



Foto: NW-FVA

Abb. 1: Herbstverfärbung im Juli 2018

Die extreme Trockenheit 2018 in Nordwestdeutschland, Teil 1

Das Jahr 2018 wird aufgrund der extremen Trockenheit in Erinnerung bleiben. Von April bis in den Oktober wurden überdurchschnittlich hohe Temperaturen und gleichzeitig sehr geringe Niederschlagsmengen gemessen. Dies hatte in großen Teilen Deutschlands eine ausgeprägte Dürre zur Folge. Ernteausfälle in der Landwirtschaft, überdurchschnittlich viele Waldbrände und Rekordniedrigwasserstände in den Flüssen sind nur einige Beispiele, die zeigen, welche enormen Auswirkungen die Trockenheit auf die Umwelt hatte. In diesem Beitrag werden das Ausmaß der Trockenheit und die Folgen für die Vitalitätsparameter der Waldbäume in Nordwestdeutschland dargestellt.

*Johannes Suttmöller, Inge Dammann,
Markus Wagner, Birte Scheler, Uwe Paar,
Henning Meeseburg, Johannes Eichhorn*

Wie lässt sich die Witterung 2018 langfristig einordnen? Hierzu erfolgt ein Vergleich mit ähnlich markanten Trockenperioden der Jahre 1976 und 2003. Zur Einordnung der drei Trockenperioden wurde das pflanzenverfügbare Bodenwasserangebot (s. Kasten „Begriffserklärungen“) zu Beginn der Vegetationszeit sowie ein mögliches Wasserdefizit während der Vegetationszeit für die Waldflächen der Länder Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein berechnet. Für Wälder ist das Risiko für Trockenschäden und Wachstumseinbußen hoch, wenn Wasserstress bereits

frühzeitig in der Vegetationszeit auftritt. Wesentliche physiologische Abläufe wie die Blattentfaltung, Blüte oder das Höhen- und Durchmesserwachstum erfolgen im Wesentlichen von April/Mai bis Juli [10].

Anhand der Befunde aus der Waldzustandserhebung werden die unmittelbaren Reaktionen verschiedener Baumarten auf die Trockenheit vorgestellt. Neben dem relativ unspezifischen Merkmal der Kronenverlichtung werden dabei auch die trockenstressspezifischen Merkmale eingerollte Blätter, vorzeitige Herbstverfärbung (Abb. 1) und vorzeitiger Blattfall betrachtet. Die Auswirkungen der Trockenheit 2018 auf die Bodenfeuchte und das Baumwachstum werden in einem weiteren Artikel in diesem Heft (S. 47) aufgezeigt.

Schneller Überblick

- Die extreme Trockenheit 2018 ist im Vergleich mit anderen Trockenperioden in Nordwestdeutschland als außergewöhnliches Ereignis zu bezeichnen
- Die WZE dokumentiert die unmittelbare Reaktion der Bäume auf die Trockenheit
- Die Trockenstressreaktion der Laubbäume in Sachsen-Anhalt war besonders auffällig
- Infolge der gut gefüllten Bodenwasserspeicher waren die Auswirkungen der Dürre auf Vitalitätsparameter der Bäume erst ab Juli zu beobachten

