

# umwelt.nrw

#wald

## WALDZUSTANDSBERICHT 2020

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 Waldbaukonzept NRW, das Wiederbewaldungskonzept NRW, das Internetportal Waldinfo.NRW mit seinen vielfältigen digitalen Karten sowie die waldbezogenen Inhalte der NRW-Fachinformationssysteme zum Klimawandel.

Weitere Informationen finden Sie online:



[www.umwelt.nrw.de](http://www.umwelt.nrw.de)



[www.waldinfo.nrw.de](http://www.waldinfo.nrw.de)



# VORWORT



Sehr geehrte Damen und Herren,

Wälder erfüllen viele wertvolle Funktionen in der Natur und für uns Menschen. Leider ist ihr Zustand derzeit wirklich besorgniserregend. Die diesjährige Waldzustandserhebung für Nordrhein-Westfalen liefert die schlechtesten Werte seit Beginn der Erhebung im Jahr 1984. Damit werden die bereits sehr negativen Ergebnisse der beiden Vorjahre noch einmal übertroffen. In weiten Teilen Nordrhein-Westfalens sind die Fichtenbestände auf großen Flächen inzwischen vollständig abgestorben.

Auch in der langfristigen Perspektive bestätigt sich diese höchst beunruhigende Entwicklung. Die Ursachen dafür sind zwar vielfältig: orkanartige Stürme, extreme Dürrephasen und in der Folge eine explosionsartige Vermehrung von Borkenkäfern. Hinter diesen Symptomen, die dem „Patienten Wald“ heute stark zu schaffen machen, lässt sich die eigentliche Krankheit jedoch klar erkennen: Es sind die Auswirkungen des anthropogenen – das heißt durch den Menschen verursachten – Klimawandels, die unsere Wälder schwächen und schädigen. Das gesamte Ausmaß der Schäden ist derzeit noch nicht absehbar. Vielerorts steht noch die forstliche Aufarbeitung der Schadflächen im Vordergrund. Wo dies bereits geschehen ist, steht die Wiederbewaldung der Schadflächen jetzt ganz oben auf der Agenda. Für die Forstwirtschaft unseres Landes wird die Begründung neuer Wälder für viele Jahre im Mittelpunkt ihrer Arbeit stehen.

Die nordrhein-westfälische Landesregierung setzt sich sehr stark für die Bewältigung der Waldschäden ein und unterstützt die Forstwirtschaft nach Kräften. Mit ihrer „Schmallenberger Erklärung“ und dem „Waldpakt für Nordrhein-Westfalen“ hat sie den Waldbesitzerinnen und Waldbesitzern ihre Hilfe angeboten und wichtige Fördermaßnahmen auf den Weg gebracht. Der private und öffentliche Waldbesitz ist derzeit auf diese Unterstützung angewiesen. Wir haben daher den Förderetat

für den Forstbereich allein im Jahr 2020 auf insgesamt über 57 Mio. Euro aufgestockt – davon 36 Mio. Euro im Rahmen der Förderrichtlinie Extremwetterfolgen. Außerdem setzen wir uns auf der Bundesebene für eine „Baumprämie“ ein, mit der die positive Wirkung des Waldes für den Klimaschutz auch finanziell gewürdigt wird.

Das zeitgleich mit diesem Waldzustandsbericht vorgelegte „Wiederbewaldungskonzept für Nordrhein-Westfalen“ ergänzt die finanzielle Unterstützung an die Waldbesitzer um fachliche Empfehlungen für die Erneuerung ihrer Wälder. Es baut auf dem „Waldbaukonzept NRW“ auf und bietet vertiefte Informationen im Bereich der Bestandesbegründung nach großflächigen Schadereignissen. Dabei werden die aktuellsten Daten zu den Auswirkungen des Klimawandels und neueste Erkenntnisse der Forschung einbezogen.

So bin ich trotz aller Widrigkeiten dennoch sehr zuversichtlich, dass es uns in einem gemeinsamen Kraftakt aller Beteiligten nicht nur gelingen wird, die gravierenden Waldschäden in Nordrhein-Westfalen zu bewältigen, sondern mit neuen, ökologisch aufgewerteten und klimastabilen Wäldern gestärkt aus der aktuellen Krise hervorzugehen. Die neuen Wälder werden dann in der Lage sein, auch für zukünftige Generationen ihre vielfältigen Funktionen für die Natur und für die Gesellschaft zu erfüllen.

Ihre

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

# INHALT



**6**  
Der ökologische  
Zustand des Waldes  
2020 – die wichtigsten  
Ergebnisse  
im Überblick

**13**  
Die Vitalität der  
Baumkronen 2020

**37**  
Exkurs: Alterskorrigierte  
Raum-Zeit-Entwicklung  
der Kronenverlichtung



**42**  
Die Witterungs-  
und Bodenwasser-  
verhältnisse 2020



**59**  
Waldschäden 2020  
durch Fichten-  
borkenkäfer,  
Buchentrocknis  
und Waldbrände



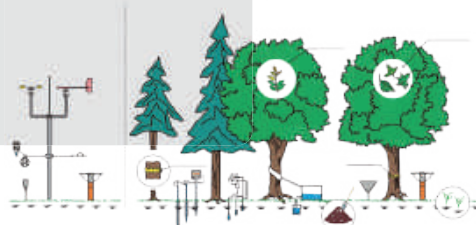
**71**  
Phänologische  
Beobachtungen an  
Waldbäumen 2020



**80**  
Wirkungsfaktoren  
für Waldvitalität  
und das forstliche  
Umweltmonitoring

**87**  
Anhang

Weiterführende  
Informationen  
Abbildungs- und  
Tabellenverzeichnis  
Impressum



A photograph of a forest with tall, slender trees and a ground covered in fallen leaves and green plants. The text is overlaid on the bottom left of the image.

**DER ÖKOLOGISCHE ZUSTAND  
DES WALDES 2020 –  
DIE WICHTIGSTEN  
ERGEBNISSE IM ÜBERBLICK**



## DIE VITALITÄT DER BAUMKRONEN

Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigen, dass der ökologische Zustand der Wälder in Nordrhein-Westfalen sowohl im Vergleich zu den Jahren 2018 und 2019 als auch im langfristigen Vergleich besorgniserregend schlecht ist. Der Anteil der deutlich verlichteten Bäume ist seit dem letzten Jahr um 2 Prozent gestiegen und liegt bei 44 Prozent, dem schlechtesten Wert seit Einführung der Erhebung im Jahr 1984. Der Anteil der gering verlichteten Bäume hat von 39 Prozent auf 33 Prozent abgenommen, während bei den Bäumen ohne Kronenverlichtung eine Zunahme von 19 Prozent auf 23 Prozent festzustellen ist. Der mittlere Nadel-/Blattverlust aller Baumarten erreicht mit 29 Prozent ein neues Maximum.

Die nun im dritten Jahr in Folge vorliegenden extremen Witterungsbedingungen haben dazu geführt, dass sich die Situation für die Waldbäume nicht verbessert hat. Sie litten auch in diesem Jahr an Wasser- und Hitzestress.

Der milde Winter und das zeitige, warme Frühjahr haben die Entwicklung der in den Vorjahren ohnehin schon stark angewachsenen Borkenkäferpopulation wieder einmal begünstigt. Der Befall der durch die vorangegangenen Dürrejahre in ihren Abwehrmechanismen beeinträchtigten Bäume mit Schadinsekten war dementsprechend hoch.

Die EICHE konnte sich in diesem Jahr trotz der anhaltenden Dauerbelastungen durch Wasserstress, Pilzbefall und Hitze leicht erholen. Die Fruktifikation der Eiche, die 2019 praktisch zum Erliegen kam, war in diesem Jahr wieder stark ausgeprägt. Teilweise wurden die Eicheln aber infolge von Wasserstress vorzeitig abgeworfen. Die Schäden durch die Eichenfraßgesellschaft sind um knapp 60 Prozent zurückgegangen.

Der Zustand der BUCHE hat sich in diesem Jahr stark verschlechtert und erreicht den zweitschlechtesten Wert seit Beginn der Waldzustandserhebung.

Die Fruktifikation, im vergangenen Jahr nur schwach, war dieses Jahr stark ausgeprägt. Die Schäden durch den Buchenspringrüssler sind stark rückläufig und befinden sich nur auf 1/4 des Vorjahresniveaus. Das im Jahr 2019 weit verbreitete Blattrollen hat sich im laufenden Jahr wieder deutlich abgeschwächt und liegt im Bereich der Durchschnittswerte der vergangenen Jahre. Infolge der Trockenheit kommt es in Altbeständen und mittlerweile auch in mittelalten Beständen zum rasanten Absterben von Bäumen.

Die FICHTE mit ihrem flachstreichenden Wurzelsystem ist seit inzwischen drei Jahren unter permanentem Wasserstress. Die Borkenkäfer konnten sich in den vergangenen drei Jahren in Folge von reichlichem Angebot an Nahrung und Brutmaterial, verbunden mit für sie günstigen Wetterbedingungen, massenhaft vermehren und sind mittlerweile so zahlreich, dass sie im Flachland in der Lage sind, auch vitale Bäume flächenweise abzutöten.

Der Zustand der Fichte verschlechtert sich von 42 Prozent auf 45 Prozent bei den deutlich verlichteten Bäumen. Dies markiert den schlechtesten Wert seit Beginn der Waldzustandserhebung im Jahr 1984. Die Fruktifikation, bei der Fichte im vergangenen Jahr praktisch nicht existent, erreicht 2020 wieder das hohe Niveau des Jahres 2018.

Bei der KIEFER zeigt sich, wie auch bereits im Vorjahr, nur eine leichte Verschlechterung des Zustandes. Auch wenn die Schadentwicklung bei der Kiefer nur langsam voranschreitet und sie die geringsten Schadprozentage aller Hauptbaumarten aufweist, erreicht ihr Schadniveau im zweiten Jahr in Folge den höchsten Wert seit Beginn der Untersuchungen.

## **DIE ENTWICKLUNG DER KRONENVERLICHTUNG IN ABHÄNGIGKEIT VOM BESTANDESDALTER**

Das Alter beeinflusst den Grad der Kronenverlichtung der Bäume. Dies bedeutet, dass zeitliche Trends und räumliche Muster in der Kronenverlichtung auch durch Alterseffekte hervorgerufen werden können. Der Alterseffekt ist baumartenspezifisch. Die Bereinigung der Kronenverlichtungsdaten um die Alterseffekte ermöglicht es, räumliche Schwerpunkte hoher Kronenverlichtungen in NRW unabhängig vom Baumalter zu bestimmen, und schafft eine bessere Vergleichbarkeit zwischen den Baumarten. Insbesondere bei der Fichte ist eine Alterskorrektur der Kronenverlichtung notwendig. Die zeitliche Entwicklung der alterskorrigierten Kronenverlichtungen von 1985 bis 2020 zeigt für die vier Hauptbaumarten ähnliche Verläufe. Trotz Unterschieden in den Standortansprüchen und bei der regionalen Verbreitung der Hauptbaumarten lassen sich außerdem übergeordnete räumliche Muster im Grad der Kronenverlichtung erkennen. In den letzten zwei Jahren weisen die Bäume im Weserbergland sowie in der Region des (südlichen) Bergischen Landes und des angrenzenden Sauerlandes die höchsten Kronenverlichtungen auf. Diese Beobachtungen sprechen für übergeordnete Einflussfaktoren, die die Höhe der Kronenverlichtung maßgeblich beeinflussen. Das Klima, die Witterung und insbesondere die Abweichung der Temperaturen und Niederschlagsmengen vom langjährigen Mittel sowie die Bodeneigenschaften spielen hier eine zentrale Rolle.

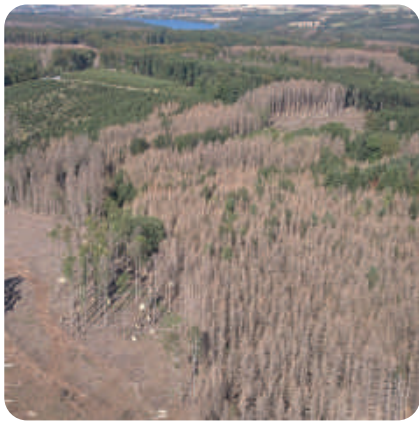




## DIE WITTERUNGS- UND BODENWASSERVERHÄLTNISSE

Die extremen Witterungsbedingungen setzen sich im Jahr 2020 in vielen Regionen NRWs nun das dritte Jahr in Folge fort. Das Frühjahr 2020 war überdurchschnittlich warm und trocken und stellt das sonnenscheinreichste Frühjahr seit Aufzeichnungsbeginn des DWD dar. Der Sommer 2020 war zwar nicht so heiß wie in den letzten beiden Jahren, zählte aber ebenfalls zu den überdurchschnittlich warmen sowie sonnenscheinreichen und trockenen Sommern. Von Januar bis August fielen ähnlich wie bereits 2019 im NRW-Mittel nur 85 Prozent der üblichen Niederschlagsmenge. In den Monaten April bis August (Beginn der Vegetationsperiode bis zum Ende des jährlichen Aufnahmezeitraums der Waldzustandserhebung) waren es sogar nur 62 Prozent, während die Temperatur um 1,9 °C höher lag – ebenfalls eine ähnliche Situation wie bereits im Jahr 2019. Im Jahr 2018 war die Lage sogar noch etwas extremer. Dies bedeutet, dass in Zeiten, in denen die Bäume aufgrund der hohen Temperaturen überdurchschnittlich viel Wasser benötigten, im dritten Jahr in Folge deutlich weniger Niederschlagswasser zur Verfügung stand als üblich. 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 zeigt, dass die Wasserspeicher der Böden zu Beginn des Frühjahres 2020 gefüllt waren. Die anhaltende Trockenheit im April und Mai führte jedoch zu einer außergewöhnlich frühen Bodenaustrocknung. Der kritische Schwellenwert für Wasserstress wurde auf fast allen Flächen bereits im Mai und damit bis zu 1,5 Monate früher erreicht als in den beiden Vorjahren. Im Sommer lag eine mit den Vorjahren vergleichbare tiefgründige und i. d. R. anhaltende Austrocknung der Böden vor. Die Reaktion der Waldbäume auf den erneuten Hitze- und Wasserstress sowie ihre Toleranz hängt von verschiedenen Faktoren ab und ist bei den Baumarten

unterschiedlich. Der Level-II-Fichtenbestand im Rothaargebirge litt unter so starkem Wasserstress wie bereits 2018 und konnte sich nicht gegen den Borkenkäfer zur Wehr setzen. Für einen Teil der untersuchten Buchen war der Stresspegel mit der Hitzewelle im August überschritten. Sie reagierten mit teils vollständigem Blattabwurf. Welche Auswirkung die frühzeitige Einstellung der Photosynthese und damit fehlende Produktion von Energiereserven für die Bäume hat, wird sich frühestens im kommenden Jahr zeigen. Die Belastungssituation hat sich weiter verschärft und die Folgen für die Waldbäume sind bisher nicht im vollen Umfang absehbar.



## WALDSCHÄDEN DURCH BORKENKÄFER AN FICHTE, BUCHENTROCKNIS UND WALDBRÄNDE

Das dritte Trockenjahr in Folge verursachte an fast allen Baumarten Schäden. Am stärksten ist in Nordrhein-Westfalen die Fichte von der Trockenheit betroffen, da die Witterung die seit 2018 anhaltende Vermehrung der Fichtenborkenkäfer nicht bremsen konnte. Aufgrund des milden Winters konnten die Fichtenborkenkäfer Buchdrucker (*Ips typographus*) und Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus*) sehr gut in verbliebenen Käferbäumen und der Bodenstreu überwintern.

Die trockengestressten Fichten waren auch in diesem Jahr nicht in der Lage, die massenhaft anfliegenden und sich in die Rinde einbohrenden Borkenkäfer durch Harzfluss abzuwehren. Hinzu kamen zum Käferflugbeginn im April/Mai und auch im weiteren Jahresverlauf für die Käfer optimale sonnige Witterungsbedingungen. Die Borkenkäferarten Buchdrucker und Kupferstecher bildeten in diesem Jahr in Abhängigkeit von der Höhenlage zwei bis drei Generationen.

An Fichtenschadholzmengen sind seit 2018 bis zum September 2020 rund 30,7 Millionen Festmeter angefallen. Extreme Schäden sind mittlerweile in allen Forstamtsbereichen der niedrigen und mittleren Höhenlagen zu verzeichnen. Seit diesem Jahr sind allerdings auch die höheren Lagen des Sauerlandes massiv betroffen. Auf der Grundlage von Erhebungen in den Regionalforstämtern wurde zum Stand September 2020 eine Kalamitätsfläche von ca. 66.000 ha hergeleitet.

Auch die Buche reagierte in diesem Jahr deutlich auf die anhaltende Trockenheit. Die seit dem Jahr 2018 auftretenden Schäden konnten sich in den betroffenen Buchenbeständen weiter ausdehnen. Neben den niederen Lagen sind in diesem Jahr auch erstmals höher gelegene Waldbestände des Sauerlandes betroffen. Seit dem Sommer 2018 sind bis zum September 2020 fast 900.000 Festmeter Buchenschadholz aufgetreten.

Insgesamt sind von April bis September durch 45 Brände mehr als 44 Hektar vernichtet worden (reine Brandfläche).



## PHÄNOLOGISCHE BEOBACHTUNGEN AN WALDBÄUMEN

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. In der nun 20-jährigen Zeitreihe setzt sich 2020 bei Buche und Eiche der Trend zu einem früheren Blattaustrieb und einer zunehmend längeren Vegetationszeit weiter fort. Bei der Kiefer ist im Austriebsverhalten kein Trend zu erkennen, während die Fichten zunehmend etwas später austreiben.

Die meisten Bäume haben im Frühjahr geblüht. Besonders stark war die Blüte bei der Fichte, aber auch Buche und Eiche zeigten erhebliche Anteile in der stärksten Blühstufe.

Lange Vegetationszeiten bei gleichzeitiger Trockenheit oder Hitze können zu einem erheblichen Wasserstress der Waldbäume führen. Aufgrund des hohen Energiebedarfs verstärken Blüte und Fruktifikation den Stress noch zusätzlich, vor allem dann, wenn die Fruchtjahre in enger Abfolge nacheinander auftreten.



## FORSTLICHES UMWELTMONITORING

Das forstliche Umweltmonitoring (ForUm) ist aus der Debatte über die „neuartigen Waldschäden“ in den 1980er-Jahren hervorgegangen. Die übergeordneten Ziele des forstlichen Umweltmonitorings liegen in der Untersuchung des Status und der Entwicklung der erfassten Waldökosysteme und 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 auf ausgewählten Dauerbeobachtungsflächen (Level II). Das Level-I-Programm in NRW umfasst die Waldzustandserhebung, die Bodenzustandserhebung und die immissionsökologische Waldzustandserhebung. Seit 1985 ist das forstliche Umweltmonitoring in das europaweite Monitoring eingebunden. Die Vitalität der Waldökosysteme wird durch verschiedene Faktoren gesteuert. Die drei aufeinanderfolgenden Hitze-/Dürrejahre 2018 bis 2020 mit ihren dramatischen Folgen für die Waldökosysteme betonen die auch nach über 35 Jahren fortwährende Aktualität und Relevanz des forstlichen Umweltmonitorings. Anders als in den 1980er-Jahren gewinnen die Ergebnisse des forstlichen Umweltmonitorings im Hinblick auf Auswirkungen des Klimawandels auf Waldökosysteme in NRW an Bedeutung. Doch auch die Versauerung der Waldböden ist weiterhin ein Thema und bedeutet zusätzlichen Stress für die Waldbäume in Zeiten des Klimawandels.

Der Fokus sollte auf forstlichen Maßnahmen zur Stabilisierung und Stärkung des Waldes liegen (z. B. Reduktion der Bodenversauerung durch Bodenschutzkalkung und Baumartenwahl, Förderung von Mischbeständen, zurückhaltende Baumentnahme in Buchenbeständen, um eine Freistellung der Buche zu vermeiden). Überdies sind dringend politische Maßnahmen und technische Lösungen erforderlich, um den Klimawandel zu stoppen bzw. zu verlangsamen.

An aerial photograph of a dense forest. The majority of the trees are green, indicating they are healthy. However, there are several trees with brown, dead-looking foliage, particularly in the foreground and scattered throughout the canopy. The text 'DIE VITALITÄT DER BAUMKRONEN 2020' is overlaid in white, bold, sans-serif font in the upper left quadrant.

# DIE VITALITÄT DER BAUMKRONEN 2020

Der Gesundheitszustand von Bäumen lässt sich gut anhand des Zustandes ihrer Kronen ablesen. Aufbauend auf dieser Erkenntnis wurde im Jahr 1984 im Zuge der Diskussionen um die neuartigen Waldschäden die Waldzustandserhebung (WZE) ins Leben gerufen. Sie bildet zusammen mit der Bodenzustandserhebung (BZE) und der immissionsökologischen Waldzustandserhebung (IWE) das Level-I-Programm des forstlichen Umweltmonitorings (ForUm). Gesetzliche Grundlage für die Waldzustandserhebung ist § 41 a Bundeswaldgesetz und die darauf fußende Verordnung über Erhebungen zum forstlichen Umweltmonitoring (ForUmV), in Kraft getreten am 1. Januar 2014. Die bundesweite Erhebung erfolgt in jährlichen Intervallen jeweils in den Monaten Juli und August auf einem systematischen Stichprobennetz im Raster 16 x 16 km. Das Land NRW, wie andere Bundesländer auch, hat dieses Stichprobennetz auf ein Raster von 4 x 4 km verdichtet.

Hierbei fließen neben dem Nadel-/Blattverlust auch andere Faktoren, wie die Vergilbung der Blätter, die Fruktifikation sowie biotische und abiotische Faktoren, wie auch das Vorkommen von Totholz und Schadorganismen in die Erhebung ein. Aktuell existieren in NRW 560 Stichprobenpunkte mit ca. 10.300 Einzelbäumen. Die zu begutachtenden Bäume sind dauerhaft markiert und werden jährlich von speziell geschulten Forstleuten aufgenommen.

Auf Basis der jährlichen Wiederholung der Aufnahmen werden Zeitreihen aufgebaut, mit deren Hilfe sich Aussagen zur Entwicklung des Zustandes der einzelnen Baumarten treffen und langjährige Trends ablesen lassen. Auf Grundlage dieser Daten lassen sich Rückschlüsse ziehen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf unsere Wälder.

Zusätzlich gehen die Daten der Waldzustandserhebung NRW, zusammen mit den Ergebnissen der anderen Bundesländer, basierend auf einem 16 x 16 km-Raster in den Bundeswaldbericht ein.

Die bundesweiten Ergebnisse fließen darüber hinaus ein in europäische und internationale Erhebungen zum Waldzustand.

## VERLICHTUNGSSTUFEN

Die Klassifizierung der Kronenverlichtung erfolgt gemäß der nachstehenden bundesweit einheitlichen Tabelle (Tab. 1, S. 15). 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

## HAUPTERGEBNISSE

Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigen, dass der Wald in Nordrhein-Westfalen 2020 den schlechtesten Kronenzustand seit Beginn der Erhebungen 1984 aufweist. Der Anteil der Bäume mit deutlicher Kronenverlichtung steigt auf 44 Prozent, dem dritten neuen Höchstwert in drei Jahren.

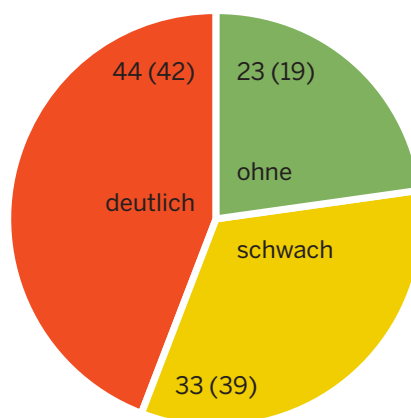
Bei der schwachen Kronenverlichtung ist eine Verbesserung eingetreten, sie sinkt um 6 Prozent und liegt nun bei 33 Prozent, dem geringsten Wert seit 1998.

Die Bäume ohne Kronenverlichtung, die im vergangenen Jahr den schlechtesten Wert seit Beginn der Waldzustandserhebung aufwiesen, konnten um 4 Prozent zulegen und erreichen einen Anteil von 23 Prozent (Abb. 1, S. 15, Abb. 2, S. 16).

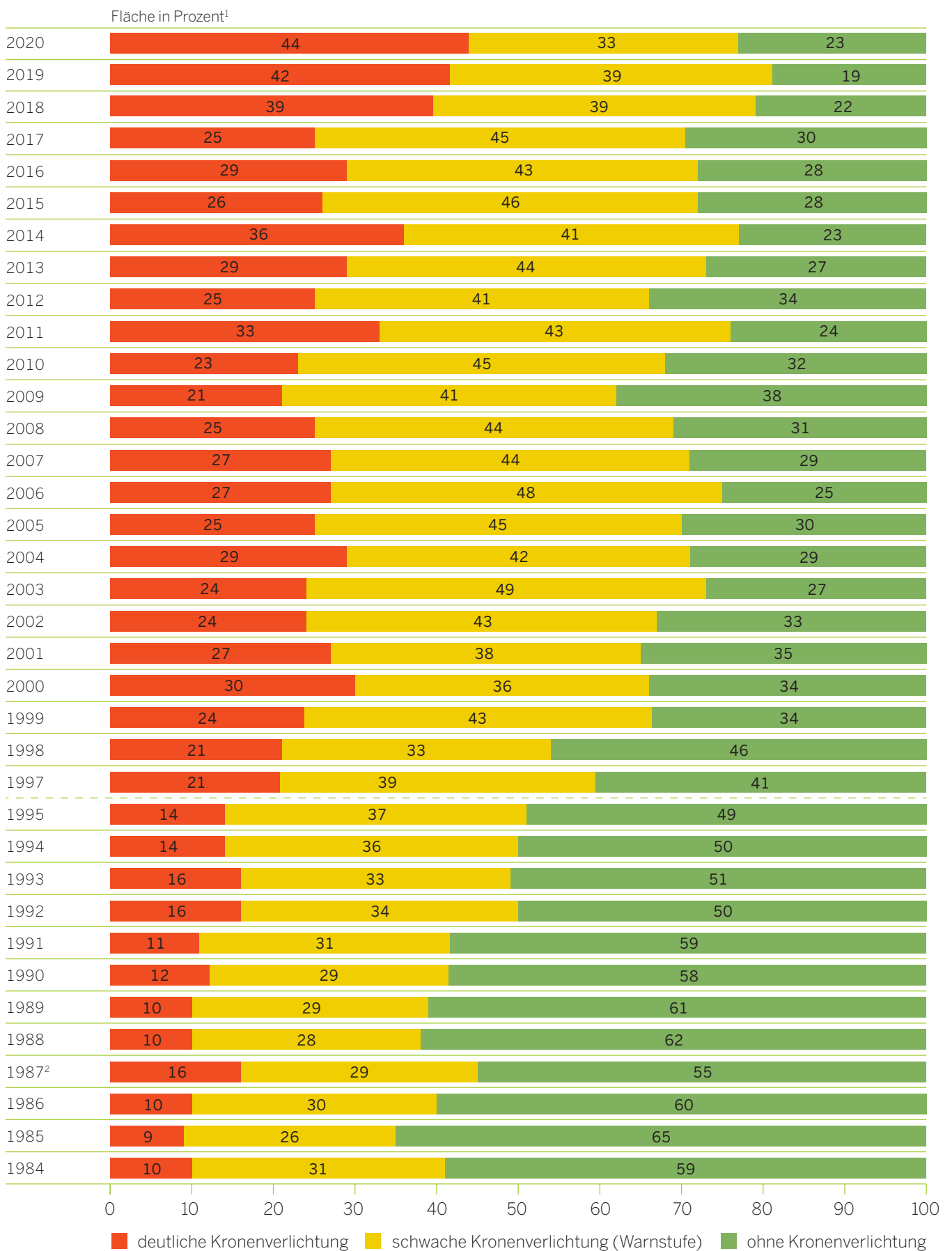
Die Anteile der deutlich verlichteten und unverlichteten Bäume haben leicht zugelegt. Abbildung 2 (S. 16) veranschaulicht die stetige prozentuale Verschiebung in die Klasse der deutlichen Verlichtung.

ABBILDUNG 1

Prozentuale Verteilung der Kronenverlichtung, gemittelt über alle Baumarten 2020  
(Werte von 2019 in Klammern)



Entwicklung des Kronenzustandes aller Baumarten | 1984 bis 2020



<sup>1</sup> Durch Rundungsdifferenzen können in einzelnen Jahren kleine Abweichungen in der Gesamtsumme entstehen; <sup>2</sup> nur bedingt mit den übrigen Jahren vergleichbar  
 - - - - - 1996 kein Landesergebnis



Die Darstellung der mittleren Nadel-/Blattverluste erlaubt einen Blick auf Durchschnittswerte über alle Baumarten. Sie erfolgt zusätzlich zur Auswertung nach Schadstufen. Die Grafik in Abbildung 3 zeigt nach den starken Steigerungswerten der Jahre 2018 und 2019 nur eine leichte Zunahme der mittleren Nadel-/Blattverluste auf 29 Prozent im Jahr 2020. Es wird deutlich, dass die Verlustwerte über die Jahre tendenziell zugenommen haben.

Die Betrachtung der Entwicklung des Nadel-/Blattverlustes getrennt nach Hauptbaumarten erlaubt eine differenziertere Auswertung (Abb. 4). Deutlich ist der rasante Anstieg der Verlustprozente bei Fichte und Buche seit 2017.

