

umwelt.nrw

#naturschutz

WALDZUSTANDSBERICHT 2019

Bericht über den ökologischen Zustand
des Waldes in Nordrhein-Westfalen

Langfassung

Die Waldzustandserhebung für Nordrhein-Westfalen ist Teil des forstlichen Umweltmonitorings NRW und trägt zur Umsetzung der Klimaanpassungsstrategie Wald NRW bei. Dieser Waldzustandsbericht ist zugleich Teil der Nachhaltigkeitsberichterstattung Nordrhein-Westfalen.

Wichtige Instrumente zur Umsetzung der Klimaanpassungsstrategie Wald sind das neue Waldbaukonzept NRW, die landesweite forstliche Standortkarte, die waldbezogenen Inhalte der NRW-Fachinformationssysteme zum Klimawandel und das Waldinformationssystem NRW (insbesondere das neue Internetportal Waldinfo.NRW).

Weitere Informationen finden Sie online:



www.umwelt.nrw.de



www.waldinfo.nrw.de

INHALT

VORWORT	5
DIE WALDZUSTANDSERFASSUNG 2019 – DIE WICHTIGSTEN ERGEBNISSE IM ÜBERBLICK	6
DIE VITALITÄT DER BAUMKRONEN 2019	10
DIE WITTERUNGS- UND BODENWASSER- VERHÄLTNISSE BIS ZUM SOMMER 2019	33
SCHÄDEN DURCH BORKENKÄFER, STURM UND BUCHENTROCKNIS	50
PHÄNOLOGISCHE BEOBACHTUNGEN AN WALDBÄUMEN 2019	60
DAS FORSTLICHE UMWELTMONITORING – 35-JÄHRIGES JUBILÄUM UND TOPAKTUELL	69
WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN	75
ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS	76
IMPRESSUM	78





AUF EIN WORT

Sehr geehrte Damen und Herren,

Wälder sind in vielerlei Hinsicht ein wertvolles Gut. Sie sind wichtig für den Bodenschutz und die Qualität von Wasser und Luft. Wälder tragen zum Schutz der Artenvielfalt bei und leisten einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Außerdem sind sie für die Erholung der Bevölkerung von großer Bedeutung. Für viele ihrer Besitzer sind nachhaltig genutzte Wälder eine gute Erwerbsgrundlage. Nicht zuletzt stellen sie den nachwachsenden Rohstoff für die Wertschöpfungsketten der Forst- und Holzwirtschaft zur Verfügung.

Diese Leistungen der Wälder sind derzeit leider gefährdet. Der ökologische Zustand der Wälder in Nordrhein-Westfalen zeigt in diesem Jahr den schlechtesten Wert seit Beginn der Erhebung vor 35 Jahren – schlechter sogar als im Dürrejahr 2018. Der auch für den Laien erkennbar schlechte Zustand der Wälder ist vor allem auf die extremen Witterungsbedingungen der letzten zwei Jahre zurückzuführen. Schwere Stürme, Hitzewellen und lang anhaltende Dürrephasen sind Vorboten des Klimawandels. Fehlende Niederschläge und hohe Temperaturen begünstigten das Auftreten von Schädlingen. Die schwerste Borkenkäferkalamität der vergangenen Jahrzehnte war die Folge.

Wissenschaftliche Prognosen gehen heute davon aus, dass extreme Witterungsbedingungen im Klimawandel noch viel häufiger auftreten werden. Hinzu kommt die langfristige Veränderung der Wuchsbedingungen für die Waldbäume bei steigenden Temperaturen und in verlängerten Vegetationsphasen. Das Risiko von Trockenstress wird steigen. Die Waldbewirtschaftung muss sich an die veränderten Bedingungen anpassen, damit sich die Wälder auch im Klimawandel vital und stabil entwickeln können. So verringert sich auch das wirtschaftliche Risiko für die Forstbetriebe.

Das Land Nordrhein-Westfalen setzt sich engagiert für die betroffenen Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer ein. Mit der „Schmallenberger Erklärung“ hat die Landesregierung ihre umfassende finanzielle und fachliche Unterstützung angeboten. Sowohl die Aufarbeitung als auch die Wiederaufforstung von geschädigten Flächen können finanziell gefördert werden. Die „Task Force-Käfer“ koordiniert die nötigen Maßnahmen. Neben finanziellen Fördermaßnahmen leistet das Land fachliche Unterstützung für die betroffenen Eigentümer. Das Waldbaukonzept NRW nimmt dabei die zentrale Rolle ein. Seine Empfehlungen umfassen die Wiederaufforstung von Schadflächen und die langfristige Umstellung auf klimastabile Wälder – standortgerechte und strukturierte Mischbestände aus überwiegend heimischen Baumarten. Die forstliche Standortkarte und viele weitere nützliche Informationen zum Wald und zum Waldbau sind online für jedermann verfügbar. Das Schulungsangebot zum Waldbaukonzept wird weiter ausgebaut.

Die heute erkennbaren Waldschäden sind sehr besorgniserregend. Die sich aus dem Klimawandel ergebenden Herausforderungen erfordern rasches und klares Handeln. Die Bewältigung der Generationenaufgabe „Wälder im Klimawandel“ muss jetzt beginnen. Das Land Nordrhein-Westfalen nimmt diese Herausforderung an. Ich bin fest überzeugt, dass es uns gelingen wird, die vielfältigen Funktionen des Waldes für die Natur, für die Menschen und als Klimaschützer zu erhalten.

Ihre

Ursula Heinen-Esser
Ministerin für Umwelt und Landwirtschaft,
Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen

DIE WALDZUSTANDSERFASSUNG 2019 – DIE WICHTIGSTEN ERGEBNISSE IM ÜBERBLICK



KRONENZUSTAND

Für die meisten Waldbäume hat das aktuelle Jahr keine Verbesserung gebracht. Das vorangegangene Extremjahr mit seinen klimatischen und biologischen Beeinträchtigungen ist 2019 in vielen Bereichen noch einmal übertroffen worden. Im Vergleich zum Vorjahr hat die deutliche Kronenverlichtung um 3 Prozentpunkte zugenommen und beträgt nun 42 Prozent. Der Anteil der ungeschädigten Bäume ist auf 19 Prozent zurückgegangen, während sich die schwache Kronenverlichtung wie im letzten Jahr bei 39 Prozent eingependelt hat.

Die Wetterbedingungen mit Hitze und Dürre haben viele Waldbäume wieder an ihre Grenzen gebracht.

Die Witterung, insbesondere im Frühjahr, war für die meisten Insekten ideal und hat zu einem starken Befall unserer vorgeschwächten Waldbäume geführt.

Die Mehrfachbelastungen haben sich gegenseitig verstärkt und so zum schlechtesten Waldzustand seit Beginn der Untersuchungen 1984 geführt.

Bei allen Bewertungen des Waldzustandes muss zudem bedacht werden, dass auch die Waldböden immer noch beeinträchtigt sind. Zwar konnten diverse Untersuchungen eine langsame Besserung des Bodenzustandes verzeichnen, jedoch kann von einer Wiederherstellung der Böden noch nicht gesprochen werden.

Die **EICHE** ist durch die mehrfachen Dauerbelastungen durch Insekten, Wasserstress, Pilzbefall, Hitze etc. stark geschwächt. Es sind kaum noch Reserven und Kraft zur Regeneration vorhanden. Erholungsphasen fehlten dieses Jahr erneut. Da konnte auch die deutlich reduzierte Fruktifikation kaum Abhilfe schaffen. Die Insekten waren aktiv und haben Blattschäden in den Baumkronen angerichtet. Erneut ist die Eiche die Baumart, die in NRW die deutlichste Kronenverlichtung zeigt.

Bei der **BUCHE** hat sich als einziger Baumart die Kronenverlichtung etwas gebessert. Die kräftezehrende Fruchtbildung ist bei ihr stark zurückgegangen. Bucheckern wurden nur im geringen Ausmaß gebildet. Neuerdings treten vermehrt Buchenborkenkäfer auf. In Verbindung mit weiterem Insektenbefall zeigten die geschwächten Buchen in diesem Jahr viele Schadsymptome. Regional gab es vermehrt absterbende Buchen, bei denen der zusätzliche Befall mit Pilzen eine größere Rolle gespielt hat. Trotz der Verbesserung der Verlichtungswerte befinden sich die Kronenbeeinträchtigungen auf einem hohen Niveau.

Für die **FICHTE** ist dieses Jahr besonders schwerwiegend. Die Frühjahrs- und Sommertrockenheit hat ihr wieder stark zu schaffen gemacht. Durch ihr flaches Wurzelsystem stellte sich Wasserstress sehr schnell ein. Das enorme Problem ist jedoch die Massenvermehrung der Borkenkäfer, die die Fichte extrem schädigen und in großer Zahl zum Absterben bringen. Abwehrmechanismen sind bei den geschwächten Bäumen kaum mehr vorhanden. Die deutliche Kronenverlichtung zeigt wieder die höchsten Werte seit Beginn der Untersuchungen.

Die **KIEFER** hat sich im Vergleich zum Vorjahr nur gering verschlechtert. Der Kronenzustand entspricht in etwa den Vorjahreswerten. Neben den witterungsbedingten Beeinträchtigungen hat sie in diesem Jahr häufiger unter Pilzbefall gelitten. Auch Käferbefall kam regional zunehmend vor. Obwohl die Kiefer unter den Hauptbaumarten die geringsten Schadwerte aufweist, ist ihre Kronenverlichtung in diesem Jahr so gravierend, wie sie in der ganzen Zeitreihe von 1984 an nicht vorgekommen ist.



Eine Blattgeschwulst, die durch die Buchengallmücke (*Mikiola fagi*) verursacht wurde.

WITTERUNG UND BODENWASSER

In NRW stellten die Monate April bis August 2018 die wärmsten sowie die zweit-sonnenscheinreichsten (Messbeginn 1951) und zugleich mit die niederschlagsärmsten Monate seit Beginn der DWD-Messungen 1881 dar. Erst der ausgiebige Niederschlag im Dezember 2018 sorgte dafür, dass sich die Bodenwasserspeicher allmählich wieder füllten. Die 13-monatige Folge von überdurchschnittlich warmen Monatsmitteltemperaturen wurde im Mai 2019 unterbrochen. Anschließend folgten wiederum drei außergewöhnlich warme, sonnenscheinreiche und trockene Sommermonate, die mehrere neue Wetterrekorde verzeichneten. In den für das Baumwachstum wichtigen Monaten April bis August fielen nur 64 Prozent (239 mm) des üblichen Niederschlags. Gleichzeitig lag die mittlere Temperatur mit 15,7 °C fast 2 °C über dem Referenzwert.

Die Witterungsbedingungen während der Vegetationszeit waren somit erstmalig seit Beginn der Aufzeichnungen zwei Jahre in Folge durch außergewöhnliche Hitze und Trockenheit gekennzeichnet. Waldstandorte weisen, u. a. aufgrund unterschiedlicher Bodenbeschaffenheiten und Wasserhaushalte, unterschiedliche Empfindlichkeiten gegenüber Dürreereignissen auf. Fast ein Viertel (23 %) aller Waldflächen in NRW können nach ersten Auswertungen der Forstlichen Standortkarte als mittel bis hoch bzw. hoch dürrrempfindlich eingestuft werden.

Die exemplarische Betrachtung des Bodenwasserhaushaltes von vier Level-II-Flächen aus dem intensiven forstlichen Umweltmonitoring und der Werte einer



Das Wetter in diesem Jahr hat dem Wald erneut stark zugesetzt.

Bodenfeuchtemessstation im Wald zeigt, dass, obwohl die Temperatur- und Niederschlagsabweichungen 2019 vom langjährigen Mittel der Flächen regional verschieden waren, die Flächen verschiedene Eigenschaften bzgl. Boden und Bewuchs aufweisen und die Böden mit gut gefüllten Wasserspeichern in die Vegetationsperiode 2019 gestartet sind, im Sommer 2019 eine tiefgründige und anhaltende Austrocknung der Böden aller Flächen vorlag, die nur etwas geringer ausfiel als im Rekordjahr 2018.

Die Wasserversorgungsindikatoren weisen z. T. auf einen erheblichen Wasserstress in den Jahren 2018 und 2019 hin, der eine außergewöhnliche Belastung für die Waldbäume in NRW darstellt. Die Reaktion der Waldbäume auf den Wasserstress sowie die Toleranz hängt von verschiedenen Faktoren ab, u. a. von der Baumart. Die untersuchten Laubholzbestände verringerten ihre Verdunstung durch Blattrollen oder frühzeitigen Blattabwurf, was wiederum mit einer Reduktion der Photosynthese und damit mit einer reduzierten Produktion von energiereichen organischen Stoffen einhergeht. Dies kann zu einer Schwächung des Baums führen, die ggf. erst im Folgejahr zum Tragen kommt.

Die benachbarten Fichtenbestände litten unter so großem Wasserstress, dass sie sich nicht mehr gegen eindringende Borkenkäfer zur Wehr setzen konnten und 2019 abgestorben sind. Die Kombination von zwei extremen Hitze-Dürre-Jahren in Folge stellt eine neue Situation dar, die die Bodenwasserhaushaltssituation und die entsprechende Wasserverfügbarkeit für die Wälder stark beeinträchtigt. Die Folgen für die Wälder in NRW sind bisher nicht im vollen Umfang absehbar.

WALDSCHUTZ

Durch die Frühjahrsstürme und Hitze sowie Dürre 2018 begann eine Borkenkäfermassenvermehrung, die sich auch im Jahr 2019 fortsetzte. Aufgrund des letzten warmen Winters konnten die Käfer fast ungehindert überwintern und die in ihrer Vitalität weiterhin sehr geschwächten Fichten in hohen Dichten befallen. Die Borkenkäferkatastrophe hat in diesem Jahr in Nordrhein-Westfalen zu vielen absterbenden Fichten geführt. So sind 2019 mehr als 12 Millionen Festmeter Borkenkäferschadholz angefallen. In vielen Gebieten, wie beispielsweise den Niederungen des Regionalforstamtes Soest-Sauerland – in diesem Forstamt sind allein 3 Mio m³ Käferholz angefallen –, lösen sich die Fichtenbestände aufgrund des Befalls fast vollständig auf. Diese Holzmassen zeitnah einzuschlagen und zu verkaufen, war aufgrund fehlender Holzeinschlags-

unternehmen sowie Logistikproblemen und fehlender Vermarktungsmöglichkeiten in diesem Jahr nicht möglich. Die Borkenkäfer Buchdrucker und Kupferstecher bildeten in diesem Jahr in höheren Lagen zwei und in wärmeren Gegenden Nordrhein-Westfalens drei Generationen. Im nächsten Jahr werden dieser Borkenkäferkatastrophe weiterhin Millionen Fichten zum Opfer fallen. Durch die zwei Stürme „Eberhard“ und „Dragi“ fielen rund 500.000 m³ Fichtenschadholz an. Verglichen mit dem Vorjahressturm „Friederike“ ist in diesem Jahr somit rund ein Viertel der Sturmmenge des Jahres 2018 angefallen.

Mit Hilfe der Satellitenaufnahmen des europäischen Copernicus-Programms konnten digitale Landkarten entwickelt werden, welche die Vitalität der Bäume in unterschiedlichen Farbstufen darstellen. Hier ist sehr deutlich die Fichten-Vitalitätsabnahme der Jahre 2018 und 2019 gegenüber dem Jahr 2017 zu erkennen. Die Daten sind für jedermann online über das Portal www.waldinfo.nrw.de unter dem Thema „Waldschäden und Gefahrenabwehr/ Vitalitätsabnahme“ frei zugänglich.

Vor allem in Ostwestfalen und im Münsterland kam es in diesem Jahr an Buchen zu einem deutlich erkennbaren Absterben von Kronen und sogar ganzen Bäumen. Die Ursache ist auf Trocknisschäden zurückzuführen, die bereits im niederschlagsarmen Jahr 2018 ihren Anfang nahmen. Zumeist treten die Schäden in Buchenaltbeständen auf. Dort kommt es in der Krone und am Stamm zu einer schnellen Ausbreitung von Rinden- und Holzfäulepilzen. Weiterhin zeigen die Bäume teilweise aus der Rinde austretenden Schleimfluss und werden von Insekten wie Buchenborkenkäfer und Prachtkäfer befallen. In den betroffenen Wäldern werden auch in den nächsten Jahren weitere Buchen absterben.



Borkenkäfer bei der Arbeit – die braunen Bohrmehlhaufen stammen aus den Fraßgängen unter der Rinde.

PHÄNOLOGIE

Im Rahmen des intensiven forstlichen Umweltmonitorings werden in Nordrhein-Westfalen phänologische Beobachtungen an Waldbäumen durchgeführt. Die phänologischen Entwicklungserscheinungen stehen in einer engen Beziehung zur Witterung und da insbesondere zum Temperaturverlauf.

Das Austriebsverhalten der Bäume und die Länge ihrer Vegetationszeit stellen daher wichtige Weiser im Rahmen der Untersuchungen zum Klimawandel dar. Durch ein hinsichtlich des Temperaturverlaufs sehr wechselhaftes Frühjahr mit außergewöhnlich warmen Temperaturen zu Beginn und kühlen Temperaturen im Mai sind Buchen und Eichen im Jahr 2019, wie bereits 2018, relativ früh (Mitte April) ausgetrieben, während der Austrieb der Fichten 2019 recht spät erfolgte.

Der Trend zu einer längeren Vegetationszeit von Buche und Eiche hat sich durch das Jahr 2018 zusätzlich verstärkt. Für die Eiche lag 2018 sogar die längste bisher beobachtete Vegetationszeit vor. Längere Vegetationszeiten bedeuten für die Bäume, dass die Transpirationszeit und damit der Wasserbedarf zunehmen. In Trockenjahren wie 2018 und 2019 kann dies zu verschärftem Wasserstress führen.

Die Intensität der Blüte war bei den Baumarten sehr unterschiedlich, insgesamt jedoch geringer als im Vorjahr. Zum ersten Mal seit Beginn der Beobachtungen wurde jedoch eine vergleichsweise ausgeprägte Fruchtbildung bei der Eiche und insbesondere bei der Buche beobachtet, die auf ein Mastjahr (2018) folgte. Für die Ausbildung von Früchten muss der Baum große Mengen an Energie zur Verfügung stellen. Für Buche und Eiche kann aus der Phänologie unter Berücksichtigung der Witterungsextreme abgeleitet werden, dass die Jahre 2018 und 2019 Ausnahmejahre bezüglich der Wasser- und Energieversorgung darstellen.

FORSTLICHES UMWELTMONITORING

Das forstliche Umweltmonitoring (ForUm) ist aus der Debatte über die „neuartigen Waldschäden“ in den 1980er Jahren hervorgegangen. Die übergeordneten Ziele des ForUms liegen in

- 1) der Untersuchung des Status und der Entwicklung der erfassten Waldökosysteme und
- 2) der Analyse von Ursachen-Wirkungszusammenhängen.

Daher basiert das ForUm auf zwei sich ergänzenden Säulen, der landesweit repräsentativen Erhebung auf einem systematischen Stichprobennetz (Level I) und dem intensiven Monitoring auf ausgewählten Dauerbeobachtungsflächen (Level II).

Das Level-I-Programm in NRW umfasst die Waldzustandserhebung, die in diesem Jahr ihr 35-jähriges Jubiläum feiert und damit bundesweit den ältesten Baustein des ForUms darstellt, sowie die Bodenzustandserhebung und die immissionsökologische Waldzustandserhebung.

Das intensive Monitoring vertieft die Erhebungen und Erkenntnisse aus dem Level-I-Monitoring. Seit 1985 ist das ForUm in das europaweite Monitoring eingebunden. In Zeiten, in denen in den Medien von einem „Waldsterben 2.0“ gesprochen wird, ist das ForUm topaktuell und dringend erforderlich, um einen wissenschaftlichen Beitrag zur Diskussion zu liefern. Anders als in den 1980er Jahren, gewinnen die Ergebnisse des ForUms im Hinblick auf Auswirkungen des Klimawandels auf Waldökosysteme in NRW an Bedeutung. Doch auch die Versauerung der Waldböden ist kein Thema von gestern und bedeutet zusätzlichen Stress für die Waldbäume in Zeiten des Klimawandels. Eine fortlaufende Beobachtung der Waldökosysteme im Rahmen des ForUms ist deshalb weiterhin unverzichtbar.



Jüngere Fichten sind vielerorts weniger von Borkenkäfern befallen worden.

DIE VITALITÄT DER BAUMKRONEN 2019



Die Vitalität von Waldbäumen lässt sich gut am Zustand ihrer Kronen ablesen. Zur Einschätzung der Beschaffenheit der Baumkronen wurde im Juli und August 2019 eine Zustandserfassung auf der gesamten Waldfläche Nordrhein-Westfalens durchgeführt.

Neben dem Nadel-/Blattverlust bewertet die Waldzustandserfassung verschiedenste Indikatoren, die Einfluss auf das Erscheinungsbild der Baumkronen haben. Dazu zählen besonders Vergilbung, Fruktifikation sowie weitere biotische und abiotische Faktoren.

Für die jährlichen Erhebungen zum Waldzustand sind für den Gesamtwald in NRW seit 1984 Stichprobenpunkte im Raster von 4 x 4 km festgelegt worden.

Dabei werden aktuell an 560 Stichprobenpunkten mehr als 10.300 Einzelbäume untersucht. Die Probestämme sind dauerhaft markiert und werden regelmäßig von forstlichen Spezialisten aufgenommen.

Durch die kontinuierlichen Untersuchungen sind nicht nur Aussagen zum aktuellen Jahr möglich, sondern es können besonders gut die langjährigen Trends bei den einzelnen Baumarten durch Zeitreihen dargestellt werden. Diese Erhebungen vermögen zudem wichtige Informationen zur aktuellen Diskussion zu den möglichen Auswirkungen des prognostizierten Klimawandels beizusteuern. Zudem steht damit über einen längeren Zeitraum wertvolles Datenmaterial für das forstliche Umweltmonitoring zur Verfügung.

DATEN FÜR DEN BUNDES-DEUTSCHEN UND EUROPÄISCHEN WALDZUSTANDSBERICHT

Im Raster von 16 x 16 km erfolgt eine zusätzliche Stichprobenerhebung, deren Daten für den bundesweiten Waldzustandsbericht verwendet werden. Alle Bundesländer steuern dazu ihre Erhebungsergebnisse bei.

Die deutschen Ergebnisse finden zudem Eingang in europäische und internationale Berichte zum Waldzustand.

HAUPTERGEBNISSE

Bereits im letzten Jahr musste für die Wälder in Nordrhein-Westfalen der schlechteste Waldzustand seit Beginn der Untersuchungen im Jahre 1984 festgestellt werden.

In diesem Jahr hat sich der Waldzustand als Summe über alle Baumarten noch einmal verschlechtert. Im Vergleich zum Vorjahr hat die deutliche Kronenverlichtung um 3 Prozentpunkte zugenommen und beträgt nun 42 Prozent. Der Anteil der ungeschädigten Bäume ist auf 19 Prozent gesunken, während sich die schwache Kronenverlichtung wie im letzten Jahr bei 39 Prozent eingependelt hat (Abb. 1).

VERLICHTUNGSSTUFEN

Die Klassifizierung der Kronenverlichtung erfolgt gemäß der nachstehenden bundesweit einheitlichen Tabelle (Tab. 1). Unter Einbeziehung von Vergilbungsstufen entstehen daraus die kombinierten Schadstufen. Dabei werden die Stufen 2 bis 4 zur „deutlichen Kronenverlichtung“ zusammengefasst.

In den folgenden Grafiken werden die Verlichtungsstufen zur besseren Übersicht gruppiert und in Ampelfarben dargestellt.

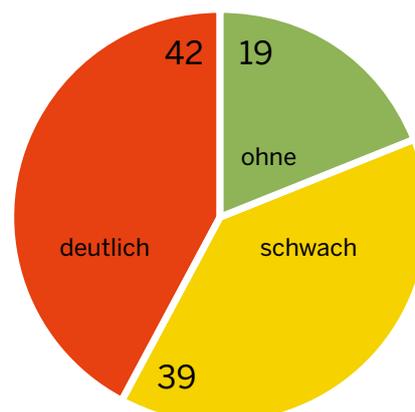
➔ TABELLE 1

Kronenverlichtung in Stufen

Schadstufe	Verlichtung	Bezeichnung
0	0–10 %	ohne Kronenverlichtung
1	11–25 %	Warnstufe (schwache Kronenverlichtung)
2	26–60 %	mittelstarke Kronenverlichtung
3	61–99 %	starke Kronenverlichtung
4	100 %	abgestorben

➔ ABBILDUNG 1

Prozentuale Verteilung der Kronenverlichtung für die Summe aller Baumarten in NRW



Die deutliche Kronenverlichtung ist im letzten Jahr sprunghaft angestiegen. In diesem Jahr hat sie nicht nur das schlechte Niveau gehalten, sondern sich sogar noch weiterhin verschlechtert. Wie in Abbildung 2 (S. 13) zu erkennen ist, hat sie erneut einen Höchstwert erreicht.

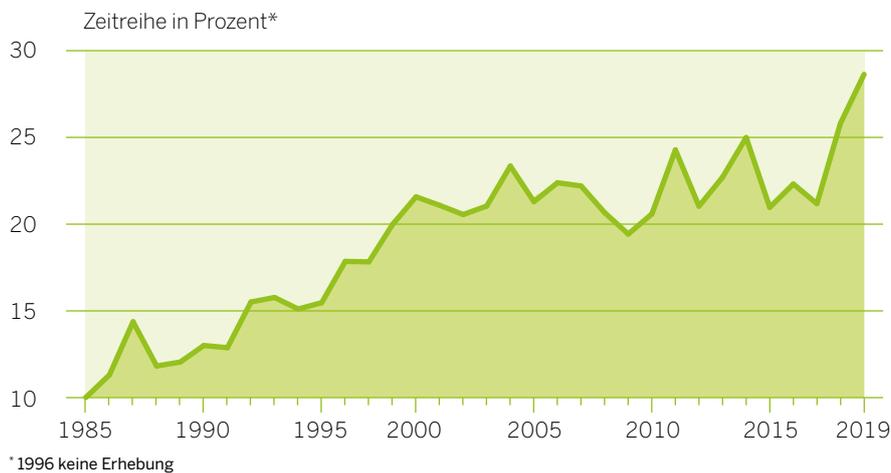
Der Anteil der Kronen ohne Verlichtung hat sich ebenfalls verschlechtert. Auch hier sind die tiefsten Werte in der ganzen Zeitreihe erreicht worden.

Mit 39 Prozent liegen die Werte der Warnstufe im mittleren langjährigen Bereich.

Neben der Sichtweise auf Verlichtungsstufen gewährt die Darstellung von Mittelwerten einen Einblick in den durchschnittlichen Schadverlauf der Baumarten. In diesem Jahr hat der mittlere Nadel-/Blattverlust einen neuen Höhepunkt erreicht. Mit über 28 Prozent haben sich die bisher höchsten Werte in der Zeitreihe eingestellt (Abb. 3). Die Grafik zeigt zudem, dass die Verlustwerte insgesamt über die Jahre prinzipiell stetig zugenommen haben.

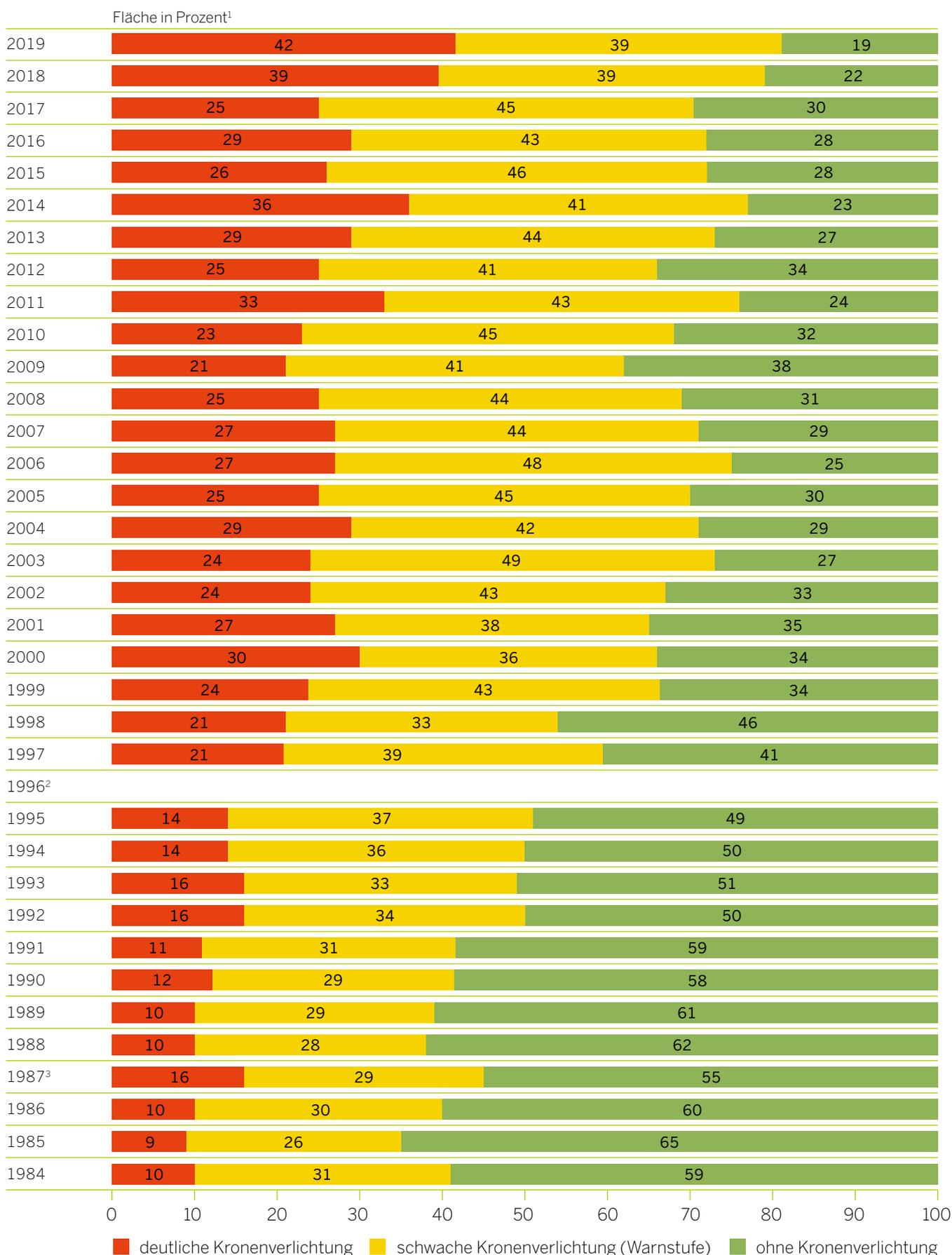
➔ ABBILDUNG 3

Mittlerer Nadel-/Blattverlust aller Baumarten



Etliche Waldbäche und Rinnsale sind in diesem Sommer ausgetrocknet.

