



Waldzustandsbericht 2013

– Langfassung –

Bericht über den ökologischen
Zustand des Waldes in NRW

– Nachhaltigkeitsberichterstattung NRW –



Video-Clip
Waldzustandsbericht 2013

www.umwelt.nrw.de

Inhalt

- 5 Vorwort
- 6 Die Waldzustandserfassung 2013 –
die wichtigsten Ergebnisse im Überblick
- 8 Die Vitalität der Baumkronen 2013
- 22 Das Wetter zum Waldzustand 2013 –
ein Beitrag zum Klimafolgenmonitoring in Nordrhein-Westfalen
- 30 Das Austriebsverhalten der Waldbäume als Reaktion
auf den langen Winter 2012/2013
- 42 Die Waldschutzsituation 2013 in Nordrhein-Westfalen
- 48 Schwermetalle in nordrhein-westfälischen Waldböden
auf Basis der Bodenzustandserhebung – BZE
- 58 Beobachtungen zur Abhängigkeit der Belaubungsdichte
vom Standort und Alter der Bäume
- 66 Wald im Klimawandel – waldbauliche Handlungsempfehlungen
zur Entwicklung klimaplastischer Wälder
- 74 Impressum

Information

Der Waldzustandsbericht 2013 kann im Internet auf der Homepage des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV) unter **www.umwelt.nrw.de** eingesehen und von dort abgerufen werden. Zugleich liegt eine Kurzfassung des Waldzustandsberichtes 2013 als Kleinbroschüre des Ministeriums vor und kann ebenfalls auf der Homepage des MKULNV eingesehen, abgerufen und dort auch bestellt werden.

Sehr geehrte Damen und Herren,



die Wälder des Landes sind ein wichtiger Teil unseres wertvollen Naturerbes, das wir schützen und bewahren müssen. Der Erhalt des Waldes dient den gefährdeten Tier- und Pflanzenarten, er liegt im Interesse des Klimas und der Luftreinhaltung, des Wasserhaushaltes, der Bodenfruchtbarkeit und des Landschaftsbildes. Der Wald ist Produktionsstätte des nachwachsenden Rohstoffs Holz und damit Ausgangspunkt einer Wertschöpfungskette, die angesichts des Klimawandels immer wichtiger wird.

Die jährliche Waldzustandserhebung in NRW versorgt uns zusammen mit anderen wichtigen Informationen aus dem forstlichen Umweltmonitoring mit den zentralen Informationen über Stabilität und Gesundheit unserer Waldökosysteme. So gibt uns auch diese Erhebung wichtige Hinweise darauf, wie die Folgen des globalen Klimawandels in NRW konkret aussehen.

Der Waldzustandsbericht 2013 belegt nun, dass sich der für die Gesundheit der Bäume aussagekräftige Zustand der Baumkronen bei den Laubbäumen gegenüber dem vergangenen Jahr leicht verbessert hat. Die Vitalität der Nadelbäume hat sich dagegen verschlechtert. Die Gesundheit der Wälder in Nordrhein-Westfalen hat sich damit insgesamt nicht so erholt, wie im letzten Jahr erhofft. Der trockene Sommer hat dem Wald zudem schwer zu schaffen gemacht und zu neuen Schäden geführt. Diese Ergebnisse des Waldzustandsberichtes 2013 werden auch diesmal – wie schon in der Vergangenheit – in die Weiterentwicklung unserer Waldbaukonzepte in NRW eingehen. Gerade wenn es um klimaangepasste Waldbaukonzepte geht, werden wir auch weiterhin die enge Kooperation mit allen Waldakteuren in NRW suchen.

Ihr

A handwritten signature in black ink, which appears to read 'Johannes Remmel'. The signature is fluid and stylized, with a large initial 'J'.

Johannes Remmel
Minister für Klimaschutz, Umwelt,
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen



Die Waldzustandserfassung 2013 – die wichtigsten Ergebnisse im Überblick

Nach der Erholungsphase des letzten Jahres hat sich der **Waldzustand** nun wieder etwas verschlechtert. Dabei sind die Nadelbäume mehr betroffen als die Laubbäume. Bei der Eiche haben sich die Belaubungswerte sogar geringfügig gebessert.

Der lange, trübe und kalte Winter hat dazu geführt, dass die Vegetationszeit sehr spät begonnen hat und damit der Austrieb der Knospen der Waldbäume nur verzögert erfolgen konnte.

Die Entwicklung der **Eiche** verlief in diesem Jahr positiv. Bei ihr hat sich der Kronenzustand als einziger Baumart leicht gebessert. Jedoch weisen mehr als die Hälfte aller Bäume immer noch deutliche Schäden auf. Damit ist die Eiche unverändert und mit Abstand die Baumart mit dem schlechtesten Kronenzustand in NRW.

Die Belaubungswerte der **Buche** haben sich stabilisiert. Sie haben sich im Vergleich zum Vorjahr kaum verändert. Durchschnittlich bewegt sich der Blattverlust aber noch auf einem hohen Niveau.

Bei der **Fichte** hat sich der Kronenzustand nach einer kurzen Erholungsphase wieder verschlechtert. Die Sommerhitze hat in den Oberböden das Wasser knapp werden lassen. Dies hat besonders der Fichte als flach wurzelnder Baumart in diesem Jahr zu schaffen gemacht. Ihre Vitalitätswerte sind insgesamt abgesunken.

Die Benadelungsprozente für die **Kiefer** sind in diesem Jahr sprunghaft abgefallen. Doch trotz der hohen Nadeldefizite ist die ansonsten stabile Kiefer bei den deutlichen Schäden immer noch die Hauptbaumart mit den besten Werten.

Im letzten Winter trat im Wechsel strenger Frost und wolkenreiches, sehr mildes **Wetter** auf. Der Winter dauerte relativ lange, bis Ende März 2013. Dies war einer der kältesten Märzmonate seit Beginn der amtlichen Wetteraufzeichnungen. Aufgrund der gut wassergesättigten Böden war die Wasserversorgung der Waldbestände zu Beginn der Vegetationszeit gesichert. Im Laufe des Juni verschlechterten sich die hydrologischen Verhältnisse zunächst in den Wäldern des Tieflandes.

Von Mitte Juni bis Anfang August folgten drei intensive Hitzewellen aufeinander, begleitet von heftigen Gewittern, die teilweise hohe Regenmengen brachten. Dabei kam es sehr auf die Zugbahnen der Gewitter an. Insgesamt waren die Monate Juli und August in diesem Jahr viel zu trocken. Nach vorläufiger Auswertung der bodenhydrologischen Messdaten hatten die meisten Wälder in Nordrhein-Westfalen ab Mitte Juli unter Trockenstress zu leiden.

Das kühle und sonnenscheinarme Frühjahr hat 2013 zu einem **späten Austrieb** der Bäume geführt. Innerhalb der 13-jährigen Beobachtungsreihe sind Fichte, Kiefer und Buche noch nie so spät ausgetrieben wie in diesem Jahr. Lediglich die Eiche war 2001 schon einmal später ausgetrieben. Trotz der späten Blattentwicklung in diesem Jahr hält der Trend bei Buche und Eiche zu einem früheren Austrieb an. Dieser Trend hat sich jedoch aufgrund der aktuellen Ergebnisse deutlich abgeschwächt. Durch den späten Austrieb stand den Raupen von Frostspanner und Eichenwickler keine geeignete Nahrung zur Verfügung, sodass die Eichen in diesem Jahr nicht befallen wurden. Hierdurch konnte sich der Kronenzustand der Eichen wieder verbessern.

In mehreren Buchenbeständen in Ostwestfalen ist eine neue **Komplexerkrankung** aus abiotischen und biotischen Faktoren aufgetreten. Sehr wahrscheinlich ist dafür eine Kombination aus Trockenstress und dem Vorkommen des Pilzes „Pfennig-Kohlenkruste“ verantwortlich. Landesweit trat in Buchenbeständen unterschiedlichen Alters teils sehr starker Buchenspringrüsslerbefall auf. In diesem Jahr wurde erstmals in Nordrhein-Westfalen der Quarantäneschadorganismus „Kastaniengallwespe“ an Esskastanien, allerdings außerhalb des Waldes, nachgewiesen. Eine kundenfreundliche, wöchentlich aktualisierte Internetseite informiert seit Anfang 2013 über die Befallswahrscheinlichkeit von Fichten durch Buchdrucker und Kupferstecher.

Die großräumige Verbreitung von **Schwermetallen** in den Waldböden des Landes wird maßgeblich durch die Herkunft der Schwermetalle bestimmt. Während die Belastungen durch Blei, Kupfer, Quecksilber und Arsen im Einflussbereich des Ruhrgebietes, im Siegerland und in der Nordeifel am höchsten sind und auf Immissionen zurückgehen, finden sich weitere Waldflächen in anderen Lan-

desteilen mit teils geogen-, teils immissionsbedingt überhöhten Schwermetallwerten. Die Waldböden des nieder-rheinischen Tieflandes und im westlichen Münsterland zeichnen sich durch eine insgesamt geringe Schwermetallbelastung aus.

In unseren Wäldern hängt die Kronenverlichtung unverkennbar mit dem Alter der Bäume zusammen. Die Elastizität der Bäume, auf widrige Umwelteinflüsse zu reagieren, nimmt mit dem Alter ab. Im Zusammenhang mit der BZE (Bodenzustandserhebung) wurde daher die vom Baumalter unabhängige Kronenverlichtung errechnet und näher betrachtet. Dabei zeigte sich auf Basis der BZE I, dass gut belaubte Baumkronen am häufigsten auf den besser versorgten Lehm Böden vorkommen, während die Belaubungsdichte auf den basenärmeren Lehm Böden und Sandstandorten einerseits sowie den Kalkverwitterungslehmen andererseits auffällig zurückgeht.



Konsolenpilze leisten einen wichtigen Beitrag bei der Holzersetzung

Auf Basis der BZE II ist eine Affinität zwischen überdurchschnittlicher Kronenverlichtung und einigen Standortmerkmalen wie Flachgründigkeit und Wechselfeuchte der Böden sowie warm-trockenem Waldklima und hohen Stickstoffeinträgen festzustellen. Insgesamt deutet die Standortanalyse auf ein erhöhtes Trockenstressrisiko hin, das besonders im südlichen Ostmünsterland, im Nordwesten des Münsterlandes und im Süden der Niederrheinischen Bucht zu bestehen scheint.

Der Klimawandel stellt für die Forstwirtschaft eine besondere Herausforderung dar. Eine zukunftsorientierte Waldbewirtschaftung im Klimawandel zeichnet sich durch die Beurteilung verschiedener **Handlungsoptionen** aus. Dabei wird gleichzeitig die Eignung bisheriger Verjüngungs-, Pflege- und Nutzungskonzepte überprüft. Zusätzlich ist das Streben nach Baumartenvielfalt und Baumartenmischungen, die möglichst gut an die künftigen Klimaverhältnisse angepasst sind, eine besondere Verpflichtung.



Die Vitalität der Baumkronen 2013

Die Vitalität von Waldbäumen lässt sich gut am Zustand ihrer Kronen ablesen. Die Waldzustandserfassung bewertet neben dem Nadel-/Blattverlust verschiedenste Indikatoren, die Einfluss auf das Erscheinungsbild der Baumkronen haben. Dazu zählen besonders Vergilbung, Fruktifikation sowie weitere biotische und abiotische Faktoren.

Das Kronenmonitoring wird in NRW seit 1984 jährlich durchgeführt. 2013 wurden in einem Stichprobenraster von 4 x 4 km an 525 Aufnahmepunkten landesweit etwa 9.500 Bäume untersucht.

Durch die kontinuierlichen Analysen sind nicht nur Aussagen zum aktuellen Jahr möglich, sondern es können besonders gut die langjährigen Trends bei den einzelnen Baumarten über Zeitreihen dargestellt werden. Auf diese Weise können wichtige Informationen und Daten zur Diskussion über die möglichen Auswirkungen des prognostizierten Klimawandels beige-steuert werden. Zudem steht damit über einen fast 30-jährigen Zeitraum wertvolles Datenmaterial für das forstliche Umweltmonitoring zur Verfügung.

Die Klassifizierung der Kronenverlichtung erfolgt gemäß der nachstehenden bundesweit einheitlichen Tabelle (Tabelle 1). Unter Einbeziehung von Vergilbungsstufen entstehen daraus die kombinierten Schadstufen. In den folgenden Grafiken werden die Schadstufen zur besseren Übersicht gruppiert und in Ampelfarben dargestellt.

Schadstufe	Nadel-/Blattverlust	Bezeichnung	Gruppierung
0	0–10 %	ohne Schadmerkmale	ohne Schadmerkmale
1	11–25 %	schwach geschädigt	schwach geschädigt
2	26–60 %	mittelstark geschädigt	deutlich geschädigt (Zusammenfassung der Stufen)
3	61–99 %	stark geschädigt	
4	100 %	abgestorben	

Tabelle 1: Relative Kronenverlichtung in Stufen

Hauptergebnisse

In diesem Jahr hat sich der Waldzustand in NRW nach der Erholungsphase des letzten Jahres nun wieder etwas verschlechtert. Dabei haben die deutlichen Schäden im Vergleich zum Vorjahr um 4 Prozentpunkte auf nunmehr 29 % zugenommen. Mit 3 Prozentpunkten zeigen die

schwachen Schäden nur eine geringe Zunahme. Die fühlbarste Veränderung hat bei den ungeschädigten Bäumen stattgefunden. Ihr Anteil ist um 7 Prozentpunkte auf diesjährige 27 % gesunken (Abbildung 1).

Schadstufen Waldzustandserfassung 2013, zusammengefasst über alle Baumarten und Altersbereiche

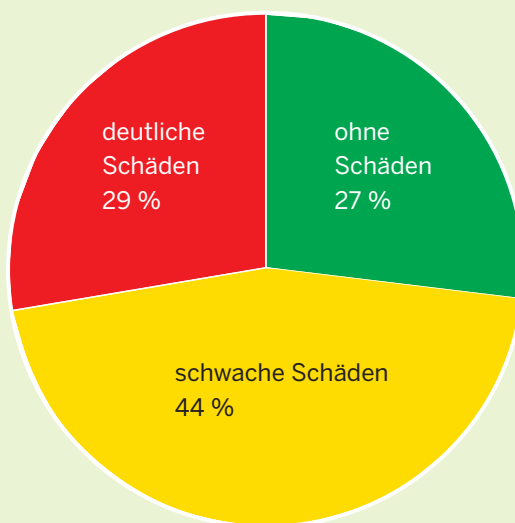


Abbildung 1: Prozentuale Schadstufenverteilung für die Summe aller Baumarten in Nordrhein-Westfalen



Ein Mistkäfer auf der glatten Rinde einer gefällten Buche

Blendet man das „Ausreißerjahr“ 2011 mit seinen vielen Extremwerten aus, zeigt sich in der Zeitreihe der letzten Jahre ab 2009, dass sich der Verlauf der stetigen Verschlechterung des Waldzustands in der Summe aller Baumarten auch in diesem Jahr fortsetzt (Abbildung 2).

Die Darstellung der prozentualen mittleren Nadel-/Blattverluste in Abbildung 3 bestätigt auch in dieser Sichtweise die Tendenz zur Verschlechterung des Waldzustands. Besonders die eingeblendete Trendlinie zeigt anschaulich die stetige Entwicklung in diese Richtung.

Insgesamt befinden sich die Nadel- und Blattverluste auf einem hohen Niveau.

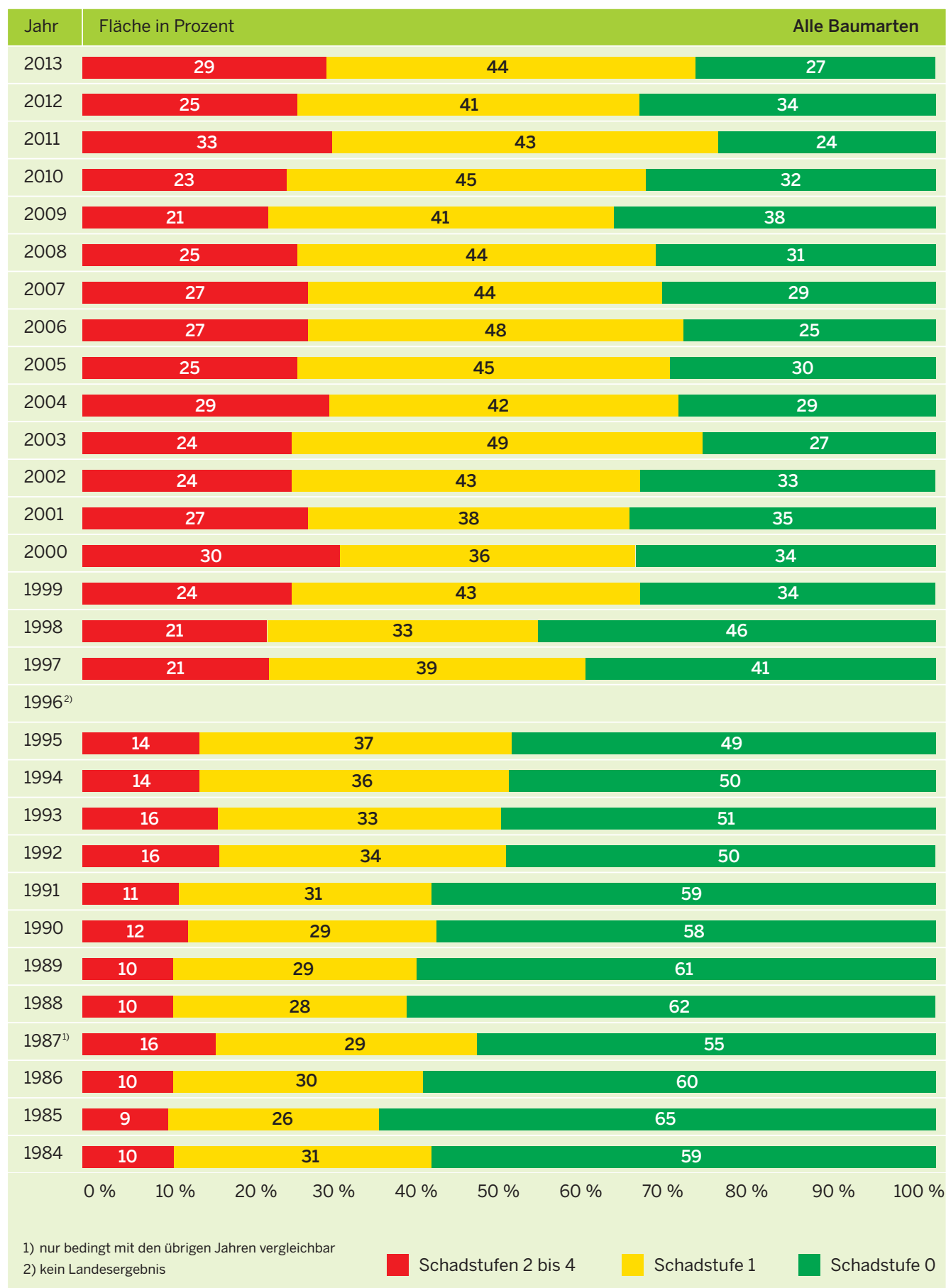


Abbildung 2: Entwicklung des Kronenzustandes in Nordrhein-Westfalen von 1984 bis 2013 in Prozent

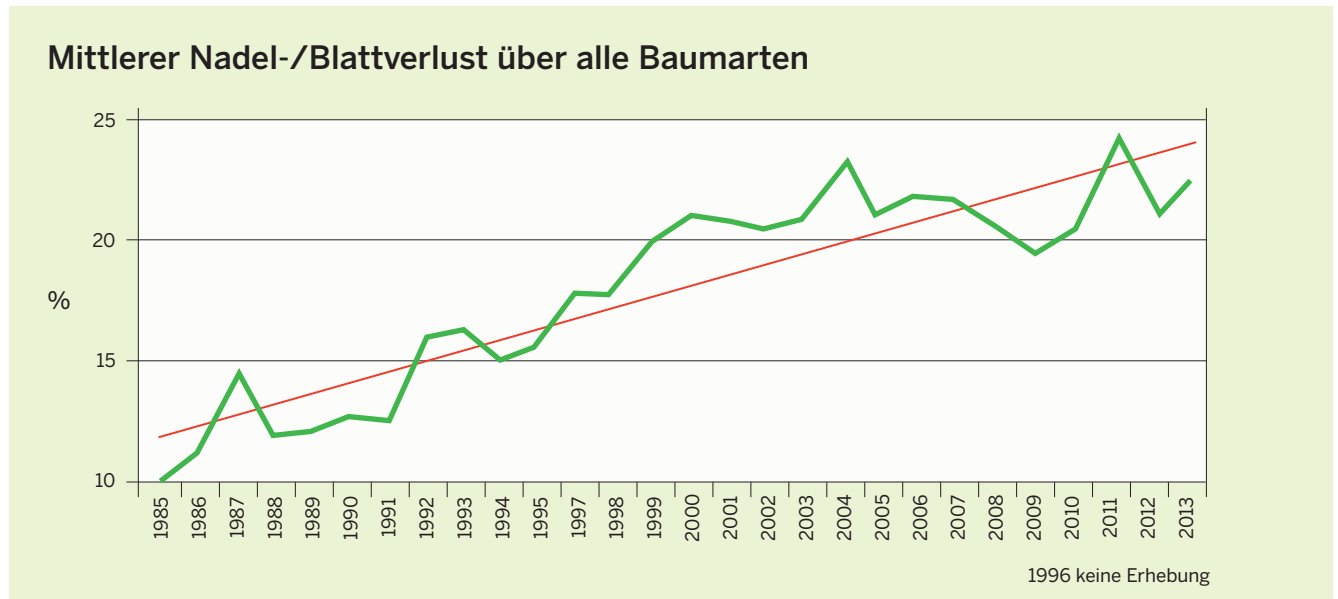


Abbildung 3: Zeitreihe des mittleren Nadel-/Blattverlustes in Prozent. Die Gerade zeigt den Trend der Werte an.

Der Kronenzustand der einzelnen Baumarten unterscheidet sich häufig von den summarischen Ergebnissen des

Gesamtwaldes. Deshalb werden die Hauptbaumarten im Folgenden noch einmal getrennt betrachtet.

Ergebnisse zu den wichtigsten Baumarten

Tabelle 2 lässt einen differenzierten Blick auf die einzelnen Baumarten zu. Dabei sind die Altersgruppen zusammen-

gefasst. Die folgende Wertung der Ergebnisse bezieht sich auf die Veränderung zu den Zahlen des Vorjahres.

Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2013 in Nordrhein-Westfalen

(in Klammern Vergleichsdaten aus 2012)

Baumart	Baumartenfläche nach Landeswaldinventur in Hektar	Anteile der Schadstufen in Prozent		
		0 ohne Schadensmerkmale	1 schwache Schäden	2–4 deutliche Schäden
Fichte	303.100	29 (37)	45 (42)	26 (21)
Kiefer	68.000	15 (29)	61 (58)	24 (13)
Sonst. Nadelbäume	44.600	39 (48)	41 (39)	20 (13)
Summe Nadelbäume	415.700	28 (37)	47 (44)	25 (19)
Buche	144.600	28 (31)	43 (41)	29 (28)
Eiche	131.000	17 (16)	31 (30)	52 (54)
Sonst. Laubbäume	187.100	30 (40)	50 (45)	20 (15)
Summe Laubbäume	462.700	26 (31)	42 (39)	32 (30)
Summe NRW	878.400	27 (34)	44 (41)	29 (25)

Tabelle 2: Schadstufen je Baumartengruppe

In Abbildung 4 fällt auf, dass die Eiche bei den höheren Verlustprozenten die größten Häufigkeiten besitzt. Bei ihr befindet sich der größte Anteil der beeinträchtigten Bäume im roten Bereich der deutlichen Schäden. Bei der Kiefer wird deutlich, dass viele Bäume den gelben Bereich der schwachen Schäden verlassen haben und zu den deutlichen herübergewandert sind.

Die Fichte hat ihr Maximum im Feld der schwachen Schäden. 2012 lag es noch an der Klassengrenze im grünen Feld der ungeschädigten Bäume. Auch hier hat 2013 eine Verschiebung zum Schlechteren stattgefunden.

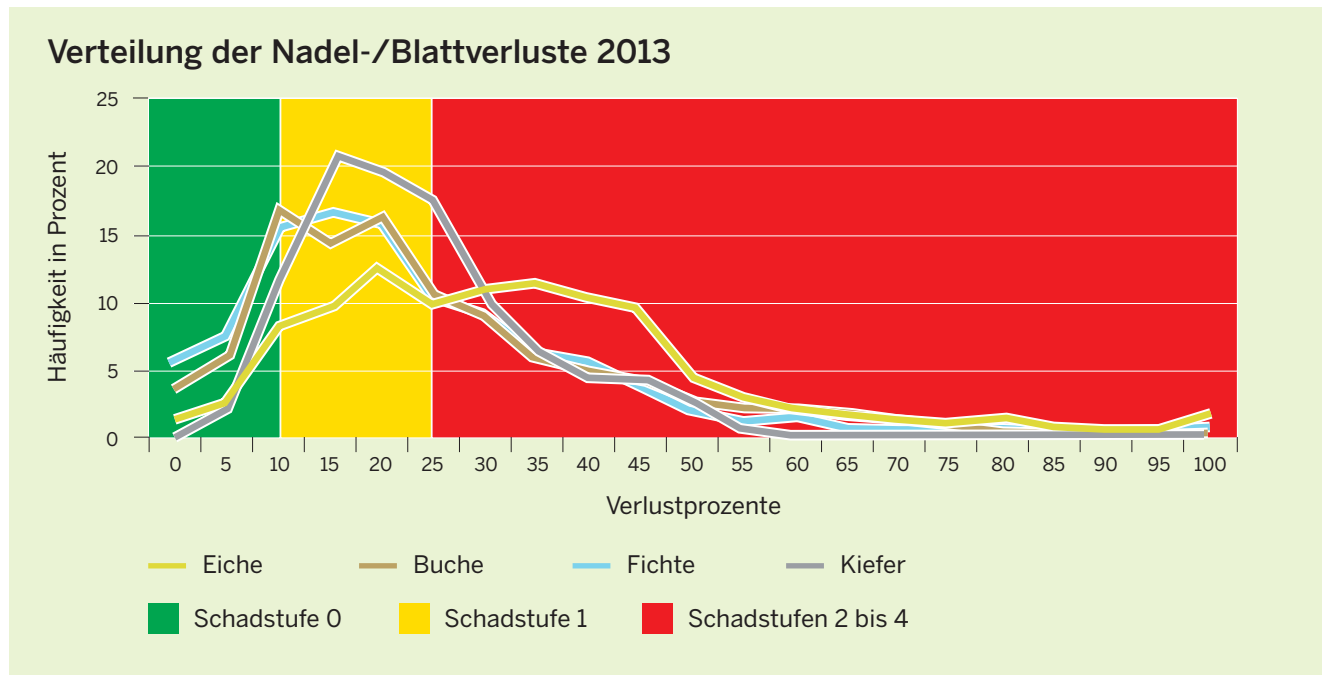


Abbildung 4: Häufigkeitsverteilung der Nadel-/Blattverluste bei den Hauptbaumarten 2013. Die Schadstufen sind farbig markiert.



Eiche mit starkem Blattverlust im Sommer

Eiche

Erfreulicherweise kann in diesem Jahr bei der Eiche eine leichte Verbesserung beobachtet werden. Die deutlichen Schäden sind um 2 Prozentpunkte auf 52 % gesunken. Der Anteil der gesunden Bäume ist um 1 Prozentpunkt auf nunmehr 17 % angestiegen. Die schwachen Schäden haben sich um 1 Prozentpunkt geringfügig erhöht (Abbildung 7).

Der Winter 2012/2013 ist sehr lang gewesen und hat mit tiefen Temperaturen den Jahresbeginn regiert. Die Bäume konnten in diesem Jahr erst spät mit dem Blattaustrieb beginnen. Insgesamt hat die Vegetationszeit etwa drei Wochen später begonnen, als es sonst in unseren Regionen üblich ist.