ABBILDUNG 3

### Mittlerer Nadel-/Blattverlust aller Baumarten

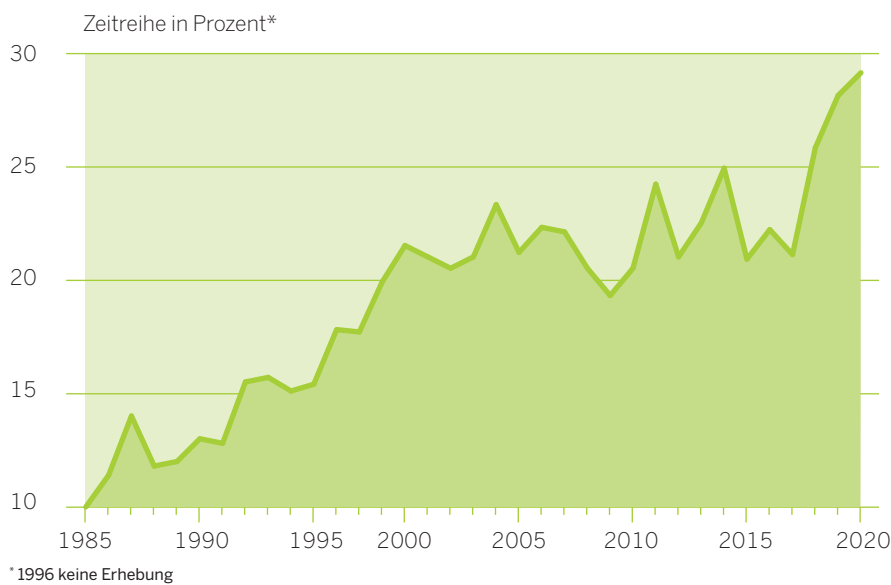
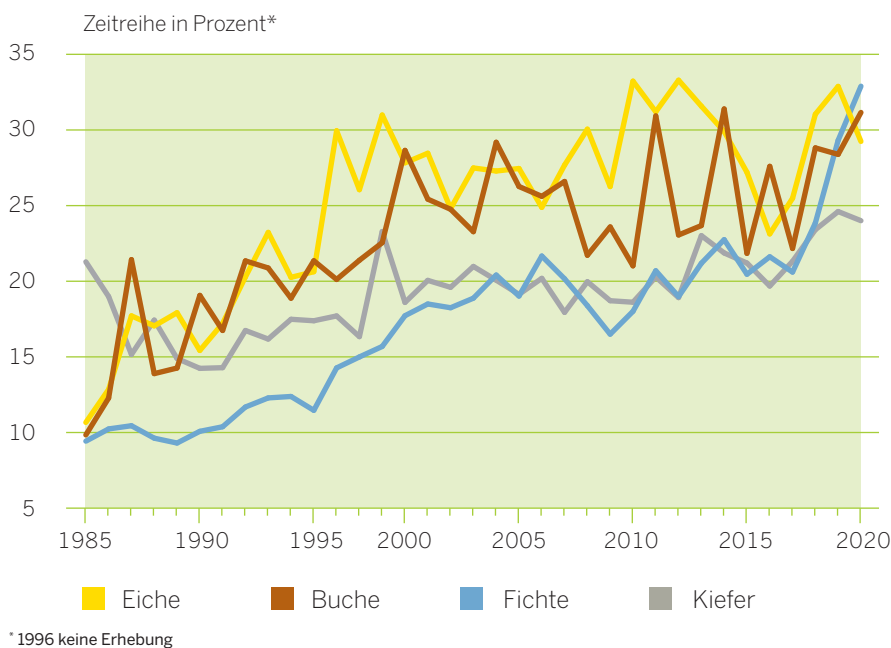


ABBILDUNG 4

### Mittlerer Nadel-/Blattverlust, getrennt nach Baumarten



## ABSTERBERATE

Ein wichtiger Weiser für den Gesundheitszustand des Waldes ist die Absterberate. Hier werden Bäume der Schadstufe 4 (abgestorben, Nadel-/Blattverlust 100 %) erfasst. Solange diese Bäume noch feinreisig in der Krone haben, werden sie auch in den Folgejahren nach dem Absterben weiterhin aufgenommen. Ist kein feinreisig mehr in der Krone verblieben, werden sie gegen neue Bäume ausgetauscht.

Der langjährige Mittelwert der Absterberate über alle Baumarten lag bis 2018 bei 0,21 Prozent. Die Jahreswerte schwankten zwischen 0,07 Prozent und 0,44 Prozent.

Im Jahr 2019 lag die über alle Baumarten gemittelte Absterberate bei 2,4 Prozent, war demnach, bezogen auf das langjährige Mittel, um den Faktor 10 erhöht.

Im Vergleich dazu ist dieser Wert 2020 noch einmal deutlich angestiegen auf 3,98 Prozent (Abb. 5, S. 19). Hier manifestieren sich die Effekte der Wetterextreme und der Borkenkäfergradation der drei letzten Jahre.

Betrachtet man die Absterberaten differenziert nach Hauptbaumarten, so sticht der durch Trockenheit und Borkenkäferbefall bedingte enorme Anstieg bei der Fichte hervor, der nach dem Anstieg auf 5,7 Prozent im vergangenen Jahr im laufenden Jahr mit 10,53 Prozent den 60-fachen Wert des langjährigen Mittels erreicht (Abb. 6, S. 19). Hier ergibt sich eine methodisch bedingte Differenz zu den im Kapitel 4 genannten Werten bezüglich der Kalamitätsflächen: Die Waldzustandserhebung betrachtet bei der Absterberate die Relation der abgestorbenen Bäume zur Gesamtzahl der im Rahmen der Erhebung aufgenommenen Bäume. Die im Kapitel 4 (vgl. dort) genannte Kalamitätsfläche hingegen stützt sich auf Erhebungen in den Regionalforstämtern bzw. auf Fernerkundungsdaten.



Abgestorbene Fichten, eine Folge der Dürre und des Borkenkäferbefalls

ABBILDUNG 5

Absterberaten aller Baumarten | 2020

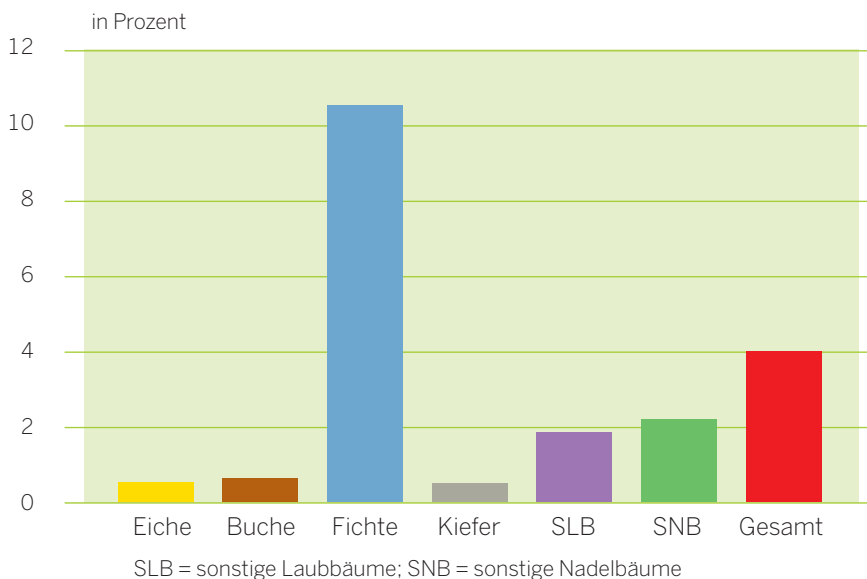
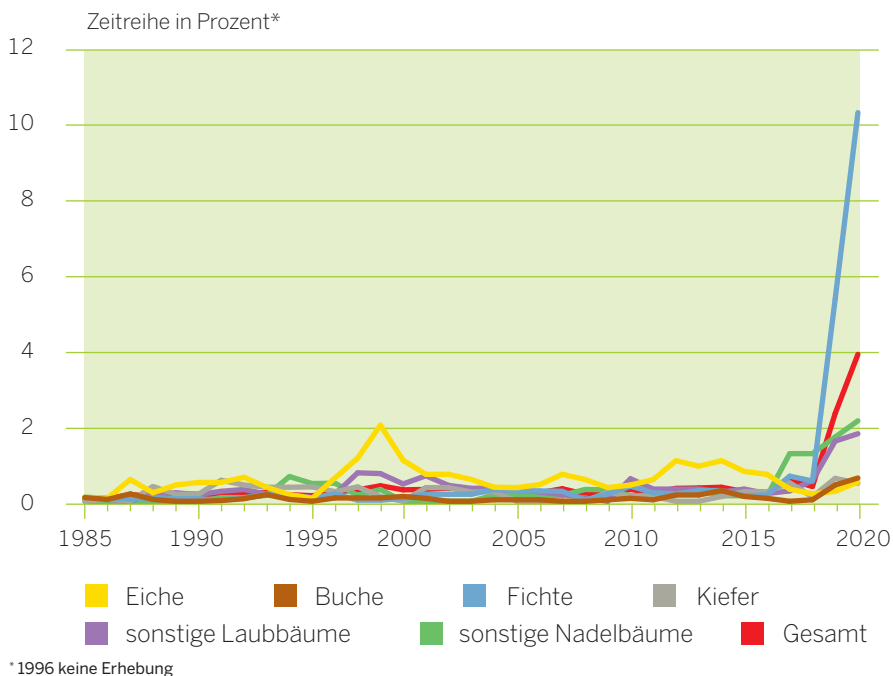


ABBILDUNG 6

Absterberaten aller Baumarten | 1985 bis 2020



## DER KRONENZUSTAND DER HAUPTBAUMARTEN

Da sich zwischen den Baumarten hinsichtlich des Kronenzustandes teilweise große Unterschiede ergeben, werden die Ergebnisse der Waldzustandserhebung noch einmal getrennt nach Hauptbaumarten betrachtet.

## VERLICHTUNGSSTUFEN

Tabelle 2 beschreibt die prozentuale Aufteilung der einzelnen Baumarten in die drei Verlichtungsstufen und die Veränderung zu den Vorjahreswerten (eingeklammerte Zahlen).

Abbildung 7 (S. 21) beschreibt die Verteilung der Bäume innerhalb der 5-%-Stufen des Nadel-/Blattverlustes, getrennt nach Hauptbaumarten. Bezugsgröße ist die Anzahl der erfassten Bäume je Baumart. Zur besseren Übersicht sind die drei Schadstufen (grün-gelb-rot) eingeblendet.

Auffällig ist, dass bei allen Baumarten ein Maximum im Bereich zwischen 10 Prozent und 40 Prozent auftritt.

Bei der Kiefer ist dieses Maximum schmäler ausgeprägt, zwischen 15 Prozent und 30 Prozent.

Bei der Baumart Fichte kommt ein zweites Maximum bei 100 Prozent Nadel-/Blattverlust hinzu, in erster Linie bedingt durch Ausfälle im Zusammenhang mit Borkenkäferbefall.

 TABELLE 2

### Schadstufen je Baumartengruppe | 2020

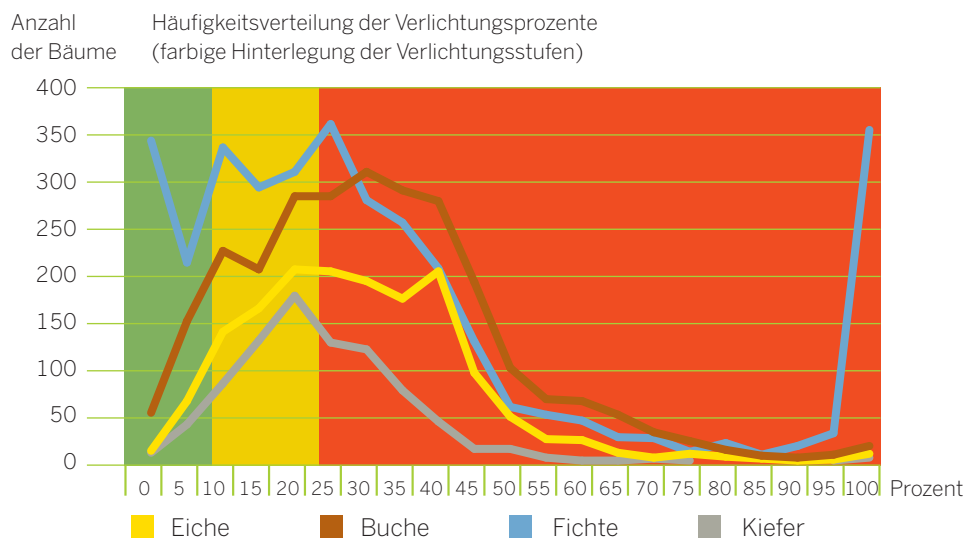
Ergebnisse der Waldzustandserhebung (in Klammern Vergleichsdaten aus 2019)

Baumart	Anteile der Schadstufen in Prozent		
	0 ohne Kronen- verlichtung	1 schwache Kronen- verlichtung	2-4 deutliche Kronen- verlichtung
Eiche	13 (12)	36 (31)	51 (57)
Buche	17 (18)	28 (41)	55 (41)
sonstige Laubbäume	29 (18)	37 (42)	34 (40)
<b>Summe Laubbäume</b>	<b>19 (16)</b>	<b>33 (39)</b>	<b>48 (45)</b>
Fichte	26 (22)	29 (36)	45 (42)
Kiefer	15 (11)	51 (59)	34 (30)
sonstige Nadelbäume	39 (36)	27 (37)	34 (27)
<b>Summe Nadelbäume</b>	<b>26 (22)</b>	<b>33 (40)</b>	<b>41 (38)</b>
<b>Summe NRW</b>	<b>23 (19)</b>	<b>33 (39)</b>	<b>44 (42)</b>



ABBILDUNG 7

Verteilung der Nadel-/Blattverluste bei den Hauptbaumarten in 5-%-Stufen | 2020



Mischbestand mit absterbenden Fichtenpartien und einzelnen vertrocknenden Buchen

## EICHE



Die Eiche konnte sich in diesem Jahr trotz der anhaltenden Dauerbelastungen durch Wasserstress, Pilzbefall und Hitze leicht erholen. Der mittlere Nadel-/Blattverlust sinkt von 32,6 Prozent im Vorjahr auf 29,0 Prozent (Abb. 9, S. 24).

Der Anteil der deutlich verlichteten Bäume (Abb. 8, S. 23, rot dargestellt) sinkt um 6 Prozent auf 51 Prozent und liegt somit wieder etwa auf dem gleichen Niveau wie im Jahr 2018, während die gering verlichteten Bäume (gelb) parallel dazu von 31 Prozent auf 36 Prozent zulegen können. Die Gruppe der Bäume ohne Verlichtung (grün) verbleibt mit 13 Prozent etwa auf Vorjahresniveau.

Die Fruktifikation der Eiche, die 2019 annähernd zum Erliegen kam, war in diesem Jahr trotz der weiterhin problematischen Wasserversorgung und ungünstiger Witterungsbedingungen stark ausgeprägt, es wurden viele Eicheln gebildet (Abb. 10, S. 24). Teilweise haben die Bäume die Eicheln aber in Folge von Wasserstress vorzeitig abgeworfen, sodass im Kronenbereich unter Eichen viele nicht ausgereifte und vertrocknete Eicheln zu finden waren.

Insgesamt hat die Eiche die mittlerweile im dritten Jahr anhaltende Trockenheit bisher deutlich besser verkraftet als Buche und Fichte, was auf ihr tief reichendes Wurzelsystem zurückzuführen ist. Sie kann sich damit in tieferen Schichten noch vorhandenes Bodenwasser erschließen, das für andere Baumarten nicht mehr zu erreichen ist.

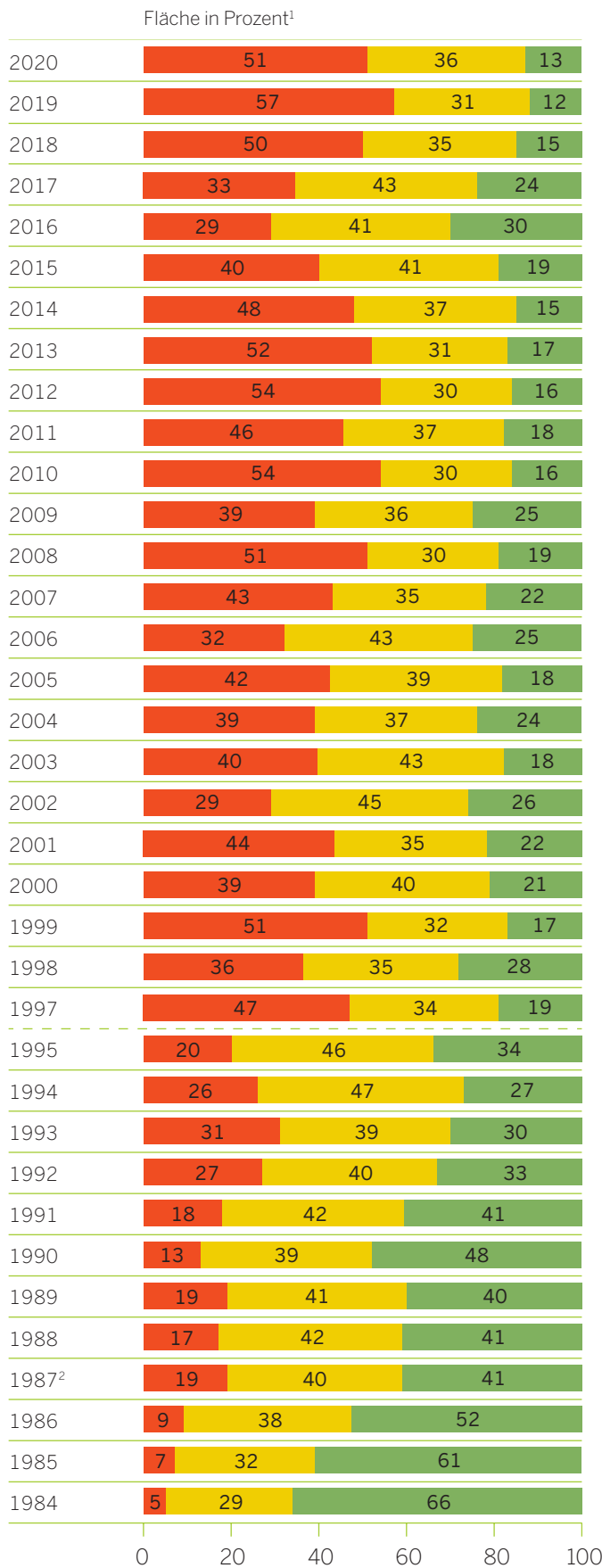
Trotz der für die Entwicklung von Insekten eigentlich vorteilhaften Witterung im Frühjahr sind die Schäden durch die Eichenfraßgesellschaft, in erster Linie bestehend aus blattfressenden Schmetterlingsraupen der Arten Frostspanner und Eichenwickler, um knapp 60 Prozent zurückgegangen (Abb. 11, S. 25).



Eiche mit regenerierender Krone



### Entwicklung der Kronenverlichtung bei Eichen | 1984 bis 2020



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

<sup>1</sup> Durch Rundungsdifferenzen können in einzelnen Jahren kleine Abweichungen in der Gesamtsumme entstehen  
<sup>2</sup> nur bedingt mit den übrigen Jahren vergleichbar

--- 1996 kein Landesergebnis



ABBILDUNG 9

Mittlerer Nadel-/Blattverlust bei Eichen | 1985 bis 2020

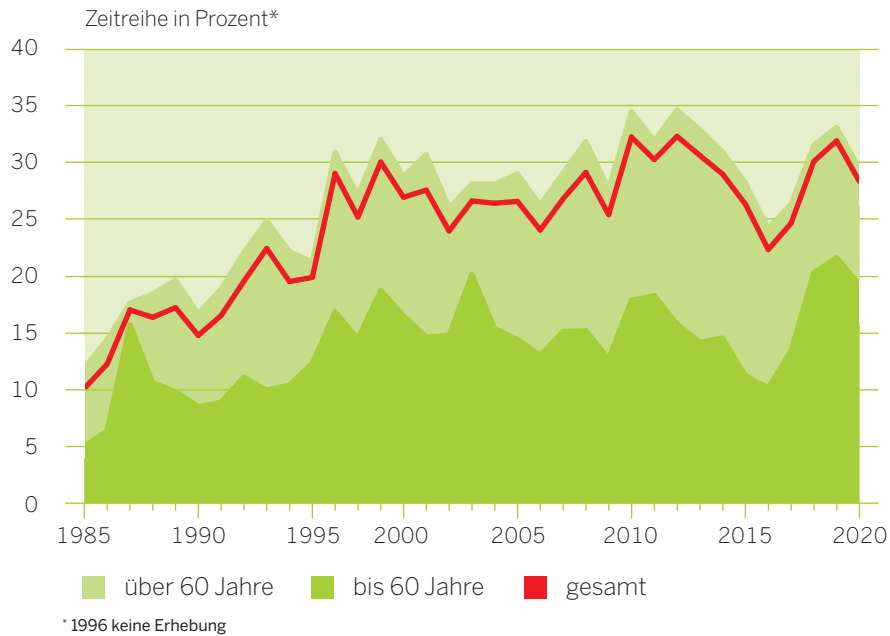


ABBILDUNG 10

Fruchtifikation bei Eichen | 2000 bis 2020

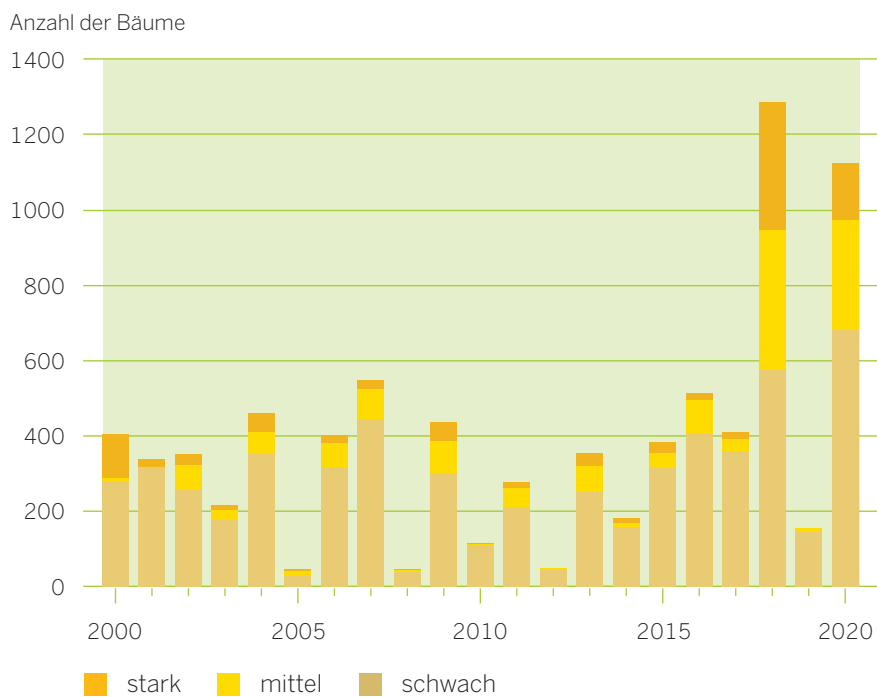
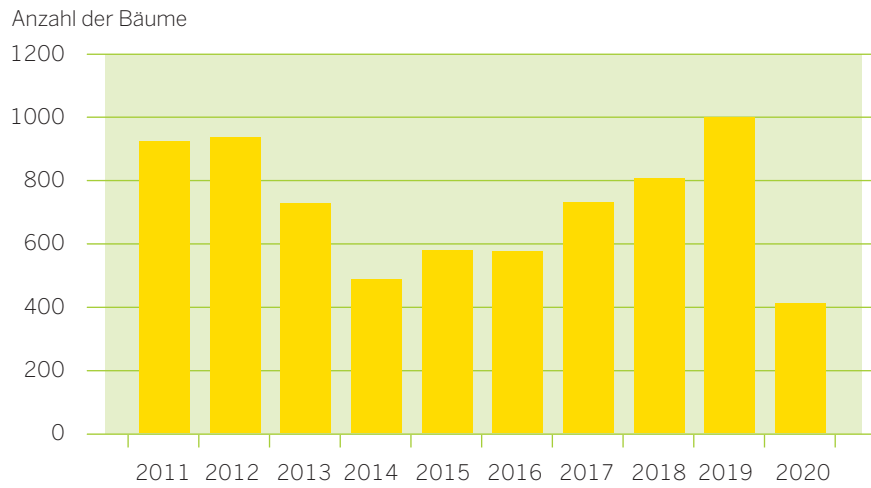






ABBILDUNG 11

### Blattfraß bei Eichen | 2011 bis 2020



Fruktifikation an Stieleiche



## BUCHE

Das Jahr 2020 hat der Buche stark zugesetzt. Anhaltende Trockenheit, Hitze und starke Fruktifikation im Zusammenspiel bewirken den dritt schlechtesten Kronenzustand (nach 2011 und 2014) der durch die belastenden Vorjahre geschwächten Bäume seit Beginn der Waldzustandserhebung.

Die Buche hat in diesem Jahr die Eiche als am stärksten geschädigte Baumart abgelöst. Der mittlere Blattverlust steigt von 28,1 Prozent auf 30,9 Prozent (Abb. 13, S. 28).

Im laufenden Jahr sind 55 Prozent der Buchen deutlich verlichtet, im Jahr 2019 waren es noch 41 Prozent. Der Anteil der schwach verlichteten Buchen reduziert sich um 13 Prozent auf 28 Prozent, während die Bäume ohne Verlichtung mit 17 Prozent etwa auf Vorjahresniveau verharren (Abb. 12, S. 27).

Die Fruktifikation, im vergangenen Jahr nur schwach ausgeprägt, war dieses Jahr stark und wird zur Steigerung der Verlichtung beigetragen haben (Abb. 14, S. 29).

Der Buchenspringrüssler (*Orchestes fagi*) ist ein blattfressender Käfer und ständiger Begleiter der Buche. Seine Larven minieren in den Blättern und lösen damit Nekrosen aus. Typischerweise sterben dadurch die vorderen Partien der Blätter ab. Der Käfer selbst verursacht durch seinen Lochfraß an den Blättern weitere Schäden. Die Schäden durch den Buchenspringrüssler sind im laufenden Jahr stark rückläufig und befinden sich nur auf einem Viertel des Vorjahresniveaus (Abb. 15, S. 30).

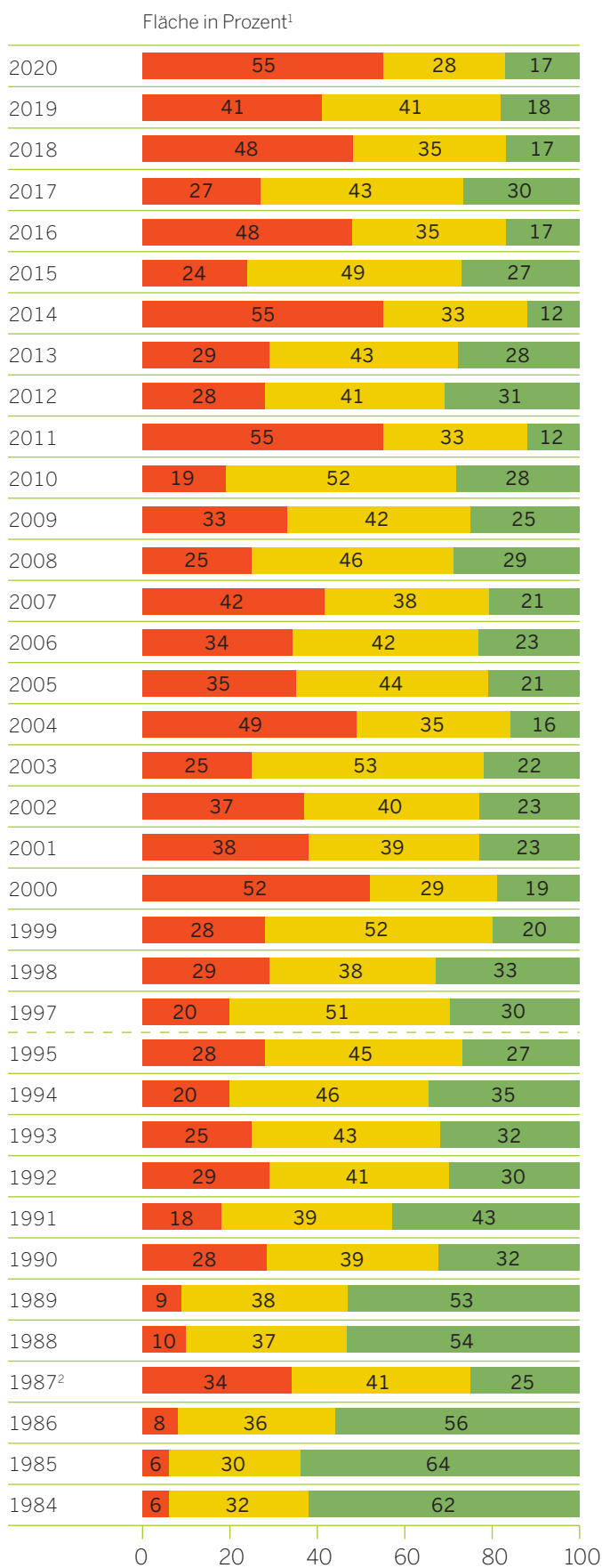
Das Blattrollen, eine typische Reaktion der Buche auf Hitze und Dürre, das im Jahr 2019 weit verbreitet war, hat sich infolge der im laufenden Jahr etwas moderateren Sommertemperaturen wieder deutlich abgeschwächt und liegt im Bereich der Werte der vergangenen Jahre (Abb. 16, S. 30).