Entwicklung des Kronenzustandes aller Baumarten | 1984 bis 2019



¹ Durch Rundungsdifferenzen können in einzelnen Jahren kleine Abweichungen in der Gesamtsumme entstehen; ² kein Landesergebnis; ³ nur bedingt mit den übrigen Jahren vergleichbar

ABSTERBERATE

Für den Gesundheitszustand des Waldes ist die Absterberate ein grundlegender Indikator. In ihn gehen die Bäume der Schadstufe 4 ein. Von den ca. 10.300 untersuchten Bäumen waren in diesem Jahr etwa 2,4 Prozent abgestorben. Die Werte der Absterberate bewegten sich in der Zeitreihe bisher in einem engen Fenster zwischen 0,07 Prozent als Minimum und 0,44 Prozent als Maximalwert.

Im Mittel über alle Jahre lag die Absterberate bis zum letzten Jahr bei 0,21 Prozent.

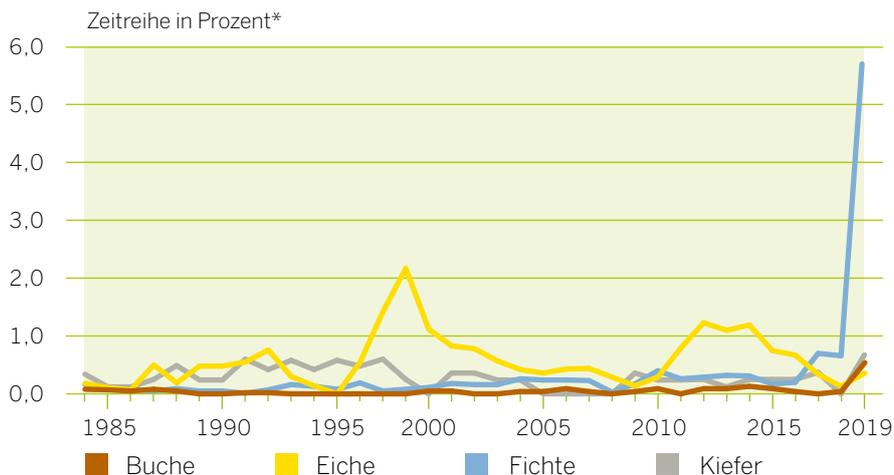
In diesem Jahr ist die Absterberate mehr als 10-fach höher als das bisherige langjährige Mittel. Hier beginnen

sich die in der jüngeren Vergangenheit angebahnten und durch die beiden letzten Extremjahre beschleunigten Schädigungen des Waldes in verstärktem Maße auszuweiten. Es muss damit gerechnet werden, dass die extremen Einflussfaktoren auf den Wald auch in den Folgejahren vermehrt nachwirken werden.

2019 ist es bei allen Baumarten zu einem starken Anstieg der Absterberate gekommen (Abb. 4). Die höchste Zunahme findet sich bei der Fichte, die mit 5,7 Prozent enorm zugenommen hat und aus allen anderen Baumarten beträchtlich herausragt. Der aktuelle Fichtenwert ist damit fast 30-mal höher als das bisherige langjährige Mittel.

ABBILDUNG 4

Absterberaten aller Baumarten



* 1996 keine Erhebung



Die abgefallenen Fichtenzapfen der starken letztjährigen Mast bedecken in vielen Wäldern den Boden. Aus den Samen werden etliche neue Bäume keimen.

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

Abbildung 5 (S. 16) zeigt, dass bei den Hauptbaumarten das Maximum der Häufigkeit ihrer Verlichtungsprozente eher im gelben Bereich zwischen 10 und 25 Prozent liegt. Die Kiefer ragt dabei mit einer deutlichen Spitze heraus. Bei der Eiche hingegen spiegelt sich der schlechte Kronenzustand auch im Verlauf ihrer Kurve wider. Die hohen Verlichtungsprozente des Vorjahres haben sich aktuell mit einer Steigerung im roten Bereich fortgesetzt.

Bei der Fichte erkennt man, dass auch hier bei den höheren Verlichtungsprozentsen die Kurve zunächst recht langsam abfällt. Im Vergleich zum Vorjahr hat sich erneut eine Verschiebung zu einer gesteigerten Verlichtung vollzogen.

Bei der Buche zeigt die Kurve zwischen 10 und 25 Prozent einen Plateau-effekt, bei dem sie fast waagrecht verläuft, um dann erst anschließend langsam abzufallen.

Von der Kiefer abgesehen, haben unsere Hauptbaumarten kaum fruktifiziert (Abb. 6, S. 16). Nach einer stärkeren Samenbildung im Vorjahr hat besonders die Eiche nun eine Pause eingelegt. Bei der Buche sind nur gelegentlich Bucheckern ausgebildet worden. Bemerkenswert ist das fast vollständige Fehlen von Zapfen bei der Fichte. Sie hat nach der stärkeren Fruchtbildung im letzten Jahr und unter den hohen Belastungen des aktuellen Jahres keinerlei neue Samen ausgebildet.



TABELLE 2

Schadstufen je Baumartengruppe | 2019

Ergebnisse der Waldzustandserfassung (in Klammern Vergleichsdaten aus 2018)

Baumart	Baumartenfläche nach Landeswaldinventur in Hektar	Anteile der Schadstufen in Prozent		
		0 ohne Kronenverlichtung	1 schwache Kronenverlichtung	2–4 deutliche Kronenverlichtung
Fichte	260.700	22 (27)	36 (36)	42 (37)
Kiefer	65.500	11 (12)	59 (60)	30 (28)
Sonstige Nadelbäume	51.200	36 (40)	37 (40)	27 (20)
Summe Nadelbäume	377.400	22 (26)	40 (40)	38 (34)
Buche	167.900	18 (17)	41 (35)	41 (48)
Eiche	136.300	12 (15)	31 (35)	57 (50)
Sonstige Laubbäume	200.600	18 (20)	42 (43)	40 (37)
Summe Laubbäume	504.800	16 (18)	39 (38)	45 (44)
Summe NRW	882.200	19 (22)	39 (39)	42 (39)



ABBILDUNG 5

Verteilung der Nadel-/Blattverluste bei den Hauptbaumarten | 2019

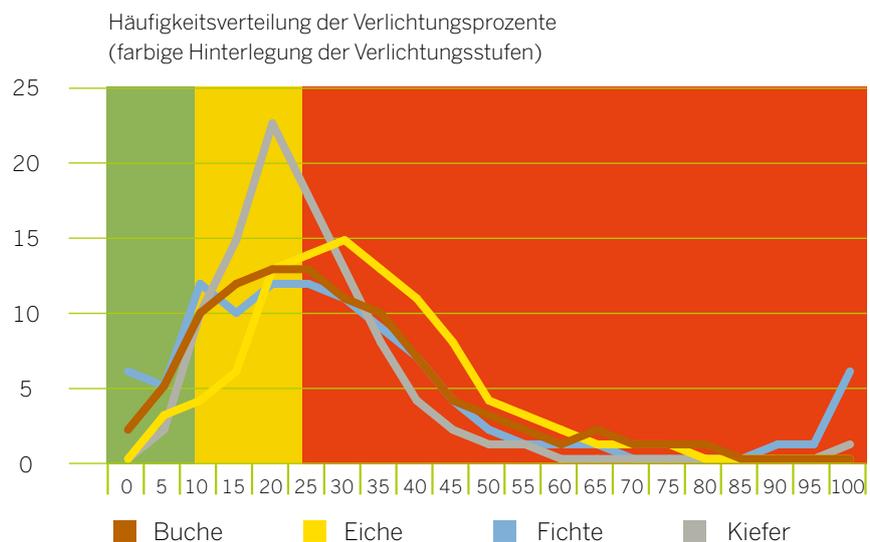
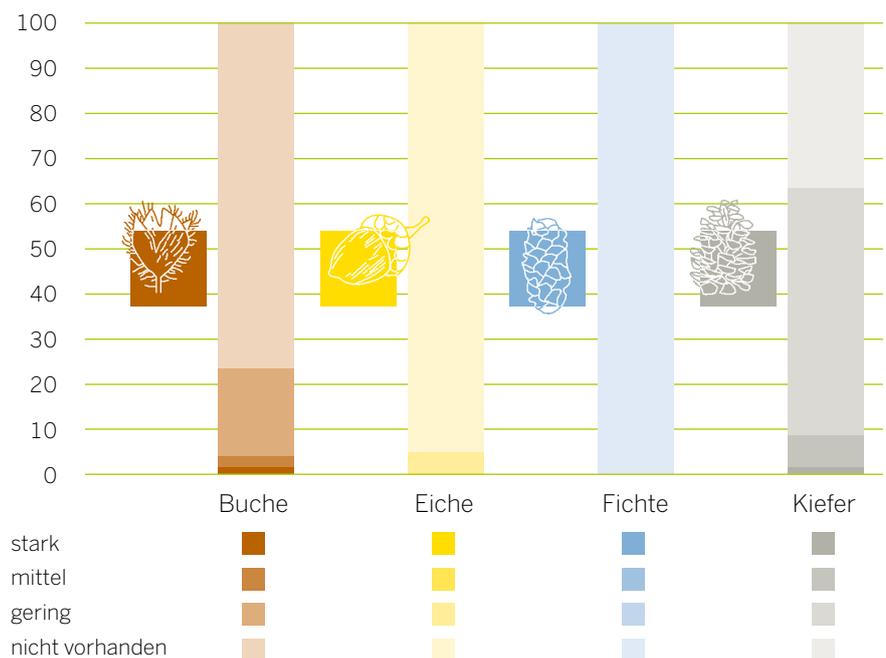


ABBILDUNG 6

Anteil der Fruktifikation je Baumart | 2019

Angaben in Prozent





EICHE

So schlecht wie in diesem Jahr ist es der Eiche im gesamten Untersuchungszeitraum noch nie ergangen. Nur noch 12 Prozent der Bäume zeigen keine Kronenverlichtung (Abb. 7, S. 18). Nach der drastischen Erhöhung der deutlichen Schäden im letzten Jahr sind diese jetzt erneut um 7 Prozentpunkte gestiegen und betragen nun 57 Prozent. In der Warnstufe der schwachen Kronenverlichtung befinden sich 31 Prozent der Eichen.

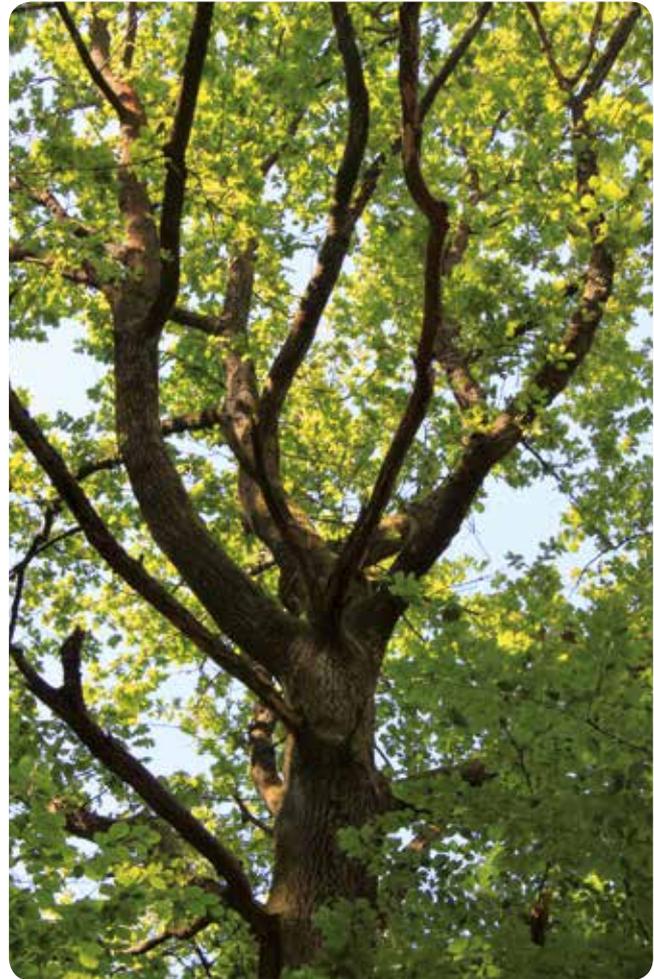
Damit zählt die Eiche im Rahmen der Waldzustandserfassung erneut zur der am stärksten beeinträchtigten Baumart in NRW.

Die langjährige Kette von wiederkehrenden Ereignissen, die die Eiche stark unter Stress gesetzt haben, wie z. B. Insektenfraß, Dürre, Stürme, Pilzbefall, häufige Fruktifikation etc., zeigt in diesem Jahr abermals Wirkung.

In den letzten Jahren hatte die Eiche (wie aber auch die meisten anderen Waldbäume) kaum eine Chance zur Erholung. Ein Schadereignis folgte auf das andere, häufig kombiniert und sich gegenseitig verstärkend.

Die Widerstandskraft der Bäume ist unter der Dauerbelastung zurückgegangen. Es gibt immer weniger Kraft und Reserven zur Regeneration.

Eichen können mit ihrem tief reichenden Wurzelwerk der Trockenheit prinzipiell etwas besser begegnen als andere Baumarten. Jedoch war das Ausmaß der Sommertrockenheit diesjährig stellenweise so groß, dass die Eichen trotzdem sehr schnell unter Wasserstress geraten sind. Da schon das Vorjahr ein Trockenjahr gewesen ist, unter dem die Bäume gelitten haben, führte das zu einer gesteigerten Empfindlichkeit für den partiellen Wassermangel.



Eine starkastige Eiche lässt im Frühjahr Lücken im Blattwerk erkennen.

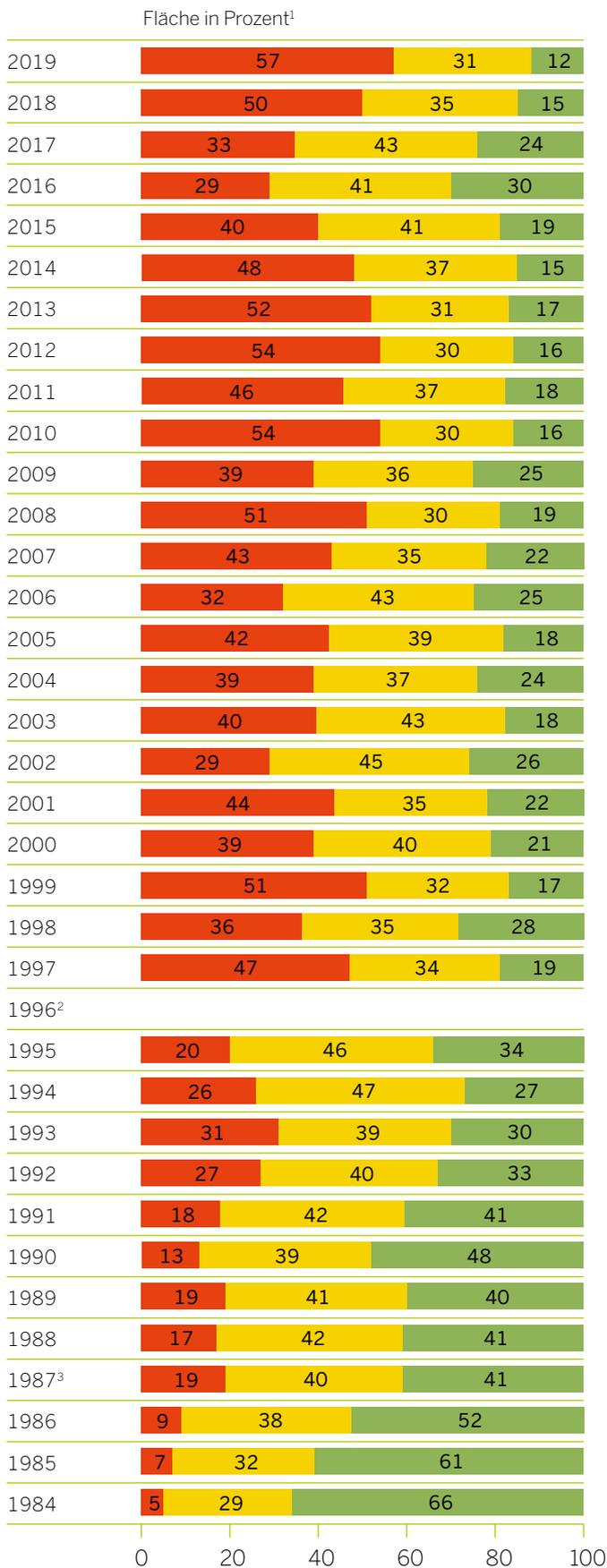
Besonders junge Bäume haben unter der diesjährigen Sommertrockenheit stärker gelitten. Viele Eichenkulturen sind vertrocknet und haben den Sommer nicht überlebt.

Das Frühjahr hat die Entwicklung der Insekten der vielfältigen Eichenfraßgesellschaft begünstigt. Vor allem die Raupen der Schmetterlinge Eichenwickler (*Tortrix viridana*) und Frostspanner (*Operophtera brumata* / *Erannis defoliaria*) konnten sich gut vermehren und haben einen stärkeren Blattfraß in den Eichenkronen erzeugt (Abb. 8, S. 19).



ABBILDUNG 7

Entwicklung der Kronenverlichtung bei Eichen | 1984 bis 2019



- deutliche Kronenverlichtung
- schwache Kronenverlichtung (Warnstufe)
- ohne Kronenverlichtung

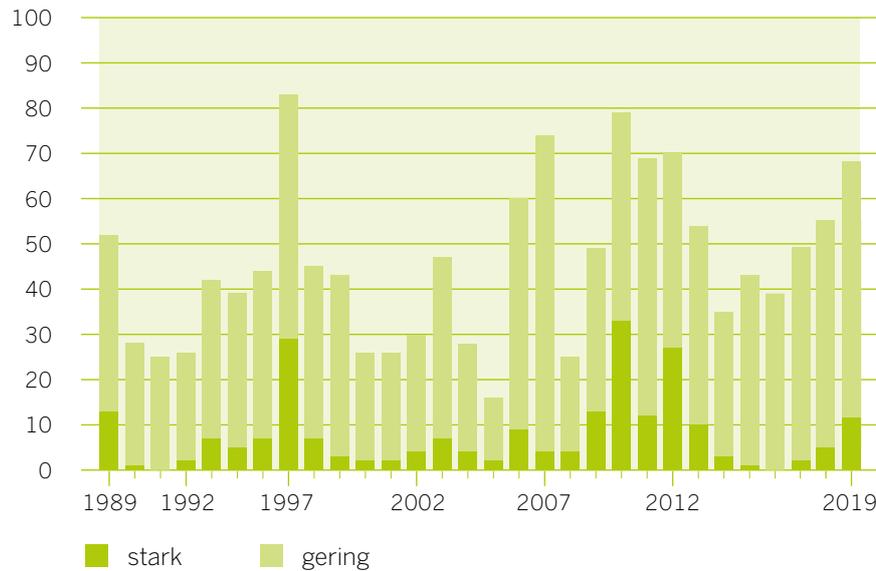
¹ Durch Rundungsdifferenzen können in einzelnen Jahren kleine Abweichungen in der Gesamtsumme entstehen; ² kein Landesergebnis; ³ nur bedingt mit den übrigen Jahren vergleichbar



ABBILDUNG 8

Befall der Eichen mit Schmetterlingsraupen | 1989 bis 2019

Angaben in Prozent*



* 1996 keine Erhebung

Der Eichenmehltaupilz (*Erysiphe alphitoides*), der insbesondere auf den Eichenblättern der frischen Regenerationsbelaubung, die sich nach Blattfraß bildet, vorkommt, war in diesem Jahr aktiv. Schon junge Keimlinge wurden häufig vom Pilz befallen und wurden dadurch in ihrer weiteren Entwicklung beeinträchtigt.

Die Wärme liebenden Eichenprachtkäfer (z. B. *Agrilus biguttatus*) befallen die Eichen in wiederkehrenden Wellen. Sie waren auch in diesem Jahr in den Eichenkronen aktiv und beeinträchtigten die Bäume.

Der Eichenprozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*) ist ein Schmetterling, dessen Raupen durch das Produzieren von Brennhaaren beim Menschen gesundheitsschädliche Reaktionen hervorrufen können. Auch diese Falter werden durch das wärmere Wetter begünstigt und sind in ihrer Verbreitung auf dem Vormarsch. In diesem Jahr wurden an den Waldrändern, Straßen- und Parkbäumen Eichen stärker befallen. Die auffälligen Gespinnstnester wurden immer zahlreicher an den Baum-

stämmen gefunden. Der Blattfraß der Raupen kann an den geschwächten Bäumen eine zusätzliche Belastung bewirken, insbesondere, wenn er mit dem gleichzeitigen Befall von Eichenwickler und Frostspanner zusammentrifft.

Nachdem 2018 für die Eichen ein Mastjahr gewesen ist, haben in diesem Jahr die Bäume nur sehr vereinzelt noch Früchte ausgebildet. Das spart den Eichen Kraft und hat verhindert, dass sich der Kronenzustand noch schlechter darstellt, als er ohnehin schon ist.

Ab 2002 sind die Eichen in der Waldzustandserfassung zusätzlich in Stiel- und Traubeneichen unterschieden und gesondert erfasst worden. Damit kann man die beiden bei uns vorkommenden Eichenarten noch einmal getrennt analysieren. Insbesondere unter der Fragestellung, welche Baumarten den Herausforderungen des Klimawandels besser begegnen können, kann eine solche Betrachtung Impulse beisteuern. Dabei zeigt sich, dass die Traubeneiche durchgängig weniger stark von Blattverlusten beeinträchtigt ist als die Stieleiche (Abb. 9, S. 20).



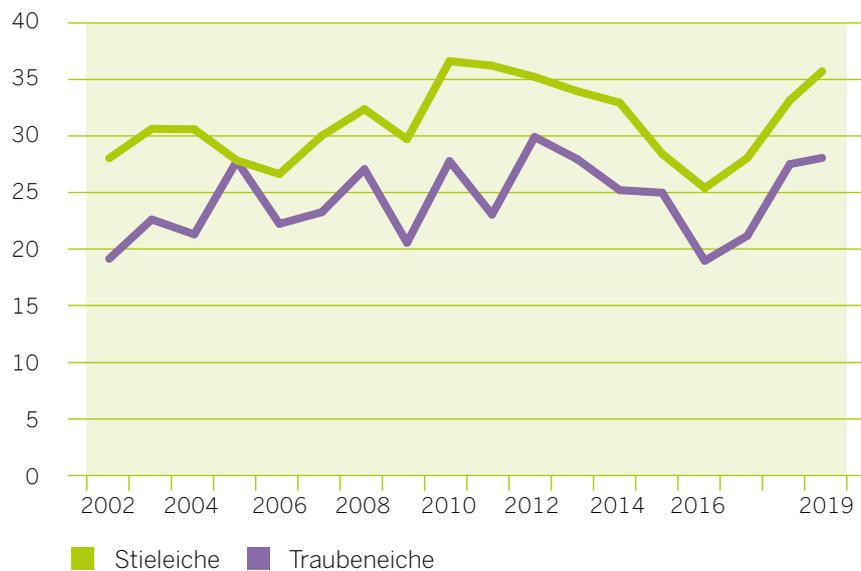
Eichen- und Fichtensamen haben überall Keimlinge gebildet.



➔ ABBILDUNG 9

Mittlerer Blattverlust bei Stiel- und Traubeneiche | 2002 bis 2019

Angaben in Prozent*





BUCHE

Die Buche ist in diesem Jahr die einzige Baumart, bei der sich der Kronenzustand gebessert hat. Die deutlichen Schäden sind um 7 Prozentpunkte auf 41 Prozent gesunken. Der Anteil der gesunden Bäume entspricht mit 18 Prozent in etwa dem Vorjahreswert. Die Zahl der Buchen mit einer schwachen Kronenverlichtung hat um 6 Prozentpunkte zugenommen und beläuft sich nun auf 41 Prozent (Abb. 10, S. 22).

Hauptursache für die Verbesserung des Kronenzustands ist das weitestgehende Ausbleiben der Fruktifikation (Abb. 11, S. 23). Die Bäume haben, mit lokalen Unterschieden, insgesamt nur mäßig Bucheckern produziert. 2018 hingegen ist für die Buche ein starkes Mastjahr gewesen, in dem viel Energie in die Bildung von Samen geflossen ist, was meist auf Kosten der Blattentwicklung gegangen ist. In diesem Jahr waren die Blätter wieder größer und zahlreicher. Bemerkenswert ist, dass nach einem starken Mastjahr wie 2018 direkt in Folge wieder Bucheckern produziert worden sind.

Dieses Ergebnis darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass das Schadniveau bei den Buchen immer noch sehr hoch ist. Auch wenn sich im Vergleich zum Vorjahr eine Verbesserung der Kronenverlichtung ergeben hat, geht es den Buchen keineswegs gut.

So haben die Bäume in diesem Jahr wiederum mit Dürre und Hitze zu kämpfen gehabt. Als eine deutliche Reaktion darauf konnte häufig beobachtet werden, dass die Buchen zum Transpirationsschutz ihre Blätter eingerollt hatten.

Da unter dem Niederschlagsdefizit zunächst die oberen Bodenschichten austrocknen, reagieren besonders die jungen Bäume mit ihren noch nicht so tief reichenden Wurzeln auf den fehlenden Niederschlag. Etliche Kulturen wiesen Trockenschäden auf bis hin zum Totalausfall auf ganzer Fläche.

Der Buchenspringrüssler (*Orchestes fagi*) ist ein Käfer, der als Dauergast in der Buche angesehen werden muss. Aktuell hat sich eine etwas erhöhte Befallsstärke gezeigt (Abb. 12, S. 23). Neben dem Lochfraß des Käfers an den Blättern schädigt zusätzlich seine Larve, die in den Blät-



Eine abgestorbene Buche ist als Biotopbaum gekennzeichnet.

tern miniert und meist die vorderen Blattbereiche durch Nekrosen zum Absterben bringt. 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. Für die geschwächten Buchen ist aber auch der Springrüsslerbefall ein weiterer nicht zu unterschätzender Stressfaktor.

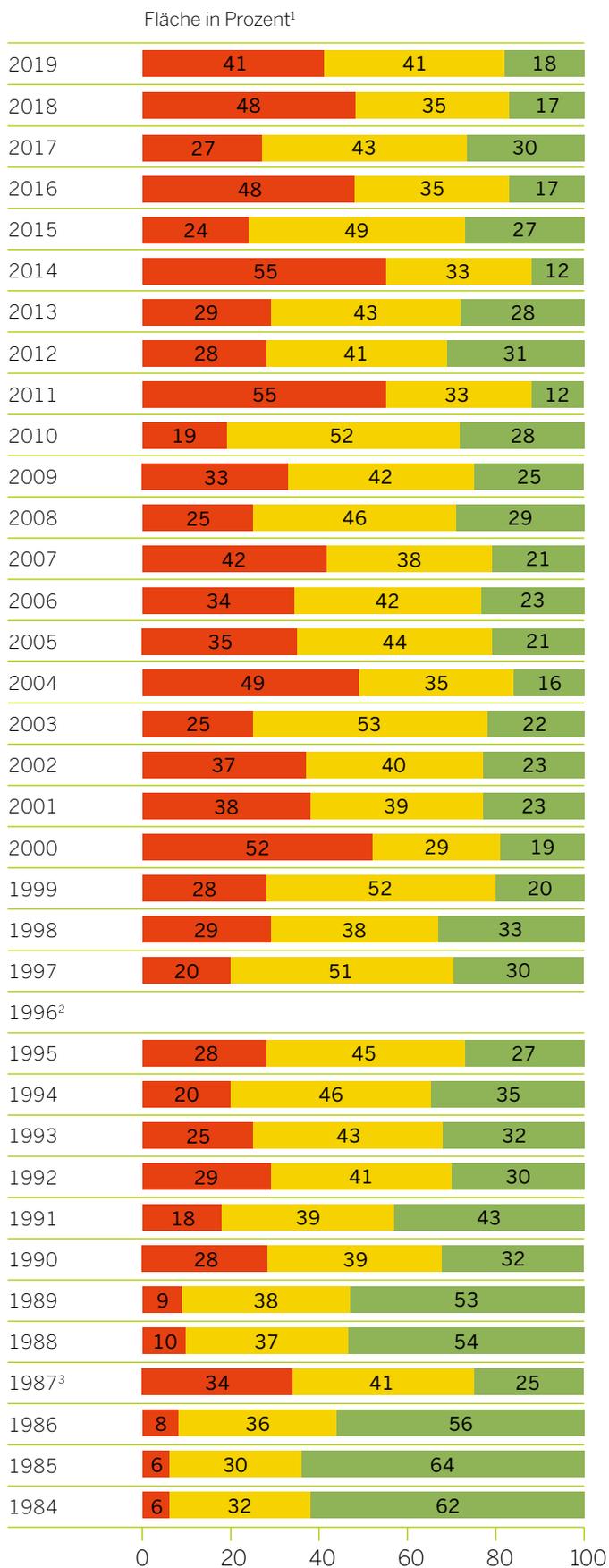
Neuerdings werden die Buchen in NRW vom zwei Borkenkäferarten, wie z. B. dem Kleinen Buchenborkenkäfer (*Taphrorychus bicolor*) vermehrt befallen. Sie sind oft vergesellschaftet mit dem Buchenprachtkäfer (*Agrilus viridis*).

Diese Käferarten treten insbesondere nach Dürre und Hitzejahren auf und schädigen die geschwächten Bäume durch Fraß und weitere Prozesse unter der Rinde. Die Befallsstärke ist zur Zeit noch moderat. Sollten sich die Klimawandeleffekte aber weiter etablieren, ist mit einer Zunahme auch dieser Käferarten zu rechnen.

In Ostwestfalen sowie im Münsterland und im Ruhrgebiet ist es zum zahlreichen Absterben von vor allem älteren Buchen gekommen. Die Baumkronen verlichten dabei und einzelne Äste sterben ab. Die vitalitätsgeschwächten Buchen werden zudem vermehrt von Insekten und Pilzen befallen. Es entstehen Holzfäulen, die zu stärkeren Astabbrüchen führen können. Am Ende dieses potenziell rasant ablaufenden Prozesses steht häufig der Tod des Baumes.



Entwicklung der Kronenverlichtung bei Buchen | 1984 bis 2019



Die schwarzen Bohrlöcher zeigen den Befall einer Buche mit Buchenborkenkäfern.