Der späte Laubaustrieb hat dazu geführt, dass zumindest für die ersten Raupengenerationen in diesem Jahr die Nahrungsgrundlage angespannt gewesen ist. Den jungen Raupen fehlten durch die noch geschlossenen Knospen die Blätter, die sie zum Fressen benötigen. So kam die Entwicklung der Raupenpopulation nur schleppend in Gang. Im weiteren Jahresverlauf hat sich der Raupenbefall durch Eichenwickler, aber auch durch Frostspanner

Eichenwickler/Frostspanner an der Eiche 1989 bis 2013

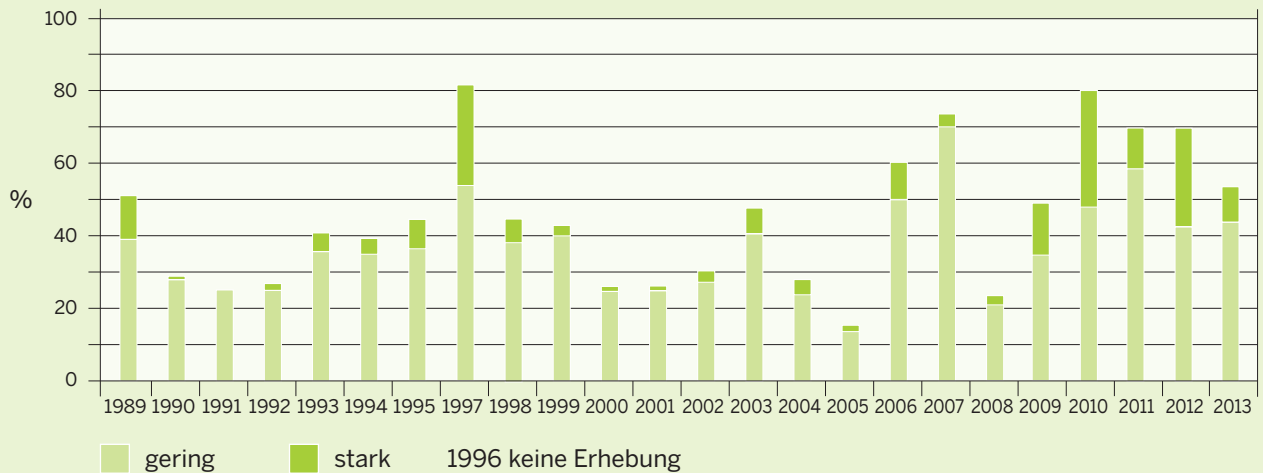


Abbildung 5: Befall der Eichen mit Schmetterlingsraupen

Fruchtifikation der Eiche 1989 bis 2013

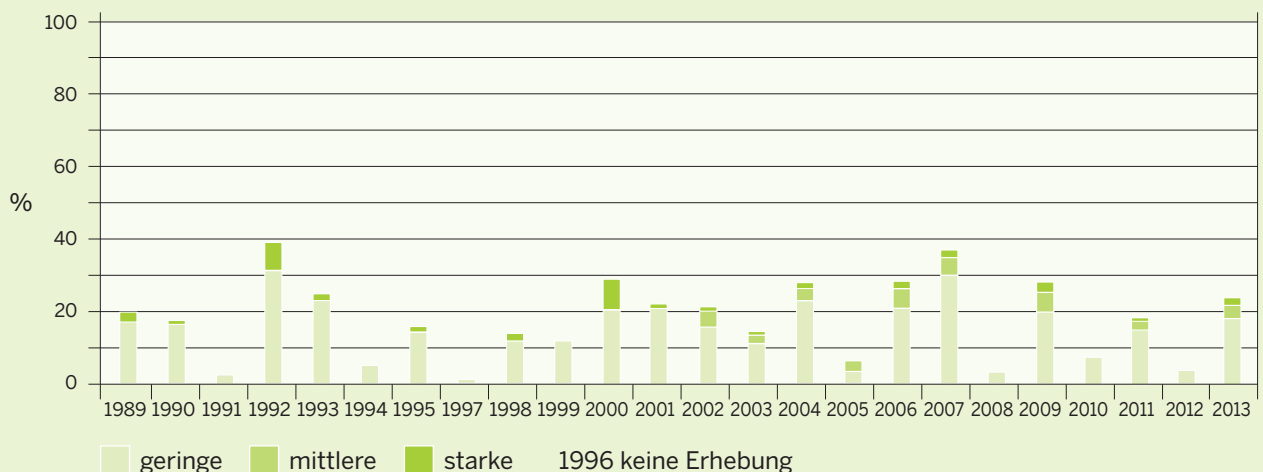


Abbildung 6: Zeitreihe der Fruchtbildung mit Eicheln

wieder gesteigert. Abbildung 5 zeigt, dass der Raupenbefall 2013 insgesamt ein mehr als durchschnittliches Maß erreicht hat.

Der Mehltau, ein häufiger Pilz auf den Eichenblättern, spielte in diesem Jahr keine besondere Rolle. Die Befallsstärke bewegte sich auf einem normalen Niveau und konnte sich lediglich lokal etwas ausbreiten.

Die Eichenprachtkäfer, eine Käfergruppe, die der Eiche besonders in den letzten Jahren stark zugesetzt hat, sind nach wie vor in den Bäumen aktiv.

Betrachtet man in Abbildung 7 die langjährige Zeitreihe der Kronenschäden der Eiche, fällt auf, dass sie sich trotz der diesjährigen leichten Verbesserung immer noch auf

einem hohen Niveau befinden. Etwas mehr als die Hälfte aller Eichen zeigen deutliche Schäden. Damit zählt die Eiche erneut zur der am stärksten beeinträchtigten Baumart in NRW.

Die Eicheln haben sich in diesem Sommer spät entwickelt. Trotzdem haben die Eichen in diesem Jahr erneut stärker Früchte gebildet (Abbildung 6). Hierbei hat es aber große lokale Unterschiede gegeben. Die Fruchtifikation konnte in einigen Teilen NRWs kaum, in anderen aber massiv beobachtet werden.

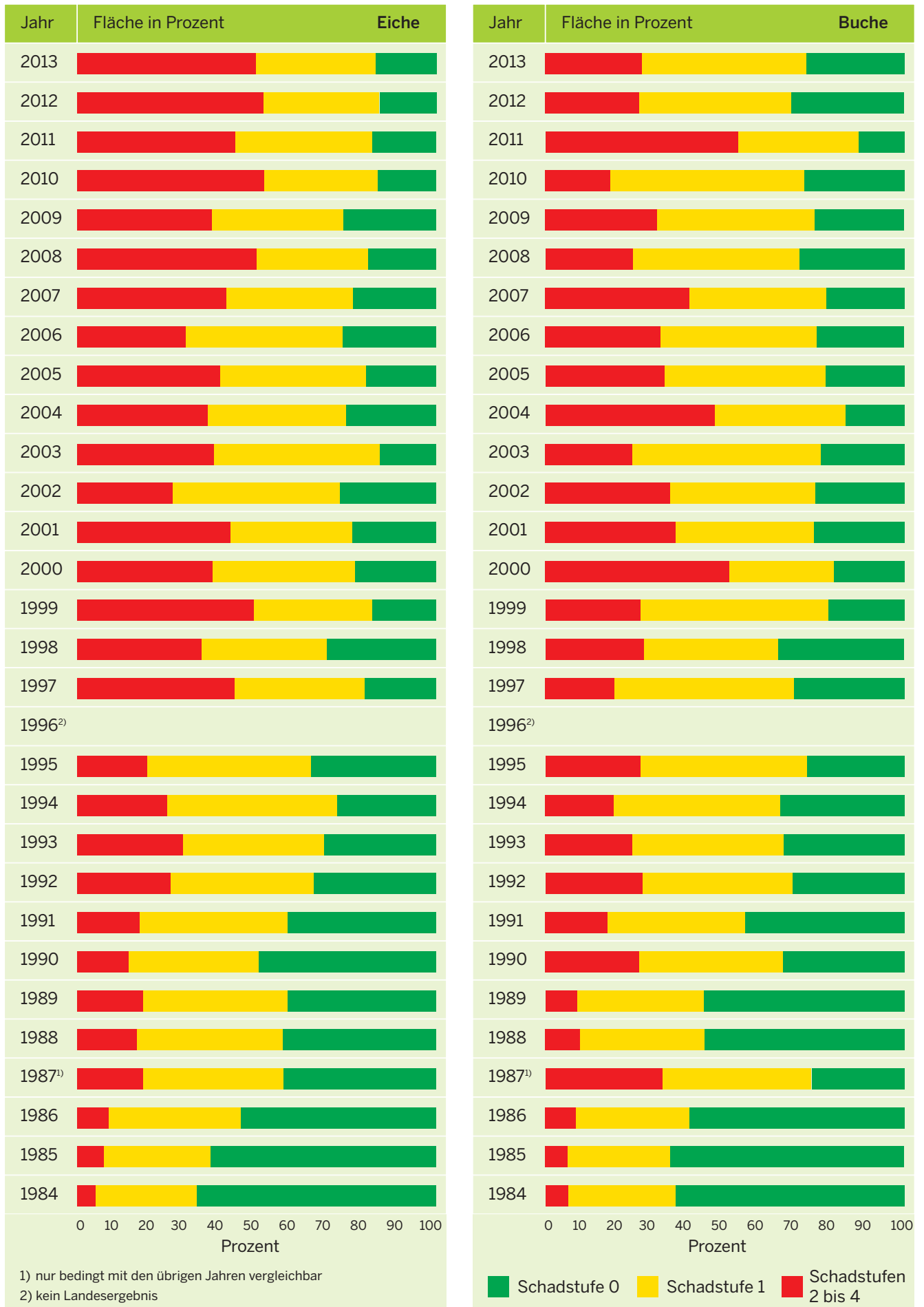


Abbildung 7: Prozentuale Entwicklung der Kronenschäden bei Eichen und Buchen von 1984 bis 2013



Foto: Falkenried

Buche

In diesem Jahr hat sich die Buche im Vergleich zum Vorjahr wenig verändert. Die deutlichen Schäden sind um lediglich 1 Prozentpunkt auf 29 % gestiegen, wohingegen die Anzahl der ungeschädigten Bäume um 3 Prozentpunkte abgenommen hat (Abbildung 7).

Die extreme Fruktifikation von 2011 zeigt beim diesjährigen Fruchtansatz immer noch Nachwirkungen. Bucheckern sind dieses Jahr nur wenige gebildet worden (Abbildung 11). Die Buche scheint bei der Fruktifikation noch im Erholungsmodus zu sein.

Der Befall mit dem Springerüssler-Käfer war in diesem Jahr heftig, ohne jedoch Spitzenwerte zu erreichen (Abbildung 8). Neben dem Lochfraß des Käfers an den Blättern schädigt zusätzlich seine Larve, die in den Blättern miniert und meist die vorderen Blattbereiche zum Absterben bringt. An vielen Buchen sind in diesem Jahr die partiell verbrauchten Blätter schon von Weitem zu sehen gewesen.



Foto: Falkenried

Vergilbungen an den Blättern deuten auf Mangelerscheinungen hin

Der Buchenspringerüssler ist ein beständiger Schädling in unseren Buchenbeständen. Für die Buchen in NRW kann eine gewisse Befallsstärke als normal angesehen werden, die von den Bäumen auch verkraftet wird. Erst bei stärkerem Befall kommt es zu Vitalitätseinbußen. Dieses muss für 2013, zumindest in einigen Regionen, unterstellt werden.

Springerüsslerbefall an der Buche 1989 bis 2013

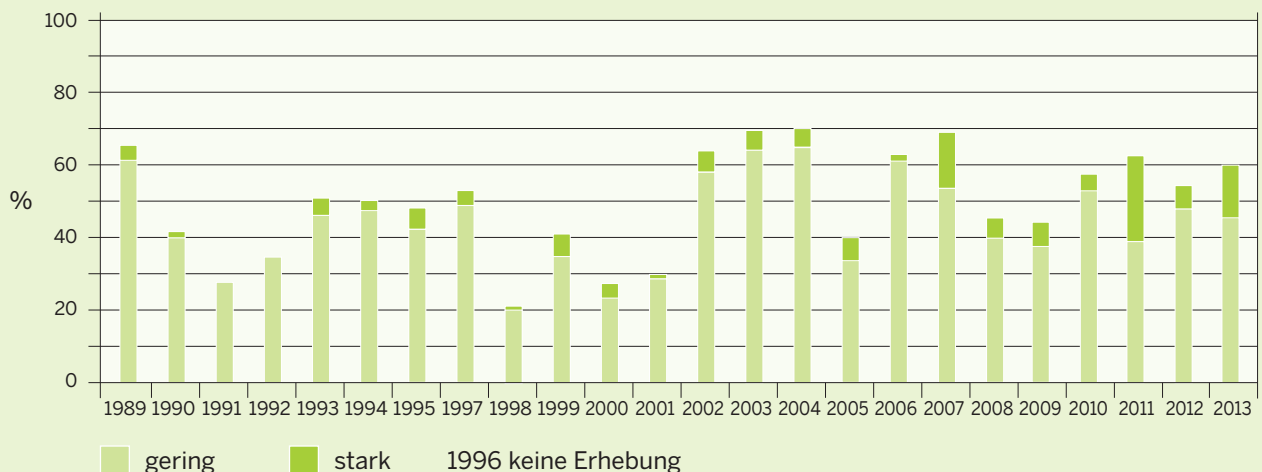


Abbildung 8: Befall der Buche mit Buchenspringerüssler



Foto: Falkenried

Fichte

Haben sich in diesem Jahr die Werte der Laubbäume nur wenig und im Fall der Eiche sogar zum Guten hin verändert, weisen die Nadelbäume im Vergleich zum Vorjahr einen verschlechterten Kronenzustand auf.

Die deutlichen Schäden bei der Fichte haben um 5 Prozentpunkte auf jetzt 26 % zugenommen. Der Anteil der ungeschädigten Fichten hat sich um 8 Prozentpunkte verschlechtert und beträgt gegenwärtig noch 29 %. Die schwachen Schäden belaufen sich auf 45 % (Abbildung 9). In der Zeitreihe erkennt man, dass die Fichte nach einigen sporadischen Erholungsjahren jetzt wieder das relativ hohe Schadenniveau der Jahre 2006 und 2007 erreicht hat.

In den Sommermonaten ist es partiell zu Trockenheit in den Oberböden gekommen. Darauf hat die Fichte als flach

wurzelnde Baumart stärker reagiert als die anderen Baumarten, die mit einem tiefer reichenden Wurzelwerk das Wasser aus den unteren Bodenschichten besser erschließen konnten.

Borkenkäfer sind eine ständige Bedrohung für die Fichten. In diesem Jahr spielten die Käfer eine untergeordnete Rolle. Der Befall bewegte sich auf einem normalen Niveau. Einzelne Befallsherde waren eher kleinräumig zu finden. Die gute Holznachfrage führte zudem dazu, dass befallenes Holz schnell abgefahren wurde und so die weitere Verbreitung von Käfern zusätzlich erschwert worden ist.

Markant war, wie bereits im Vorjahr, das fast völlige Ausbleiben der Fruktifikation. Neue Zapfen sind in diesem Jahr nur ausnahmsweise von den Bäumen gebildet worden. Die alten Zapfen aus dem starken Mastjahr 2011 sind mittlerweile abgeworfen worden und bedeckten den Waldboden stellenweise in großen Massen.



Foto: Falkenried

Alte Fichtenzapfen bedecken den Waldboden in großer Menge



Foto: Falkenried

Die „Ananasgallen“ der Fichtengallenlaus an den neuen Trieben

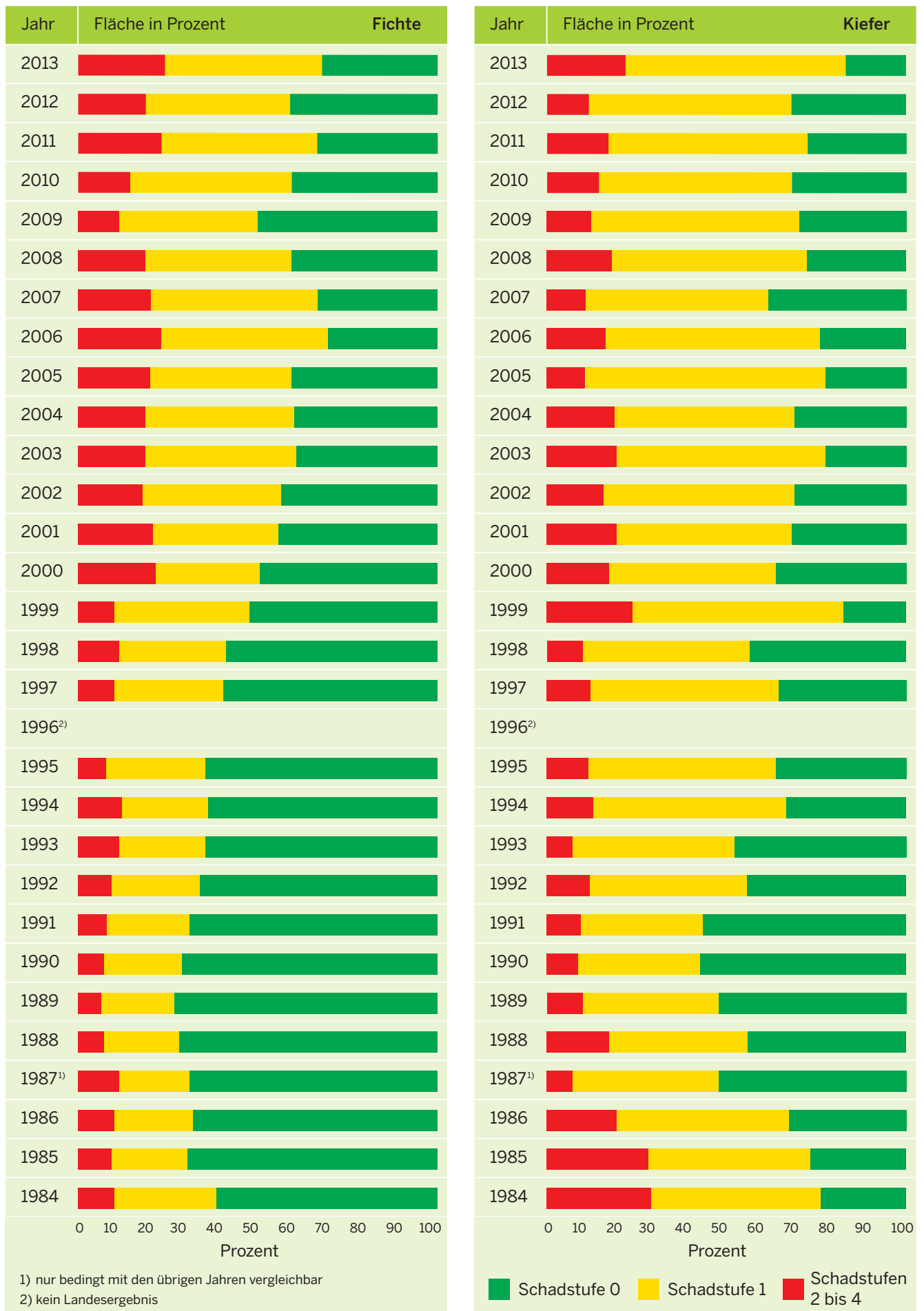


Abbildung 9: Prozentuale Entwicklung der Kronenschäden bei Fichten und Kiefern von 1984 bis 2013

Kiefer

Die Kiefer zeigt in diesem Jahr eine untypische Verschlechterung ihres Benadelungszustandes. Nach den guten Werten des Vorjahres haben die deutlichen Schäden um 11 Prozentpunkte auf 24 % zugenommen, die Anzahl der gesunden Bäume verringerte sich um 14 Prozentpunkte auf 15 %. Der Bereich der schwachen Schäden nimmt bei der Kiefer stets den größten Raum ein. 2013 beträgt er 61 % und hat sich im Vergleich zum Vorjahreswert um 3 Prozentpunkte gesteigert (Abbildung 9).

Einen höheren Nadelverlust hat es in der Zeitreihe zuletzt 1999 und Mitte der 1980er Jahre gegeben.

Von dem Schadenssprung sind vorwiegend die älteren Bäume betroffen.



Die Ursachen für den relativ schlechten Kronenzustand der Kiefer sind nicht in allen Bereichen mit der Methodik des Kronenmonitorings zu erklären. Ein wichtiger Grund ist in diesem Jahr in der relativ starken Blüte zu sehen. An den Stellen der Zweige, an denen sich die Blüten bilden, entwickeln sich keine Nadeln. Hier kommt es also in der Gesamtkrone zu einem Nadelverlust. Die Fruktifikation, basierend auf der Blüte des Vorjahres, wies bei der Kiefer eine relativ hohe, keineswegs aber außergewöhnliche Intensität auf (Abbildung 12).

Biotische Schaderreger sind nur an wenigen Bäumen entdeckt worden. Sie haben folglich nicht zum Absinken der Benadelungswerte beigetragen.

Eine weitere Ursache liegt in der Methodik der Auswertung der aufgenommenen Kronenzustandswerte. Bei der



Die Blüten des Fingerhuts, einer alten Arzneipflanze

Kiefer haben die Ergebnisse der Verlichtungsprozente dazu geführt, dass die Bäume über die Klassenschwelle hinweg verstärkt in die nächsthöhere Schadensklasse gerutscht sind. Es hat also in mehreren Bereichen Klassensprünge gegeben. Betrachtet man jedoch die Entwicklung der mittleren Nadelverluste (Abbildung 10), wird ersichtlich, dass dieser Wert nur um 4 Prozentpunkte von 19 % auf 23 % gestiegen ist.

Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass der diesjährige Schadenssprung nicht generell als eine schwere Vitalitätsminderung bei der ansonsten solide aufgestellten Kiefer gewertet werden darf. Trotz des Anstiegs der Nadeldefizite ist die Kiefer bei den deutlichen Schäden immer noch die Hauptbaumart mit den besten Werten.

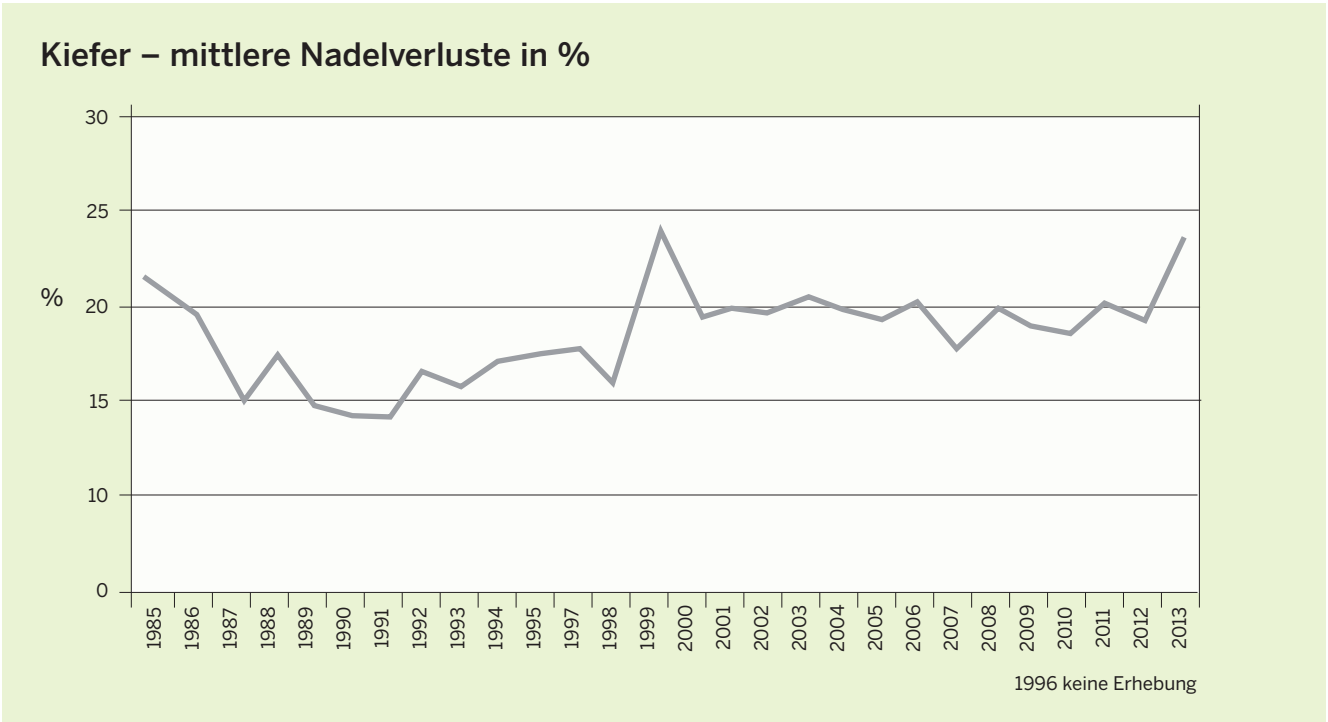


Abbildung 10: Entwicklung der mittleren Nadelverluste bei der Kiefer von 1985 bis 2013

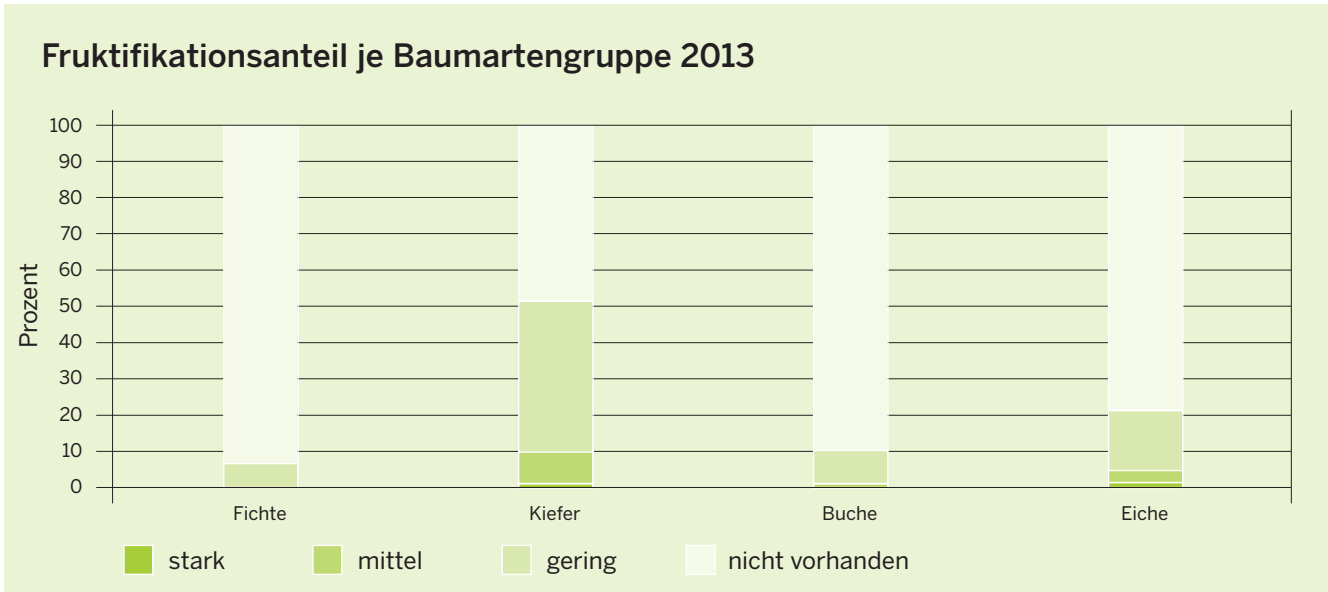


Abbildung 11: Anteil der Fruktifikation je Baumart

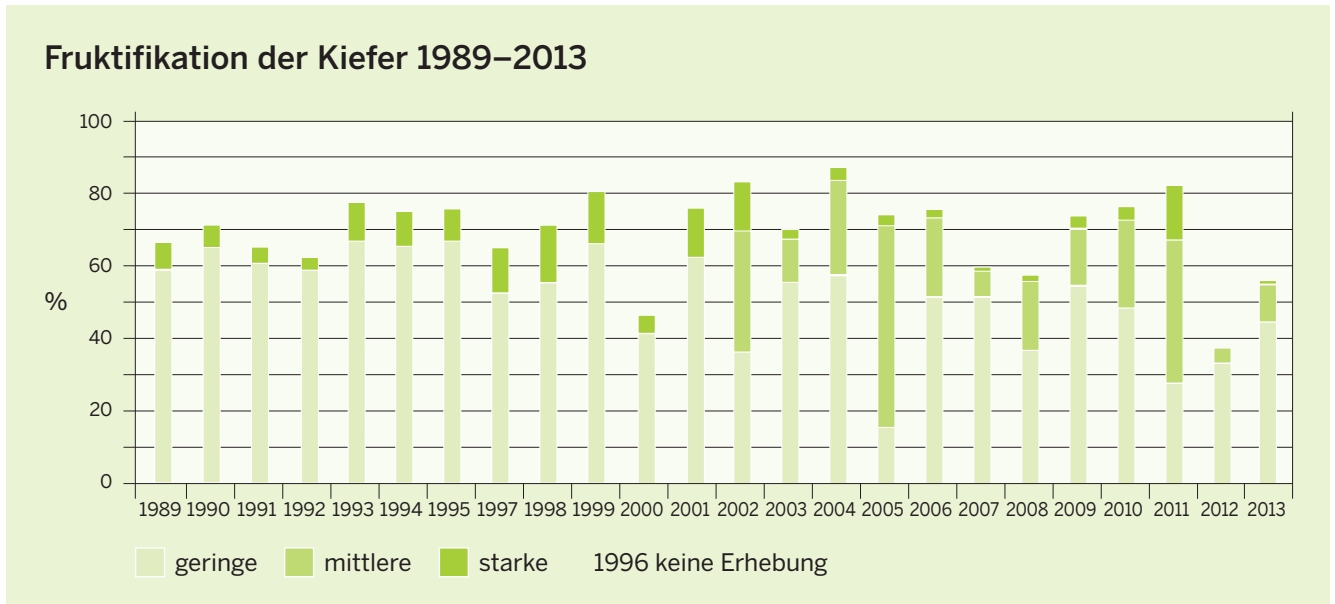


Abbildung 12: Zeitreihe der Fruktifikation bei der Kiefer



Foto: Falkenried

Die prächtige Färbung der Früchte des Pfaffenhütchens, eines heimischen Strauches



Waldland NRW – ein Blick ins Sauerland

Fazit bei den Hauptbaumarten

Der Winter ist in diesem Jahr sehr trübe und lang gewesen. Die Sonnenscheindauer ist bis in den Februar hinein durchschnittlich überaus kurz geblieben. Hinzu kamen sehr kalte Tage mit Frostwirkung bis Ende März. Der Sommer konnte sogar mit stärkeren Hitzewellen aufwarten. Durchgängig hat die Vegetationszeit sehr spät begonnen und damit auch zu einem verzögerten Austrieb der Knospen bei den Waldbäumen geführt.

