

Waldzustandsbericht 2022



Vorwort



Liebe Leserinnen, liebe Leser,

die Klimakrise verändert den Wald, wie wir ihn kennen. Und das geschieht in unfassbar schnellem Tempo. Wir müssen den Klimawandel eindämmen, um den Zustand des Waldes zu stabilisieren. Zugleich gilt es, jetzt den Wald von morgen aufzubauen. Unser Credo ist: Wir machen den Wald klimastabil. Investitionen in den Wald sind daher auch Schwerpunkt im Doppelhaushalt 2023/2024. Hier sind für die kommenden beiden Jahre insgesamt 155 Millionen Euro für Wiederbewaldung und den Waldumbau vorgesehen. Wo es möglich ist, setzen wir darauf, dass der Wald sich natürlich verjüngt. Dort wo gepflanzt wird, soll eine Mischung mehrerer standortgerechter und möglichst heimischer Baumarten zum Einsatz kommen.

Der Aufbau artenreicher und klimastabiler Wälder und die zielgerichtete Wiederbewaldung der großen Schadflächen in Hessen haben höchste Priorität und werden umfassend fortgesetzt. Die Hessische Landesregierung unterstützt alle Waldbesitzenden bei dieser großen Aufgabe.

So wurden unter Federführung der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt im Rahmen des Integrierten Klimaschutzplans Hessen 2025 Klimarisikokarten für den Wald in Hessen erstellt, Waldentwicklungsziele beschrieben und Baumartenempfehlungen ausgesprochen. Die Ergebnisse stehen allen Waldbesitzenden in Hessen für einen zukunftsfähigen Waldaufbau als Beratungsgrundlage zur Verfügung. Im Rahmen des neuen Klimaplanes Hessen sollen ab 2023 Maßnahmen zur Steigerung des Wasserrückhalts im Wald umgesetzt und der Aufbau klimastabiler Wälder vorangetrieben und durch weitere Forschungen unterstützt werden.

Denn der Wald in seiner jetzigen Form leidet. Nach dem eher feuchten Jahr 2021 war die Hoffnung auf eine leichte Abschwächung der Schäden groß. Doch die Waldschäden durch Hitze und Trockenheit, die 2019 ihren Anfang nahmen, setzen sich in 2022 fort.

Bereits die Jahre 2018 bis 2020 fielen deutlich zu trocken und zu warm aus, diese Tendenz zeichnet sich auch für 2022 ab. Die Daten des Deutschen Wetterdienstes belegen für Hessen einen Sommer mit außergewöhnlich viel Sonnenschein, hohen Temperaturen und den geringsten Niederschlägen seit Beginn der Aufzeichnungen in 1881.

So kam es seit Jahresbeginn zu mindestens 260 Waldbränden in Hessen und damit dem intensivsten Waldbrandjahr seit 1976. Sehr große Schäden konnten nur durch das rasche Zusammenwirken vieler Kräfte bei der Waldbrandbekämpfung verhindert werden. Hierfür gilt mein Dank auch dem Einsatz aller forstlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

Die Ergebnisse der aktuellen Waldzustandserhebung verdeutlichen die starke Schädigung der hessischen Wälder im Zeitraum von 2019 bis 2022. Die mittlere Kronenverlichtung aller Baumarten und Altersstufen ist wieder um zwei Prozentpunkte auf 28 Prozent angestiegen und erreicht somit erneut den Höchstwert von 2020. Auch der Anteil starker Schäden bleibt über alle Baumarten hinweg sehr hoch. Der hessische Wald ist in seiner Stabilität beeinträchtigt und mit einem Andauern der Folgewirkungen von Hitze und Trockenheit ist zu rechnen.

Wir setzen daher alles daran, den Wald mit seinen vielfältigen Funktionen zu erhalten. Wir investieren in den Staatswald, unterstützen aber auch private und kommunale Forstbetriebe angesichts der enormen Schäden. Mehr als 38 Mio. Euro wurden bereits aus der Extremwetterrichtlinie für die Aufarbeitung von geschädigten Bäumen und zum Schutz der Wälder ausgezahlt. Auch die neu in die Extremwetterrichtlinie aufgenommene, einmalige Förderung von Nachbesserungen bei der Wiederbewaldung soll unterstützen, wenn beispielsweise eine Neuanpflanzung aufgrund von Trockenheit geschädigt wird.

Der Klimawandel schreitet voran und beeinflusst auch unser Leben in Hessen spürbar und stetig. Wir alle dürfen daher nicht in unseren Bemühungen zum Klimaschutz nachlassen. Klimaschutz ist die wichtigste Grundlage für unseren Wald der Zukunft.

Mit freundlichen Grüßen

Ihre

Priska Hinz

Hessische Ministerin für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Wiesbaden, im November 2022



Foto: J. Evers

Inhaltsverzeichnis	Seite
Vorwort	2
Hauptergebnisse	4
Forstliches Umweltmonitoring und Integrierter Klimaschutzplan Hessen 2025	6
Ulrike Talkner, Uwe Paar, Caroline Klinck und Ronald Bialozyt	
WZE-Ergebnisse für alle Baumarten	9
Uwe Paar und Caroline Klinck	
Buche	11
Eiche	13
Fichte	14
Kiefer	15
Wald in der Rhein-Main-Ebene	16
Uwe Paar und Caroline Klinck	
Witterung und Klima	18
Johannes Suttmöller	
Insekten und Pilze	24
Martin Rohde, Rainer Hurling, Gitta Langer, Johanna Bußkamp, Pavel Plašil und Ines Graw	
Stoffeinträge	27
Birte Scheler	
Auswirkungen großflächiger Schadflächen auf den Wasser- und Stoffhaushalt von Wäldern	30
Birte Scheler	
Alternative Baumarten – ein Lösungsbeitrag für die Klimaanpassung der Wälder in Hessen?	33
Stefan Lieven und Ralf-Volker Nagel	
Die dritte Bodenzustandserhebung im Wald (BZE III) hat begonnen	39
Jan Evers und Oliver van Straaten	
Impressum	40

Hauptergebnisse

Waldzustandserhebung (WZE)

Die Ergebnisse der Waldzustandsaufnahmen 2022 belegen für den hessischen Wald einen seit 2019 weiterhin anhaltend schlechten Vitalitätszustand.

Die mittlere Kronenverlichtung der Waldbäume in Hessen (alle Baumarten) hat sich von 26 % (2021) nochmals um 2 Prozentpunkte auf nunmehr 28 % erhöht.

Bei den älteren Bäumen liegt die Kronenverlichtung mit 31 % exakt auf dem Niveau des Vorjahres. Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Bäume hat sich von 14 % (2021) auf 17 % verschlechtert.

In den Jahren 2019 bis 2022 ist eine sehr starke Schädigung der hessischen Wälder eingetreten.

Die Baumarten im Einzelnen

Bei der älteren Fichte hat sich der Kronenzustand von 29 % (2018) auf 50 % in 2020 erheblich verschlechtert. Auch 2021 (49 %) und 2022 (47 %) liegt die mittlere Kronenverlichtung auf sehr hohem Niveau.

Die Kronenverlichtung der älteren Buche ist im Vergleich zum letzten Jahr auf annähernd gleichem Niveau geblieben (2021: 33 %; 2022: 34 %), bei der älteren Kiefer ist das Niveau exakt gleich geblieben (2021: 27 %; 2022: 27 %). Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Eiche hat sich von 28 % (2021) auf 26 % (2022) geringfügig verbessert.



Foto: J. Weymar

Rhein-Main-Ebene

Die Waldzustandserhebung weist auch für 2022 einen schlechten Vitalitätszustand für die Wälder in der Rhein-Main-Ebene auf.

Nach der deutlichen Verschlechterung des Kronenzustandes der älteren Bäume in der Rhein-Main-Ebene von 30 % (2018) auf 38 % (2019) bzw. 39 % (2020) ist die mittlere Kronenverlichtung in 2021 nochmals angestiegen (42 %). In 2022 verbleibt sie mit 41 % auf sehr hohem Niveau.