Der Kleine Buchenborkenkäfer (*Taphrorychus bicolor*), häufig vergesellschaftet mit dem Buchenprachtkäfer (*Agrilus viridis*), tritt neuerdings stärker in den Vordergrund. Die Käfer profitieren von Dürrejahren, indem sie die durch Wasserstress geschwächten Bäume befallen und durch Fraß in der Kambialschicht unter der Rinde weiter schädigen. Auch wenn der momentane Befallsdruck noch eher gering ist, so lässt sich doch eine Zunahme feststellen. Für die Zukunft ist, sollte sich der Trend zu größerer Trockenheit und höheren Temperaturen fortsetzen, mit einer Ausweitung dieser Problematik zu rechnen.

Verstärkt kommt es in Altbeständen und mittlerweile auch in mittelalten Beständen zum häufig rasanten Absterben von Bäumen. Einzelne Äste sterben ab, die Buchen verlichten, es dringen Pilze ein, die Bäume werden von Insekten befallen und die Krone stirbt, beginnend von oben, ab.



### Entwicklung der Kronenverlichtung bei Buchen | 1984 bis 2020



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

<sup>1</sup> Durch Rundungsdifferenzen können in einzelnen Jahren kleine Abweichungen in der Gesamtsumme entstehen  
<sup>2</sup> nur bedingt mit den übrigen Jahren vergleichbar

--- 1996 kein Landesergebnis

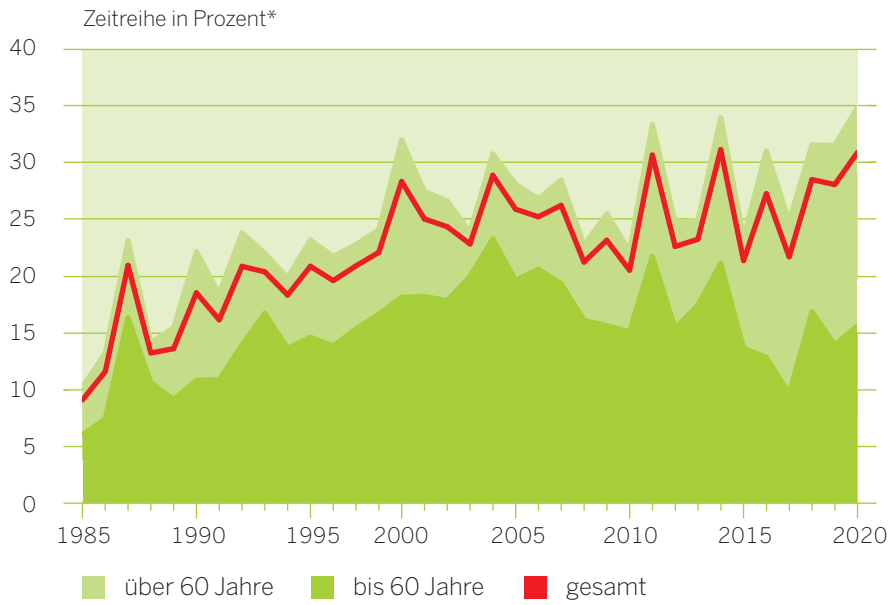


Buche mit absterbender Krone



ABBILDUNG 13

### Mittlerer Nadel-/Blattverlust bei Buchen | 1985 bis 2020



\* 1996 keine Erhebung

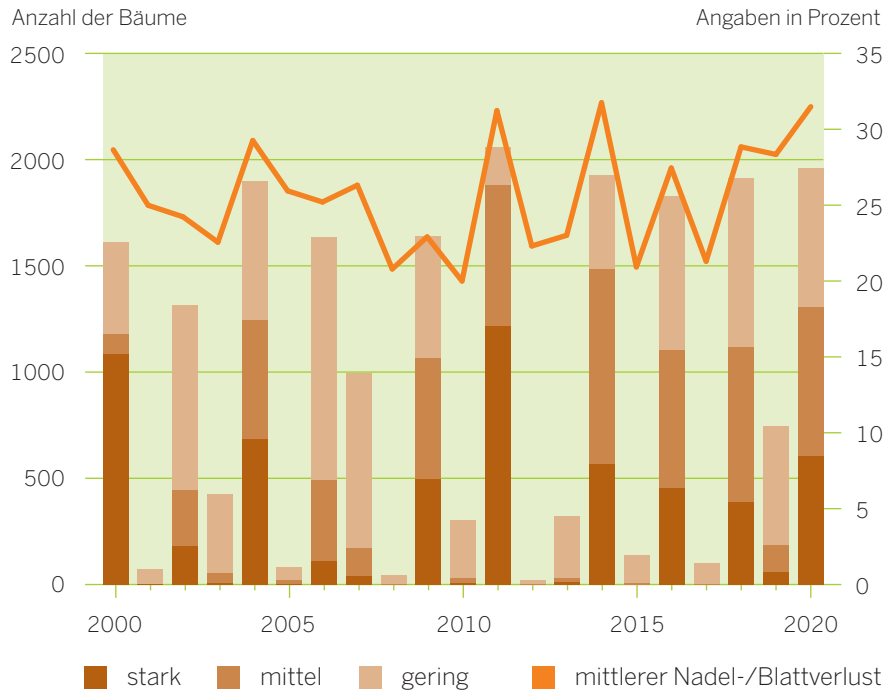


Absterbende Buchen



ABBILDUNG 14

### Intensität der Fruchtbildung und mittlerer Nadel-/Blattverlust bei Buchen | 2000 bis 2020



Fruchtifikation an der Buche



ABBILDUNG 15

### Befall mit Buchenspringgrüssler | 2011 bis 2020

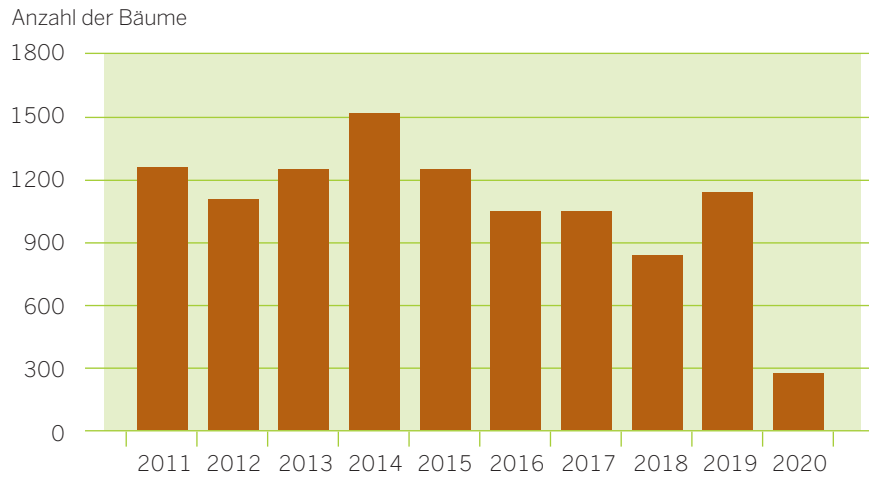
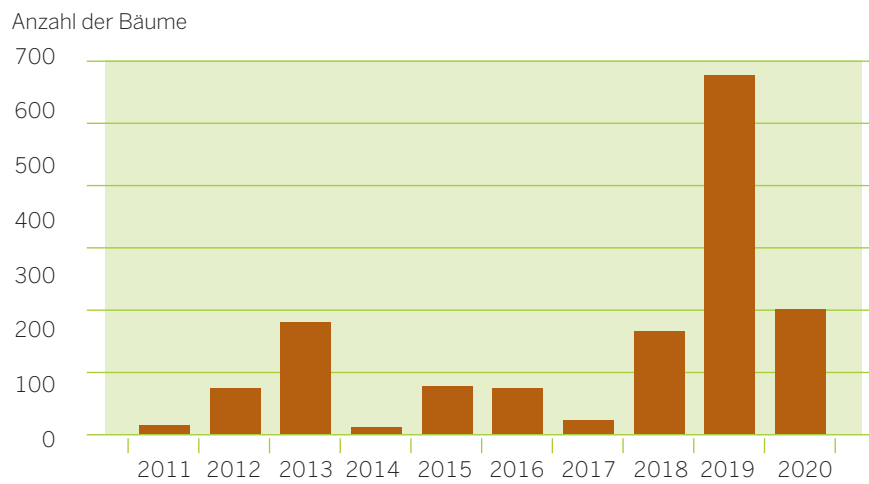


ABBILDUNG 16

### Blattrollen bei Buchen | 2011 bis 2020



## FICHTE



Für die Fichte ist im Jahr 2020, wie bereits auch in den beiden vorangegangenen Jahren, ein neuer Negativrekord zu vermelden. Hitze und Dürre im Zusammenspiel mit dem Borkenkäfer lassen die Bestände im Flachland flächig absterben und sorgen mittlerweile auch in den Höhenlagen zunehmend für Verluste.

Der mittlere Nadel-/Blattverlust bei der Fichte steigt von 29,1 Prozent auf 32,6 Prozent (Abb. 17, S. 33).

Die deutliche Kronenverlichtung steigt um 3 Prozent auf 45 Prozent, der Anteil der Bäume ohne Verlichtung steigt um 4 Prozent auf 26 Prozent, während das Segment der schwach verlichteten Bäume um 7 Prozent auf 29 Prozent abnimmt (Abb. 18, S. 32).

Die mittlerweile im dritten Jahr anhaltende Dürre setzt die Fichte fortwährend unter Stress. Wassermangel macht sich zuerst in den oberen Bodenschichten bemerkbar, deshalb reagiert die Fichte mit ihrem nur flachen Wurzelsystem besonders schnell auf ausbleibende Niederschläge. Die Bäume sind infolgedessen nicht in der Lage, ausreichend Harz zu bilden.

Die normale Reaktion einer gesunden Fichte auf einen Borkenkäferangriff besteht darin, die Käfer direkt beim Einbohren in die Rinde durch den Ausstoß von Harz abzutöten. Fehlt dieser Abwehrmechanismus, wie im Moment, hat sie dem Käfer nichts entgegenzusetzen.

Erschwerend kommt hinzu, dass die Population der Fichtenborkenkäfer in den beiden vergangenen Jahren stark angewachsen ist und den Winter 2019/2020 ohne signifikante Verluste überstanden hat.

In der Folge wurden die geschwächten Fichtenbestände im trockenen Frühjahr direkt von großen Mengen an Borkenkäfern befallen, die sich im Sommer wiederum mit bis zu drei Generationen stark vermehrt haben.

Da das Kronenmonitoring der Waldzustandserhebung im Zeitraum Juli bis August erfolgt, der Borkenkäfer aber, entsprechende Witterung vorausgesetzt, bis in den Herbst aktiv bleibt, ist davon auszugehen, dass die Situation ernster ist, als die Zahlen widerspiegeln (Abb. 19, S. 34).

Trotz dieser enormen Belastungen hat die Fichte, nachdem die Fruktifikation 2019 praktisch ausgeblieben ist, im laufenden Jahr stark geblüht und viele Zapfen gebildet. Das bedeutet für die ohnehin geschwächten Bäume eine zusätzliche Kraftanstrengung (Abb. 20, S. 34).



### Entwicklung der Kronenverlichtung bei Fichten | 1984 bis 2020

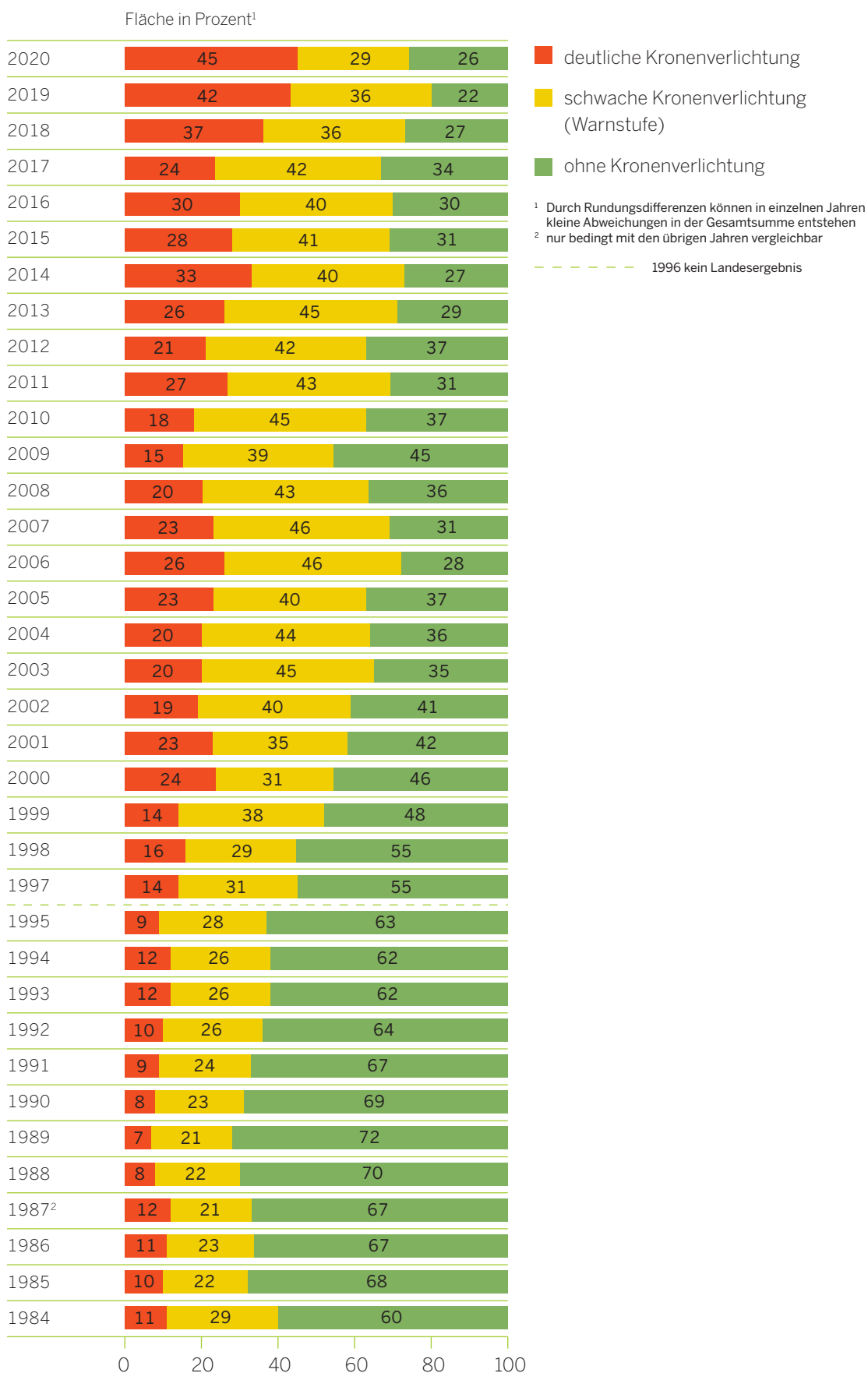
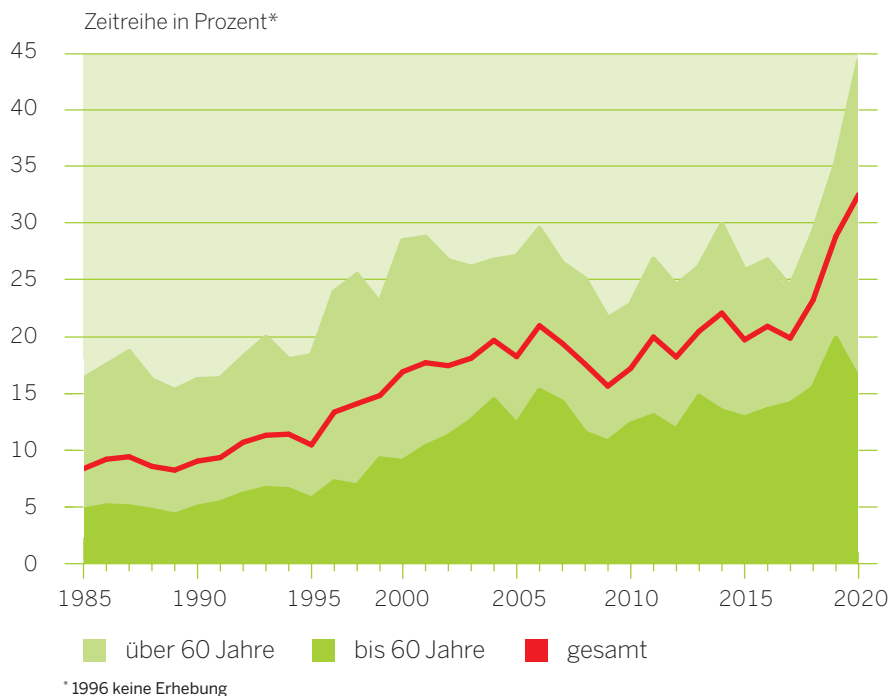






ABBILDUNG 17

### Mittlerer Nadel-/Blattverlust bei Fichten | 1985 bis 2020



Die Fichte leidet auch 2020 stark unter dem Borkenkäfer



Borkenkäfer unter der Rinde



ABBILDUNG 19

### Borkenkäferbefall bei Fichten | 2011 bis 2020

Angaben in absoluten Zahlen

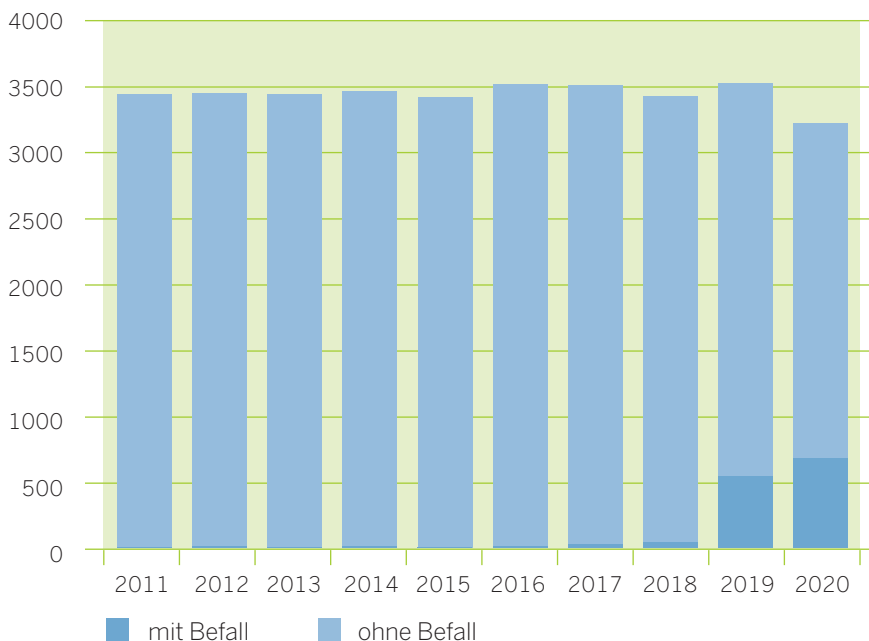
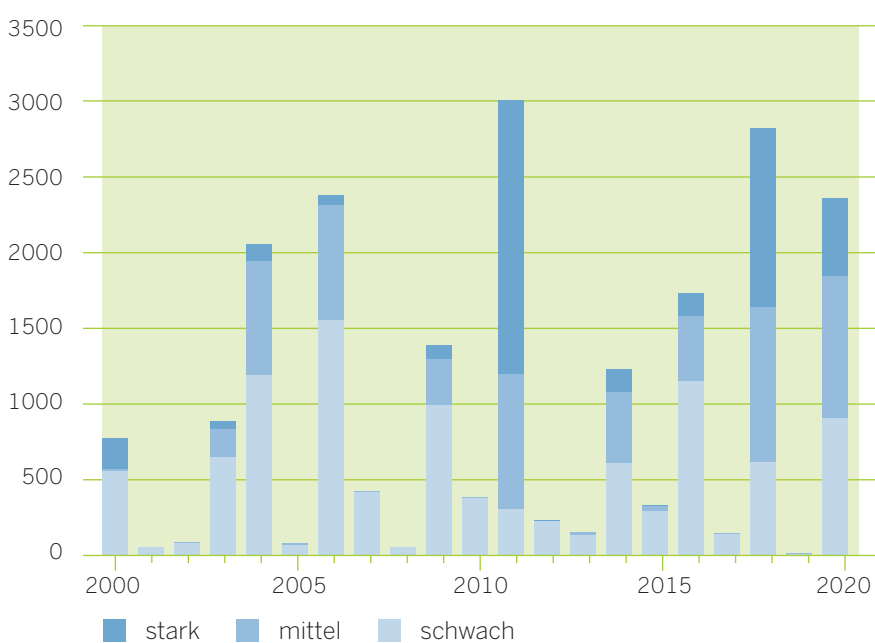


ABBILDUNG 20

### Intensität der Fruchtbildung bei Fichten | 2000 bis 2020

Anzahl der Bäume





## KIEFER

Die Kiefer ist in Nordrhein-Westfalen die Baumart mit dem geringsten Anteil an stark geschädigten Bäumen. Der mittlere Nadel-/Blattverlust sinkt leicht von 24,4 Prozent auf 23,7 Prozent (Abb. 21).

Trotzdem erreicht die Kiefer im laufenden Jahr mit 34 Prozent deutlich verlichteten Bäumen erstmals einen Wert, der höher liegt als 1984, dem Gründungsjahr der Waldzustandserhebung. Gleichzeitig steigt der Anteil der als nicht verlichtet eingestuften Bäume um 4 Prozent auf 15 Prozent und das Segment der schwach verlichteten Bäume sinkt um 8 Prozent auf 51 Prozent (Abb. 22, S. 36).

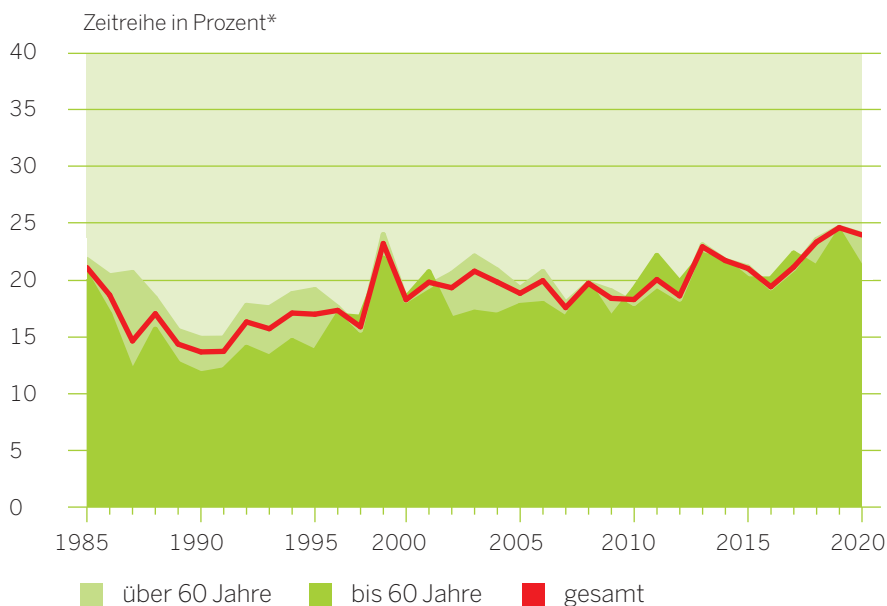
Die Fruktifikation der Kiefer ist im laufenden Jahr auf mittlerem Niveau und etwa vergleichbar mit dem letzten Jahr.

Die Kiefer ist unter unseren heimischen Bäumen die Art mit der höchsten Toleranz gegenüber Trockenheit. Die mittlerweile seit drei Jahren anhaltende Dürre bringt die Kiefer ungeachtet dessen auf einigen Standorten an ihre Grenzen und führt zu erhöhtem Nadel-/Blattverlust und punktuell zu absterbenden Bäumen.



ABBILDUNG 21

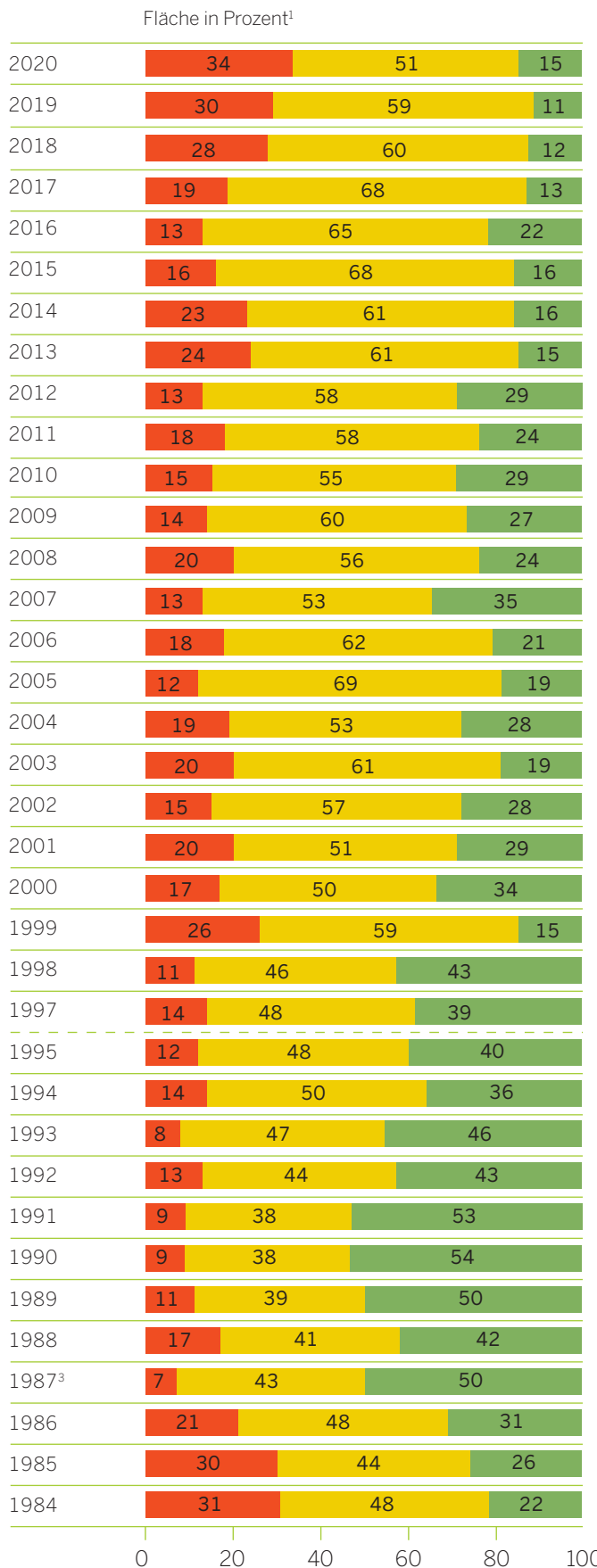
### Mittlerer Nadel-/Blattverlust bei Kiefern | 1985 bis 2020



\* 1996 keine Erhebung



## Entwicklung der Kronenverlichtung bei Kiefern | 1984 bis 2020



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

<sup>1</sup> Durch Rundungsdifferenzen können in einzelnen Jahren kleine Abweichungen in der Gesamtsumme entstehen  
<sup>2</sup> nur bedingt mit den übrigen Jahren vergleichbar

--- 1996 kein Landesergebnis



Kiefer

## EXKURS: ALTERSKORRIGIERTE RAUM-ZEIT-ENTWICKLUNG DER KRONENVERLICHTUNG<sup>1</sup>

Das Alter beeinflusst den Grad der Kronenverlichtung der Bäume (Erläuterungen und Literatur siehe in Eickenscheidt et al. 2019a). Neben der natürlichen Alterung, die zu Veränderungen in der Kronenstruktur führen kann, spielt z. B. die Akkumulation von Stressfaktoren eine Rolle. Dies bedeutet, dass zeitliche Trends und räumliche Muster in der Kronenverlichtung auch durch Alterseffekte hervorgerufen werden können. Die Bereinigung der Kronenverlichtungsdaten um die Alterseffekte ermöglicht es, räumliche Schwerpunkte hoher Kronenverlichtungen in NRW unabhängig vom Baumalter zu bestimmen, und schafft eine bessere Vergleichbarkeit zwischen den Baumarten.