Die Kronen der Laubbäume weisen 2013 im Vergleich zu 2012 einen verbesserten Zustand auf. Die Nadelbäume hingegen haben sich in ihrer Vitalität verschlechtert.

- Die **Eiche** hat sich in diesem Jahr positiv entwickelt. Bei ihr als einziger Baumart hat sich der Kronenzustand leicht gebessert. Jedoch weisen mehr als die Hälfte aller Bäume immer noch deutliche Schäden auf. Damit ist die Eiche unverändert und mit Abstand die Baumart mit dem schlechtesten Kronenzustand in NRW.
- Die **Buche** hat sich stabilisiert. Ihre Belaubungswerte haben sich im Vergleich zum Vorjahr kaum verändert. Durchschnittlich bewegt sich der Blattverlust aber noch auf einem hohen Niveau.
- Bei der **Fichte** hat sich der Kronenzustand nach einer kurzen Erholungsphase wieder verschlechtert. Die Sommertrockenheit in den Oberböden hat ihr partiell zu schaffen gemacht. Ihre Vitalitätswerte sind insgesamt abgesunken.
- Die Benadelungsprozente für die **Kiefer** sind in diesem Jahr sprunghaft abgefallen. Doch trotz der hohen Nadeldefizite ist die Kiefer bei den deutlichen Schäden immer noch die Hauptbaumart mit den besten Werten.



Das Wetter zum Waldzustand 2013 – ein Beitrag zum Klimafolgenmonitoring in Nordrhein-Westfalen

Der Wetterverlauf eines Jahres hat bekanntermaßen einen großen Einfluss auf die Vitalität der Waldbäume und die Entwicklung von Schadinsekten und Pilzen. Extreme Wetterereignisse wie die heißen Sommer 2003 und 2006 können auch in den Folgejahren noch Auswirkungen auf die Belaubungsdichte der Baumkronen und den Zuwachs der Waldbäume zeigen. Daher haben Wetteraufzeichnungen einen hohen Stellenwert bei den Untersuchungen des intensiven Umweltmonitorings auf den Dauerbeobachtungsflächen im Wald.

Derzeit unterhält das LANUV noch fünf Monitoringflächen im Wald, auf denen die Auswirkungen von Luftverunreinigungen und des globalen Klimawandels auf Waldstandorten, wie sie häufiger in Nordrhein-Westfalen anzutreffen sind, exemplarisch untersucht werden. Die Flächen verteilen sich auf verschiedene Großlandschaften und Wuchsbezirke. Da sie von der planaren bis zur obermontanen Stufe (Tabelle 1) verteilt sind, repräsentieren die Ergebnisse einen Querschnitt der Wetterverhältnisse im nordrhein-westfälischen Wald.

Bezeichnung der Wetterstation	Forstlicher Wuchsbezirk	Höhenlage	Bestockung
502-Kleve	Niederrheinische Höhen	30 m	Eiche/Buche
503-Haard	Westmünsterland	70 m	Buche
508-Schwaney	Egge	380 m	Buche/Eiche/Ahorn/Esche
Lammersdorf/Eifel	Hohes Venn	450 m	Fichte
506-Elberndorf	Rothaargebirge	670 m	Fichte

Tabelle 1: Lage der Monitoringflächen im Wald des Landes Nordrhein-Westfalen

An jeder Monitoringfläche befinden sich Messeinrichtungen auf einer Freifläche und in einem Waldbestand. Während die Ausstattung auf den Flächen 502, 503, 506 und 508 (core plots) umfassende forsthydrologische Auswertungen ermöglichen, wird auf der Fläche Lammersdorf in der Eifel (standard plot) nur der Niederschlag im Freiland und Waldbestand gemessen.

Im Folgenden wird der Witterungsverlauf auf Grundlage von Presseberichten und Daten des Deutschen Wetterdienstes noch einmal nachgezeichnet, mit Messdaten aus dem intensiven Umweltmonitoring des LANUV validiert und im Hinblick auf mögliche Auswirkungen für die Wälder in unserer Region bewertet.

Rückblick auf das Winterhalbjahr 2012/2013

Ende Oktober wurde an der Waldmessstation Haard mit $-4,1\text{ °C}$ der erste stärkere Frost im Tiefland registriert (Abbildung 1). Während der nachfolgenden Frosteinbrüche sanken die Lufttemperaturen noch weiter ab und erreichten Mitte Januar mit $-11,3\text{ °C}$ den absoluten Kältepunkt des letzten Winters. Zuvor lag unsere Region jedoch für längere Zeit im Zustrom wolkenreicher und sehr milder Nordseeluft, die zu Weihnachten die Tagestemperaturen auf über 10 °C trieb. Im Unterschied zum vorangegangenen Winter, der praktisch Mitte Februar 2012 schon beendet war, dauerte der letzte Winter bis Ende März 2013 an. Wie sich am Temperaturverlauf in der

Haard (Abbildung 1) ebenfalls gut ablesen lässt, wurde Mitte März noch einmal eine Temperatur von $-10,7\text{ °C}$ und am 30. März von $-6,1\text{ °C}$ gemessen. Deutschlandweit gehörte der März 2013 zu den kältesten Märzmonaten seit Beginn der amtlichen Wetteraufzeichnungen des Deutschen Wetterdienstes. Im gleichen Zeitraum fielen die Niederschläge verbreitet als Schnee und hinterließen eine langlebige Schneedecke. Das kalte Wetter hielt auch im ersten Monatsdrittel des April noch an, bevor eine warme Südwestströmung für einen deutlichen Temperaturanstieg um mehr als 25 °C sorgte, der innerhalb von zwei Wochen erfolgte.



Ein tief angesetzter Seitenzweig an einer Eiche bei frühlingshaftem Wetter

Tageswerte der Lufttemperatur an der Waldmessstation Haard im südlichen Münsterland

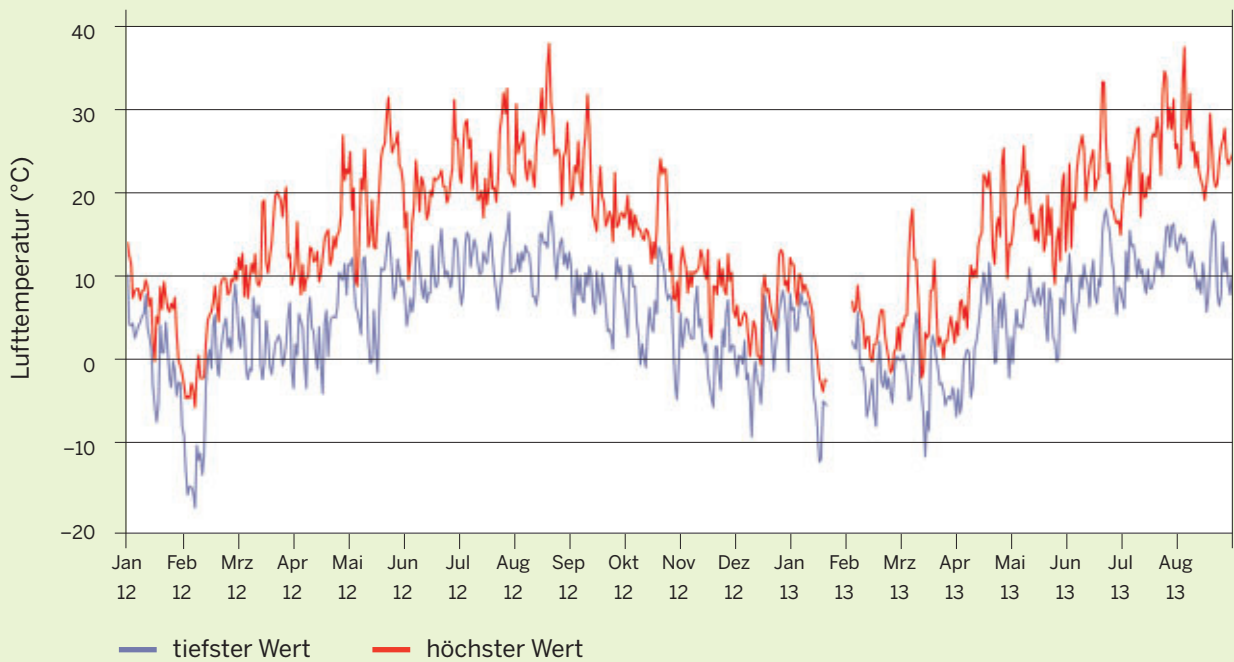


Abbildung 1: Höchster und niedrigster Tageswert der Lufttemperatur an der Waldmessstation 503-Haard in den Jahren 2012 und 2013

Monatliche Niederschlagsmengen von September 2012 bis August 2013

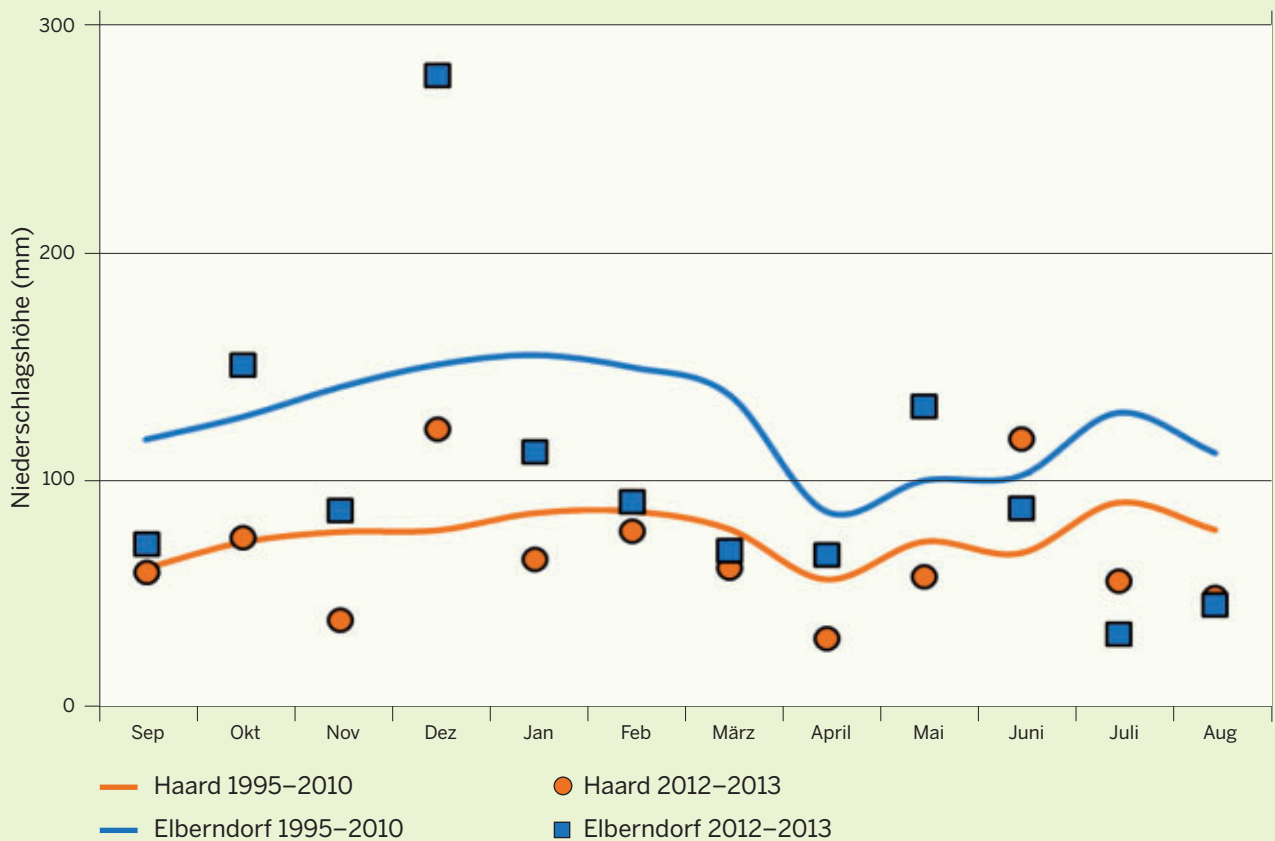


Abbildung 2: Monatliche Niederschlagsmengen von September 2012 bis August 2013 im Vergleich zu mehrjährigen Mittelwerten aus der Periode 1995 bis 2010 nach Messdaten des forstlichen Umweltmonitorings

Das Wetter zu Beginn der Vegetationszeit

Sobald die Lufttemperaturen im zeitigen Frühjahr so weit angestiegen sind, dass der Laubaustrieb einsetzt, wird die weitere Entwicklung der Vegetation maßgeblich durch den Vorrat an pflanzenverfügbarem Wasser im Boden bestimmt. An den monatlichen Niederschlagsmengen lässt sich bereits erkennen (Abbildung 2), dass es an der Waldmessstation Haard im Tiefland ebenso wie an der Station Elberndorf im Hochsauerland in der Zeit von Januar bis einschließlich April durchgängig weniger als im langjährigen Mittel geregnet hat. Allerdings ist vor dieser niederschlagsarmen Periode im Oktober und Dezember überdurchschnittlich viel Niederschlag gefallen. Insgesamt haben die Niederschläge im Winterhalbjahr wegen des fehlenden Wasserentzugs durch die Vegetation dann doch ausgereicht, dass die Böden zu Anfang der Vegeta-

tionszeit wieder bis auf Feldkapazität gesättigt waren, was beispielsweise der niedrigen Bodensaugspannung in einer sandigen Braunerde unter Buchenaltholz zu entnehmen ist (Abbildung 3).

Schon das Vorjahr war durch eine besonders günstige Wasserversorgung der Waldbestände innerhalb der mehrjährigen Zeitreihe aufgefallen. Ebenso ist der Waldboden auf der Monitoringfläche Tannenbusch am Niederrhein in den Monaten April und Mai 2013 noch sehr feucht gewesen (Abbildung 4), und die relativ kühle und feuchte Witterung im Monat Mai hat im Sauerland für eine anhaltend gute Wasserversorgung der dortigen Waldbestände gesorgt.

Verlauf der Bodensaugspannung auf der Buchenfläche in der Haard

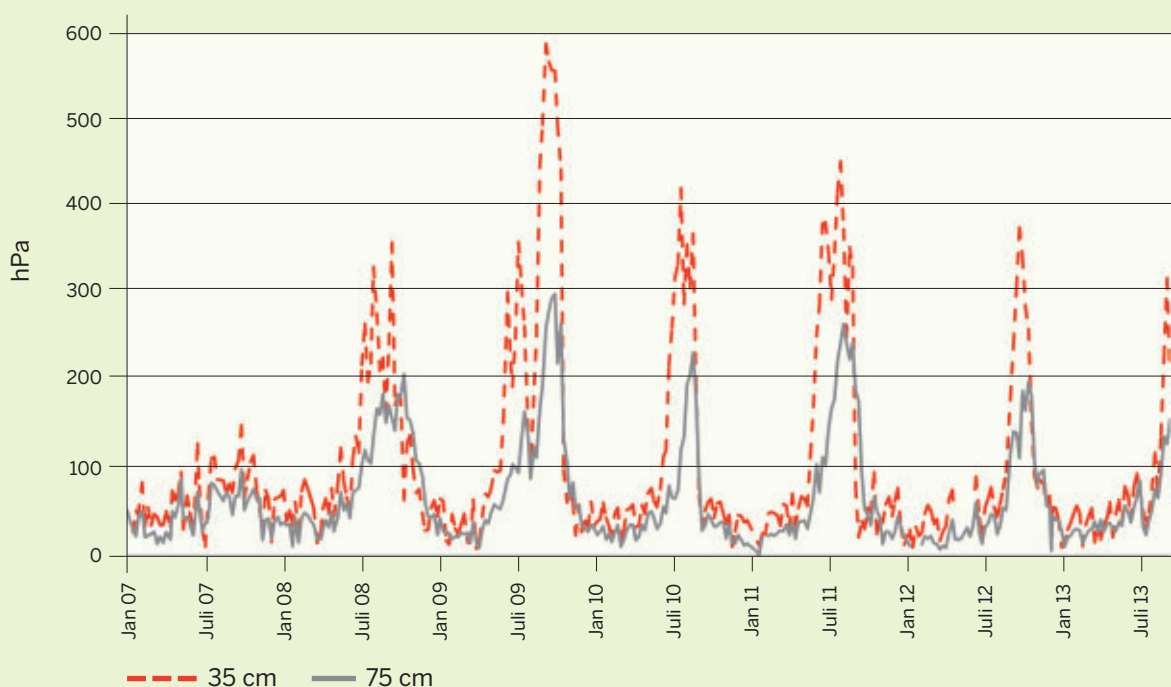


Abbildung 3: Verlauf der Bodensaugspannung in zwei Tiefenstufen auf der Buchenfläche in der Haard (Level-II-Fläche 503)

Höchstwerte der Bodenwasserspannung

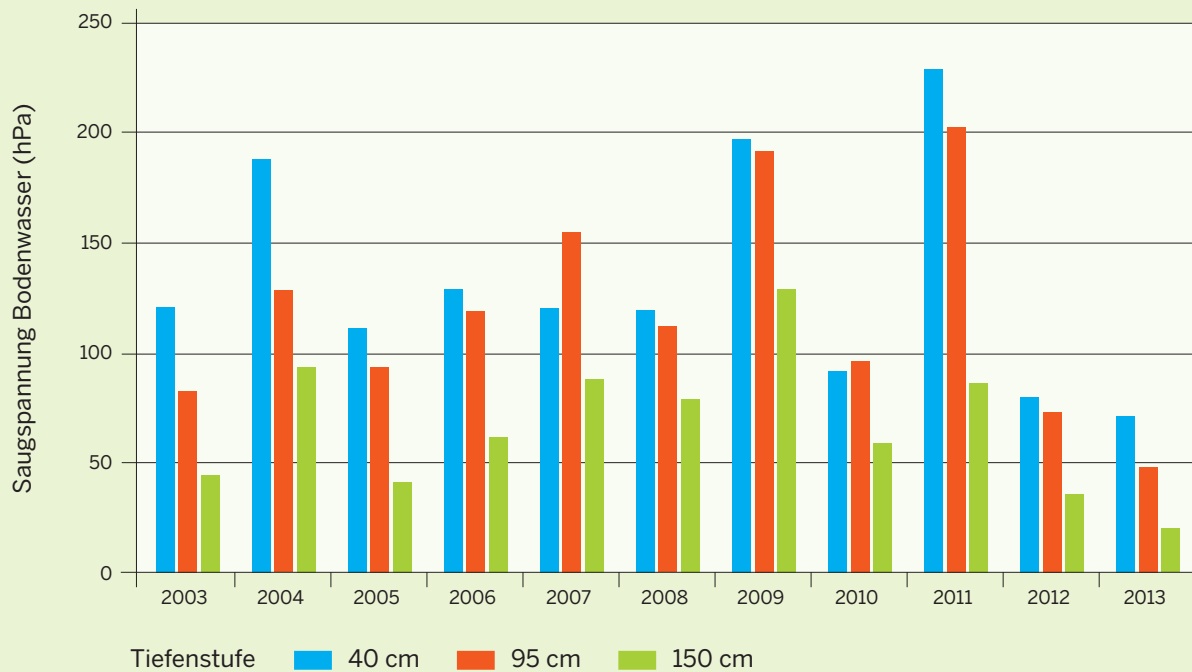


Abbildung 4: Höchstwerte der Bodenwasserspannung in den Monaten April und Mai in einem Eichen-Buchenwald auf Löss am unteren Niederrhein (Level-II-Fläche 502 – Tannenbusch)

Summenkurve der seit Anfang April gefallenen Niederschläge an der Waldmessstation Haard

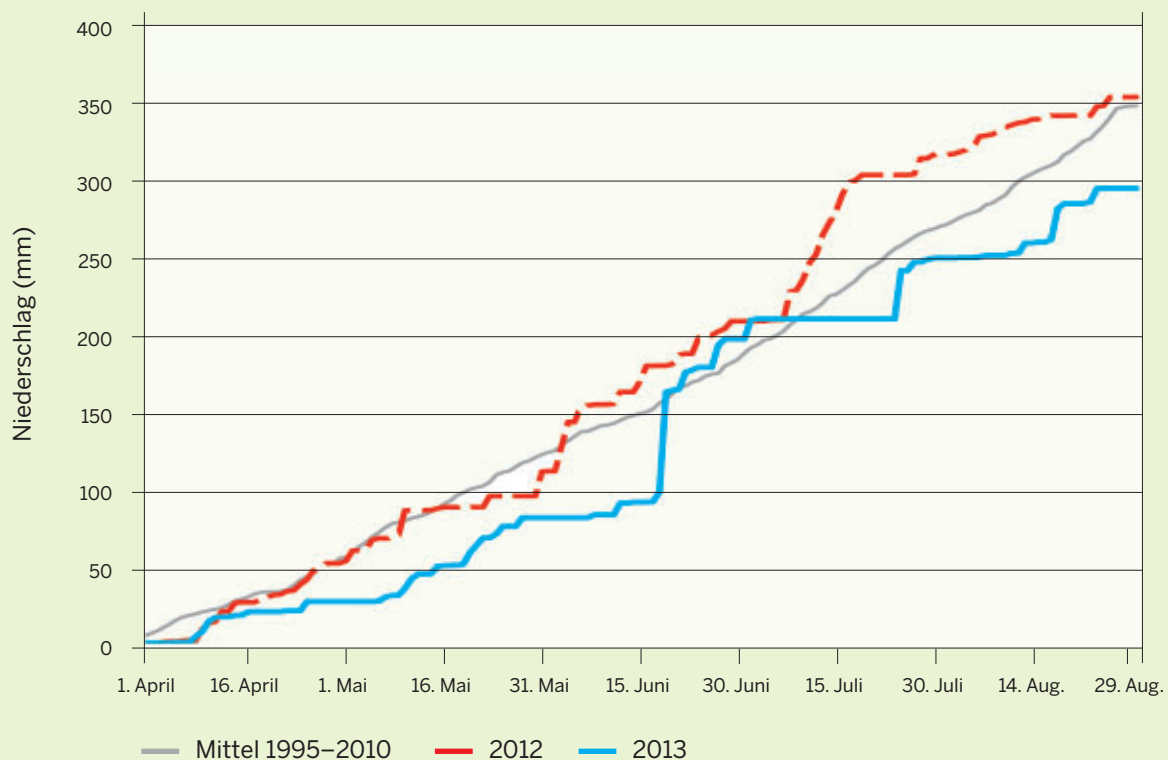


Abbildung 5: Entwicklung der Niederschlagsmengen in der Vegetationszeit an der Waldmessstation 503-Haard im Süden der Westfälischen Bucht

Infolge der wochenlang unterdurchschnittlichen Niederschlagsentwicklung (Abbildung 5) kam es allmählich zu einer grundlegenden Änderung der hydrologischen Ver-

hältnisse in den Waldbeständen. Es war zu befürchten, dass im Laufe des Monats Juni der erste Trockenstress in einigen Wäldern des Tieflandes aufkam.

Das Wetter in den Sommermonaten

Zunächst begann der Juni noch relativ kühl und feucht. Ab dem zweiten Monatsdrittel stiegen allerdings die Lufttemperaturen deutlich an und zwischen dem 16. und 19. Juni bescherte dann heiße Luft aus dem afrikanischen Raum eine kurze, intensive Hitzewelle mit einem Spitzenwert von 32,5 °C an der Waldmessstation Haard (Abbildung 1).

Im forstlichen Umweltmonitoring wird die Transpirationsdifferenz (Tdiff) als Indikator für den Wassermangel von

Waldbeständen verwendet. Tdiff ist die Differenz zwischen der bei optimaler Wasserversorgung maximal möglichen und der tatsächlich verwirklichten Transpiration der Bäume. Zentrale Einflussgrößen von Tdiff sind Temperatur, Niederschlag, Wasserspeichervermögen und Wasserleitfähigkeit eines Bodens. Während ein Tdiff-Wert von 0 mm pro Tag bedeutet, dass der Waldbestand optimal mit Wasser versorgt ist und Trockenstress nicht erreicht wird, deuten Tdiff-Werte von mehr als 2 mm pro Tag auf ausgeprägten Wassermangel hin.

Verlauf der Transpirationsdifferenz in den Jahren 2002 bis 2013

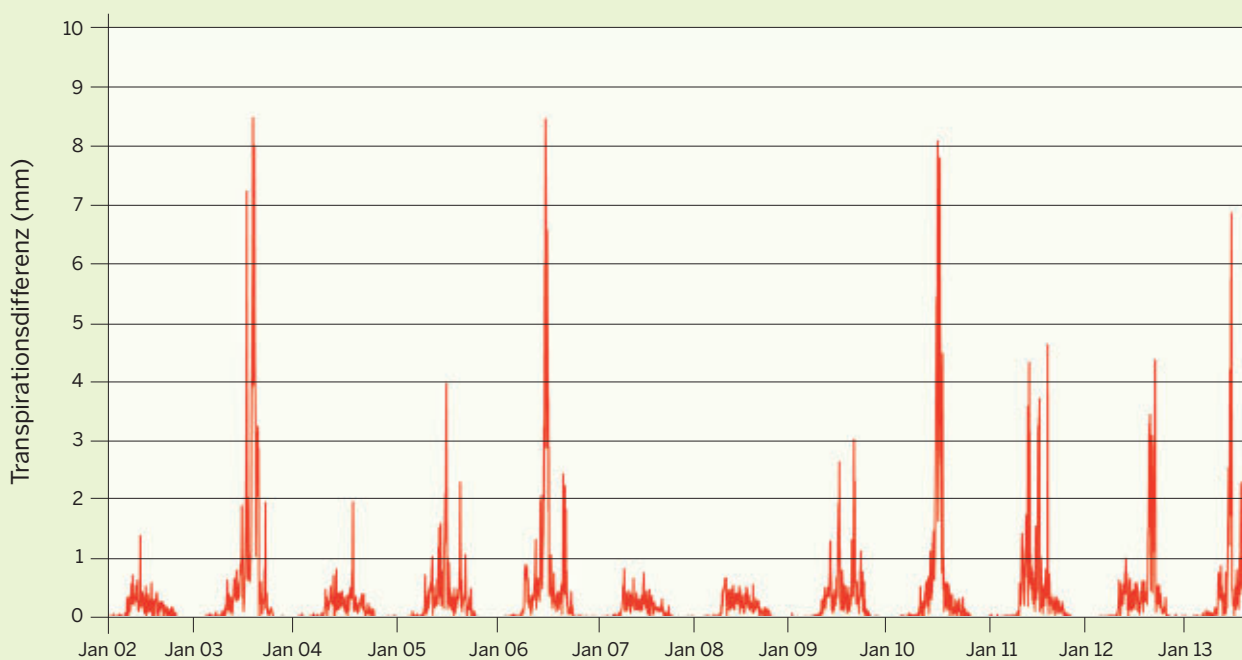


Abbildung 6: Verlauf der Transpirationsdifferenz in den Jahren 2002–2013 für einen Buchenwald auf sandigem Boden im südlichen Münsterland (Level-II-Fläche 503 – Haard)

Zum Höhepunkt der ersten Hitzewelle des Sommers 2013 ist ein steiler Anstieg der Tdiff-Werte auf der Monitoringfläche Haard zu verzeichnen (Abbildung 6). Der Trockenstress war zwar auf wenige Tage begrenzt, aber von seiner Intensität vergleichbar mit den trocken-heißen Jahren 2003, 2006 und 2010. Auf Basis dieser Messergebnisse ist anzunehmen, dass auch andere Waldstandorte im Tiefland von Nordrhein-Westfalen, deren Böden über ein

geringes Wasserspeichervermögen verfügen, schon im Laufe des Monats Juni von Trockenstress betroffen waren.