- deutliche Kronenverlichtung
- schwache Kronenverlichtung (Warnstufe)
- ohne Kronenverlichtung

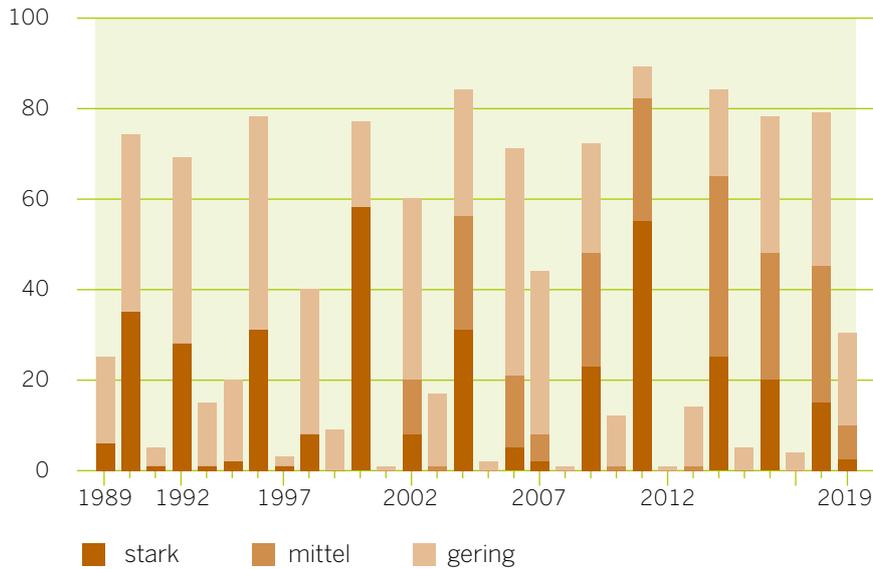
¹ Durch Rundungsdifferenzen können in einzelnen Jahren kleine Abweichungen in der Gesamtsumme entstehen; ² kein Landesergebnis; ³ nur bedingt mit den übrigen Jahren vergleichbar



ABBILDUNG 11

Intensität der Fruchtbildung bei Buchen | 1989 bis 2019

Angaben in Prozent*



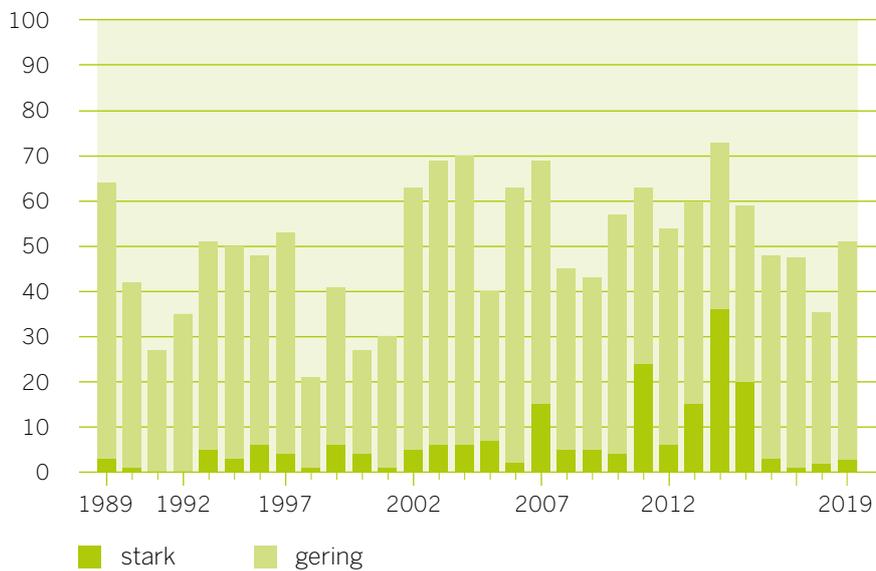
* 1996 keine Erhebung



ABBILDUNG 12

Befall der Buchen mit Buchenspringrüssler | 1989 bis 2019

Angaben in Prozent*



* 1996 keine Erhebung



FICHTE

Musste der Fichte im letzten Jahr der schlechteste Kronenzustand seit Beginn der Untersuchungen attestiert werden, ist dieser Rekord jetzt schon wieder eingestellt worden. Im Vergleich zum Vorjahr haben sich die deutlichen Kronenschäden um weitere 5 Prozentpunkte auf 42 Prozent verschlechtert (Abb. 13, S. 25).

Um die gleiche Rate hat der Anteil der gesunden Bäume abgenommen. Er beträgt nur noch 22 Prozent. Auch für diese Schadstufe ist damit ein bisheriger Minimalwert erreicht worden.

Die Warnstufe der schwachen Kronenschäden liegt mit 36 Prozent auf dem Vorjahresniveau.

Sturm, Dürre und Käfer – das ist die Kurzfassung für die Einflussfaktoren auf die Situation der Fichte in diesem Jahr.

In diesem Jahr haben sich die gravierenden Wirkfaktoren des letzten Trockenjahres wiederholt und z. T. verstärkt. Das Wasserdefizit hat der Fichte in diesem Jahr erneut zugesetzt. Als Baumart, die überwiegend flach wurzelt, reagiert sie besonders schnell auf Wassermangel, der sich zuerst in den oberen Bodenschichten bemerkbar gemacht hat. Bei Kulturen und Jungwüchsen ist es auf mehreren Flächen zu trockenheitsbedingten Ausfällen gekommen.

Die partielle Dürre hat die Fichten unter hohen Stress gesetzt und die Vitalität der Bäume erheblich eingeschränkt. Dies wirkte sich besonders negativ auf die Abwehr von Borkenkäfern aus. Fichten können Borkenkäferangriffen normalerweise durch einen erhöhten Harzfluss begegnen. Die Käfer werden dann meist schon beim Einbohren in die Rinde im Harz ertränkt. Durch die Trockenheit in diesem und im letzten Jahr waren viele Fichten aber nicht mehr in der Lage, ausreichend Harz zu bilden.

2019 ist ein schlimmes Borkenkäferjahr. Durch den Sturm „Friederike“ zum Jahresbeginn 2018 sind viele Fichten abgebrochen oder umgekippt. Nicht alles Sturmholz konnte bisher aufgearbeitet und aus dem Wald entfernt werden. Hinzu kommt noch ein hoher Anteil von Käferholz aus dem letzten Jahr, das über Winter nicht aufgearbeitet werden konnte und im Wald verbleiben musste. Somit

stand im warmen Frühjahr für die Borkenkäfer reichlich Brutmaterial zur Verfügung. Die weitere Wetterentwicklung begünstigte die Käferverbreitung rasant. Hinzu kommt, dass die starke Käferpopulation in 2018 den Winter gut überstanden hat und dies dazu führte, dass zum Jahresbeginn 2019 schon extrem viele Käfer vorhanden waren, die die geschwächten Fichten sofort befielen (Abb. 14, S. 26).

Vitalitätsverlust bei den Bäumen, Dürre und ein sehr hoher Ausgangsbestand bei den Borkenkäfern bewirkte, dass sich die Käfer explosionsartig mit mehreren Generationen vermehren konnten. Viele Fichten zeigen hohe Nadelverluste und etliche sind schon zeitig abgestorben.

Die Waldzustandserfassung öffnet ein Beobachtungsfenster für ca. sieben Wochen im Juli und im August. Das Kronenmonitoring untersucht den Zustand der Baumkronen also nur in diesem Zeitabschnitt. Jedoch wird besonders der Käferbefall mit seinen Folgen bis zum Winter 2019 weitergehen. Die insgesamt dramatische Situation der Fichte wird also nicht in Gänze erfasst. Es ist davon auszugehen, dass im weiteren Jahresverlauf noch viele Fichten befallen und absterben werden. Die Effekte der letzten beiden Extremjahre werden zudem noch weit in die Zukunft reichen und mehrere Jahre nachwirken.

Zapfenbildung konnte in diesem Jahr bei der Fichte nicht beobachtet werden (Abb. 15, S. 26). Die mögliche Erholung durch das Ausbleiben der Fruktifikation wurde durch die extremen Belastungen der Bäume weitestgehend kompensiert.

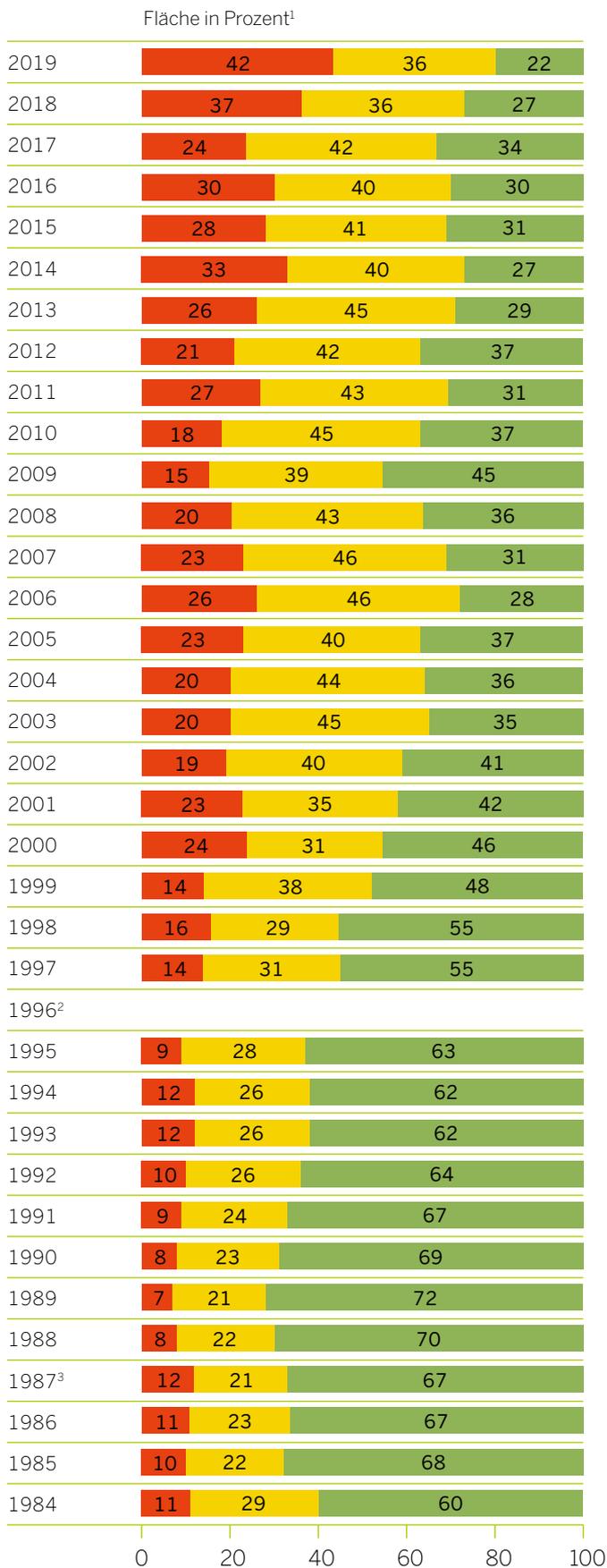


Massenhafter Befall von Borkenkäferlarven unter der Fichtenrinde



ABBILDUNG 13

Entwicklung der Kronenverlichtung bei Fichten | 1984 bis 2019



Dürre, Käfer und Sturm zeigen ihre Folgen in vielen Fichtenbeständen.

- deutliche Kronenverlichtung
- schwache Kronenverlichtung (Warnstufe)
- ohne Kronenverlichtung

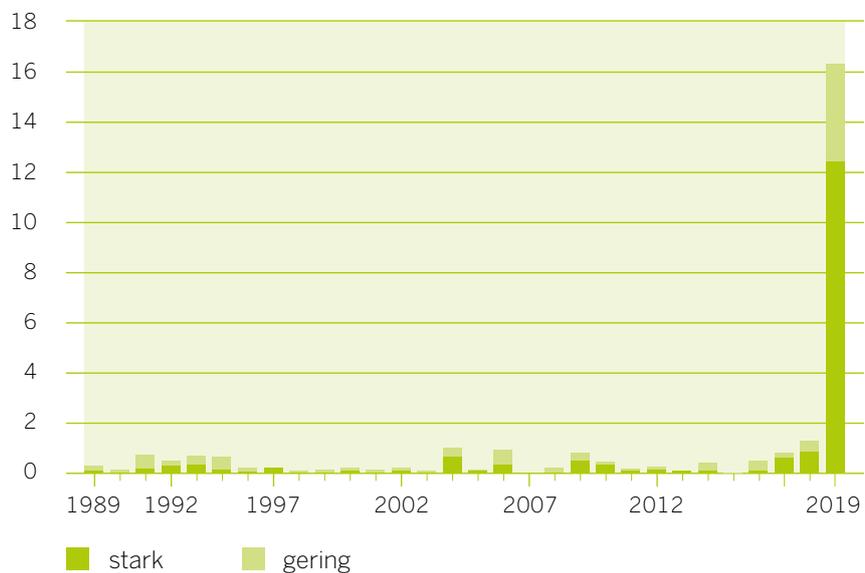
¹ Durch Rundungsdifferenzen können in einzelnen Jahren kleine Abweichungen in der Gesamtsumme entstehen; ² kein Landesergebnis; ³ nur bedingt mit den übrigen Jahren vergleichbar



ABBILDUNG 14

Befall der Fichten mit Borkenkäfern | 1989 bis 2019

Angaben in Prozent*



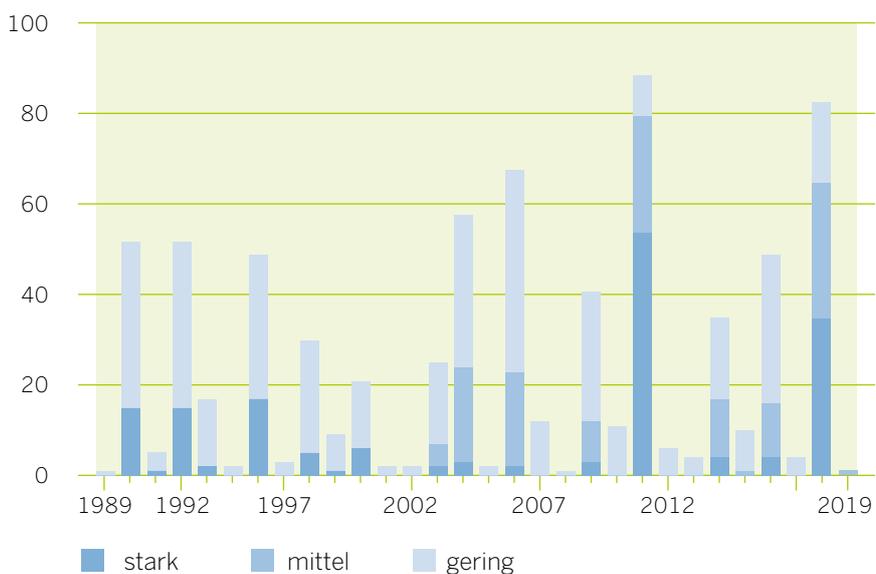
* 1996 keine Erhebung



ABBILDUNG 15

Intensität der Zapfenbildung bei Fichten | 1989 bis 2019

Angaben in Prozent*



* 1996 keine Erhebung



KIEFER

Bei der Kiefer entspricht der Kronenzustand, weitestgehend den Werten des Vorjahres. Trotzdem muss eine geringfügige Verschlechterung festgestellt werden. Die deutliche Kronenverlichtung hat um 2 Prozentpunkte zugenommen und beträgt nun 30 Prozent. So hohe Werte wurden zuletzt vor etwa 35 Jahren gemessen (Abb. 16, S. 28).

Die Bäume ohne Kronenverlichtung kommen nur noch mit einem Anteil von 11 Prozent vor. Das ist eine Verschlechterung von 1 Prozentpunkt und liegt damit nahe am Vorjahreswert. Das ist in dieser Stufe erneut der schlechteste Wert in der Zeitreihe.

Die Kiefer weist prinzipiell einen verhältnismäßig geringen Anteil an deutlichen Schäden auf, aber gleichzeitig sind auch recht wenige gesund. Daraus ergibt sich ein stark ausgeprägter Bereich der schwachen Kronenverlichtung. Mit 59 Prozent befinden sich damit deutlich mehr als die Hälfte aller Kiefern in dieser Warnstufe.

In der Regel ist die jährliche Fruktifikation bei der Kiefer oft etwas deutlicher ausgeprägt als bei den anderen Hauptbaumarten. Blüte und Zapfenanhang haben sich in diesem Jahr durchschnittlich entwickelt (Abb. 6, S. 15).

Im Jahresverlauf sind immer wieder Kiefern mit braunen Nadeln beobachtet worden. Ursache ist die Erkrankung mit einem Pilz (*Sphaeropsis sapinea*), der zum Diplodia-Triebsterben vornehmlich bei Kiefern führt. Dabei werden die Nadeln an den Triebspitzen braun und können in weiteren Befallsstadien ganz abfallen. Im schlimmsten Fall kann der Baum absterben. Der Pilz ist wärmeliebend und tritt häufig zeitversetzt nach Trockenheit auf.

Als weitere Ursache für braune und abfallende Nadeln sind Schütte-Pilze zu sehen. Hauptverursacher der Kieferschütte ist der Pilz *Lophodermium seditiosum*, eine Pilzerkrankung, die in den Jahren in unterschiedlicher Intensität auftritt. Insbesondere bei jüngeren Kiefern können dadurch hohe Nadelverluste entstehen.

Zusätzlicher Druck auf den Bestand der Kiefern wurde durch das sporadische Auftreten von Schadinsekten aufgebaut, wie verschiedene Kiefern-Borkenkäfer (*Ips spec.*), Blauer Kiefernprachtkäfer (*Phaenops cyanea/Phaenops formaneki*) und Waldgärtner (*Tomicus piniperda/Tomicus minor*).

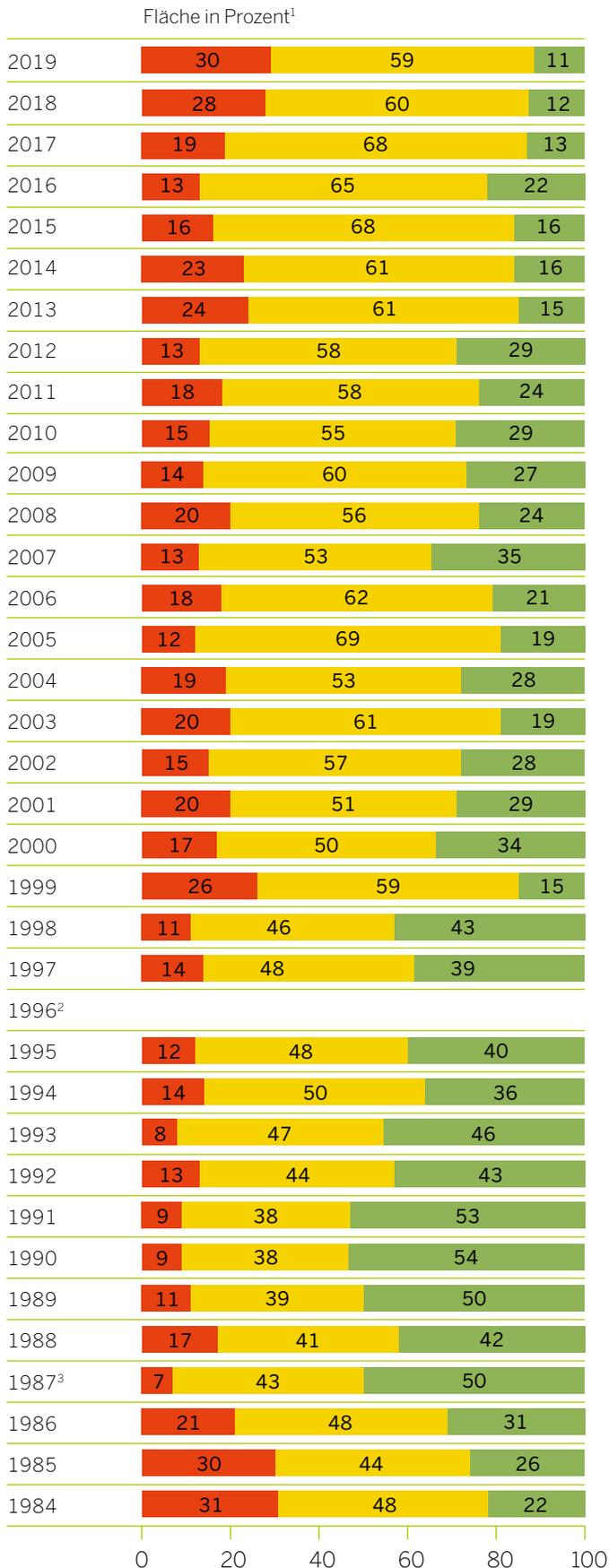
Generell gilt die Kiefer als trockenheitsverträglicher als die meisten anderen heimischen Hauptbaumarten. Trotzdem hat die wiederholte Sommertrockenheit ihr auf vielen Standorten zu schaffen gemacht. Hinzu kommen Insekten- und Pilzbefall. So sind auch bei dieser Baumart erhöhte Verlichtungswerte entstanden. Trotz des gesteigerten Nadelverlustes ist die Kiefer im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten noch am wenigsten geschädigt.



„Schlängelwuchs“ in einer Kiefernkrone



Entwicklung der Kronenverlichtung bei Kiefern
| 1984 bis 2019



- deutliche Kronenverlichtung
- schwache Kronenverlichtung (Warnstufe)
- ohne Kronenverlichtung

¹ Durch Rundungsdifferenzen können in einzelnen Jahren kleine Abweichungen in der Gesamtsumme entstehen; ² kein Landesergebnis; ³ nur bedingt mit den übrigen Jahren vergleichbar

WEITERE BAUMARTEN

Neben der katastrophalen Situation der Fichte und dem schlechten Kronenzustand der anderen Hauptbaumarten haben aber auch weitere Baumarten unter den Auswirkungen des Klimawandels gelitten. Baumarten, die in NRW eine geringere Verbreitung haben, werden durch die WZE ebenfalls untersucht. So können bei einigen von ihnen Aussagen zu ihrer Situation gemacht werden:

ESCHE

Die Esche ist ein Waldbaum, der in NRW nicht sehr häufig ist. Im Stichprobenkollektiv der Waldzustandserfassung kommen deshalb auch nur relativ wenige Eschen vor. Jedoch müssen besorgniserregende Veränderungen in den Baumkronen der Eschen beobachtet werden. Das Eschentriebsterben ist eine relativ neue Erkrankung. Der Erreger ist ein Pilz (*Hymenoscyphus fraxineus*), der bewirkt, dass Triebe und Blätter welken, schwarz werden und abfallen. Die Kronen der Eschen können dadurch nachhaltig geschädigt werden und verlichten. Beobachtungen zeigen, dass diese Erkrankung sich in NRW zunehmend ausbreitet und den Eschenbestand gravierend beeinträchtigen kann.



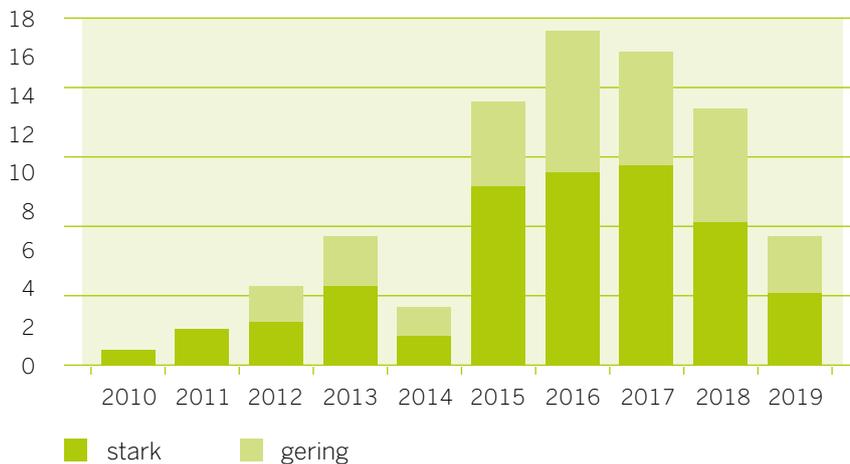
Durch das Eschentriebsterben geschädigte Baumkrone

Die diesjährigen Untersuchungen belegen bei den Eschen einen leichten Rückgang der Kronenschäden (Abb. 17). Möglicherweise hat der pathogene Pilz ebenfalls unter der Hitze und Trockenheit etwas von seiner Vitalität verloren. Aus diesen Ergebnissen kann jedoch nicht geschlossen werden, dass das Eschentriebsterben auf dem Rückzug wäre.

➔ ABBILDUNG 17

Verlauf des Eschentriebsterbens | 2010 bis 2019

Angaben in Prozent



ROSSKASTANIE

Roskastanien sind als Stadt- und Alleebäume bei uns verbreitet. Im Wald kommen sie nur in geringem Umfang vor. Seit mehreren Jahren leidet die Rosskastanie unter der Rosskastanienminiermotte (*Cameraria ohridella*), deren Raupen den Bäumen stark zusetzen. Die Raupen dieses Kleinschmetterlings fressen innerhalb der Blätter (minieren) und zerstören dort wichtige Zellbereiche. Sie sorgen so für braunes Laub, das dann auch vorzeitig im Sommer abfällt. Insbesondere durch mehrjährigen, wiederholten Befall werden die Rosskastanien geschwächt. Kommen noch weitere Stressfaktoren oder Infektionen hinzu, können die Bäume absterben.

Auch in diesem Jahr waren die braunen und trockenen Baumkronen auffällig. Der Befall hat momentan in NRW eine weitreichende Verbreitung erfahren. Sollte eine Eindämmung der Miniermotte nicht möglich sein, sind die Rosskastanien in ihrem Bestand stark bedroht.



Von der Rosskastanienminiermotte (*Cameraria ohridella*) befallene Blätter

AHORN

Der mittlere Blattverlust beim Ahorn ist in den letzten beiden Jahren stark angestiegen. Neben den Beeinträchtigungen durch die aktuellen Umwelteinflüsse leidet der Ahorn unter der Rußrindenkrankheit, die durch den Pilz *Cryptomstroma corticale*, ein Schwächeparasit, verursacht wird. Der Pilz ruft ein Triebsterben mit Blattverlust hervor, das letztlich zum Tod des Baumes führen kann. Durch die Trockenheit begünstigt, hat sich der Pilz mittlerweile über ganz NRW ausgebreitet. Die schwarzen Pilzsporen sammeln sich unter der Rinde und werden insbesondere beim Fällen der erkrankten Bäume in Wolken freigesetzt. Da sie schwere Atemwegsprobleme erzeugen können, sind sie auch für den Menschen gefährlich.

DOUGLASIE

Die Douglasie, eine im äußeren Erscheinungsbild der Fichte sehr ähnliche Baumart, hat bei den langjährigen Untersuchungen gezeigt, dass sie insgesamt einen etwas besseren Kronenzustand aufzuweisen hat. Im Vergleich mit den Kronenschäden der Fichte hat sie stets niedrigere durchschnittliche Werte (Abb. 18). Dabei muss aber beachtet werden, dass erheblich weniger Douglasien als Fichten im Untersuchungskollektiv vorkommen.

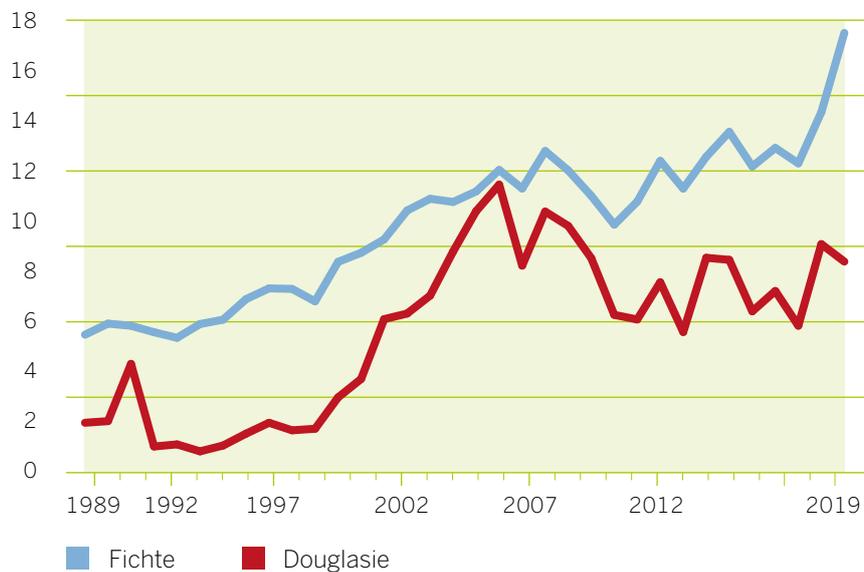
Besonders die letzten Jahre, in denen es der Fichte sehr schlecht ergangen ist, hat die Douglasie deutlich besser verkräftet. Zudem hat es bei ihr bisher keinen nennenswerten Insektenbefall gegeben.

Anscheinend kommt sie mit dem Klimawandel und seinen Auswirkungen besser zurecht als die Fichte.

ABBILDUNG 18

Fichte und Douglasie | Vergleich des mittleren Nadelverlustes | 1989 bis 2019

Angaben in Prozent*



* 1996 keine Erhebung

FAZIT BEI DEN HAUPTBAUMARTEN

Das Jahr 2019 hat für die meisten Waldbäume keine Verbesserung gebracht. Das vorangegangene Extremjahr mit seinen klimatischen und biologischen Beeinträchtigungen ist 2019 in vielen Bereichen noch einmal übertrifft worden.

Besonders Hitze und Dürre haben viele Waldbäume wieder an ihre Grenzen gebracht.

Die Witterungsbedingungen, insbesondere im Frühjahr, waren für die meisten Insekten ideal und haben zu einem starken Befall unserer vorgeschwächten Waldbäume geführt.

Die Mehrfachbelastungen haben sich gegenseitig verstärkt und so zum schlechtesten Waldzustand seit Beginn der Untersuchung 1984 geführt.

Bei allen Bewertungen des Waldzustandes muss zudem bedacht werden, dass auch die Waldböden immer noch beeinträchtigt sind. Zwar konnten diverse Untersuchungen eine langsame Besserung des Bodenzustandes verzeichnen, jedoch kann von einer Wiederherstellung der Böden noch nicht gesprochen werden.



Auf zusammenbrechenden Fichtenbeständen folgt die Wiederbewaldung. Im Hintergrund haben sich auf früheren Kahlfeldern bereits Laubbäume angesiedelt.