### Baumartenspezifischer Alterseffekt

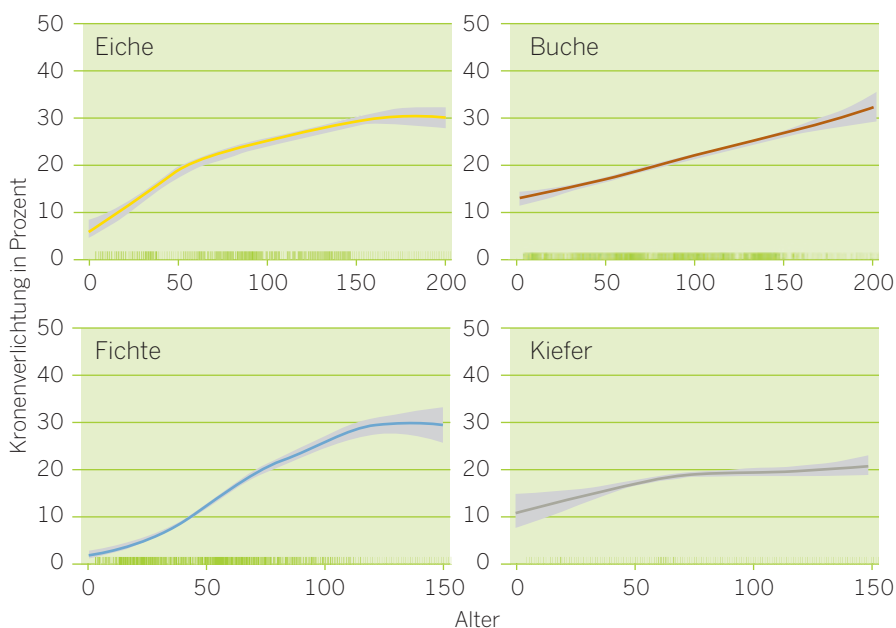
Die Abhängigkeit der Kronenverlichtung vom Alter ist baumartenspezifisch (Abb. 1). Insbesondere bei der Fichte nimmt die Kronenverlichtung mit zunehmendem Alter deutlich zu. Lediglich bei der Kiefer liegt ein nur schwacher Zusammenhang vor. Das mittlere Alter der Hauptbaumarten in NRW unterscheidet sich. So lag es im WZE-Kollektiv für die Eiche (Trauben- und Stieleiche) bei 124 Jahren im Jahr 2017 (als Referenzjahr vor den Hitze-/Dürre Jahren gewählt), für die Buche bei 98 Jahren, für die Fichte bei 65 Jahren und für die Kiefer bei 90 Jahren. Die Unterschiede im Grad der Kronenverlichtung, die zwischen den Baumarten vorliegen, beruhen somit zu einem großen Teil auf dem unterschiedlichen Alter der Baumarten.



ABBILDUNG 1

### Baumartenspezifische Abhängigkeit der Kronenverlichtung vom Baumalter

Auf der x-Achse ist die tatsächliche Altersbelegung des WZE-Kollektivs anhand der Dichte der Striche zu erkennen. Zu beachten ist die unterschiedliche Skalierung der x-Achse für Nadel- und Laubbäume.



<sup>1</sup> Die statistische Raum-Zeit-Modellierung basiert auf generalisierten additiven gemischten Modellen, die für die Auswertung der bundesweiten Kronenverlichtungsdaten der WZE entwickelt und publiziert wurden (siehe Eickenscheidt et al. 2019a).

### Einfluss des Alters auf die zeitliche Entwicklung

Für Eiche und Buche weicht die alterskorrigierte Zeitreihe der Kronenverlichtung kaum von der tatsächlich bei der WZE erhobenen Zeitreihe ab (Tab. 1). Eine Alterskorrektur ist für die Interpretation der bisherigen Zeitreihen für Buche und Eiche in NRW somit nicht zwingend erforderlich. Die Kronenverlichtung der Fichte, die im Rahmen der WZE erhoben wurde, zeigt im Laufe der Zeit einen deutlichen Anstieg um 9,3 Prozentpunkte vom Beginn der WZE 1985 bis vor den rezenten drei Hitze-/Dürrejahren (Tab. 1, Abb. 2 (blaue Kurve), S. 39). Das mittlere Alter der bei der WZE aufgenommenen Fichten ist aktuell jedoch um 20 Jahre höher, als dies zu Beginn der WZE der Fall war. Nach Alterskorrektur (Annahme: Alle Fichten sind im gesamten Zeitraum 65 Jahre alt) reduziert sich der Anstieg auf etwa 5,5 Prozentpunkte (Tab. 1, Abb. 2 (grüne Kurve), S. 39). Somit lässt sich der Anstieg in der Kronenverlichtung seit 1985 zum Teil durch einen Anstieg im mittleren Alter begründen. Dies bedeutet, dass der Alterseffekt bei der Interpretation der zeitlichen Entwicklung berücksichtigt werden muss. Auch für die Kiefer wird eine Alterskorrektur empfohlen (Tab. 1).

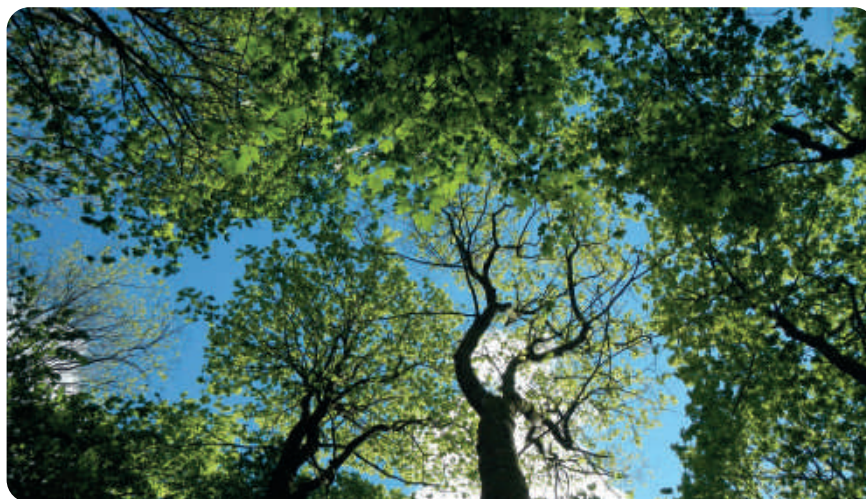


TABELLE 1

### Einfluss des Alterseffektes auf die zeitliche Entwicklung der Kronenverlichtung der Hauptbaumarten

Dargestellt ist die Differenz der Kronenverlichtung in Prozentpunkten zwischen dem Mittel der drei Startjahre der WZE (1985–1987) und dem Mittel von 2015–2017 (vor den Hitze-/Dürrejahren). Für die Alterskorrektur wurde das mittlere Alter der jeweiligen Baumarten von 2017 zugrunde gelegt.

	Tatsächliches Alter 1985–87 zu 2015–17	Alterskorrigiert 1985–87 zu 2015–17	Differenz tatsächliches Alter zu Alterskorrektur
Eiche	10,7	9,9	0,8
Buche	11,9	11,1	0,8
Fichte	9,3	5,5	3,8
Kiefer	1,8	-0,5	2,3



Blick in die Baumkronen im Frühjahr 2020

Durch baumartenspezifische Ereignisse wie die Insektenkalamitäten bei der Eiche sowie die Mastjahre der Buche verhalten sich die Baumarten bei jahresweiser oder phasenweiser Betrachtung zum Teil unterschiedlich. Insgesamt zeigen sich jedoch bei den Hauptbaumarten ähnliche zeitliche Verläufe der alterskorrigierten Kronenverlichtungen von 1985 bis 2020. Diese Beobachtung spricht dafür, dass übergeordnete Einflussfaktoren den Grad der Kronenverlichtung maßgeblich beeinflussen. Das Klima und die Witterung und insbesondere die Abweichung der Temperaturen und Niederschlagsmengen vom langjährigen Mittel spielen eine zentrale Rolle (s. Eickenscheidt et al. 2019b). Dies hat sich auch in den letzten drei Jahren unübersehbar gezeigt. Interessant ist z. B., dass die mittleren Temperaturen von April bis August (s. Kapitel „Die Witterungs- und Bodenwasserverhältnisse 2020“, Abb. 1, S. 45) ab Mitte der 1980er-Jahre einen ähnlichen Verlauf aufweisen wie die alterskorrigierte Zeitreihe der Kronenverlichtung (vgl. Kapitel „Die Vitalität der Baumkronen 2020“, Abb. 2, S. 16).

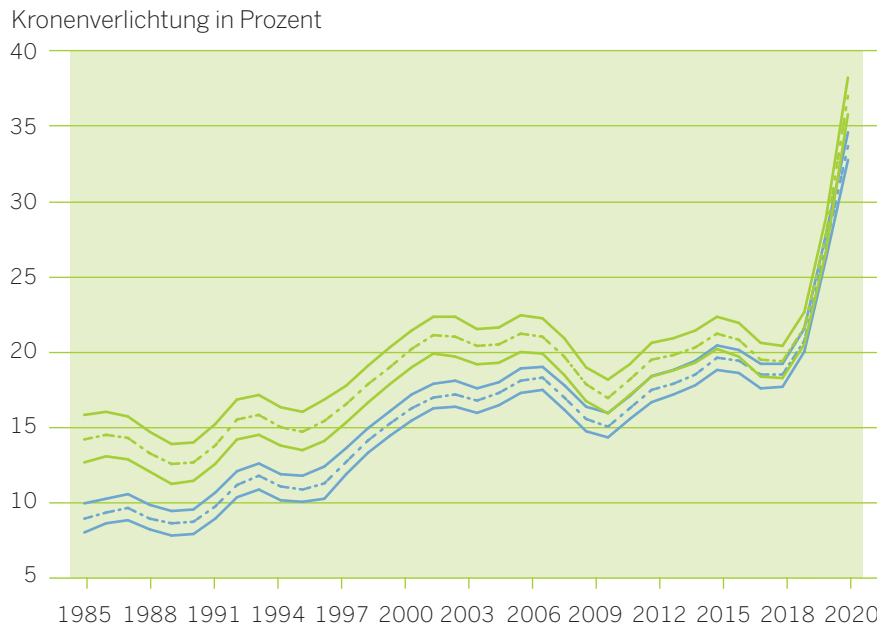


ABBILDUNG 2

### Zeitliche Entwicklung der Kronenverlichtung der Fichte | 1985 bis 2020

Tatsächliches Alter bei der WZE (blau) und unter der Annahme, dass das mittlere Alter der Bäume in allen Jahren bei 65 Jahren lag (grün).

■ Raster und mittleres Alter 2017 ■ Tatsächliches Raster und Alter



### Räumliche Muster und Schadschwerpunkte

Die Eiche ist mit Ausnahme der höheren Berglagen in ganz NRW vertreten. Von der ersten Insektenkalamität Mitte/Ende der 1990er-Jahre war das gesamte Land betroffen, während die zweite Kalamität um 2010 insbesondere das Tiefland sowie das Weserbergland erfasste (ohne Abb.). In den letzten drei Jahren traten Schwerpunkte erhöhter Kronenverlichtung insbesondere im Weserbergland, im nördlichen Tiefland sowie 2020 auch im Süden des Bergischen Landes auf (Abb. 3, S. 41).

Die Buche kommt in NRW fast landesweit vor. Im Laufe der Zeitreihe bildet sich ein Schwerpunkt höherer Kronenverlichtungen primär im Hochsauerland (angrenzend an Hessen) ab. Ein zweiter Schwerpunkt liegt im Weserbergland. Dieses Gebiet war auch in den letzten drei Hitze-/Dürrejahre von erhöhten Kronenverlichtungen betroffen (Abb. 3, S. 41). Im Jahr 2020 zeigte die Buche in weiten Teilen NRWs hohe Kronenverlichtungen.

Die Fichte wächst primär im Bergland und die Betrachtung der räumlichen Entwicklung zeigt relativ geringe Vitalitätseinbußen bis 2017. Nur im Bereich der Eifel und im Tiefland (Westfälische Bucht) wurden zwischen 1985 und 2017 gelegentlich erhöhte Kronenverlichtungen beobachtet. Von 2018 bis 2020 kam es infolge der aufeinanderfolgenden Hitze-/Dürrejahre und des anschließenden Borkenkäferbefalls zu einer rasant zunehmenden Verschlechterung des Zustands. Die Fichten im Tiefland sind 2020 fast komplett ausgefallen, auch das Weserbergland, das Bergische Land und das nördliche sowie westliche Sauerland sind massiv betroffen (Abb. 3, S. 41). In Abbildung 3 lässt sich indirekt erkennen, wie der Borkenkäferbefall nun auch zunehmend in die höheren Lagen des Sauerlandes sowie in die Eifel vordringt.

Die Kiefer kommt primär im Flachland in NRW vor. Insgesamt steht sie landesweit gut da. In den Jahren 2018 bis 2020 kristallisierte sich jedoch das Bergische Land als Gebiet mit den höchsten Kronenverlichtungen heraus (Abb. 3, S. 41).

Trotz der Unterschiede in den Standortansprüchen und bei der regionalen Verbreitung der Hauptbaumarten lassen sich übergeordnete räumliche Muster im Grad der Kronenverlichtung erkennen. In den letzten zwei Jahren weisen die Bäume im Weserbergland sowie in der Region des (südlichen) Bergischen Landes und des angrenzenden Sauerlandes die höchsten Kronenverlichtungen auf, während die Bäume in der Eifel vergleichsweise gut dastehen (Abb. 3, S. 41). Vermutlich spielt Wasserstress der Bäume eine Rolle, für den neben dem Witterungsverlauf u. a. auch die Bodeneigenschaften relevant sind (vgl. Kapitel „Die Witterungs- und Bodenwasserverhältnisse 2020“, S. 42 ff.).



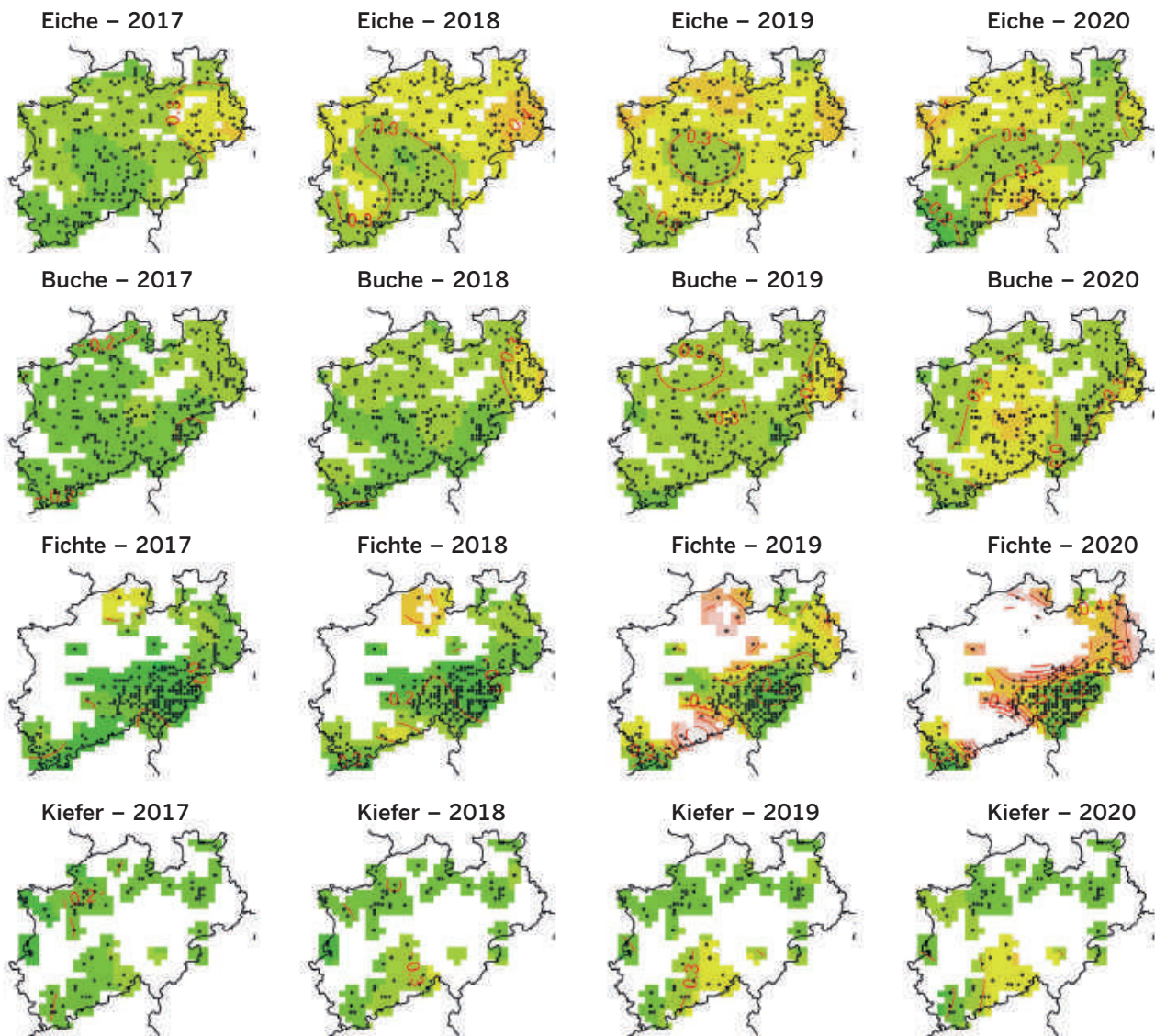


ABBILDUNG 3

## Modellierte Kronenverlichtung für die Hauptbaumarten (Eiche, Buche, Fichte, Kiefer) | 2017 bis 2020

Die Darstellung zeigt die räumliche und zeitliche Entwicklung unter der Annahme, dass alle Bäume über den gesamten Zeitraum das mittlere baumartenspezifische Alter aus dem Jahr 2017 besitzen. Bei der Fichte sind im Jahr 2019 und speziell im Jahr 2020 Gebiete mit extrem hohen Kronenverlichtungen bzw. toten Bäumen weggefallen.

■ < 25 % Kronenverlichtung    
 ■ 25–45 % Kronenverlichtung    
 ■ > 45 % Kronenverlichtung  
— Linie gleicher Kronenverlichtung (Beispiel: 0.2 = 20 %)    
 ● WZE-Punkt





**DIE WITTERUNGS- UND  
BODENWASSERVERHÄLTNISSE 2020**

Die extremen Witterungsbedingungen während der Vegetationsperiode setzen sich im Jahr 2020 in vielen Regionen NRWs nun das dritte Jahr in Folge fort. Das Frühjahr 2020 übertraf den bisherigen Rekord bei der Sonnenscheindauer bei Weitem und gehörte zu den wärmsten und trockensten Frühjahren seit Aufzeichnungsbeginn im Jahr 1881 durch den Deutschen Wetterdienst (DWD). Der Sommer 2020 war zwar nicht so heiß wie in den letzten beiden Jahren, zählte aber ebenfalls zu den wärmsten Sommern und war überdurchschnittlich sonnenscheinreich. Insgesamt war er zeitlich wie räumlich sehr wechselhaft, sodass Starkregenfälle und anhaltende Trockenheit oft nah beieinanderlagen. Er stellte jedoch den dritten Sommer in Folge mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen dar. Das Niederschlagsdefizit, das ab April vorlag, blieb somit bestehen. Diese wiederholt extreme Witterungssituation besteht zum ersten Mal seit 1881 und führt zu erheblichen Schäden in Waldökosystemen. Die Folgen sind bisher in ihrem ganzen Ausmaß noch nicht absehbar.

Die Witterung spielt eine entscheidende Rolle für den Waldzustand, zum einen durch direkte Effekte wie 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 Verlauf des Vorjahres. Die Wälder sind im Allgemeinen gut an die durchschnittlichen Bedingungen des jeweiligen Standorts angepasst. Daher ist durch den Vergleich der aktuellen Wetterverhältnisse mit dem langjährigen Mittel eine erste Einschätzung der aktuellen Situation möglich.

Im Folgenden werden die Witterungs- und Bodenwasserverhältnisse in NRW bis zum August 2020 im Detail betrachtet und Rückschlüsse auf mögliche Auswirkungen auf die Waldbäume gezogen. Als Datengrundlage dienen Wetteraufzeichnungen des DWD sowie Messungen des LANUV, die im Rahmen des bundesweiten forstlichen Umweltmonitorings auf den Level-II-Flächen in NRW (Details s. Kapitel „Wirkungsfaktoren für Waldvitalität und das forstliche Umweltmonitoring“, S. 80 ff.) durchgeführt werden.



Blick in die Buchenkronen der Level-II-Fläche Haard im Frühjahr 2020

## KLIMA UND WITTERUNGSVERHÄLTNISSE

Das Klima in Nordrhein-Westfalen unterliegt dem maritimen Einfluss und ist geprägt durch kühle Sommer und milde Winter. Der globale Klimawandel führt auch in NRW zu Veränderungen. Dies zeigt sich in den Messungen des DWD. Landesweit ist die Jahresmitteltemperatur seit Beginn der DWD-Messungen 1881 um 1,6 °C und die mittlere jährliche Niederschlagsmenge um 88 mm angestiegen. Bereits seit Mitte der 1980er-Jahre liegt die Jahresmitteltemperatur fast durchgängig deutlich über den Werten der Referenzperiode 1961–1990. Gleichzeitig war es in den letzten 10 Jahren zu trocken. Das Jahr 2018 war ein Ausnahmejahr, in dem die klimatische Wasserbilanz zum ersten Mal seit Aufzeichnungsbeginn 1961 negativ war (–37 mm; 1961–1990: 313 mm). Und auch das Jahr 2019 war außergewöhnlich: Es war das drittwärmste Jahr seit 1881 (nach 2018 und 2014) und gleichzeitig ein trockenes Jahr. So sind die Wälder in NRW bereits mit deutlicher Vorbelastung in Bezug auf Hitze- und Wasserstress in das Jahr 2020 gestartet.

Die mittlere Temperatur von April bis August (Beginn der Vegetationsperiode bis zum Ende des jährlichen Aufnahmezeitraums der Waldzustandserhebung) zeigt ab Anfang der 1980er- bis Ende der 1990er-Jahre einen deutlichen Anstieg (Abb. 1, S. 45). Bis 2017 ist die Temperatur dann im Mittel auf dem hohen Level konstant geblieben. Im Jahr 2020 wurde mit 15,7 °C die fünft-höchste mittlere Temperatur für diesen Zeitraum (April–August) seit 1881 gemessen (Referenzperiode: 13,8 °C). Damit lag die mittlere Temperatur zwar niedriger als im Rekordjahr 2018, jedoch ähnlich hoch wie 2019. 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 (Abb. 2, S. 45). In den letzten drei Jahren wurden in diesen Monaten sogar Niederschlagsmengen beobachtet, die zu den niedrigsten Niederschlagsmengen der Zeitreihe gehören. Im Jahr 2020 fielen in diesem Zeitraum nur 62 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, in den letzten drei Jahren deutlich weniger Niederschlagswasser zur Verfügung stand als üblich. In den Monaten Januar bis August sind mit 490 mm nur etwa 85 Prozent der Niederschläge im Vergleich zur Referenzperiode gefallen. Die Niederschlagsmenge (April–August sowie Januar–August) ist somit vergleichbar niedrig wie im Jahr 2019 (64 % und 82 % im Vergleich zur Referenzperiode). Unterschiede bestehen jedoch in der saisonalen Verteilung der Niederschlagsmenge. Das noch trockenere Jahr 2018 unterscheidet sich insbesondere durch die über Monate anhaltende Dürre im Vergleich zu den sowohl zeitlich als auch räumlich wechselhafteren Jahren 2019 und 2020.

ABBILDUNG 1

### Zeitverlauf der mittleren Temperatur der Monate April bis August | 1881 bis 2020

■ Mittel April bis August ■ 10-jähriger gleitender Durchschnitt

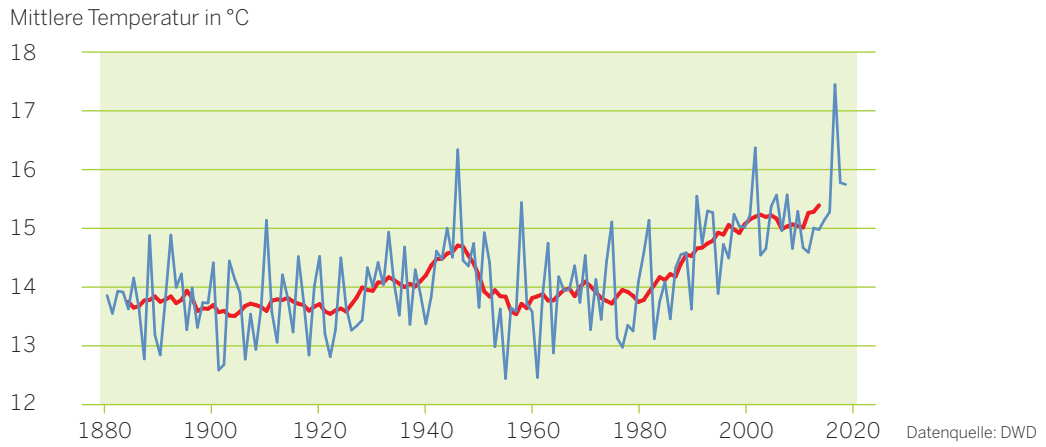
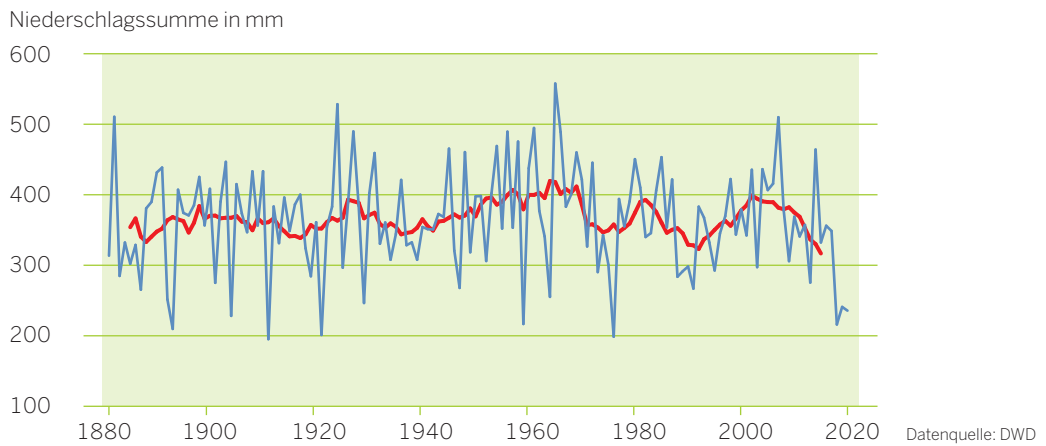


ABBILDUNG 2

### Zeitverlauf der mittleren Niederschlagsmenge der Monate April bis August | 1881 bis 2020

■ Mittel April bis August ■ 10-jähriger gleitender Durchschnitt

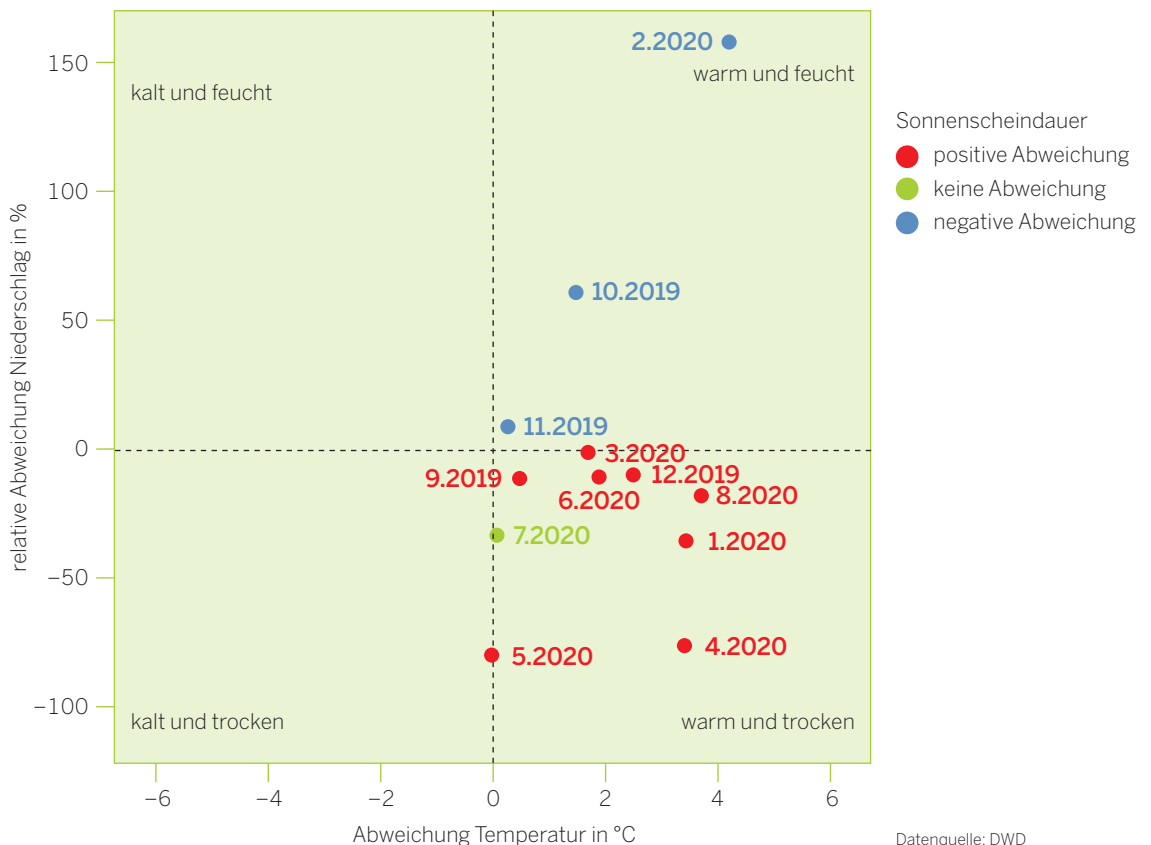


Das Jahr 2020 startete mit einem zu trockenen und zu warmen Januar, auf den der viertwärmste und drittfeuchteste Februar seit Beginn der DWD-Zeitreihe im Jahr 1881 folgte (Abb. 3). Bereits der April der beiden Vorjahre war ungewöhnlich trocken, im Jahr 2020 fiel er jedoch mit nur etwa 30 Prozent der Niederschlagsmenge der Referenzperiode noch niederschlagsärmer aus. Gleichzeitig war es ausgesprochen warm und sonnenscheinreich (Abb. 3). Die im Juni 2019 begonnene Serie zu warmer Monate wurde im Mai mit durchschnittlichen Tagesmitteltemperaturen für einen Monat unterbrochen. Im Mai wurden jedoch nur etwa 25 Prozent der Referenz-Niederschlagsmenge erreicht. In diesem Monat war NRW das niederschlagsärmste Bundesland. Die Waldbäume starteten somit nach dem Austrieb in eine ausgesprochen niederschlagsarme Vegetationsperiode. Dies war in diesem Ausmaß weder 2018 noch 2019 der Fall. In beiden Monaten traten zudem gehäuft Waldbrände auf. Im Juni fielen landesweit annähernd durchschnittliche Niederschlagsmengen. Der Juli und der August waren wiederum zu trocken. Die Trockenheit in der ersten Augushälfte wurde von einer Hitze-welle begleitet. Der August 2020 stellt zusammen mit dem August 2003 den wärmsten seit Aufzeichnungsbeginn 1881 dar. Am Niederrhein wurde mit 14 Hitzetagen ein neuer Augustrekord aufgestellt. Die zweite Augushälfte war dagegen geprägt von Starkregen und Gewittern. Insgesamt betrachtet war der Sommer zu warm und zu sonnenscheinreich und das Niederschlagsdefizit, das seit dem Frühjahr bestand, setzte sich fort.