Eine markante Kaltfront sorgte nach Beobachtungen des Deutschen Wetterdienstes mit einem Temperatursturz von mehr als 15 °C für ein abruptes Ende der hochsommerlichen Wetterlage. Gleichzeitig gingen heftige Gewit-

ter nieder, die den Wäldern in der Haard innerhalb kurzer Zeit eine Regenmenge von 65 mm bescherten (Abbildung 5). Hierdurch wurde das Wasserdefizit wieder weitgehend aufgefüllt, bevor Anfang Juli die nächste Trockenperiode begann, die an diesem Standort bis zum 24. Juli andauerte. Zudem wurde der Juli wieder außergewöhnlich heiß. Seit Beginn der Aufzeichnungen des Deutschen Wetterdienstes gab es in Deutschland nur fünf Mal wärmere Julimonate als 2013. Eine südliche Strömung subtropischer Luft führte Anfang August zur dritten Hitzewelle in

diesem Sommer, infolge dessen die Lufttemperatur an dieser Waldmessstation mit 36,6 °C den bislang höchsten Wert erreichte. Wie in den Monaten Juni und Juli folgten auch auf die extreme Hitze Anfang August wieder heftige Gewitter mit örtlich starken, schauerartigen Regenfällen. Insgesamt waren die Monate Juli und August in diesem Jahr viel zu trocken (Abbildung 2). Dabei kam es sehr auf die Zugbahn der Gewitter an, die entscheidend dafür war, wo und von welchem Zeitpunkt an die Waldbestände in diesem Sommer unter akutem Wassermangel zu leiden hatten.

Bodenwasservorrat einer Pseudogley-Braunerde

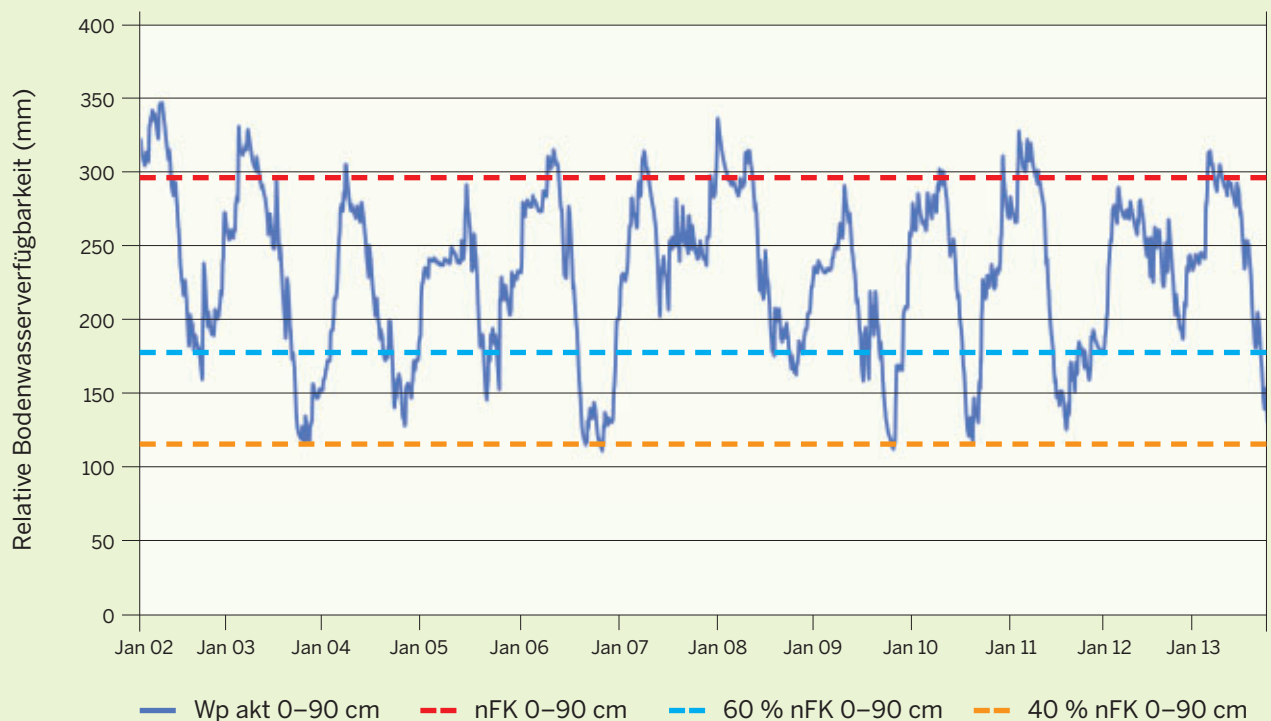


Abbildung 7: Bodenwasservorrat einer Pseudogley-Braunerde aus Löss im niederrheinischen Tiefland unter Eichenwald (Level-II-Fläche 502 – Tannenbusch)

Nach vorläufigen Berechnungen war der in den Böden bis 90 cm Tiefe verfügbare Wasservorrat (Wp akt) Mitte Juli auf den intensiv untersuchten Monitoringflächen am Niederrhein (Abbildung 7) und im Hochsauerland und bereits Anfang Juni auf dem sandigen Substrat im Münsterland bis auf 60 % der nutzbaren Feldkapazität (nFK) zurück-

gegangen. Unter diesen bodenhydrologischen Verhältnissen und mit Blick auf das außerordentlich heiße Wetter ist mit hoher Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass ab Mitte Juli für die meisten Waldstandorte in Nordrhein-Westfalen eine angespannte Wasserversorgung bestanden hat.

Zusammenfassung

Im letzten Winter trat im Wechsel strenger Frost und wolkenreiches, sehr mildes Wetter auf. Der Winter dauerte relativ lange, bis Ende März 2013. Dies war einer der kältesten Märzmonate seit Beginn der amtlichen Wetteraufzeichnungen. Aufgrund der gut wassergesättigten Böden war die Wasserversorgung der Waldbestände zu Beginn der Vegetationszeit gesichert. Im Laufe des Juni verschlechterten sich die hydrologischen Verhältnisse zunächst in den Wäldern des Tieflandes. Von Mitte Juni bis Anfang August folgten drei intensive Hitzewellen aufeinander, begleitet von heftigen Gewittern, die teilweise hohe Regenmengen brachten. Dabei kam es sehr auf die Zugbahn der Gewitter an. Insgesamt waren die Monate Juli und August in diesem Jahr viel zu trocken. Nach vorläufiger Auswertung der bodenhydrologischen Messdaten hatten die meisten Wälder in Nordrhein-Westfalen ab Mitte Juli unter Trockenstress zu leiden.



Quellen sind weitreichende Wasserspender im Wald



Das Austriebsverhalten der Waldbäume als Reaktion auf den langen Winter 2012/2013

Im Rahmen des forstlichen Umweltmonitorings werden in NRW an 13 Standorten phänologische Aufnahmen zum Blattaustrieb, zur Blüte und zur herbstlichen Blattverfärbung durchgeführt (Abbildung 1, Tabelle 1). Diese Aufnahmen, mit denen 2001 begonnen wurde, beschränkten sich zunächst auf 8 Level-II-Flächen, die einem europäischen Monitoringprogramm angeschlossen waren. Die Problematik des Klimawandels war Anlass, das Phänologieprogramm auf zusätzliche, bereits vorhandene Dauerbeobachtungsflächen zu erweitern. Die Aufnahmen werden zum Teil vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) und zum Teil von den zuständigen Revierbeamten des Landesbetriebes Wald und Holz durchgeführt. An den EU-Flächen sind Wetterstationen des LANUV unmittelbar angeschlossen.

Methodik

Mit dem Austrieb der Bäume beginnt die forstliche Vegetationsperiode. Dieser Beginn wird im Wesentlichen durch die Witterung bestimmt. So ist davon auszugehen, dass Witterungsveränderungen im Zusammenhang mit dem Klimawandel auch Auswirkungen auf den Austrieb der Bäume haben. Diese Veränderungen können durch phänologische Aufnahmen erfasst werden. Mit einem europäischen Aufnahmeverfahren wird der Austriebsverlauf am Einzelbaum dokumentiert. Durch mehrere Aufnahmen während der Austriebsperiode wird in 5 %-Stufen eingeschätzt, inwieweit ein definiertes Austriebsstadium in der Baumkrone erreicht oder überschritten ist. Da die Bäume auf einer Fläche nicht alle gleichzeitig austreiben,

werden bei der dort vorkommenden Hauptbaumart mindestens 20 Bäume bonitiert. Je Aufnahmeterrain wird aus den Einzelbonituren ein durchschnittliches Austriebsprozent berechnet.

Als Austriebstermin gilt der Tag, an dem die Beobachtungsbäume auf der Fläche im Durchschnitt ein Austriebsprozent von 50 erreicht haben. Der Austriebstermin wird als Anzahl der Tage seit Jahresbeginn dargestellt. Der Tag 121 entspricht somit – zum Beispiel – dem 1. Mai. Kommen mehrere Baumarten auf einer Fläche vor, wird für jede Baumart getrennt ein Austriebstermin errechnet.



Foto: Ziegler



Foto: Ziegler

Blattentfaltung bei Eiche und Buche. Aufgenommen wird das Stadium, bei dem die Knospen geöffnet sind und die Blattentfaltung beginnt.

Dauerbeobachtungsflächen

Die Dauerbeobachtungsflächen sind so im Land NRW verteilt, dass alle klimatischen Räume vertreten sind (Abbildung 1). Im Wesentlichen werden die vier Hauptbaumarten erfasst. Die Eiche ist auf 9, die Buche auf 7, die Fichte auf 2 und die Kiefer auf einer Fläche vertreten. In Schwaben kommen noch Bergahorn und Esche dazu (Tabelle 1). Durch die verschiedenen Baumarten und Provenienzen

können an den 13 Standorten bei Auswertungen 25 Teilkollektive unterschieden werden. Hinsichtlich der Zeitreihe wurden auf einigen Eichenflächen bereits ab 1997/98 mit einem von den EU-Vorgaben abweichenden Verfahren Austriebsbonituren durchgeführt. Das EU-Verfahren wird aber inzwischen auf allen Flächen in gleicher Weise angewandt.

Dauerbeobachtungsflächen in NRW in den Grenzen der Regionalforstämter



Abbildung 1: Lage der Dauerbeobachtungsflächen in NRW

Flächenbezeichnung	Baumart	Höhenlage m ü. NN	Begründungs- jahr	Beginn der Aufnahmen
Kleve, Tannenbusch, Level II 502	Stiel- u. Tr.-Eiche	30	1876	1998/2001
Arnsberg, Abt. 316/3	Traubeneiche	245	1852	1998/2001
Warendorf	Stieleiche	67	1835	1997/2008
Münster	Stiel- u. Tr.-Eiche	55	1864	1999/2008
Viersen	Stiel- u. Tr.-Eiche	82	1895	1998/2010
Stadtlohn (Borken)	Stiel- u. Tr.-Eiche	56	1843	1998/2010
Kleve, NWZ Rehsohl, Abt. 111	Buche, Eiche	34	1807	2000/2001
Haard, Level II 503	Buche	70	1885	2001
Duisburg	Buche	81	1936	2010
Schwaney, Abt. 480, Level II 508	Buche, Esche, Bergahorn, Eiche	380	1887	2001
Hürtgenwald/Monschau, Level II 507	Buche, Tr.-Eiche	390	1866	2001
Medebach/Glindfeld, Level II 505	Buche	530	1851	2001
Hilchenbach/Elberndorf, Abt. 81 B	Buche	660	1849	2004
Velmerstot, Level II 504	Fichte	420	1947	2001
Hilchenbach/Elberndorf, Level II 506	Fichte	670	1923	2001
Kleve, Level II 501	Kiefer	45	1934	2001

Tabelle 1: Flächenübersicht

Die Anzahl der bonitierten Bäume liegt je Fläche bei der Hauptbaumart zwischen 20 und 60. In Mischbeständen können auch kleinere Gruppen von Nebenbaumarten bis hin zu Einzelbäumen interessante Ergebnisse liefern.

Insgesamt werden 640 Bäume aufgenommen, wobei die Buche mit 281 Bäumen den höchsten Anteil hat (Tabelle 2).

Buche	Stieleiche	Traubeneiche	Fichte	Kiefer	Bergahorn	Esche	Summe
281	147	95	60	30	16	11	640

Tabelle 2: Anzahl der Beobachtungsbäume auf den Dauerbeobachtungsflächen

Die Witterung vor dem Austrieb 2013

Der Spätwinter und das Frühjahr 2013 waren von tiefen Temperaturen und geringer Sonneneinstrahlung geprägt. Anhaltende Tagesmitteltemperaturen über 10 °C wurden an der Messstation Haard im nördlichen Ruhrgebiet erst ab dem 13. April gemessen. Eine derartige Situation hatte es seit 2001, dem Beginn der phänologischen Aufzeichnungen auf den Dauerbeobachtungsflächen, noch nicht gegeben (Abbildung 2). Diese Temperatur gilt als Beginn

der forstmeteorologischen Vegetationszeit. An den Stationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in Münster und auf dem Kahlen Asten lag die Sonnenscheindauer in den Monaten Dezember 2012 bis Juni 2013 bis auf den Monat März (und dort auch nur auf dem Kahlen Asten) deutlich unter dem Durchschnitt des langjährigen Mittels (Abbildung 3).

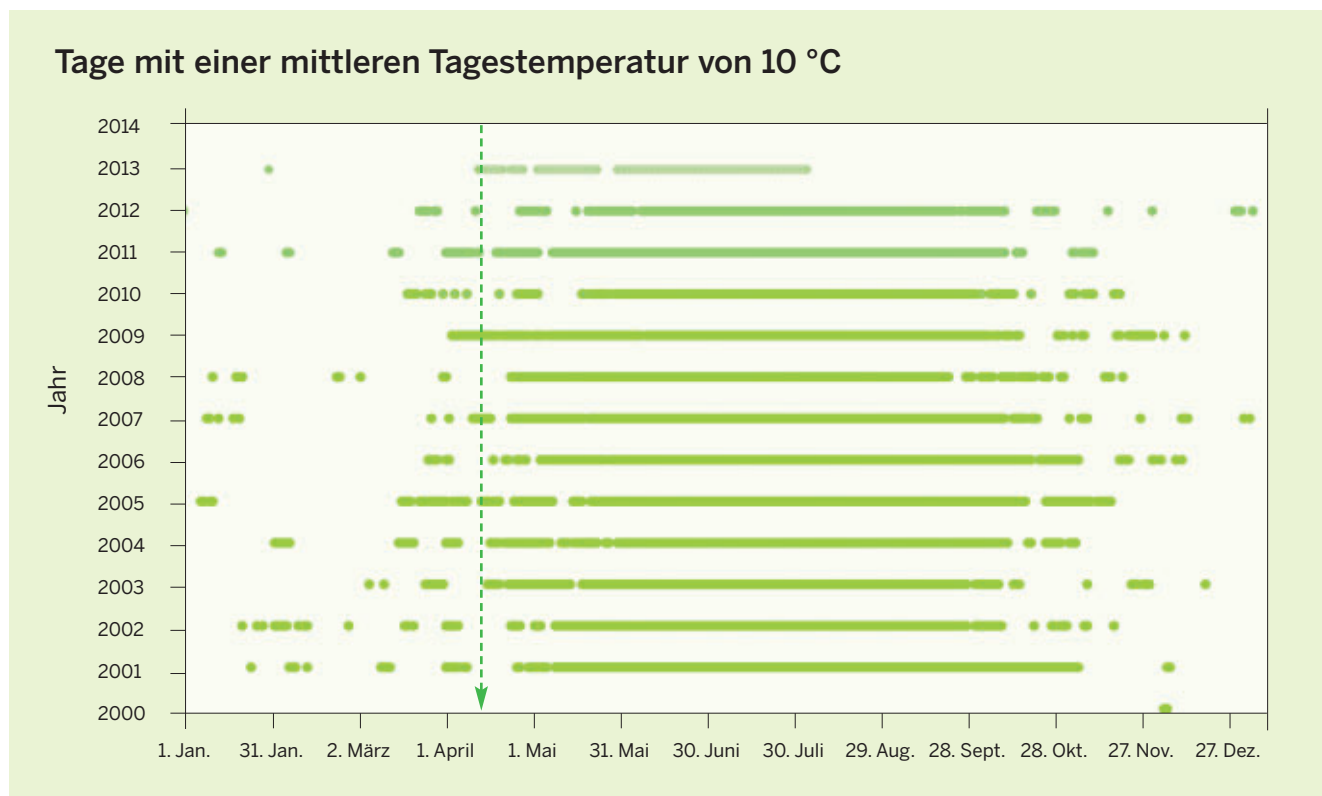


Abbildung 2: Tage mit einer mittleren Tagestemperatur von 10 °C auf der Buchen-Dauerbeobachtungsfläche Haard

Monatswerte für die Sonnenscheindauer 2012 bis 2013 im Vergleich zur Klimanormalperiode 1961 bis 1990

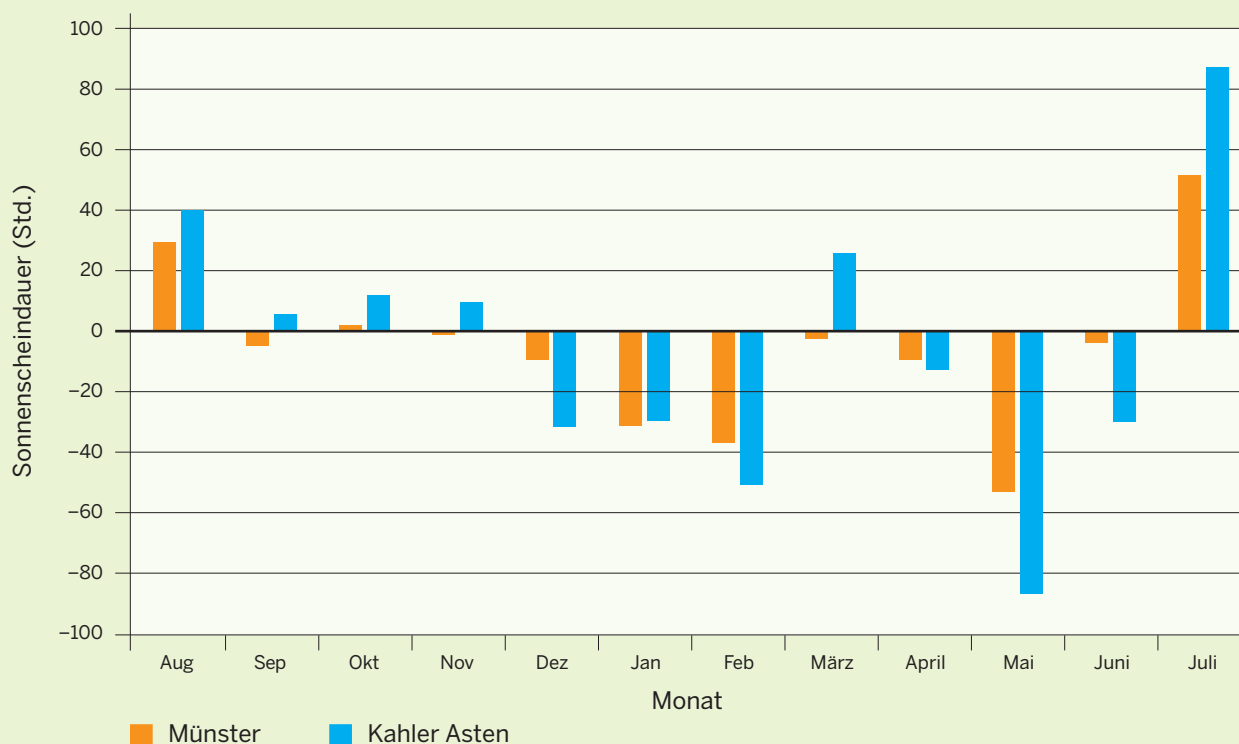


Abbildung 3: Abweichung der Monatswerte für die Sonnenscheindauer 2012–2013 vom Wert der Klimanormalperiode 1961–1990 im Flachland (Münster) und im Bergland (Kahler Asten)

Der Austrieb 2013 im Vergleich zu den Vorjahren

Der Austrieb der Bäume wird in einem hohen Maße von der Temperatur und der Sonnenscheindauer gesteuert. Das kühle und trübe Wetter im März und April 2013 hatte somit einen sehr späten Austrieb der Waldbäume zur Folge. In der von den Dauerbeobachtungsflächen vorliegenden Zeitreihe konnte an vielen Standorten ein neuer spätester Austriebstermin festgestellt werden. Im Mittel der durchgängig ab 2001 bonitierten Flächen ergibt sich für die Baumarten Buche, Fichte und Kiefer ein neues Maximum. Bei der Eiche war der mittlere Austriebstermin von 123 Tagen bereits schon einmal 2006 erreicht und 2001 mit dem Wert von 126 Tagen übertroffen worden (Abbildung 4).

Im Mittel über alle Flächen und Baumarten fand der Austrieb 2013 etwa zwei Wochen später statt als im Mittel der Jahre 2001 bis 2012 (Tabelle 3, Zeile 3). In Bezug auf die drei Jahre mit dem frühesten Austrieb lag der Austriebstermin sogar etwas mehr als drei Wochen später (Zeile 4). Und selbst beim Vergleich mit den bisher spätesten Terminen ergibt sich noch ein späterer Austrieb von fast einer Woche (Zeile 5). Die Baumarten verhalten sich dabei allerdings unterschiedlich. Fichte und Kiefer haben auf die kühle Witterung stärker reagiert als Buche und Eiche. Beim Vergleich zu dem bisher spätesten Austrieb ergibt sich bei der Buche nur ein Unterschied von 3 Tagen, während bei der Eiche keine Abweichung zu erkennen ist (Zeile 5).

Mittlerer Austriebstermin in den Jahren 2001 bis 2013

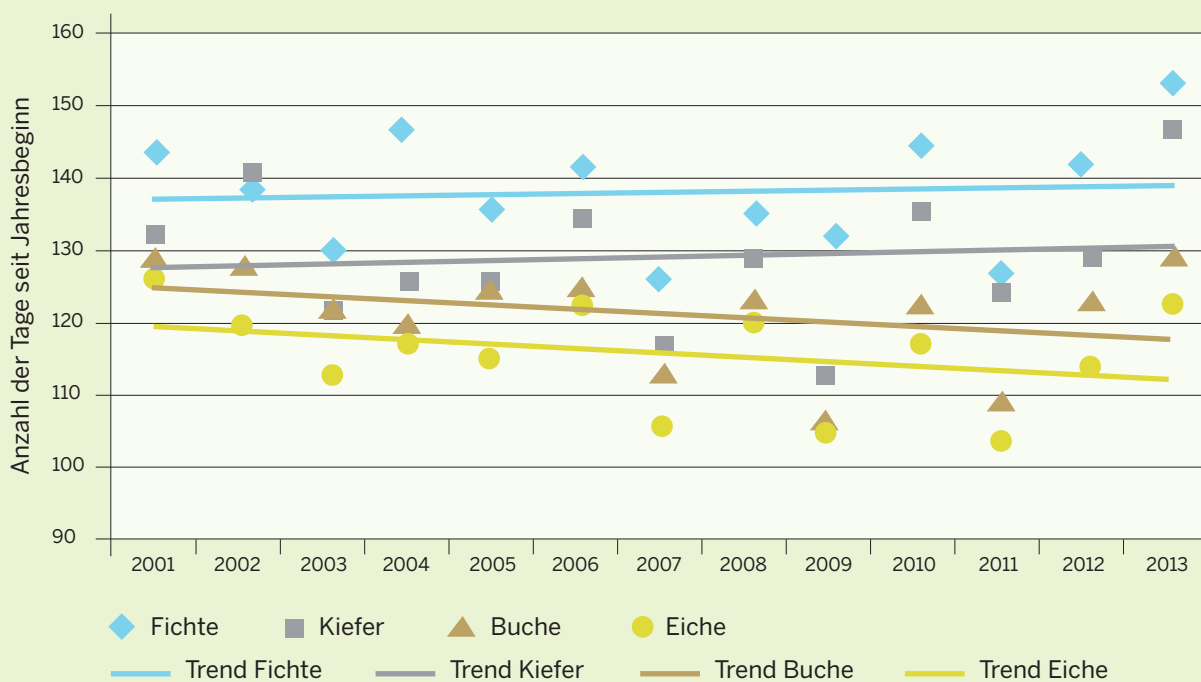


Abbildung 4: Mittlerer Austriebstermin in den Jahren 2001 bis 2013 auf den Dauerbeobachtungsflächen in NRW

		Fichte	Kiefer	Buche	Eiche	Alle
1	2013	2. Juni	26. Mai	10. Mai	3. Mai	18. Mai
2	Mittel 2001–2012	17. Mai	7. Mai	1. Mai	25. April	5. Mai
3	Differenz zum Mittel 2001–2012 Anzahl Tage	16	19	9	8	13
4	Differenz zum Mittel der drei frühesten Jahre ¹⁾ Anzahl Tage	24	28	20	17	22
5	Differenz zum Mittel der drei spätesten Jahre ²⁾ Anzahl Tage	8	9	3	0	6

1) 2007, 2009 und 2011

2) bei den Baumarten unterschiedliche Jahre

Tabelle 3: Der Austriebstermin 2013 im Vergleich zum mittleren Austriebstermin der Jahre 2001–2012 und im Vergleich zu den Mittelwerten der drei bisher frühesten und spätesten Jahre

Der Austriebsverlauf bei den Baumarten



Foto: Ziegler

Blattentfaltung bei der Esche

In Abhängigkeit von Baumart, Herkunft und Höhenlage erstreckt sich 2013 der Zeitraum, in dem das mittlere Austriebsprozent den Wert 50 erreicht hatte, über einen Zeitraum vom 20. April (Tag 110) bis zum 5. Juni (Tag 156). Die ersten einzelnen Eichen trieben in Viersen bereits Mitte April aus. Die letzten Fichten hatten in Hilchenbach/Elberndorf dagegen erst Mitte Juni ihre Nadeln voll entfaltet (Abbildung 5). Neben den Fichten im Bergland haben auch die Kiefern im Flachland am spätesten ausgetrieben. In Schwaney erfolgte der Austrieb der Esche 14 Tage später als beim Bergahorn.