- Die mehrfachen Dauerbelastungen durch Insekten, Wasserstress, Pilzbefall, Hitze etc. haben die Widerstandskraft der **EICHE** stark geschwächt. Es sind kaum noch Reserven und Kraft zur Regeneration vorhanden. Erholungsphasen fehlten dieses Jahr erneut. Da konnte auch die deutlich reduzierte Fruktifikation kaum Abhilfe schaffen. Die Insekten der Eichenfraßgesellschaft waren aktiv und haben Blattschäden in den Baumkronen angerichtet. Erneut ist die Eiche der Baumart, die in NRW die deutlichste Kronenverlichtung zeigt.
- Bei der **BUCHE** hat sich als einziger Baumart die Kronenverlichtung etwas gebessert. Die kräftezehrende Fruchtbildung ist bei ihr stark zurückgegangen. Bucheckern wurden nur im geringen Ausmaß gebildet. In und nach Trockenjahren treten vermehrt Buchenborkenkäfer auf. Dies konnte auch in diesem Jahr beobachtet werden. In Verbindung mit weiterem Insektenbefall zeigten die geschwächten Buchen in diesem Jahr viele Schadsymptome. Regional gab es vermehrt absterbende Buchen, bei denen der zusätzliche Befall mit Pilzen eine größere Rolle gespielt hat. Trotz der Verbesserung der Verlichtungswerte befinden sich die Kronenbeeinträchtigungen auf einem hohen Niveau.
- Für die **FICHTE** ist dieses Jahr besonders katastrophal. Die Frühjahrs- und Sommertrockenheit hat ihr wieder stark zu schaffen gemacht. Durch ihr flaches Wurzelsystem stellte sich Wasserstress sehr schnell ein. Das enorme Problem ist jedoch die Massenvermehrung der Borkenkäfer, die die Fichte extrem schädigen und in großer Zahl zum Absterben bringen. Die deutliche Kronenverlichtung zeigt wieder die höchsten Werte seit Beginn der Untersuchungen.
- Die Verschlechterung des Kronenzustands bei der **KIEFER** ist nur gering und entspricht näherungsweise den Vorjahreswerten. Neben den witterungsbedingten Beeinträchtigungen hat sie in diesem Jahr vermehrt unter Pilzbefall gelitten. Auch Käferbefall kam regional zunehmend vor. Obwohl die Kiefer unter den Hauptbaumarten die geringsten Schadswerte aufweist, ist ihre Kronenverlichtung in diesem Jahr so gravierend, wie sie in der ganzen Zeitreihe von 1984 an nicht vorgekommen ist.

DIE WITTERUNGS- UND BODENWASSER- VERHÄLTNISSE BIS ZUM SOMMER 2019



Depositions- und Niederschlagsmessung auf der Level-II-Freifläche Kleve

Das Jahr 2018 war bundesweit das wärmste und sonnenscheinreichste Jahr seit Beginn der Aufzeichnungen durch den Deutschen Wetterdienst (DWD). Gleichzeitig war es ein sehr niederschlagsarmes Jahr. Die Pressemitteilungen 2018 waren geprägt von Meldungen über HitzeWellen, niedrige Wasserstände, extreme Dürre, massive Ertragseinbußen in der Landwirtschaft und erhebliche Schäden in Waldökosystemen. Doch auch der Sommer 2019 brachte neue Temperaturrekord. Ende Juli zog eine außergewöhnliche Hitzewelle über Deutschland, bei der in NRW zum ersten Mal an vielen Stationen an zwei Tagen hintereinander die 40 °C-Marke deutlich überschritten wurde. Gleichzeitig wurde der Sommer von äußerst sonnenscheinreichen und trockenen Bedingungen begleitet. Die Kombination von zwei extremen Hitze-Dürre-Jahren in Folge stellt eine neue Situation dar, deren Folgen bisher nicht absehbar sind.

Die Witterung spielt eine entscheidende Rolle für die Entwicklung des Waldzustandes. Zum einen gibt es direkte Effekte der Witterung auf den Zustand der Wald-

bäume z. B. durch Sommertrockenheit, Stürme sowie Früh- und Spätfröste, zum anderen gibt es indirekte Effekte, indem die Witterung z. B. die Anlage von Blütenknospen beeinflusst. Von Relevanz ist nicht nur der Witterungsverlauf des aktuellen Jahres, sondern auch der des Vorjahres. Die Wälder sind im Allgemeinen gut an die durchschnittlichen Bedingungen des jeweiligen Standorts angepasst, daher gibt der Vergleich der aktuellen Wetterverhältnisse mit dem langjährigen Mittel eine erste Einschätzung der aktuellen Situation.

Im Folgenden werden die Witterungs- und Bodenwasser- verhältnisse in NRW bis zum August 2019 im Detail betrachtet und Rückschlüsse auf mögliche Auswirkungen für die Waldbäume gezogen. Als Datengrundlage dienen Wetteraufzeichnungen des DWD, Messungen des LANUV, die im Rahmen des bundesweiten forstlichen Umweltmonitorings auf den Level-II-Flächen in NRW (Details s. Kapitel „Das forstliche Umweltmonitoring – 35-jähriges Jubiläum und topaktuell“) durchgeführt werden, sowie Messungen des GD NRW an einer Bodenfeuchtemessstation.

KLIMA UND WITTERUNGS- VERHÄLTNISSE IN NRW

Das Klima in NRW wird durch den maritimen Einfluss geprägt und geht mit kühlen Sommern und milden Wintern einher. Der globale Klimawandel führt auch in NRW zu Veränderungen, die sich in den Messungen der DWD für NRW widerspiegeln. Landesweit ist die Jahresmitteltemperatur seit Beginn der DWD-Messungen 1881 um 1,6 °C und die mittlere jährliche Niederschlagsmenge um 91 mm angestiegen. Das Vorjahr 2018 war ein Ausnahmejahr. Zusammen mit dem Jahr 2014 stellte es das wärmste und zugleich das fünft-niederschlagsärmste Jahr seit Messbeginn dar. Mit 76 Tagen (Referenzperiode 1961–1990: 24 Tage) lagen auch die mit Abstand meisten Sommertage vor (Tage mit Tageshöchsttemperaturen über 25 °C). Die klimatische Wasserbilanz war 2018 zum ersten Mal seit Aufzeichnungsbeginn 1961 negativ (-37 mm; 1961–1990: 313 mm). Dies bedeutet, dass die potenzielle Verdunstung von Wasser die gefallene Niederschlagsmenge übersteigt. Somit ist die Menge an Wasser, die in den Boden gelangt bzw. verbleibt, gering. Gleiches gilt auch für die Grundwasserneubildung.

Die mittlere Temperatur von April bis August (Beginn der Vegetationsperiode bis zum Zeitpunkt der Waldzustandserhebung) zeigt ab Anfang der 1980er bis Ende der 1990er Jahre einen deutlichen Anstieg (Abb. 1, S. 35). Seitdem ist die Temperatur im Mittel bis 2017 auf dem hohen Level konstant geblieben. Im Jahr 2019 wurde mit 15,7 °C die vierthöchste mittlere Temperatur für diesen Zeitraum (April bis August) gemessen (Referenzperiode: 13,8 °C). Die hohen Temperaturen in diesem Zeitraum führen nicht nur zu einer erhöhten Wasserverdunstung von der Bodenoberfläche, sondern auch zu einer erhöhten Verdunstung durch die Waldbäume (Transpiration), die somit mehr Wasser benötigen als üblich.

Obwohl die Menge der Jahresniederschläge seit Messbeginn 1881 im Mittel zugenommen hat, gilt dies nicht für die Niederschlagsmengen innerhalb des für das Waldwachstum wichtigen Zeitraums von April bis August, für den im Mittel keine Veränderung zu erkennen ist (Abb. 2, S. 35). In den letzten beiden Jahren wurden in diesen Monaten sogar vergleichsweise niedrige Niederschlagsmengen beobachtet. Im Jahr 2019 fielen in diesem Zeitraum nur 64 Prozent der Niederschläge im Vergleich zum Referenzzeitraum (373 mm). Dies bedeutet, dass in Zeiten, in denen die Bäume aufgrund der

hohen Temperaturen überdurchschnittlich viel Wasser benötigten, im Jahr 2019 wie bereits 2018 deutlich weniger Niederschlagswasser zur Verfügung stand als üblich. In den Monaten Januar bis August sind mit 475 mm 82 Prozent der Niederschläge im Vergleich zur Referenzperiode gefallen.

Im Folgenden werden die Besonderheiten des Witterungsverlaufs in NRW ab April 2018 betrachtet. Dabei zeigt sich, dass fast alle betrachteten Monate überdurchschnittlich warm, trocken und sonnenscheinreich waren (Abb. 3, S. 36). Die Monate April bis August 2018 stellten die wärmsten sowie nach 1976 die sonnenscheinreichsten (Messbeginn 1951) und zugleich mit die niederschlagsärmsten Monate seit Beginn der Messungen 1881 dar. Die folgenden Herbst- und Wintermonate präsentierten sich ebenfalls überdurchschnittlich warm. Die Wintermonate 2018/2019 waren jedoch anders als die vergleichsweise trockenen Herbstmonate überdurchschnittlich niederschlagsreich. Der April war hingegen wieder sehr trocken, sonnenscheinreich und warm. Die 13-monatige Folge von zu warmen Monatsmitteltemperaturen wurde durch einen kühlen und trockenen Mai unterbrochen. Anschließend folgten drei außergewöhnlich warme, sonnenscheinreiche und trockene Sommermonate, die von zwei Hitzewellen begleitet wurden. Mit Durchschnittstemperaturen von 19,1 °C war der Sommer 2019 in NRW der drittwärmste Sommer nach den Sommern 2003 (19,5 °C) und 2018 (19,3 °C). Das Jahr 2019 brachte bis August überdies mehrere Wetterrekorde, u. a. wurde in NRW zum ersten Mal an vielen Stationen an zwei Tagen hintereinander die 40 °C-Marke deutlich überschritten.

Neben den zeitlichen Schwankungen bestehen auch räumliche Unterschiede bei den Witterungsbedingungen. Die Temperatur- und Niederschlagsabweichungen von April bis August waren regional verschieden und zeichnen je nach Monat ein anderes räumliches Muster (Abb. 4 und Abb. 5, S. 37). Im Juni war insbesondere das Bergland von extrem hohen Temperaturen, im Vergleich zur Referenzperiode, betroffen. Gleichzeitig wurden hier auch niedrigere Niederschlagsmengen verzeichnet. Im Juli änderte sich die Situation, sodass besonders niedrige Niederschlagsmengen im Vergleich zur Referenzperiode vermehrt im Tiefland vorkamen. Im Mai wurde vor allem im Weserbergland mehr Niederschlag beobachtet als in der Referenzperiode. Diese Region war auch schon im Vormonat anders als die meisten anderen Regionen in NRW nur wenig von Niederschlagsabweichungen betroffen.

ABBILDUNG 1

Zeitverlauf der mittleren Temperatur | April bis August 1881 bis 2019

■ Mittel April bis August ■ 10-jähriger gleitender Durchschnitt

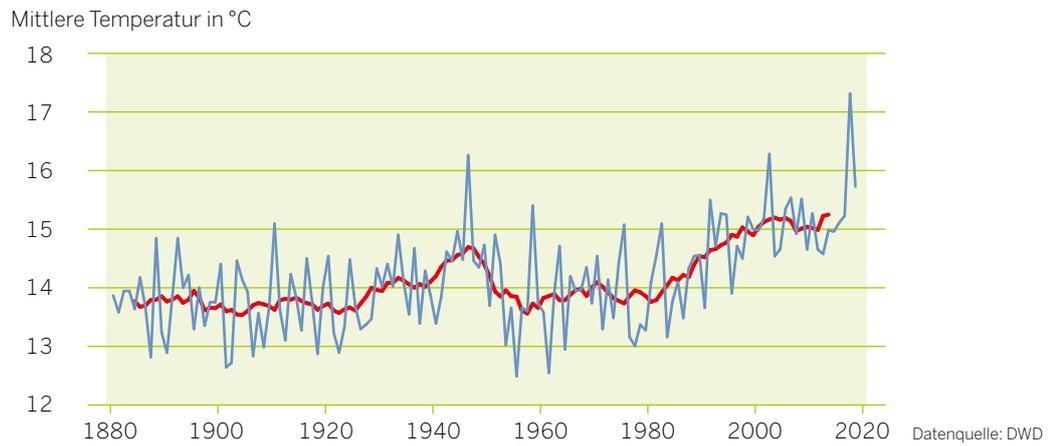


ABBILDUNG 2

Zeitverlauf der mittleren Niederschlagsmenge | April bis August 1881 bis 2019

■ Mittel April bis August ■ 10-jähriger gleitender Durchschnitt

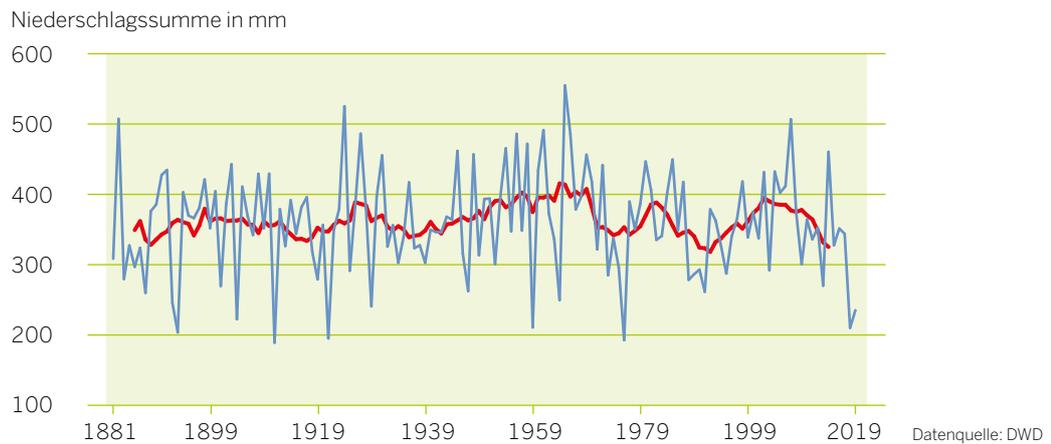
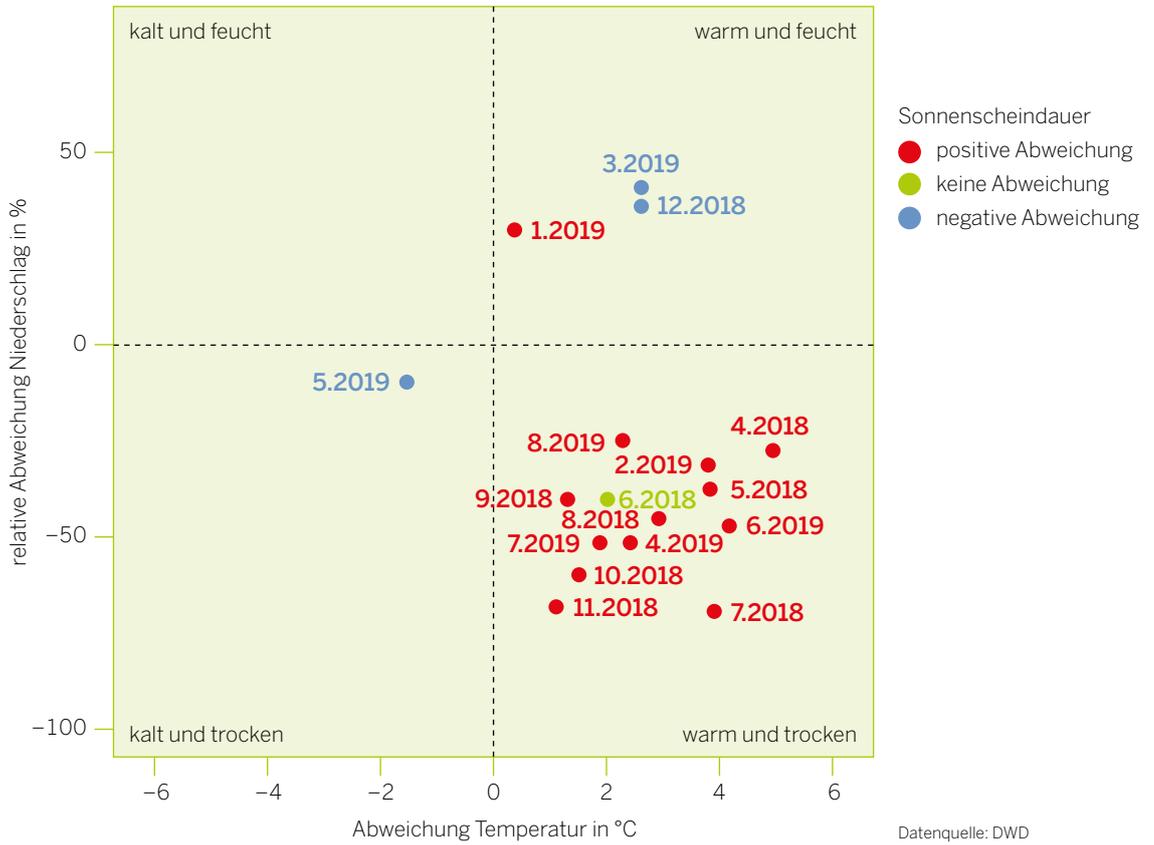


ABBILDUNG 3

Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer |
April 2018 bis August 2019

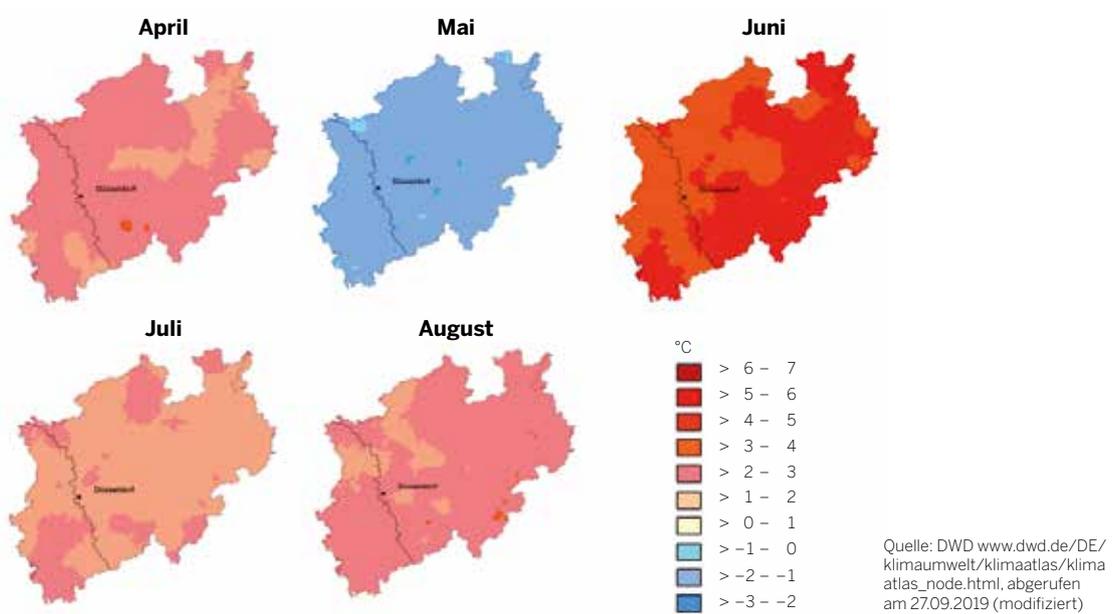
Abweichung von der Referenzperiode 1961 bis 1990



➔ ABBILDUNG 4

Regionale Temperaturabweichungen | April bis August 2019

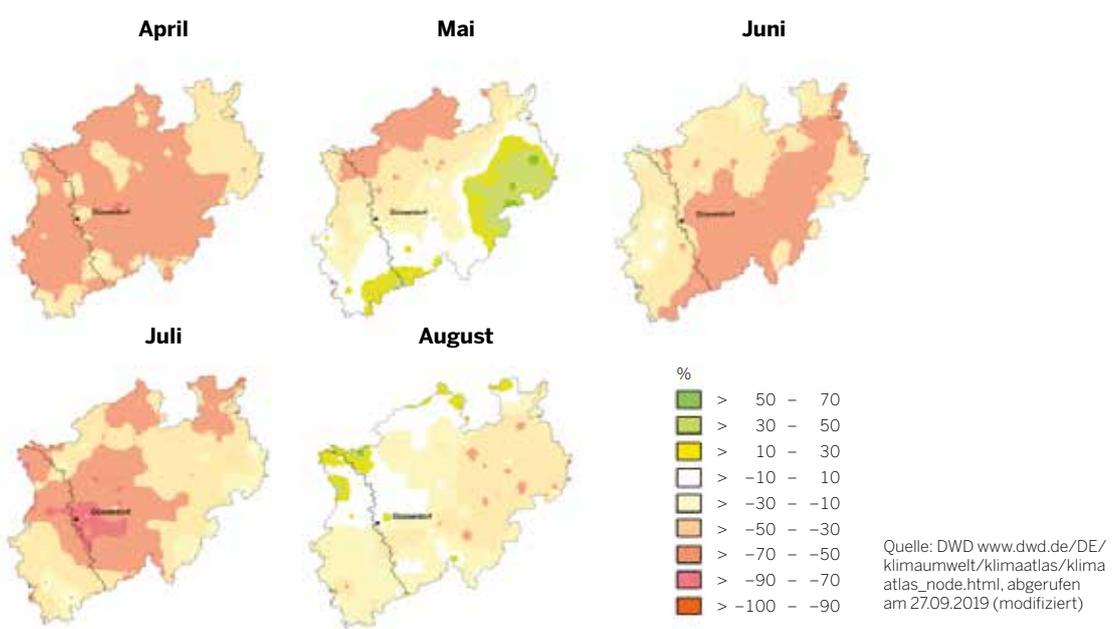
Abweichung in °C von der Referenzperiode



➔ ABBILDUNG 5

Regionale Niederschlagsabweichungen | April bis August 2019

Abweichung in % von der Referenzperiode



WITTERUNGSVERHÄLTNISSE DER LEVEL-II-FLÄCHEN

Auf den vier nordrhein-westfälischen Level-II-Flächen (s. Kapitel „Das forstliche Umweltmonitoring – 35-jähriges Jubiläum und topaktuell“; Tab. 1, S. 41) werden auf den Freiflächen meteorologische Größen erhoben.

Im Jahr 2018 wurden auf den Level-II-Flächen Haard (582 mm), Kleve Tannenbusch (579 mm) und Schwaney (706 mm) mit 62 bis 69 Prozent der üblichen Niederschlagsmenge (s. Tab. 1, S. 41) die geringsten Niederschlagsmengen seit Beginn der Zeitreihen gemessen. Nur auf der Level-II-Fläche Elberndorf lag die Niederschlagsmenge im Jahr 1996 mit 955 mm noch unter dem Wert von 2018 (1087 mm; 74 Prozent des langjährigen Mittels der Untersuchungsfläche). Für den Zeitraum April bis August wurde 2018 auf allen vier Flächen die bis dahin mit Abstand niedrigste Niederschlagsmenge und höchste mittlere Temperatur erfasst. 2019 zeigte bei nur leicht höheren Niederschlagsmengen und vergleichbar hohen Temperaturen ein ähnliches Bild für den Zeitraum. Dies bedeutet, dass die Witterungsbedingungen während der Vegetationszeit (Zeitphase des pflanzlichen Wachstums; etwa April bis Oktober) zum ersten Mal zwei Jahre in Folge durch außergewöhnliche Hitze und Trockenheit gekennzeichnet waren.

Im Jahr 2018 waren die Abweichungen von Temperatur und Niederschlag vom langjährigen Mittel der Untersuchungsflächen auf den vier Flächen gleichgerichtet (Abb. 6a und 6b, S. 39). Im Jahr 2019 war dies für die Temperaturabweichungen ebenfalls der Fall (Abb. 6a und 6b, S. 39). Auf den vier Flächen wurden im Mai kühlere Temperaturen beobachtet als üblich, während in allen anderen Monaten bis August 2019 im Monatsmittel wärmere Temperaturen gemessen wurden. Die höchste Abweichung lag im Juni vor. Auf der Fläche Schwaney (Weserbergland) wurde mit 18,4 °C (langjähriges Mittel: 14,9 °C) die höchste mittlere Juni-Temperatur der Zeitreihe gemessen. Dies war ebenfalls für die Flächen Haard (Westfälische Bucht) und Elberndorf (Sauerland) der Fall. In Elberndorf lag die Temperatur im Juni sogar 4,1 °C über dem langjährigen Mittel, während die Abweichungen im Tiefland (Haard, Kleve) im Mittel unter 3 °C blieben (vgl. Abb. 4, S. 37).

Abweichungen des Niederschlags vom langjährigen Mittel wiesen deutlichere räumliche Unterschiede auf als die Temperaturabweichungen (vgl. Abb. 5, S. 37). Auf den drei Flächen Elberndorf, Haard und Kleve fiel im Januar etwa die durchschnittliche Niederschlagsmenge, der März war nasser als üblich und die übrigen Monate des Jahres 2019 bis August waren von zum Teil deutlichen negativen Niederschlagsabweichungen gekennzeichnet, die jedoch in den Sommermonaten im Mittel etwas geringer ausfielen als im Jahr 2018 (Abb. 6a, S. 39). Auf der Fläche Schwaney wurde sowohl im Januar als auch im Mai 2019 etwa doppelt so viel Niederschlag gemessen wie üblich (Abb. 6b, S. 39). Auch der März war sehr nass. Die Monate Februar und April sowie die drei Sommermonate waren dagegen außergewöhnlich trocken. Anders als auf den drei anderen Flächen, erreichten die Sommermonate in Schwaney zusammen mit 131 mm nur die Hälfte der üblichen Niederschlagsmenge (272 mm) und waren somit ähnlich trocken wie bereits 2018.

Der Nadel-/Blattaustrieb der Bäume im Frühjahr wird primär durch die Temperaturbedingungen gesteuert (s. Kapitel „Phänologische Beobachtungen an Waldbäumen 2019“, S. 60). In Abbildung 7 (S. 40) sind forstmeteorologische Schwellenwerte (Tage mit Tagesmitteltemperaturen größer oder gleich 10 °C und Tage mit Maximaltemperaturen größer oder gleich 20 °C) exemplarisch für die Level-II-Fläche Haard abgebildet. Sowohl der Februar als auch der März und April 2019 waren überdurchschnittlich warm (vgl. Abb. 6, S. 39). Am 27. Februar wurde mit 21,4 °C die bisher höchste und einzige Tagesmaximaltemperatur im Februar ≥ 20 °C gemessen. Der Mai brachte jedoch einen Temperatureinbruch. Die Auswirkung dieser wechselhaften Situation auf den Austrieb der Waldbäume ist im Kapitel „Phänologische Beobachtungen an Waldbäumen 2019“ erläutert.

Der Sommer 2019 wurde von zwei Hitzewellen begleitet (vgl. Abb. 7, S. 40). Bereits am 25. Juni 2019 wurde eine Maximaltemperatur von 36,0 °C in der Haard gemessen. Die zweite Hitzewelle Ende Juli führte exakt einen Monat später zu einer Rekordtemperatur von 40,3 °C. Schon am Vortag wurden 39,1 °C gemessen.

ABBILDUNG 6 a

Monatsniederschlagssummen und mittlerer Temperaturverlauf | Mittel der Level-II-Flächen Haard, Kleve und Elberndorf | 1995 bis August 2019

Vergleich mit dem langjährigen Mittel der Untersuchungsflächen (1995–2017)

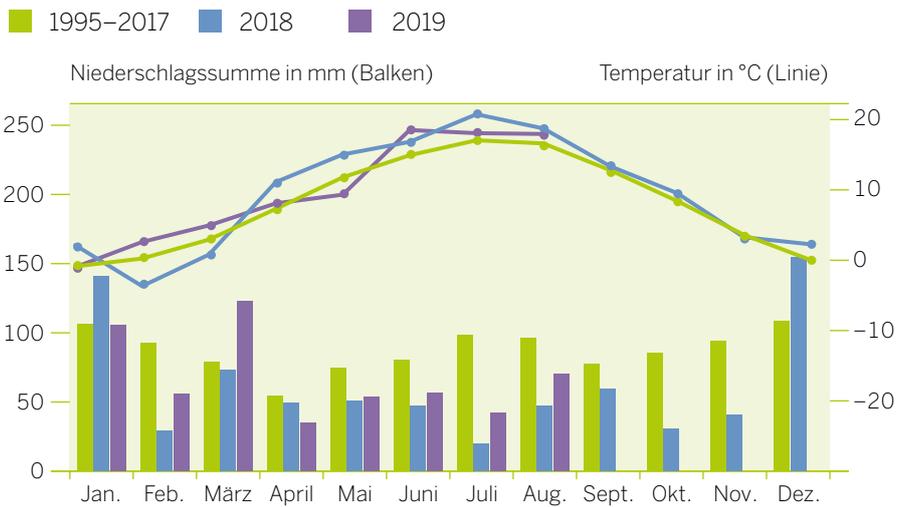


ABBILDUNG 6 b

Monatsniederschlagssummen und mittlerer Temperaturverlauf | Level-II-Fläche Schwaney

Vergleich mit dem langjährigen Mittel der Untersuchungsfläche (1999–2017 ohne 2006–2008)

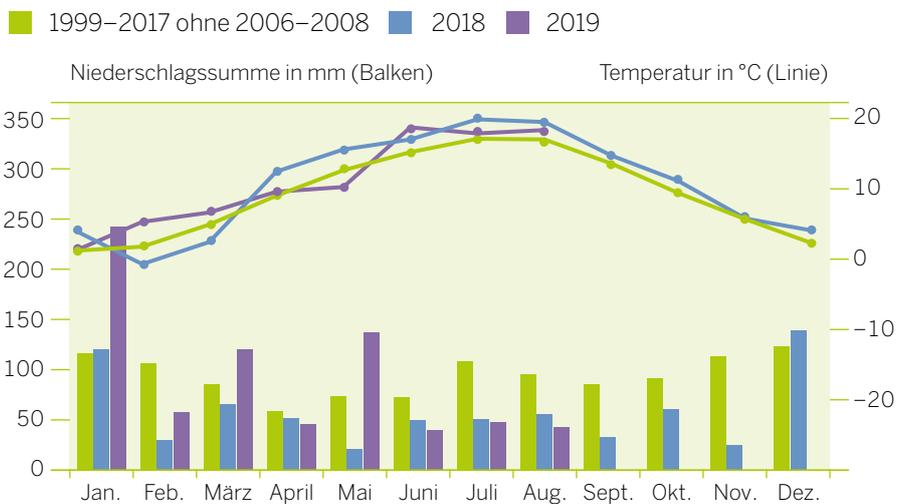
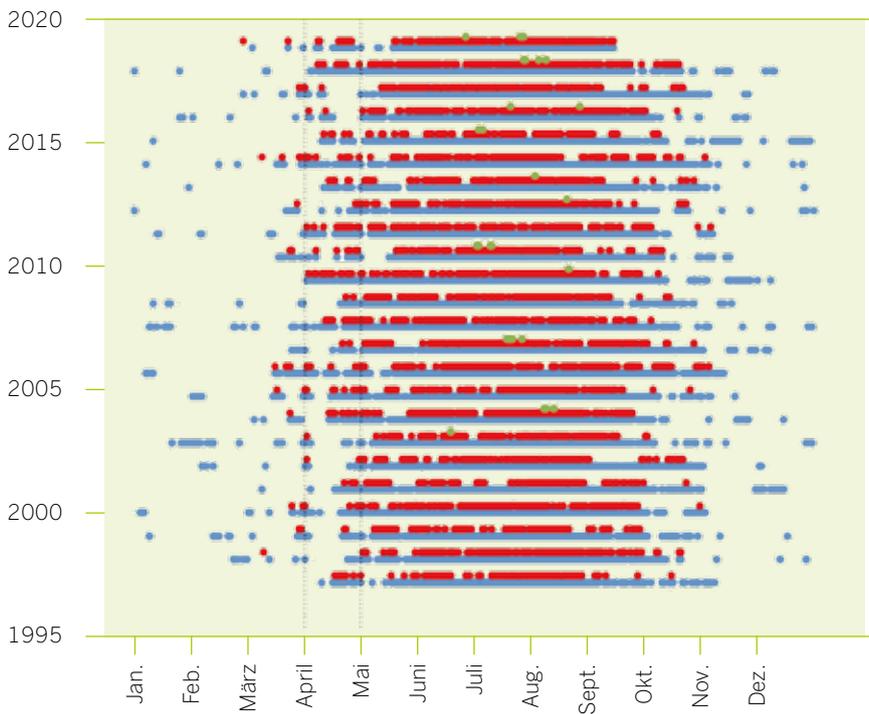


ABBILDUNG 7

Tage mit Tagesmitteltemperaturen größer oder gleich 10 °C und Tage mit Maximaltemperaturen größer oder gleich 20 °C bzw. 35 °C | Level-II-Fläche Haard | 1996 bis 2019 (bis 12.09.2019)

- Tagesmitteltemperatur größer oder gleich 10 °C
- Tagesmaximaltemperatur größer oder gleich 20 °C
- Tagesmaximaltemperatur größer oder gleich 35 °C



BODENWASSERHAUSHALT DER LEVEL-II-FLÄCHEN

Auf den Level-II-Flächen wird neben den meteorologischen Größen auch der Bodenwasserhaushalt erfasst. Der Bodenwasserhaushalt wird nicht nur von der Witterung beeinflusst, entscheidend sind auch die Bodenverhältnisse und der Wasserverbrauch der aufstockenden Waldbestände. Die vier Level-II-Flächen weisen verschiedene Eigenschaften auf und repräsentieren typische Wälder in NRW (Tab. 1). Im Allgemeinen sind die Wälder gut an die durchschnittlichen Bedingungen des jeweiligen Standorts angepasst.