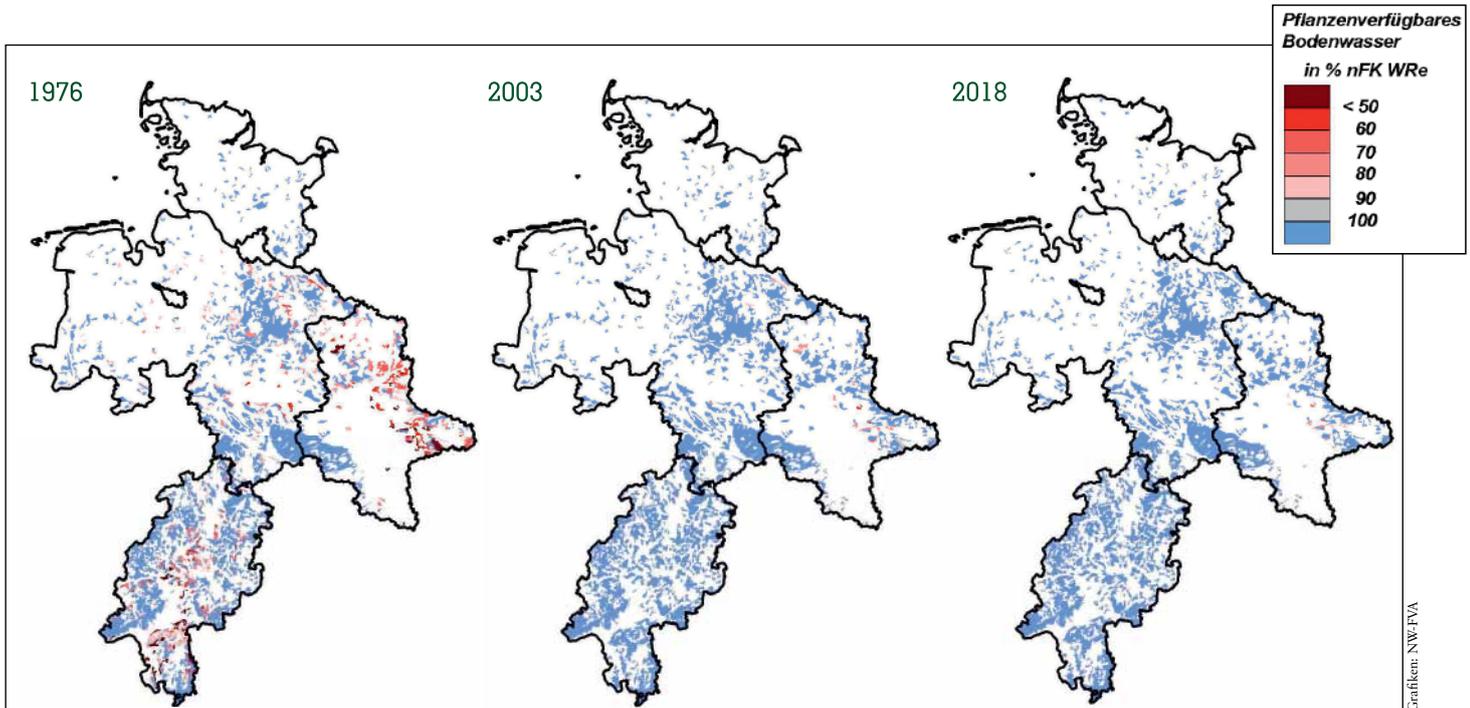


Abb. 2: Pflanzenverfügbares Bodenwasser (in % der nFK WRe) zu Beginn der Vegetationszeit (1. April des jeweiligen Jahres), 1976 (l.), 2003 (M.) und 2018 (r.) in Nordwestdeutschland. Rötliche Signaturen zeigen Defizite nach der winterlichen Auffüllung der Böden an.

Entwicklung der Trockenheit in den Jahren 1976, 2003, 2018

Die Auffüllung des Bodenwasserspeichers erfolgt vornehmlich in der Nichtvegetationszeit. Zu Beginn der Vegetationszeit im April 2018 war der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher fast aller Waldböden vollständig aufgefüllt (Abb. 2). Nur für wenige Standorte im östlichen Sachsen-Anhalt mit einer besonders hohen nFK WRe wurde keine vollständige Auffüllung des pflanzenverfügbaren Bodenwasserspeichers berechnet. Im Jahr 2003 stellte sich die Situation ähnlich dar. 1976 waren dagegen im Mittel

der vier Länder die Niederschläge in der Nichtvegetationszeit für 21 % der Waldböden zu gering, um den pflanzenverfügbaren Bodenwasserspeicher aufzufüllen. Dies betraf zahlreiche Standorte im östlichen Sachsen-Anhalt und im mittleren und südlichen Hessen (Vogelsberg, Wetterau, Rhein-Main-Gebiet). Hier wurde der Wert für die nFK WRe teilweise nicht einmal zu 50 % erreicht (Abb. 2), sodass es frühzeitig in der Vegetationszeit zu Trockenstress und nachfolgend zu Wachstumseinbußen sowie einer verminderten Vitalität der Bäume kam. Außerdem starben ungewöhnlich viele Bäume ab [1, 6].

Hessen

Die KWB in der Nichtvegetationszeit lag sowohl 2002/03 als auch 2017/18 in Hessen landesweit über den Werten der nFK WRe von 93 mm, sodass der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher aufgefüllt war (vgl. Abb. 3, Hessen). 1976 hingegen erreichte der Niederschlagsüberschuss nur etwa 60 % der üblichen Werte, sodass der berechnete Wert für das pflanzenverfügbare Bodenwasserangebot im Landesmittel aller Waldflächen nur 81 mm betrug.