Mittlerer Austriebstermin 2013 auf den Dauerbeobachtungsflächen in NRW

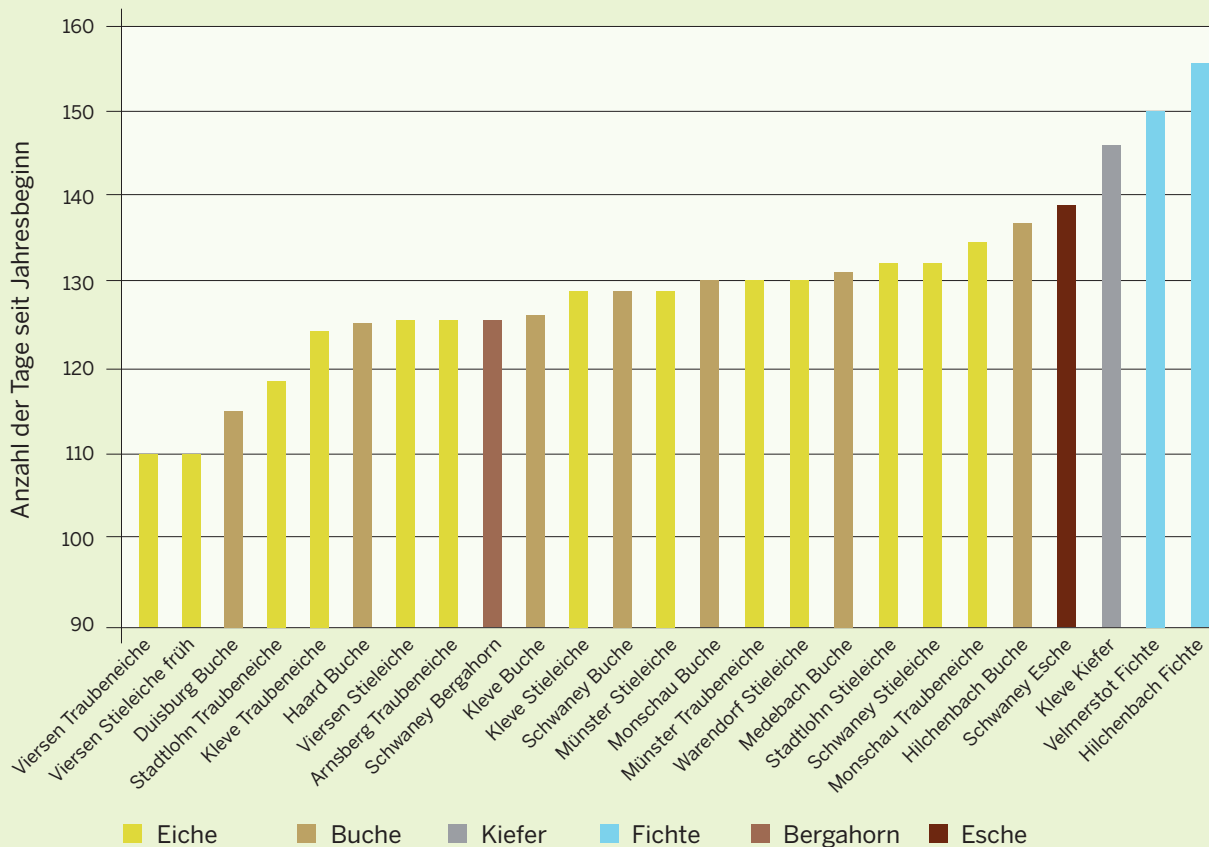


Abbildung 5: Mittlerer Austriebstermin 2013 auf den Dauerbeobachtungsflächen in NRW



Verschiedene Stadien der Nadelentfaltung bei der Kiefer

Austrieb und Höhenlage

Die Berechnung einer Trendlinie für den Zusammenhang zwischen Höhenlage und Austriebstermin erscheint lediglich bei der Buche sinnvoll, da diese in NRW ein natürliches Verbreitungsgebiet vom Flachland bis ins Bergland hat. Die Eiche hat dagegen ihren Verbreitungsschwerpunkt im Flachland (Abbildung 6). Die Eichenkollektive im Bergland – in Schwaney und Monschau – umfassen auch jeweils nur wenige Bäume. Bei der Fichte stehen nur Daten von zwei Berglandflächen und bei der Kiefer Daten von einer Fläche am Niederrhein zur Verfügung.

Die drei Tieflandflächen der Buche haben zwischen dem 115. und 126. Tag ausgetrieben. Hier nimmt die Fläche in Duisburg eine Sonderstellung ein, die in jedem Jahr sehr früh austreibt. Dabei könnte die Nähe zu dem warmen Stadtklima eine Rolle spielen. Im mittleren Bergland lagen bei den drei Flächen die Termine zwischen dem 129. und 131. Tag recht nah zusammen. Die am höchsten gelegene Fläche in Hilchenbach/Elberndorf trieb erst im Mittel nach 137 Tagen – also am 17. Mai – aus. Die Spanne zwischen den einzelnen Buchenflächen liegt damit 2013 bei 22 Tagen.

Die gleiche Spanne ergibt sich bei den Eichen, selbst wenn man die Berglandkollektive ausklammert. Der früheste Austrieb war in Viersen bei einer Gruppe Traubeneichen und einer Gruppe von früh treibenden Stieleichen nach im Mittel 110 Tagen festzustellen. In Stadtlohn lag der mittlere Austriebstermin bei 132 Tagen. Bezieht man die Berglandflächen noch ein, so erweitert sich die Spanne um lediglich zwei Tage auf 134. Geht man davon aus, dass im Tiefland – verglichen zum Bergland – relativ homogene klimatische Verhältnisse herrschen, so muss man davon ausgehen, dass diese breite Differenzierung nicht durch die Temperatur verursacht wird. Vielmehr ist davon auszugehen, dass aufgrund der intensiven Bewirtschaftung der Eiche in vergangenen Jahrhunderten verschiedenste Herkünfte nach Nordrhein-Westfalen eingebracht worden sind. So befindet sich allein auf der Fläche in Viersen neben den bereits genannten beiden Gruppen die slawonische Stieleiche mit einem recht späten Austrieb. Das Erbgut dieser unterschiedlichen Herkünfte dürfte die Ursache für die Austriebsunterschiede im Flachland sein.



Unterschiedliche Austriebsstadien innerhalb eines Eichen- und Buchenbestands

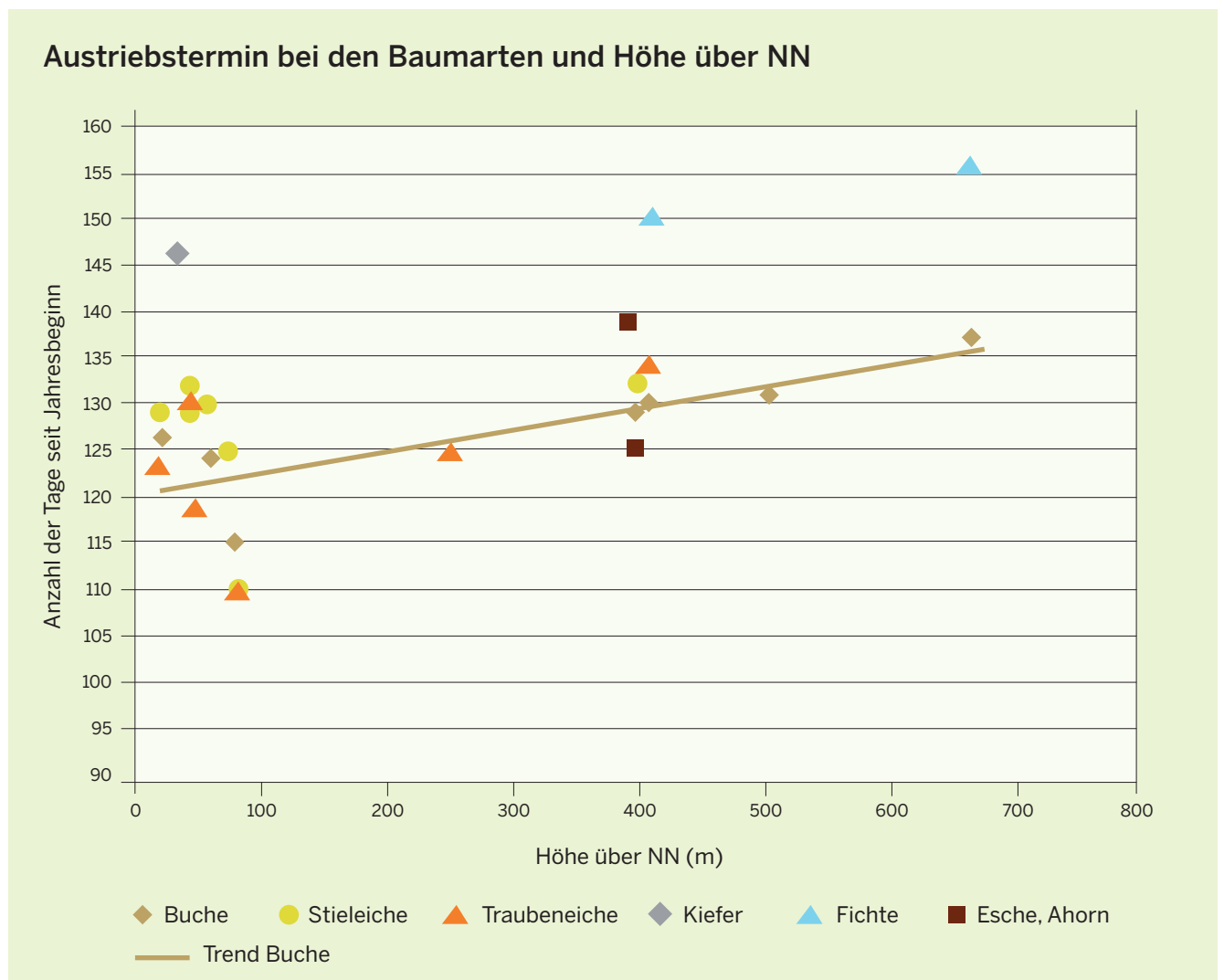


Abbildung 6: Austriebstermin bei den Baumarten und Höhe über NN

Austrieb und Raupenfraß bei der Eiche

Der späte Austrieb der Eichen in diesem Jahr hat neben populationsdynamischen Prozessen dazu geführt, dass die Eichen kaum von den Raupen des Frostspanners und des Eichenwicklers befallen wurden. Diese sind beim Schlüpfen auf frisches, gerade austreibendes Laub angewiesen. Wenn dieses – wie in 2013 – nicht zur rechten

Zeit zur Verfügung steht, sterben die Raupen ab. Nach der starken Gradation 2010 ist die Population der Schmetterlingsraupen in diesem Jahr vollständig zusammengebrochen. Die Eichenkronen konnten sich dadurch gut erholen.

Fraß auf den Eichen-Dauerbeobachtungsflächen

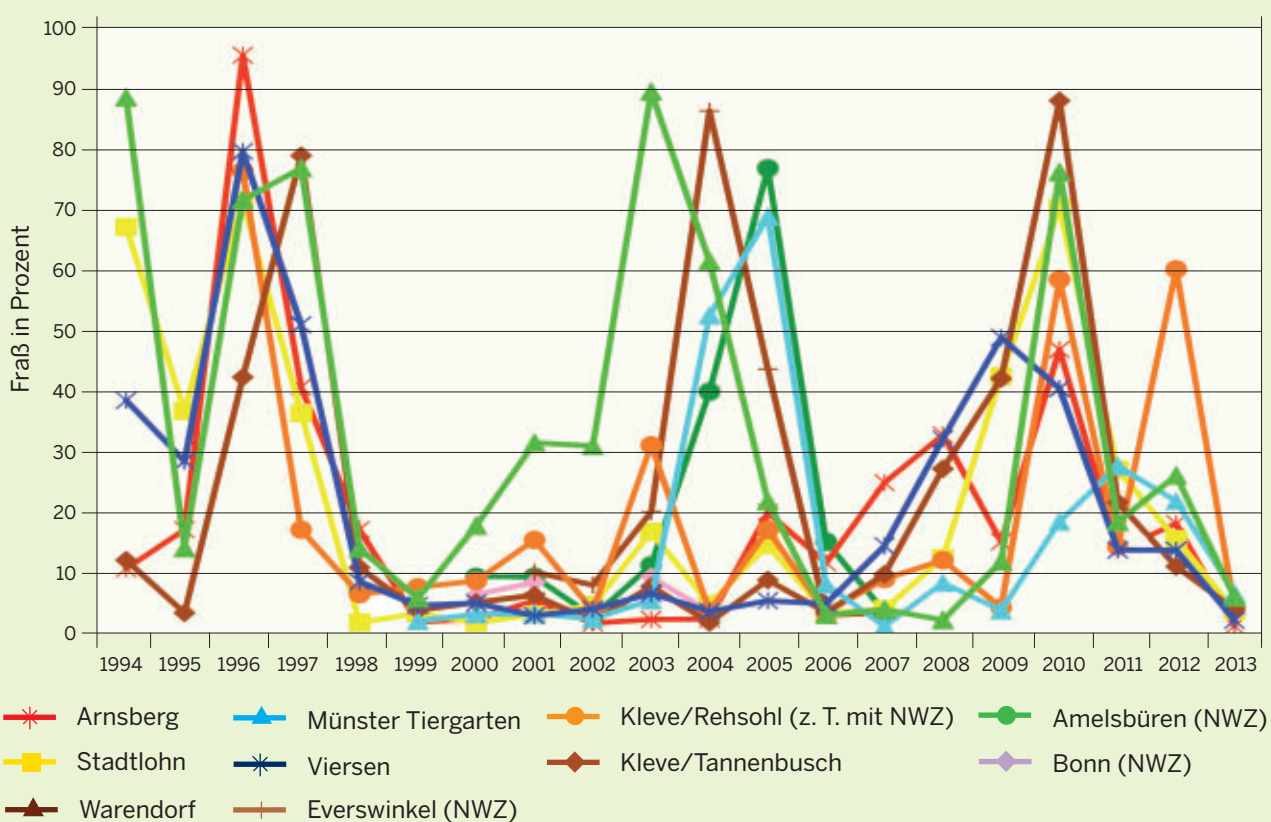


Abbildung 7: Fraß auf den Eichen-Dauerbeobachtungsflächen



Eichenblüte



Buchenblüte

Entwicklung des Austriebszeitpunktes

Das Austriebsverhalten von Bäumen kann im Rahmen der Diskussion um den Klimawandel Hinweise auf eine mögliche Verlängerung der Vegetationszeit geben. Voraussetzung sind jedoch ausreichend lange Beobachtungszeiträume. Am Beispiel der Buchenflächen in NRW ist zu sehen, dass der Austriebstermin in den letzten 13 Jahren im Mittel von sechs Flächen eine Spanne von 22 Tagen umfasst. Der früheste Austrieb war 2009 nach 108 Tagen,

der späteste 2013 nach 130 Tagen (Abbildung 8). Trendberechnungen werden bei relativ kurzen Zeitreihen stark von Einzeljahren beeinflusst. So ergab sich nach dem frühen Austrieb 2011 noch ein Trend zu einem früheren Austrieb, der bei 1,57 Tagen pro Jahr lag. Bei der bis zum Jahr 2013 verlängerten Zeitreihe liegt dieser Wert jetzt nur bei 0,54 Tagen. Die Tendenz zu einem früheren Austrieb bleibt damit allerdings weiter bestehen.

Mittlerer Austriebstermin auf sechs Buchen-Dauerbeobachtungsflächen in NRW

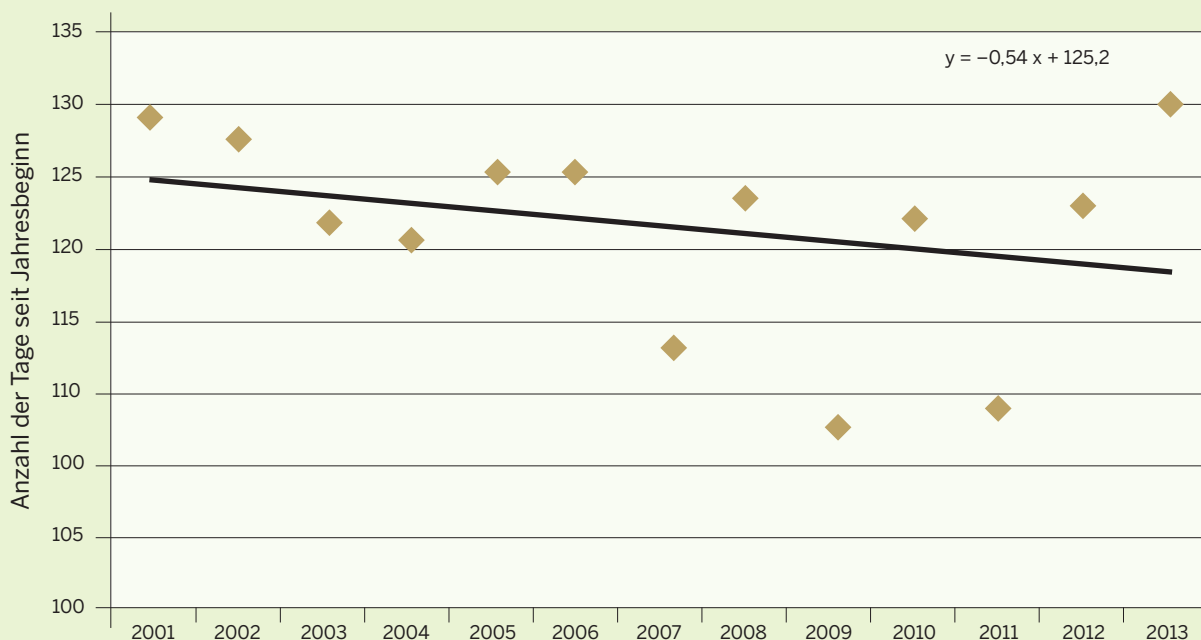


Abbildung 8: Mittlerer Austriebstermin auf sechs Buchen-Dauerbeobachtungsflächen in NRW

Zusammenfassung

Das kühle und sonnenscheinarme Frühjahr hat 2013 zu einem späten Austrieb der Bäume geführt. Innerhalb der 13-jährigen Beobachtungsreihe, die 2001 begonnen hat, sind Fichte, Kiefer und Buche noch nie so spät ausgetrieben wie in diesem Jahr. Lediglich die Eiche war 2001 schon einmal später ausgetrieben. Trotz der späten Blattentwicklung in diesem Jahr hält der Trend bei Buche und

Eiche zu einem früheren Austrieb an. Dieser Trend hat sich jedoch aufgrund der aktuellen Ergebnisse deutlich abgeschwächt. Durch den späten Austrieb stand den Raupen von Frostspanner und Eichenwickler keine geeignete Nahrung zur Verfügung, sodass die Eichen in diesem Jahr nicht befallen wurden. Hierdurch konnte sich der Kronenzustand der Eichen wieder verbessern.



Eichenblüte



Foto: N. W. 2013

Die Waldschutzsituation 2013 in Nordrhein-Westfalen

Neue Komplexschäden an der Buche mit erheblicher Bruchgefahr¹⁾

Zu Anfang dieses Jahres wurden an südlich exponierten, steilen bis schroffen Hängen der Weserniederung in Vlotho-Uffeln erhebliche Schäden in Kronen von gedrängt stehenden Buchenalthölzern festgestellt. Am Boden lagen abgebrochene, morsche, teils beinstarke Äste mit vertrocknetem Laub. Neben Buchen mit degenerierten Kronen standen abgestorbene oder auf halber Höhe abgebrochene Buchen mit einem Anteil von mehr als 50 % der Gesamtstammzahl. Da unterhalb der Bestände unmittelbar eine Landstraße und eine Bahnlinie angrenzen, musste der Bestand aus Gründen der Verkehrssicherungspflicht abgetrieben werden.

An einigen Stämmen befanden sich Fruchtkörper des Zunderschwamms, des Austernseitlings, der Buchenkohlenbeere, des flächigen Eckenscheibchens, des Brandkrustenpilzes und von *Neonectria coccinea* (ein Baum). Vereinzelt war am Stammfuß auch typisches Hallimaschmycel zu finden. An allen Buchen mit Kronenschäden waren schwarze, aus abblätternder Rinde hervorbrechende krustige Fruchtkörper des zur Familie der Xylariaceen gehörenden Pilzes *Biscogniauxia nummularia* (Verwandtschaft mit *Hypoxylon* und *Kretzschmaria*) vorhanden. Dieser ist offenbar wesentlich am Absterben der Rinde und an der Ausprägung einer rasch verlaufenden Moder-

fäule mit baldiger Gefahr von Ast- und Kronenbrüchen beteiligt. Im Querschnitt der Äste waren meist in der oberen Asthälfte verstockte, durch schwarze Demarkationslinien umrandete Bereiche und zusätzlich schwarze Holzverfärbungen* auffällig, welche auch weit ins „gesunde“, nicht verstockte Holz reichten. Dieser Symptomkomplex ist in dieser Ausprägung und Intensität neu.

Vereinzelt waren Laubnutzholzborkenkäfer (Gänge), Buchenprachtkäfer (Larven und Gänge) und vermehrt kleine Buchenborkenkäfer (Gänge, Larven und adulte Käfer) zu finden.



Abbildung 1 und 2 (links und Mitte): Flächen mit schwarzen Fruchtkörperkrusten von *Biscogniauxia nummularia* („Pfennig-Kohlenkruste“) an geschädigten Buchenstämmen

Abbildung 3 (rechts): *Biscogniauxia nummularia* an einem Buchenast mit unter der Rinde sichtbaren Buchenprachtkäfergängen



Abbildung 4 (links): Brandkrustenpilz am unteren Stamm, gemischt mit *Hypoxylon* sp.

Abbildung 5 (Mitte): Südlich exponierter, in 4 Metern Höhe befindlicher Rinden- und Kambialschaden mit nachweislichem Ausschluss von Befall durch *Phytophthora* sp.

Abbildung 6 (rechts): *Biscogniauxia nummularia* („Pfennig-Kohlenkruste“) an einem Buchenast mit typischem Sprödebruch durch Moderfäule



Abbildung 7 (links oben): Akute Gefahr des Herabstürzens einer abgebrochenen und hängenden Buchenkrone

Abbildung 8 (rechts oben): Kleiner Buchenborkenkäfer

Abbildung 9 (links unten): Schwarze Holzverfärbungen* bis in den gesunden Stamm hinein

Abbildung 10 (rechts unten): Gänge und Larve des Buchenprachtkäfers

Ursachenhypothese der Erkrankung des Buchenbestandes in Vlotho-Uffeln

Eine starke intraspezifische Konkurrenz, starke Masten und ungünstige klimatische Faktoren disponierten die gedrängt stehenden Buchen für Folgeschäden. In einem der letzten Jahre (Jahrringanalysen sind noch nicht abgeschlossen) führten eine oder mehrere Hitze- und/oder Trockenperioden zu erheblichem Stress der Buchen, wodurch der endophytisch in der Rinde von Buchen lebende Pilz *Biscogniauxia nummularia* pathogen wurde

und eine schnelle Fäule von Ästen und auch von Stämmen bewirkte. In welchem Maße die weiteren im Bestand vorkommenden Pilze und Käfer die Schäden verstärken, ist Gegenstand aktueller Untersuchungen. Ein im Süden vorgelagerter See könnte durch Lichtreflexionen die Trockenstresssituation auf den als mäßig trocken bis trocken anzusprechenden, steilen und südexponierten Standorten verschärft haben.

* Metzler (2004) gibt für solche Schwarzfärbungen als wahrscheinliche Ursache Lufteintritt mit nachfolgender Oxidation nach Trockenstresssituationen an. ²⁾

Neue Internetseite informiert über Borkenkäferbefallsgefahr

In 2013 startete Wald und Holz NRW eine internet-gestützte Borkenkäfermonitoringseite unter www.waldschutz.nrw.de mit wöchentlich aktualisierten Warnhinweisen. Der Waldbesitzer kann nunmehr für sieben Regionen Nordrhein-Westfalens Prognosen über die Befallswahrscheinlichkeit von Fichtenborkenkäfern (Buchdrucker und Kupferstecher) aufrufen und entsprechende Gegenmaßnahmen einleiten. Wenn mehr als 3.000 Buchdrucker und/oder mehr als 30.000 Kupferstecher pro Woche und Einzelfalle gefangen werden, kommt es zum tödlich verlaufenden Befall auch völlig

gesunder Fichten, zum sogenannten Stehendbefall. Obwohl in einigen Gebieten in 2013 die kritischen Fangzahlen mehrfach überschritten wurden, hat sich aufgrund eingeleiteter Gegenmaßnahmen keine Massenvermehrung entwickeln können. Als Gegenmaßnahmen ist der Einschlag befallener Bäume, das Entfernen dieser aus dem Wald oder – als Ultima Ratio – Schutz nicht rechtzeitig abfuhrbarer Holzpolter durch deren Behandlung mit zugelassenen Pflanzenschutzmitteln zu nennen. In 2013 blieb der „Borkenkäferholzanteil“ am Gesamteinschlag sehr gering.

MENSCH WALD!

Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen

Termine | Marktplatz | Service | Presse | Suchbegriff → Suchen

Wald erleben | Wald nutzen, fördern, schützen | Wald und Holz NRW

Holzwirtschaft | Holzverkauf | Waldbesitz, Beratung und Förderung | Naturschutz | **Waldschutz** | Waldarbeit & Forsttechnik | Jagd | Windenergie | Klimawandel

Waldschutzmanagement

Sachkundenachweis
Pflanzenschutz

➤ **Waldschutzinformationen**
Info- und Warnmeldungen
➤ **Borkenkäfermonitoring 2013**

Import und Export von Holz
Eichenprozessionsspinner

Borkenkäfermonitoring 2013

Mit Borkenkäferfallen überwachen wir für Sie in Nordrhein-Westfalen den Schwärmflug der Fichtenborkenkäfer Buchdrucker (*Ips typographus*) und Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus*).

Gefahrensituation: letzte Eingabe am 27.09.2013

Map showing locations in North Rhine-Westphalia: Münster, Bielefeld, Paderborn, Dortmund, Düsseldorf, Gutersloh, Köln, Bonn, Bad Münstereifel, Siegen.

Abbildung 11: Borkenkäfermonitoring

Der Quarantäneschadorganismus „Kastaniengallwespe“ ist erstmals an Esskastanien in Nordrhein-Westfalen aufgetreten

Im Juni 2013 wurde in den Städten **Neuss und Bottrop-Kirchhellen** erstmals in Nordrhein-Westfalen die ausschließlich an Esskastanien vorkommende japanische Esskastaniengallwespe (*Dryocosmus kuriphilus*) im **privaten und öffentlichen Grün** nachgewiesen. **Waldflächen sind bisher nicht betroffen.** Die wegen ihrer Gefährlichkeit von der EU als Quarantäneschadorganismus einge-

stuft Gallwespe stammt ursprünglich aus Südchina und wurde vermutlich mit infizierten Pflanzen im Jahre 2002 in Cuneo (Piemont) in Europa eingeschleppt. Seitdem hat sich die Wespe kontinuierlich ausgebreitet. In Deutschland wurde in 2012 Befall in Sachsen und Thüringen (privates und öffentliches Grün) und in 2013 in Mannheim (Waldflächen) bekannt.



Abbildung 12: Aus Neuss stammende befallene Kastanienblätter

Buchenspringrüsslerbefall verursacht landesweit braune Buchenkronen – Siegerland war am stärksten betroffen

Im Juli trat landesweit ein deutlich wahrnehmbarer Befall von Buchen unterschiedlichen Alters mit dem „Kleinen schwarzen Buchenspringrüssler“ (*Rhynchaenus fagi*) auf. Im Siegerland war sehr starker Befall zu verzeichnen. Der nur 2–2,5 mm große, im Boden oder unter der Rinde überwinternde Käfer, welcher eine Generation pro Jahr bildet, fliegt von April bis September und befällt vor allem Buche, aber auch Hainbuche, Birke, Weide, Esche, Erle,

Ahorn, Edelkastanie, Weißdorn, Holunder, Walnuss und Obstbäume. An Eiche, Erle und Weide gibt es nahe verwandte Arten mit ähnlicher Biologie und Symptomatik. Massenvermehrungen bewirken nur Zuwachsverluste. Die Bäume werden nicht letal geschädigt. Durch das Anbohren von Fruchtknoten wird ggf. auch der Ertrag von Buchenmasten geschmälert. Gegenmaßnahmen sind nicht möglich und wären auch nicht sinnvoll gewesen.



Abbildung 13 (links): Bräunlich verfärbte, spätfrostähnliche Schäden in Buchenkronen

Abbildung 14 (rechts): Lochfraß durch adulte Käfer und Miniergänge (Gangmine) der Larven mit den typischen braunen Verfärbungen der Platzminen am Blattrand

Zusammenfassung

In mehreren Buchenbeständen in Ostwestfalen ist eine neue Komplexerkrankung aus abiotischen und biotischen Faktoren aufgetreten. Sehr wahrscheinlich ist dafür eine Kombination aus Trockenstress und dem Vorkommen des Pilzes „Pfennig-Kohlenkruste“ verantwortlich. Landesweit trat in Buchenbeständen unterschiedlichen Alters teils sehr starker Buchenspringrüsslerbefall auf. In diesem

Jahr wurde erstmals in Nordrhein-Westfalen der Quarantäneschadorganismus „Kastaniengallwespe“ an Esskastanien, allerdings außerhalb des Waldes, nachgewiesen. Eine kundenfreundliche, wöchentlich aktualisierte Internetseite informiert seit Anfang 2013 über die Befallswahrscheinlichkeit von Fichten durch Buchdrucker und Kupferstecher.



Gewinnung einer Stammscheibe zur Bestimmung des Schadensjahres

Quellen:

- 1) Niesar, M., Kehr, R., Asche, N. (2013): Neue Komplexschäden an Buche mit erheblicher Bruchgefahr, Infomeldung Nr. 7 vom 23.09.2013, Wald und Holz NRW – SPA Waldschutzmanagement
- 2) Metzler, B. (2004): Waldschutzinfo Nr. 1/2004 der FVA Baden-Württemberg „Schwarzfleckigkeit des Buchenholzes“ vom 18.02.2004



Schwermetalle in nordrhein-westfälischen Waldböden auf Basis der Bodenzustands-erhebung – BZE

Im Rahmen der BZE wurden unter dem Begriff „Schwermetalle“ 13 Elemente erfasst, von denen Blei, Kupfer, Cadmium, Zink, Kobalt, Chrom und Nickel im engeren Sinne zu den Schwermetallen zählen. Darüber hinaus wurden in Nordrhein-Westfalen die Übergangsmetalle Quecksilber, Vanadium und Titan, das Halbmetall Arsen und die Erdalkalien Barium und Strontium mit untersucht.

