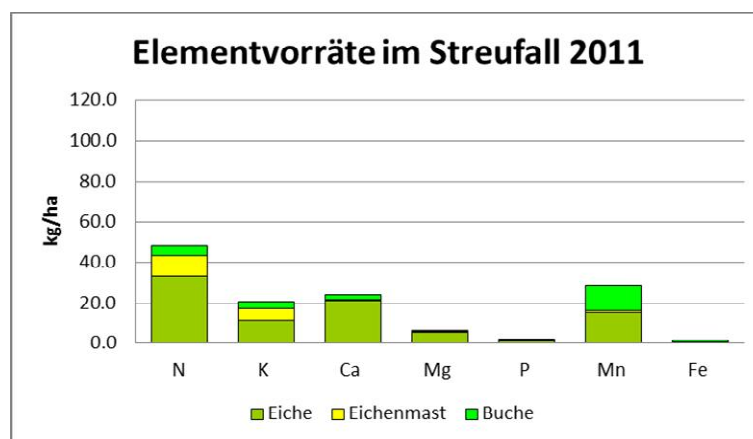


Abb. 6: Elementvorräte einiger Elemente im Streufall von Eichen und Buchen im Jahr 2011 am Standort Fischbach

Es gibt aber auch Elemente, die in der Biomasse angereichert werden, da ihre Bilanz positiv ist. (Abb. 7). So werden in Fischbach mindestens jährlich ca. 40 kg N/ha, 7 kg K/ha und 1,7 kg P/ha in der Biomasse angereichert. Dies überschreitet für das wichtige Element Stickstoff die Mengen der Bestandesdeposition um das Doppelte und für das Element Phosphor um ca. ein Viertel, so dass der Bestand Fischbach entsprechend seines mittleren Bestandesalters noch als Stickstoff- und Phosphorsenke gelten kann. Die niedrigen P-Konzentrationen der Blätter weisen aber auf einen akuten pflanzenverfügbaren Phosphor-Mangel im Boden hin.

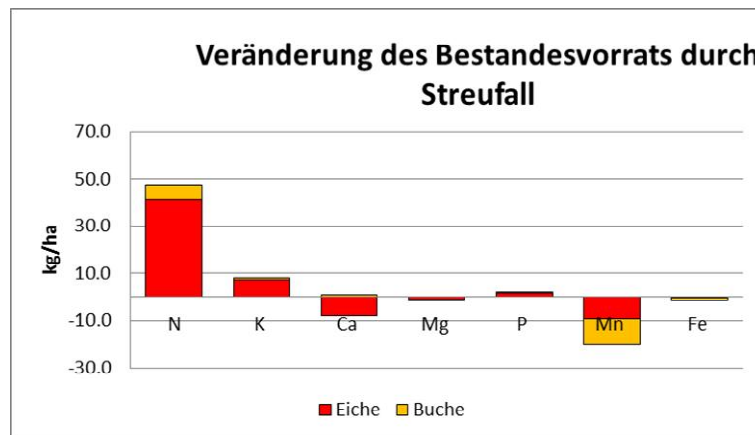


Abb. 7: Veränderung der Bestandesvorräte für einige Elemente im Streufall von Eichen und Buchen im Jahr 2011 am Standort Fischbach

Ausblick

Für eine genaue Bilanzierung und Quantifizierung der Stoffflüsse im Waldökosystem sind zukünftig folgende Voraussetzungen zu leisten:

- Implementierung eines Wasserhaushaltsmodelles und Berechnung der Sickerwassermengen mit Hilfe meteorologischer Daten;
- Abschätzung der Nachlieferung von K, Ca, Mg, Mn, Al und Fe aus der Mineralverwitterung.

Zur Modellierung des Wasserhaushalts wurde im Frühjahr 2012 ein Messfeld installiert, das in drei Bodentiefen bis zu 75 cm Daten zu Bodentemperatur, Wassergehalt und –spannung liefert. Damit lassen sich künftig in Verbindung mit den Daten der nahen Wetterstation Wasserhaushaltsmodelle simulieren.