In allen drei Jahren war der Sommer trocken und heiß. Dadurch wurde in

Begriffserklärungen

- Die **Klimatische Wasserbilanz (KWB)** kennzeichnet den Überschuss oder das Defizit des gefallenen Niederschlags gegenüber potenziellen Verdunstungsverlusten. Nach FAO-Norm wird die KWB für eine einheitliche Grasbedeckung berechnet. Untersuchungen zeigen, dass die Vegetationsform Wald mehr verdunstet als die Vegetationsform Gras [3]. Deshalb wurden bei den Berechnungen der KWB für Wälder pauschal 50 mm abgezogen.
- Die **nutzbare Feldkapazität für den effektiven Wurzelraum (nFK WRe)** ist die Differenz zwischen dem Wassergehalt bei Feldkapazität und dem permanenten Welkepunkt. Die nFK WRe hängt maßgeblich von der Textur, der Lagerungsdichte und dem Humusgehalt des Bodens sowie der Durchwurzelungstiefe ab. Für alle vier Bundes-

länder wird als Informationsgrundlage für die nFK WRe die Bodenübersichtskarte für Wald verwendet (Maßstab 1:1.000.000, BGR 2007 [2]).

- Das **pflanzenverfügbare Bodenwasserangebot** zu Beginn der Vegetationszeit leitet sich aus der KWB der Nichtvegetationszeit und der nFK WRe ab. Der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher gilt als vollständig aufgefüllt, wenn die KWB in der Nichtvegetationszeit größer als die nFK WRe ist. In diesem Fall entspricht das pflanzenverfügbare Bodenwasserangebot der nFK WRe, ansonsten dem Wert der KWB in der Nichtvegetationszeit. Der Bodenwasserspeicher wird im Laufe der Vegetationszeit geleert und damit das **pflanzenverfügbare Bodenwasserangebot** verringert. Folglich kann die reale Verdunstung der Pflanzen, die nur

bei optimaler Wasserversorgung der potenziellen Verdunstung entspricht, nicht mehr vollständig aus dem Bodenwasserspeicher gedeckt werden, sodass ein mehr oder weniger hohes **Wasserdefizit** entsteht. Die Höhe des Wasserdefizits ist ein Maß für die Differenz zwischen realer und potenzieller Verdunstung und kann zur Bewertung einer Trockenperiode herangezogen werden.

- **Vegetationszeit** bzw. **Nichtvegetationszeit**: Die forstliche Vegetationszeit umfasst üblicherweise die Monate Mai bis September. Da im Jahr 2018 der Blatt- und Nadelaustrieb bereits Anfang April erfolgte, wurde für diese Auswertung die Dauer der Vegetationszeit auf April bis September festgelegt. Die Nichtvegetationszeit ist die Periode von Oktober des Vorjahres bis Ende März.

der gesamten Vegetationszeit durch die Bäume wesentlich mehr Wasser verdunstet als im langjährigen Mittel der Referenzperiode 1961 bis 1990. Im langjährigen Mittel liegt das Wasserdefizit zum Ende der Vegetationszeit (1. Oktober) bei rund 50 mm. Demgegenüber erreichte dieses Defizit in den Jahren 1976, 2003 und 2018 Werte zwischen 250 mm bis knapp 400 mm und veranschaulicht damit die außerordentliche Trockenheit dieser Jahre. Die Dürreperioden von 1976 und 2018 sind dabei in Hessen stärker ausgefallen und umfassten größere Landesteile als diejenige im Jahr 2003. Besonders in den Regionen Hessisches Ried, Wetterau sowie in den Ausläufern des Vogelsberges war die Trockenheit im Jahr 1976 noch stärker ausgeprägt als 2018.