Im Winterhalbjahr füllt sich der Bodenwasservorrat üblicherweise auf. Im Frühjahr beginnen die Bäume wieder vermehrt Wasser aus dem Boden aufzunehmen, um den Wasserverbrauch, der beim Austrieb der Bäume und durch die Verdunstung der Nadeln und Blätter ent-

steht, auszugleichen (s. Kapitel „Phänologische Beobachtungen an Waldbäumen 2019“, S. 60). Der Wasserentzug durch die Bäume führt zu einem Anstieg der Wasserspannung in den durchwurzelter Bodenschichten (Bodensaugspannung). Die sehr feuchte Phase, die der langen Hitze- und Trockenphase ab April 2018 vorangegangen war, hat dazu geführt, dass der Boden mit gut gefüllten Wasserspeichern in die Vegetationszeit 2018 gestartet ist. Dies hat vermutlich dazu beigetragen, dass der außergewöhnlich starke Wassermangel trotz der lang anhaltenden Rekord-Hitze und -Dürre erst vergleichsweise spät festzustellen war. Wie aber hat sich die Situation der Waldböden nach diesem Extremjahr, auf das nun eine weitere außergewöhnlich warme und trockene Vegetationszeit folgte, entwickelt? Als Indikatoren für die Wasserversorgung von Waldbäumen kann zum einen die relative Bodenwasserverfügbarkeit und zum anderen die Transpirationsdifferenz hinzugezogen werden. Die Transpirationsdifferenz ist die Differenz zwischen potenziell möglicher (nicht durch den Boden-

TABELLE 1

Ausgewählte Eigenschaften | vier nordrhein-westfälische Level-II-Flächen

	Haard	Kleve Tannenbusch	Elberndorf	Schwaney
Wuchsgebiet	Westfälische Bucht	Niederrheinisches Tiefland	Sauerland	Weserbergland
Jahresmitteltemperatur [°C]*	10,2	10,1	6,7	8,6
Jahresniederschlags-summe [mm]*	871	840	1440	1140
Baumart(en)	Rotbuche	Stieleiche, Traubeneiche, Rotbuche	Gemeine Fichte	Rotbuche mit Eiche, Bergahorn, Esche
Bodentyp	Braunerde-Podsol, pseudovergleyt	Pseudogley-Braunerde, schwach podsoliert	Pseudogley-Braunerde, schwach podsoliert	Braunerde, Braunerde-Pseudogley
Gründigkeit	tiefgründig	tiefgründig	mittel	mittel
Grundwassereinfluss	nein	nein	nein	nein
Bodenart	tonig-lehmiger Sand	toniger Schluff	schluffiger Lehm	schluffiger Ton
Beispieltiefe**	12–45 cm (Bhv):	30–50 cm (Bv1):	10–29 cm (Bv):	20–40 cm (Sd)
<i>Porosität [Vol. %]</i>	39	45	45	42
<i>Permanenter Welkepunkt [Vol. %]</i>	4	8	16	30
<i>Nutzbare Feldkapazität [Vol. %]</i>	22	31	19	8

*langjähriges Mittel der Untersuchungsflächen: 1995–2017 für Haard, Kleve, Elberndorf und 1999–2017 ohne 2006–2008 für Schwaney.

**Die Eigenschaften der Beispieltiefen sind typisch für den gesamten Boden.

wassergehalt eingeschränkt) und aktuell realisierter Verdunstung der Bäume (ggf. durch Bodentrockenheit eingeschränkt). Eine relative Bodenwasserverfügbarkeit von ≤ 40 Prozent nutzbarer Feldkapazität (nFK; maximale Speicherfähigkeit an pflanzenverfügbarem Wasser im Boden) (z. B. Bréda et al. 2006) sowie eine Transpirationsdifferenz von > 2 mm am Tag (z. B. Schultze et al. 2005) werden häufig als Schwellenwerte für Einschränkungen im Wachstum der Bäume und damit für Wasserstress angesehen. Laut Bréda et al. besteht unterhalb 10 Prozent von der nFK erheblicher Wasserstress. Entscheidend sind jedoch die Dauer des Wasserstresses sowie die fehlende absolute Wassermenge. Außerdem beeinflussen zahlreiche Eigenschaften des Bodens und des Bestandes, ab wann tatsächlich Wasserstress bei den Bäumen auftritt.

Im Jahr 2018 wurde an allen vier Messstationen die bisher stärkste und am längsten anhaltende Austrocknung der Böden seit Beginn der Messungen beobachtet. In Schwaney konnte eine tiefgründige Austrocknung des Bodens bereits ab Ende Mai beobachtet werden, die bis weit in den Herbst (Ende Oktober) reichte (Abb. 8b, S. 44). Auch im Tiefland (Haard, Kleve) wurden die Bodenspeicher erst zum Ende der Vegetationszeit allmählich wieder befüllt. Die ausgiebigen Niederschläge im Dezember 2018 und im Januar 2019 sorgten dafür, dass die Bodenwasserspeicher zu Beginn des Jahres 2019 mit Ausnahme auf der Fläche Kleve wieder gefüllt wurden. In Kleve war dies erst sehr spät, nämlich Ende März, der Fall (Abb. 8a, S. 44). Trotz der Trockenheit im Jahr 2018 sind alle vier Flächen im April 2019 mit gut gefüllten Bodenwasservorräten in die Vegetationsperiode, die zum Teil schon sehr früh begann (s. Kapitel „Phänologische Beobachtungen an Waldbäumen 2019“), gestartet. Die relative Bodenwasserverfügbarkeit lag am 1. April zwischen 94 Prozent (Haard) und 132 Prozent (Elberndorf) von der nFK.

Die beiden Tieflandflächen Haard und Kleve zeigten im Sommer 2019 einen ähnlichen zeitlichen Verlauf der Bodenwasserspeicherfüllung wie 2018 (Abb. 8a, S. 44). Ab Mitte Juli waren die Böden tiefgründig ausgetrocknet (Werte lagen zum Redaktionsschluss bis Mitte August vor). In der Haard standen in diesem Zeitraum noch etwa 50 Prozent von der nFK bis in eine Bodentiefe von 90 cm zur Verfügung. Auf dem sandigen Boden in der Haard ist ein pflanzenverfügbarer Wasservorrat von wenigstens 60 Prozent von der nFK (120 mm) erforderlich, um eine günstige Wasserversorgung für den Buchenwald über den Sommer sicherzustellen. Der feinkörnigere Boden in Kleve unterschritt an 25 Tagen (April bis Ende August) eine nFK

von 40 Prozent (120 mm). Zum Vergleich: Im Jahr 2018 waren es in diesem Zeitraum 30 Tage. Es muss jedoch beachtet werden, dass die Böden beider Flächen tiefgründig sind und die Baumwurzeln Wasser auch noch aus tieferen Schichten beziehen können, sodass eine Versorgung der Bäume mit Wasser aus tieferen Bodenschichten möglich sein kann. In Kleve deuten z. B. die Messungen der Bodensaugspannungen darauf hin, dass in 150 cm Tiefe noch Wasser zur Verfügung stand (ohne Abb.). In Kleve wurde eine geringere Transpirationsdifferenz beobachtet als in der Haard. In der Haard wurde im Zeitraum von Anfang April bis Ende August 2019 an 38 Tagen der Schwellenwert der Transpirationsdifferenz überschritten (vgl. Abb. 9, S. 45). Insgesamt lag für diese Monate eine Transpirationsdifferenz von 215 mm vor. Diese Transpirationsdifferenz weist auf einen Wassermangel der Waldbäume hin. Nur im Jahr 2018 war die Transpirationsdifferenz noch höher (49 Tage und 290 mm).

Auch die Berglandfläche Elberndorf zeigte im Sommer 2019 eine starke Bodenaustrocknung, die gegenüber dem Vorjahr (Mitte Juni) nur wenige Tage später ab Ende Juni auftrat und, mit Ausnahme einer kurzzeitigen Entspannung der Lage Mitte Juli, bis Ende August anhielt. Die Bodenwasserverfügbarkeit bis in 90 cm Tiefe (dies entspricht etwa der gesamten Bodentiefe) betrug ab Ende Juli nur noch etwa 50 Prozent der nFK (60 mm). Ähnlich wie in der Haard wurde 2019 an 37 Tagen die kritische Transpirationsdifferenz überschritten. Die Summe der Transpirationsdifferenz belief sich auf 236 mm. Bereits im Jahr 2003 und 2006 lagen ähnlich hohe Transpirationsdifferenzen vor. Der höchste Wert wurde jedoch 2018 mit fast 400 mm erreicht. Die Berglandfläche Schwaney wies im Jahr 2018 die stärkste Bodenaustrocknung auf, die zu einem erheblichen Wasserstress führte (Abb. 8b, S. 44). Dies dürfte darin begründet sein, dass der Boden tonig sowie vergleichsweise flachgründig ist und daher im Vergleich zu den anderen Flächen eine geringe nFK (80 mm; Tab. 1, S. 41) aufweist. Mehr als 3 Monate standen weniger als 10 Prozent von der nFK zur Verfügung. Im Jahr 2018 waren sowohl die Anzahl der Tage mit Transpirationsdifferenzen > 2 mm (49 Tage) als auch die absolute Menge (290 mm) die mit Abstand höchsten, die auf dieser Fläche bisher beobachtet wurden. Im Jahr 2019 war die Lage etwas entspannter. Die Bodenaustrocknung bis zur Profiltiefe zeigte sich aufgrund der ausgiebigen Niederschläge im Mai erst ab Anfang Juli. Anfang August 2019 betrug die Bodenwasserverfügbarkeit des gesamten Bodens nur noch etwa 9 mm (11 % von der nFK). Dieser Wert deutet auf einen erheblichen Wassermangel hin.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Vegetationszeit zum ersten Mal seit Beginn der Messungen zwei Jahre in Folge von außergewöhnlich hohen Temperaturen und zugleich von extrem niedrigen Niederschlagsmengen geprägt war. Diese Situation führte zu einer tiefgründigen Austrocknung der Böden, die im Jahr 2019 nur etwas geringer ausfiel als im Rekordjahr 2018. Obwohl die Level-II-Flächen sehr unterschiedliche Eigenschaften bezüglich Witterung, Boden und Bewuchs aufweisen, kann aus der relativen Bodenwasserverfügbarkeit und der Transpirationsdifferenz ein außergewöhnlicher Wassermangel für die Jahre 2018 und 2019 für alle vier Flächen und aufgrund des flachgründigen und tonigen Bodens insbesondere für die Fläche im Weserbergland (Schwaney) abgeleitet werden. Zu den sichtbaren Reaktionen von Bäumen auf Wasserstress gehören z. B. das Einrollen der Blätter oder die verfrühte Blattver-

färbung und das verfrühte Abwerfen von Blättern, Nadeln und unreifen Früchten, um die Verdunstung zu verringern. Diese Reaktionen konnten auf den Level-II-Flächen beobachtet werden und führen zu einer Reduktion der Photosynthese und damit zu einer reduzierten Produktion von energiereichen organischen Stoffen. Im Extremfall bedeutet dies, dass der Baum „verdurstet“ und „verhungert“ oder sich im geschwächten Zustand nicht mehr gegen eindringende Insekten oder Pilze zur Wehr setzen kann (s. auch Kapitel „Schäden durch Borkenkäfer, Sturm und Buchentroknis“). In der Haard sowie in Schwaney befand sich z. B. angrenzend an die Laubholzbestände der Level-II-Flächen jeweils eine Fichtendauerbeobachtungsfläche des intensiven forstlichen Umweltmonitorings. Beide Fichtenbestände sind 2019 in Folge von Wasserstress und Borkenkäferbefall abgestorben.



Messung der Bodenwasserspannung mit Tensiometern auf der Level-II-Fläche Schwaney



Messung der Bodenwasserspannung mit Tensiometern auf der Level-II-Fläche Kleve Tannenbusch

➔ Abbildung 8

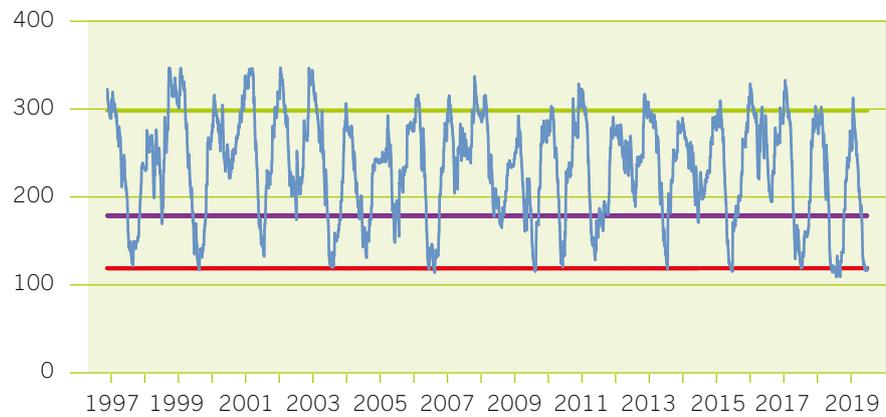
Aktueller Bodenwasservorrat in 0 bis 90 cm Tiefe | exemplarisch für zwei Level-II-Flächen

- aktuelle Wasserverfügbarkeit
- nFK
- 60 % nFK
- 40 % nFK (Schwellenwert für Wasserstress)
- 10 % nFK (Schwellenwert für erheblichen Wasserstress)

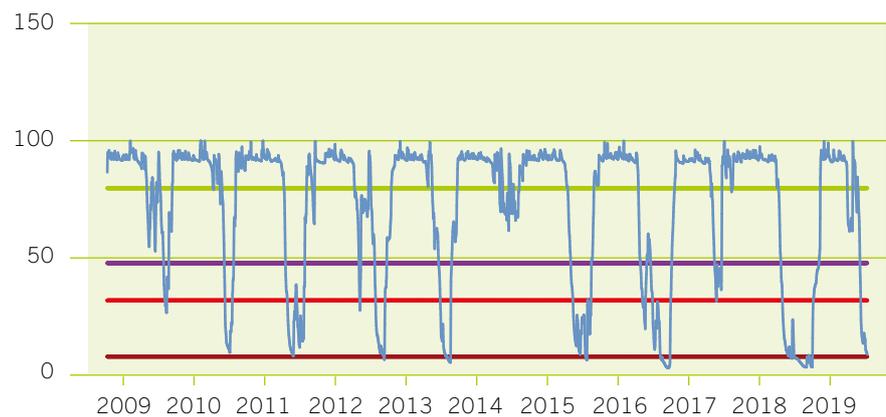
Die nutzbare Feldkapazität (nFK) sowie 60 % und 40 % von der nFK sind eingezeichnet. Für Schwaney sind zusätzlich 10 % der nFK eingezeichnet. Die unterschiedliche Skalierung der x-Achsen ist zu beachten.

relative Bodenwasserverfügbarkeit in mm

a) Kleve

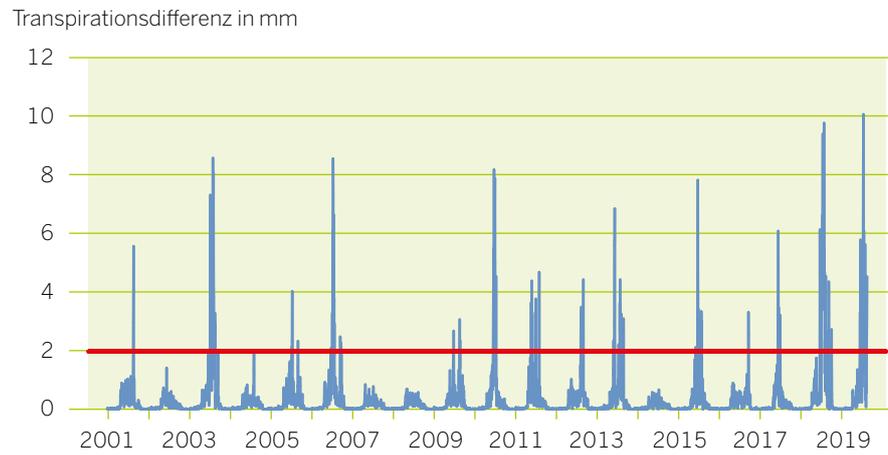


b) Schwaney



➔ ABBILDUNG 9

Transpirationsdifferenz | Schwellenwert von 2 mm pro Tag (Trockenperiode) | Level-II-Fläche Haard | 01.01.2001 bis 29.08.2019



Blattrollen bei der Buche zur Verringerung der Verdunstung



Frühzeitiger Abwurf von unreifen Eicheln als Folge von Trockenstress.

WASSERVERFÜGBARKEIT EINER BODENFEUCHTEMESSTATION

Ergänzend zu den Level-II-Flächen des intensiven forstlichen Monitorings, die durch das LANUV betreut werden, betreibt der Geologische Dienst (GD) NRW eine Bodenfeuchtemesstation an einem Waldstandort mit einem stauwasser geprägten Boden (Tab. 2). An diesem Standort wird das Regenwasser durch eine wasserstauende tonreiche Schicht in einer Tiefe von ca. 80 cm an der weiteren Versickerung in den tieferen Untergrund gehindert.

In Abbildung 10 (S. 47) sind die pF-Werte des Waldstandortes im Jahresverlauf für die Jahre 2015 bis 2019 dargestellt. Der pF-Wert kann als ein Maß für das den Pflanzen zur Verfügung stehende Wasser verstanden werden und wurde zur besseren Übersicht in vier farblich unterschiedene Klassen eingeteilt. „Nass“ bedeutet hierbei, dass alle Poren wassergesättigt sind und die Wurzeln quasi im Wasser stehen; „wasserfrei“ meint, dass im Boden kein Wasser mehr vorhanden ist, welches die Wurzeln noch aufnehmen können. Die teilweise auftretenden starken Schwankungen der pF-Werte im Jahresverlauf sind durch Regenereignisse zu erklären, die Wasser in den Boden bringen. Entsprechend sind die Auswirkungen oberflächennah (15 cm Tiefe) deutlich stärker zu erkennen.

Auch bei dieser Fläche ist in allen Jahren eine Wassersättigung (Klasse „nass“) der betrachteten Bodentiefen in den Wintermonaten festzustellen (Abb. 10, S. 47). Der oberflächennahe Bodenwasserspeicher war somit im Frühjahr voll. In den Jahren 2017 und 2019 waren trockene Verhältnisse bereits Mitte Juni festzustellen. Regelmäßige sommerliche Niederschläge führten 2017 jedoch nur zu einer geringen Trocknung und zeitigen Wiederbefeuchtung des Bodens. Diese blieben 2019 aus, sodass erstmalig bereits Ende Juli kein pflanzenverfügbares Wasser am Standort vorhanden war. Ob sich die extrem trockenen Bedingungen in diesem Jahr bis in den Oktober/November fortsetzen – hier wurden 2018 solche Verhältnisse erreicht –, werden die Niederschlagsmengen der Monate September bis November entscheiden. Trockene Verhältnisse sind auch im tieferen Bereich (120 cm) des Bodens zu erkennen (Abb. 10b, S. 47). Die stärkste Abtrocknung des Bodens zeigte sich in den Jahren 2018 und 2019, in denen die pF-Werte erstmalig den Wert 3 überschritten.

Die dargestellten Werte des Untersuchungszeitraumes zeigen deutlich, dass in der Vegetationszeit der letzten beiden Jahre am untersuchten Standort auffällig hohe pF-Werte und damit eine geringere Wasserverfügbarkeit aufgezeichnet wurden. Die trockeneren Verhältnisse sind sowohl oberflächennah, als auch in einer Tiefe von mehr als einem Meter feststellbar. Trotz voller Bodenwasserspeicher im Frühjahr stand den Bäumen in der Vegetationsperiode 2018 und 2019 vergleichsweise wenig oder oberflächennah sogar kein Wasser zur Verfügung.

TABELLE 2

Ausgewählte Eigenschaften des Standorts | Bodenfeuchtemesstation Bonn-Kottenforst

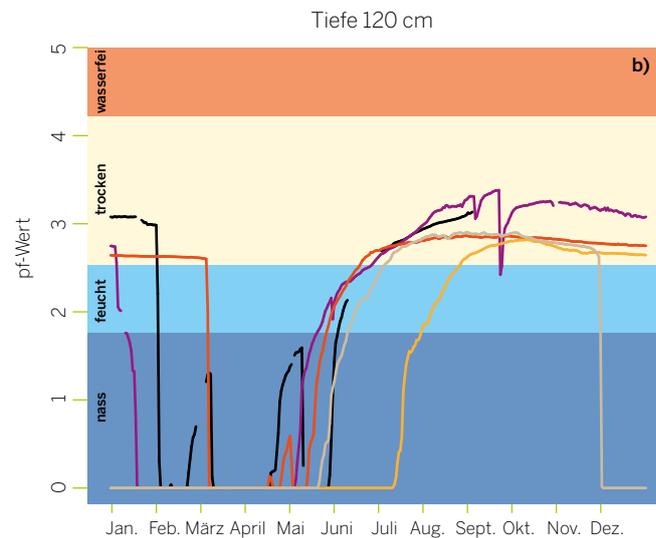
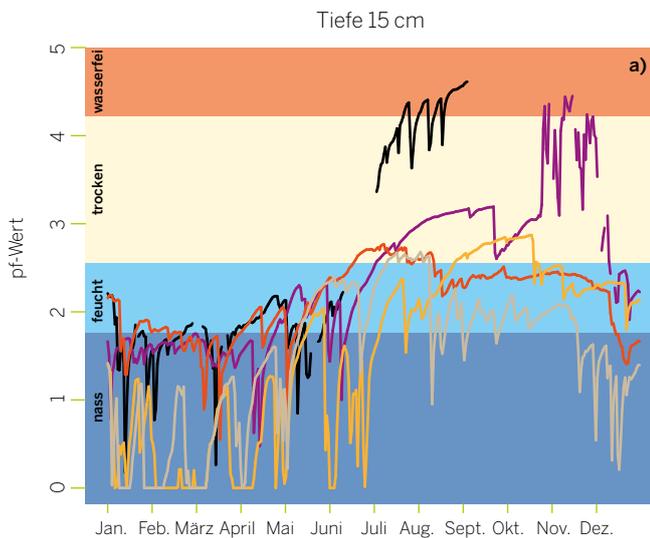
Wuchsgebiet	Niederrheinische Bucht
Jahresmitteltemperatur [°C]*	9,9
Jahresniederschlagssumme [mm]*	712
Baumart(en)	Eiche
Bodentyp	Pseudogley
Gründigkeit	tiefgründig
Grundwassereinfluss	nein
Bodenart	schwach toniger Schluff (15 cm) stark schluffiger Ton (120 cm)

*Messungen des DWD

pf-Werte eines stauwassergeprägten Bodens | Jahresverlauf | Bonn-Kottenforst

Lücken in der Zeitreihe sind messmethodisch oder durch den Ausfall einer Sonde bedingt.

2015 2016 2017 2018 2019



BODENVERHÄLTNISSE UND DÜRREMPFINDLICHKEIT IN NRW

Die in den vorherigen Abschnitten exemplarisch für typische Waldstandorte in NRW gezeigten Auswirkungen der extremen Witterungsereignisse der letzten Jahre machen deutlich, dass der Wasserhaushalt in Dürreperioden erheblich beeinflusst wird, und sich je nach Bodensituation in unterschiedlichem Ausmaß auf die Vitalität der aufstockenden Bestände auswirken kann. Auf Grundlage der Forstlichen Standortkarte (FSK50) kann für die Wälder in NRW die Dürreempfindlichkeit der Standorte abgeschätzt werden.

Waldstandorte in NRW werden in der FSK50 (auf Grundlage der Bodenkarte 1:50.000) dargestellt. Die FSK50 und die Bodenkarte 1:50.000 stehen als WebMapService frei zur Verfügung (s. weiterführende Links). Darin einbezogen

sind die aktuellen Klimadaten für NRW für den Zeitraum 1981 bis 2010 sowie hochauflösende Reliefdaten. Die FSK50 stuft forstliche Standorte auch hinsichtlich ihres Wasserhaushaltes ein (Abb. 11, S. 48). Die Zuweisung zu den Wasserhaushaltsklassen erfolgt auf Basis eines komplexen Bewertungssystems, das Informationen zum Bodenwasser (Wasserspeichervermögen des Bodens, Grundwasser- und Staunässeinfluss, Hangwasserzug), der klimatischen Situation (Niederschlag, Temperatur, klimatische Wasserbilanz) sowie der Lage im Relief (z. B. Sonnen- und Schatthänge) beinhaltet.

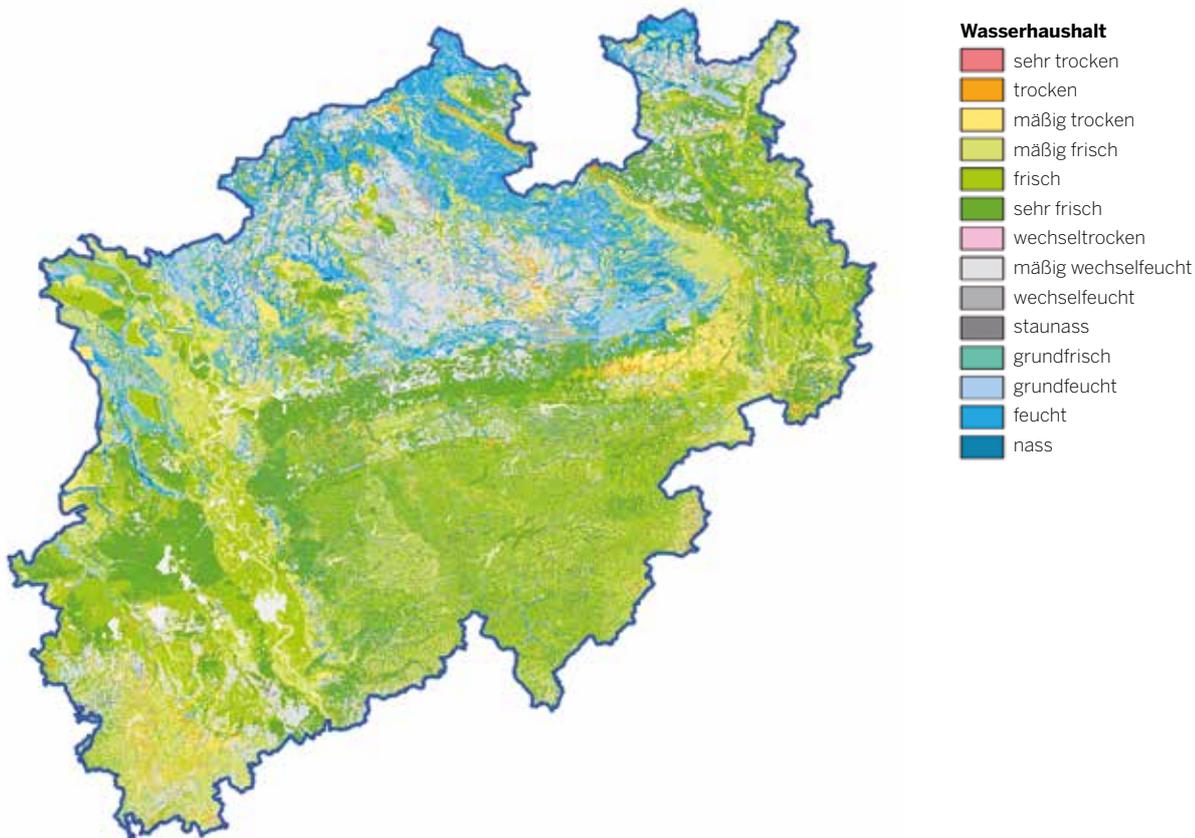
Zur Abschätzung der Dürreempfindlichkeit werden die Standorte nach ihrem Potenzial bewertet, wie sehr sie auf regelmäßige Niederschläge in der Vegetationsperiode angewiesen sind bzw. wie empfindlich sie gegenüber ausbleibenden Niederschlägen in der Vegetationsperiode (meteorologische Dürre) sind. Als hoch dürrerempfindlich sind z. B. sickerwassergeprägte Standorte einzuordnen,

deren Wasserhaushaltsklasse aufgrund ihres geringen Wasserspeichervermögens oder geringer Niederschläge, als mäßig trocken (oder trockener) eingestuft wird. Standorte mit beispielsweise oberflächennahem Grundwasser oder aufgrund des Wasserspeichervermögens und klimatischer Bedingungen als frisch oder sehr frisch eingestufte Standorte bieten eine stetige Versorgung der Bäume mit Wasser, sodass diese Standorte eine deutlich geringere Dürreempfindlichkeit aufweisen.

Auf Basis der Auswertung der FSK50 können etwa 11 Prozent der Waldflächen in NRW als hoch dürrerempfindlich eingestuft werden. Weitere 2 Prozent sind bereits trockene oder sehr trockene Standorte und deshalb ebenfalls hoch dürrerempfindlich. Etwa 10 Prozent der Waldflächen werden als mittel bis hoch und 12 Prozent als gering bis mittel dürrerempfindlich eingestuft; die restlichen knapp zwei Drittel der Waldflächen in NRW werden auf Basis der FSK50 als gering dürrerempfindlich angesehen.