Zur Simulation der Nährstoffnachlieferung aus der Mineralverwitterung wird im LUA zur Zeit das Modell PROFILE (BECKER 1999) eingesetzt. Die Anwendung dient weiterhin zur Simulation der Auswirkungen anthropogen bedingter Depositionen auf den Boden.

Ergebnis der Modellierung ist die Abbildung des Gleichgewichtszustands (versauernd wirkende ↔ säurepuffernde Bestandteile) der betroffenen Ökosysteme. Im Hinblick auf den Boden soll die „nachschaufende“ Kraft, die u. a. durch die Mineralverwitterung begrenzt wird, quantifiziert werden. Die Ergebnisse dienen als Datenbasis für eine an die Standortbedingungen anzupassende Waldbewirtschaftung insbesondere um eine standortverträgliche Holznutzung (RUF 2012). Es ist vorgesehen, die Modellierung auch auf alle 50 Standorte der Bodenzustandserhebung im Wald auszudehnen.

4. WALD UND WILD

Wesentliche Zielsetzung einer naturnahen Waldwirtschaft ist, ältere Wälder oder entstandene Freiflächen möglichst mit Baumarten, die der natürlichen Vegetation entsprechen, zu verjüngen und in die nächste Waldgeneration zu überführen. Wichtig ist dabei der Aufbau baumartenreicher Mischbestände, die in ihrer Vielfalt am besten die Waldfunktionen erfüllen und sich auf jetzige und künftige Umwelteinflüsse anpassen können.

In den letzten Jahren durchgeführte Großrauminventuren im Staatswald belegen, dass örtlich überhöhte Bestände von Reh- und Rot- und Damwild waldbauliche Ziele gefährden. Starker Wildverbiss verhindert Waldverjüngung und kann zu Veränderungen der Baumartenzusammensetzung (Entmischung) führen.

Nach Vorgaben des Saarländischen Jagdgesetzes sind Wildbestände so zu regulieren (bejagen), dass eine Beeinträchtigung der natürlichen Vielfalt von Flora und Fauna möglichst vermieden wird. Das bedeutet, dass der Wildbestand nur so hoch sein darf, dass sich die Waldverjüngung in angemessenem Umfang entwickeln kann.

Zur regionalen Beurteilung des Wildverbisses wurden im Saarland seit 2010 23 repräsentative Kontrollflächen mit einer Größe von jeweils 30-60 ha eingerichtet.

Als Maßstab für die Beurteilung der Verbissbelastung wurden Verbissprozente (Anteil des Leittriebverbisses aus letztjährigem Sommer- und Winterverbiss definiert. Für die einzelnen Baumarten wurden auf diese Weise Grenzwerte hergeleitet. (EIBERLE 1989, RÜEGG 1999).

Grenzwerte für die Verbissprozente						
Buche	Eiche	Esche	Ahorn	Fichte	Kiefer	Tanne
20%	20%	35%	30%	12%	12%	9%

Ergebnisse 2012

Die Verbissbelastung fällt im Saarland regional sehr unterschiedlich aus. Faktoren sind u.a.: Wildarten, Wilddichte, Art und Zusammensetzung der Verjüngung, Größe von Waldflächen im Verhältnis zur umgebenden freien Feldflur. Die Ergebnisse der 2012 durchgeführten Verbissinventuren werden in den nachfolgenden Fallbeispielen dargestellt.

Auf der Indikatorfläche **Peterberg** ist eine starke Abnahme der Verjüngungsdichte zu verzeichnen. Die Verjüngungsstammzahl sank zwischen 2010 und 2012 um ein Drittel auf rd. 1700 Individuen pro ha, ein Absterbeprozess infolge anhaltenden starken Verbisses durch Dam- und Muffelwild. Es besteht dringender Handlungsbedarf um Waldverjüngung zu ermöglichen bzw. zu sichern.