Witterung und Klima

Im Vegetationsjahr 2021/2022 (Oktober bis September) fielen im Flächenmittel von Hessen knapp 80 % der langjährigen Niederschlagsmenge von 790 mm. Damit war das vergangene Vegetationsjahr sogar noch trockener als 2017/2018. In der Vegetationszeit waren bis auf den September alle Monate deutlich zu trocken, so dass mit 246 mm nur 70 % der mittleren Niederschlagsmenge der Klimareferenzperiode 1961 bis 1990 fielen. Mit einer Mitteltemperatur von 10,3 °C war das Vegetationsjahr 2021/2022 wiederum eines der wärmsten seit Messbeginn. Das Zusammenspiel von überdurchschnittlich hohen Temperaturen und gleichzeitig sehr geringen Niederschlagsmengen führte zu einer extremen Dürre, die das ganze Land betraf.

Insekten und Pilze

Aufgrund überwiegend deutlich zu geringer Niederschläge sind die Fichten vielerorts sehr geschwächt und können Besiedlungsversuchen von Borkenkäfern kaum etwas entgegensetzen. Insgesamt blieb das Befallsgeschehen auf hohem Niveau, aber niedriger als in den letzten Jahren.

Als Folge der Hitze und Niederschlagsdefizite seit 2018 kam es auch in 2022 weiterhin zu auffälligem Auftreten der Rußrindenkrankheit des Ahorns.



Foto: C. Klinck

Stoffeinträge

Aufgrund der Filterwirkung der Baumkronen für Gase und Partikel (trockene Deposition) sind die Einträge luftbürtiger Nähr- und Schadstoffe im Wald höher als im Freiland.

2021 fiel im Freiland (Hessenmittel) 799 mm (+116 mm im Vergleich zu 2020) Niederschlag. Der Bestandesniederschlag war mit 628 mm (Hessenmittel) 93 mm höher als 2020. Aufgrund der höheren Niederschlagsmenge erhöhten sich die Stoffeinträge im Vergleich zum Vorjahr auf den meisten Monitoringflächen. Der Sulfatschwefeleintrag betrug 2021 im Hessenmittel unter Buche 1,8 kg je Hektar und unter Fichte 3,3 kg je Hektar. Hier zeigt sich deutlich der Erfolg verschiedener Maßnahmen zur Luftreinhaltung, durch die der Schwefeleintrag gegenüber 1987 um gut 90 % gesenkt werden konnte.

Der anorganische Stickstoffeintrag betrug 2021 unter Buche 8,8 kg je Hektar (Hessenmittel), unter Fichte 11,6 (Königstein) bzw. 16,6 (Fürth im Odenwald) und unter Kiefer 6,4 kg je Hektar.

Auswirkungen großflächiger Schadflächen auf den Wasser- und Stoffhaushalt von Wäldern

Die Ergebnisse aus einem der wenigen langjährig untersuchten forsthydrologischen Forschungsgebiete (Elsterbach, Nordhessen) belegen, dass großflächige Störungen der Waldstruktur Störungen im Stoffhaushalt verursachen und Nährstoffverluste nach sich ziehen. Ein wichtiger Schlüsselprozess ist in diesem Zusammenhang die vermehrte Bildung von Nitrat (Überschussnitrifikation) aufgrund des veränderten Kleinklimas auf Kahlflächen bei gleichzeitig geringerer Stickstoffaufnahme durch die Vegetation. Erhöhte Nitratausträge können zum einen eine Belastung für das Grund- und Trinkwasser darstellen, außerdem verursachen sie je nach Standort erhöhte Austräge anderer Nährstoffe, deren Abnahme auf nährstoffarmen Standorten für die kommende Waldgeneration kritisch werden kann.



Foto: M. Spielmann



Foto: J. Weymar

Alternativbaumarten im Rahmen des Klimawandels

Angesichts der Auswirkungen der vergangenen Extremjahre und der projizierten klimatischen Entwicklungen besteht Bedarf nach einer schnellen Erweiterung der Empfehlungen für alternative Baumarten. Dabei bestehen hohe Ansprüche für die Integration neuer Baumarten in bestehende Waldstrukturen bezüglich Anbauwürdigkeit, ökologischer Zuträglichkeit und Invasivität. Derzeitige Forschungen konzentrieren sich auf Arten aus dem Mittelmeerraum, Vorderasien und dem Kaukasusgebiet wie z. B. Esskastanie, Orient-Buche oder Libanonzedern, jedoch mit gleicher Gewichtung auch auf seltene heimische Baumarten wie Linde, Spitzahorn, Eibe oder Vogelkirsche. Erste Empfehlungen hinsichtlich der Anbauwürdigkeit dieser Baumarten sind erst in einigen Jahren zu erwarten.

Die dritte Bodenzustandserhebung im Wald (BZE III) hat begonnen

Die Bodenzustandserhebung im Wald liefert Informationen zum Zustand und zu Veränderungen von Bodeneigenschaften sowie zum Bestand, der Vegetation und Ernährungssituation der Waldbäume. Sie wird bundesweit einheitlich in den Jahren 2022–2024 auf einem 8 km x 8 km-Stichprobenetz durchgeführt und folgt damit der BZE I (1990) und BZE II (2006). Im Vordergrund der kommenden Auswertungen stehen die Veränderungen von Kohlenstoff- und Stickstoffvorräten im Waldboden und Auflagehumus sowie von wichtigen Nährstoffvorräten.

Forstliches Umweltmonitoring und Integrierter Klimaschutzplan Hessen 2025

Ulrike Talkner, Uwe Paar, Caroline Klinck und Ronald Bialozyt

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7193740>

Das Forstliche Umweltmonitoring hat eine langjährige Geschichte und eröffnet damit einen guten Einblick in die Veränderung der Waldökosysteme. Die Umweltbedingungen haben sich in den vergangenen Jahrzehnten kontinuierlich verändert, aber das Ausmaß und die Geschwindigkeit der aktuellen Klimaveränderungen sind in der Geschichte des Forstlichen Umweltmonitorings einmalig. Die Waldschäden zu Zeiten des sauren Regens waren deutlich zu sehen, doch übertreffen die aktuellen Schäden in bestimmten Regionen und für einige Baumarten das damalige Ausmaß. In den 1980er Jahren wurden erfolgreich politische Maßnahmen ergriffen, um die versauernden Einträge in die Wälder zu minimieren. Nun stellt sich die Frage, ob wir auch erfolgreich in der Eindämmung des Klimawandels sein werden. Fest steht, dass die Reduzierung der CO₂-Emissionen notwendig ist, um den menschengemachten Klimawandel abzumildern und damit den Zustand des Waldes zu stabilisieren.

Das Forstliche Umweltmonitoring ist aus der Waldökosystemforschung entstanden. Die Ergebnisse der Untersuchungen dienen der Erarbeitung von Entscheidungshilfen für die forstliche Praxis und die Beratung der Politik auf fachlicher Grundlage.

Grundsätzlich werden im Forstlichen Umweltmonitoring folgende Kategorien unterschieden:

- Level I: waldfächenrepräsentative Übersichtserhebungen auf einem systematischen Stichprobenraster (Waldzustands- und Bodenzustandserhebung)
- Level II: Untersuchung von ausgewählten Waldökosystemen mit erhöhter Messintensität (Intensives Forstliches Umweltmonitoring)
- Level III: Erforschung der Auswirkungen von Waldbewirtschaftungsmaßnahmen auf den Nährstoff- und Wasserhaushalt von Wäldern (Experimentalflächen)

Die Verknüpfung und Kombination von Level I, II und III eröffnet die Möglichkeit der Übertragung von Ergebnissen aus dem Forstlichen Umweltmonitoring auf Waldflächen ohne Beobachtungen (Regionalisierung). Für die Beantwortung von komplexen forst- und umweltpolitischen Fragen ist die Vernetzung aller drei Kategorien des Forstlichen Umweltmonitorings zweckmäßig.