→ ABBILDUNG 11

Standörtliche Klassifizierung des Wasserhaushaltes in NRW nach FSK50



ZUSAMMENFASSUNG

In NRW stellten die Monate April bis August 2018 die wärmsten sowie die zweit-sonnenscheinreichsten (Messbeginn 1951) und zugleich mit die niederschlagsärmsten Monate seit Beginn der DWD-Messungen 1881 dar. Erst der ausgiebige Niederschlag im Dezember 2018 sorgte dafür, dass sich die Bodenwasserspeicher allmählich wieder füllten. Die 13-monatige Folge von überdurchschnittlich warmen Monatsmitteltemperaturen wurde im Mai 2019 unterbrochen. Anschließend folgten wiederum drei außergewöhnlich warme, sonnenscheinreiche und trockene Sommermonate, die mehrere neue Wetterrekorde verzeichneten. In den für das Baumwachstum wichtigen Monaten April bis August fielen nur 64 Prozent (239 mm) des üblichen Niederschlags. Gleichzeitig lag die mittlere Temperatur mit 15,7 °C fast 2 °C über dem Referenzwert. Die Witterungsbedingungen während der Vegetationszeit waren somit erstmalig seit Aufzeichnung zwei Jahre in Folge durch außergewöhnliche Hitze und Trockenheit gekennzeichnet. Waldstandorte weisen, u. a. aufgrund unterschiedlicher Bodenbeschaffenheiten und Wasserhaushalte, unterschiedliche Empfindlichkeiten gegenüber Dürreereignissen auf. Fast ein Viertel (23 %) aller Waldflächen in NRW können nach ersten Auswertungen der Forstlichen Standortkarte als mittel bis hoch bzw. hoch dürreempfindlich eingestuft werden.

Die exemplarische Betrachtung des Bodenwasserhaushaltes von vier Level-II-Flächen aus dem intensiven forstlichen Umweltmonitoring und der Werte einer Bodenfeuchtemessstation im Wald zeigt, dass, obwohl die Temperatur- und Niederschlagsabweichungen 2019 vom langjährigen Mittel der Flächen regional verschieden waren, die Flächen verschiedene Eigenschaften bzgl. Boden und Bewuchs aufweisen und die Böden mit gut gefüllten Wasserspeichern in die Vegetationsperiode 2019 gestartet sind, im Sommer 2019 eine tiefgründige und anhaltende Austrocknung der Böden aller Flächen vorlag, die nur etwas geringer ausfiel als im Rekordjahr 2018. Die Wasserversorgungs-Indikatoren weisen z. T. auf einen erheblichen Wasserstress in den Jahren 2018 und 2019 hin, der eine außergewöhnliche Belastung für die Waldbäume in NRW darstellt. Die Reaktion der Waldbäume auf den Wasserstress sowie die Toleranz hängt von verschiedenen Faktoren ab, u. a. von der Baumart. Die untersuchten Laubholzbestände verringerten ihre Verdunstung durch Blattrollen oder frühzeitigen Blattabwurf, was wiederum mit einer Reduktion der Photosynthese und damit mit einer reduzierten Produktion von energiereichen organischen Stoffen einhergeht. Dies kann zu einer Schwächung des Baums führen, die ggf. erst im Folgejahr zum Tragen kommt. Die benachbarten Fichtenbestände litten unter so großem Wasserstress, dass sie sich nicht mehr gegen eindringende Borkenkäfer zur Wehr setzen konnten und 2019 abgestorben sind. Die Kombination von zwei extremen Hitze-Dürre-Jahren in Folge stellt eine neue Situation dar, die die Bodenwasserhaushaltssituation und die entsprechende Wasserverfügbarkeit für die Wälder stark beeinträchtigt. Die Folgen für die Wälder in NRW sind bisher nicht im vollen Umfang absehbar.

Literatur:

- Bréda, N., Huc, R., Granier, A., Dreyer, E. (2006): Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. *Ann. For. Sci.* 63: S. 625–644
- Schultze, B., Kölling, B., Dittmar, C., Rötzer, T., Elling, W. (2005): Konzept für ein neues quantitatives Verfahren zur Kennzeichnung des Wasserhaushalts von Waldböden in Bayern: Modellierung – Regression – Regionalisierung. *Forstarchiv* 76: S. 155–163

SCHÄDEN DURCH BORKENKÄFER, STURM UND BUCHENTROCKNIS



Aufgearbeitete Käferbefallsflächen und neuer Stehendbefall an Fichten aus dem Spätsommer 2019 (braun gefärbt)

BORKENKÄFER AN DER FICHTE

Die durch die Stürme „Friederike“ und „Burglind“ sowie die Hitze und Dürre ausgelöste Borkenkäfermassenvermehrung des Jahres 2018 setzte sich auch im Jahr 2019 fort. Untersuchungen in stark befallenen Beständen im Kottenforst bei Bonn sowie im Sauerland bei Meschede im Februar/März 2019 zeigten, dass ca. 90 Prozent der Käfer unter der Rinde und nur ca. 10 Prozent im Boden überwinterten. Rechnerisch ergaben sich Werte von bis zu 6 Millionen (Rinde) und 0,9 Millionen (Boden) überwinterte Buchdrucker je Hektar (v. Beverfoerde et al. 2019). Die natürliche, durch tiefe Temperaturen winterbedingte Sterblichkeit von Jung- und Altkäfern war im Winter 2018/2019 vernachlässigbar gering.

Erstaunlicherweise zeigten sich auch die empfindlicheren Käferlarven als sehr kälteresistent. Natürliche Gegenspieler, wie Ameisenbuntkäfer und Erzwespen, kamen in den Untersuchungsgebieten so gut wie nicht vor.

Die in allen Stadien überwinterten Buchdrucker und Kupferstecher konnten somit den Jahreswechsel gut überstehen, sich weiterentwickeln und fast vollständig im Jahr 2019 ausschwärmen.

Es ist anzunehmen, dass der Erfolg der Bekämpfungsmaßnahmen im Winter durch den Abfall von hohen (bis zu 90 %) Rindenanteilen bei der harvestergestützten Aufarbeitung eingeschränkt wurde. Regional durchgeführte Einsätze von Fangsystemen zur Abschöpfung der

im Boden verbliebenen Käfer im Frühjahr zeigten größtenteils gute Erfolge. Der Mangel an verfügbaren Arbeitskapazitäten, die angespannte Holzmarktlage und regional klein strukturierte Besitzverhältnisse wirkten sich negativ auf die Bekämpfungsmaßnahmen aus.

Der Borkenkäferflug 2019 begann in den Niederungslagen Mitte April, in der Eifel und im Sauerland Ende April. Die Daten des im Vergleich zum Jahr 2018 stark ausgeweiteten Borkenkäfermonitorings zeigen auf 236 Käferfallen, sieben- bis zehnfach höhere Wochenfangwerte (Abb. 1, S. 52). Aufgrund kurzer feuchtkühler Perioden erfolgte die Entwicklung des Buchdruckers im Vergleich zu 2018 um zwei bis drei Wochen verzögert. Landesweit konnten sich dennoch zwei, in den Niederungsbereichen sogar drei Buchdruckergenerationen voll entwickeln. Die Harzproduktion zur Abwehr der in die Rinde eindringenden Borkenkäfer war bei Fichten auch in 2019 erneut durch die seit Mai 2018 anhaltende Dürre stark beeinträchtigt.

Bislang wird die, allein in diesem Jahr durch Borkenkäfer verursachte Fichtenschadholzmenge auf mehr als 12 Mio. m³ geschätzt – seit 2018 (1 Mio. m³ Käferholz) sind somit mehr als 13 Mio. m³ Fichtenholz dem Käfer zum Opfer gefallen. (Abb. 2, S. 52)

Mengenmäßige Schwerpunkte der Kalamität bilden die sechs Regionalforstämter Soest-Sauerland (3 Mio. m³ Käferholz), Rhein-Sieg-Erft, Siegen-Wittgenstein, Bergisches Land, Hochstift und Ostwestfalen-Lippe (Abb. 3, S. 53). Die Schadintensitäten nehmen meistens mit zunehmender Höhenlage ab, weshalb Fichtenbestände unterhalb von 400 m ü. NN als besonders gefährdet angesehen werden müssen. So sind beispielsweise im Regionalforstamt Soest-Sauerland vor allem die niederen Lagen und die im letzten Jahr durch das Sturmereignis „Friederike“ geschädigten Gebiete stark von der Borkenkäferkalamität betroffen. In den durch den letztjährigen Sturm ebenfalls stark geschädigten Regionalforstämtern

Hochstift und Ostwestfalen-Lippe ist es vor allem an Südhängen und Kuppenlagen zum flächigen Verlust der dort stockenden Fichtenwälder gekommen. Auffallend ist in diesem Jahr weiterhin, dass sich der Borkenkäferbefall auf die typischen fichtengeprägten Waldbestände des Sauer- und Siegerlandes ausgedehnt hat. In höheren Lagen kam es im Regionalforstamt Siegen-Wittgenstein auf flachgründigen, steinigten Standorten in diesem Jahr zu einem sehr rasch zunehmenden Befall der dort wachsenden Fichten durch die Borkenkäferarten Buchdrucker und Kupferstecher.

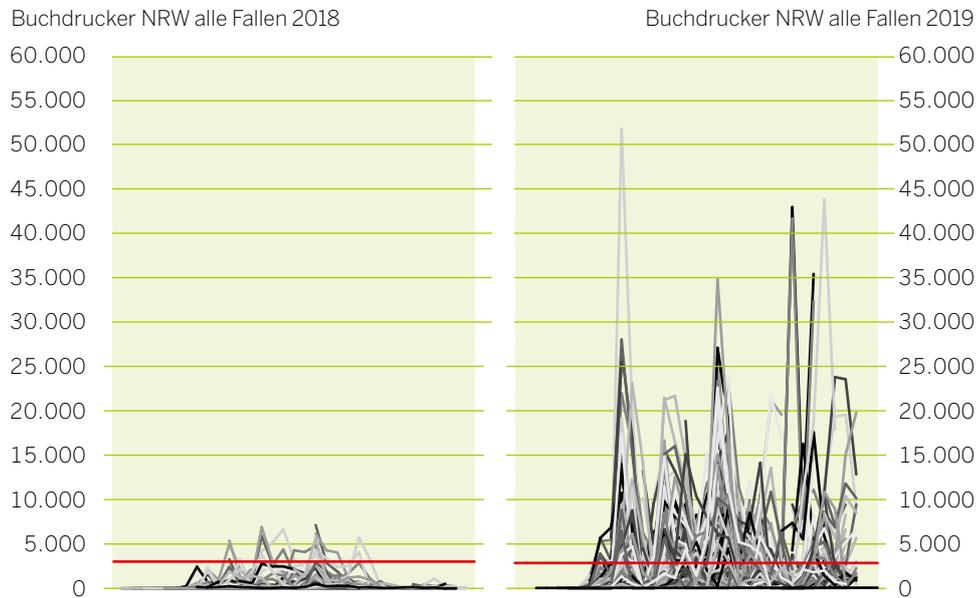
Erfahrungen aus der Schweiz und Süddeutschland zeigen, dass der Höhepunkt der borkenkäferbedingten Schadmenge nach einem Schadereignis (z. B. Sturm, Hitze) abhängig von der Intensität der Aufarbeitung in den Folgejahren zunimmt und noch Jahre dauern wird. Somit ist auch in Nordrhein-Westfalen davon auszugehen, dass der Kalamität in den nächsten Jahren weitere Millionen Fichten zum Opfer fallen werden.



Buchdrucker und Kupferstecher zerstören das Kambium und die Borke des Baumes.

ABBILDUNG 1

Fangzahlen des Borkenkäfermonitorings | 2018 und 2019 | jeweils April bis September



— Schießen die Borkenkäferzahlen über diese Linie hinaus, werden auch völlig gesunde Fichten letal von Buchdruckern attackiert.

ABBILDUNG 2

Durch Sturm und Käfer verursachte Schadholzmengen | Vergleich 2018 und 2019

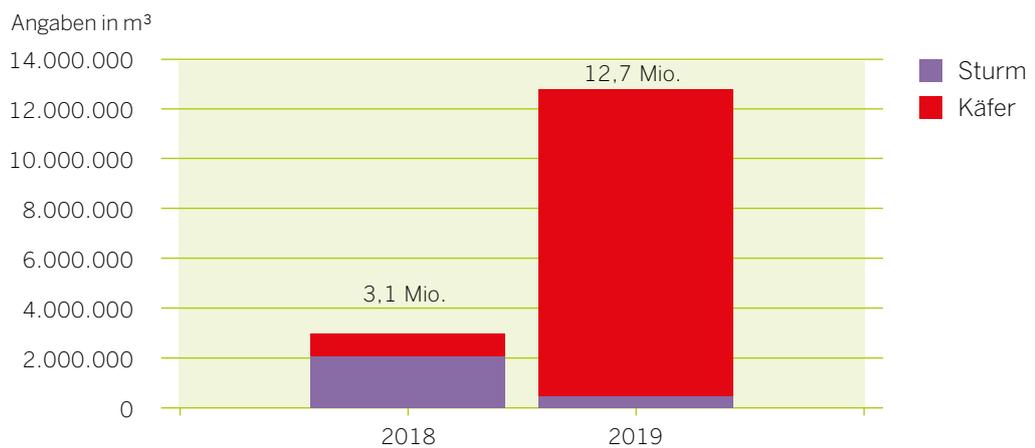
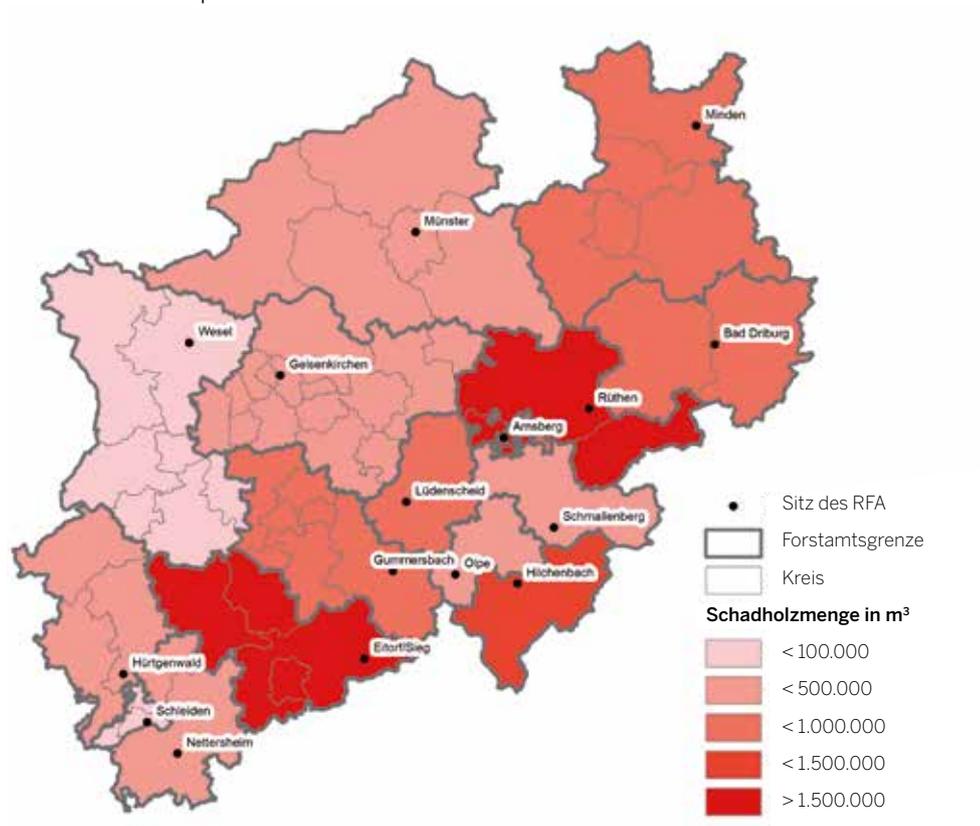


ABBILDUNG 3

Kalamitätsmengen durch Borkenkäfer und Trocknis |
Januar bis September 2019



Borkenkäferbefallsflächen im Oktober 2019 (Regionalforstamt Soest-Sauerland). Die verbrauchten Fichtenflächen zeigen das Ausmaß dieser Kalamität – in den Laubwäldern beginnt die herbstliche Verfärbung.



Blick in die Kronen von durch Borkenkäferbefall absterbenden Fichten

AUSWIRKUNGEN DER STÜRME

Die aktuelle Großkalamität begann mit dem Sturm „Friederike“ im Januar 2018 – in NRW wurden rund 2 Mio. m³ Fichte geworfen. Da die gesamte Mitte Deutschlands betroffen war, verzögerte sich die Aufarbeitung und die Abfuhr der Hölzer aus dem Wald. Am 9. und 10. März 2019 verursachten die Sturmtiefs „Eberhard“ und „Dragi“ Schäden im Wald. Betroffen waren insbesondere die durch den Sturm „Friederike“ im Jahr

zuvor vorgeschädigten Fichtenbestände. „Eberhard“ und „Dragi“ sorgten vor allem für Gruppen- und Nesterwürfe, vereinzelt auch Flächenwürfe, allerdings auf große Flächen verteilt. Die Aufarbeitung der verstreuten Sturmschäden verursachte einen hohen Arbeitsaufwand. Einzelwürfe in der Fichte stellen immer ein Forstschutzrisiko dar. Verglichen mit dem Sturm „Friederike“ erreichten „Eberhardt“ und „Dragi“ mit rund 500.000 m³ Sturmholz, rund ein Viertel der Sturmmenge des Vorjahres. (Abb. 4, S. 55)



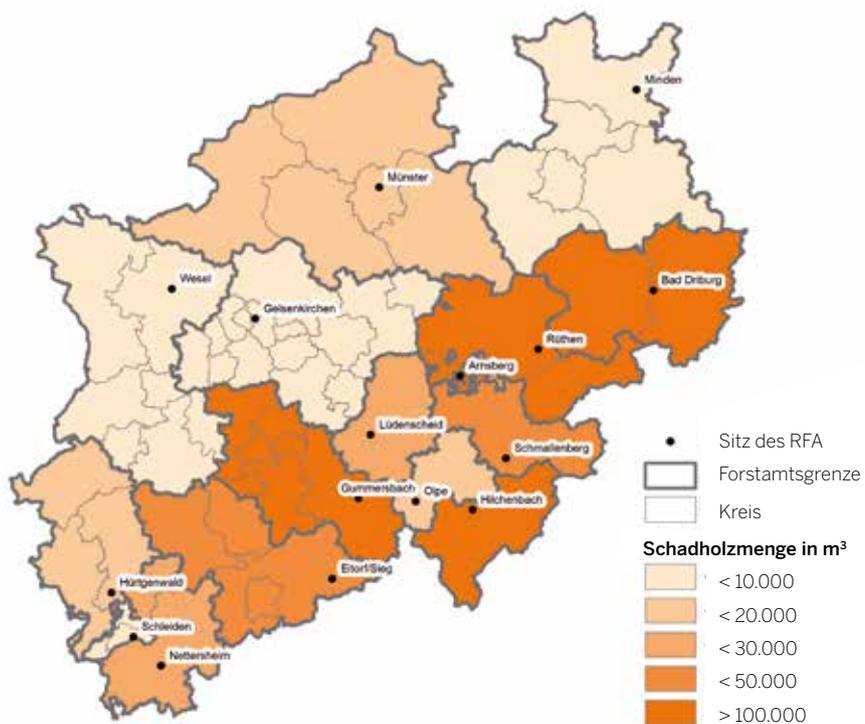
Im April wurde das Windwurfholz zahlreich von Borkenkäfern befallen – zu erkennen an dem braunen Bohrmehl auf der Rinde.



Im Sommer 2019 von Fichtenborkenkäfern befallene Bäume waren in ganz Nordrhein-Westfalen zu erkennen.

Windwurfmengen durch Sturmtiefs

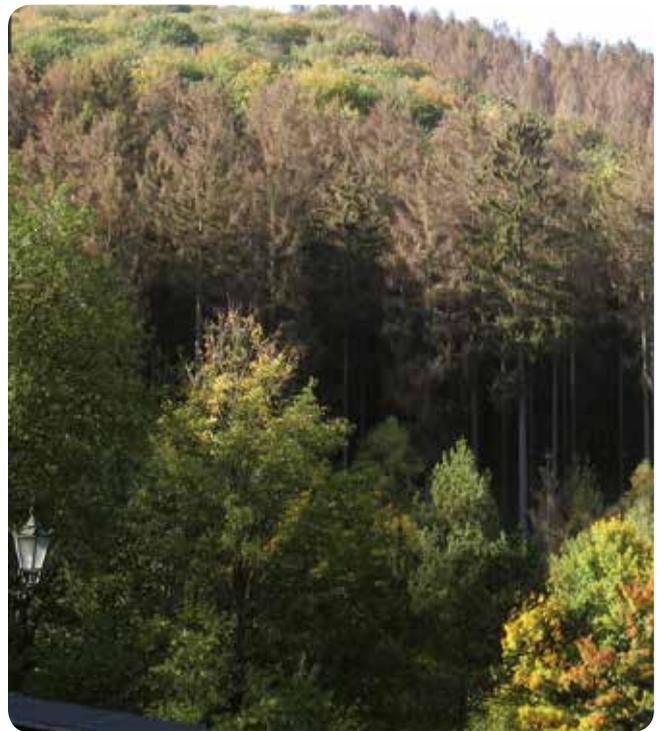
„Eberhard“/„Dragi“, 9./10. März 2019



Absterbende Buchen im Ruhrgebiet

FERNERKUNDUNG ZUR EINSCHÄTZUNG DER VITALITÄT

Mit Satellitenaufnahmen des europäischen Copernicus-Programms hat die Landesforstverwaltung digitale Landkarten entwickelt. Sie illustrieren in sieben Stufen der Vitalitätsabnahme, wie sehr der Nadelwald und hier insbesondere die Fichten geschwächt sind. Für die Auswertung werden die aktuellen Satellitendaten mit denen aus dem Sommer 2017 verglichen. Bei dieser „Change Detektion“ geht man davon aus, dass der Wald im Frühsommer 2017 noch gesund und vital war. Alle fünf Tage scannen die Sentinel-2-Satelliten der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) das Land ein Mal. Für die Auswertung sind allerdings wolkenfreie Zonen zwingend notwendig. Praktisch kann so ca. alle zwei Monate ein neuer Karten-Layer erstellt werden. Die verfügbaren Karten-Layer stammen aus dem September 2018, Juni und August 2019. Es ist darüber hinaus geplant, das Verfahren bezüglich möglicher Aussagen zur Vitalitätsabnahme im Laubwald (z. B. zur Identifizierung von aktuellen Buchen- und Eichenschäden) zu erweitern.



Ein absterbender Fichtenwald neben gesundem Mischwald im Sauerland

➔ **ABBILDUNG 5**

Vitalitätsabnahme der Nadelbäume | Strombach | Kartenausschnitt



Legende zu den Stufen der Vitalitätsabnahme:

Klasse	Schadbild	Schadstufe
1	Kein/geringer Vitalitätsverlust	
2	Verdachtsmoment auf Vitalitätsschwäche bis erste sichtbare Symptome	1
3		
4	Sichtbarer Käfer- und Trocknisschaden bis Totholz	2
5		
6	Aufgearbeitete Käferholzfläche = potentielle Kulturfläche	3
7		

Tiefrote Zonen zeigen Fichten, die bereits abgestorben sind, der Schutz der nicht eingefärbten (ohne Vitalitätsverlust) und hellrötlich verfärbten Zonen sollte im Vordergrund der Bekämpfung stehen.

Zur Festlegung von Schwellenwerten waren Referenzdaten zu gesunden und geschädigten Beständen von Försterinnen und Förstern im Außendienst von ausgewählten Wäldern die Grundlage. Mit diesen Beobachtungen wurde das System trainiert und verifiziert und die sieben Stufen abgeleitet. Die Daten sind online frei über das Portal www.waldinfo.nrw.de unter dem Thema „Waldschäden und Gefahrenabwehr/Vitalitätsabnahme“ abrufbar.

BUCHENTROCKNIS

In Nordrhein-Westfalen ist in diesem Jahr örtlich eine Buchentrocknis an über 100 Jahre alten Buchen aufgetreten, wodurch Baumkronen und teilweise ganze Bäume abstarben. Buchen, die schon im letzten Herbst und Winter diese Absterbeerscheinungen zeigten, trieben im Frühjahr in der Krone unvollständig oder überhaupt nicht mehr aus. Neben weiteren ersten Frühjahrssymptomen wie eine Kleinblättrigkeit in der Krone, Schleimflussflecken, absterbende Rindenbereiche (Nekrosen) sowie ein Befall mit Borken- und Prachtkäfern traten später sehr deutlich verschiedene Rinden- und Holzfäulepilze auf, die zu einem schnellen Abbrechen von Kronenästen und teilweise Baumstämmen führten. Die Besiedlung der Buchen mit dem kleinen Buchenborkenkäfer (*Taphrotychus bicolor*), einer weiteren Buchenborkenkäferart

(*Ernoporus fagi*) und dem Buchenprachtkäfer (*Agrilus viridis*) erfolgt nach der Schwächung der Bäume und ist somit als sekundärer Befall zu werten.

Die Bäume sind durch die langanhaltende Hitze und Niederschlagsdefizite des letzten Jahres sowie vorheriger Mastjahre und frühzeitige Blattverluste sehr stark in ihrer Vitalität geschwächt worden. Die außergewöhnlich trockene und heiße Witterung des Jahres 2018 ist somit als Initialzündung für eine vor allem im Jahr 2019 deutlich gewordene, auf vielen Standorten in Nordrhein-Westfalen auftretende Buchentrocknis zu sehen. Dies führte in den Kronen zur Aktivierung endophytisch in der Rinde lebender Pilze mit nachfolgender Holzfäule. Hier ist vor allem der Pilz Pfennig-Kohlenkruste (*Biscogniauxia nummularia*) auffällig.

Schadsymptome an der Buche:



Schleimfluss



Rindenbrand



Abgebrochener Ast mit Pilzbefall



Käferfraßgänge

Von dieser Buchentrocknis sind besonders der Norden und Osten Nordrhein-Westfalens betroffen. So fallen allein im Regionalforstamt Ostwestfalen-Lippe in diesem Jahr mehr als 200.000 m³ sowie im Münsterland über 100.000 m³ Buchenschadholz an (insgesamt > 500.000 m³).

Während in Ostwestfalen vornehmlich Buchen auf trockenen Kuppenlagen und Südhängen absterben, kommt es im Münsterland vor allem auf Pseudogleystandorten oder anderweitig flachgründigen Böden zum Absterben der Altbuchen. Hier fehlte den Bäumen seit dem Spätsommer des letzten Jahres in ausreichender Menge das pflanzenverfügbare Wasser.

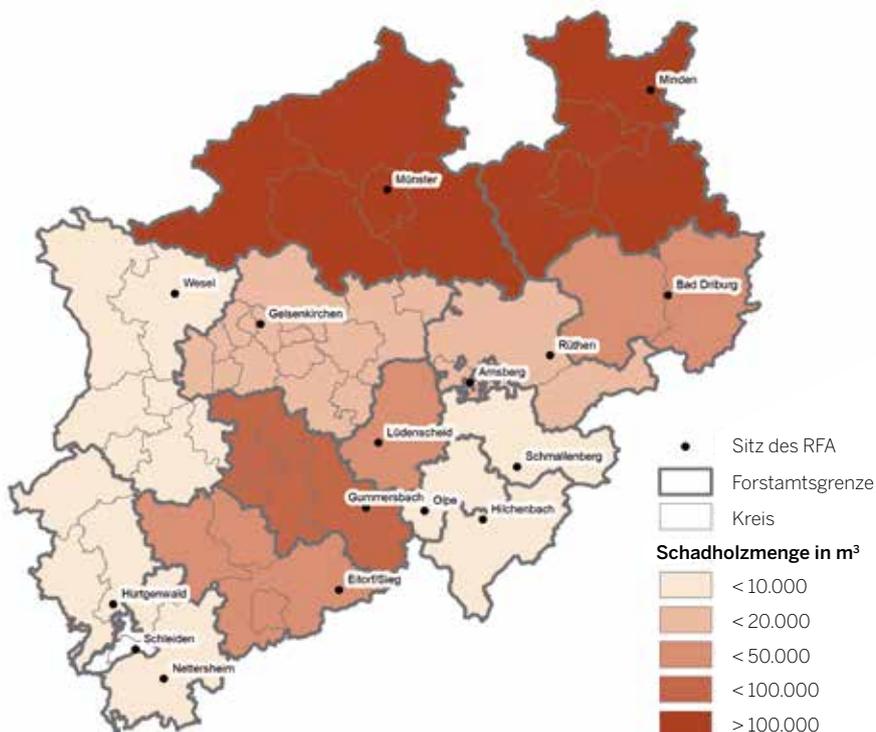
Zusätzlich sind in geringerem Umfang ebenfalls Standorte mit einer ausgeprägten Lößauflage über kalkhaltigem Grundgestein betroffen. Dass es auch hier zu Trockenstress bei der Buche gekommen ist, ist auf den seit dem Spätsommer 2018 bis zum jetzigen Tag vorhandenen, bis weit in untere Bodenschichten reichenden Wassermangel zurückzuführen.

Die erkrankten Buchen zeigen teilweise von der Krone ausgehende und bis zum Stammfuß reichende schwarze punkt- bis faustgroße Verfärbungen des Holzes, die erfahrungsgemäß durch in den Stamm eindringenden Sauerstoff entstehen können. Ausgangspunkte solcher Oxidationen sind häufig schlagartig abgestorbene (vertrocknete) und nicht durch Peridermbildung abgeschottete Äste.

Die im letzten Jahr ausgebliebenen Niederschläge konnten in diesem Jahr nicht kompensiert werden. So ist es im Unterboden weiterhin sehr trocken und die Buche leidet auf bestimmten Standorten unter Trockenstress. Die durch den Ausfall von Altbuchen stärker aufgelichteten Wälder sind anfällig gegenüber Sonnenbrand, wodurch die empfindliche Buchenrinde abstirbt und sich wiederum Folgeerreger ansiedeln können. Deshalb ist auch in den nächsten Jahren in diesen Beständen mit weiteren Absterbeerscheinungen zu rechnen.