Auf der Indikatorfläche **Wadrill** (Verjüngung aus Eichenstockausschlag und Birke im Rotwildgebiet) erhöhte sich der Verbiss bei der Eiche im Jahr 2012 auf 78% und liegt weit jenseits eines noch tolerierbaren Grenzwertes. Dagegen hat die Birke einen Verbissanteil von nur 15 %. Die Eiche ist bei anhaltendem Wilddruck akut gefährdet!

Eine günstigere Entwicklung zeigen Inventuren buchenreicher Verjüngungen am Beispiel von Altbeständen im **Warndt**. Auf den beiden diesjährig aufgenommenen

Flächen hat sich der Verbiss gegenüber der Vorerhebung reduziert. Die Verjüngungsdichte stieg insgesamt an; abzuwarten bleibt, ob sich nach dem Mastjahr 2011 die bisher geringen und rückläufigen Anteile der Eiche erhöhen werden.

In der Indikatorfläche **Kirkel** ging der ohnehin niedrige Verbiss an der Buchenverjüngung ebenfalls zurück und spielt für deren derzeitige Entwicklung (Rückgang der Verjüngungsdichte) kaum eine Rolle. Mischbaumarten sind selten und werden sporadisch stärker verbissen.

Anders ist die Situation der Indikatorfläche „**Baumbusch**“ im südlichen Bliesgau als typisches Beispiel stark verbissbelasteter, edellaubbaumreicher Verjüngungen im Muschelkalk. Der Baumbusch, Naturwaldzelle und gleichzeitig Kernzone des Biosphärenreservats, ist umgeben von landwirtschaftlich genutzten Flächen und insbesondere im Winter Reh wildeinstand. Die Verjüngung ist in der bis kniehohen Verjüngungsschicht sehr stammzahlreich, jedoch werden alle Baumarten so stark zurückgebissen, dass darüber hinaus bis auf wenige Buchen keine Verjüngung hochwachsen kann.

Eine weitere Indikatorfläche wurde 2012 auf größeren Moor-Renaturierungsflächen im FFH-Gebiet **Eisen** eingerichtet.

Die aufkommende Verjüngung aus Moor- und Sandbirke (ca. 6000 Pflanzen pro ha) wird bisher durch Wildverbiss kaum beeinträchtigt; der Anteil verbissener Birken liegt bei 10%. Allerdings stellt sich gleichzeitig auch eine recht stammzahlreiche Fichtenverjüngung ein. Folgeinventuren der nächsten Jahre werden das gegenseitige Konkurrenzverhältnis der Baumarten und dabei auch den weiteren Einfluss des Wildes dokumentieren.

Quellen:

Eiberle, K.; Nigg, H., 1987: Grundlagen zur Beurteilung des Wildverbisses im Gebirgswald. Schweiz. Z. Forstwes. 138 (1987)9: 747-785.

Rüegg, D., 1999: Zur Erhebung des Einflusses von Wildtieren auf die Waldverjüngung. Schweiz. Z. Forstwes., 150 (1999)9: 327 – 331.

SaarForst (2006): Verbissgutachten Staatswald 2005, Bericht, Saarbrücken 2006.

SaarForst (2008): Staatswaldinventur 2007, Abschlussbericht, Saarbrücken 2007.

VI. IMPRESSUM

An dem vorliegenden Waldzustandsbericht 2012 für das Saarland haben folgende Personen hauptverantwortlich mitgearbeitet:

- Prof. Dr. Werner, Universität Trier, Fachbereich Geobotanik, Campus II, Behringstraße 21, 54296 Trier
- Dr. Block, Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Hauptstraße 16, 67705 Trippstadt
- Dr. Fetzer, Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz, Don-Bosco-Straße 1, 66119 Saarbrücken
- E. Fritz, SaarForst Landesbetrieb, Von der Heydt 12 D-66115 Saarbrücken
- Dr. Lehnhausen, Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, Keplerstraße 18, 66117 Saarbrücken
- W. Lappel, Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, Keplerstraße 18, 66117 Saarbrücken