Niedersachsen

In Niedersachsen ist der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher der Wälder zu Beginn der Vegetationszeit im langjährigen Mittel mit 120 mm (nFK WRe) landesweit

gut gefüllt (vgl. Abb. 3, Niedersachsen). Dies trifft auch auf die Jahre 2003 und 2018 zu. Dagegen war der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher auf einigen Waldstandorten zu Beginn der Vegetationszeit im Jahr 1976 nicht gänzlich aufgefüllt. Dies betraf vornehmlich Standorte im Harzvorland mit einer hohen nFK WRe. 2018 verlief die Austrocknung der Böden in der Vegetationszeit aufgrund des rekordwarmen April und Mai bei gleichzeitig geringen Niederschlägen besonders schnell, sodass bereits im Juni auf vielen Standorten ein Wasserdefizit eintrat. Im langjährigen Mittel der Waldstandorte in Niedersachsen wird erst für September ein geringes Wasserdefizit von rund 20 mm berechnet. Im Jahr 1976 war der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher im Juli, 2003 im August aufgebraucht. Zum Ende der Vegetationszeit 2018 betrug das Wasserdefizit mehr als 300 mm, sodass die Dürre 2018 für die Wälder in Niedersachsen in ihrem Ausmaß als außergewöhnliches Ereignis zu bezeichnen ist.

Sachsen-Anhalt

In Sachsen-Anhalt ist im Mittel der Periode 1961 bis 1990 die nFK WRe in Höhe von 125 mm zu Beginn der Vegetationszeit nur zu rund 90 % aufgefüllt (vgl. Abb. 3, Sachsen-Anhalt). Im Jahr 1976 entsprach die KWB im Mittel aller Waldstandorte nur 80 % der nFK WRe. Im Jahr 2018 wurden knapp 90 % erreicht. Die Nichtvegetationszeit 2002/2003 war dagegen in Sachsen-Anhalt so niederschlagsreich, dass der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher nahezu aller Waldböden aufgefüllt war.

Infolge der sehr warmen und trockenen Monate April und Mai 2018 ergab sich bereits Anfang Juni ein Wasserdefizit von knapp 50 mm. Im langjährigen Mittel (1961 bis 1990) tritt dies erst im August auf; in den Jahren 1976 und 2003 wurde für den Juli ein Defizit berechnet. Zum Ende der Vegetationszeit 2018 fiel das Defizit mit knapp 500 mm um mehr als 100 mm höher aus als in den Jahren 1976 und 2003. Die Dürre 2018 kann in