Im Hinblick auf anthropogene Schwermetalleinträge nehmen Waldböden eine wichtige Rolle im Naturhaushalt ein. Sie sollen sicherstellen, dass eingetragene Schadstoffe nicht unkontrolliert ins Grund- und Oberflächenwasser gelangen, sondern weitgehend unschädlich für Pflanzen, Tiere oder andere Organismen im Waldboden festgelegt werden. Deshalb wird die Durchführung der BZE im Wald auch mit möglichen Risiken, die von einer Schadstoffbelastung für das Grund-, Quell- und Oberflächenwasser ausgehen können, begründet. Die Waldbesitzer erwarten unter diesen Umständen konkrete Hinweise aus der BZE, welche Maßnahmen geeignet sind, die Filter- und Regulationsfunktion von schwermetallbelasteten Waldböden aufrechtzuerhalten.

Durchführung der Probenahme

Die Probenahme zur BZE erfolgt nahe an den Bäumen der terrestrischen Waldzustandserhebung WZE. In der Regel ist der Mittelpunkt der BZE-Fläche nur 15 m vom ersten Baum der mittleren Probebaumgruppe der WZE entfernt. Der ersten Bodenprobenahme ging trotzdem eine genaue Kartierung der Bodenverhältnisse voraus, um sicherzustellen, dass weitgehend einheitliche Standortverhältnisse an den mittleren Probebaumgruppen der WZE und der Probenahmefläche der BZE vorliegen.

Bei der BZE wurde grundsätzlich nach bundesweit einheitlichen Vorgaben verfahren. So sieht die Arbeitsanleitung für die Untersuchung auf Schwermetalle standard-

mäßig die Entnahme von zwei Proben aus der organischen Auflage und weiteren zwei Proben aus den Tiefenstufen 0–5 cm und 5–10 cm im Mineralboden vor. Im Zentrum der Probenahmefläche wurde eine Grube angelegt, um eine Bodenbeschreibung anzufertigen und Stechzylinderproben entnehmen zu können. Auf einem Kreis von 10 m Radius um den Mittelpunkt der BZE-Fläche verteilen sich acht Probenahmestellen. Dort wurden die Proben aus der organischen Auflage mithilfe eines Stechrahmens und aus dem Mineralboden mit einem Metallbohrer gewonnen. Die Einzelproben von jedem BZE-Punkt wurden vor der Laboranalyse nach Tiefenstufen getrennt zu Flächenmischproben vereinigt.



Abbildung 1: Entnahme einer Humusprobe für die BZE aus einem Stechrahmen

Schwermetallgehalte

Im Ergebnis haben die Bodenanalysen gezeigt, dass im Raster der BZE II große Konzentrationsunterschiede auftreten. Tabelle 1 informiert anhand der Medianwerte über die mittlere Tendenz der Schwermetallgehalte, während die Perzentilwerte eine Konzentrationsschwelle angeben, die von 90 % der Messwerte eingehalten bzw. von 10 % der Werte noch überschritten wird. Die Differenz zwi-

schen diesen beiden Werten bringt vor allem die großen Unterschiede der Schwermetallbelastung auf der Waldfläche des Landes zum Ausdruck, die ihre Ursache sowohl bei den anthropogenen Immissionen als auch in der Zusammensetzung der Ausgangsgesteine von Waldböden haben können.

	PB [mg/kg]	Cu [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Zn [mg/kg]	Cr [mg/kg]	Ni [mg/kg]	Co [mg/kg]	As [mg/kg]	Hg [µg/kg]
Median	109	16,3	0,238	60,2	27,0	15,4	4,6	13,2	195
90 % Perz.	208	38,2	0,686	119	41,5	29,6	11,7	23,4	396

Tabelle 1: Durchschnittliche Schwermetallgehalte in 0–5 cm Tiefe in den Waldböden von Nordrhein-Westfalen

Viele Schwermetalle weisen eine hohe Bindungsstärke zur organischen Substanz des Bodens auf. Deshalb sind die Gehalte bei einigen Schwermetallen vor allem im OH-Horizont der Auflage stark erhöht, was sich am Beispiel von Blei gut darstellen lässt (Abbildung 2). Wegen der geringen Wahrscheinlichkeit, dass Blei und andere Schwermetalle, die sich ähnlich verhalten, allein aufgrund der Wurzelaufnahme und des Streufalls in die Humusauf-

lage gelangen und dort akkumulieren, kommt als Hauptursache für eine Anreicherung im Oberboden nur der anthropogene Eintrag über den Luftpfad infrage. Die Anreicherung in der Humusschicht ist in den Daten der BZE am deutlichsten beim **Quecksilber** ausgeprägt, findet sich aber auch bei den Elementen **Blei, Cadmium, Kupfer, Zink und Barium**.

Gehalte von Blei in den Waldböden von Nordrhein-Westfalen

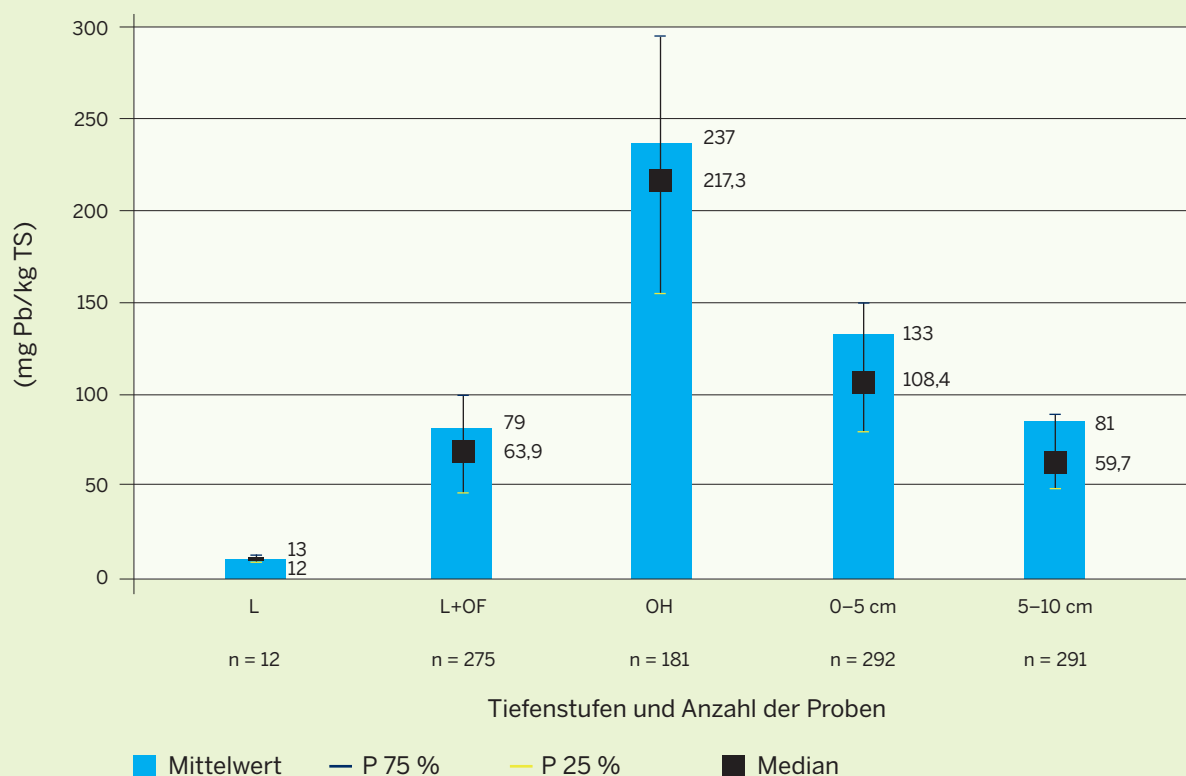


Abbildung 2: Gehalte von Blei in den Waldböden von Nordrhein-Westfalen im Raster der BZE II

Im Unterschied zu den Schwermetallen, die hauptsächlich über die Immission in den Waldboden gelangen und in der organischen Auflage akkumulieren, sind die Gehalte von anderen Schwermetallen im Boden vorwiegend auf die Verwitterung des anstehenden Gesteins zurückzuführen. Diese sog. geogenen Schwermetalle erreichen daher

ihre höchsten Gehalte im Mineralboden. Ein typisches Beispiel hierfür ist **Chrom** (Abbildung 3), das sehr oft gemeinsam mit **Nickel** in Böden auftritt. Darüber hinaus sind auch bei **Kobalt, Strontium, Thallium und Vanadium** die höchsten Gehalte im Mineralboden zu beobachten.

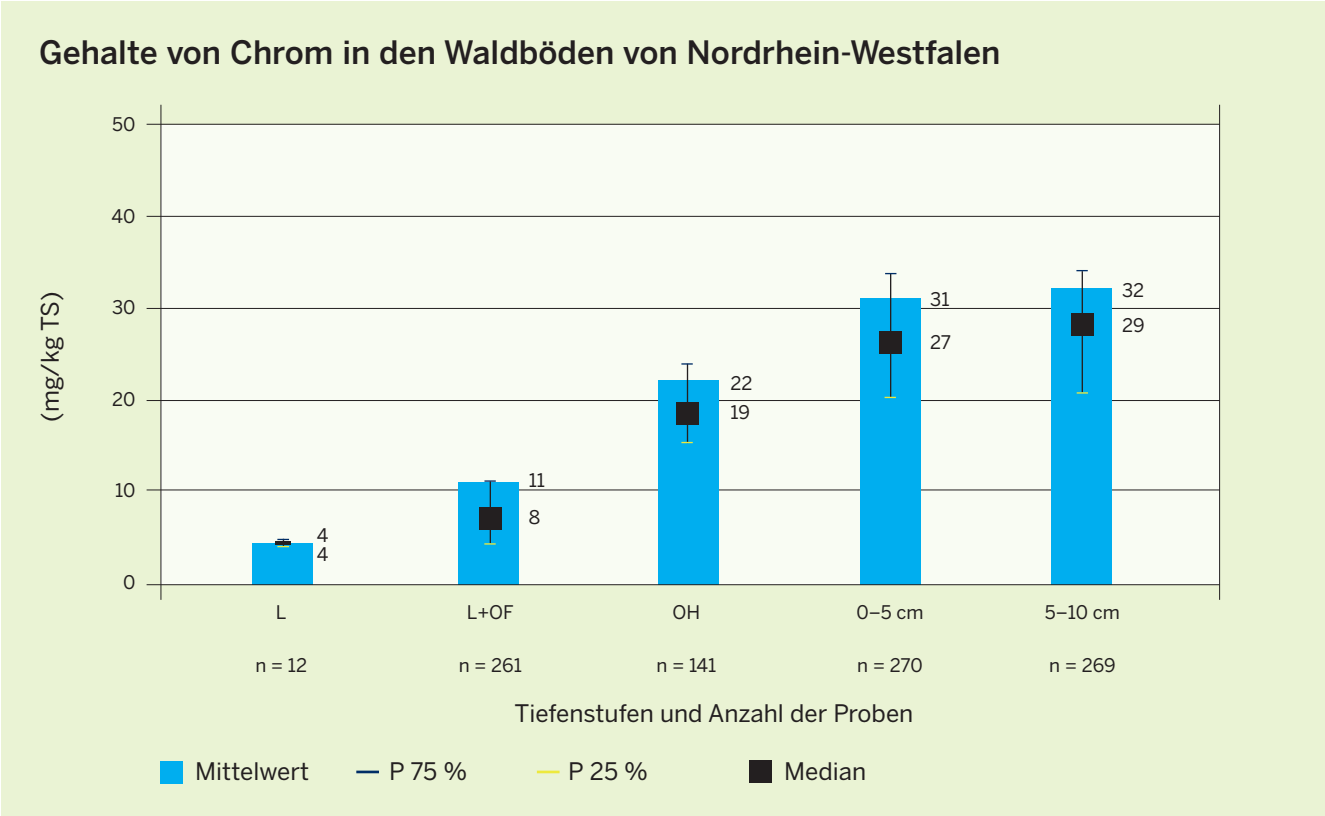


Abbildung 3: Gehalte von Chrom in den Waldböden von Nordrhein-Westfalen im Raster der BZE II

Die durchschnittlichen Schwermetallgehalte unbelasteter Böden schwanken erheblich. In Tabelle 2 sind Rahmenwerte für unbelastete Böden, die aus der Literatur entnommen wurden, zusammengestellt.

Elemente	Rahmenwerte für unbelastete Böden [mg/kg]
Pb	2–40
Cu	5–40
Cd	0,01–0,5
Zn	10–100
Co	1–20
Cr	2–50
Ni	2–40

Im Vergleich mit den eigenen Werten der BZE II (Tabelle 1) wird ersichtlich, dass die Gehalte von Chrom, Nickel und Kobalt im oberen Bereich der Waldböden von Nordrhein-Westfalen weitgehend den durchschnittlichen Schwermetallgehalten unbelasteter Böden entsprechen und nur gering von anthropogen bedingten Schwermetallanteilen überprägt sind. Im Gegensatz hierzu liegen die Gehalte von Blei, Kupfer, Cadmium und Zink teilweise deutlich oberhalb der Rahmenwerte und sind durch natürliche Grundgehalte nicht mehr erklärbar. Vielmehr setzt die Anreicherung dieser Elemente in den Waldböden anthropogene Einträge voraus.

Großräumige Verbreitung der Schwermetallbelastung

Die Auswertung der Schwermetallgehalte in Waldböden hat ferner ergeben, dass die landesweite Verbreitung von Blei, Kupfer, Quecksilber und Arsen, deren Gehalte maßgeblich durch Immissionen bestimmt werden, einen hohen Grad an Übereinstimmung aufweist. Um eine landesweite Übersicht der besonders hoch mit Schwermetallen belasteten Waldgebiete zu ermöglichen, wurde aus den Gehalten dieser vier Schwermetalle ein Belastungsindex berechnet, indem die Schwermetallgehalte zunächst einzeln logarithmiert und anschließend zu einem Index aufsummiert wurden. Abbildung 4 zeigt auf der Grundlage dieses Index die Verbreitung der vorwiegend anthropogenen Schwermetallanteile in den oberen 5 cm der Waldböden. Aus dieser Übersichtskarte ist das Ruhrgebiet als ein Zentrum der Schwermetallbelastung in Nordrhein-

Westfalen gut erkennbar. Orientiert man sich an der Lage der 10 % höchsten Messwerte (= rote Punkte), reicht das Belastungsgebiet von Duisburg im Westen bis Dortmund im Osten. Am Nordrand des Ruhrgebietes wurden bei Dorsten, Haltern und Lüdinghausen noch sehr hohe Schwermetallgehalte gefunden, während das Belastungsgebiet im Süden bis in den Raum Düsseldorf und Hattingen reicht. Von dort erstreckt sich eine Zone mit ebenfalls hoch belasteten Waldböden in südöstlicher Richtung über den Märkischen und Oberbergischen Kreis bis in den Raum Kreuztal/Siegen, wo sich bis heute noch ein weiteres Zentrum der metallverarbeitenden Industrie befindet. Darüber hinaus verteilen sich einzelne Fundorte mit hohen Arsengehalten diffus über das gesamte Wuchsgebiet Sauerland.

BZE II (2006) – Schwermetallindex auf Basis von Pb, Cu, As und Hg in 0–5 cm Bodentiefe

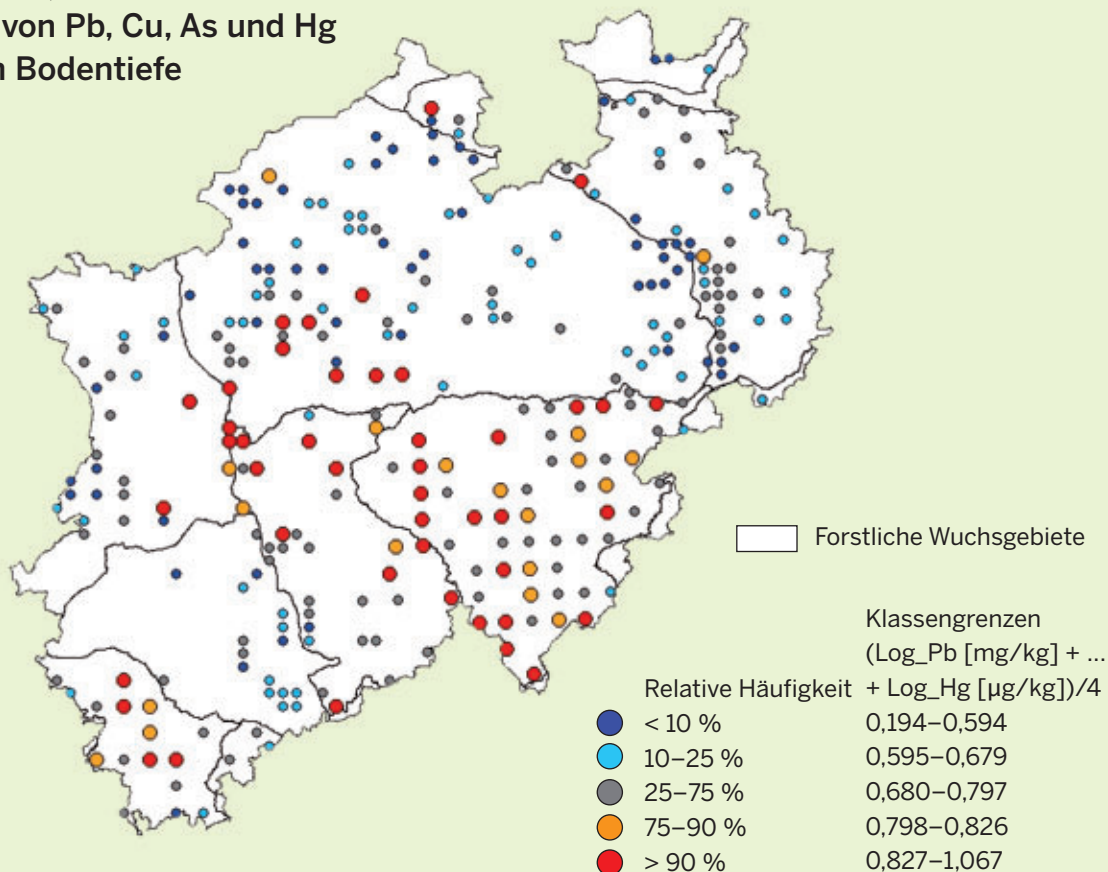


Abbildung 4: Index für die Verbreitung der vorwiegend anthropogenen Schwermetallanteile in der Tiefenstufe 0–5 cm des Mineralbodens im landesweiten Raster der BZE II

Auch die Nordeifel zeichnet sich durch eine Häufung hoch schwermetallbelasteter Waldstandorte aus, die in dieser Region möglicherweise auf schwermetallhaltige Staubimmissionen von alten Abraumhalden oder auf Immissionen aus dem Gebiet des Braunkohlentagebaus nördlich der Eifel zurückzuführen sind. Von diesen belasteten Waldstandorten heben sich – von Einzelflächen abgesehen – die niedrigen Schwermetallgehalte in den Wäldern am Niederrhein, in der Westfälischen Bucht, im Weserbergland sowie im mittleren und östlichen Sauerland deutlich ab. Zu den Einzelflächen mit hohen Gehalten zählen u. a. besonders exponierte Wälder in der Egge oder im nördlichen Teutoburger Wald nahe Ibbenbüren.

Ein völlig anderes räumliches Muster zeigt die Verbreitung von Chrom und Nickel, deren Gehalte vom Aus-

gangsgestein der Bodenbildung stark beeinflusst sind. Je nach Vorkommen dieser Ausgangsgesteine sind die hohen Chrom- und Nickelgehalte in einigen Waldböden des mittleren und östlichen Sauerlandes sowie im Weserbergland anzutreffen, während sich die silikatarmen und karbonatfreien Bodensubstrate des Tieflandes insgesamt durch relativ niedrige Chrom- und Nickelgehalte auszeichnen.

Dem Verbreitungsmuster anderer Schwermetalle wie Zink oder Cadmium kann man wiederum entnehmen, dass deren Gehalte im Waldboden sowohl auf anthropogene Einflüsse als auch auf die Gesteinsverwitterung, insbesondere die Lösung von Karbonatgestein zurückgehen.

Vergleiche zwischen der BZE I und BZE II

Nach über 16 Jahren kann man im landesweiten Durchschnitt praktisch bei allen Schwermetallen Konzentrationsverschiebungen gegenüber den Ergebnissen der ersten BZE (1990) feststellen. In der organischen Auflage haben die Schwermetallgehalte durchgängig abgenommen. Die Abweichung der Medianwerte zur BZE I fallen im obersten, neu gebildeten Horizont L+OF der Auflage besonders eindrucksvoll aus (Abbildung 5) und reichen von –7 % beim Strontium bis –56 % beim Quecksilber und –58 % beim Blei. Auch Pesch et al. (2007) konnten beim Moosmonitoring des Umweltbundesamtes zwischen den Inventurdurchgängen 1990 und 2005 bundesweit eine signifikante Abnahme für Quecksilber, Blei und Titan feststellen.

Dem allgemeinen Rückgang der Schwermetallgehalte in der Humusaufgabe steht im Mineralboden ein uneinheitliches Bild gegenüber (Abbildung 6). Bei einigen Schwermetallen setzt sich die Abnahme der Gehalte in der Auflage auch im Mineralboden weiter fort. Hierzu zählen die relativ mobilen Schwermetalle Cadmium, Chrom, Kobalt, Barium, Strontium, Thallium und Vanadium. Die gegensätzliche Reaktion ist bei Schwermetallen, die stärker an Humuspartikel im Mineralboden gebunden sind, zu erkennen. Das Ausmaß, in dem die Gehalte dieser Elemente im Mineralboden wieder ansteigen, ist beim Quecksilber am größten und nimmt in der Reihenfolge Quecksilber >> Blei > Kupfer = Arsen > Zink = Nickel stufenweise ab.

Prozentuale Veränderung der Schwermetallgehalte

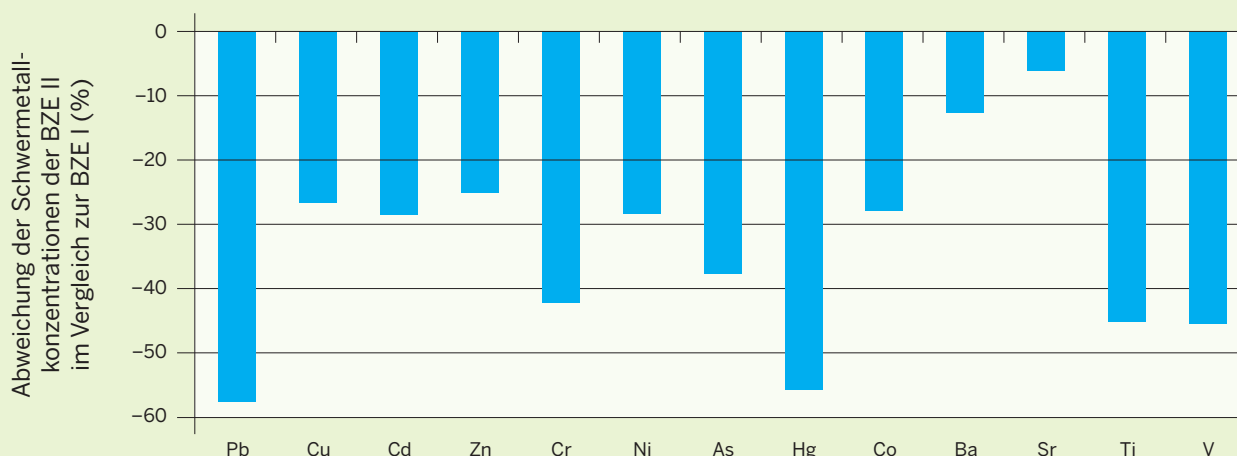


Abbildung 5: Prozentuale Veränderung der Schwermetallgehalte im L+OF-Horizont der Auflage gegenüber der BZE I

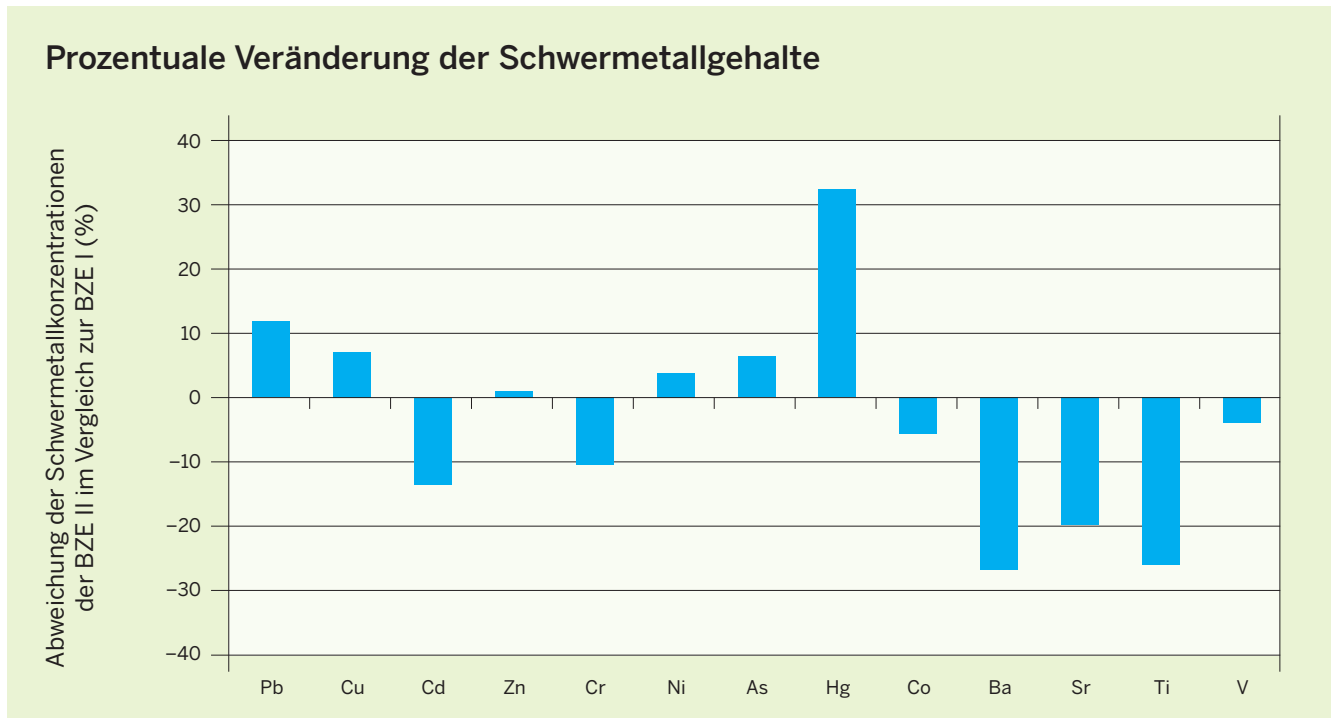


Abbildung 6: Prozentuale Veränderung der Schwermetallgehalte in der Tiefenstufe 5–10 cm im Mineralboden gegenüber der BZE I

Die Schwermetallbelastung von Waldböden lässt sich allerdings auf Basis von Konzentrationsvergleichen nicht ganz sicher abschätzen, weil sich gleichzeitig die Substanzmenge der organischen Auflage und der Humusgehalt im Mineralboden zwischen den BZE-Inventuren verändert haben. Daher wurden zusätzlich Schwermetallvorräte für die Humusauflage und den Mineralboden bis 10 cm Tiefe berechnet. Hierbei wurde die organische Trockenmasse der Auflage aus der BZE I und BZE II als variable Größe und die getrocknete Feinbodenmenge des Mineralbodens für beide Inventuren als konstante Größe berücksichtigt.