Die methodischen Instrumente des Forstlichen Umweltmonitorings sind europaweit nach den Grundsätzen des ICP Forests (2016) harmonisiert. Die Waldzustandserhebung (WZE) liefert als Übersichtserhebung Informationen zur Vitalität der Waldbäume unter dem Einfluss sich ändernder Umweltbedingungen. Das Stichprobenraster der Waldzustandserhebung ist darauf ausgelegt, die gegenwärtige Situation des Waldes landesweit repräsentativ abzubilden. Das Ergebnis ist das Gesamtbild des Waldzustandes für das Bundesland. Die

Stichprobe der Waldzustandserhebung vermittelt ein zahlenmäßiges Bild zu dem Einfluss von Stürmen, Witterungsextremen sowie Insekten- und Pilzbefall. Lokale Befunde, wie sturmgefallene Bäume oder ein extremer Befall der Kiefer durch Pilze, können allerdings von dem landesweiten Ergebnis abweichen. Verschiedene Auswertungen belegen eine hohe Repräsentativität des Rasternetzes für verschiedene Fragestellungen.

Waldzustandserhebung – Methodik und Durchführung

Die Waldzustandserhebung ist Teil des Forstlichen Umweltmonitorings in Hessen. Sie liefert als Übersichtserhebung Informationen zur Vitalität der Waldbäume unter dem Einfluss sich ändernder Umweltbedingungen. Die Aufnahmen zur Waldzustandserhebung erfolgten im Juli und August 2022. Sie sind mit qualitätssichernden Maßnahmen sorgfältig überprüft.

Aufnahmeumfang

Die Waldzustandserhebung erfolgt auf mathematisch-statistischer Grundlage. Auf einem systematisch über Hessen verteilten Rasternetz werden seit 1984 an jedem Erhebungspunkt Stichprobenbäume begutachtet.

Die Rasterweite des landesweiten Stichprobennetzes beträgt 8 km x 8 km, in der Rhein-Main-Ebene werden zusätzlich Erhebungen im 4 km x 4 km-Raster durchgeführt. Nach einer Rasterüberprüfung im Frühjahr 2020 wurden 6 weitere WZE-Punkte in das 8 km x 8 km-Raster integriert, so dass jetzt 145 Erhebungspunkte zum Stichprobenkollektiv gehören. Die landesweite Auswertung erfolgte 2022 auf der Basis von 128 Erhebungspunkten, für die Rhein-Main-Ebene wurden



Messung der Bodenfeuchte auf der Level II-Fläche Zierenberg

Foto: O. Schwerdtfeger

44 Erhebungspunkte ausgewertet. Dieser Aufnahmeumfang ermöglicht repräsentative Aussagen zum Waldzustand auf Landesebene und für die Rhein-Main-Ebene.

Für den Parameter mittlere Kronenverlichtung zeigt die Tabelle unten die 95 %-Konfidenzintervalle (= Vertrauensbereiche) für die Baumarten und Altersgruppen der WZE-Stichprobe 2022. Je weiter der Vertrauensbereich, desto unschärfer sind die Aussagen. Die Weite des Vertrauensbereiches wird im Wesentlichen beeinflusst durch die Anzahl der Stichprobenpunkte in der jeweiligen Auswerteeinheit und die Streuung der Kronenverlichtungswerte. Für relativ homogene Auswerteeinheiten mit relativ gering streuenden Kronenverlichtungen sind enge Konfidenzintervalle auch bei einer geringen Stichprobenanzahl sehr viel leichter zu erzielen als für heterogene Auswerteeinheiten, die sowohl in der Altersstruktur als auch in den Kronenverlichtungswerten ein breites Spektrum umfassen.

Aufnahmeparameter

Bei der Waldzustandserhebung erfolgt eine visuelle Beurteilung des Kronenzustandes der Waldbäume, denn Bäume reagieren auf Umwelteinflüsse u. a. mit Änderungen in der Belaubungsdichte und der Verzweigungsstruktur. Wichtigstes Merkmal ist die Kronenverlichtung der Waldbäume, deren Grad für jeden Stichprobenbaum in 5 %-Stufen erfasst wird. Die Kronenverlichtung wird unabhängig von den Ursachen bewertet, lediglich mechanische Schäden (z. B. das Abbre-

95 %-Konfidenzintervalle für die Kronenverlichtung der Baumarten- und Altersgruppen der Waldzustandserhebung 2022 in Hessen. Das 95 %-Konfidenzintervall (= Vertrauensbereich) gibt den Bereich an, in dem der wahre Mittelwert mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % liegt.

Baumarten- gruppe	Alters- gruppe	Anzahl Bäume	Anzahl Plots	Raster	95%-Konfidenz- intervall (+/-)
Buche	alle Alter	1214	99	8x8 km	1,8
	bis 60 Jahre	148	24	8x8 km	1,3
	über 60 Jahre	1066	78	8x8 km	1,8
Eiche	alle Alter	349	56	8x8 km	2,2
	bis 60 Jahre	47	10	8x8 km	1,6
	über 60 Jahre	302	47	8x8 km	2,3
Fichte	alle Alter	297	42	8x8 km	5,0
	bis 60 Jahre	115	19	8x8 km	6,7
	über 60 Jahre	182	25	8x8 km	6,2
Kiefer	alle Alter	552	50	8x8 km	1,6
	bis 60 Jahre	34	6	8x8 km	10,8
	über 60 Jahre	518	44	8x8 km	1,6
andere Laub- bäume	alle Alter	410	47	8x8 km	2,1
	bis 60 Jahre	291	28	8x8 km	2,6
	über 60 Jahre	119	24	8x8 km	4,0
andere Nadelbäume	alle Alter	250	41	8x8 km	4,2
	bis 60 Jahre	129	20	8x8 km	4,3
	über 60 Jahre	121	22	8x8 km	7,1
alle Baumarten	alle Alter	3072	128	8x8 km	1,2
	bis 60 Jahre	764	43	8x8 km	1,9
	über 60 Jahre	2308	101	8x8 km	1,3

chen von Kronenteilen durch Wind) gehen nicht in die Berechnung der Ergebnisse der Waldzustandserhebung ein. Die Kronenverlichtung ist ein unspezifisches Merkmal, aus dem nicht unmittelbar auf die Wirkung von einzelnen Stressfaktoren geschlossen werden kann. Sie ist daher geeignet, allgemeine Belastungsfaktoren der Wälder aufzuzeigen. Bei der Bewertung der Ergebnisse stehen nicht die absoluten Verlichtungswerte im Vordergrund, sondern die mittel- und langfristigen Trends der Kronenentwicklung. Zusätzlich zur Kronenverlichtung werden weitere sichtbare Merkmale an den Probedäumen wie der Vergilbungsgrad der Nadeln und Blätter, die aktuelle Fruchtbildung sowie Insekten- und Pilzbefall erfasst.

Mittlere Kronenverlichtung

Die mittlere Kronenverlichtung ist der arithmetische Mittelwert der in 5 %-Stufen erhobenen Kronenverlichtung der Einzelbäume.

Starke Schäden

Unter den starken Schäden werden Bäume mit Kronenverlichtungen über 60 % (inkl. abgestorbener Bäume) sowie Bäume mittlerer Verlichtung (30–60 %), die zusätzlich Vergilbungen über 25 % aufweisen, zusammengefasst.

Absterberate

Die Absterberate ergibt sich aus den Bäumen, die zwischen der letzten und der aktuellen Erhebung abgestorben sind und noch am Stichprobenpunkt stehen. Durch Windwurf und Durchforstung ausgefallene Bäume gehen nicht in die Absterberate, sondern in die Ausfallrate ein.

Ausfallrate

Das Inventurverfahren der WZE ist darauf ausgelegt, die aktuelle Situation der Waldbestände unter realen (Bewirtschaftungs-) Bedingungen abzubilden. Daher scheidet in jedem Jahr ein Teil der Stichprobenbäume aus dem Aufnahme-kollektiv aus. Der Ausfallgrund wird für jeden Stichprobenbaum dokumentiert. Gründe für den Ausfall sind u. a. Durchforstungsmaßnahmen, methodische Gründe (z. B. wenn der Stichprobenbaum nicht mehr zu den Baumklassen 1–3 gehört), Sturmschäden oder außerplanmäßige Nutzung aufgrund von Insektenschäden.

Dort, wo an den WZE-Punkten Stichprobenbäume ausfallen, werden nach objektiven Vorgaben Ersatzbäume ausgewählt. Sind aufgrund großflächigen Ausfalls der Stichprobenbäume keine geeigneten Ersatzbäume vorhanden, ruht der WZE-Punkt, bis eine Wiederbewaldung vorhanden ist.