ABBILDUNG 3

### Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer | September 2019 bis August 2020

Abweichung von der Referenzperiode 1961 bis 1990



Datenquelle: DWD

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. 48). Insgesamt lagen am Niederrhein sowie im südlichen Bergland (Bereiche des Bergischen Landes, des Sauerlandes sowie der Eifel) die höchsten Abweichungen der Temperatur von der Referenzperiode vor. Gleichzeitig waren diese Gebiete auch ausgesprochen trocken. Eine Ausnahme bilden die Eifel sowie angrenzende Gebiete am südlichen Niederrhein, wo es im Juni und August zu ergiebigen Niederschlägen kam. Zum Teil überdurchschnittlich hohe Niederschläge wurden in diesen Monaten auch in der gesamten Nordosthälfte NRWs beobachtet. Somit waren die Witterungsbedingungen im Jahr 2020 für die Waldbäume am mittleren und nördlichen Niederrhein sowie in Regionen des Bergischen Landes und des Sauerlandes deutlich extremer als für die Waldbäume in der Westfälischen Bucht oder im Weserbergland.



Sonnenbrand bei einer Buche an der Level-II-Fläche Haard

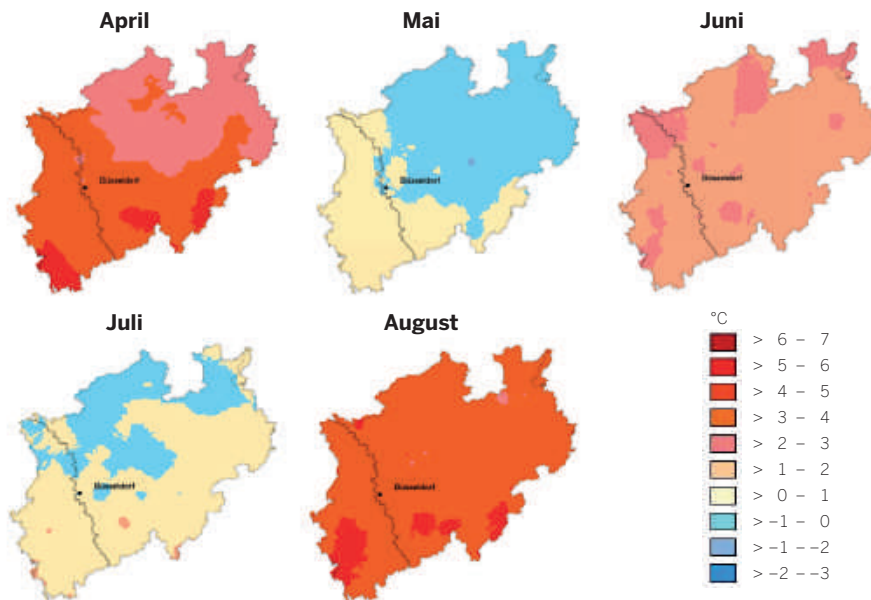


Blattabwurf nach Austrieb durch Wasserstress auf der Level-II-Fläche Haard

ABBILDUNG 4

### Regionale Temperaturabweichungen | April bis August 2020

Abweichung in °C von der Referenzperiode

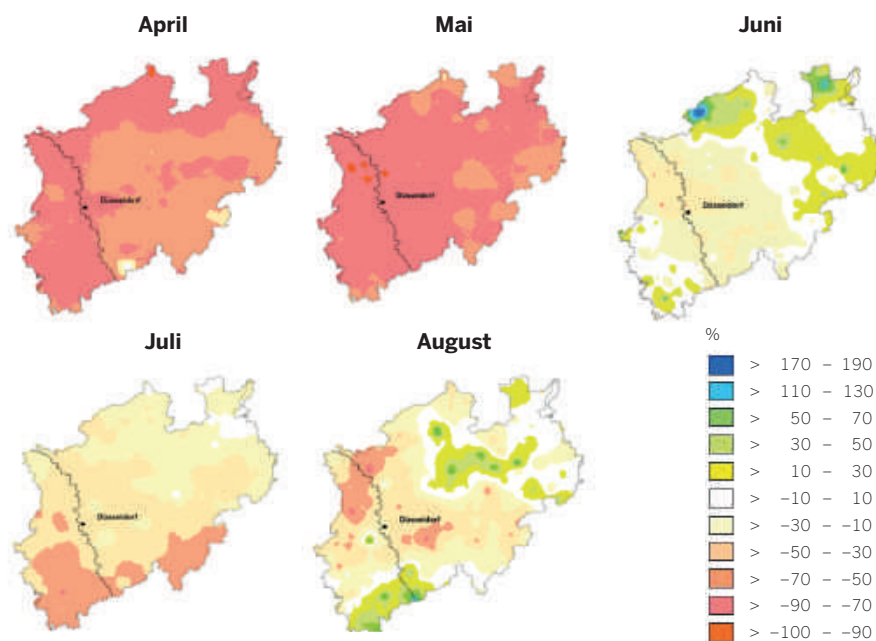


Quelle: DWD, [https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html), abgerufen am 06.09.2020 (modifiziert)

ABBILDUNG 5

### Regionale Niederschlagsabweichungen | April bis August 2020

Abweichung in % von der Referenzperiode



Quelle: DWD, [https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html), abgerufen am 06.09.2020 (modifiziert)



## WITTERUNGSVERHÄLTNISSE DER LEVEL-II-FLÄCHEN

Die angesprochenen regionalen Unterschiede im Witterungsverlauf lassen sich anhand der vier nordrhein-westfälischen Level-II-Flächen (Tab. 1; s. Kapitel „Wirkungsfaktoren für Waldvitalität und das forstliche Umweltmonitoring“, S. 80 ff.) verdeutlichen und vertiefen. Auf den Level-II-Flächen werden u. a. meteorologische Größen sowie der Bodenwasserhaushalt erfasst.

Der Winter 2019/2020 war auf allen vier Flächen zu warm (vgl. Abb. 6 a und b, S. 50). Gleichzeitig wurden überdurchschnittlich hohe Niederschlagsmengen gemessen, insbesondere an den beiden Bergland-Flächen Elberndorf und Schwaney (s. Abb. 6 a und b, S. 50). In den für das Pflanzenwachstum wichtigen Monaten April bis August war es jedoch erneut deutlich zu trocken. So belief sich die Niederschlagsmenge von April bis August auf der Fläche Haard (Westfälische Bucht) und auf der Fläche Schwaney (Weserbergland) auf nur etwa 64 Prozent des langjährigen Mittelwertes dieser Flächen. Gleichzeitig war es in diesem Zeitraum 0,5 °C wärmer als im langjährigen Mittel. Auf der Fläche in Kleve (Niederrheinisches Tiefland) fielen 57 Prozent der langjährigen Niederschlagssumme und die Temperatur lag 0,8 °C höher als im langjährigen Mittel. Die extremsten Bedingungen wurden auf der Fläche Elberndorf (Rothaargebirge) beobachtet. Hier wurden mit 258 mm nur 51 Prozent der langjährigen Niederschlagsmenge gemessen, während die Temperatur 1,5 °C über dem langjährigen Mittel (12,1 °C) lag. Die Witterungsbedingungen in Elberndorf waren vergleichbar mit den Bedingungen im gleichen Zeitraum im Jahr 2018. Auf den anderen drei Flächen waren die Bedingungen weniger extrem als 2018, jedoch ähnlich zu den Bedingungen im Jahr 2019. Dies bedeutet, dass die Witterungsbedingungen im Zeitraum April bis August auf den vier Flächen zum ersten Mal drei Jahre in Folge durch außergewöhnliche Hitze und Trockenheit gekennzeichnet waren. Im Vergleich zu den beiden Vorjahren zeichnete sich das Jahr 2020 insbesondere durch die außergewöhnlich niedrigen Niederschlagsmengen in den Monaten April und Mai aus (Abb. 6 a und b, S. 50). Im Tiefland (Haard und Kleve) lagen die Niederschlagssummenkurven trotz der überdurchschnittlich hohen Niederschläge im Februar 2020 im Juni sogar unter den Kurven von 2018 und 2019.



Wetterstation der Level-II-Freifläche Elberndorf

ABBILDUNG 6 a

Monatliche Niederschlagsmengen und mittlerer Temperaturverlauf | Level-II-Fläche Elberndorf | 2018 bis August 2020

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

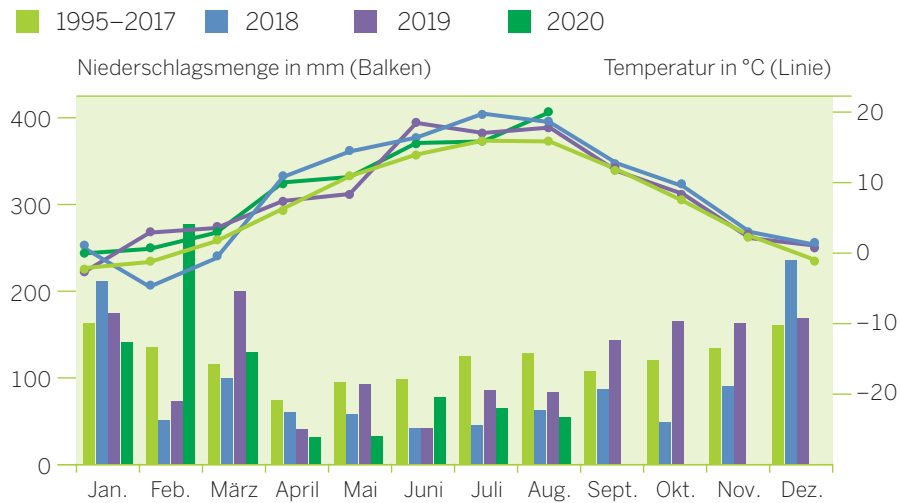
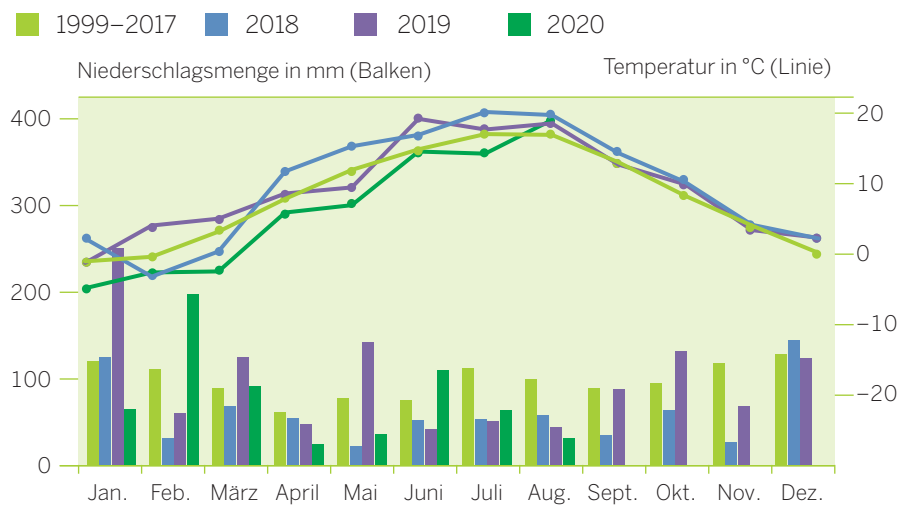


ABBILDUNG 6 b

Monatliche Niederschlagsmengen und mittlerer Temperaturverlauf | Level-II-Fläche Schwaney | 2018 bis August 2020

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

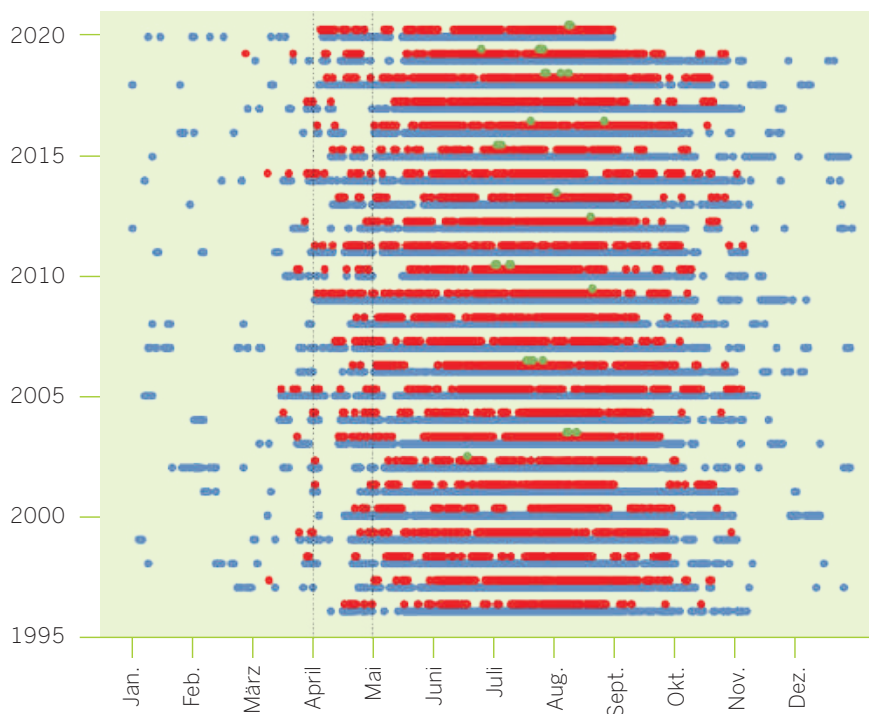


Der Nadel-/Blattaustrieb der Bäume im Frühjahr wird primär durch die Temperaturbedingungen gesteuert (s. Kapitel „Phänologische Beobachtungen an Waldbäumen 2020“). In Abbildung 7 sind forstmeteorologische Schwellenwerte (Tage mit Tagesmitteltemperaturen größer oder gleich 10 °C und Tage mit Tagesmaximaltemperaturen größer oder gleich 20 °C) exemplarisch für die Level-II-Fläche Haard abgebildet. Die Monate Januar bis März waren bereits überdurchschnittlich warm. Im April wurden schon früh und konstant über den ganzen Monat Tagesmitteltemperaturen größer oder gleich 10 °C erreicht und gleichzeitig lagen die Tagesmaximaltemperaturen über 20 °C (Abb. 7). Die Situation für den Austrieb der Waldbäume war somit vergleichbar mit der Situation im Jahr 2018. Der Mai brachte jedoch einen Temperatureinbruch, der Spätfrostschäden zur Folge hatte (s. Kapitel „Phänologische Beobachtungen an Waldbäumen 2020“). Die Hitzewelle 2020 erreichte am 08. August 2020 ihren Höhepunkt (Abb. 7). In der Haard wurde an diesem Tag eine Maximaltemperatur von 36,2 °C gemessen. Die wiederholten und langanhaltenden Hitze-Dürre-Bedingungen gingen mit großem Stress für die Bäume einher. Insbesondere Buchen zeigten schon Mitte August herbstliche Verfärbung und deutlich verfrühten Blattfall.

ABBILDUNG 7

Tage mit Tagesmitteltemperaturen größer oder gleich 10 °C und Tagesmaximaltemperaturen größer oder gleich 20 °C bzw. 35 °C | Level-II-Fläche Haard | 1996 bis 2020 (bis 30.08.2020)

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



## BODENWASSERHAUSHALT DER LEVEL-II-FLÄCHEN

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 NRW (Tab. 1). Im Allgemeinen sind Wälder gut an die durchschnittlichen Bedingungen des jeweiligen Standorts angepasst.

TABELLE 1

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

	Haard	Kleve Tannenbusch	Elberndorf	Schwaney
Wuchsgebiet	Westfälische Bucht	Niederrheinisches Tiefland	Sauer-/Siegerland	Weserbergland (Egge)
Jahresmitteltemperatur [°C]*	10,2	10,1	6,7	8,4
Jahresniederschlags-summe [mm]*	860	830	1440	1120
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)
Porosität [Vol. %]	39	45	45	42
Permanenter Welkepunkt [Vol. %]	4	8	16	30
Nutzbare Feldkapazität [Vol. %]	22	31	19	8

\*langjähriges Mittel der Untersuchungsflächen: 1995–2018 für Haard, Kleve, Elberndorf und 1999–2018 ohne 2006–2008 für Schwaney

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



Depositions- und Streufallmessung auf der Level-II-Fläche Haard



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

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 entsteht, auszugleichen (s. Kapitel „Phänologische Beobachtungen an Waldbäumen 2020“). Der Wasserentzug durch die Bäume führt zu einem Anstieg der Wasserspannung in den durchwurzelten Bodenschichten (Bodensaugspannung). Als Indikatoren für die Wasserversorgung von Waldbäumen kann zum einen die relative Bodenwasserverfügbarkeit und zum anderen die Transpirationsdifferenz herangezogen werden. Die Transpirationsdifferenz ist die Differenz zwischen potenziell möglicher (nicht durch den Bodenwassergehalt eingeschränkt) und aktuell realisierter Verdunstung der Bäume (ggf. durch Bodentrockenheit eingeschränkt). Eine relative Bodenwasserverfügbarkeit von  $\leq 40$  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. Entscheidend sind jedoch die Dauer des Wasserstresses sowie die fehlende absolute Wassermenge. Außerdem sind die Eigenschaften des Bodens und des Bestandes ausschlaggebend, ab wann tatsächlich Wasserstress bei den Bäumen auftritt.

Die ausgiebigen Niederschläge im Februar 2020 führten dazu, dass die Bodenwasserspeicher auch auf den beiden Tieflandflächen Haard und Kleve gefüllt wurden. Im Bergland (Elberndorf und Schwaney) war dies bereits seit Herbst 2019 der Fall (Abb. 8, S. 54). Die extreme Trockenheit zu Beginn der Vegetationszeit 2020, die zum Teil schon sehr frühzeitig begann (s. Kapitel „Phänologische Beobachtungen an Waldbäumen 2020“), verursachte jedoch eine außergewöhnlich frühe Austrocknung der Böden auf allen vier Untersuchungsflächen. Im Jahr 2020 konnte eine tiefgründige Bodenaustrocknung im Mittel sogar schon etwa zwei Wochen früher beobachtet werden als im Jahr 2018 (Abb. 8, S. 54).



Frühzeitige Blattverfärbung einer Buche durch Wasser- und Hitzestress in der Brandheide (Recklinghausen) am 11.08.2020



Vollständiger Blattabwurf dieser Buche bereits bis zum 16.08.2020

Abbildung 8

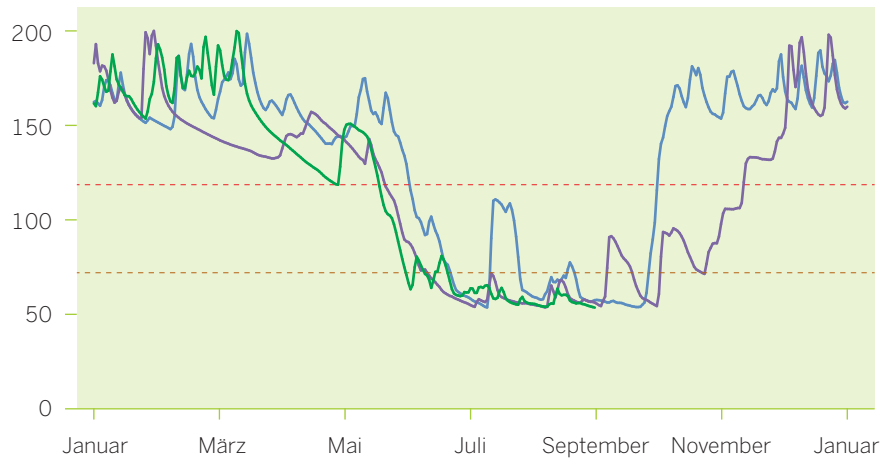
Aktueller Bodenwasservorrat in 0 bis 90 cm Tiefe |  
exemplarisch für zwei Level-II-Flächen | 2018 bis 2020

■ 2018      ■ 2019      ■ 2020  
■ nFK      ■ 60 % nFK      ■ 10 % nFK

Die nutzbare Feldkapazität (nFK) sowie 60 Prozent (Wasserstress auf den Böden in Elberndorf), 40 Prozent und 10 Prozent der nFK (erheblicher Wasserstress auf den Böden in Schwaney) sind eingezeichnet.

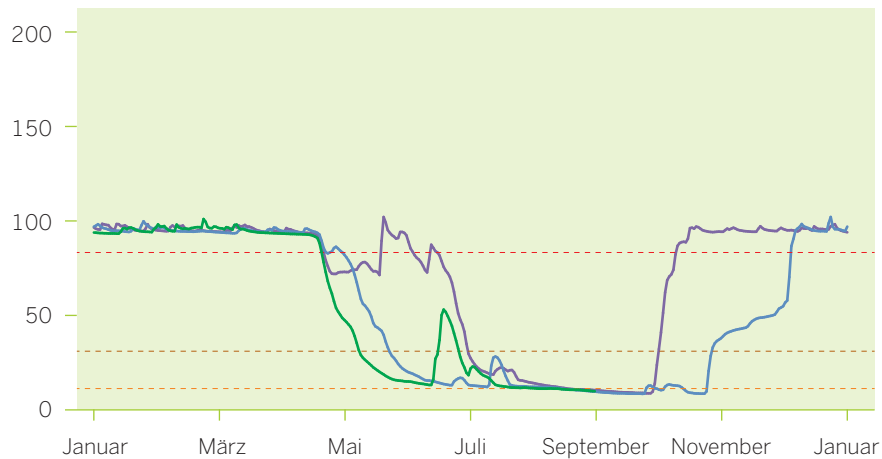
a) Elberndorf

relative Bodenwasserverfügbarkeit in mm



b) Schwaney

relative Bodenwasserverfügbarkeit in mm



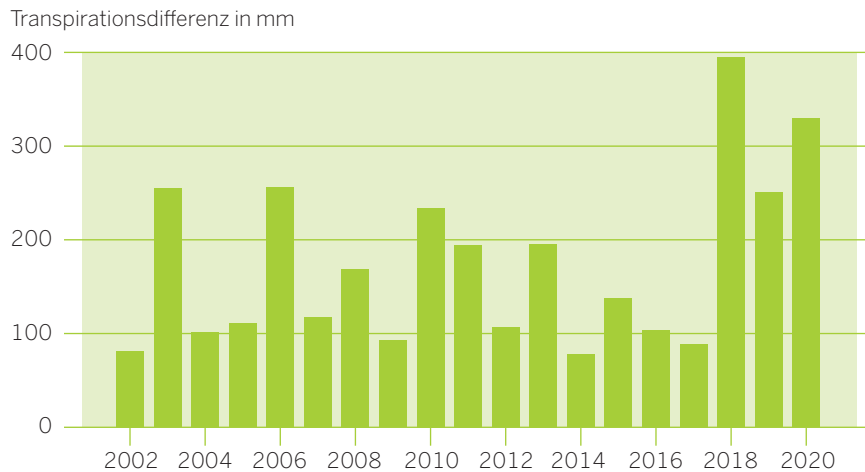
Die Bodenwasserhaushaltssituation wird im Folgenden für die Berglandfläche **Elberndorf** näher erläutert (vergleiche Abb. 6a, S. 50). Für diese Fläche stellte sich die Bodenwasserhaushaltssituation im Jahr 2020 für die Monate April bis Ende August ähnlich gravierend dar wie im Jahr 2018 (Abb. 8, S. 54). Zu beachten ist jedoch, dass sich die Trockenheit im Jahr 2018 bis weit in den Oktober hineinzog und an allen vier Messstationen die bisher am längsten anhaltende Austrocknung der Böden seit Beginn der Messungen beobachtet wurde. Dies ist für das Jahr 2020 nicht zu erwarten. Anfang Juni 2020 betrug die Bodenwasserverfügbarkeit bis in 90 cm Tiefe (dies entspricht etwa der gesamten Bodentiefe an diesem Standort) bereits weniger als 60 Prozent der nFK (72 mm). In Elberndorf kann bei einem pflanzenverfügbaren Wasservorrat von weniger als 60 Prozent von der nFK von Wasserstress bei den Fichten ausgegangen werden. Die ausgeprägte Bodenaustrocknung hielt mindestens drei Monate an (Werte lagen zum Redaktionsschluss bis Ende August vor). Insgesamt lag an 77 Tagen ein Wasservorrat von weniger als 60 Prozent von der nFK vor. Zum Vergleich: Im Jahr 2018 waren es ebenfalls 77 Tage, im Jahr 2019 45 Tage und im langjährigen Mittel sind es 22 Tage (2002–2017). Die kritische Transpirationsdifferenz wurde an 50 Tagen im Zeitraum April bis August 2020 überschritten. Die Summe der Transpirationsdifferenz ist mit 330 mm mehr als doppelt so hoch wie im langjährigen Mittel (2002–2017) (Abb. 9, S. 56). Diese Transpirationsdifferenz weist auf einen Wassermangel der Waldbäume hin. Die nun im dritten Jahr in Folge vorliegenden extremen Witterungsbedingungen in den Monaten April bis August, die mit einem massiven Wassermangel einhergingen, haben die Fichten so stark geschwächt, dass sie sich nicht mehr gegen eindringende Borkenkäfer zur Wehr setzen konnten. Der Fichtenbestand, der sich in einer Höhenlage von fast 700 m befindet, wird zurzeit entnommen. Dies zeigt, dass der Borkenkäfer nun auch in die exponierten Höhenlagen im Sauerland vorgedrungen ist (vgl. „Exkurs: Alterskorrigierte Raum-Zeit-Entwicklung der Kronenverlichtung“ und Kapitel „Waldschäden 2020 durch Fichtenborkenkäfer, Buchentroeknis und Waldbrände“).

Die Berglandfläche Schwaney (Egge) zeichnet sich durch einen tonigen und flachgründigen Boden aus, der daher im Vergleich zu den anderen Flächen eine geringe nFK aufweist (s. Tab. 1, S. 52). Absolut gesehen wurde hier in den letzten drei Jahren die stärkste Bodenaustrocknung beobachtet. Bereits Anfang Mai 2020 wurde der Schwellenwert von 40 Prozent der nFK unterschritten – drei Wochen früher als im Jahr 2018 und fast 1,5 Monate früher als im Jahr 2019 (Abb. 8, S. 54). Ausgiebige Niederschläge im Juni (Abb. 5, S. 48 und Abb. 6b, S. 50) entspannten die Lage für etwa zwei Wochen. Die Bodenaustrocknung bis zur Profiltiefe zeigte sich daher erst ab Mitte Juli. Die Bodenwasserverfügbarkeit des gesamten Bodens lag dann bis Ende August und insgesamt 47 Tage deutlich unter 10 Prozent der nFK. Diese Beobachtung deutet auf einen erheblichen Wassermangel hin.

Auch die beiden **Tieflandflächen** Haard und Kleve zeigten im Sommer 2020 erneut eine starke Bodenaustrocknung, die gegenüber den Vorjahren bereits außergewöhnlich früh auftrat. Die Bodenwasserverfügbarkeit bis in 90 cm Tiefe lag Ende März unterhalb der nFK und ab Ende Mai wurden die kritischen Schwellenwerte für Wasserstress der Bäume unterschritten. Die Böden beider Flächen sind jedoch tiefgründig, sodass die Baumwurzeln Wasser auch noch aus tieferen Schichten beziehen können. Messungen der Bodensaugspannungen deuten darauf hin, dass in 150 cm Tiefe noch Wasser zur Verfügung stand (ohne Abb.). Insgesamt betrachtet war die Wasserstresssituation im Zeitraum April bis August 2020 vergleichbar mit der Situation im Vorjahr.

ABBILDUNG 9

Summe der Transpirationsdifferenz von April bis August  
| Level-II-Fläche Elberndorf | 2002 bis 2020



Zusammenfassend belegen die Ergebnisse aus dem intensiven forstlichen Umweltmonitoring, dass sich die Belastungssituation der Wälder in Bezug auf Hitze- und Dürrestress weiter verschärft hat. Die langanhaltende Trockenheit im April und Mai führte zu einer frühen und erneut tiefgründigen Austrocknung der Böden. Obwohl die Level-II-Flächen sehr unterschiedliche Eigenschaften bezüglich Witterung, Boden und Bewuchs aufweisen und die Böden im Frühjahr mit gefüllten Wasserspeichern gestartet sind, kann aus der relativen Bodenwasserverfügbarkeit und der Transpirationsdifferenz ein außergewöhnlicher Wassermangel für den Sommer 2020 für alle vier Flächen abgeleitet werden. Besonders betroffen war die Fichtenfläche im Sauerland, die in Folge vom Borkenkäfer befallen wurde und abgestorben ist. Somit sind in den letzten beiden Jahren vier der fünf Fichtendauerbeobachtungsflächen des forstlichen Umweltmonitorings ausgefallen. Es handelt sich dabei um Flächen im Tiefland, der Egge und dem Sauerland. Die letzte verbleibende Fichtendauerbeobachtungsfläche in der Eifel zeigt bisher keine Symptome (vgl. „Exkurs: Alterskorrigierte Raum-Zeit-Entwicklung der Kronenverlichtung“). Die Buchen auf der Level-II-Fläche Haard (Westfälische Bucht) reagierten insbesondere auf die Sonnenintensität und die Hitze. Die Stammschäden durch Sonnenbrand haben im Vergleich zum Jahr 2019 weiter zugenommen. Die Hitzewelle 2020 führte bei einzelnen Bäumen zur vorzeitigen Blattverfärbung und z. T. zum vollständigen Blattabwurf bereits im August. Diese Erscheinung wurde zum ersten Mal in diesem Ausmaß seit Erhebungsbeginn in den 1980er-Jahren auf Flächen des intensiven forstlichen Umweltmonitorings beobachtet. Welche Auswirkung die frühzeitige Einstellung der Photosynthese und damit fehlende Produktion von Energiereserven für die Bäume hat, ist frühestens im kommenden Jahr absehbar.