➔ ABBILDUNG 6

Kalamitätsmengen an Buche durch Trocknis und Hitze | Januar bis September 2019



ZUSAMMENFASSUNG

Durch die Frühjahrsstürme und Hitze sowie Dürre 2018 begann eine Borkenkäfermassenvermehrung, die sich auch im Jahr 2019 fortsetzte. Aufgrund des letzten warmen Winters konnten die Käfer fast ungehindert überwintern und die in ihrer Vitalität weiterhin sehr geschwächten Fichten in hohen Dichten befallen. Die Borkenkäferkalamität hat in diesem Jahr in Nordrhein-Westfalen zu vielen absterbenden Fichten geführt. So sind 2019 mehr als 12 Millionen Festmeter Borkenkäferschadholz angefallen. In vielen Gebieten, wie beispielsweise den Niederungen des Regionalforstamtes Soest-Sauerland – in diesem Forstamt sind allein 3 Mio. m³ Käferholz angefallen –, lösen sich die Fichtenbestände aufgrund des Befalls fast vollständig auf. Diese Holz mengen zeitnah einzuschlagen und zu verkaufen, war aufgrund fehlender Holzeinschlagsunternehmen sowie Logistikproblemen und fehlender Vermarktungsmöglichkeiten in diesem Jahr nicht möglich. Die Borkenkäfer Buchdrucker und Kupferstecher bildeten in diesem Jahr in höheren Lagen zwei und in wärmeren Gegenden Nordrhein-Westfalens drei Generationen. Im nächsten Jahr werden dieser Borkenkäferkalamität weiterhin Millionen Fichten zum Opfer fallen.

Durch die zwei Stürme „Eberhard“ und „Dragi“ fielen rund 500.000 m³ Fichtenschadholz an. Verglichen mit dem Vorjahressturm „Friederike“ ist in diesem Jahr somit rund ein Viertel der Sturmmenge des Jahres 2018 angefallen.

Mit Hilfe der Satellitenaufnahmen des europäischen Copernicus-Programms konnten digitale Landkarten entwickelt werden, welche die Vitalitätsabnahme der Bäume in unterschiedlichen Farbstufen darstellen. Hier ist sehr deutlich die Fichten-Vitalitätsabnahme der Jahre 2018 und 2019 gegenüber dem Jahr 2017 zu erkennen. Die Daten sind für jedermann online über das Portal www.waldinfo.nrw.de unter dem Thema „Waldschäden und Gefahrenabwehr/Vitalitätsabnahme“ frei zugänglich.

Vor allem in Ostwestfalen und im Münsterland kam es in diesem Jahr an Buchen zu einem deutlich erkennbaren Absterben von Kronen und sogar ganzen Bäumen. Neben flachgründigen oder lehmigen Standorten waren teilweise auch gut durchwurzelbare Lößstandorte von dieser Buchentrocknis betroffen. Die Ursache ist auf Trocknisschäden zurückzuführen, die bereits im niederschlagsarmen Jahr 2018 ihren Anfang nahmen. Zumeist treten die Schäden in Buchenaltbeständen auf. Dort kommt es in der Krone und am Stamm zu einer schnellen Ausbreitung von Rinden- und Holzfäulepilzen. Weiterhin zeigen die Bäume teilweise aus der Rinde austretenden Schleimfluss und werden von Insekten wie Buchenborkenkäfer und Prachtkäfer befallen. In den betroffenen Wäldern werden auch in den nächsten Jahren weitere Buchen absterben.

PHÄNOLOGISCHE BEOBACHTUNGEN AN WALDBÄUMEN 2019



Austrieb und Blüte der Eiche

Im Rahmen des intensiven forstlichen Umweltmonitorings führt das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV NRW) in Zusammenarbeit mit dem Landesbetrieb Wald und Holz auf 18 Dauerbeobachtungsflächen (Tab. 1, S. 61) seit 2001 phänologische Beobachtungen an Waldbäumen durch. Die Lage der Flächen ist dem Kapitel „Das forstliche Umweltmonitoring“ zu entnehmen. Die Beobachtungen umfassen im Frühjahr den Nadel-/Blattaustrieb und die Blüte und im Herbst bei den Laubbäumen die Blattverfärbung und den Blattfall. Diese im Jahresverlauf periodisch wiederkehrenden Entwicklungserscheinungen stehen in einer engen Beziehung zur Witterung und zum Klima. Durch ihr Austriebsverhalten und die Länge ihrer Vegetationszeit sind Bäume daher

wichtige Weiser im Rahmen der Untersuchungen zum Klimawandel. So gehen die Daten von den Buchenflächen als Indikator „Phänologie der Buche“ in das Klimafolgenmonitoring des Landes Nordrhein-Westfalen ein.

Insgesamt wurden 2019 Daten an 714 Bäumen erhoben. Die Methodik der Aufnahmen ist in einem international festgelegten Manual (ICP Forests Manual, Part VI Phenological observations) geregelt. In der Auswertung wird für jede Fläche und Baumart jährlich ein Austriebstermin errechnet, an dem das am Einzelbaum erhobene Austriebsprozent im Flächenmittel den Wert von 50 Prozent erreicht hat. In gleicher Weise wird das Ende der Vegetationszeit über ein mittleres Verfärbungsprozent bestimmt.

Anzahl der Flächen mit phänologischen Beobachtungen in der Zeitreihe

Auf einigen Flächen werden mehrere Baumarten aufgenommen. Kleinere Kollektive (< 9 Bäume) sind nicht berücksichtigt.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Buche	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	7	8	8	8	8	8	8	8	8
Eiche	3	3	3	3	3	3	3	4	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Fichte	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4
Kiefer	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Douglasie																		1	1
Bergahorn	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Esche	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

NADEL-/BLATTAUSTRIEB 2019

Der Austrieb der Bäume wird neben genetischen und baumartspezifischen Vorgaben insbesondere durch den Temperaturverlauf im Frühjahr gesteuert, wobei die Tagesmaxima die entscheidende Rolle spielen. Dabei gibt es einen Reaktionsspielraum, der bei den hier seit 2001 untersuchten Flächen und Baumarten bis zu 33 Tage (Kiefer in Kleve) umfassen kann. So ist zum Beispiel der früheste bisher beobachtete Austriebstermin bei der Buche in Hilchenbach (Elberndorf) der 15. April (2009) und der späteste der 17. Mai (2013). Auf den Buchenflächen in der Haard und in Kleve beträgt die Spanne bisher nur 22 Tage (Abb. 1, S. 62).

Die Untersuchungen zeigen, dass die Reaktion auf hohe Temperaturen und deren zeitliches Auftreten in Abhän-

gigkeit von der Höhenlage und der Baumart sehr unterschiedlich ist. So sind bei hohen Frühjahrstemperaturen im Jahr 2009 die Buchen auf den beiden Flächen im Hochsauerland früher ausgetrieben als die Buchen auf den beiden Flachlandflächen in der Haard und in Kleve. Bei durchschnittlichen Temperaturen ist das in der Regel umgekehrt. Fichte, Kiefer und Esche reagieren kaum auf hohe Temperaturen im April. Entscheidender sind hier die Temperaturen im Mai.

Deutlich werden diese Zusammenhänge beim Austrieb im Frühjahr 2019. Der März war 2019 im Mittel fast 4 °C wärmer als im Vorjahr (vgl. Kapitel „Die Witterungs- und Bodenwasserverhältnisse bis zum Sommer 2019“). Höchsttemperaturen von etwas über 20 °C wurden am 22., 23., 30. und 31. März erreicht. Darauf reagierten die regelmäßig früh austreibenden Stieleichen in Viersen,



Austrieb der Eiche



Austrieb der Buche

die Traubeneiche in Stadtlohn und die Buche in Duisburg mit einem zeitigeren Austrieb als 2018. Auf sehr wechselhafte Temperaturen in der ersten Aprilhälfte folgte eine wärmere Phase zwischen dem 17. und 26. April. Hier erfolgte der Austrieb der Buchen und fast aller Eichen. Der Austriebstermin entsprach auf vielen Flächen dem von 2018. Zwischen dem 27. April und dem 18. Mai kühlte es sich wieder deutlich ab, wobei an keiner Waldmessstation ein Tagesmaximum von 20 °C erreicht wurde. Entsprechend zögerlich verlief dadurch der Austrieb von Fichte, Douglasie, Esche und Eiche im Mittelgebirge. Gegenüber dem Vorjahr trieb die Fichte in Elberndorf 16 Tage, die Esche in Schwaney 17 Tage und die Douglasie in Kempen (Weserbergland) 18 Tage später aus. Der mittlere Austriebstermin der Kiefer in Kleve am 2. Mai entsprach in etwa dem von 2018 (3. Mai). Insgesamt ergibt sich also ein sehr uneinheitliches Bild, das die unterschiedlichen Reaktionen der Bäume auf den Temperaturverlauf widerspiegelt (Abb. 1, Abb. 2 und 3, S. 63).

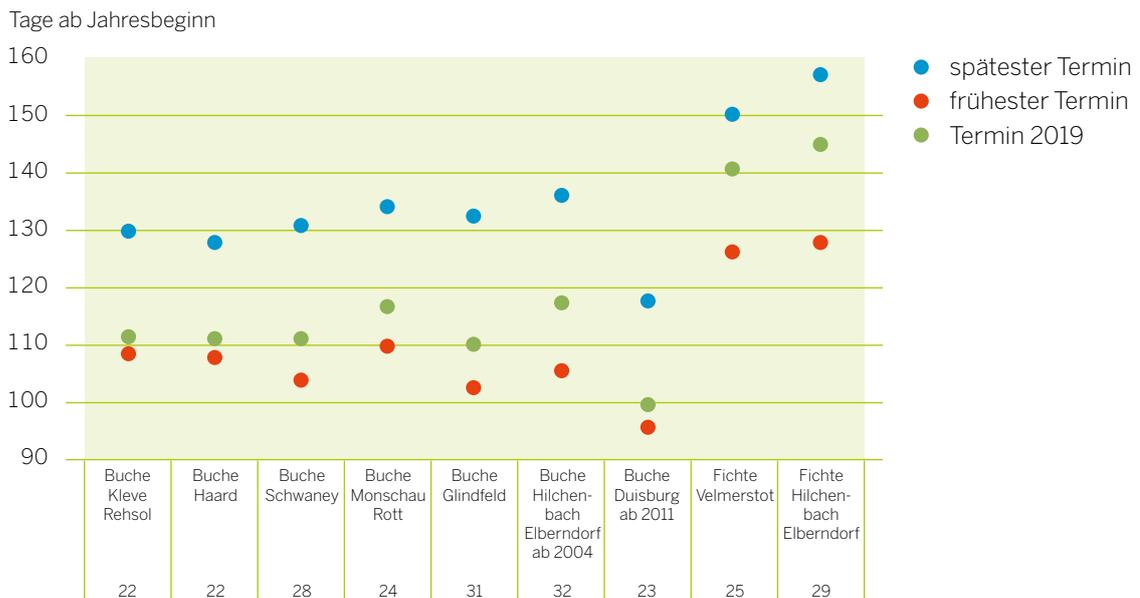
In der Zeitreihe seit 2001 ist der Austrieb der Buchen im Jahr 2019 wieder sehr früh erfolgt und entsprach in etwa dem von 2018. Nur in den Jahren 2009, 2011 und 2014 war der mittlere Austriebstermin noch früher (Abb. 4, S. 64).

Bei einer Betrachtung des Trends über den 19-jährigen Beobachtungszeitraum ist bei Buche und Eiche ein anhaltend früherer Austrieb festzustellen. Die Fichte treibt dagegen tendenziell später aus, während der Austrieb der Kiefer im Mittel unverändert ist. Bei der relativ kurzen Zeitreihe schwankt der Steigungsfaktor der Trendlinien bei den Baumarten von Jahr zu Jahr. Dieser Faktor zeigt an, in welchem Maße die Veränderung des Austriebsverhaltens erfolgt. So lässt sich zurzeit bei der Eiche ein früherer Austrieb von ca. 0,7 Tagen und bei der Buche von 0,4 Tagen pro Jahr errechnen. Die Fichte treibt dagegen 0,3 Tage pro Jahr später aus. Bei den Trendberechnungen ist zu beachten, dass die Anzahl (n) der Flächen im Beobachtungszeitraum zugenommen hat (Abb. 5, S. 64).



ABBILDUNG 1

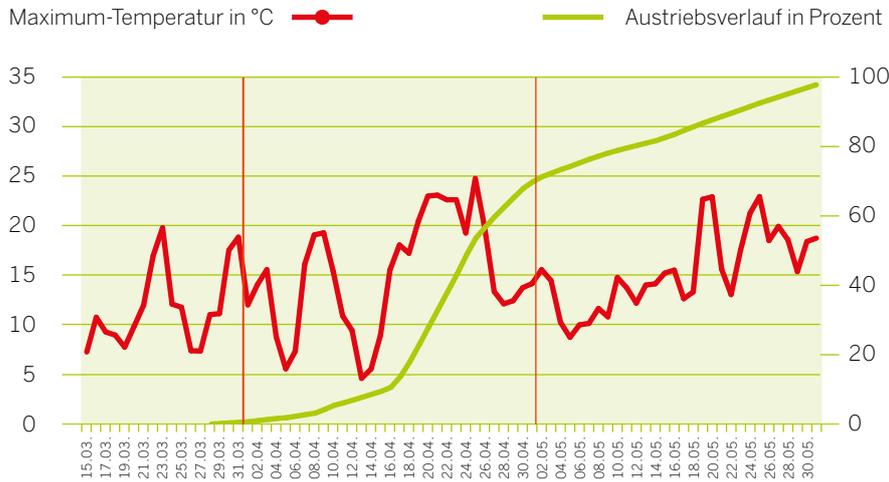
Frühester und spätester Austriebstermin und dessen Zeitspanne in Anzahl von Tagen in der Zeitreihe seit 2001 auf den Buchen- und Fichten-Dauerbeobachtungsflächen im Vergleich mit 2019



Spanne in Anzahl Tagen zwischen frühestem und spätestem Austriebstermin auf den Dauerbeobachtungsflächen

ABBILDUNG 2

Mittlerer Verlauf der Tagesmaximum-Temperatur* und des Austriebs aller Baumarten auf den Dauerbeobachtungsflächen in NRW | 2019



* Mittelwert der Temperaturen von den Waldmessstationen Kleve, Haard, Schwaney und Elberndorf (vgl. Kapitel „Die Witterungs- und Bodenwasserhältnisse bis zum Sommer 2019“)

ABBILDUNG 3

Mittlerer Austriebstag auf den Dauerbeobachtungsflächen in NRW | 2019

Tag seit Jahresbeginn (110 = 20. April)

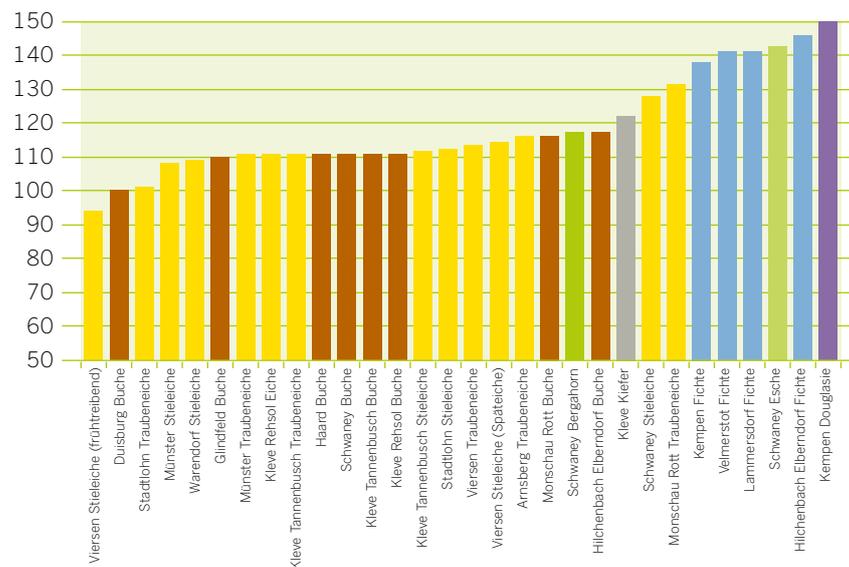




ABBILDUNG 4

Mittlerer Austrieb der Buche auf sieben Dauerbeobachtungsflächen | 2001 bis 2019

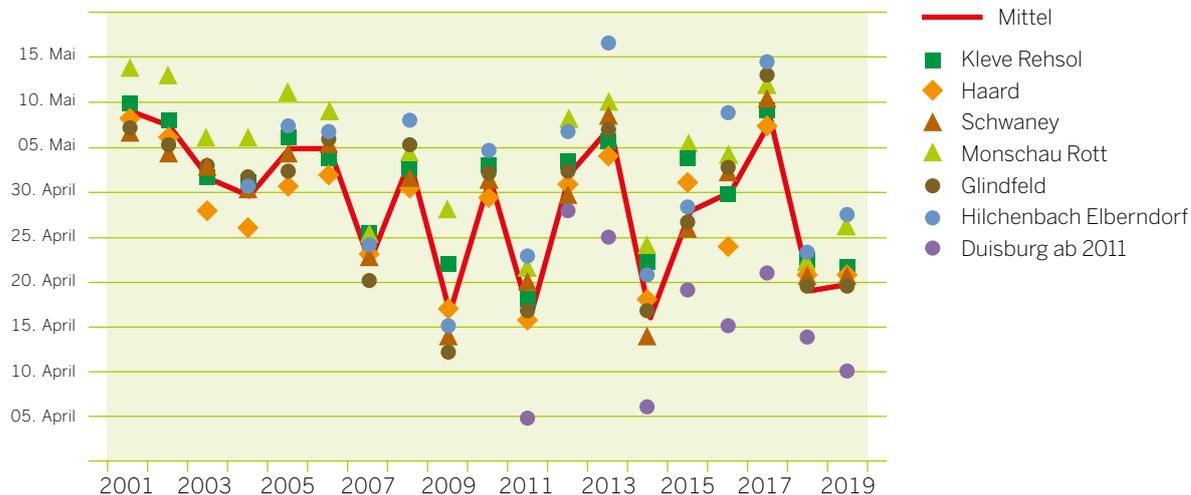
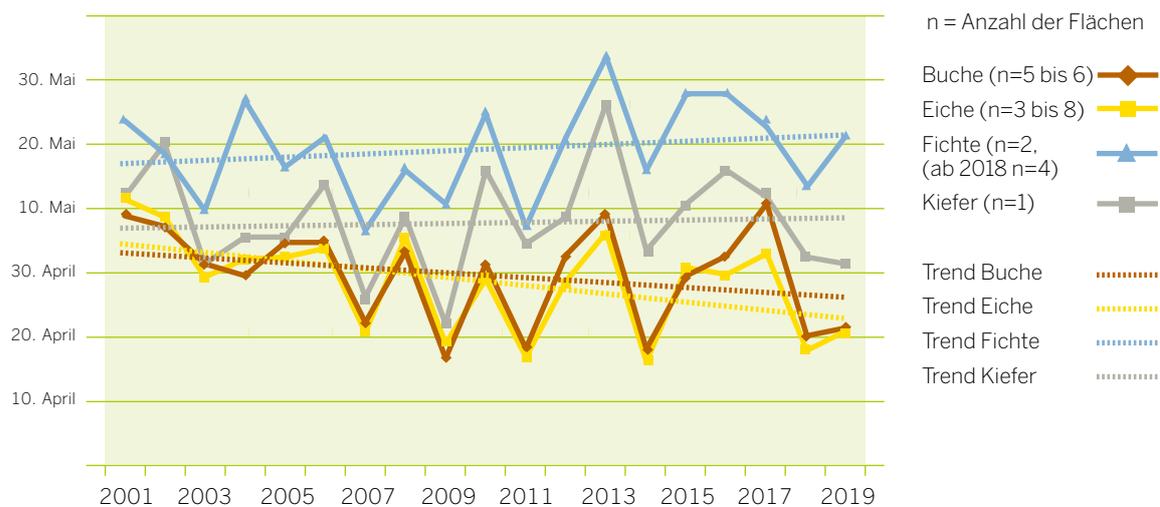


ABBILDUNG 5

Mittlerer Austriebstermin der Hauptbaumarten auf den Dauerbeobachtungsflächen | 2001 bis 2019



BLÜTE UND FRUKTIFIKATION AUF DEN DAUERBEOBACHTUNGSFLÄCHEN 2019

Nach einer überwiegend starken Blüte im Jahr 2018 war diese im Jahr 2019 deutlich geringer (Tab. 2). In vielen Jahren folgte in der Vergangenheit auf ein Mastjahr ein Jahr, in dem vor allem bei der Buche keinerlei Blüte zu sehen war. Dies war 2019 nicht der Fall. So hat 2019 ein Drittel der Buche allerdings meist nur schwach geblüht. Bei der Eiche war an etwa zwei Drittel der Bäume Blüte festzustellen, wobei diese zum Teil auch intensiver war. Bei der Fichte zeigten nur wenige Bäume eine geringe Blüte. Betroffen waren hier die beiden Flächen im Weserbergland (Velmerstot und Kempen).

Bei der Blüte wird die männliche Blüte aufgenommen, während die Fruktifikation aus der weiblichen Samenanlage hervorgeht. Beides ist von Jahr zu Jahr unterschiedlich ausgeprägt. Die Intensität der Blüte entspricht deshalb nicht unbedingt dem Ausmaß der Fruktifikation (Tab. 2 und 3). Weitere Angaben zur Fruktifikation der Bäume finden sich im Kapitel „Monitoring zur Vitalität der Baumkronen 2019“.

 TABELLE 2

Anteile der Bäume in den Intensitätsstufen der Blüte | 2019

	in Prozent				Anzahl Bäume
	0 keine	1 geringe	2 mittlere	3 starke	
Buche	67	19	11	3	277
Eiche	31	37	23	9	208
Fichte	85	15	0	0	110
Kiefer	0	37	50	13	30
Douglasie	30	37	30	3	30

 TABELLE 3

Anteile der Bäume in den Intensitätsstufen der Fruktifikation | 2019

	in Prozent				Anzahl Bäume
	0 keine	1 geringe	2 mittlere	3 starke	
Buche	58	22	14	6	200
Eiche	73	25	2	0	431
Fichte	100	0	0	0	171
Douglasie	93	7	0	0	30

Hinweis zu den Tabellen 2 und 3: Bei der Buche wird nicht auf allen Flächen eine Sommeraufnahme durchgeführt, bei der die Fruktifikation erfasst wird. Bei Eiche und Fichte werden nicht bei allen Bäumen, die im Sommer bonitiert werden, phänologische Beobachtungen gemacht. Bei der Kiefer ist die Fruchtbildung im Jahr der Blüte noch nicht ausgereift. Sie wird erst im Folgejahr deutlich sichtbar und dann aufgenommen.



Herbstfärbung der Buche



Blattfärbung der Eiche

VEGETATIONSZEIT

Die für den Wald relevante Vegetationszeit ist aus meteorologischer Sicht definiert als Zeitraum in Anzahl von Tagen mit einer Mitteltemperatur ≥ 10 °C. Beginn und Ende der forstlichen Vegetationsperiode ergeben sich, wenn das gleitende Mittel der mittleren Tagestemperatur über 7 Tage in Folge über bzw. unter 10 °C liegt. Aus phänologischer Sicht ergibt sich die Länge der Vegetationszeit aus der Differenz des mittleren Tages von Blattverfärbung und Austrieb.

Bei Redaktionsschluss war die Vegetationszeit 2019 noch nicht abgeschlossen, sodass die Zeitreihe hier nur bis zum Jahr 2018 betrachtet werden kann. Die sehr früh austreibende Buchenfläche in Duisburg (DU) wird erst seit 2011 phänologisch untersucht. Bei Trendberechnungen für den Gesamtzeitraum ab 2001 wird sie deshalb nicht mit einbezogen.

Die Zeitreihe zeigt sowohl bei den Eichen als auch bei den Buchen eine von Jahr zu Jahr erheblich schwankende Länge der Vegetationszeit, wobei bei der Eiche im Jahr 2018 mit 199 Tagen ein neues Maximum erreicht wurde (Abb. 6, S. 67). Bei der Buche entspricht der Wert von 180 Tagen im Jahr 2018 in etwa dem Maximum aus dem

Jahr 2014 (181 Tage). Die Schwankungsbreite der Vegetationszeitlänge liegt im Mittel aller Flächen bei der Buche bei 23 Tagen, bei Einzelflächen kann sie jedoch bis zu 42 Tage (Monschau Rott) betragen. Bei der Eiche schwankt die Länge der Vegetationszeit im Mittel aller Flächen um 30 Tage (169 bis 199 Tage), wobei die Zeitreihe auf den einzelnen Eichenflächen unterschiedlich (8 bis 18 Jahre) ist. Auf den Flächen mit den längsten Zeitreihen liegt die Schwankungsbreite zwischen 32 Tagen in Kleve-Tannenbusch und 41 Tagen in Arnsberg.

Aufgrund dieser starken jährlichen Schwankungen bei der Vegetationszeitlänge ergeben sich für die linearen Trendlinien von Jahr zu Jahr unterschiedliche Steigungsfaktoren. Die Faktoren entsprechen der Anzahl von Tagen pro Jahr, in denen sich der Austrieb, die herbstliche Verfärbung und die Vegetationszeit in der Zeitreihe seit 2001 verändern. Der Trend der Vegetationszeitzunahme liegt bei der Buche im Jahr 2018 bei ca. 0,5 Tagen pro Jahr und bei der Eiche bei 0,8 Tagen pro Jahr (Abb. 6, Tab. 4, S. 67). Im Jahr 2017 war der Trend geringer. Die Verlängerung der Vegetationszeit ist wesentlich stärker auf einen früheren Blattaustrieb als auf eine spätere herbstliche Verfärbung zurückzuführen. So spielte bei der Eiche in der Auswertung bis 2017 ausschließlich der frühere Austrieb für die Verlängerung der Vegetationszeit eine Rolle (Tab. 4, S. 67).



ABBILDUNG 6

Länge der Vegetationsperiode auf den Buchen- und Eichen-Dauerbeobachtungsflächen | 2001 bis 2018

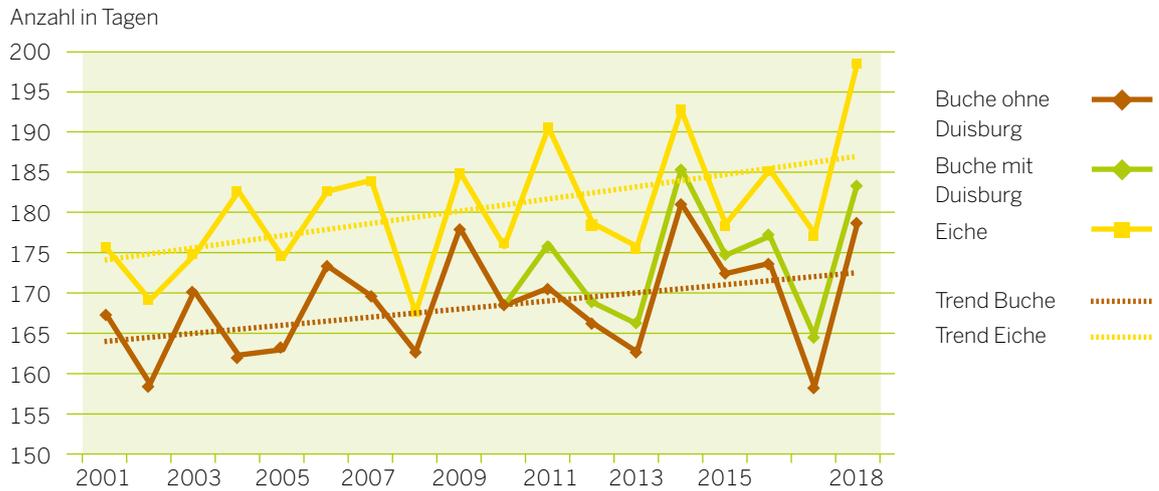


TABELLE 4

Steigungsfaktoren der Trendlinien | Veränderung der Länge der Vegetationszeit für Buche und Eiche

in Tagen pro Jahr | im Vergleich für die Zeiträume 2001 bis 2018 und 2001 bis 2017

Das negative Vorzeichen beim Austrieb bedeutet einen früheren Austriebszeitpunkt und das positive Vorzeichen bei der Verfärbung bedeutet eine spätere Blattverfärbung im Jahr. Die Summe der absoluten Zahlen ergibt den Wert für die Veränderung der Vegetationszeit.

	2001–2018			2001–2017		
	Austrieb	Verfärbung	Vegetationszeit	Austrieb	Verfärbung	Vegetationszeit
Buche	-0,34	+0,13	+0,47	-0,20	+0,11	+0,31
Eiche	-0,63	+0,17	+0,80	-0,52	+0,02	+0,54

Der Trend zu längeren Vegetationszeiten bedeutet, dass auch die Transpirationszeit und damit der Wasserbedarf der Bäume zunimmt. Dies führt dazu, dass sich der Wasserstress der Bäume in Trockenjahren wie 2018 und 2019 zusätzlich verschärft.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen des intensiven forstlichen Umweltmonitorings werden in Nordrhein-Westfalen phänologische Beobachtungen an Waldbäumen durchgeführt. Die phänologischen Entwicklungserscheinungen stehen in einer engen Beziehung zur Witterung und da insbesondere zum Temperaturverlauf. Das Austriebsverhalten der Bäume und die Länge ihrer Vegetationszeit stellen daher wichtige Weiser im Rahmen der Untersuchungen zum Klimawandel dar. Durch ein hinsichtlich des Temperaturverlaufs sehr wechselhaftes Frühjahr mit außergewöhnlich warmen Temperaturen zu Beginn und kühlen Temperaturen im Mai sind Buchen und Eichen im Jahr 2019 wie bereits 2018 relativ früh (Mitte April) ausgetrieben, während der Austrieb der Fichten 2019 recht spät erfolgte. Der Trend zu einer längeren Vegetationszeit von Buche und Eiche hat sich durch das Jahr 2018 zusätzlich verstärkt. Für die Eiche lag 2018 sogar die längste bisher beobachtete Vegetationszeit vor. Längere Vegetationszeiten bedeuten für die Bäume, dass die Transpirationszeit und damit der Wasserbedarf zunehmen. In Trockenjahren wie 2018 und 2019 kann dies zu verschärftem Wasserstress führen. Die Intensität der Blüte war bei den Baumarten sehr unterschiedlich, insgesamt jedoch geringer als im Vorjahr. Zum ersten Mal seit Beginn der Beobachtungen wurde jedoch eine vergleichsweise ausgeprägte Fruchtbildung bei der Eiche und insbesondere bei der Buche beobachtet, die auf ein Mastjahr (2018) folgte. Für die Ausbildung von Früchten muss der Baum große Mengen an Energie zur Verfügung stellen. Für Buche und Eiche kann aus der Phänologie unter Berücksichtigung der Witterungsextreme abgeleitet werden, dass die Jahre 2018 und 2019 Ausnahmejahre bezüglich der Wasser- und Energieversorgung darstellen.