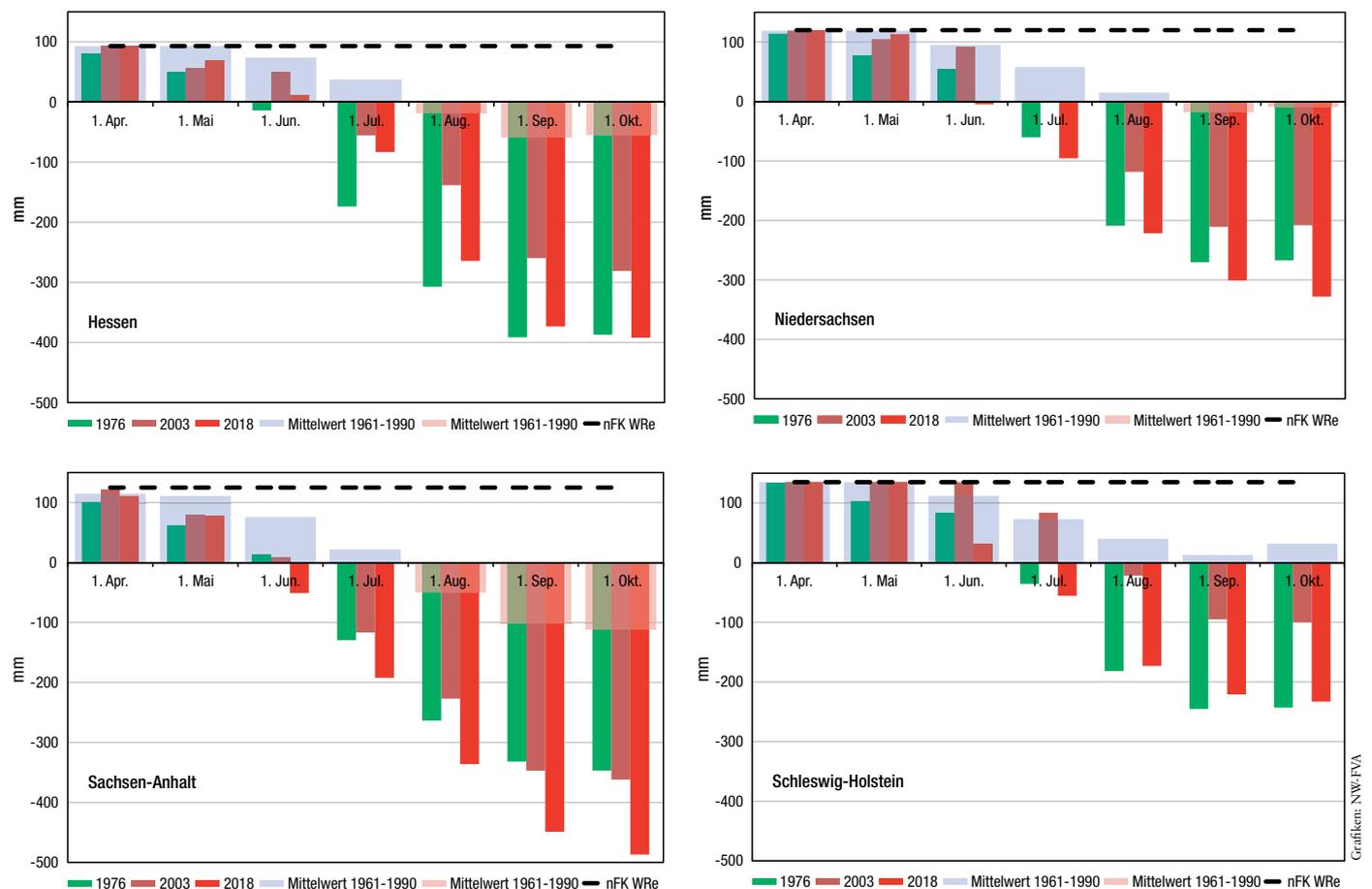


Abb. 3: Mittleres monatliches Wasserangebot bzw. mittleres monatliches Wasserdefizit in mm in den Jahren 1976, 2003 und 2018 für Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein. Zum Vergleich sind das Wasserangebot und das Wasserdefizit für das Mittel der Periode 1961 bis 1990 und die mittlere nFK WRe angegeben.

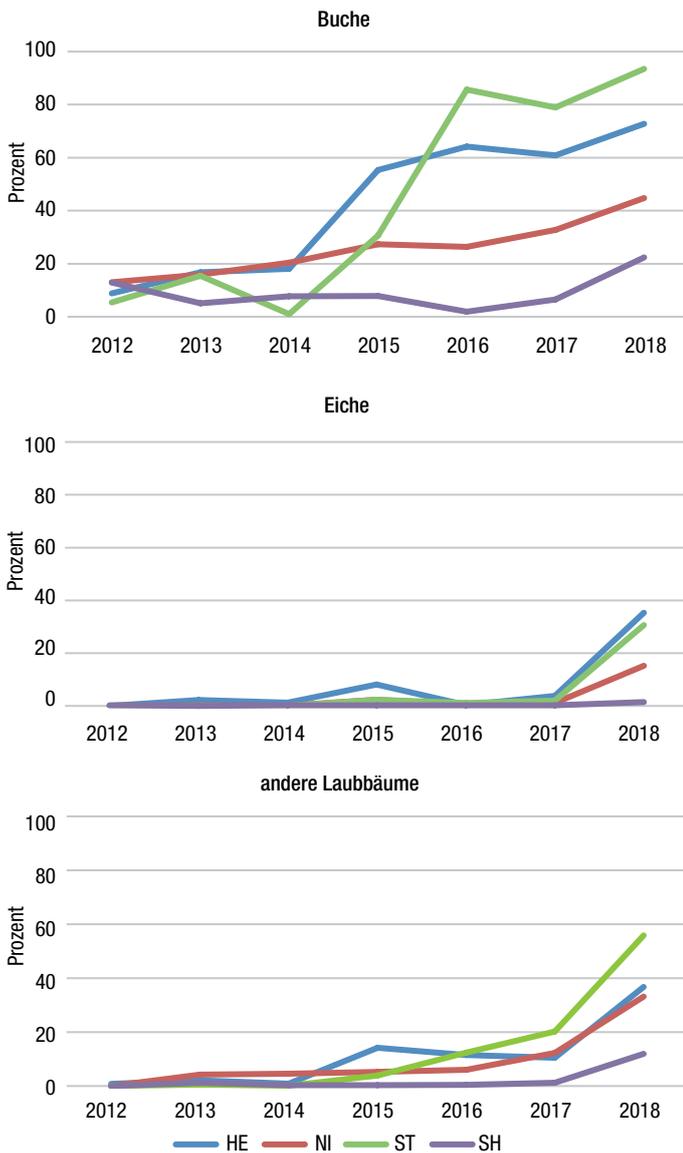


Abb. 4: Prozentualer Anteil an Buchen, Eichen und anderen Laubbaumarten mit eingerollten Blättern im Juli/August 2012 bis 2018 (Waldzustandserhebung Hessen (HE), Niedersachsen (NI), Sachsen-Anhalt (ST) und Schleswig-Holstein (SH))