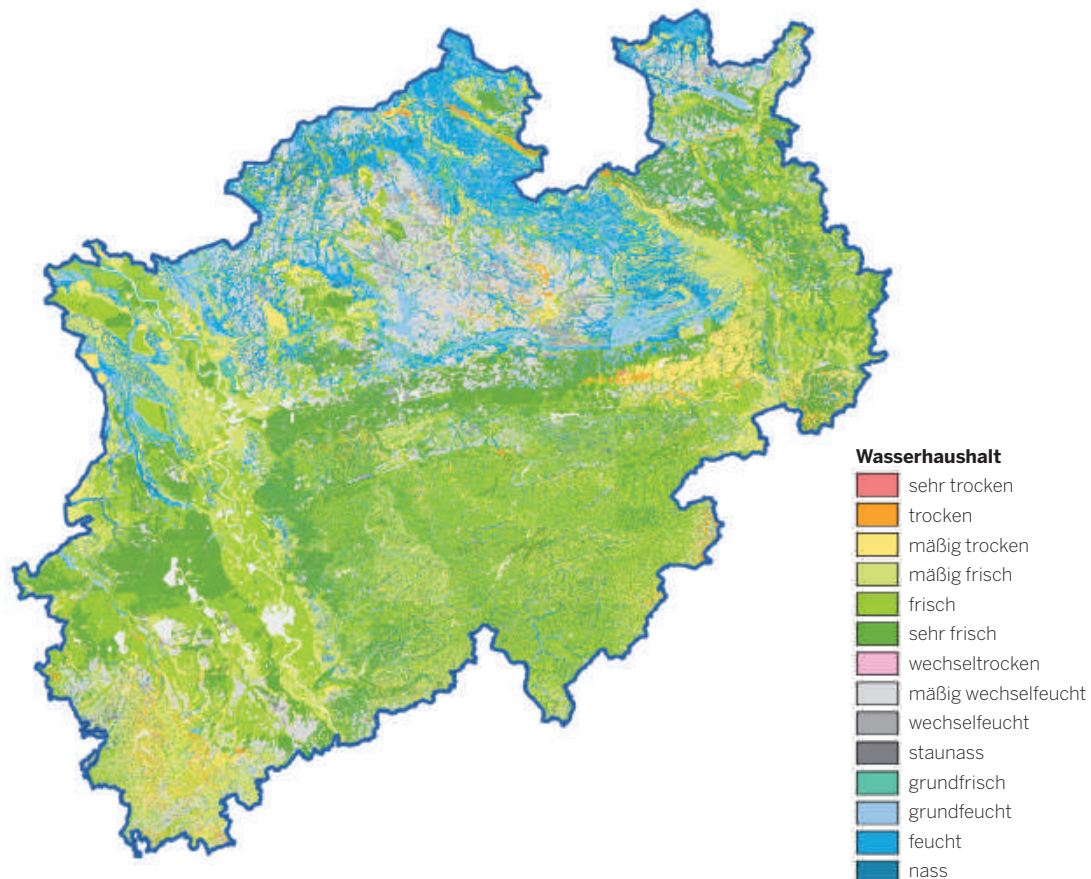
## BODENVERHÄLTNISSSE UND DÜRREMPFINDLICHKEIT

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. [www.waldinfo.nrw.de/waldinfo.html](http://www.waldinfo.nrw.de/waldinfo.html), [www.gd.nrw.de/pr\\_od.htm](http://www.gd.nrw.de/pr_od.htm)). 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. 10). 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 Schattenhänge) beinhaltet.

ABBILDUNG 10

Standörtliche Klassifizierung des Wasserhaushaltes in NRW nach FSK50

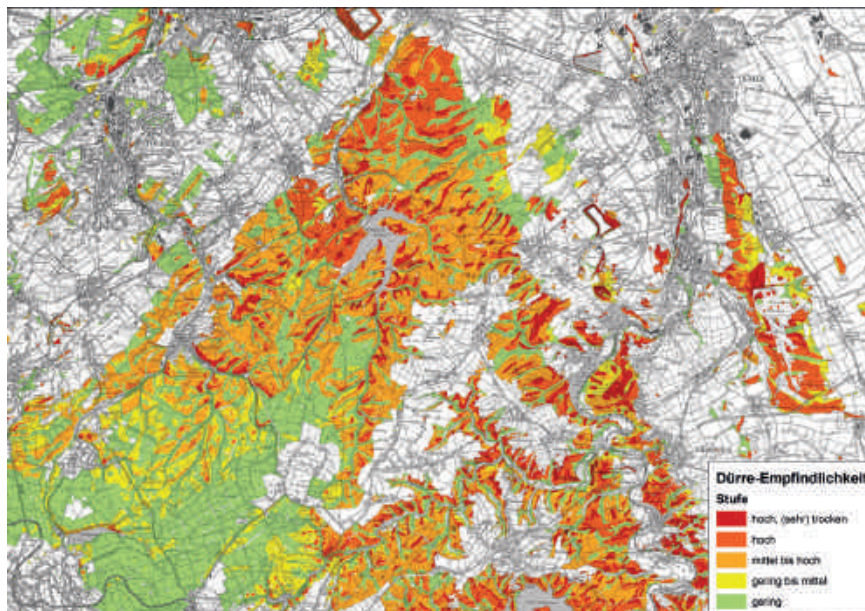


Zur Abschätzung der Dürreempfindlichkeit werden die Standorte nach ihrem Potenzial bewertet, wie sehr sie auf regelmäßige Niederschläge in der Vegetationsperiode angewiesen sind bzw. wie empfindlich sie gegenüber ausbleibenden Niederschlägen in der Vegetationsperiode (meteorologische Dürre) sind. Als hoch dürreempfindlich 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 der Basis der FSK50 kann eine Einstufung der Dürreempfindlichkeit der Standorte erfolgen (Abb. 11). So können etwa 11 Prozent der Waldflächen in NRW als hoch dürreempfindlich eingestuft werden. Weitere 2 Prozent sind bereits trockene oder sehr trockene Standorte und deshalb ebenfalls hoch dürreempfindlich. Etwa 10 Prozent der Waldflächen werden als mittel bis hoch und 12 Prozent als gering bis mittel dürreempfindlich eingestuft; die restlichen knapp zwei Drittel der Waldflächen in NRW werden auf Basis der FSK50 als gering dürreempfindlich angesehen.

ABBILDUNG 11

#### Ausschnitt der Dürreempfindlichkeitskarte von Waldstandorten auf der Basis der FSK50



#### Literatur:

- Bréda, N., Huc, R., Granier, A., Dreyer, E. (2006): Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaption 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



**WALDSCHÄDEN 2020  
DURCH FICHTENBORKENKÄFER,  
BUCHENTROCKNIS  
UND WALDBRÄNDE**

## BORKENKÄFER AN DER FICHTE

Das dritte Trockenjahr in Folge verursachte an vielen Baumarten Schäden. Am stärksten ist in Nordrhein-Westfalen allerdings die Fichte von der Trockenheit betroffen, da die Witterung die seit 2018 anhaltende Vermehrung der Fichtenborkenkäfer nicht bremsen konnte. Die trockengestressten Bäume können die einbohrenden Borkenkäfer nicht ausreichend ausharzen. Hinzu kamen in diesem Jahr für den Käfer optimale sonnige Entwicklungsbedingungen – vor allem zum Käferflugbeginn im April und Mai. Weiterhin traten die Borkenkäfer massenhaft auf, da sie in allen Entwicklungsstadien überwintern und sich sogar weiterentwickeln konnten. (Abb. 1, S. 61)

Die klassische Überwinterung des Borkenkäfers Buchdrucker (*Ips typographus*) erfolgt als ausgewachsener Käfer in verbliebenen Käferbäumen und der Bodenstreu. Um den Anteil und die Käfermenge in diesen Überwinterungsquartieren zu ermitteln, wurden Boden- und Rindenproben aus verschiedenen Käferbefallsflächen Nordrhein-Westfalens ausgewertet. Diese Untersuchungen zeigten, dass circa 90 Prozent der Buchdrucker in der Rinde und 10 Prozent im Boden überwintern. In Mengenangaben überdauern die kalte Jahreszeit auf den 6 Standorten je Hektar Käferhorstfläche 350.000 bis 10 Mio. in den Bäumen und 26.000 bis 1,4 Millionen Buchdrucker im Boden. (Abb. 1, S. 61)

Die Borkenkäferarten Buchdrucker und Kupferstecher bildeten in diesem Jahr in Abhängigkeit von der Höhenlage zwei bis drei Generationen. Wie beispielhaft die Abbildung des Borkenkäfermonitoringstandortes in Kirchhundem zeigt, spielte der Kupferstecher 2020 im Befallsgeschehen zumeist eine untergeordnete Rolle. Die Buchdruckerfangwerte je Falle und Woche sind in Kirchhundem und in den meisten Fallenstandorten Nordrhein-Westfalens in diesem Jahr bei sonnigem Wetter sehr häufig über den Grenzwert von 3.000 Käfern pro Einzelfalle und Woche und weit darüber hinaus gestiegen. Bei Überschreitung des genannten Wertes werden auch völlig gesunde Fichten letal attackiert.

Die Bruten des Buchdruckers entwickelten sich bei Sommertemperaturen, die bereits ab Mitte April einsetzten, zunächst sehr gut. Auf 600 m Höhe war in Kirchhundem vor allem Ende Juni/Anfang Juli sowie Mitte August und im September der Befallsdruck sehr hoch. Besonders die hohe Anzahl der Septemberfangwerte und gleichzeitig frisch auftretender Käferbefall an gesunden Fichten zeigt, dass bei Schwärmtemperaturen im Herbst viele Buchdrucker neue Bruten anlegen und nicht in die Überwinterungsquartiere fliegen. (Abb. 2, S. 61)

ABBILDUNG 1

Anzahl rindenüberwinternder Buchdrucker an sechs Käferbefallsflächen je ha | Winter 2019/2020

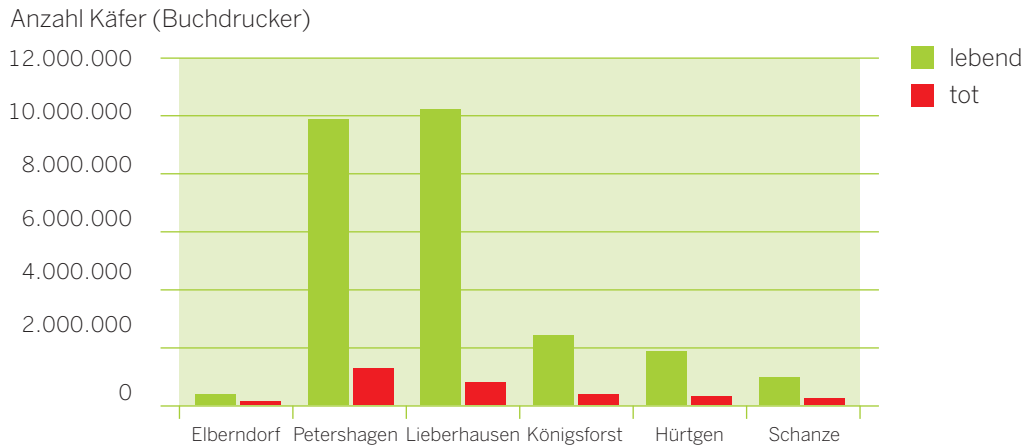


ABBILDUNG 2

Borkenkäfermonitoring | Wochenfangzahlen | Kirchhundem | 2020

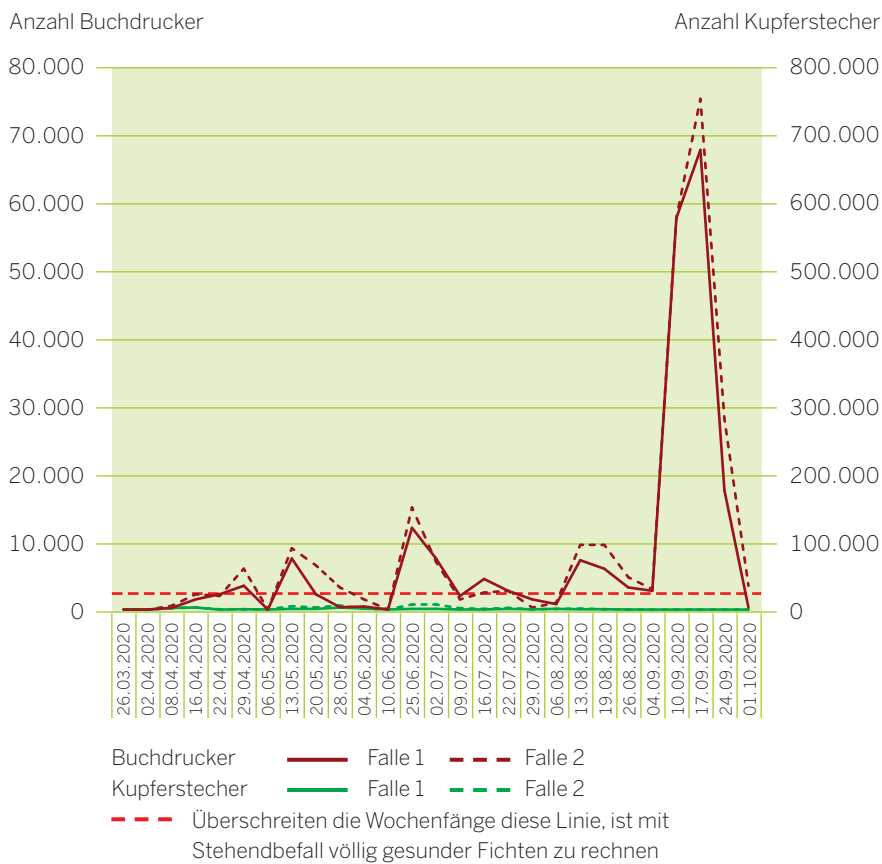
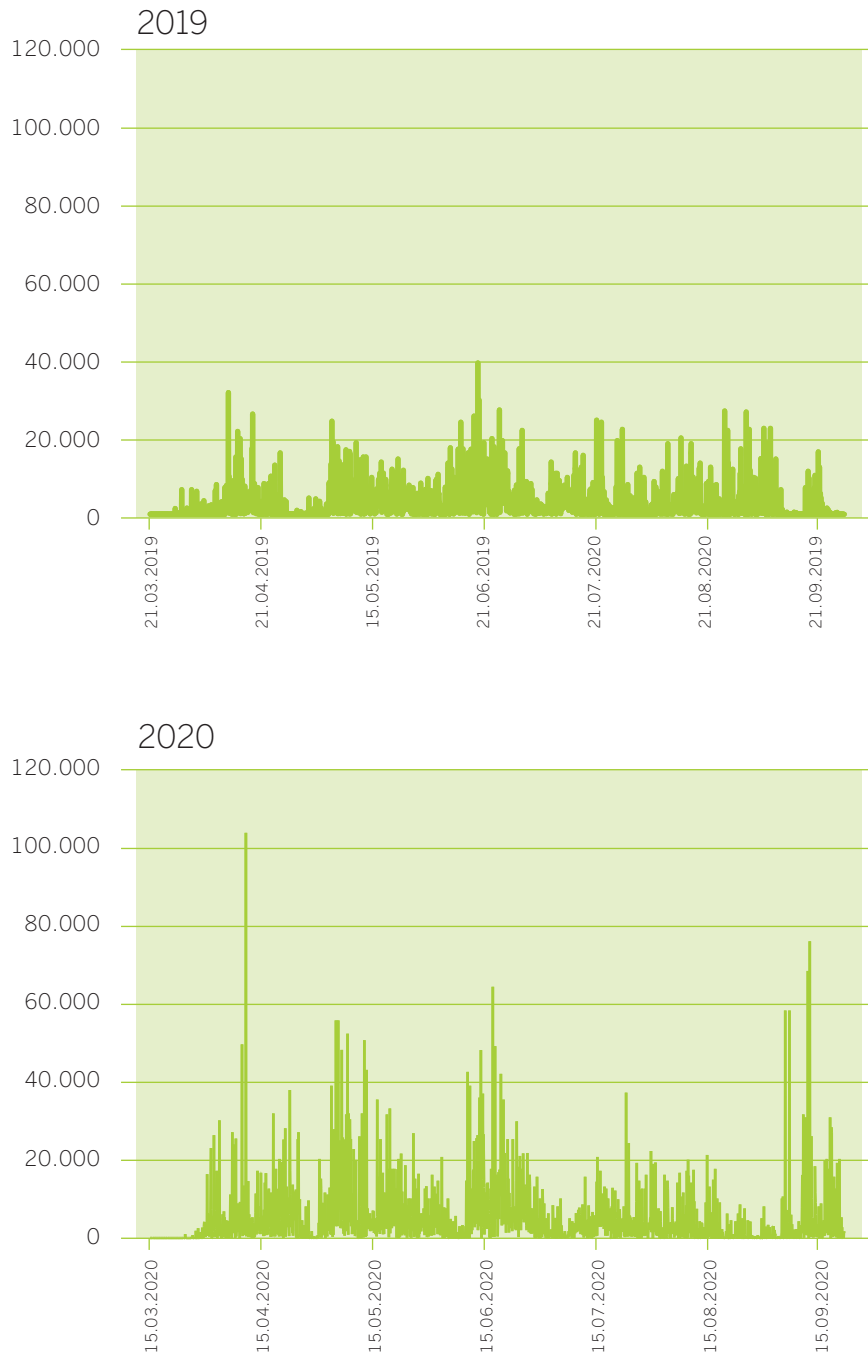


ABBILDUNG 3

### Wöchentliche Buchdruckerfangzahlen des Borkenkäfermonitorings | 2019 und 2020

2019: 90 Fallen; 2020: 94 Fallen; je Standort sind zwei Fallen aufgestellt worden  
(Stand: September 2020)





Borkenkäferfraßschäden unter der Fichtenrinde

In diesem Jahr sind in den Fallen des Borkenkäfermonitorings NRW extrem hohe Fangwerte erhoben worden. So wurden wöchentlich häufig über 10.000 Buchdrucker in den Prallfallen ausgezählt. Sogar Rekordwerte über 50.000 und vereinzelt über 100.000 Buchdrucker je Woche sind aufgetreten. So sind im Vergleich zu 2019 über 60 Prozent mehr Buchdrucker (Fallenmittelwert) gefangen worden. Auffällig sind in beiden Jahre die hohen Fangwerte im September (2019 sogar im Oktober), die im Herbst zu erneutem Stehendbefall geführt haben. In den jetzt befallenen Bäumen können sich in diesem Winter die einzelnen Entwicklungsstadien (Ei-Larve-Puppe-Käfer) des Buchdruckers in Abhängigkeit der auftretenden Temperaturen weiterentwickeln und im nächsten Frühjahr ausfliegen. (Abb. 3, S. 62)

## SCHADHOLZMENGEN BEIM NADELHOLZ

Im Auftrag der Task Force Käfer melden die Regionalforstämter im Turnus von 6 bis 8 Wochen die Kalamitätsmengen, die durch Sturm, Dürre oder Borkenkäfer angefallen sind. Diese Mengenabfrage erfolgt regelmäßig seit 2018 und liefert einen jeweils aktualisierten Überblick über das Schadgeschehen. Grundlage sind Einschätzungen der Forstbetriebsbezirke vor Ort. Werden die Ergebnisse der Kalamitätsmengenabfragen für die Baumart Fichte, egal ob Sturm, Trocknis oder Borkenkäfer, von Anfang 2018 bis September 2020 zusammengefasst, ergibt sich bis September 2020 eine Schadh Holzmenge von rund 30,7 Mio. Festmetern. Fast 90 Prozent dieser Menge wurde durch Borkenkäfer verursacht. Diese Schadh Holzmenge bezieht sich auf ganz Nordrhein-Westfalen und auf alle Waldbesitzarten. Extreme Schäden sind mittlerweile in allen Forstamtsbereichen der niedrigen und mittleren Höhenlagen zu verzeichnen. Seit Sommer 2020 sind aber auch die höheren Lagen des Sauerlandes stark betroffen. (Abb. 4 und 5, S. 64)

Auf der Grundlage der o.g. Erhebungen in den Regionalforstämtern wurde zum Stand September 2020 eine Kalamitätsfläche von ca. 66.000 ha hergeleitet.

ABBILDUNG 4

Schadholzmengen durch Sturm und Käfer an der Fichte | 2018 bis September 2020

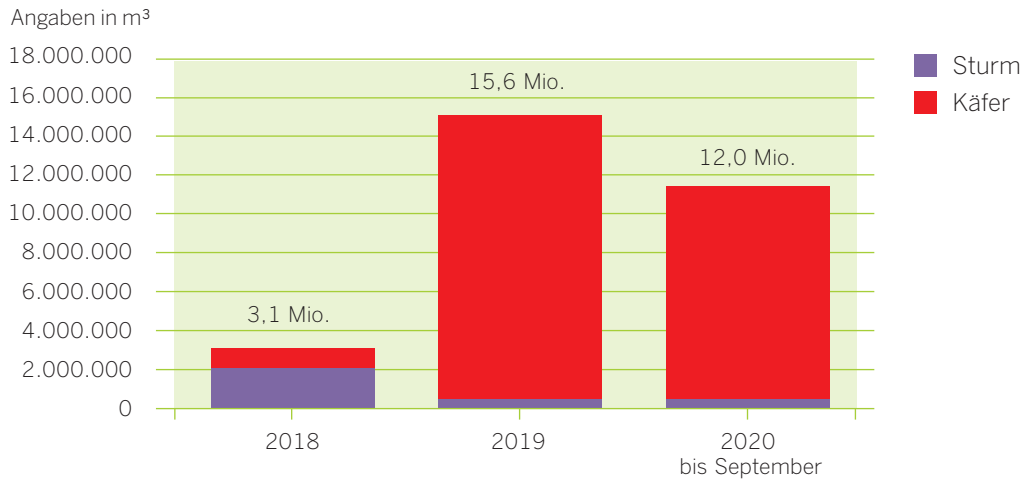
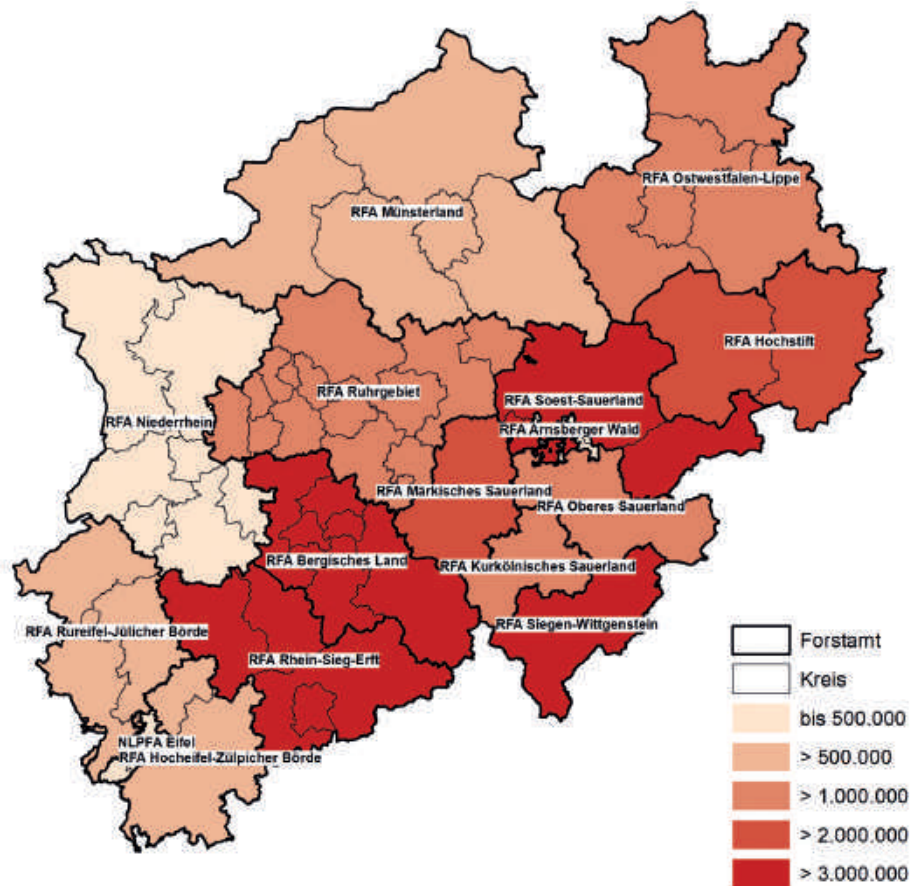


ABBILDUNG 5

Fichtenborkenkäfer-Schadsmengen | Sommer 2018 bis September 2020





## BUCHDRUCKERBEFALL AN WEITEREN BAUMARTEN

In diesem Sommer gab es mehrfach Meldungen von Waldbesitzern und Revierförstern, dass bei dem vorhandenen enormen Befallsdruck der Buchdrucker auch andere Baumarten als die Fichte befallen würden. Deshalb wurde an neun verschiedenen Baumarten untersucht, ob sich der Käfer zu verschiedenen Laub- und Nadelgehölzen hingezogen fühlt. In diesem Versuch wurden im Juli Buchdruckerlockstoffe auf der Rinde angebracht und diese Bäume im September auf einen Borkenkäferbefall inspiziert. Als Ergebnis ist festzuhalten, dass die Buchdrucker sich in sämtliche Baumarten einbohren. Allerdings konnten nur an der Waldkiefer lebende Käfer gefunden werden, die längere Bohrgänge (Muttergänge) angelegt haben. Bei den Douglasien und Lärchen wurden die Borkenkäfer bis September durch das sich stark bildende Baumharz abgetötet. Die Birken, Buchen und Eichen wurden befallen, allerdings sind hier keine Fraßgänge angelegt worden.



Aufgearbeitetes Fichtenstammholz auf einer Borkenkäferbefallsfläche



Von Borkenkäfer befallene und aufgearbeitete Wälder

## KALAMITÄTSFLÄCHENERMITTLUNG IM NADELWALD MITHILFE VON SATELLITENDATEN

Grundlage für die Ableitung von Kalamitätsflächen im Nadelwald sind zwei landesweit laufende Fernerkundungsverfahren, welche die flächendeckend verfügbaren Sentinel-2-Satellitendaten des Copernicus-Programms der Europäischen Weltraumorganisation nutzen, um daraus zum einen die Verteilung von Laub- und Nadelwald zu bestimmen und zum anderen in den als Nadelwald erkannten Waldflächen ein Vitalitätsmonitoring durchzuführen.

### Methodische Anmerkungen:

Beim Vitalitätsmonitoring wird anhand von Referenzdaten zu geschädigten und gesunden Nadelwaldbeständen ein Vegetationsindex berechnet. Durch den Vergleich der aktuellen Werte mit einem Vergleichszeitpunkt z. B. aus 2017 lassen sich Veränderungen der Vitalität (u. a. Chlorophyll-Produktivität) ableiten. Bei steigender Abnahme der Vitalität werden die Flächen als geschädigt klassifiziert. Stark beeinflusste Flächen lassen auf bereits aufgearbeitete oder geräumte Kahlflächen schließen. Die Ergebnisse werden als digitale Karten im Internetportal Waldinfo.NRW veröffentlicht.

In den über die Copernicus-Satelliten als Nadelwald erkannten Flächen (im Rahmen der Fernerkundung wurden durch Auswertung von Satellitendaten rund 340.500 ha als Nadelwald klassifiziert; diese Fläche ist rund 5 % geringer als die bei der Landeswaldinventur als Nadelwald ausgewiesene Fläche von 359.000 ha) wurden mit dem geschilderten Verfahren bisher die Kalamitätsflächen der Jahre 2018 bis Juni 2020 abgeleitet und aggregiert. Dabei sind einige methodische Aspekte zu beachten:

- Aufgrund von Bewölkung, überlagernden Randstrukturen oder Unterschreitung einer auf 0,1 ha festgesetzten Mindestflächengröße pro Kalamitätsfläche liefert das Verfahren für bestimmte Waldflächen keine Ergebnisse (8,6 % der als Nadelwald erkannten Fläche bzw. insgesamt rund 29.200 ha)
- Als gesicherte Kalamitätsfläche werden nur solche Flächen berücksichtigt, die entweder der Schadstufe 2 „sichtbarer bis schwerer Käfer-/Trocknisschaden“ oder der Schadstufe 3 „aufgearbeitete oder geräumte Kahlfläche“ angehören (rund 12,5 % der als Nadelwald erkannten Fläche bzw. insgesamt rund 42.700 ha)
- Die Schadstufe 1 „Verdacht; gering oder erste sichtbare Symptome“ mit einer Fläche von rund 41.300 ha wurde bislang nicht als gesicherte Kalamitätsfläche betrachtet und deshalb keiner weiteren Auswertung unterzogen (diese Fläche könnte bei einem negativen Verlauf der Kalamität anteilig oder vollständig zur Gesamtkalamitätsfläche hinzukommen)

Die Verfahren zur Erfassung der Vitalitätsabnahme und zur Erstellung der Kalamitätskarte werden periodisch mit aktualisierten Daten durchgeführt und methodisch weiterentwickelt.