Die im Bericht aufgeführte Ausfallrate ergibt sich aus den infolge von Sturmschäden, Trockenheit und Insekten- oder Pilzbefall (insbesondere durch Borkenkäfer) am Stichprobenpunkt entnommenen Bäumen.

Integrierter Klimaschutzplan Hessen

Der Integrierte Klimaschutzplan Hessen 2025 sucht Lösungsansätze zum Schutz des Klimas und zu Möglichkeiten der Anpassung in allen Lebensbereichen. Es geht nicht nur um die Analyse der Situation, sondern ganz wesentlich um eine Umsetzung von Maßnahmen und einer einheitlichen Dauerbeobachtung (Monitoring) der weiteren Entwicklungen in Hessen.

Zum Konzept des Klimaschutzplans tragen verschiedene forstliche Projekte bei. Eines der als prioritär eingestuften Projekte ist: „Klimarisikokarten Forst – Verbesserte Beratungsgrundlagen für neue Herausforderungen an hessische Waldbesitzer“. Ziel des Projektes ist es, die Effekte des Klimawandels auf die Stabilität hessischer Wälder abzuschätzen und auf dieser Grundlage die Waldbesitzenden aller Besitzarten bei der Planung und Pflege ihrer Waldflächen zu unterstützen und zu beraten. Um einen klimaresilienten Wald der Zukunft aufbauen zu können, sind flächendeckend Informationen zum Klimawandel und zu forstlichen Standorten zu erheben. Dazu wurden im Verbund zwischen der NW-FVA, Hessen-Forst und dem Hessischen Waldbesitzerverband unterschiedliche Informationen zu Waldböden zusammengeführt und in Karten dargestellt. Auf der Grundlage der Daten sowie bestehender und neuer Modellentwicklungen der NW-FVA werden Anpassungsstrategien für den Waldbau unter den veränderten Rahmenbedingungen entwickelt. Für die Projektion des Klimawandels werden die vom ReKliEs-De Projekt (Regionale Klimaprojektionen Ensemble für Deutschland) erstellten Klimaszenarien genutzt.



Foto: T. Ullrich



Foto: M. Spielmann

Ein weiteres Projekt („Anbauwürdigkeit und ökologische Zuträglichkeit alternativer Baumarten in Hessen“) des Integrierten Klimaschutzplans Hessen hat u. a. zum Ziel, bisher seltene heimische und unter den bisherigen Bedingungen weniger konkurrenzstarke Baumarten auf ihre Eignung für den Anbau im Klimawandel zu überprüfen. Es wird insbesondere Wert auf eine standortgerechte Baumartenwahl und Bestandesbehandlung unter Berücksichtigung des Standorts-Leistungsbezuges, aber auch mit Blick auf biotische oder abiotische Risiken gelegt. Dazu werden die Flächen in ganz Hessen, die mit diesen Baumarten bestockt sind, systematisch erfasst und wissenschaftlich ausgewertet.

Insgesamt haben die Maßnahmen zum Ziel, dazu beizutragen, gut durchmischte und artenreiche Wälder langfristig zu sichern, die klimaangepasst und klimaresilient sind. Die Ergebnisse fließen in ein Entscheidungsunterstützungssystem zur Baumartenwahl für Waldbesitzer aller Besitzarten ein, welches auf der Homepage der NW-FVA in einem Webportal (<https://www.nw-fva.de/BaEm/>) öffentlich zur Verfügung steht. In diesem kann man die Baumartenempfehlungen im Klimawandel für jeden Waldstandort in Hessen abrufen. Zusätzlich steht eine mobile App zur Verfügung, um diese Empfehlungen auch im Gelände zur Hand zu haben.

Literatur

ICP Forests (2016): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UNECE, ICP Forests, Hamburg

WZE-Ergebnisse für alle Baumarten

Uwe Paar und Caroline Klinck

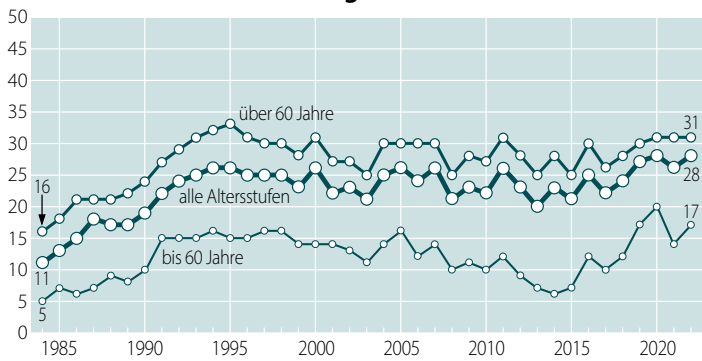
<https://doi.org/10.5281/zenodo.7194101>

Die Ergebnisse der Waldzustandsaufnahmen 2022 belegen für den hessischen Wald einen seit 2019 weiter anhaltend schlechten Vitalitätszustand. Nach der erheblichen Verschlechterung des Vitalitätszustandes hessischer Wälder in 2019 und 2020 hat sich das Schadniveau in den beiden letzten Jahren nicht verbessert. Seit vier Jahren ist eine starke Destabilisierung der hessischen Wälder eingetreten.

Mittlere Kronenverlichtung

Die mittlere Kronenverlichtung der Waldbäume in Hessen (alle Baumarten) hat sich von 26 % (2021) auf 28 % (2022) nochmals leicht verschlechtert. Bei den älteren Bäumen ist die Kronenverlichtung mit 31 % exakt auf dem Niveau des Vorjahres. Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Bäume hat sich von 14 % (2021) auf 17 % verschlechtert.

Mittlere Kronenverlichtung in %



Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %

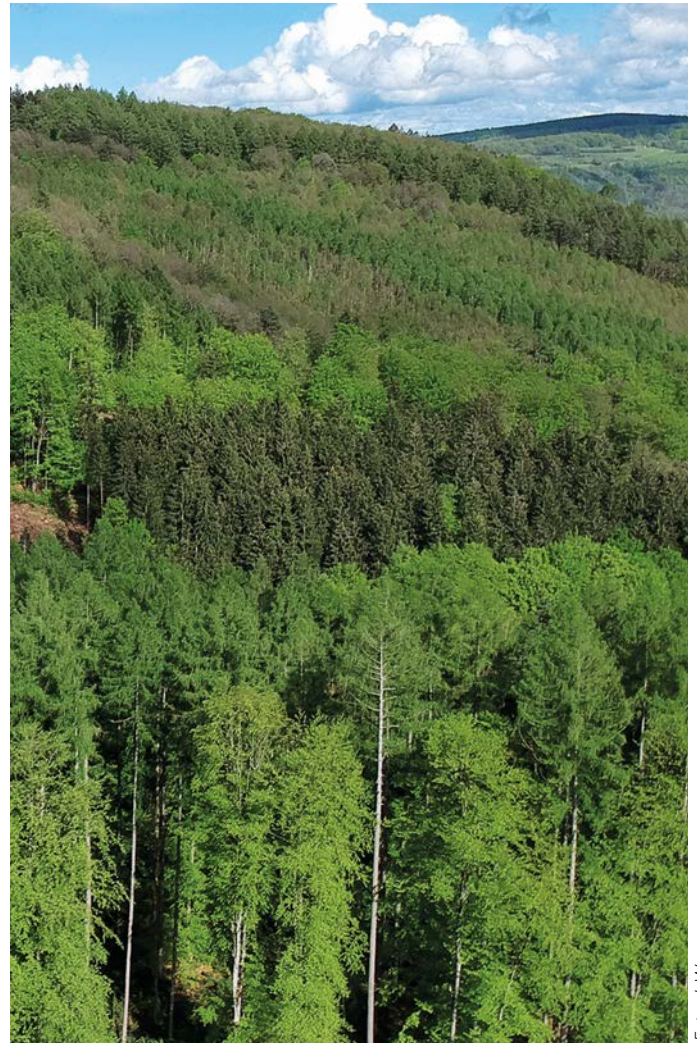
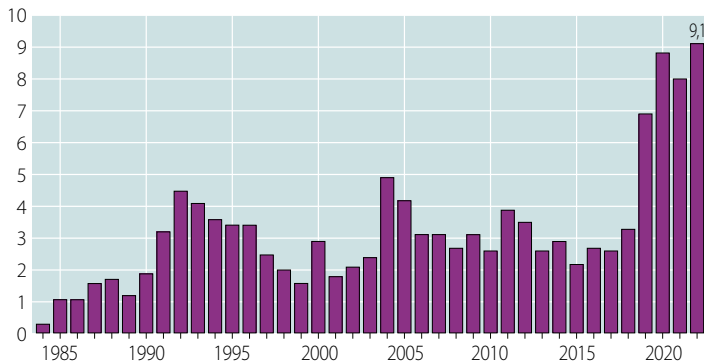


Foto: J. Weymar

Anteil starker Schäden

Der Anteil starker Schäden liegt 2022 mit 9 % fast dreimal so hoch wie im Mittel der Jahre 1984–2022. Die Jahre 2019 (7 %), 2020 (9 %), 2021 (8 %) und 2022 (9 %) sind durch weit überdurchschnittliche Anteile starker Schäden im hessischen Wald gekennzeichnet.