Bilanziert man die Vorratsveränderungen in der Auflage und im Mineralboden miteinander, so ergibt sich für den Zustand der Waldböden des Landes auf Grundlage des BZE-Rasters von 8 x 8 km folgendes Bild (Abbildung 7): Im Durchschnitt weichen die Gesamtvorräte von Blei, Kupfer, Zink, Nickel und Arsen nicht mehr als 5 % vom

Mittelwert und Median der BZE I ab. Im Hinblick auf diese Schwermetallgruppe ist die Belastung in den oberen Schichten der Waldböden unverändert hoch. Der Gesamtvorrat der übrigen Schwermetalle hat sich allerdings in der Auflage und im oberen Mineralboden mit Ausnahme von Quecksilber nachweisbar reduziert. Die Vorräte von Cadmium, Chrom, Kobalt und Vanadium sind auf Basis der Medianwerte um 7 % bis 17 % zurückgegangen, die Vorräte von Barium, Strontium und Titan im Schnitt um 30 %. Allein für Quecksilber ergibt die Vorratsberechnung für den gesamten Oberboden, gemessen am Medianwert, eine Zunahme der Belastung um 30 %. Obwohl der Vorrat in der organischen Auflage deutlich (–38 %) abgenommen hat, ist der Quecksilbervorrat im Mineralboden um 42 % angestiegen. Somit ist Quecksilber das einzige Element, das zwischen den BZE-Inventuren offensichtlich eine weitere Akkumulation in den Waldböden erfahren hat.

Veränderung der Schwermetallvorräte im gesamten Oberboden

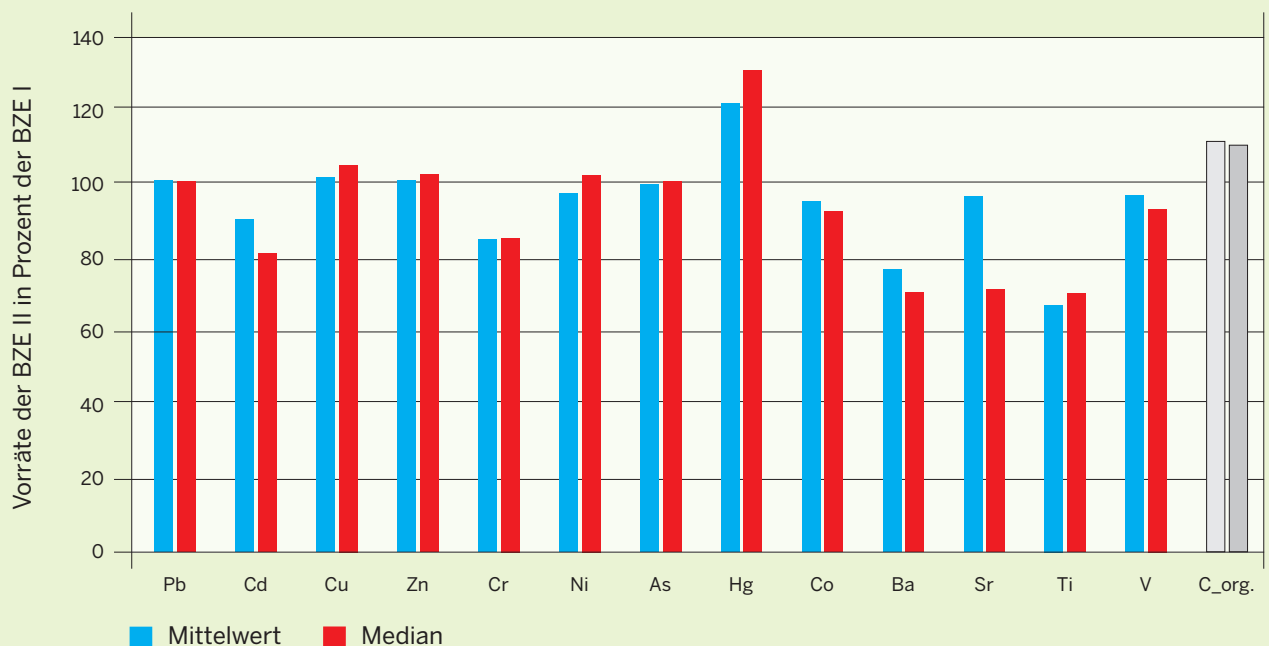


Abbildung 7: Veränderung der Schwermetallvorräte im gesamten Oberboden zwischen den Inventuren der BZE I und BZE II

Handlungsempfehlungen

Aufgrund der relativ hohen Schwermetallbelastung, die in weiten Teilen Nordrhein-Westfalens in den Waldböden festgestellt wurde, sollte an einer zusätzlichen Reduktion der anthropogenen Einträge gearbeitet werden. Diese Empfehlung leitet sich einerseits aus dem Umstand ab, dass Schwermetalle nicht biologisch abbaubar sind, und lässt sich andererseits mit der Absicht begründen, die relativ hohen Schwermetallgehalte und -vorräte in den Waldböden möglichst nicht weiter ansteigen zu lassen.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass Waldböden eine Regulationsfunktion im Naturhaushalt übernehmen. Sie sollen sicherstellen, dass eingetragene Schadstoffe nicht unkontrolliert in Gewässer gelangen, sondern möglichst ökologisch verträglich im Waldboden gebunden werden. Hierbei spielen der Humusgehalt, der pH-Wert und die Basensättigung der Böden als zentrale Steuergrößen, die das Rückhaltevermögen von Waldböden günstig beeinflussen, eine wichtige Rolle. Diese bodenkundlichen Parameter lassen sich außerdem durch eine angepasste Bewirtschaftung des Waldes positiv regulieren.

Daher ist eine ökologisch orientierte Waldbewirtschaftung zu empfehlen, die Auflagehumusformen entgegenwirkt und die Bildung von Mineralbodenhumus begünstigt.

Neben dem verstärkten Anbau und der gezielten Pflege von Laubbaumarten schafft die Waldkalkung günstige Voraussetzungen für die Bildung von Mineralbodenhumus. Die Laubgehölze liefern hierzu eine leichter zersetzbare Blattstreu als Nadelbäume und bilden ein feinwurzelreiches, tief reichendes Wurzelsystem. Darüber hinaus hat sich die Waldkalkung als geeignet erwiesen, um die Basenausstattung anzuheben und den Säuregrad des Bodens zu senken. Sofern diese Maßnahmen optimal aufeinander abgestimmt sind, kann das Potenzial für die Ausbildung von stabilen, ökologisch verträglichen Komplexen zwischen Schwermetallen und Humuspartikeln im Mineralboden noch deutlich gesteigert werden.

Gemessen an der Schwermetallbelastung der Waldböden in Nordrhein-Westfalen ist der Boden- und Gewässerschutz im Wald unbestritten eine wichtige Aufgabe. Die hierzu vor Ort notwendigen Maßnahmen lassen allerdings Spielraum für regional unterschiedliche Konzepte. Insbesondere in den höher schwermetallbelasteten Waldregionen, auf die in diesem Bericht deutlich hingewiesen wird, sollte die Bewirtschaftung der Wälder stärker auf den vorsorgenden Boden- und Gewässerschutz ausgerichtet sein als in anderen Waldgebieten, die eine deutlich geringere Schwermetallbelastung der Böden erkennen lassen.

Zusammenfassung

Die großräumige Verbreitung von Schwermetallen in den Waldböden des Landes wird maßgeblich durch die Herkunft der Schwermetalle bestimmt. Während die Belastungen durch Blei, Kupfer, Quecksilber und Arsen im Einflussbereich des Ruhrgebietes, im Siegerland und in der Nordeifel am höchsten sind und auf Immissionen zurückgehen, finden sich weitere Waldflächen in anderen Landesteilen mit teils geogen-, teils immissionsbedingt erhöhten Schwermetallwerten. Die Waldböden des nieder-rheinischen Tieflandes und im westlichen Münsterland zeichnen sich durch eine insgesamt geringe Schwermetallbelastung aus.

Der Vergleich mit den Ergebnissen der BZE I vor über 16 Jahren hat ergeben, dass die Konzentrationen in den oberen, neu gebildeten Humuslagen L+OF über die gesamte Bandbreite der untersuchten Schwermetalle abgenommen haben. Insofern sind die Ergebnisse der BZE im Wald ein weiterer Beleg dafür, dass die bislang unternommenen Anstrengungen zur Reinhaltung der Luft weiträumig Wirkung zeigen und auch bei den Waldböden für Entlastung sorgen.

Betrachtet man allerdings die bis 10 cm Tiefe im Waldboden angereicherten Schwermetallmengen, so ist für Blei, Kupfer, Zink, Nickel und Arsen kein messbarer Rückgang nachzuweisen. Andererseits haben sich die Vorräte von Cadmium, Chrom, Kobalt und Vanadium um 7 % bis 17 %, die Vorräte von Barium, Strontium und Titan im Schnitt sogar um 30 % verringert. Als Problemfall stellt sich allerdings das Quecksilber heraus. Es hat sich in den Waldböden der BZE weiter angereichert.

Den Waldbesitzern wird unter diesen Umständen empfohlen, den Laubholzanteil in den besonders schwermetallbelasteten Waldgebieten zu vergrößern und durch Fortsetzung der Waldkalkung den Säuregrad des Bodens weiter zu senken.



Abbildung 8: Anthropogene Schwermetalleinträge reichern sich besonders in der Humusaufage von Waldböden an



Der Waldboden ist im Buchenwald im zeitigen Frühjahr noch ganz kahl



Beobachtungen zur Abhängigkeit der Belaubungsdichte vom Standort und Alter der Bäume

Im Laufe der Waldzustandserhebung haben sich extreme Wettersituationen und Schädlingskalamitäten immer wieder als Ursachen für den Laub- und Nadelverlust bei Waldbäumen erwiesen. Während diese Einflussfaktoren offensichtlich den zeitlichen Verlauf der Baumvitalität bestimmen, ist noch relativ wenig über die Abhängigkeit der Belaubungsdichte vom Standort bekannt. Die Zusammenlegung der Bodenzustandserhebung (BZE) und der Waldzustandserhebung (WZE) sowie die weitgehende Vergleichbarkeit der Verhältnisse an den Aufnahmepunkten des landesweiten Inventurrasters bieten gute Voraussetzungen für eine einfache Datenanalyse, die zeigen soll, inwiefern der Standort als Einflussfaktor für die Kronenverlichtung der Waldbäume fungiert.

Datengrundlage

Für diese Fragestellung wurde die Belaubungsdichte der Baumkronen in den Jahren 2006, 2007 und 2008 an den 292 Aufnahmepunkten der Wiederholungsaufnahme BZE II ausgewertet, weil in den gleichen Jahren auch die Außenaufnahmen zur BZE durchgeführt wurden. Die Anzahl der Boniturbäume schwankt grundsätzlich an den Inventurpunkten in Abhängigkeit von der Größe der vom Raster getroffenen Waldfläche. Für die Verschneidung der beiden Inventuren wurden jedenfalls nur die Kronenzustandsdaten der 15 WZE-Bäume verwendet, die der BZE-Aufnahme am nächsten stehen und sich auf die mittleren drei Probestaumgruppen der WZE verteilen. Der Kronenzustand dieser Bäume geht als Mittelwert aus den drei Beobachtungsjahren in die Auswertung ein.

Bei der Verknüpfung von Kronenzustand und Standort nach Baumartengruppen sollte aus statistischer Sicht

eine Mindestanzahl von 30 Beobachtungen nach Möglichkeit nicht unterschritten werden. Denn die Aussagekraft eines Mittelwertes hängt vom Ausmaß der Streuung der Einzelwerte ab. Im Raster der BZE II treten aber bestimmte Standorte oder Waldtypen zwangsläufig relativ selten auf. Wie aus Abbildung 2 zu erkennen ist, kommen die Hauptbaumarten Buche, Fichte, Kiefer und Stieleiche und die sonstigen Laubbaumarten im Raster der BZE II auf mehr als 30 Inventurpunkten vor, während Bestände mit Traubeneiche oder die sonstigen Nadelbaumarten seltener vertreten sind, sodass deren Auswertung leicht an Grenzen stößt. Da bei dieser Auswertung zunächst nicht die statistische Aussagekraft, sondern vielmehr das Aufspüren von Zusammenhängen im Vordergrund steht, wurden auch relativ seltene Beobachtungen in die Auswertung mit einbezogen.



Abbildung 1: Mittelpunkt der BZE-Fläche in einem Buchenaltholz im Bergland

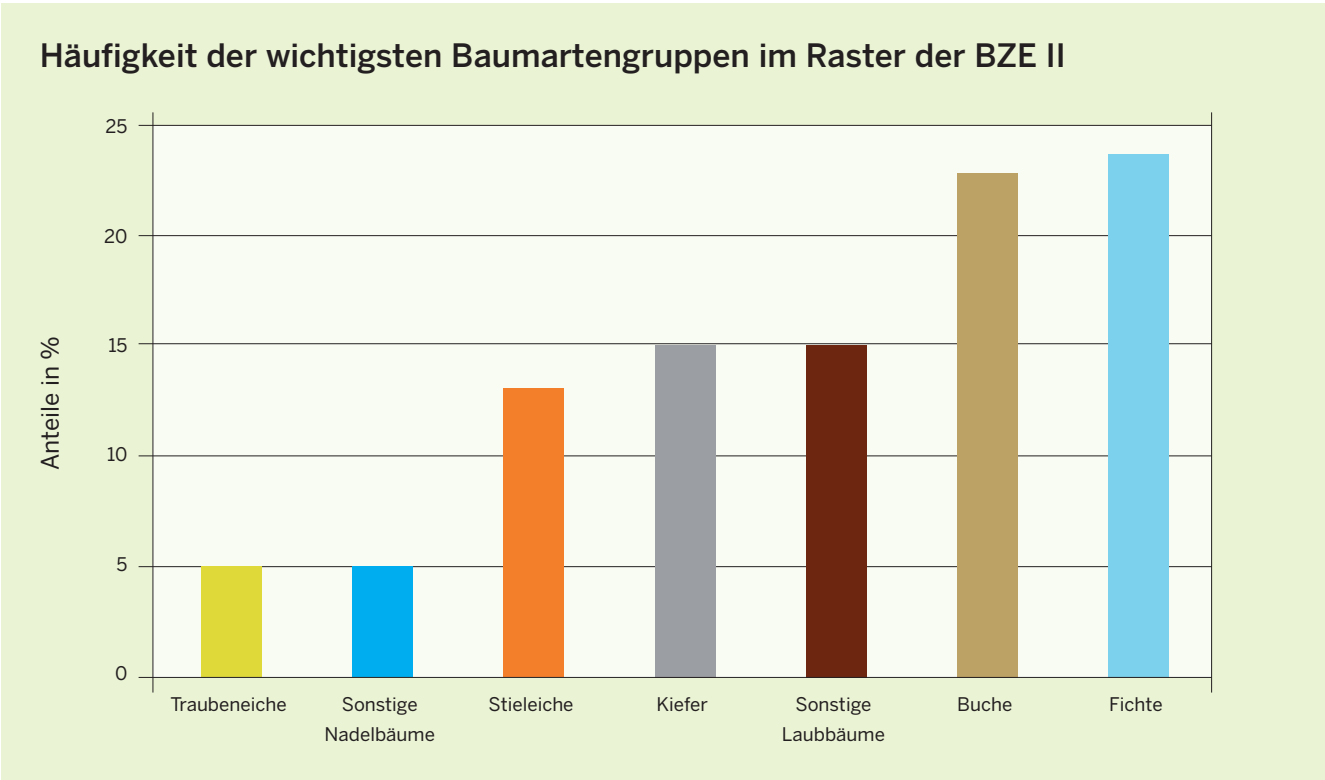


Abbildung 2: Häufigkeit der wichtigsten Baumartengruppen im Raster der BZE II

Alterseffekt

Das Durchschnittsalter der von der BZE II erfassten Baumartengruppen liegt zwischen 44 und 107 Jahren, und die mittlere Kronenverlichtung schwankt nach Tabelle 1 zwischen 17,6 % und 28,8 %. Die höchste Kronenverlichtung wurde bei Eichen und Buchen festgestellt, die sich außerdem durch ein höheres Durchschnittsalter auszeichnen.

Abbildung 3 zeigt den Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen Kronenverlichtung in den Altersklassen, der sich über alle Baumarten herausbildet. Überträgt man die bundesweit einheitliche Klassifizierung der Kronenverlichtung auf Schadstufen, so ergibt sich, dass die 41- bis 120-jährigen Bäume zum Zeitpunkt der BZE II im Durchschnitt schwach und die über 120 Jahre alten Bäume mittelstark geschädigt waren, während die bis 40-jährigen Bäume noch ohne Schadmerkmale sind.

Baumart	SEi	TEi	Bu	Fi	Ki	sLH	sNH	
Durchschnittsalter	107	107	101	63	80	52	44	Jahre
Kronenverlichtung	28,8	23,3	22,8	19,1	18,6	18,6	17,6	(%)

Tabelle 1: Durchschnittliches Alter und durchschnittliche Kronenverlichtung der Baumartengruppen bei der BZE II

Mittlere Kronenverlichtung in Abhängigkeit von der Altersklasse der Waldbäume

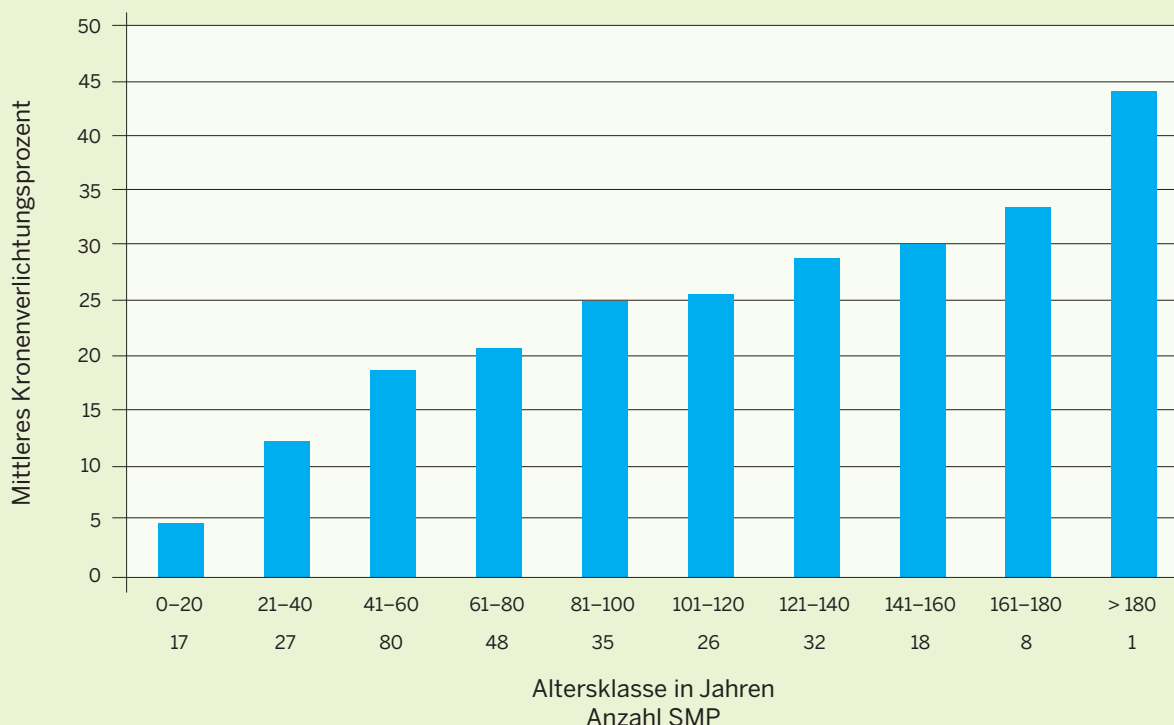


Abbildung 3: Mittlere Kronenverlichtung in Abhängigkeit von der Altersklasse der Waldbäume im Raster der BZE II

Die Kronenverlichtung steigt von der ersten Altersklasse bis zum Alter 100 am stärksten an, bevor die weitere Zunahme der Kronenverlichtung im Bereich 100 bis 180 Jahre leicht abflacht. Die über 180-jährigen Bäume sind mit deutlichem Abstand am schwächsten belaubt. Die Belaubungsdichte der Baumkronen weist eine stark ausgeprägte Alterskomponente auf. Diese Bewertung sagt allerdings nichts darüber aus, bei welchem Grad der Kronenverlichtung ein Baum nachhaltig geschädigt ist und wie viele Bäume mit einer erhöhten Kronenverlichtung die Stabilität eines Waldbestandes gefährden. Vielmehr zeigt die Kronenverlichtung ab einem bestimmten Grad an, dass ein Baum bereits einen Teil seiner Anpassungsfähigkeit eingebüßt hat. Mit anderen Worten: Die Elastizität der Bäume, auf widrige Umwelteinflüsse zu reagieren, nimmt mit dem Alter ab.

In einem einfachen, linearen Regressionsmodell bildet die Ausgleichsgerade zu den Einzelbeobachtungen die vom Baumalter erklärte Kronenverlichtung ab und die Differenz zwischen der Ausgleichsgeraden und dem tatsächlichen Wert der Kronenverlichtung (= Residuum) entspricht dem vom Baumalter unabhängigen Teil der Kronenverlichtung. Diese Residuen dienen im Folgenden als Grundlage für die Suche nach weiteren Faktoren, die auf die Kronenverlichtung der Waldbäume in Nordrhein-Westfalen Einfluss nehmen. Da der Alterseffekt bei den Baumarten unterschiedlich stark ausgeprägt ist, wurde das Regressionsmodell zunächst an jede Hauptbaumart einzeln angepasst und anschließend die Residuen für jeden Aufnahmepunkt ermittelt. Wegen des zu geringen Stichprobenumfangs konnten die Nebenbaumarten hierbei nicht mehr berücksichtigt werden.

Regionale Verbreitung

Die Residuen lassen sich für die Darstellung in einer landesweiten Übersichtskarte in fünf Klassen aufteilen (Abbildung 4). Um aufzuzeigen, wo die Kronen der Waldbäume im Raster der BZE II über den Altersdurchschnitt hinaus verlichtet sind, wurde eine positive Abweichung der Kronenverlichtung um 5 bis 10 Prozentpunkte mit einer orangen und eine Abweichung von mehr als 10 Prozentpunkten mit einer roten Markierung dargestellt. Die blauen und grünen Markierungen stehen in der Karte für Punkte, an denen die Baumkronen dem Alterstrend entsprechend oder weniger verlichtet sind.

Bei einer konservativen Bewertung, die sich nur an der Verteilung der roten Punkte orientiert, ragen drei Areale im Raster der BZE II heraus, die sich durch eine Anhäufung überdurchschnittlich hoher Kronenverlichtungen auszeichnen: 9 Waldbestände im südlichen Ostwestfalen, die vor und hinter dem Eggekamm liegen, 5 Bestände im nordwestlichen Münsterland sowie ein kleines Areal mit 3 Beständen im südlichen Rheinland. Bezieht man für die weitere Auswertung auch jene BZE-Punkte mit ein, an denen die Kronenverlichtung um 5 bis 10 Prozentpunkte über dem Altersdurchschnitt liegt (= orange Markierung), lassen sich diese Areale anhand von insgesamt 11, 9 und 5 Waldflächen näher charakterisieren.

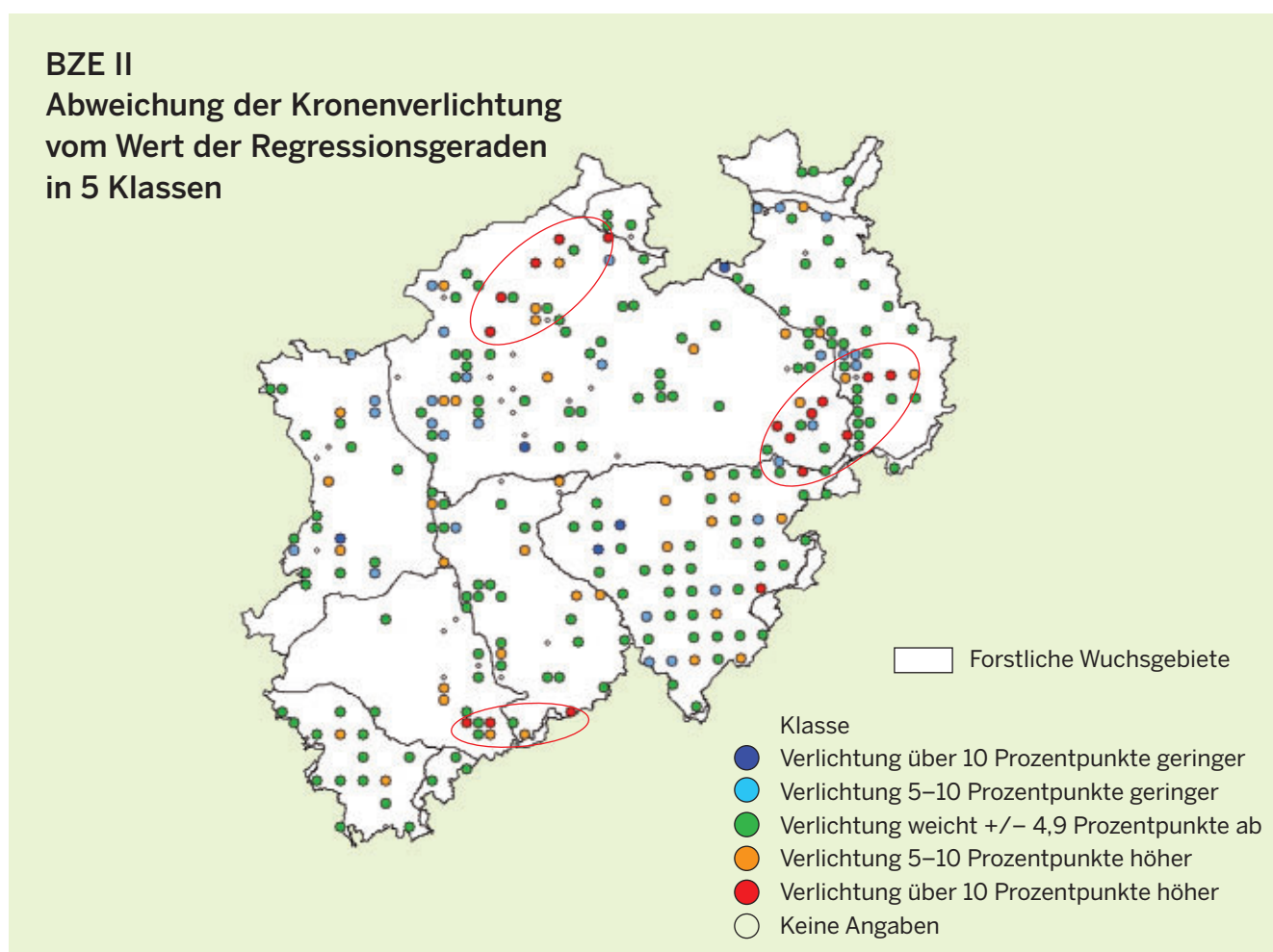


Abbildung 4: Verteilung der um das Baumalter bereinigten Kronenverlichtung im Raster der BZE II

Standortanalyse zur BZE II

Im Kollektiv der 25 über den Alterstrend hinaus verlichteten Waldbestände (Tabelle 2) sind die planare und kolline Waldhöhenstufe zu 75 % vertreten. Sechs weitere Flächen liegen auf einer Höhe von 300–440 Metern. Mit einer Jahresdurchschnittstemperatur zwischen 7,8 und 9,8 °C und mittleren Jahresniederschlägen zwischen 725 und 875 mm kann man das Waldklima dieser Standorte für die Verhältnisse in Nordrhein-Westfalen als trocken und warm bezeichnen.

Als Ausgangsmaterial der Bodenbildung werden im Areal des nordwestlichen Münsterlandes relativ häufig Flugsanddecken über Terrassen- bzw. Flussablagerungen angetroffen. Außerdem zeigt die erhöhte Kronenverlichtung im Münsterland eine Affinität zu Kalkverwitterungslehmen, die sowohl im Südosten als auch im Nordwesten vorkommen. Im Übrigen umfassen die im Nordwesten betroffenen Standorte ausnahmslos stauwasserbeeinflusste Böden. Neben Pseudogleyen kommen hier zwei Gleystandorte vor. Im südöstlichen Verbreitungsareal sind dagegen vorwiegend flachgründige Braunerden und Ranker-Braunerden anzutreffen. Pseudogleye sind hier eher die Ausnahme. Gegenüber den beiden Verbreitungsarealen im Münsterland zeichnet sich das dritte Areal in der Niederrheinischen Bucht durch eine größere bodenkundliche Vielfalt aus. Auf Löss haben sich unterschiedliche Braunerden gebildet. Bemerkenswert ist allerdings, dass

auch hier auf vier der fünf Standorte die Bodenentwicklung in Richtung Pseudogley verlaufen ist.

Aufgrund der klimatischen und bodenkundlichen Verhältnisse dominieren im nordwestlichen Areal Eichen-Birkenwälder als potenziell natürliche Vegetation, während sich auf den basenreichen und den Kalkstandorten Waldmeister-Buchen-, Platterbsen-Buchen-, Flattergras-Buchen- oder Eichen-Hainbuchenwälder ausbilden würden. Die bestandesbildenden Baumarten in der realen Waldbestockung sind hauptsächlich Buchen und Eichen, wobei auf den zu Vernässung neigenden Standorten fast ausnahmslos Stieleichen vorkommen. Einzelne Punkte sind mit Fichte und Kiefer bestockt.