Die Kalamitätskarte auf der Grundlage der Satellitenbildauswertungen erlaubt trotz der gegebenen methodischen Einschränkungen landesweite Aussagen zum Umfang und zur regionalen Verteilung der Kalamitätsfläche. Zudem sind Verschneidungen mit verschiedenen Themenkarten und entsprechende inhaltliche Auswertungen für strategische Zwecke möglich.

Die Darstellung zeigt beispielhaft, dass räumliche Fragestellungen (z. B. Verteilung nach Regierungsbezirken oder Regionalforstämtern), Fragen nach dem Rechtsstatus der Gebiete (z. B. Betroffenheit von Gebieten Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie)) oder auch waldökologische Fragestellungen (z. B. Verteilung nach Höhenstufen bzw. Vegetationszeitbereichen, Verteilung nach Wasserhaushaltsstufen der forstlichen Standorte) beantwortet werden können (siehe Tab. 1).

TABELLE 1

Beispielhafte landesweite Auswertung der aus Fernerkundungsverfahren abgeleiteten Kalamitätsflächen | bis Juni 2020

nur als gesichert erfasst angesehene Kalamitätsfläche im Nadelholz											
rd. 42.700 ha											
Verteilung auf Regierungsbezirke											
Münster		Detmold			Arnsberg			Köln		Düsseldorf	
rd. 2.300 ha		rd. 10.300 ha			rd. 18.300 ha			rd. 10.600 ha		rd. 1.200 ha	
5 %		24 %			43 %			25 %		3 %	
Verteilung auf Regionalforstämter											
01	rd. 200 ha	0 %	05	rd. 4.800 ha	11 %	09	rd. 1.400 ha	3 %	13	rd. 1.600 ha	4 %
02	rd. 1.000 ha	2 %	06	rd. 3.100 ha	7 %	10	rd. 1.400 ha	3 %	14	rd. 1.000 ha	2 %
03	rd. 1.400 ha	3 %	07	rd. 1.100 ha	3 %	11	rd. 6.900 ha	16 %	15	rd. 2.000 ha	5 %
04	rd. 3.300 ha	8 %	08	rd. 3.200 ha	7 %	12	rd. 6.200 ha	15 %	16	rd. 4.100 ha	10 %
Betroffenheit von FFH-Gebieten											
Fläche innerhalb von FFH-Gebieten						Fläche außerhalb von FFH-Gebieten					
rund 10.800 ha						rund 31.900 ha					
25 %						75 %					
Verteilung auf Höhenstufen (bzw. Vegetationszeitbereiche)											
planar (> 160 Tage)			kollin (145–160 Tage)			submontan (130–144 Tage)			obermontan/montan (< 130 Tage)		
rd. 30.400 ha			rd. 9.700 ha			rd. 2.400 ha			rd. 200 ha		
71 %			23 %			6 %			0 %		
Verteilung auf die Gesamtwasserhaushaltsstufen (nach FSK50)											
mäßig trocken bis sehr trocken, wechsel trocken		mäßig frisch		frisch bis sehr frisch, grundfrisch bis grundfeucht		mäßig wechselfeucht bis wechselfeucht		hangfeucht, feucht		nass, staunass	
rd. 4.500 ha		rd. 9.300 ha		rd. 21.900 ha		rd. 4.700 ha		rd. 1.800 ha		rd. 500 ha	
11 %		22 %		51 %		11 %		4 %		1 %	

## BUCHENTROCKNIS

Seit dem Herbst 2018 sind zunächst in niedrigeren Höhenlagen Nordrhein-Westfalens an Rotbuchen Absterbeerscheinungen aufgetreten. In diesen betroffenen Beständen hat sich der Zustand der Rotbuchen weiterhin verschlechtert. Erkennbar betroffen waren 2018 und 2019 zunächst hauptsächlich ältere Buchen. An den betroffenen Bäumen blieben die vertrockneten und verbrauchten Blätter den Winter über an den Zweigen. Im Frühjahr 2020 trieben diese Bäume nur unvollständig aus und es traten zusätzlich Rindenschäden in Form von Nekrosen, Rissen und abplatzender Rinde auf. Diese Symptome ließen sich auf einen Befall mit Rindenpilzen und Sonnenbrand zurückführen. Seltener traten Schleimflussflecken durch den Befall mit Buchenborkenkäfern auf. In diesem Jahr ist vor allem aufgrund der anhaltenden trockenen Witterung diese Buchentrocknis in allen Altersklassen zu finden. Neben den Standorten in niedrigen und mittleren Höhenlagen Ostwestfalens, dem Münsterland und dem Ruhrgebiet sind auch zunehmend höhere Lagen des Sauerlandes betroffen. Hier treten die ersten Schäden sogar bis in 650 m Höhe – vor allem an Südhängen und Kuppenlagen – auf. Allerdings zeigen auch Nordhänge aufgrund der angespannten Niederschlagsituation bereits erste Blatt- und Feinreisigverluste.

Auffallend war an einzelnen Rotbuchen in diesem Jahr weiterhin ein deutlicher Blattfall, der nach den heißen Tagen im August auftrat. Manche Buchen verloren in ihrer Krone sämtliche Blätter. Erste Untersuchungen über diesen frühen Herbstaspekt bei Buchen zeigen, dass an vielen Buchen trotz dieser Symptome vitale Knospen vorhanden sind. Diese Bäume müssten aus heutiger Sicht genug Reserven besitzen, um im nächsten Jahr ungehindert austreiben zu können.

Zu berücksichtigen ist weiterhin, dass neben der Trockenheit die starke Fruktifizierung die Rotbuchen zusätzlich geschwächt hat. Dies zeigen auch die jahrelangen Aufzeichnungen der Waldzustandserhebungen. In den Jahren starker Fruktifikation ist auch eine Zunahme der Kronenverlichtung zu erkennen gewesen.

Für die Baumart Buche wurde bis September 2020 eine Kalamitätsmenge für ganz Nordrhein-Westfalen von 870.000 Festmetern gemeldet. Die höchsten Kalamitätszahlen ergeben sich dabei für das Regionalforstamt Ostwestfalen-Lippe. Weitere Schwerpunkte der Buchenkalamität sind die Forstämter Münsterland, Hochstift und Bergisches Land sowie mittlerweile auch das Märkische Sauerland, Rhein-Sieg-Erft und das Ruhrgebiet. (Abb. 6, S. 69)



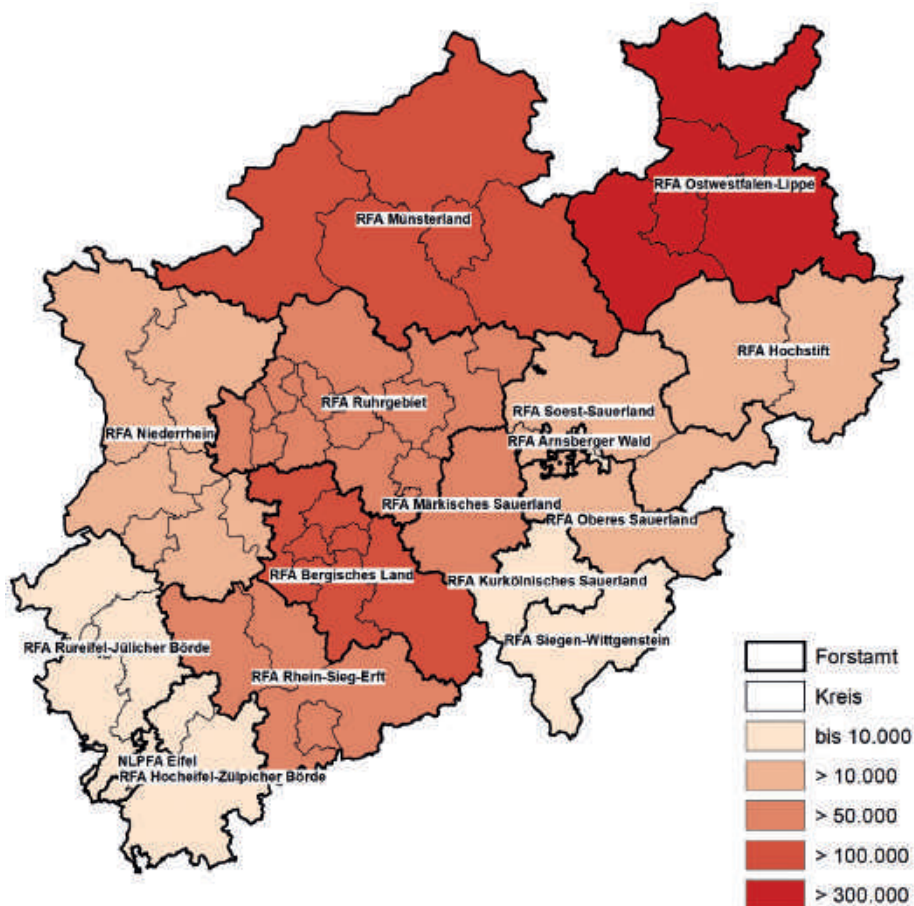
Durch Buchentrocknis im Verlauf dieses Jahres absterbende alte Rotbuche



Pilzbefall durch die Pfennigkohlenkruste an Buchenkronenästen

ABBILDUNG 6

Buchen-Schadholzmengen | Sommer 2018 bis September 2020



## WALDBRÄNDE

Aufgrund der diesjährigen anhaltenden Trockenheit im Frühjahr und Sommer sind im Jahr 2020 in mehreren Waldgebieten Nordrhein-Westfalens Waldbrände aufgetreten. Betroffen waren Wälder in der Stadt Gummersbach sowie die Kreise Viersen, Olpe und Düren. Insgesamt sind von April bis September durch 45 Brände mehr als 44 Hektar vernichtet worden (reine Brandfläche).

Der größte Waldbrand war in Gummersbach am 20. April 2020 ausgebrochen und zerstörte etwa 21 Hektar Wald (reine Brandfläche) von 20 vor allem kleineren Waldbesitzerinnen und -besitzern. Die Löscharbeiten wurden dort durch starke Winde mit wechselnden Richtungen erheblich erschwert. Nur durch die gute Zusammenarbeit von Feuerwehr, Polizei, Forstleuten und weiteren Einsatzkräften konnte der Brand erfolgreich unter Kontrolle gebracht werden. Forst- und Feuerwehrleute hatten unter anderem gemeinsam Brandschutzschneisen angelegt, um eine weitere Ausbreitung der Brände zu verhindern.



Waldbrand bei Gummersbach



Blick auf das Waldbrandgebiet bei Gummersbach

**PHÄNOLOGISCHE  
BEOBACHTUNGEN  
AN WALDBÄUMEN 2020**



Die phänologischen Beobachtungen an Waldbäumen zum Nadel-/Blattaustrieb, zur Blüte und zur herbstlichen Blattverfärbung wurden im Jahr 2020 fortgesetzt, sodass inzwischen eine Zeitreihe von 20 Jahren vorliegt. Da der Zeitpunkt des Nadel-/Blattaustriebes und die Länge der Vegetationszeit im Wesentlichen durch die Temperatur bestimmt werden, liefern Ergebnisse dieser Aufnahmen wichtige Daten zur Beschreibung der Auswirkungen des Klimawandels aus biologischer Sicht. Die Beobachtungen erfolgen im Rahmen des intensiven forstlichen Umweltmonitorings auf 18 Dauerbeobachtungsflächen und werden durch das LANUV NRW in Zusammenarbeit mit dem Landesbetrieb Wald und Holz durchgeführt. Auf vier Flächen sind die Untersuchungen Teil eines europaweiten Projektes und werden auf der Grundlage einer international standardisierten Methodik vorgenommen. Die Ergebnisse von den Buchenflächen gehen in den Indikator „Phänologie der Buche“ des Klimafolgenmonitorings des Landes Nordrhein-Westfalen ein.

Im Laufe der 20-jährigen Zeitreihe wurde das Beobachtungsprogramm erheblich erweitert, um es vor allem bei den Hauptbaumarten Fichte, Buche und Eiche auf eine fundierte Datenbasis zu stellen (Tab. 1).

 TABELLE 1

### Anzahl der Dauerbeobachtungsflächen und der Untersuchungsbäume

\* Auf einigen Flächen werden mehrere Baumarten (Teilkollektive) untersucht.

Baumart	Anzahl Flächen bzw. Kollektive*		Anzahl Bäume		Beginn der Aufnahmen
	2001	2020	2001	2020	
Buche	5	9	192	309	2001
Eiche	2	9	36	234	2001
Fichte	2	4	60	110	2001
Kiefer	1	1	30	30	2001
Esche	1	1	8	11	2001
Bergahorn	1	1	15	16	2001
Douglasie	0	1	-	30	2018
Summe Kollektive	12	26	341	740	
Summe Flächen	9	18			



## NADEL-/BLATTAUSTRIEB 2020

Der Austrieb der Bäume wird neben genetischen und baumartspezifischen Vorgaben insbesondere durch den Temperaturverlauf im Frühjahr gesteuert, wobei die Tagesmaxima die entscheidende Rolle spielen. Das Tagesmaximum von 20 °C wurde 2020 an den Waldmessstationen Kleve und Haard erstmalig am 5. April und an den Berglandstationen Schwaney (Weserbergland) und Elberndorf (Rothaargebirge) am 6. April erreicht beziehungsweise überschritten. Es folgten bis zum 12. April mehrere warme Tage, die den Impuls zum Austrieb der Buchen und Eichen sowohl im Flachland als auch im Bergland gaben. Der mittlere Austriebstermin, bei dem die Bäume zu 50 Prozent ausgetrieben hatten, war bei der Eiche der 18. April und bei der Buche der 19. April. Bei einem kleinen Kollektiv von Eichen auf den Flächen in Viersen und Stadtlohn hatte der Austrieb bereits Ende März eingesetzt. Dies dürfte auf den insgesamt sehr warmen Winter ohne eine nennenswerte Anzahl von Frosttagen zurückzuführen sein. Zwischen 25. April und 6. Mai gingen die Tagesmaxima wieder zurück. In diesen Zeitraum fällt der mittlere Austriebstermin bei dem sehr heterogenen Kollektiv des Bergahorns in Schwaney (3. Mai) und bei der Kiefer in Kleve (4. Mai). Ein kurzer Wärmeimpuls zwischen 7. und 10. Mai führte zum Austrieb der Esche (13. Mai). Zwischen 11. und 16. Mai führten Nachtfröste insbesondere bei der Buche in Muldenlagen zu erheblichen Spätfrostschäden. So fielen nicht nur im Bergland, sondern auch in tieferen Lagen an den Stationen in Kleve und in der Haard in diesen Tagen die Minimumtemperaturen unter den Gefrierpunkt. Die Fichte erreichte erst am 20. Mai und die Douglasie im Weserbergland (Kempen) am 25. Mai den mittleren Austriebstermin. Hier dürften die warmen Tage zwischen 18. und 22. Mai den letztlichen Impuls gegeben haben. Die Ergebnisse zeigen, dass die Reaktion auf hohe Temperaturen und deren zeitliches Auftreten in Abhängigkeit von der Höhenlage und der Baumart sehr unterschiedlich sind. Der gesamte Austriebsverlauf über alle Baumarten zieht sich damit von Ende März bis Anfang Juni weit über zwei Monate hin (Abb. 1, S. 74).



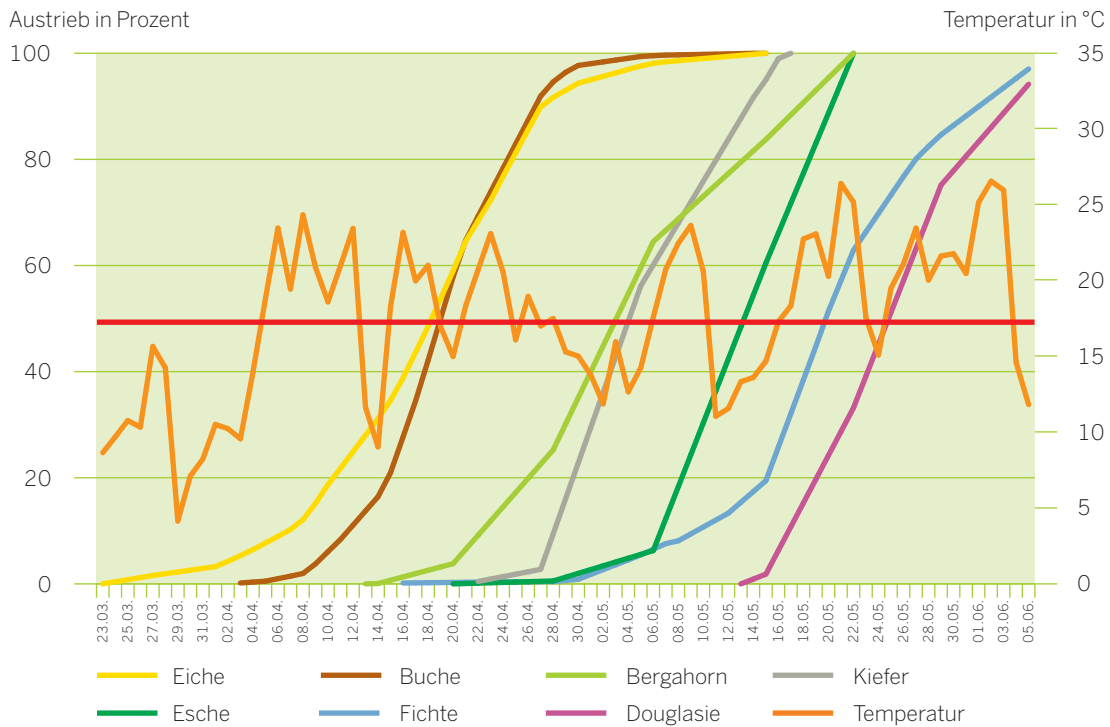
Austrieb der Buche mit Blüten



Austrieb des Bergahorns

ABBILDUNG 1

Mittlerer Verlauf der Tagesmaximumtemperatur\* und des Austriebs aller Baumarten auf den Dauerbeobachtungsflächen in NRW | Frühjahr 2020



\* Mittelwert der Temperaturen von den Level-II-Flächen Kleve, Haard, Schwaney und Elberndorf (vgl. Kapitel 3 „Die Witterungs- und Bodenwasserverhältnisse bis zum Sommer 2020“)



Früh austreibende Stieleiche



Austrieb und Blüte der Esche

Im Vergleich zum Mittel der 20-jährigen Zeitreihe war der Austrieb bei der Buche im Jahr 2020 9 Tage, bei der Eiche 10 Tage und bei der Kiefer 3 Tage früher, während die Fichte 2 Tage später ausgetrieben hat (Tab. 2).

Während vor allem zwischen 2006 und 2018 der Austriebstermin jährlich stark schwankte, ist dieser Termin besonders bei Buche und Eiche zuletzt relativ konstant und in der Zeitreihe sehr früh. Der Trend zu einem früheren Austrieb setzt sich bei der Buche und der Eiche 2020 fort, während bei der Kiefer kein Trend zu erkennen ist und die Fichte tendenziell später austreibt (Abb. 2, S. 76). Die beiden Fichtenflächen am Velmerstot (Weserbergland) und in Elberndorf sind in diesem Sommer durch Borkenkäferbefall abgestorben, sodass die Zeitreihe für diese beiden Flächen hier endet. Durch Hinzunahme von zwei weiteren Fichtenflächen in der Eifel (Lammersdorf) und im Weserbergland (Kempen) im Jahr 2018 kann die Zeitreihe in beschränktem Maße fortgesetzt werden, da sich die Fichten dort in Bezug auf ihren Austrieb nicht grundsätzlich anders verhalten, als dies in Elberndorf und am Velmerstot der Fall war. Im Sauerland mit dem Hauptvorkommen der Fichte in Nordrhein-Westfalen fehlt allerdings jetzt eine Beobachtungsfläche.

TABELLE 2

### Mittlere Austriebstage 2020 im Vergleich zum 20-jährigen Mittel

Baumart <sup>1)</sup>	Buche	Eiche	Fichte	Kiefer
Mittel des mittleren Austriebstages <sup>2)</sup> 2001–2020	120	119	139	128
Mittlerer Austriebstag <sup>2)</sup> 2020	111	109	141	125
Differenz Anzahl Tage	9	10	-2	3

1) In der Zeitreihenbetrachtung sind nicht alle aktuell aufgenommenen Kollektive vertreten.

2) Kalendertag ab Jahresbeginn (110 = 20. April)

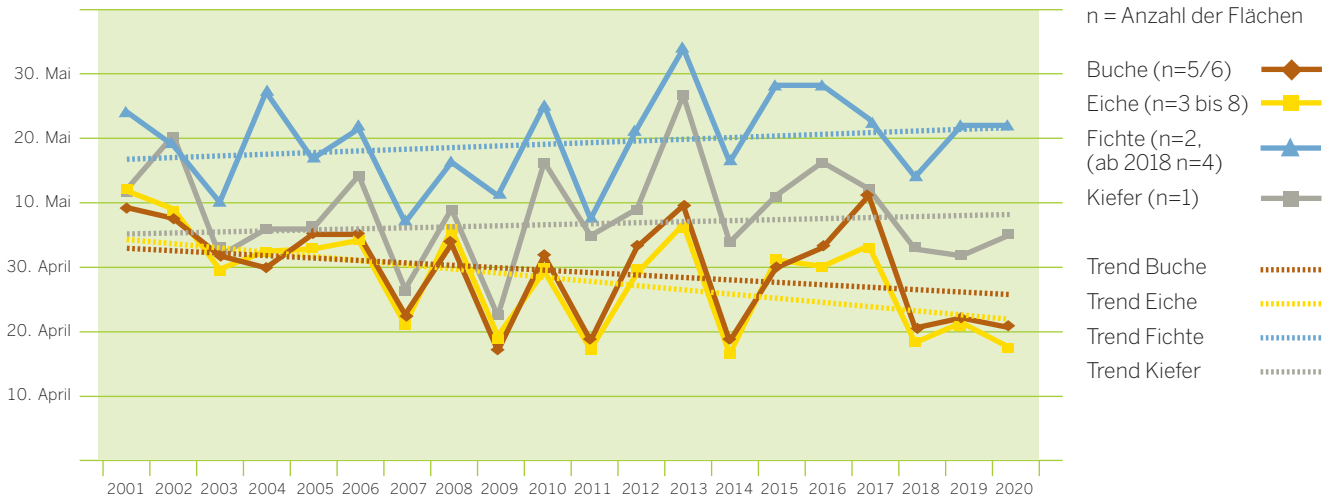


Spätfrost an Buchen nach frühem Blattaustrieb



ABBILDUNG 2

## Mittlerer Austriebstermin der Hauptbaumarten auf den Dauerbeobachtungsflächen | 2001 bis 2020



## VEGETATIONSZEIT

Die für den Wald relevante Vegetationszeit ist aus meteorologischer Sicht definiert als Zeitraum in Anzahl von Tagen mit einer Mitteltemperatur  $\geq 10$  °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 2020 noch nicht abgeschlossen, sodass die Zeitreihe hier nur bis zum Jahr 2019 betrachtet



Verfärbung und Blattabfall bei der Buche im August 2020

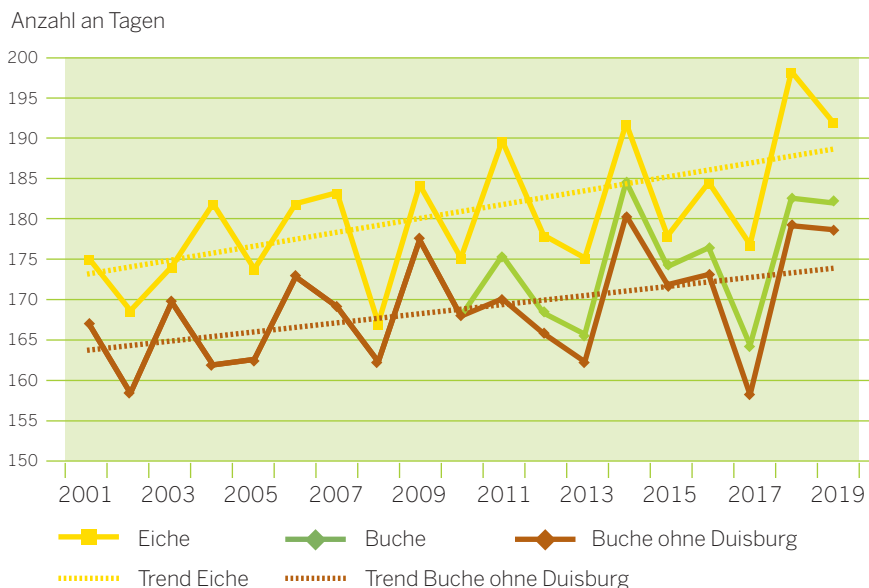
werden kann. Da auf der Buchenfläche in Duisburg erst 2011 mit den phänologischen Aufnahmen begonnen wurde und sich diese Fläche von den anderen Flächen durch ihren frühen Austrieb stark unterscheidet, wird sie bei Trendberechnungen vorerst noch ausgenommen. Der vorhandene Trend zu einer zunehmend längeren Vegetationszeit würde bei Hinzunahme dieser Fläche überzeichnet.

Im Zeitreihenverlauf hatte die Eiche mit einer Länge der Vegetationsperiode von 199 Tagen im Jahr 2018 ihren bisher höchsten Wert erreicht. Im Jahr 2019 war die Vegetationszeit zwar ca. 6 Tage kürzer, der Wert von 193 ist aber der zweithöchste im Beobachtungszeitraum. Der Trend der Vegetationszeitzunahme liegt bei der Eiche jetzt bei fast einem Tag pro Jahr. Auch bei der Buche war die Vegetationszeit 2019 etwas kürzer als 2018, wobei der Unterschied zu den bisher höchsten Werten in den Jahren 2014 und 2018 gering ist. Gegenüber dem Jahr 2018 hat sich der Trend zu einer längeren Vegetationszeit auch verstärkt. Er beträgt 2019 etwas mehr als einen halben Tag pro Jahr. Rechnet man diese Werte auf den Beobachtungszeitraum von 19 Jahren hoch, so bedeutet das, dass sich die Vegetationszeit bei der Buche um 11 Tage und bei der Eiche sogar um 17 Tage verlängert hat. Die Verlängerung der Vegetationszeit ist wesentlich stärker auf einen früheren Blattaustrieb als auf eine spätere herbstliche Verfärbung zurückzuführen. Eine längere Vegetationszeit führt dazu, dass auch der Wasserbedarf der Bäume steigt, was angesichts der letzten überdurchschnittlich warmen und trockenen Jahre zu einem erheblichen Stress der Bäume führen kann. Im Jahr 2020 hat insbesondere bei der Buche in exponierten Lagen der Hitzestress zu einem vorzeitigen Blattabfall bereits ab Mitte August geführt. Hier stellt sich dann die Frage nach dem Ende der Vegetationszeit aus anderem Blickwinkel ganz neu.



ABBILDUNG 3

### Länge der Vegetationsperiode auf den Buchen- und Eichen-Dauerbeobachtungsflächen | 2001 bis 2019



## BLÜTE UND FRUKTIFIKATION AUF DEN DAUERBEOBACHTUNGSFLÄCHEN 2020

Das Frühjahr 2020 war geprägt von einer mittleren bis starken Blüte der Waldbäume. Etwa 17 Prozent der untersuchten Bäume haben nicht und 30 Prozent der Bäume haben gering geblüht. Eine mittlere Blüte war bei 34 Prozent der Bäume festzustellen. Der Anteil von 19 Prozent bei den stark blühenden Bäumen ist besonders auf die Blüte der Fichte zurückzuführen.

Gegenüber dem Vorjahr war die Blüte bei der Buche und der Eiche und insbesondere bei der Fichte 2020 wesentlich stärker. Kaum Änderungen gab es bei der Kiefer, während bei der Douglasie im Gegensatz zu 2019 nur an wenigen Bäumen Blüten zu finden waren (Tab. 3, S. 79).



Männliche Blüte der Fichte



Weibliche Blüte der Fichte



Männliche Blüte der Kiefer



Weibliche Blüte der Kiefer

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. 4). Bei der Kiefer ist die aktuelle Anlage der Zapfen sehr unscheinbar. Die Zapfen entwickeln sich zu ihrer endgültigen Größe erst im Folgejahr. Die Fruktifikation wird bei der Kiefer deshalb anhand der im Sommer noch grünen Zapfen aus der Anlage des Vorjahres eingeschätzt. Die Blüte und die nachfolgende Fruktifikation führen zu Nährstoffverlagerungen im Baum, was zu Lasten der Blattmasse und der gesamten Vitalität der Bäume geht. In enger Folge auftretende Blüte- und Fruchtjahre wie nach 2018 jetzt bereits wieder 2020 führen im Zusammenhang mit Trockenheit und Insektenkalamitäten zu einer zunehmenden Verschlechterung des Waldzustandes. Die eng aufeinander folgenden Blütejahre sind vermutlich auf hohe Temperaturen zur Zeit der Knospenanlage für das nächste Jahr zurückzuführen.