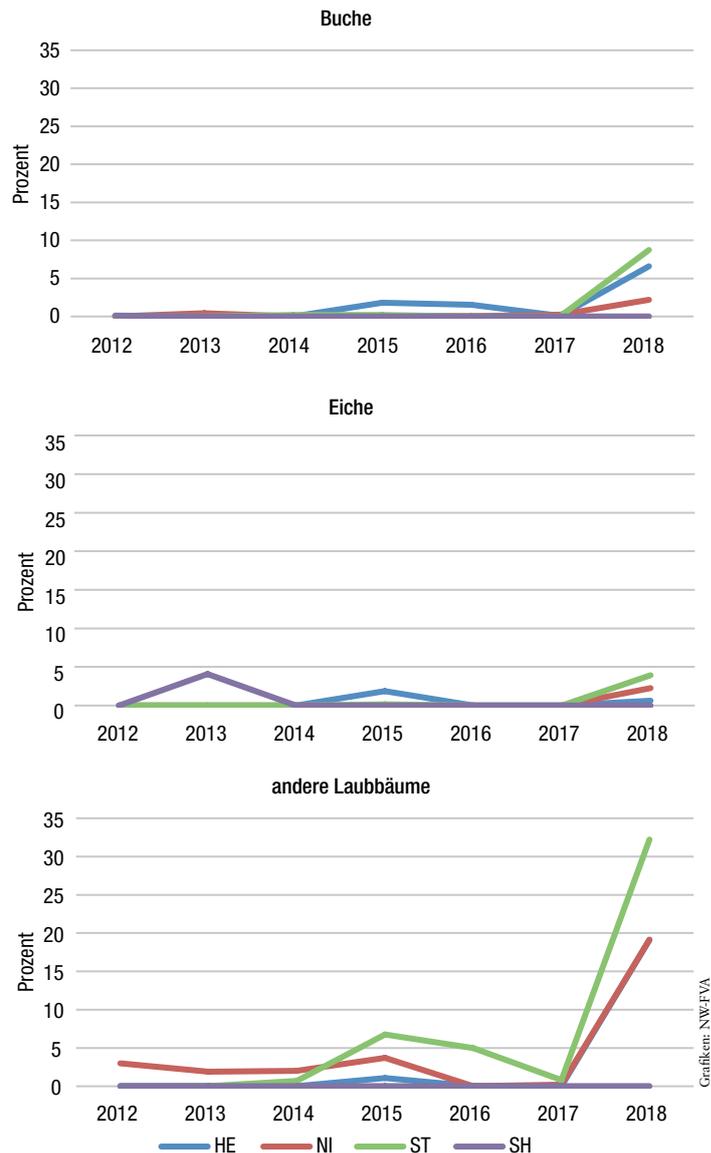


Abb. 5: Prozentualer Anteil an Buchen, Eichen und anderen Laubbaumarten mit vorzeitigem Blattabfall im Juli/August 2012 bis 2018 (Waldzustandserhebung Hessen (HE), Niedersachsen (NI), Sachsen-Anhalt (ST) und Schleswig-Holstein (SH))

Sachsen-Anhalt damit als eine der stärksten Trockenperioden der letzten 50 Jahre bezeichnet werden.

Schleswig-Holstein

Vergleichbar mit Niedersachsen wird der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher der Waldböden in Schleswig-Holstein während der Nichtvegetationszeit im langjährigen Durchschnitt vollständig aufgefüllt (vgl. Abb. 3, Schleswig-Holstein). Während der Trockenperioden 1976 und 2018 wird im Juli ein Wasserdefizit berechnet, das bis zum Ende der Vegetationszeit auf 220 mm bzw. knapp 250 mm ansteigt. Die Trockenperioden der Jahre 1976 und 2018 sind somit auch für Schleswig-Holstein als seltene und bedeutsame

Ereignisse einzustufen. Die Trockenheit im Jahr 2003 fiel in Schleswig-Holstein dagegen moderater aus.