Mit einer Kronenverlichtung über 60 % sind im Vergleich zu einer vollbelaubten Baumkrone Begrenzungen der Versorgung der Bäume mit Wasser und Energie verbunden. Das Vermögen der Bäume, sich an wechselnde Bedingungen anzupassen, wird eingeschränkt.



Foto: M. Schmidt

Absterberate

Die Absterberate (alle Bäume, alle Alter) liegt mit 0,9 % auf dem Niveau des Vorjahres (0,7 %).

Die Absterberate (alle Bäume, alle Alter) liegt doppelt so hoch wie im langjährigen Mittel. Die extrem hohen Absterberaten in den Jahren 2019 (2,3 %) und 2020 (2,9 %) werden in den beiden letzten Jahren aber nicht mehr erreicht.

Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %

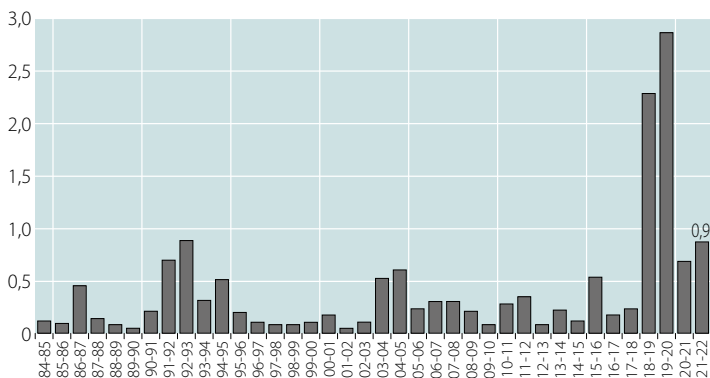
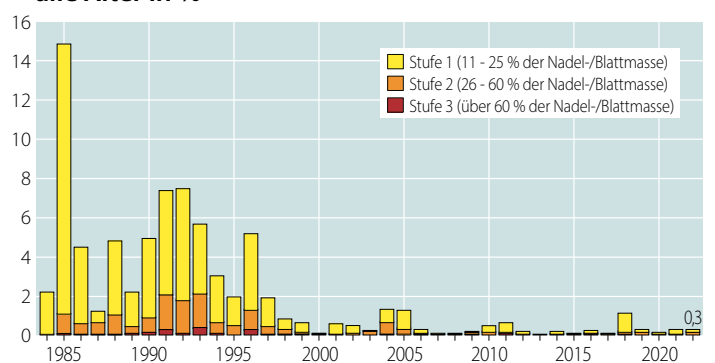


Foto: T. Ullrich

Vergilbungen

Vergilbungen der Nadeln und Blätter sind häufig ein Indiz für Magnesiummangel in der Nährstoffversorgung der Waldbäume. Mit Ausnahme des Jahres 1985 liegt der Anteil von Bäumen mit Vergilbungen der Blätter und Nadeln durchgehend auf einem eher geringen Niveau. Seit Mitte der 1990er Jahre gingen die Vergilbungserscheinungen nochmals deutlich zurück. Die von den Waldbesitzern und Forstbetrieben durchgeführten Waldkalkungen mit magnesiumhaltigen Kalken und der Rückgang der Schwefelemissionen haben dazu beigetragen, das Auftreten dieser Mangelerscheinung zu reduzieren.

Anteil an den Vergilbungsstufen, alle Baumarten, alle Alter in %



Fazit

Die anhaltend extremen Witterungsbedingungen und Folgen (Sturmwurf und Borkenkäfer) seit 2018 haben den Wald in Hessen verändert und zeigen auch 2022 erhebliche Auswirkungen.

Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigen 2019 bis 2022 die seit 1984 höchsten Anteile an stark geschädigten Bäumen. Ebenso erreicht die Ausfallrate der als Schadholz entnommenen Bäume 2019–2022 erhöhte Werte. In den letzten vier Jahren sind strukturelle Störungen entstanden, die vielfach zu Freiflächen, Blößen und Lücken in den Waldbeständen geführt haben.

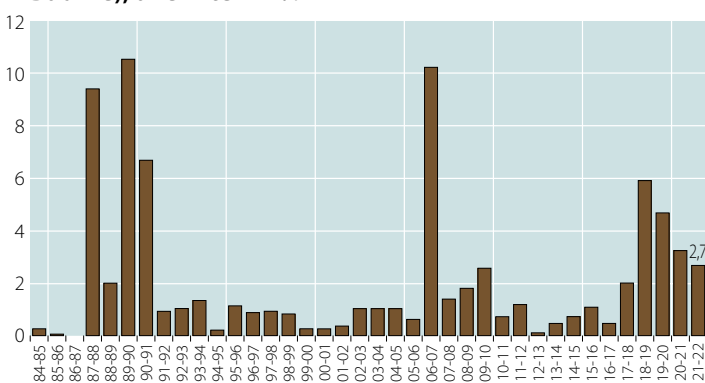


Foto: J. Weymar

Ausfallrate

Die Ausfallrate beschreibt die infolge von Sturmwurf, Trockenheit und Borkenkäferbefall außerplanmäßig genutzten Bäume. Sie liegt auch 2022 mit 2,7 % auf einem erhöhten Niveau. Nur 2007 (Sturm „Kyrill“), 1990/1991 (Stürme „Vivian“ und „Wiebke“) und 1988 wurden höhere Ausfallraten als in den letzten vier Jahren festgestellt.

Jährliche Ausfallrate (als Schadholz entnommene Bäume), alle Alter in %



Buche

Ältere Buche

Nach dem deutlichen Anstieg der Kronenverlichtung im Zeitraum von 1984 bis 1992 und einer Stagnation auf nahezu gleich bleibendem Niveau in der Zeit bis 1999 sind ab 2000 deutliche Schwankungen in der Ausprägung des Kronenzustandes der Buche festzustellen. Einen wesentlichen Einfluss dürften hierbei stärkere Fruktifikationsereignisse gehabt haben. Die Kronenverlichtung 2022 ist im Vergleich zum letzten Jahr auf annähernd gleichem Niveau geblieben (2021: 33 %; 2022: 34 %).

Jüngere Buche

Bei der jüngeren Buche hat sich die mittlere Kronenverlichtung gegenüber dem letzten Jahr nicht verändert (2021: 8 %, 2022: 8 %).