DAS FORSTLICHE UMWELT-MONITORING – 35-JÄHRIGES JUBILÄUM UND TOPAKTUELL



Depositions- und Streufallsammler im Bestand von der Level-II-Fläche Haard

In den 1970er Jahren wurden massive Schäden an den Wäldern im Ruhrgebiet sowie in anderen Regionen NRWs und Deutschlands verzeichnet, die zunehmend in den Fokus der Wissenschaft rückten. Mit dem Erscheinen der dreiteiligen Reihe „Der Wald stirbt“ im Herbst 1981 brachte das Magazin „DER SPIEGEL“ die Waldsterbensdebatte auch in die Öffentlichkeit. Verantwortlich gemacht für die „neuartigen Waldschäden“ wurde in erster Linie der sogenannte saure Regen. Rauchgasschäden an Bäumen in der Umgebung von Schwefeldioxid-Emittenten waren bereits seit längerem bekannt. Neu war die räumliche Entkopplung von Emissionsquelle und der Erkrankung der Wälder. Infolgedessen wurden bundesweit zum einen Maßnahmen zur verbesserten Luftreinhaltung eingeführt (z. B. Rauchgasentschwefelung von Abgasen) und zum anderen wurde die Waldzustandserhebung (WZE) – damals als Waldschadenserhebung bezeichnet – ins Leben

gerufen, um zuverlässige und repräsentative Angaben zur Situation des Waldes bereitstellen zu können. Der Schwerpunkt der Erhebung liegt auf der Begutachtung des „Kronenzustands“, der als Weiser für die Baumvitalität dient. In diesem Jahr feiert die WZE ihr 35-jähriges Jubiläum. Die WZE wurde in den Folgejahren um weitere Erhebungen ergänzt, die zusammen einen maßgeblichen Beitrag zur Beobachtung und Erforschung der Waldökosysteme leisten. Das forstliche Umweltmonitoring (ForUm) war geboren. Seit 1985 finden die Monitoringaktivitäten im Rahmen des internationalen Kooperationsprogramms zur Erfassung und Überwachung der Auswirkungen von Luftverunreinigungen auf Wälder (ICP Forests) unter dem Dach der Vereinbarung über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigungen (CLRTAP) der UNECE statt. Die Erhebungen im forstlichen Umweltmonitoring erfolgen nach europaweit harmoni-

sierten Methoden und unterliegen der Qualitätskontrolle und -sicherung. Die Einbindung ermöglicht es, die landesspezifischen Ergebnisse sowohl in einem bundesweiten als auch in einem europaweiten Kontext zu bewerten. Die Rechtsgrundlage für das forstliche Umweltmonitoring stellt die Verordnung über Erhebungen zum forstlichen Umweltmonitoring (ForUmV) zu § 41a Absatz 6 Bundeswaldgesetz dar, die am 01. Januar 2014 in Kraft getreten ist.

Die übergeordneten Ziele des forstlichen Umweltmonitorings liegen in

- der Untersuchung des Status und der Entwicklung der erfassten Waldökosysteme,
- der Analyse von Ursachen-Wirkungszusammenhängen.

Daher basiert das forstliche Umweltmonitoring auf zwei sich ergänzenden Säulen, der landesweit repräsentativen Erhebung auf einem systematischen Stichprobennetz (Level I) und dem intensiven Monitoring (IM) auf ausgewählten Dauerbeobachtungsflächen (Level II).

LEVEL I

Das Level-I-Programm in NRW beinhaltet die WZE, die immissionsökologische Waldzustandserhebung (IWE) und die Bodenzustandserhebung im Wald (BZE). Die Basis bildet ein systematisches 4 x 4 km-Stichprobennetz mit rund 550 Stichprobenpunkten und mehr als 10.000 markierten Einzelbäumen (Abb. 1, S. 71). In diesem Raster sind die 16 x 16 km-Rasterpunkte des Bundes und des ICP Forests (39 Punkte) eingebettet. Die Daten werden als flächenrepräsentative Erhebung zur landes- bzw. bundesweiten Hochrechnung genutzt. Der Landesbetrieb Wald und Holz NRW (LB WH) koordiniert die Umsetzung der WZE und das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) die Umsetzung der BZE und der IWE.

Die Waldzustandserhebung

Die WZE wird jährlich von Juli bis August auf dem Basisraster durchgeführt. Sie untersucht den aktuellen Zustand der Waldbäume und deren Veränderung im Laufe der Zeit. Wesentliche Weiser für die Vitalität der Bäume sind Quantität und Qualität von Nadeln und Blättern, da diese für die Photosynthese verantwortlich sind und somit für die Bildung von energiereichen organischen Stoffen. Neben der Kronenverlichtung und der Vergilbung/Verfärbung von Nadeln/Blättern werden weitere Parameter wie die Fruchtbildung und biotische und abiotische Schäden (z. B. Insektenbefall oder Sturmschäden) erhoben. Zusätzlich wird die Mortalität erfasst. Als Bewertungsmaßstab zur Einstufung der Kronenverlichtung wird bundesweit eine Bilderserie verwendet. Zur Qualitätssicherung werden

außerdem jedes Jahr Schulungen auf Bundes- und Landesebene durchgeführt. Die Daten werden auch für den bundesweiten Waldzustandsbericht verwendet, zu dem alle Bundesländer ihre Erhebungsergebnisse beisteuern. Die Bundesergebnisse finden wiederum Eingang in die europäische und internationale Berichterstattung zum Waldzustand.

Die immissionsökologische Waldzustandserhebung

Die IWE erfasst den Belastungs- und Ernährungszustand der Waldbestände und deren Veränderung im Laufe der Zeit, identifiziert Gründe für den Zustand und für Veränderungen und entwickelt Maßnahmen. Sie ist eng mit der BZE verbunden. Untersucht werden Nadel-/Blattproben von den vier Hauptbaumarten (Buche, Eiche, Fichte, Kiefer). Die IWE wird seit 1988 in unregelmäßigen Zeitintervallen auf dem 4 x 4 km-Raster in Beständen größer 40 Jahre durchgeführt. Die nächste IWE ist im Rahmen der dritten Bodenzustandserhebung (BZE III; 2022–2024) geplant.

Die Bodenzustandserhebung im Wald

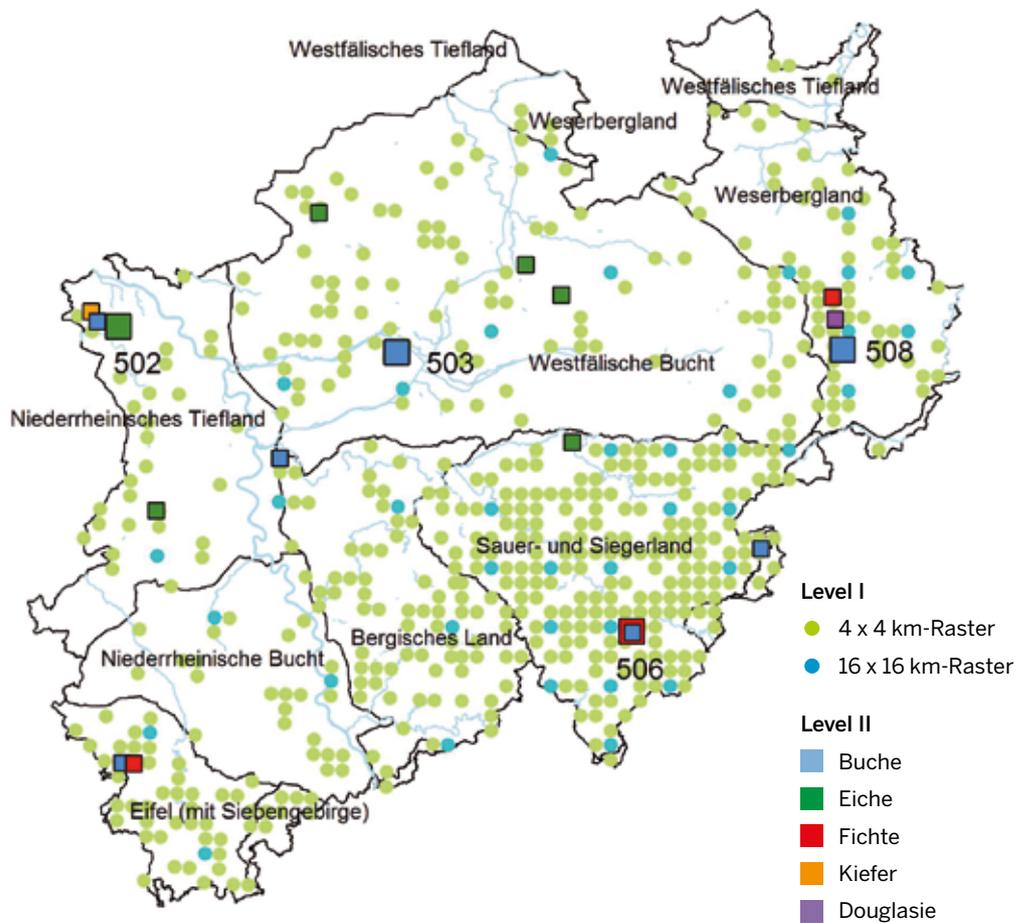
Die BZE zielt auf den aktuellen Zustand der Waldböden und deren Veränderung im Laufe der Zeit, trägt zur Identifizierung von Ursachen für Veränderungen des Bodens sowie der Waldbäume bei und schätzt Risiken ab, z. B. für die Qualität von Grundwasser. Sie leistet des Weiteren einen Beitrag zur Planung und Umsetzung von Maßnahmen zur Erhaltung und Verbesserung des Bodenzustands und der Nährstoffversorgung der Waldbäume. Im Rahmen der BZE werden die folgenden Erhebungen durchgeführt:

- Bodenprofilansprache
- bodenchemische und bodenphysikalische Untersuchungen der Humusaufgabe und des Mineralbodens (z. B. Bodenversauerung, Stickstoffanreicherung, Schwermetallbelastung)
- Nadel-/Blattanalysen (im Vergleich zur IWE erweitert um alle Baumarten und Bestandesalter)
- Kronenzustand
- Bestockung (inkl. Totholz)
- Bodenvegetation

Die BZE wird periodisch alle 15 bis 20 Jahre durchgeführt. In NRW erfolgte die erste BZE (BZE I) zwischen 1989 und 1991 auf dem 4 x 4 km-Raster (Abb. 1, S. 71). Die erste Wiederholung (BZE II) fand zwischen 2006 und 2008 bundesweit auf dem nationalen 8 x 8 km-Grundraster statt. In NRW wurde bei der BZE II im Tiefland und in der Egge auf das 4 x 4 km-Raster verdichtet, um eine landesrepräsentative Aussage treffen zu können (rund 300 Punkte). Die dritte BZE (BZE III) ist für die Jahre 2022 bis 2024 vorgesehen. Neben dem LANUV und dem LB WH ist auch der Geologische Dienst NRW (GD) an der Durchführung der BZE beteiligt.

Systematisches Stichprobennetz (Level I) und Dauerbeobachtungsflächen (Level II) des forstlichen Umweltmonitorings

Das 4 x 4 km-Raster beinhaltet das 16 x 16 km-Raster des Bundes und von ICP Forests. Zu den 18 Dauerbeobachtungsflächen des intensiven Monitorings gehören vier Kernflächen (502 Kleve Tannenbusch, 503 Haard, 506, Elberndorf und 508 Schwaney), die mit einem größeren Quadrat dargestellt sind als die übrigen Dauerbeobachtungsflächen.



LEVEL II

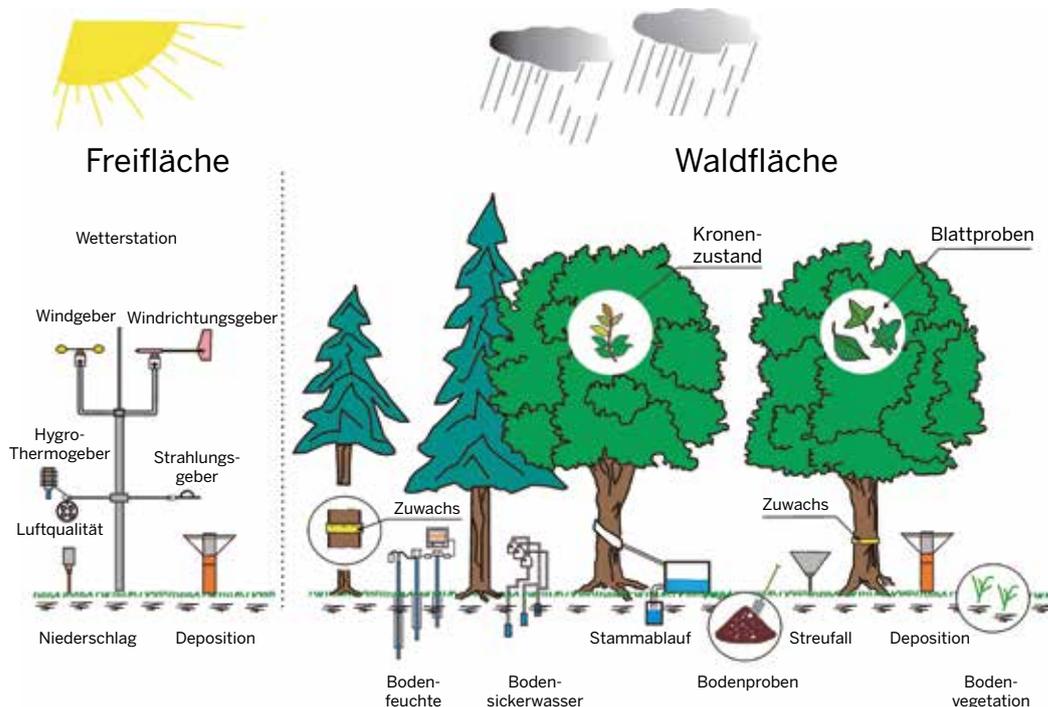
Das intensive Monitoring (IM) auf Dauerbeobachtungsflächen vertieft die Erhebungen und Erkenntnisse aus dem Level-I-Monitoring insbesondere durch eine höhere zeitliche Auflösung und ein breiteres Erhebungsspektrum. Im Vordergrund stehen die dynamischen Prozesse im Waldökosystem und die detaillierte Analyse der Wirkungsbeziehungen zwischen den Beobachtungsparametern. Thematische Schwerpunkte bilden insbesondere atmosphärische Stoffeinträge und die Witterung. Die Ergebnisse der forstlichen Umweltmonitorings gewinnen somit auch an Bedeutung für die Anpassung der untersuchten Waldökosysteme an den Klimawandel. Zusätzlich zu den Parametern, die im Rahmen der WZE, IWE und BZE erhoben werden, werden folgende Parameter erfasst (Abb. 2):

- Waldstruktur
- Phänologie
- Streufall
- Baumwachstum
- Meteorologie
- Luftqualität
- atmosphärische Stoffeinträge
- Bodenwasserhaushalt
- Stoffaustrag mit dem Bodensickerwasser

Die Messrhythmen für die verschiedenen Parameter variieren zwischen täglich (z. B. Meteorologie, Wasserhaushalt) bis hin zu alle 10 Jahre (Bodenzustand). In NRW gibt es zurzeit 18 Dauerbeobachtungsflächen, die nach regionalen und immissionsökologischen Kriterien ausgewählt wurden (Abb. 1, S. 71). Die Flächen umfassen Bestände der vier Hauptbaumarten sowie einen Douglasienbestand. Die Erhebungen im IM werden z. T. schon seit 1984 durchgeführt. Vier der Beobachtungsflächen sind Kernflächen (502 Eiche, Kleve Tannenbusch, 503 Buche, Haard, 506 Fichte, Elberndorf und 508 Buche, Schwaney) auf denen das gesamte Messprogramm seit 1995 durchgeführt wird. Sie gehören auch zu dem Programm des Bundes (§ 3 ForUmV) bzw. des ICP Forests. Die Kernflächen bestehen jeweils aus einer Bestands- und einer Freifläche (Abb. 2). Auf den übrigen Flächen aus dem landesweiten Monitoring variiert die Intensität des Messprogramms. Das LANUV koordiniert die Umsetzung des IM in NRW. Die IM-Flächen sind eng mit den Boden-Dauerbeobachtungsflächen in NRW verknüpft, die sich in direkter Nachbarschaft befinden, jedoch nicht dem forstlichen Umweltmonitoring zugeordnet werden.

➔ ABBILDUNG 2

Aufbau und Erhebungsparameter auf einer Kernfläche des intensiven forstlichen Umweltmonitorings in NRW.



DAS FORUM – TOPAKTUELL UND DRINGEND ERFORDERLICH

In Zeiten, in denen in den Medien von einem „Waldsterben 2.0“ gesprochen wird, ist das forstliche Umweltmonitoring aktuell wie schon vor 35 Jahren und dringend erforderlich, da es wichtige Diskussionsbeiträge auf der Grundlage wissenschaftlicher Fakten liefern kann. Anders als in den 1980er Jahren stehen heute die Ergebnisse des forstlichen Umweltmonitorings im Hinblick auf die Auswirkungen des Klimawandels auf Waldökosysteme in NRW im Fokus (siehe auch Klimaanpassungsstrategie Wald NRW). Insbesondere die beiden aufeinanderfolgenden Hitze-Dürre-Jahre 2018 und 2019 mit ihren dramatischen Folgen für die Waldökosysteme betonen die Aktualität und Relevanz des ForUms. Doch auch die Versauerung der Wald-

böden spielt heutzutage immer noch eine Rolle. Obwohl die Einträge von Schwefeldioxid und damit von Säuren in die Waldökosysteme nach Einführung von Luftreinhaltemaßnahmen in den 1980er Jahren deutlich abgenommen haben, sind die Einträge von Stickstoff seit dem Beginn der 2000er Jahre auf einem weiterhin konstant hohen Level (IM-Flächen 2003–2017: 20,6 kg N ha⁻¹ a⁻¹). Diese Einträge können ebenfalls zur Versauerung der Waldböden sowie zur Eutrophierung des Ökosystems beitragen. Die Ergebnisse der BZE II zeigen zwar eine beginnende Erholung der Oberböden, die Unterböden sind jedoch weiterhin versauert. Dies bedeutet zusätzlichen Stress für die Waldbäume in Zeiten des Klimawandels. Eine fortlaufende Beobachtung ist deshalb weiterhin unverzichtbar. Das forstliche Umweltmonitoring ist breit aufgestellt und als Langzeitstudie angelegt und gewinnt mit der Dauer der Beobachtung weiter an Wert und Bedeutung.



Sammeltonne zum Messen des Stammablaufs von den Buchen auf der Level-II-Fläche Haard



Dendrometer zum Messen des Durchmessers einer Buche auf der Level-II-Fläche Haard



Spatenstich zur Begutachtung der Humusaufgabe und des oberen Mineralbodens im Rahmen von Bodenuntersuchungen im forstlichen Umweltmonitoring

ZUSAMMENFASSUNG

Das forstliche Umweltmonitoring (ForUm) ist aus der Debatte über die „neuartigen Waldschäden“ in den 1980er Jahren hervorgegangen. Die übergeordneten Ziele des ForUms liegen in 1) der Untersuchung des Status und der Entwicklung der erfassten Waldökosysteme und 2) der Analyse von Ursachen-Wirkungszusammenhängen. Daher basiert das ForUm auf zwei sich ergänzenden Säulen, der landesweit repräsentativen Erhebung auf einem systematischen Stichprobennetz (Level I) und dem intensiven Monitoring auf ausgewählten Dauerbeobachtungsflächen (Level II). Das Level-I-Programm in NRW umfasst die Waldzustandserhebung, die in diesem Jahr ihr 35-jähriges Jubiläum feiert und damit bundesweit den ältesten Baustein des ForUms darstellt, sowie die Bodenzustandserhebung und die immissionsökologische Waldzustandserhebung. Das intensive Monitoring vertieft die Erhebungen und Erkenntnisse aus dem Level-I-Monitoring. Seit 1985 ist das ForUm in das europaweite Monitoring eingebunden. In Zeiten, in denen in den Medien von einem „Waldsterben 2.0“ gesprochen wird, ist das ForUm topaktuell und dringend erforderlich, da es wichtige Diskussionsbeiträge auf der Grundlage wissenschaftlicher Fakten liefern kann. Anders als in den 1980er Jahren, gewinnen die Ergebnisse des ForUms im Hinblick auf Auswirkungen des Klimawandels auf Waldökosysteme in NRW an Bedeutung. Doch auch die Versauerung der Waldböden ist kein Thema von gestern und bedeutet zusätzlichen Stress für die Waldbäume in Zeiten des Klimawandels. Eine fortlaufende Beobachtung der Waldökosysteme im Rahmen des ForUms ist deshalb weiterhin unverzichtbar.

WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN

- NRW/MULNV-Untersuchungen zum Wald
www.umwelt.nrw.de/naturschutz/wald/untersuchungen-zum-wald/
- NRW/MULNV-Wald und Klima
www.umwelt.nrw.de/naturschutz/wald/wald-und-klima/
- NRW/MULNV (2015): Wald und Waldmanagement im Klimawandel – Anpassungsstrategie für Nordrhein-Westfalen.
www.umwelt.nrw.de/mediathek/broschueren/detailseite-broschueren/?no_cache=1&broschueren_id=4953&cHash=3a2ee1c5be8699d1f2627ed8ba12f3f6
- NRW/LANUV-Umweltmonitoring im Wald
www.lanuv.nrw.de/natur/forstliches-umweltmonitoring/
- NRW/Wald-und-Holz NRW-Waldzustand und Waldzustandsberichte
www.wald-und-holz.nrw.de/wald-in-nrw/waldzustand/
- NRW-Klimaatlas Nordrhein-Westfalen
www.klimaatlas.nrw.de/
- NRW/LANUV (2018): Wald und Klima in Nordrhein-Westfalen – Ein Beitrag zum Landeswaldbericht.
www.lanuv.nrw.de/landesamt/veroeffentlichungen/publikationen/
- NRW/LANUV (2016): Klimawandel und Klimafolgen in Nordrhein-Westfalen – Ergebnisse aus dem Monitoringprogrammen 2016.
www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/fabe74.pdf
- NRW/LANUV-Klimafolgenmonitoring
www.lanuv.nrw.de/kfm-indikatoren/
- NRW/Wald-und-Holz NRW-Waldschutzmanagement
www.wald-und-holz.nrw.de/ueber-uns/forschung/waldschutzmanagement/
- NRW/Wald-und-Holz NRW-Borkenkäfermonitoring
www.wald-und-holz.nrw.de/ueber-uns/forschung/borkenkaefermonitoring/
- NRW/MULNV-Waldbewirtschaftung
www.umwelt.nrw.de/naturschutz/wald/waldbewirtschaftung/
- NRW/MULNV (2018): Waldbaukonzept Nordrhein-Westfalen
www.umwelt.nrw.de/mediathek/broschueren/detailseite-broschueren/?no_cache=1&broschueren_id=11146&cHash=d88b03e5f6453c86f1aaeb017f97f960

- BMEL-Waldzustandserhebung Deutschland
www.bmel.de/DE/Wald-Fischerei/Waelder/_texte/Waldzustandserhebung.html
- Thuenen-Institut für Waldökosysteme
www.thuenen.de/de/wo/arbeitsbereiche/
- Deutscher Wetterdienst-Wetter und Klima im Überblick
www.dwd.de/DE/Home/home_node.html
- Deutscher Wetterdienst-Deutscher Klimaatlas
www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html
- Deutscher Wetterdienst-Waldbrandgefahrenindex
www.dwd.de/DE/leistungen/waldbrandgef/waldbrandgef.html

- ICP Forests-Europa
<http://icp-forests.net/>

ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS

DIE VITALITÄT DER BAUMKRONEN 2019

Tab. 1: Kronenverlichtung in Stufen	11
Abb. 1: Prozentuale Verteilung der Kronenverlichtung für die Summe aller Baumarten in NRW	11
Abb. 2: Entwicklung des Kronenzustandes aller Baumarten 1984 bis 2019	13
Abb. 3: Mittlerer Nadel-/Blattverlust aller Baumarten	12
Abb. 4: Absterberaten aller Baumarten	14
Tab. 2: Schadstufen je Baumartengruppe 2019	15
Abb. 5: Verteilung der Nadel-/Blattverluste bei den Hauptbaumarten 2019	16
Abb. 6: Anteil der Fruktifikation je Baumart 2019	16
Abb. 7: Entwicklung der Kronenverlichtung bei Eichen 1984 bis 2019	18
Abb. 8: Befall der Eichen mit Schmetterlingsraupen 1989 bis 2019	19
Abb. 9: Mittlerer Blattverlust bei Stiel- und Traubeneiche 2002 bis 2019	20
Abb. 10: Entwicklung der Kronenverlichtung bei Buchen 1984 bis 2019	22
Abb. 11: Intensität der Fruchtbildung bei Buchen 1989 bis 2019	23
Abb. 12: Befall der Buchen mit Buchenspringrüssler 1989 bis 2019	23
Abb. 13: Entwicklung der Kronenverlichtung bei Fichten 1984 bis 2019	25
Abb. 14: Befall der Fichten mit Borkenkäfern 1989 bis 2019	26
Abb. 15: Intensität der Zapfenbildung bei Fichten 1989 bis 2019	26
Abb. 16: Entwicklung der Kronenverlichtung bei Kiefern 1984 bis 2019	28
Abb. 17: Verlauf des Eschentriebsterbens 2010 bis 2019	29
Abb. 18: Fichte und Douglasie Vergleich des mittleren Nadelverlustes 1989 bis 2019	31

DIE WITTERUNGSVERHÄLTNISSE BIS ZUM SOMMER 2019

Abb. 1: Zeitverlauf der mittleren Temperatur April bis August 1881–2019	35
Abb. 2: Zeitverlauf der mittleren Niederschlagsmenge April bis August 1881–2019	35
Abb. 3: Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer April 2018 bis August 2019	36
Abb. 4: Regionale Temperaturabweichungen April bis August 2019	37
Abb. 5: Regionale Niederschlagsabweichungen April bis August 2019	37
Abb. 6a: Monatsniederschlagssummen und mittlerer Temperaturverlauf Mittel der Level-II-Flächen Haard, Kleve und Elberdorf 1995 bis August 2019	39
Abb. 6b: Monatsniederschlagssummen und mittlerer Temperaturverlauf Level-II-Fläche Schwaney	39
Abb. 7: Tage mit Tagesmitteltemperaturen größer oder gleich 10 °C und Tage mit Maximaltemperaturen größer oder gleich 20 °C bzw. 35 °C Level-II-Fläche Haard 1996 bis 2019 (bis 12.09.2019)	40
Tab. 1: Ausgewählte Eigenschaften vier nordrhein-westfälische Level-II-Flächen	41
Abb. 8: Aktueller Bodenwasservorrat in 0 bis 90 cm Tiefe exemplarisch für zwei Level-II-Flächen Kleve und Schwaney	44
Abb. 9: Transpirationsdifferenz Schwellenwert von 2 mm pro Tag (Trockenperiode) Level-II-Fläche Haard 01.01.2001 bis 29.08.2019	45
Tab. 2: Ausgewählte Eigenschaften des Standorts Bodenfeuchtemessstation Bonn-Kottenforst	46
Abb. 10: pF-Werte eines stauwassergeprägten Bodens Jahresverlauf Bonn-Kottenforst	47
Abb. 11: Standörtliche Klassifizierung des Wasserhaushaltes in NRW nach FSK50	47

SCHÄDEN DURCH STURM, DÜRRE UND BORKENKÄFER

Abb. 1: Fangzahlen des Borkenkäfermonitorings 2018 und 2019 jeweils April bis September	52
Abb. 2: Durch Sturm und Käfer verursachte Schadholzmengen Vergleich 2018 und 2019	52
Abb. 3: Kalamitätsmengen durch Borkenkäfer und Trocknis Januar bis September 2019	53
Abb. 4: Windwurfmengen durch Sturmtiefs	55
Abb. 5: Vitalitätsabnahme der Nadelbäume Strombach Kartenausschnitt	56
Abb. 6: Kalamitätsmengen an Buche durch Trocknis und Hitze Januar bis September 2019	58

DAS FORSTLICHE UMWELTMONITORING – 35-JÄHRIGES JUBILÄUM UND TOPAKTUELL

Abb. 1: Systematisches Stichprobennetz (Level I) und Dauerbeobachtungsflächen (Level II) des forstlichen Umweltmonitorings	71
Abb. 2: Aufbau und Erhebungsparameter auf einer Kernfläche des intensiven forstlichen Umweltmonitorings	72

PHÄNOLOGISCHE BEOBACHTUNGEN AN WALDBÄUMEN 2019

Tab. 1: Anzahl der Flächen mit phänologischen Beobachtungen in der Zeitreihe	61
Abb. 1: Frühester und spätester Austriebstermin und dessen Zeitspanne in Anzahl von Tagen in der Zeitreihe seit 2001 auf den Buchen- und Fichten-Dauerbeobachtungsflächen im Vergleich mit 2019	62
Abb. 2: Mittlerer Verlauf der Tagesmaximum-Temperatur und des Austriebs aller Baumarten auf den Dauerbeobachtungsflächen in NRW 2019	63
Abb. 3: Mittlerer Austriebstag auf den Dauerbeobachtungsflächen in NRW 2019	63
Abb. 4: Mittlerer Austrieb der Buche auf sieben Dauerbeobachtungsflächen 2001 bis 2019	64
Abb. 5: Mittlerer Austriebstermin der Hauptbaumarten auf den Dauerbeobachtungsflächen 2001 bis 2019	64
Tab. 2: Anteile der Bäume in den Intensitätsstufen der Blüte 2019	65
Tab. 3: Anteile der Bäume in den Intensitätsstufen der Fruktifikation 2019	65
Tab. 3: Fruktifikation Prozentuale Anteile der Bäume Intensitätsstufen 0 bis 3 2018	50
Abb. 6: Länge der Vegetationsperiode auf den Buchen- und Eichen-Dauerbeobachtungsflächen 2001 bis 2018	67
Tab. 4: Steigungsfaktoren der Trendlinien Veränderung der Länge der Vegetationszeit für Buche und Eiche	67

IMPRESSUM

Herausgeber

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
Referat für Öffentlichkeitsarbeit
40190 Düsseldorf

Fachredaktion

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
Referat III-2 Waldbau, Klimawandel im Wald, Holzwirtschaft

Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen
Lehr- und Versuchsforstamt Arnsberger Wald
Schwerpunktaufgabe Waldplanung, Waldinventuren, Waldbewertung

Fachtexte

Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen:
Johannes Bürvenich
Lutz Falkenried
Dr. Stefan Franz
Norbert Geisthoff
Sven Glück
Dr. Mathias Niesar

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen:
Christoph Ziegler
Dr. Nadine Eickenscheidt

Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen – Landesbetrieb:
Dr. Carsten Schilli
Dr. Stefan Schulte-Kellinghaus

Fotonachweis

Dr. Nadine Eickenscheidt: S. 33, 43, 45, 69, 73; Lutz Falkenried: S. 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 17, 20,
21, 22, 24, 25, 27, 29, 30, 32; Norbert Geisthoff: S. 51, 54, 55, 56, 57; Christoph Hentschel: S. 50, 53;
IStock: S. 4; Anke Jacob: S. 5; Thorsten Mrosek (MULNV NRW): S. 1; Christoph Ziegler: S. 60, 61, 66

Abbildungsnachweis

Soweit nicht anders angegeben, liegen die Rechte der Abbildungen bei den jeweiligen Autoren.

Gestaltung

setz it. Richert GmbH, Sankt Augustin, www.setzit.de

Stand

November 2019

umwelt.nrw.de

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft,
Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen



Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft,
Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
40190 Düsseldorf
Telefon 0211 45 66-0
poststelle@mulnv.nrw.de