Trockenstresssymptome 2018

Die Waldzustandserhebung (WZE) wird jährlich im Juli/August entsprechend des europaweit abgestimmten Monitoringprogramms durchgeführt [8]. In diesem Zeitraum sind die Blätter und Nadeln der Waldbäume voll entwickelt und die Herbstverfärbung hat i. d. R. noch nicht eingesetzt. Die Ergebnisse der WZE in Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein zeigen für 2018 –ausgelöst durch die extrem trocken-heiße Witterung ab April– einige Besonderheiten.

Eingerollte Blätter zeigen eine Blattspreite, die an der Blattachse nach oben gebogen ist und so einen Verdunstungsschutz darstellt. Dies trat in den Jahren 2012 bis 2017 vor allem bei Buche auf. Auch 2018 waren eingerollte Blätter in allen vier Ländern, besonders ausgeprägt in Sachsen-Anhalt und Hessen, bei Buche am häufigsten (Abb. 4). Das Merkmal wurde 2018 aber auch verstärkt an anderen Laubbäumen, zu denen z. B. Birke, Linde, Hainbuche, Esche, Erle und Ahorn gehören, festgestellt. Bei den Eichen wurden eingerollte Blätter in den Vorjahren nur selten beobachtet; 2018 dagegen an 35 % der Eichen in Hessen.

Während in Jahren mit durchschnittlichem Witterungsverlauf die **Herbstverfär-**

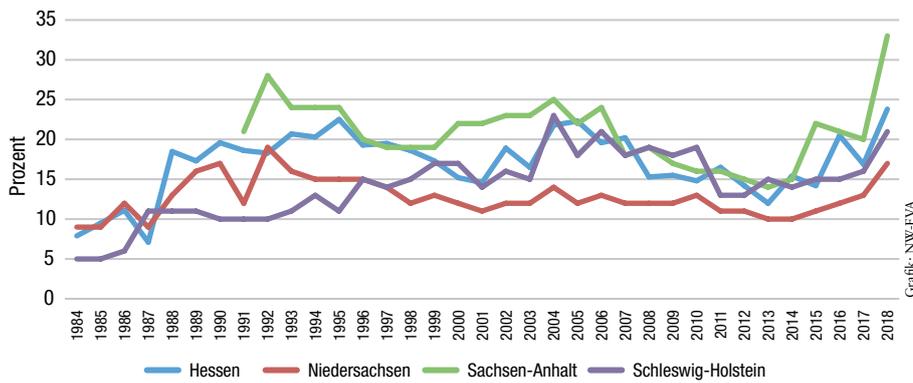


Abb. 6: Mittlere Kronenverlichtung (%) für die Gruppe der anderen Laubbäume (alle Alter) im Juli/August 1984 bis 2018 (Waldzustandserhebung)

burg und der Blattabfall im September/Oktober einsetzen, wurden 2018 bereits in der Erhebungsphase der WZE Verfärbungen an Blättern und Kiefernnadeln sowie bei den Laubbäumen zusätzlich vorzeitiger Blattabfall dokumentiert. Mit diesen Reaktionen schützen sich die Bäume bei Wasserknappheit vor Austrocknung durch zu hohe Transpirationsverluste [4, 9]. Das Wachstum, der Aufbau von Reservestoffen und die Anlage von Knospen zum Austrieb im nächsten Jahr können dadurch eingeschränkt werden [12].

Der Beginn der Herbstverfärbung setzte 2018 besonders früh ein und wurde daher bei der WZE 2018 gesondert erfasst. Für die Buche lag der Anteil mit Herbstverfärbung in den Ländern zwischen 0,4 % in Schleswig-Holstein und 12 % in Sachsen-Anhalt; bei der Eiche zwischen 1 % in Schleswig-Holstein und 8 % in Hessen. Deutlich häufiger war die Herbstverfärbung bei den anderen Laubbäumen mit 4 % (Schleswig-Holstein) bis 25 % (Sachsen-Anhalt). In allen vier Ländern war ein Teil der älteren Kiefernnadeln bereits im Juli/August verfärbt. Der Anteil an Kiefern mit braunen Nadeln war in Niedersachsen am geringsten (14 %) und in Hessen mit 28 % am höchsten.

Vorzeitiger Blattabfall war in den Jahren 2012 bis 2017 bei Buchen, Eichen und den anderen Laubbäumen selten, 2018 stiegen die Werte an (Abb. 5). Bei den anderen Laubbäumen war dieses Merkmal 2018 stärker ausgeprägt als bei Buchen und Eichen. Nur in Schleswig-Holstein wurde 2018 kein vorzeitiger Blattabfall festgestellt.