Mittlere Kronenverlichtung in %

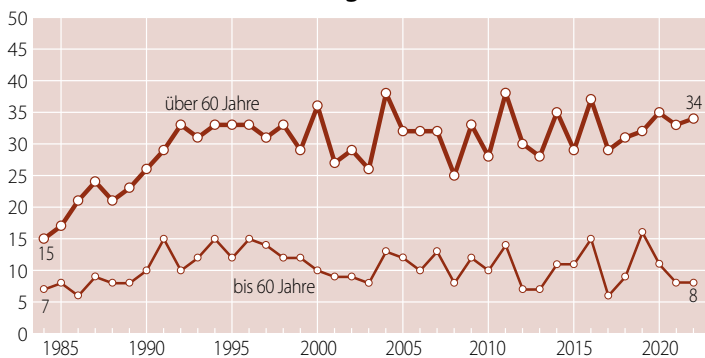


Foto: J. Weymar

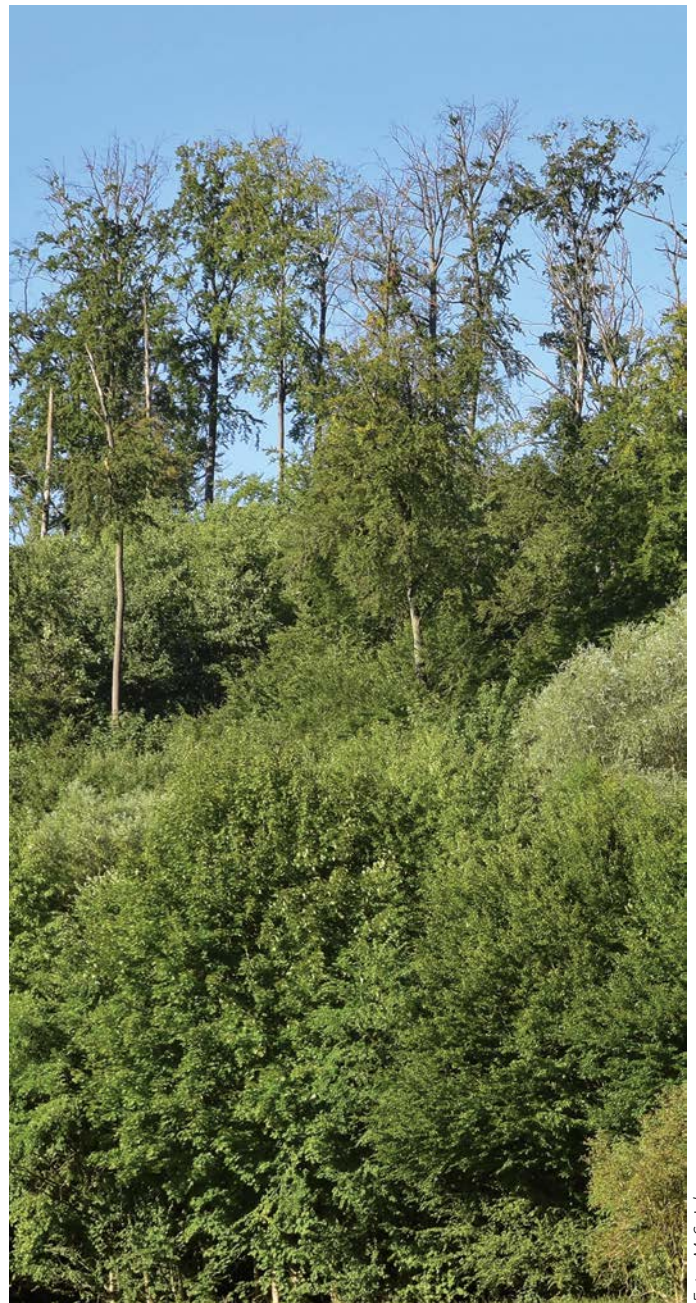
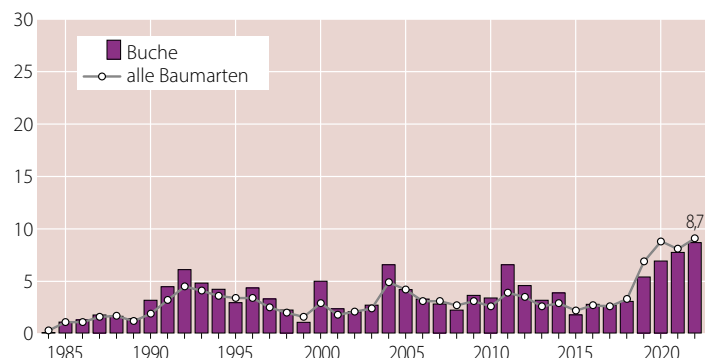


Foto: M. Spielmann

Starke Schäden

Der Anteil der Buchen (alle Alter) mit über 60 % Kronenverlichtung erreicht 2022 mit knapp 9 % den höchsten Wert in der 39-jährigen Zeitreihe.

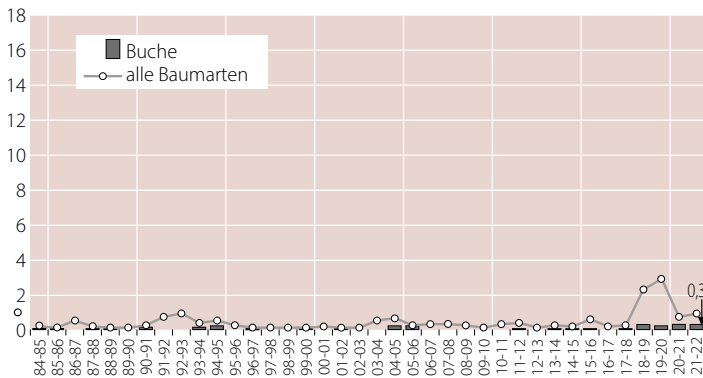
Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



Absterberate

Ein Vergleich mit anderen Baumarten in Hessen belegt, dass die Buche im Mittel der bisherigen Beobachtungsreihe (1984–2022) eine vergleichsweise geringe Absterberate (0,08 %) aufweist. 2022 sind in der Stichprobe 0,3 % der Buchen abgestorben. Gerade weil in den letzten Jahrzehnten kaum Buchen abgestorben sind, sind die Absterbeerscheinungen in den letzten vier Jahren auffällig.

Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



Ausfallrate

Die aktuell sturm- und trockenheitsbedingte Ausfälle der Buche in Hessen haben sich von 0,4 % (2021) auf 1,3 % erhöht. Sie liegen damit aber weiterhin auf einem eher geringen Niveau.

Jährliche Ausfallrate (als Schadh Holz entnommene Bäume), alle Alter in %

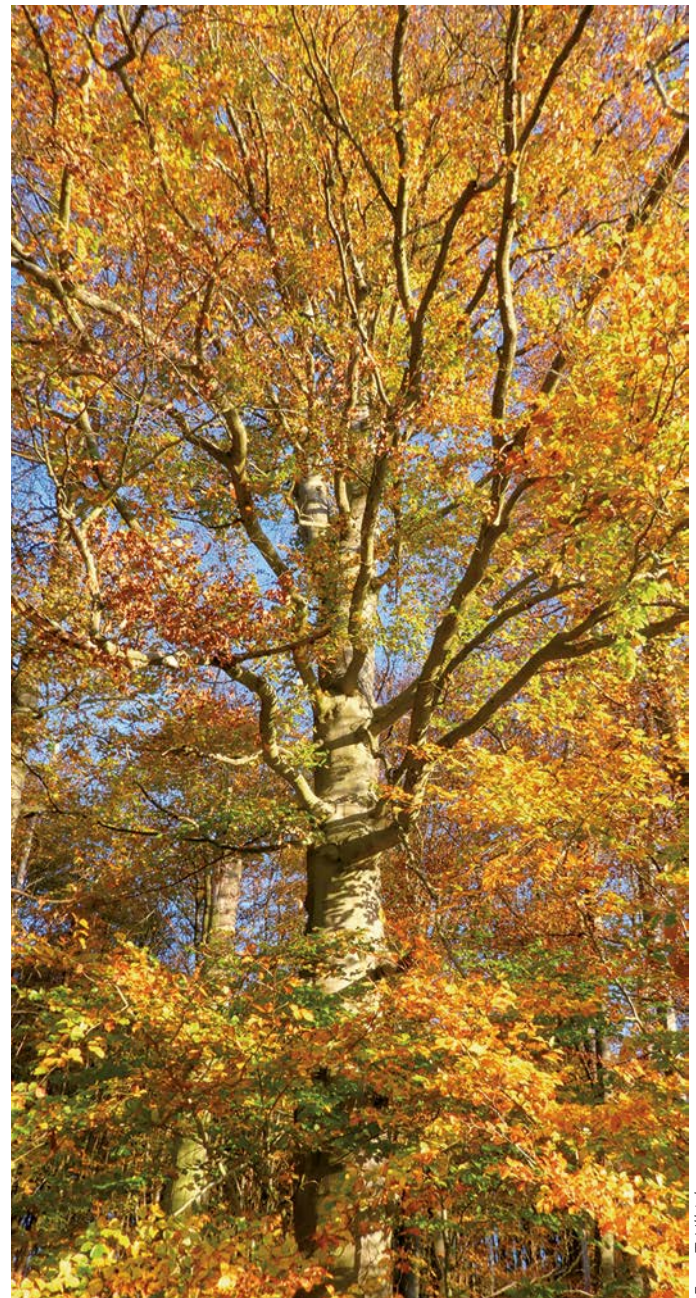
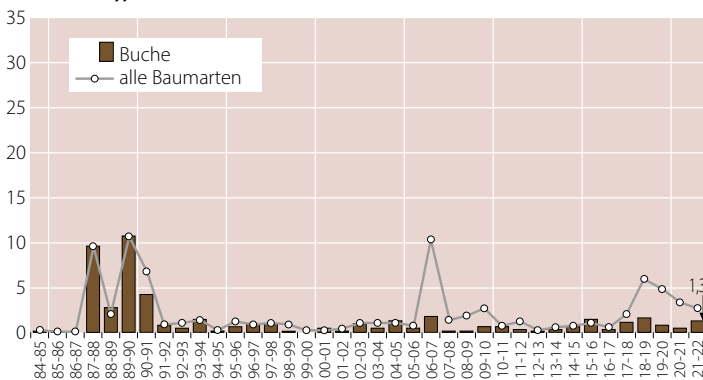