Trotz vieler Unterschiede im Detail, die bei einem Standortvergleich auffallen, finden sich jedoch einige Merkmale wie Pseudogleye auf Sand und Löss oder flachgründige Braunerden auf Kalkverwitterungslehm, die bei allen Standorten auf einen angespannten Wasserhaushalt hindeuten. Außerdem sind die Waldflächen der beiden Areale im Münsterland hohen Stickstoffeinträgen ausgesetzt. Dieser Umstand fördert nicht nur den Zuwachs, sondern steigert auch den Transpirationswasserbedarf der Bäume, sodass die Wälder auf den von Natur aus trockenen und wechselfeuchten Standorten unter einem erhöhten Trockenstressrisiko stehen.

Waldareale	Münsterland SO	Münsterland NW	Niederrhein. Bucht
Anzahl BZE-Punkte	n = 11	n = 9	n = 5
Substratklassen	Karbonat (n = 9) Sand (n = 2)	Karbonat (n = 5) Sand (n = 4)	Karbonat (n = 1) Löss (n = 4)
Waldgesellschaften	Waldmeister-BuWald (n = 6) Platterbsen-BuWald (n = 2) Eichen-HBuWald (n = 2) Hainsimsen-BuWald (n = 1)	Eichen-Birkenwald (n = 4) Eichen-HBuWald (n = 5)	Flattergras-BuWald (n = 1) Eichen-HBuWald (n = 2) Hainsimsen-BuWald (n = 2)
Hauptbaumart			
Bu	n = 7	n = 3	n = 3
StEi	n = 3	n = 4	n = 1
Fi	n = 2	n = 1	n = 1
Ki		n = 1	

Tabelle 2: Waldareale mit einer Kronenverlichtung von mehr als 5 % über dem Altersdurchschnitt im Raster der BZE II

Standortanalyse auf Basis der BZE I

Zu einem ähnlichen Ergebnis gelangt man auch über einen anderen Ansatz: mit den Kronenzustandsdaten der BZE I aus den Jahren 1989–1991. Hierbei wurde die Kronenverlichtung der Waldbäume, umgerechnet in kombinierten Schadstufen (SST), mit den Critical Loads (CL) für Säureeinträge als Maß für die Versauerungsempfindlichkeit der Standorte auf den Inventurpunkten des Rasters von 4 x 4 km in Beziehung gesetzt.

In Abb. 5 sind die CL-Werte der Größe nach angeordnet, in 10 Klassen mit jeweils 50 BZE-Punkten zusammengefasst. Die Zahlen unterhalb der Säulen geben die Durchschnittswerte der jeweiligen CL-Klasse an. Die Höhe der Säulen gibt an, wie häufig nach WZE-Aufnahme gesunde (SST = 0), schwach (SST = 1) und stärker geschädigte (SST = 2–4) Bäume in der jeweiligen CL-Klasse vorkamen. Die Spannweite der CL reicht von armen Sandstandorten mit niedrigen (0,13–0,70) CL-Durchschnittswerten über schwach und mäßig basenversorgte Lehm Böden (0,96–1,76) bis hin zu kalkhaltigen und Kalkverwitterungslehmen (1,88–3,98).

Gemessen an diesem Maßstab ergibt die Häufigkeitsverteilung der Schadstufen ein wellenförmiges Muster, bei

dem sich die gesunden und geschädigten Bäume komplementär zueinander verhalten. Während die gesunden Baumkronen Anfang der 1990er Jahre am häufigsten auf den besser versorgten Lehm Böden vorkamen, ging die Belaubungsdichte der Baumkronen auf den basenärmeren Lehm Böden und Sandstandorten einerseits und den Kalkverwitterungslehmen andererseits auffällig zurück. Dieser Befund ließ sich zunächst in den Kontext der Bodenversauerung nur schwer einordnen. Im Lichte der Standortanalyse zur BZE II kann dieses Ergebnis jedoch als weiteres Indiz für eine standortabhängige Trockenstresskomponente bei der Kronenverlichtung interpretiert werden, die sich bei den überhöhten Stickstoffdepositionen in Nordrhein-Westfalen und unter dem Einfluss des Klimawandels in den kommenden Jahrzehnten noch häufiger auswirken könnte. Interessanterweise hat auch eine vertiefende statistische Analyse des Kronenzustandes der Waldbäume in Baden-Württemberg (Waldzustandsbericht 2012) zu einem Raum-Zeit-Muster geführt, das anfänglich vom Einfluss versauerungsempfindlicher Standorte geprägt war und inzwischen, vor allem nach dem extrem trockenen Sommer 2003, auch verstärkt Kronenschäden auf gut versorgten, basenreichen Standorten erkennen lässt.

Häufigkeitsverteilung von kombinierten Schadstufen der WZE

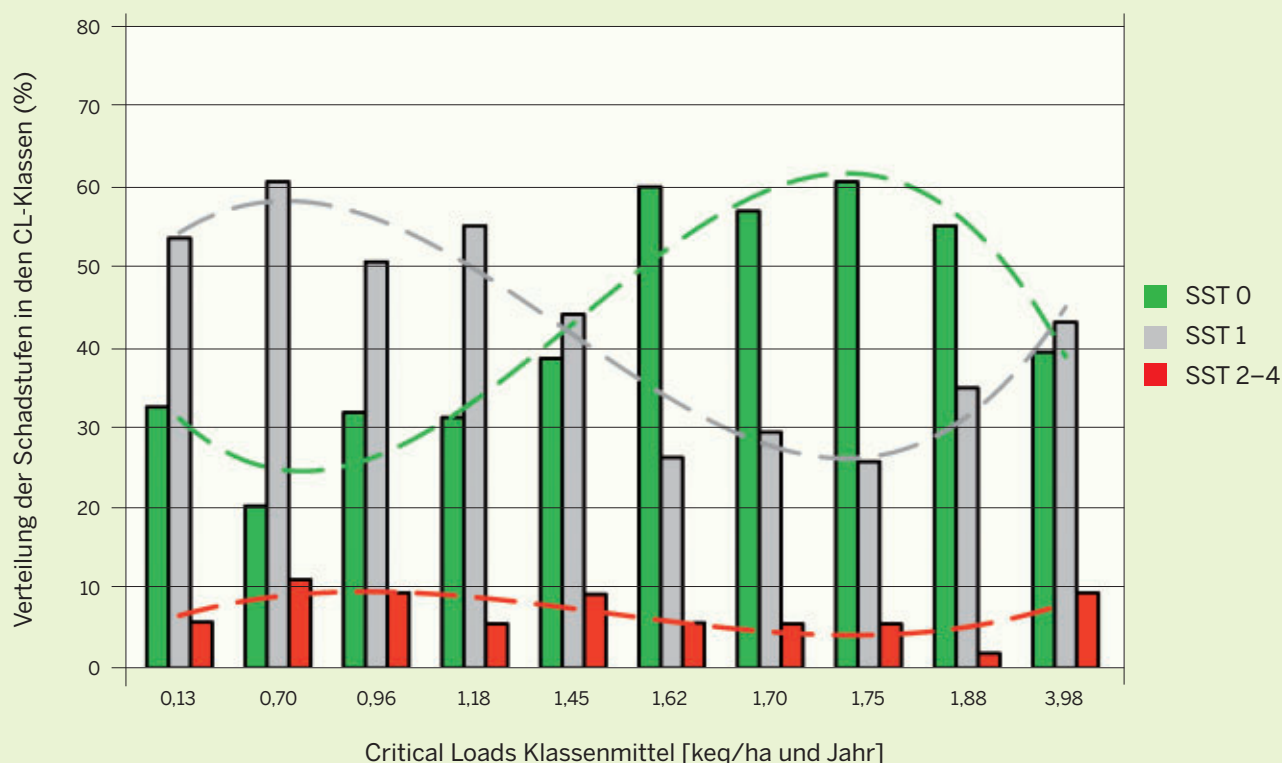


Abbildung 5: Häufigkeitsverteilung von kombinierten Schadstufen der WZE in den Jahren 1989–1991 über den CL-Werten für den Säureeintrag im Raster der BZE I (n = 498)

Zusammenfassung und Fazit

Die Erhebungen zur BZE und WZE werden in den gleichen Waldbeständen durchgeführt und bieten insofern eine gute Möglichkeit, in den Daten nach Zusammenhängen zwischen Boden, Standort und Kronenzustand zu suchen. Unverkennbar hängt die Kronenverlichtung in den Wäldern mit dem Alter der Bäume zusammen. Die Elastizität der Bäume, auf widrige Umwelteinflüsse zu reagieren, nimmt mit dem Alter ab. Im Zusammenhang mit der BZE wurde daher die vom Baumalter unabhängige Kronenverlichtung errechnet und näher betrachtet. Dabei zeigte sich auf Basis der BZE I, dass gut belaubte Baumkronen am häufigsten auf den besser versorgten Lehm Böden vorkommen, während die Belaubungsdichte auf den basenärmeren Lehm Böden und Sandstandorten einerseits sowie den Kalkverwitterungslehmen anderer-

seits auffällig zurückgeht. Auf Basis der BZE II ist eine Affinität zwischen überdurchschnittlicher Kronenverlichtung und einigen Standortmerkmalen wie Flachgründigkeit und Wechselfeuchte der Böden sowie warm-trockenem Waldklima und hohen Stickstoffeinträgen festzustellen. Auf solchen Standorten sind als Waldgesellschaften insbesondere der Eichen-Birken-, der Eichen-Hainbuchen- und der Waldmeister-Buchenwald vertreten. Insgesamt deutet die Standortanalyse auf ein erhöhtes Trockenstressrisiko hin, das besonders im südlichen Ostmünsterland, im Nordwesten des Münsterlandes und im Süden der Niederrheinischen Bucht zu bestehen scheint. Mit weiteren statistischen Auswertungsverfahren können die hier vorgestellten Ergebnisse objektiv abgesichert und zusätzliche Erkenntnisse gewonnen werden.



Fichtenkronen



Wald im Klimawandel – waldbauliche Handlungsempfehlungen zur Entwicklung klimaplastischer Wälder

Wegen der Langlebigkeit des Ökosystems Wald stellt der Klimawandel für die Forstwirtschaft, den Waldbau, eine besondere Herausforderung dar. Empfehlungen zur waldbaulichen Behandlung unserer Wälder müssen, unter Beachtung aller Prognoseunsicherheiten, so konzipiert werden, dass heute Entscheidungen getroffen werden, die auch morgen noch gültig sind. Damit sind bei aktuellen Waldbauplanungen Maßnahmen zu integrieren bzw. notwendig, die den Wald gegen zukünftige Störungen widerstandsfähiger und elastischer machen. Flexible Strategien, die alle möglichen Fälle berücksichtigen und eine kontinuierliche Anpassung ermöglichen, stehen im Vordergrund.

Modell mit Zukunft

Das Prinzip der naturnahen Waldbewirtschaftung ist ein Modell mit Zukunft. Dem naturnahen Wald wird u. a. im Vergleich zum Altersklassenwald eine geringere Anfälligkeit gegen biotische und abiotische Gefährdungen zugeschrieben. Voraussetzung dafür ist es, dass der Wald optimal auf den Standort abgestimmt sein muss. Ziel der

naturnahen Waldbewirtschaftung (vgl. Wald 2000) ist daher die Erhaltung und die Schaffung von standortgerechten, genetisch vielfältigen sowie in ihrem Artenspektrum und ihrem Aufbau reich strukturierten Mischbeständen mit hohen Laubholzanteilen, die kahlschlagfrei, dauerhaft und nachhaltig zu bewirtschaften sind.

Waldbauliche Handlungsoptionen

Neben der Beibehaltung der bisherigen Waldbewirtschaftung, z. B. in Beständen, die vom Klimawandel wenig betroffen bzw. mit Baumarten bestockt sind, die nicht vom Klimawandel betroffen sind und/oder eine hohe Widerstandsfähigkeit aufweisen, sind Überführungsstrategien, dynamische Anpassungsstrategien sowie Aus-

weichstrategien das Instrumentarium der naturnahen Waldbewirtschaftung im Klimawandel (Abbildung 1). Betriebswirtschaftlich erfolgreich zu arbeiten ist dabei genauso wichtig wie den Anliegen des Naturschutzes und dem Erholungsbedürfnis gerecht zu werden.

Baumartenvielfalt und Baumartenmischungen

Weil die genauen Auswirkungen des Klimawandels nicht bekannt sind, soll das Risiko für den Wald möglichst verteilt werden. Dies kann auf viele verschiedene Arten geschehen. Eine waldbauliche Handlungsoption ist das Streben nach Baumartenvielfalt und Baumartenmischungen, die möglichst gut an die künftigen Klimaverhältnisse angepasst sind. Die Standortamplitude bei den anzubauenden Baumarten muss so breit sein, dass sie nicht nur zu Beginn, sondern auch zum Erntezeitpunkt noch standortgerecht sind, also auch bei veränderten Umweltbedingungen. Auch im Wald der Zukunft gilt also das „eiserne Gesetz des Standörtlichen“ – mit der Einschränkung, dass der Standort nicht mehr „eisern“ ist.

Baumartenvielfalt ist eine Versicherung für die Zukunft. Mischbestände vergrößern die Reaktionsbreite der Ökosysteme und damit deren Stabilität bzw. deren Fähigkeit zum Abfedern von Umweltbedingungen. In Anpassung an die prognostizierten Klimaänderungen ist es notwendig, eine standortbezogene Förderung bestimmter Baumarten durchzuführen. Die unterschiedlichen Rassen, Herkünfte oder Ökotypen werden dabei besonders berücksichtigt, da diese sicher nicht einheitliche physiologische Grenzen haben. Dank des breiten genetischen Fächers vieler heimischer Baumarten kann der Waldbau auf Ökotypen setzen, die sich bisher schon in trockenen Gebieten bewährt haben.

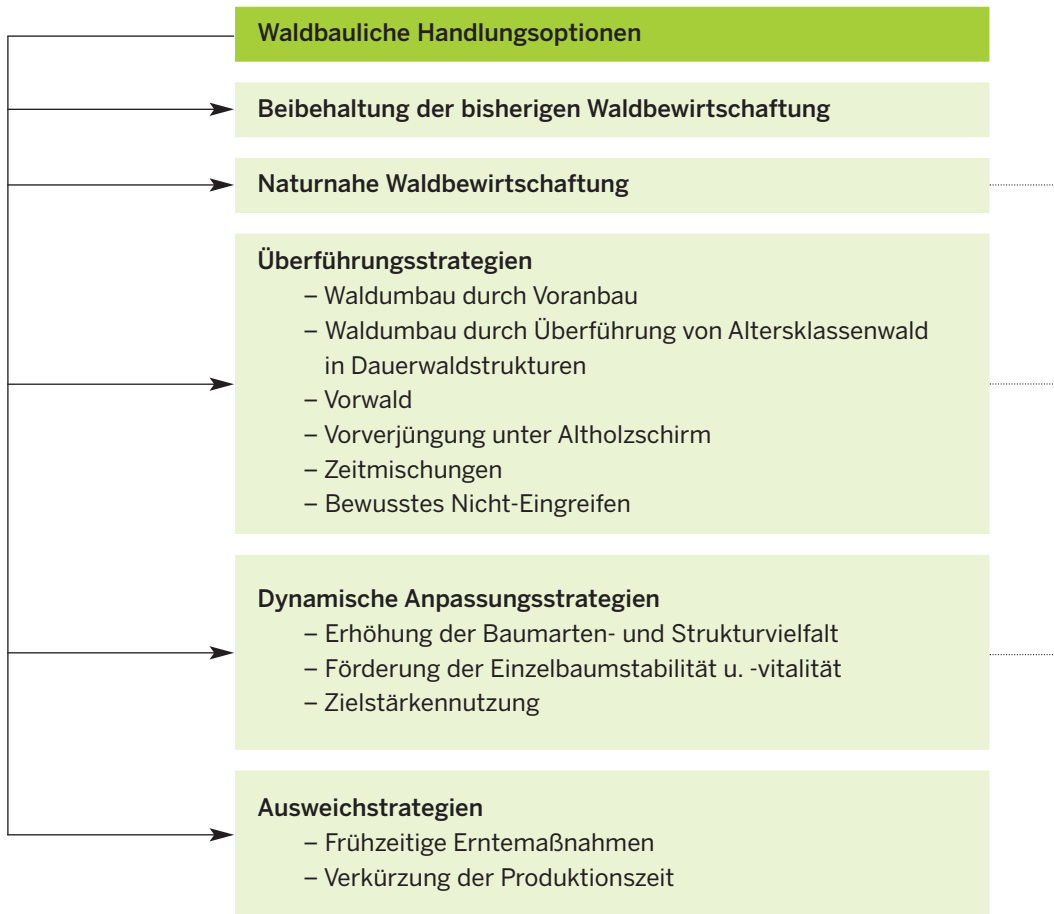


Abbildung 1: Waldbauliche Handlungsoptionen im Klimawandel (Leder, 2010)

Veränderung der Konkurrenz- und Wachstumsverhältnisse

Dem Wirtschaftler vor Ort ist dabei bewusst, dass die Erhaltung, Verbesserung und Neuschaffung von Mischbeständen Ziel einer naturnahen Waldbewirtschaftung ist und die Erhaltung der Mischung besonders auf Grenzstandorten durch forstliche Maßnahmen zunehmen wird. Alle forstlich bedingten Abwandlungen der Baumartenkombination der natürlichen Waldgesellschaften sind selbst bei unverändertem Klima langfristig nur über forstliche Maßnahmen zu erhalten. Bei Klimaänderungen, die mit einer Veränderung der Konkurrenz- und Wachstumsverhältnisse verbunden sind, wird sich die Intensität dieser Maßnahmen erhöhen. Wie intensiv die forstlichen Maßnahmen zur Förderung bestimmter Baumarten sein werden, hängt von der Fähigkeit der Baumarten ab, Standorte zu erobern, gegen die Konkurrenz anderer Baumarten zu verteidigen sowie einem Ausmerzungsdruck potenzieller Gefährdungsfaktoren der belebten und unbelebten Umwelt zu widerstehen. Durch die Klimaänderungen ist

mit einer Änderung der Konkurrenzverhältnisse und einem zusätzlichen Ausmerzungsdruck zu rechnen.

Bei der zukünftigen Baumartenwahl ist daher nicht nur die physiologische Amplitude (absolutes Potenzial), sondern auch die soziologisch-ökologische Amplitude, die ökologische Potenz unter Beachtung der Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Umweltbedingungen, entscheidend. Eine Baumart kann sich umso weiter ausbreiten, je konkurrenzstärker, je breiter ihre genetische Reaktionsnorm ist, je bodenvager sie ist, je fester sie sich im Boden verankern kann und je weniger sie durch Feinde gefährdet ist. Eine Baumart tritt umso mehr in den Hintergrund, je konkurrenzschwächer, je enger ihre Reaktionsnorm gegenüber Klimafaktoren ist, je stärker sie an bestimmte Bodeneigenschaften gebunden ist, je mehr im selben Raum konkurrenzstärkere Baumarten vorhanden sind, je labiler sie ist und je mehr sie durch Feinde gefährdet ist.

Baumartenwahl

Da Baumartenvielfalt und Baumartenmischungen im naturnahen Waldbau in erster Priorität durch Naturverjüngung erzielt werden sollen, muss ein entsprechendes Angebot an potenziellen Samenbäumen vorhanden sein. Damit dieses Angebot auch in Zukunft gesichert ist, sind Kenntnisse zum verjüngungsökologischen Faktorenkomplex (Verbreitungsbiologie, ökologische Rahmenbedingungen etc.) notwendig. Andererseits sind schon heute zur Sicherung der Verjüngung Baumarten mit großem Ausbreitungspotenzial (Weichlaubbaumarten, Pionierbaumarten) weniger häufig an der Baumartenkombination zu beteiligen als Baumarten mit geringerem Ausbreitungspotenzial. Begleitende waldbauliche Maßnahmen sind die Schaffung und Sicherung von Möglichkeiten der Verjüngung lichtliebender Arten incl. der Pionierbaumarten durch bestimmte Nutzungsformen (Loch-Saumhiebe).

Baumarten mit breiter ökologischer Amplitude

Im Rahmen der zukunftsorientierten naturnahen Waldwirtschaft gilt den trockenheits- und hitzetoleranten Baumarten besondere Aufmerksamkeit. Es sind dies Baumarten mit breiter ökologischer Amplitude, wie sie z. B. Pionierbaumarten (z. B. Birke, Vogelbeere, Aspe, Erle, Lärche, Kiefer, Schwarzkiefer) aufweisen. Diese Erstbesiedler (z. B. nach Störungen) werden auch in Zukunft aufgrund ihrer breiten Standortamplitude kaum Probleme

bereiten. Sie fristen im gesunden Wald ein eher unscheinbares Dasein. Falls es aber unter dem Klimawandel zu flächigen Ausfällen des Waldes kommt, können sie bei der Wiederbewaldung ökonomisch und ökologisch wertvolle Dienste leisten. Daher ist es empfehlenswert, heute auch solche Arten im Wald aufkommen zu lassen.

Wärmeliebende Baumarten

Baumarten, die seit je als südlichere oder kontinentalere Arten zur heimischen Pflanzenwelt gehören, bekommen eine besondere Bedeutung: Aufgrund der gegenwärtigen Konkurrenzbeziehungen fanden diese bisher nur suboptimale Wuchsbedingungen an einem Standort, im Falle eines Klimawandels gewinnen sie jedoch an Konkurrenzkraft. Dies trifft z. B. für die seltenen Baumarten (Sorbus-Arten, Wildobst, Nuss) zu. Ebenso wie Hainbuche, Winterlinde, Feld-Ahorn oder Kiefer gehören sie zu den wärmeliebenden Arten bzw. Arten, die auf warm-trockene Standorte spezialisiert sind.

In diesem Zusammenhang gilt zu beachten, dass heute Refugien für wärmebedürftige Gehölzarten erhalten bzw. vermehrt werden. Daher werden Waldränder eine zusätzlich Bedeutung erlangen (Beispiel: Elsbeere als Spezialstandort-Strategie).

Ein Beispiel: Waldbauliche Empfehlungen zur Behandlung der Eiche im Klimawandel

Förderung der Vitalität

Auf Standorten mit heute schon auftretendem Wasserstress steht die Förderung der Vitalität der Eiche durch konsequente Kronenpflege und Kronenausbau im Vordergrund waldbaulicher Maßnahmen. Diese wird nach dem Erreichen des astfreien Erdstammstückes gefördert. Z-Baum-orientierte Durchforstungsmodelle haben insbesondere bei einer geringen Anzahl von Z-Bäumen in den nicht durchforsteten Zwischenfeldern einen intensiven Selektionsprozess zur Folge. Einschränkend könnten sich hier jedoch der Schwachholzabsatz und die Kostendeckung bei der Erstdurchforstung auswirken.

Förderung der Naturverjüngung

Die Förderung der Naturverjüngung impliziert gleichzeitig die Verwendung geeigneter lokaler Herkünfte.

Diese haben sich bisher an die herrschenden Standortverhältnisse angepasst und zeigen oft gutes Wachstum. Naturverjüngung kann sich durch hohe genetische Vielfalt auszeichnen und bietet eine hohe Zahl von Bäumen für eine waldbauliche und natürliche Selektion. Hier ist die Wahrscheinlichkeit für das Vorkommen trockenstresstoleranterer Individuen höher als in Pflanzkulturen. Durch natürliche Selektion kommt es somit zur Anpassung an die sich ändernden Umweltbedingungen. Hiebsformen, die lange Verjüngungszeiträume durch Ausnutzung mehrerer Masten und kleinflächigeres Vorgehen (z. B. Lochhiebe) ausnutzen, sind ein wichtiges Instrument der Anpassung.

Förderung von Mischbaumarten

Eine waldbauliche Strategie im Klimawandel ist die Risikominimierung durch Baumartenvielfalt. Voraus-

setzung zur Erziehung von Eichen-Mischbeständen ist die Verwendung von Mischbaumarten, die sich durch eine geringe Anfälligkeit gegenüber dem Klimawandel auszeichnen. Hainbuche, Winterlinde, Feldahorn, Vogelkirsche, Elsbeere, Bergahorn, Spitzahorn, Sommerlinde, Feldulme, Kiefer, Sandbirke oder Aspe sowie die selteneren Wildobstarten sind auf entsprechenden Standorten Mischbaumarten zur Eiche. Gemeinsam ist diesen Arten die Toleranz gegenüber einem warm-trockenen Klima. Bei entsprechender Erziehung bie-

ten sie hervorragende Verwertungsmöglichkeiten als wertbringende Zeitmischungen.

Eichenmischwälder sind auch unter dem Gesichtspunkt biotischer Schäden stabiler als Eichenreinbestände. Damit Eichenmischwälder ökologisch und ökonomisch stabil sind, brauchen sie standort-gerechte Mischbaumarten. Darauf ist schon bei der Waldverjüngung zu achten. Im Zuge der Pflege und Durchforstung sind Mischbaumarten gezielt zu fördern bzw. nachträglich einzubringen (Unterbau!).

Fremdländische Baumarten

Eine weitere Möglichkeit zur Anpassung des Waldes an den Klimawandel kann das Einbringen von nicht standort-heimischen Baumarten (fremdländische Baumarten) sein. Diese finden wieder mehr Aufmerksamkeit z. B. in Gebieten, wo sie aufgrund ihrer größeren ökologischen Amplitude im Vergleich zur aktuellen Bestockung eine bessere Eignung und Anpassungsfähigkeit aufweisen. Waldbauliche Erfahrungen liegen inzwischen von einigen wenigen, bereits etablierten fremdländischen Baumarten vor. So wird die Douglasie vielerorts bereits als Fichten-Nachfolger beschrieben. Mit ihrem Herzwurzelsystem ist sie standfester als die Fichte, erträgt besser Trockenheit und die Holzeigenschaften zeichnen sich durch Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit aus.

Das invasive Potenzial dieser Baumarten ist hinreichend bekannt und wird bei einigen Baumarten dieser Kategorie häufig überschätzt. Anders z. B. bei der Robinie, bei der

das invasive Potenzial sehr hoch anzugeben ist. Der wärmeliebende Baum hat sich auf ärmeren Standorten bewährt. Die Rot-Eiche ist, im Vergleich zu unseren heimischen Eichen, durch ihre hohe Wuchsleistung gekennzeichnet. Sie erträgt Trockenheit sehr gut und wächst auch auf nährstoffarmen Böden. Die Küsten-Tanne, so zeigen neuere Untersuchungen, ist durch ihre hohe Holzquantität und -qualität gekennzeichnet. Der ökologisch höchst verträgliche Baum lässt sich gut mit der heimischen Buche mischen. Eine gute Anpassung an steigende Temperaturen weisen auch die Walnuss und die Edelkastanie auf.

Aufgrund der zurzeit laufenden Dokumentationen und Beurteilungen von fremdländischen Baumarten in NRW im Klimawandel unter besonderer Berücksichtigung waldbaulicher, nutzungsorientierter und naturschutzrelevanter Aspekte werden konkrete Hinweise zu den waldbaulichen Möglichkeiten erwartet.



Broschüre Waldzustandsbericht NRW 2013 – Kurzfassung –



Die Kurzfassung des Waldzustandsberichtes NRW 2013 liegt als Kleinbroschüre des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW vor und kann auf der Website des Ministeriums www.umwelt.nrw.de eingesehen, abgerufen und dort auch bestellt werden.

Impressum

Herausgeber

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV)
Referat Öffentlichkeitsarbeit

Fachredaktion

MKULNV, Referat III-2 Waldbau, Klimawandel im Wald,
Holzwirtschaft

Landesbetrieb Wald und Holz NRW
Lehr- und Versuchsforstamt Arnsberger Wald
Schwerpunkt Waldplanung, Waldinventur, Waldbewertung

Fachtexte

Landesbetrieb Wald und Holz NRW:
Lutz Falkenried
Dr. Bertram Leder
Dr. Mathias Niesar

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV):
Dr. Joachim Gehrmann
Christoph Ziegler

Gestaltung

dot.blue – communication & design

Stand

Oktober 2013

Ministerium für Klimaschutz,
Umwelt, Landwirtschaft, Natur-
und Verbraucherschutz des
Landes Nordrhein-Westfalen
Schwannstraße 3
40476 Düsseldorf
Telefon 02 11 45 66-0
Telefax 02 11 45 66-3 88
infoservice@mkulnv.nrw.de
www.umwelt.nrw.de