Neben dem vorzeitigen Abfall brauner Blätter fielen in Hessen und Sachsen-Anhalt an 30 % und in Niedersachsen an

20 % der WZE-Punkte mit Laubholz auch grüne Blätter ab. Der Abwurf grüner Blätter zeigte sich überwiegend bei Hainbuche und Bergahorn, aber auch bei Buche.

Die mittlere Kronenverlichtung gibt an, wie hoch die Abweichung der aktuellen Belaubung/Benadelung vom optimalen Zustand ist. 2018 ist die mittlere Kronenverlichtung von Buchen, Eichen, Kiefern und Fichten im Vergleich zum Vorjahr nicht bzw. nur moderat angestiegen. Bemerkenswert ist jedoch, dass die Kronenverlichtung der anderen Laubbäume 2018 in den vier Ländern deutlich zugenommen hat (Abb. 6) und teilweise neue Höchstwerte seit Beginn der WZE erreichte.

Zum Zeitpunkt der WZE von Juli bis Mitte August 2018 waren die Schäden durch Borkenkäfer an Fichten noch wenig ausgeprägt. Die typischen Anzeichen wie Harztropfen und Harztrichter waren meist nicht vorhanden, da die Fichten aufgrund des Wassermangels nur geringen oder keinen Harzdruck aufbauen konnten [11]. Der massive Befall durch die Borkenkäfer zeigte sich erst nach Abschluss der WZE-Außenaufnahmen.

Fazit

Die lang anhaltende Trockenperiode 2018 ist als außergewöhnliche Dürre einzuordnen. Sie betraf mit Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein alle hier betrachteten Bundesländer und ist in ihrer Ausprägung mit dem Ereignis von 1976 vergleichbar. Die Ergebnisse der WZE spiegeln die regionalen Unterschiede der Witterung 2018 wider. In Sachsen-Anhalt, wo die Trockenheit 2018 am stärksten ausfiel, sind auch die

Trockenstressreaktionen insbesondere der Laubbäume auffallend.

Im Vergleich der drei Trockenperioden 1976, 2003 und 2018 war zu Beginn der Vegetationszeit 1976 die nFK WRe zahlreicher Böden nur unzureichend gefüllt. Neben Waldstandorten mit einer geringen nFK WRe sind vermutlich auch die Standorte mit einer hohen nFK WRe besonders trockenstressgefährdet, wenn den Bäumen – wie zu Beginn der Vegetationszeit 1976 – nur ein Teil der pflanzenverfügbaren Bodenwasserspeicherkapazität zur Verfügung steht. Im Jahr 2018 war dagegen der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher fast aller Waldstandorte vollständig aufgefüllt, sodass bei den Laubbäumen eingerollte Blätter, Herbstverfärbung und Blattabfall trotz der trockenen Witterung erst ab Juli zu beobachten waren. Bei den Kiefern waren ältere Nadeln braun verfärbt, während an Fichten keine Reaktionen in der Benadelung erkennbar waren. In Sachsen-Anhalt traten Trockenstresssymptome am häufigsten auf.

Es ist davon auszugehen, dass sich weitere Auswirkungen der Trockenheit 2018 auf die Vitalität der Bäume in den nachfolgenden Jahren zeigen werden [7]. Die Zeitreihen zum Waldzustand zeigen am Beispiel von Sachsen-Anhalt, dass im Anschluss an das Trockenjahr 2003 bei Fichten und Buchen im Folgejahr die höchsten Kronenverlichtungswerte beobachtet wurden [5]. Aufgrund des guten Bruterfolgs des Buchdruckers im Jahr 2018 wird im Frühjahr 2019 in Abhängigkeit von der Witterung eine Massenvermehrung erwartet, die insbesondere in Fichtenbeständen erhöhte Kalamitäten zur Folge haben kann [11].

Literaturhinweise:

Das Literaturverzeichnis findet sich unter: <https://www.forstpraxis.de/downloads/>

Johannes Suttmöller, johannes.suttmoller@nw-fva.de, Inge Dammann, Dr. Markus Wagner, Birte Scheler, Dr. Uwe Paar, Dr. Henning Meesenburg sind Mitarbeiter/innen in der Abteilung Umweltkontrolle an der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA). Prof. Dr. Johannes Eichhorn leitet die Abteilung.