TABELLE 3

Prozentuale Anteile der Bäume in den vier Intensitätsstufen der Blüte  
| 2019 und 2020

Baumart	0 = keine Blüte		1 = geringe Blüte		2 = mittlere Blüte		3 = starke Blüte	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Buche	67	17	19	27	11	39	3	17
Eiche	31	16	37	39	23	28	9	17
Fichte	85	5	15	25	0	35	0	35
Kiefer	0	0	37	30	50	47	13	23
Douglasie	30	94	37	3	30	3	3	0

TABELLE 4

Prozentuale Anteile der Bäume in den vier Intensitätsstufen der Fruktifikation  
| 2020

Baumart	0 = keine Fruktifikation	1 = geringe Fruktifikation	2 = mittlere Fruktifikation	3 = starke Fruktifikation
Buche	4	73	22	1
Eiche	44	54	2	0
Fichte	12	67	21	0
Kiefer	2	95	3	0
Douglasie	83	17	0	0

A photograph of a forest monitoring plot. In the foreground, a large tree trunk is marked with a white number '6' and a circular symbol. A measuring tape is wrapped around the trunk. To the left, a smaller tree trunk has a white number '20' marked on it. In the background, a wooden structure with a black cloth hanging from it is visible. The ground is covered with brown leaves and twigs. The forest floor is littered with fallen leaves and twigs. The trees are tall and thin, with green foliage. The sky is blue with some light clouds. The overall scene is a typical forest monitoring plot.

**WIRKUNGSFAKTOREN  
FÜR WALDVITALITÄT UND  
DAS FORSTLICHE  
UMWELTMONITORING**



Bereits seit der Debatte über das „Waldsterben“ und den „sauren Regen“ zu Beginn der 1980er-Jahre besteht ein großer Informationsbedarf zur Vitalität der Waldökosysteme. In Folge wurde das forstliche Umweltmonitoring (ForUm) ins Leben gerufen. In NRW werden im Rahmen dieses europaweit harmonisierten Monitorings seit über 35 Jahren der ökologische Zustand und die Entwicklung der Wälder erforscht. Die Monitoringaktivitäten finden 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 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 Vitalität der Waldökosysteme wird durch verschiedene Faktoren gesteuert (s. Abb. 1). Das forstliche Umweltmonitoring nimmt neben den Auswirkungen der Luftverunreinigungen auf Waldökosysteme heutzutage insbesondere auch die Auswirkungen des Klimawandels in den Fokus.

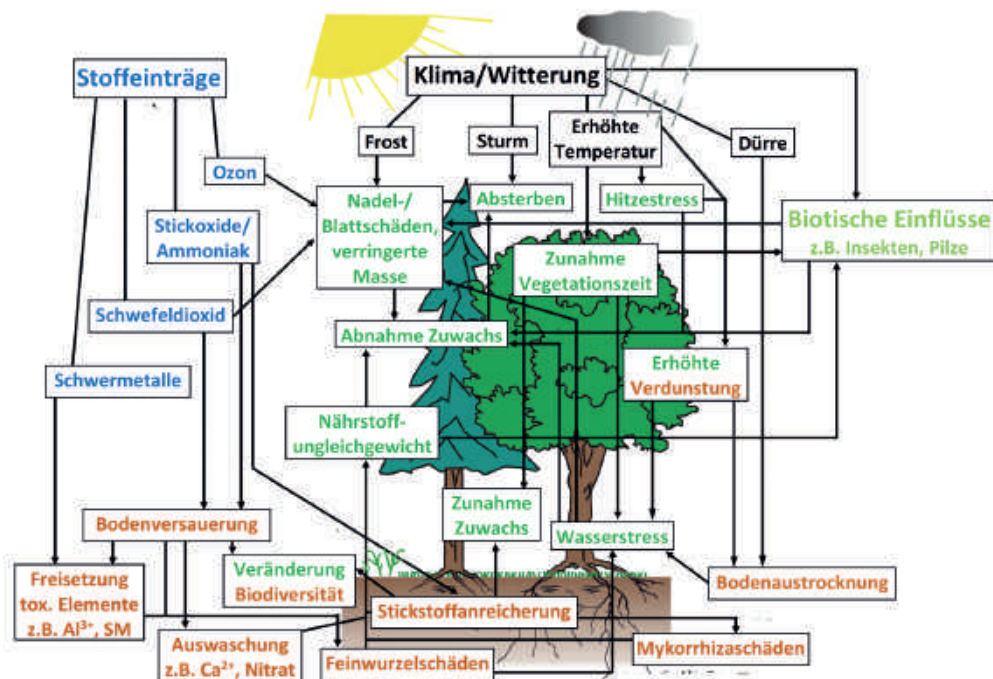
- Die übergeordneten Ziele des forstlichen Umweltmonitorings liegen in
- der Untersuchung des Status und der Entwicklung der erfassten Waldökosysteme und
  - der Analyse von Ursachen-Wirkungszusammenhängen.

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).

ABBILDUNG 1

### Schematische Darstellung der Ursachen-Wirkungsbeziehungen in einem Waldökosystem

Im Fall von zweifarbigter Beschriftung trifft die Wirkung sowohl auf das oberirdische (grün) als auch das unterirdischen (braun) Waldökosystem zu.



## LEVEL I

Das Level-I-Programm in NRW beinhaltet die Waldzustandserhebung (WZE), die immissionsökologische Waldzustandserhebung (IWE) und die Bodenzustandserhebung im Wald (BZE). Die Basis bildet ein systematisches 4 x 4-km-Stichprobenetz mit rund 550 Stichprobenpunkten (Abb. 2, S. 83). In diesem Raster sind die 16 x 16-km-Rasterpunkte des Bundes und des ICP Forests (40 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 stellt mit über 35 Jahren den ältesten Baustein des forstlichen Umweltmonitorings dar. Sie 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/Vergärbung von Nadeln/Blättern werden weitere Parameter wie die Fruchtbildung sowie biotische und abiotische Faktoren (z. B. Insektenbefall oder Sturmschäden) erhoben. Zusätzlich wird die Mortalität erfasst. Zur Qualitätssicherung werden u. a. 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. Sie ist eng mit der BZE verbunden. Untersucht werden Nadel-/Blattproben von den vier Hauptbaumarten (Eiche, Buche, Fichte, Kiefer). Die IWE wird seit 1988 in unregelmäßigen Zeitintervallen auf dem Basisraster 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 (z. B. Bodenversauerung, Stickstoffanreicherung, Schwermetallbelastung). Sie 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 wichtigen Beitrag zur Abschätzung der Kohlenstoffspeicherung in Waldökosystemen für die nationale Treibhausgasberichterstattung. Im Rahmen der BZE erfolgen Untersuchungen in den folgenden Bereichen:

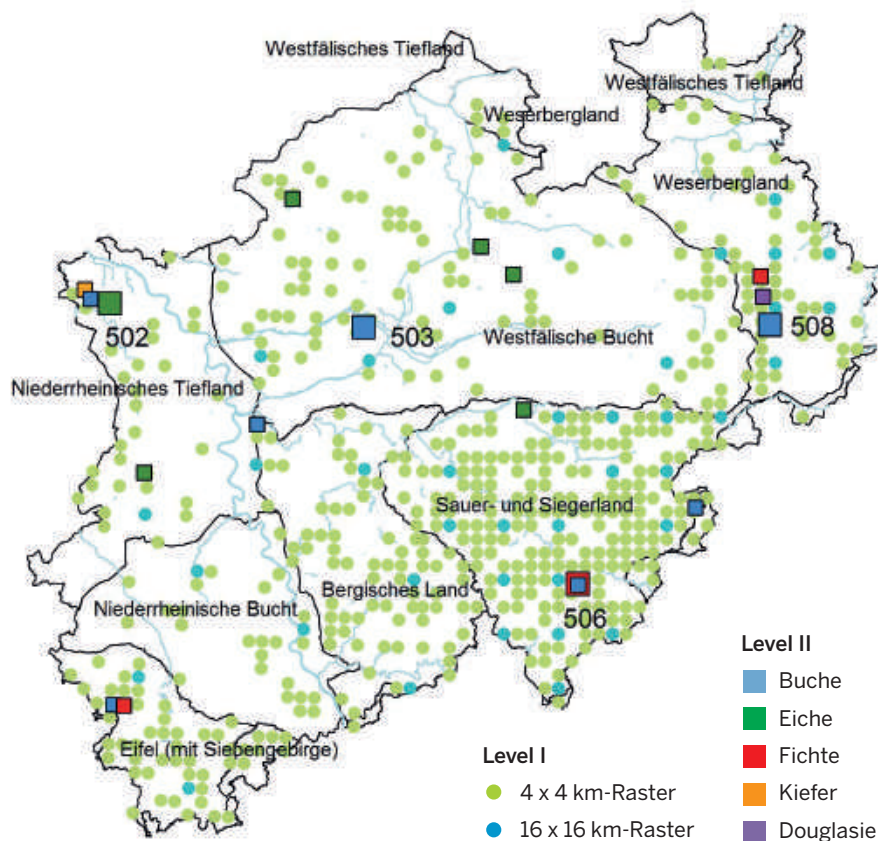
- Bodenkunde (Profilansprache, Bodenchemie und -physik der Humusaufgabe und des Mineralbodens)
- Waldernährung (Nadel-/Blattanalytik)
- Kronenzustand
- Bestockung (inkl. Totholz)
- Bodenvegetation

Die BZE wird periodisch alle 15 bis 20 Jahre durchgeführt. In NRW erfolgte die erste BZE (BZE I) zwischen 1989 und 1991 auf dem Basisraster (Abb. 2). Die erste Wiederholung (BZE II) fand zwischen 2006 und 2008 bundesweit auf dem nationalen 8 km x 8-km-Grundraster statt. In NRW wurde bei der BZE II im Tiefland und in der Egge auf das 4 km 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.

ABBILDUNG 2

### 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 feiert in diesem Jahr sein 25-jähriges Jubiläum und stellt somit den jüngsten Baustein des ForUm dar. Es zielt insbesondere auf die detaillierte Analyse der Wirkungsbeziehungen zwischen den Beobachtungsparametern und die dynamischen Prozesse im Waldökosystem. Das IM vertieft die Erhebungen und Erkenntnisse aus dem Level-I-Monitoring durch eine höhere zeitliche Auflösung und ein breiteres Erhebungsspektrum. Thematische Schwerpunkte bilden insbesondere atmosphärische Stoffeinträge und die Witterung. Die Ergebnisse des 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. 3, S. 85):

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

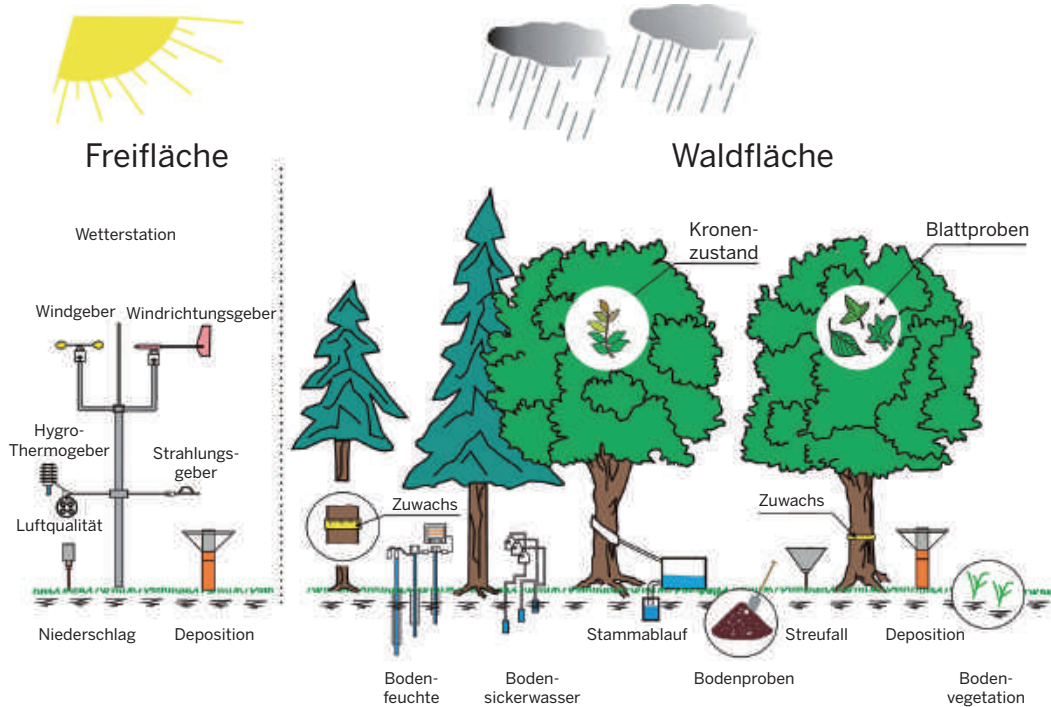


Depositionsmessung auf der Kalamitätsfläche neben der Level-II-Fläche Haard

Die Messrhythmen für die verschiedenen Parameter variieren zwischen täglich (z. B. Meteorologie, Wasserhaushalt) bis hin zu alle 10 Jahre (Bodenzustand). In NRW gibt es derzeit vier Flächen, auf denen das gesamte Level-II-Messprogramm seit 1995 durchgeführt wird (Kernflächen). (Abb. 2, S. 83) Sie gehören auch zu dem Programm des Bundes (§ 3 ForUmV) bzw. des ICP Forests. Die Kernflächen bestehen jeweils aus einer Bestandes- und einer Freifläche (Abb. 3). Daneben gibt es 14 Flächen (Abb. 2, S. 83), auf denen ein Teil des Messprogrammes durchgeführt wird. Die insgesamt 18 Dauerbeobachtungsflächen wurden nach regionalen und immissionsökologischen Kriterien ausgewählt. Die Flächen umfassen Bestände der vier Hauptbaumarten sowie einen Douglasienbestand. Die Untersuchungen auf den Flächen laufen z.T. bereits seit 1984. Das LANUV koordiniert die Umsetzung des IM in NRW. Die IM-Flächen sind eng mit den Bodendauerbeobachtungsflächen in NRW verknüpft, die sich in direkter Nachbarschaft befinden, jedoch nicht dem forstlichen Umweltmonitoring zugeordnet werden.

ABBILDUNG 3

Aufbau und Erhebungsparameter auf einer Level-II-Kernfläche des intensiven forstlichen Umweltmonitorings





Depositions- und Streufallmessung auf der Dauerbeobachtungsfläche Rott

## DAS FORSTLICHE UMWELTMONITORING – ZWISCHEN KLIMAWANDEL, EUTROPHIERUNG UND DEN SPÄTFOLGEN DER VERSAUERUNG

Die drei aufeinanderfolgenden Hitze- und Dürrejahre 2018 bis 2020 mit ihren dramatischen Folgen für den Wald in NRW betonen die auch nach über 35 Jahren fortwährende Aktualität und Relevanz des forstlichen Umweltmonitorings. Es liefert die Daten, um das Ausmaß der Effekte des Klimawandels zu quantifizieren, Ursache-Wirkungszusammenhänge zu verstehen und die zukünftigen Auswirkungen heutiger Handlungsoptionen abzuschätzen (siehe auch: Klimaanpassungsstrategie Wald NRW). Die intensiven Messungen und langen Zeitreihen erlauben es, die Wechselwirkungen mit anderen, weiterhin bestehenden, Umweltproblemen zu erfassen. Beispielsweise zeigen die Ergebnisse der BZE zwar eine beginnende Erholung der Oberböden von den Säureeinträgen des 20. Jahrhunderts, die Unterböden sind jedoch weiterhin versauert. Dies bedeutet zusätzlichen Stress für die Waldbäume in Zeiten des Klimawandels. Die anhaltende Eutrophierung durch hohe Stickstoffeinträge (Mittelwert der Messungen auf IM-Flächen 2003–2018:  $20 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ) wirkt sich gemeinsam mit dem Klimawandel auf die Zusammensetzung der Bodenvegetation aus und führt vermehrt zu Nährstoffungleichgewichten in den Waldbäumen (vgl. Abb. 1, S. 81). Diese zunehmende Dynamik in unseren Waldökosystemen unterstreicht die Bedeutung des forstlichen Umweltmonitorings als Informationsquelle und Feedback-Instrument für Politikmaßnahmen.

# WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN

- Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen: Untersuchungen zum Wald  
[www.umwelt.nrw.de/naturschutz/wald/untersuchungen-zum-wald/](http://www.umwelt.nrw.de/naturschutz/wald/untersuchungen-zum-wald/)
- Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW: Wald und Klima  
[www.umwelt.nrw.de/naturschutz/wald/wald-und-klima/](http://www.umwelt.nrw.de/naturschutz/wald/wald-und-klima/)
- Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW: Waldinformationen/Karten  
[www.waldinfo.nrw.de/waldinfo.html](http://www.waldinfo.nrw.de/waldinfo.html)
- Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW: Wald und Waldmanagement im Klimawandel - Anpassungsstrategie für Nordrhein-Westfalen (2015)  
[www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/Klimaanpassungsstrategie\\_Wald\\_NRW.pdf](http://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/Klimaanpassungsstrategie_Wald_NRW.pdf)
- Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW: Waldbaukonzept Nordrhein-Westfalen  
[www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/waldbaukonzept\\_nrw.pdf](http://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/waldbaukonzept_nrw.pdf)
- Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW: Waldbewirtschaftung  
[www.umwelt.nrw.de/naturschutz/wald/waldbewirtschaftung/](http://www.umwelt.nrw.de/naturschutz/wald/waldbewirtschaftung/)
  
- Geologischer Dienst NRW: Onlinedienste – Geodaten und Karten im Web  
[www.gd.nrw.de/pr\\_od.htm](http://www.gd.nrw.de/pr_od.htm)
  
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: Klimaatlas Nordrhein-Westfalen  
[www.klimaatlas.nrw.de](http://www.klimaatlas.nrw.de)
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: FIS Klimaanpassung NRW  
[www.lanuv.nrw.de/klima/klimaanpassung-in-nrw/fis-klimaanpassung-nordrhein-westfalen](http://www.lanuv.nrw.de/klima/klimaanpassung-in-nrw/fis-klimaanpassung-nordrhein-westfalen)
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: Forstliches Umweltmonitoring  
[www.lanuv.nrw.de/natur/forstliches-umweltmonitoring/](http://www.lanuv.nrw.de/natur/forstliches-umweltmonitoring/)
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: Wald und Klima in Nordrhein-Westfalen – Ein Beitrag zum Landeswaldbericht (2018)  
[www.lanuv.nrw.de/klima/service/veroeffentlichungen](http://www.lanuv.nrw.de/klima/service/veroeffentlichungen)
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: Klimawandel und Klimafolgen in Nordrhein-Westfalen – Ergebnisse aus den Monitoringprogrammen 2016  
[www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3\\_fachberichte/fabe74.pdf](http://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/fabe74.pdf)
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: Klimafolgenmonitoring  
[www.lanuv.nrw.de/kfm-indikatoren/](http://www.lanuv.nrw.de/kfm-indikatoren/)
  
- Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen: Waldschutzmanagement  
[www.wald-und-holz.nrw.de/ueber-uns/forschung/waldschutzmanagement/](http://www.wald-und-holz.nrw.de/ueber-uns/forschung/waldschutzmanagement/)
- Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen: Borkenkäfermonitoring  
[www.wald-und-holz.nrw.de/ueber-uns/forschung/borkenkaefermonitoring/](http://www.wald-und-holz.nrw.de/ueber-uns/forschung/borkenkaefermonitoring/)
- Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen: Waldzustand/Waldzustandsberichte  
[www.wald-und-holz.nrw.de/wald-in-nrw/waldzustand/](http://www.wald-und-holz.nrw.de/wald-in-nrw/waldzustand/)

- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Wald in Deutschland  
[www.bmel.de/DE/Wald-Fischerei/Forst-Holzwirtschaft/Zustandserhebungen/InventurenErhebungen-node.html](http://www.bmel.de/DE/Wald-Fischerei/Forst-Holzwirtschaft/Zustandserhebungen/InventurenErhebungen-node.html)
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Waldzustandserhebung Deutschland  
[www.bmel.de/DE/themen/wald/wald-in-deutschland/waldzustandserhebung.html](http://www.bmel.de/DE/themen/wald/wald-in-deutschland/waldzustandserhebung.html)
  
- Johann Heinrich von Thünen-Institut für Waldökosysteme  
[www.thuenen.de/de/wo/arbeitsbereiche/](http://www.thuenen.de/de/wo/arbeitsbereiche/)
  
- Deutscher Wetterdienst (DWD): Wetter und Klima im Überblick  
[www.dwd.de/DE/Home/home\\_node.html](http://www.dwd.de/DE/Home/home_node.html)
- Deutscher Wetterdienst (DWD): Deutscher Klimaatlas  
[www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas\\_node.html](http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html)
- Deutscher Wetterdienst (DWD): Waldbrandgefahrenindex  
[www.dwd.de/DE/leistungen/waldbrandgef/waldbrandgef.html](http://www.dwd.de/DE/leistungen/waldbrandgef/waldbrandgef.html)
  
- International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (ICP Forests): Informations on Forests in Europe  
<http://icp-forests.net/>



# ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS

## DIE VITALITÄT DER BAUMKRONEN 2020

Tab. 1: Kronenverlichtung in Stufen	15	Abb. 21: Mittlerer Nadel-/Blattverlust bei Kiefern   1985 bis 2020	35
Abb. 1: Prozentuale Verteilung der Kronenverlichtung, gemittelt über alle Baumarten 2020	15	Abb. 22: Entwicklung der Kronenverlichtung bei Kiefern   1984 bis 2020	36
Abb. 2: Entwicklung des Kronenzustandes aller Baumarten   1984 bis 2020	16	<b>EXKURS: ALTERSKORRIGIERTE RAUM-ZEIT-ENTWICKLUNG DER KRONENVERLICHTUNG</b>	
Abb. 3: Mittlerer Nadel-/Blattverlust aller Baumarten	17	Abb. 1: Baumartenspezifische Abhängigkeit der Kronenverlichtung vom Baumalter	37
Abb. 4: Mittlerer Nadel-/Blattverlust, getrennt nach Baumarten	17	Tab. 1: Einfluss des Alterseffektes auf die zeitliche Entwicklung der Kronenverlichtung der Hauptbaumarten	38
Abb. 5: Absterberaten aller Baumarten   2020	19	Abb. 2: Zeitliche Entwicklung der Kronenverlichtung der Fichte   1985 bis 2020	39
Abb. 6: Absterberaten aller Baumarten   1985 bis 2020	19	Abb. 3: Modellierte Kronenverlichtung für die Hauptbaumarten (Eiche, Buche, Fichte, Kiefer)   2017 bis 2020	41
Tab. 2: Schadstufen je Baumartengruppe   2020	20	<b>DIE WITTERUNGS- UND BODENWASSER-VERHÄLTNISSE 2020</b>	
Abb. 7: Verteilung der Nadel-/Blattverluste bei den Hauptbaumarten in 5-%-Stufen   2020	21	Abb. 1: Zeitverlauf der mittleren Temperatur der Monate April bis August   1881–2020	45
Abb. 8: Entwicklung der Kronenverlichtung bei Eichen   1984 bis 2020	23	Abb. 2: Zeitverlauf der mittleren Niederschlagsmenge der Monate April bis August   1881–2020	45
Abb. 9: Mittlerer Blattverlust bei Eichen   1985 bis 2020	24	Abb. 3: Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer   September 2019 bis August 2020	46
Abb. 10: Fruktifikation bei Eichen   2000 bis 2020	24	Abb. 4: Regionale Temperaturabweichungen   April bis August 2020	48
Abb. 11: Blattfraß bei Eichen   2011 bis 2020	25	Abb. 5: Regionale Niederschlagsabweichungen   April bis August 2020	48
Abb. 12: Entwicklung der Kronenverlichtung bei Buchen   1984 bis 2020	27	Abb. 6a: Monatliche Niederschlagssummen und mittlerer Temperaturverlauf   Level-II-Fläche Elberndorf   2018 bis August 2020	50
Abb. 13: Mittlerer Nadel-/Blattverlust bei Buchen   1985 bis 2020	28	Abb. 6b: Monatliche Niederschlagssummen und mittlerer Temperaturverlauf   Level-II-Fläche Schwaney   2018 bis August 2020	50
Abb. 14: Intensität der Fruchtbildung und mittlerer Nadel-/Blattverlust bei Buchen   2000 bis 2020	29	Abb. 7: Tage mit Tagesmitteltemperaturen größer oder gleich 10 °C und Tagesmaximaltemperaturen größer oder gleich 20 °C bzw. 35 °C   Level-II-Fläche Haard   1996 bis 2020 (bis 12.09.2020)	51
Abb. 15: Befall Buchenspringrüssler   2011 bis 2020	30	Tab. 1: Ausgewählte Eigenschaften   vier nordrhein-westfälische Level-II-Flächen	52
Abb. 16: Blattrollen bei Buchen   2011 bis 2020	30		
Abb. 17: Mittlerer Nadel-/Blattverlust bei Fichten   1985 bis 2020	33		
Abb. 18: Entwicklung der Kronenverlichtung bei Fichten   1984 bis 2020	32		
Abb. 19: Borkenkäferbefall bei Fichten   2011 bis 2020	34		
Abb. 20: Intensität der Fruchtbildung bei Fichten   2000 bis 2020	34		

Abb. 8: Aktueller Bodenwasservorrat in 0 bis 90 cm Tiefe   exemplarisch für zwei Level-II-Flächen   2018 bis 2020	54
Abb. 9: Summe der Transpirationsdifferenz von April bis August   Level-II-Fläche Elberndorf   2002 bis 2020	56
Abb. 10: Standörtliche Klassifizierung des Wasserhaushaltes in NRW nach FSK50	57
Abb. 11: Ausschnitt der Dürreempfindlichkeitskarte von Waldstandorten auf der Basis der FSK50	58

### WALDSCHÄDEN 2020 DURCH FICHTENBORKENKÄFER, BUCHENTROCKNIS UND WALDBRÄNDE

Abb. 1: Anzahl rindenüberwinternder Buchdrucker an sechs Käferbefallsflächen je ha   Winter 2019/2020	61
Abb. 2: Borkenkäfermonitoring   Wochenfangzahlen   Kirchhundem   2020	61
Abb. 3: Wöchentliche Buchdruckerfangzahlen des Borkenkäfermonitorings   2019 und 2020	62
Abb. 4: Schadholzmengen durch Sturm und Käfer an der Fichte   2018 bis September 2020	64
Abb. 5: Fichtenborkenkäfer-Schadmengen   Sommer 2018 bis September 2020	64
Tab. 1: Beispielhafte Auswertung der aus Fernerkundungsverfahren abgeleiteten Kalamitätsflächen   bis Juni 2020	67
Abb. 6: Buchen-Schadholzmengen   Sommer 2018 bis September 2020	69

### PHÄNOLOGISCHE BEOBACHTUNGEN AN WALDBÄUMEN 2020

Tab. 1: Anzahl der Dauerbeobachtungsflächen und der Untersuchungsbäume	72
Abb. 1: Mittlerer Verlauf der Tagesmaximumtemperatur und des Austriebs aller Baumarten auf den Dauerbeobachtungsflächen in NRW   Frühjahr 2020	74
Tab. 2: Mittlere Austriebstage 2020 im Vergleich zum 20-jährigen Mittel	75
Abb. 2: Mittlerer Austriebstermin der Hauptbaumarten auf den Dauerbeobachtungsflächen   2001 bis 2020	76
Abb. 3: Länge der Vegetationsperiode auf den Buchen- und Eichen-Dauerbeobachtungsflächen   2001 bis 2019	77
Tab. 3: Prozentuale Anteile der Bäume in den vier Intensitätsstufen der Blüte   2019 und 2020	79
Tab. 4: Prozentuale Anteile der Bäume in den vier Intensitätsstufen der Fruktifikation   2020	79

### WIRKUNGSFAKTOREN FÜR WALDVITALITÄT UND DAS FORSTLICHE UMWELTMONITORING

Abb. 1: Schematische Darstellung der Ursachen-Wirkungsbeziehungen in einem Waldökosystem	81
Abb. 2: Systematisches Stichprobennetz (Level I) und Dauerbeobachtungsflächen (Level II) des forstlichen Umweltmonitorings	83
Abb. 3: Aufbau und Erhebungsparameter auf einer Level-II-Kernfläche des intensiven forstlichen Umweltmonitorings	85

# IMPRESSUM

## Herausgeber

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen  
Referat 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  
Fachbereich V – Zentrum für Wald- und Holzwirtschaft,  
Team 4 – Waldplanung, Sachgebiet 42 – Großrauminventuren

## Fachtexte

Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen:  
Johannes Bürvenich  
Norbert Geisthoff  
Lutz Jaschke  
Johannes Kuhlmann  
Dr. Berthold Mertens  
Dr. Mathias Niesar

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

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

## Fotonachweis

Dominik Bickschäfer: 70 (oben); Dr. Nadine Eickenscheidt: S. 5, (oben links, unten links, Mitte, oben rechts), 9, 12, 38, 42, 43, 47, 49, 52, 53, 80, 84, 86; Norbert Geisthoff: S. 63, 69; Christoph Hentschel: S. 10, 59, 65, 70 (unten); iStock: S. 3, 7; Anke Jacob: S. 4; MULNV NRW / Dr. Thorsten Mrosek: S. 1; Team Waldplanung Landesbetrieb Wald und Holz: S. 7, 13, 18, 21, 22, 25, 27, 28, 29, 33, 36; Christoph Ziegler: S. 5 (unten rechts), 11, 71, 73, 74, 75, 76, 78

## Abbildungsnachweis

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

## Gestaltung

setz it. Richert GmbH, Sankt Augustin, [www.setzit.de](http://www.setzit.de)

## Stand

November 2020



[umwelt.nrw.de](http://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](mailto:poststelle@mulnv.nrw.de)