Foto: T. Ullrich

Fruchtbildung

Nach den starken Fruktifikationsjahren (2004, 2009, 2011, 2014, 2016) ist seit 2017 keine stärkere Fruktifikation der Buche zu beobachten. 2022 haben 40 % der Buchen mittel oder stark fruktifiziert.

Anteil mittel und stark fruktifizierender älterer Buchen in %

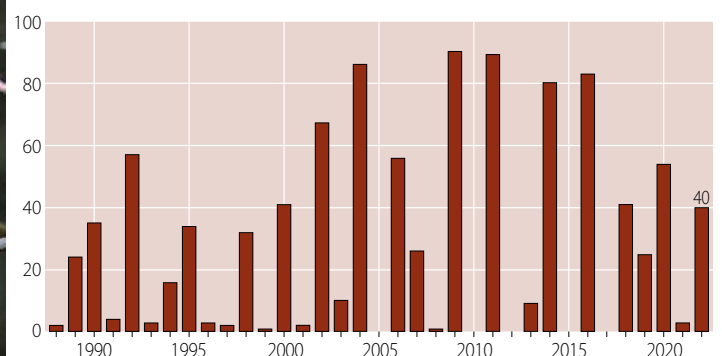


Foto: M. Spielmann

Eiche

Ältere Eiche

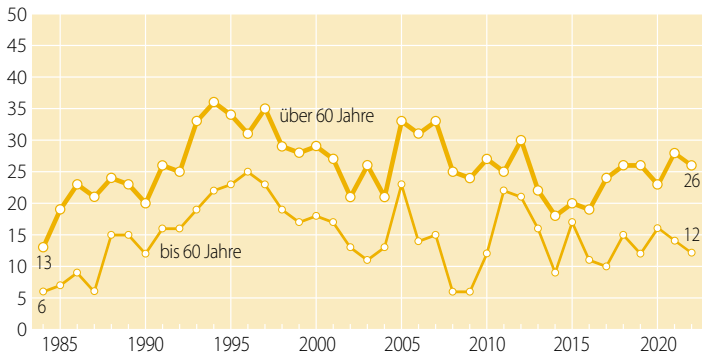
Die Kronenverlichtung der älteren Eiche hat sich 2022 im Vergleich zum Vorjahr um 2 Prozentpunkte verbessert (2021: 28 %; 2022: 26 %).

Die Entwicklung der Kronenverlichtung der Eiche wird insgesamt stark durch das unterschiedlich ausgeprägte Vorkommen der Eichenfraßgesellschaft bestimmt. 2018 und 2019 zeigten nur 2 % bzw. 3 % der älteren Eichen mittlere oder starke Fraßschäden. 2020 wurden keine mittleren bzw. starken Fraßschäden festgestellt. 2021 liegt der Wert bei 2 % und 2022 bei 0,3 %.

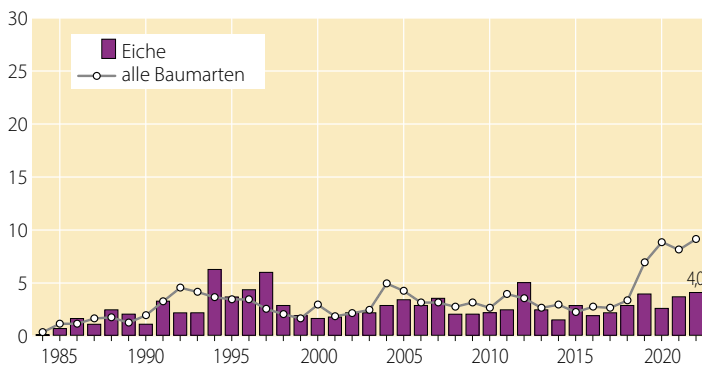
Jüngere Eiche

Die Kronenverlichtung der jüngeren Eiche hat sich geringfügig verbessert (2021: 14 %, 2022: 12 %).

Mittlere Kronenverlichtung in %



Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



Starke Schäden

Phasen mit erhöhten Anteilen starker Schäden (über 5 %) an Eichen stehen in der Regel in Verbindung mit intensivem Insektenfraß. 2022 liegt der Anteil starker Schäden für die Eiche bei 4 %, obwohl der Insektenfraß seit einigen Jahren auf einem sehr geringen Niveau liegt.

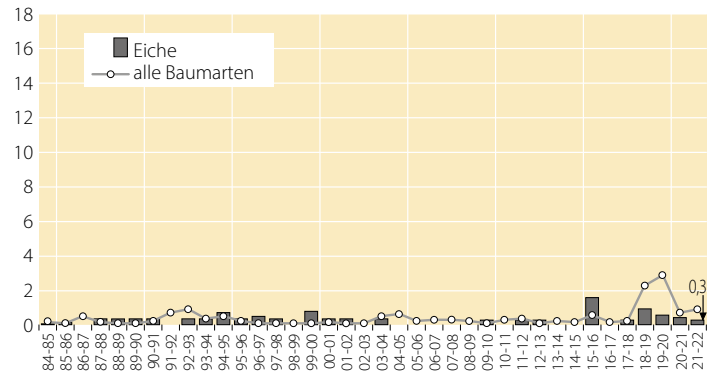
Absterberate

Die Absterberate der Eiche liegt im langjährigen Mittel bei 0,3 %. Auch 2022 sind 0,3 % der Eichen abgestorben.

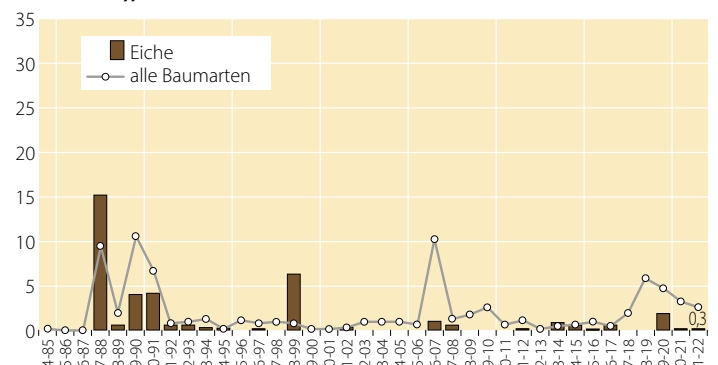
Ausfallrate

In 2022 sind im WZE-Kollektiv bei der Eiche in Hessen 0,3 % Ausfälle durch Sturm oder Insektenbefall vorgekommen.

Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



Jährliche Ausfallrate (als Schadholz entnommene Bäume), alle Alter in %



Anteil mittlerer und starker Fraßschäden an älteren Eichen in %

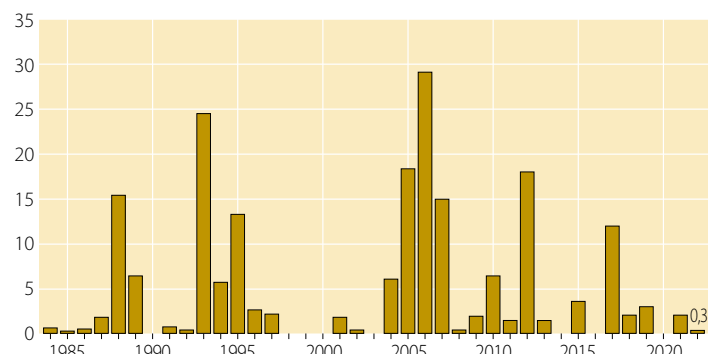


Foto: J. Evers

Fichte

Erhebliche Schäden sind seit 2018 in den Fichtenbeständen durch Sturm, Trockenheit und Borkenkäferbefall entstanden. Seit 2019 ist die Fichte die mit Abstand am stärksten geschädigte Baumart im hessischen Wald.

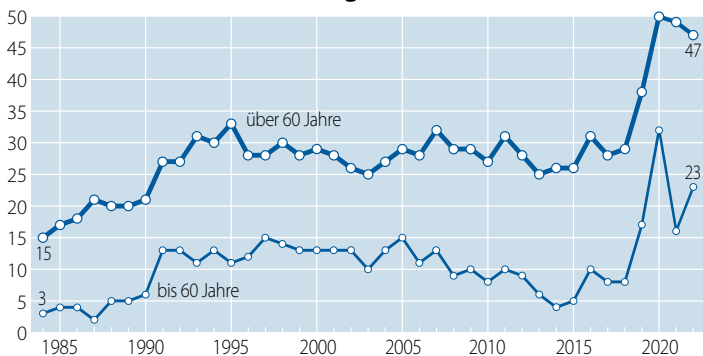
Ältere Fichte

Bei der älteren Fichte hat sich nach der deutlichen Verschlechterung der Kronenverlichtung von 29 % (2018) auf 38 % (2019) der Kronenzustand 2020 nochmals erheblich verschlechtert (50 %). Auch 2022 liegt die mittlere Kronenverlichtung mit 47 % auf nahezu gleichem Niveau. Damit werden in den letzten vier Jahren die mit Abstand höchsten Werte in der Zeitreihe erreicht.

Jüngere Fichte

Der Kronenzustand der jüngeren Fichte (Alter bis 60 Jahre) hat sich von 16 % im Vorjahr auf 23 % deutlich verschlechtert.

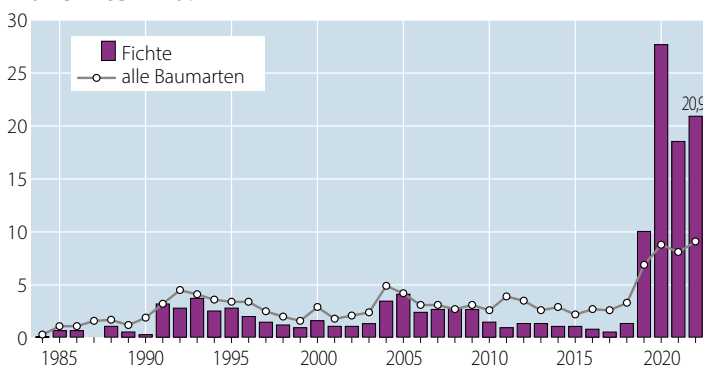
Mittlere Kronenverlichtung in %



Starke Schäden

Im Mittel aller Erhebungsjahre liegt der Anteil starker Schäden bei 3 %. Aktuell sind dagegen 21 % der Fichten stark geschädigt. Nach dem Anstieg der starken Schäden von 2018 (1 %) auf 10 % in 2019, bzw. 28 % in 2020 liegt der Anteil starker Schäden 2021 mit 19 % und 2022 mit 21 % weiterhin auf einem sehr hohen Niveau. Trockenstress, Windwürfe und starker Borkenkäferbefall seit 2018 haben zu einer sehr ungünstigen Vitalitätsentwicklung der Fichte geführt.

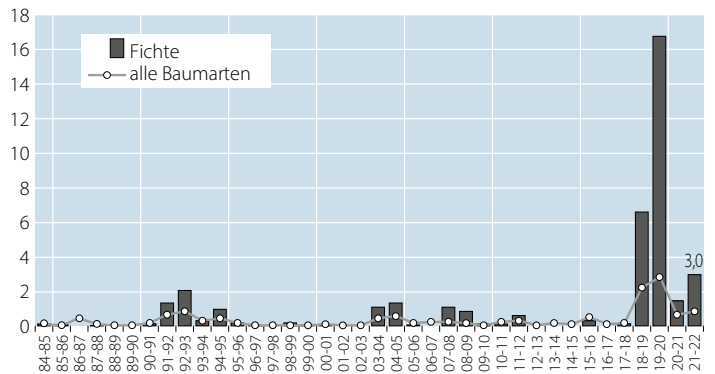
Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %



Absterberate

Die Absterberate der Fichte liegt im Mittel der Jahre 1984 bis 2017 bei 1 %. Die Absterberate ist von 2019 mit 7 % auf knapp 17 % in 2020 angestiegen. Sie ist in den beiden letzten Jahren wieder deutlich zurückgegangen (2021: 1,5 %; 2022: 3 %).

Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



Ausfallrate

2018 und 2019 haben Frühjahrsstürme vor allem Wälder im Norden des Landes getroffen. Vielerorts sind 2019 Fichten durch Sturm und Borkenkäferbefall ausgefallen (23 %). Auch 2020 und 2021 sind knapp 20 % bzw. 23 % ausgefallen. 2022 sind nochmals 11 % ausgefallen.

Jährliche Ausfallrate (als Schadholz entnommene Bäume), alle Alter in %

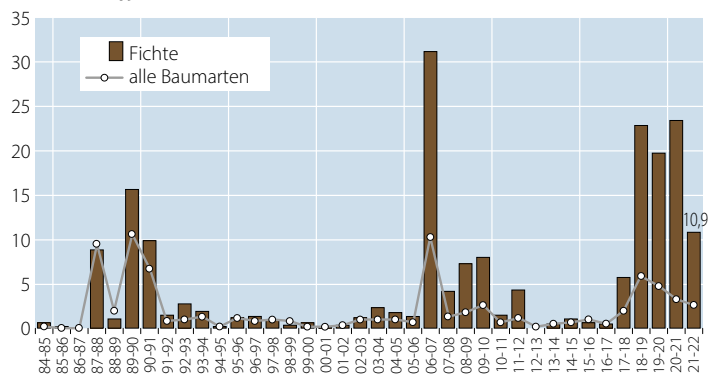


Foto: J. Evers

Kiefer

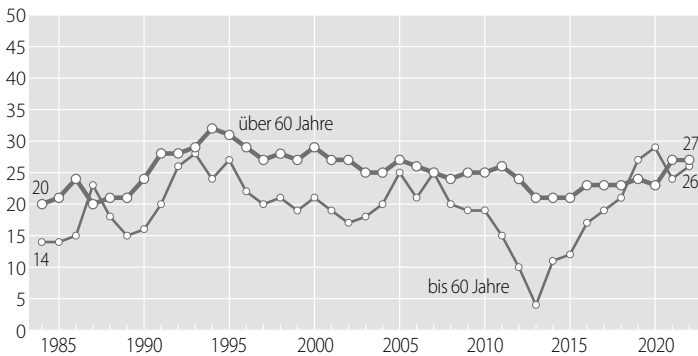
Ältere Kiefer

Die mittlere Kronenverlichtung der älteren Kiefer liegt wie im Vorjahr bei 27 %.

Jüngere Kiefer

Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Kiefer hat sich von 24 % (2021) auf 26 % leicht verschlechtert.

Mittlere Kronenverlichtung in %



Starke Schäden

Bei starken Verlichtungen ist die Anfälligkeit gegenüber Risiken erhöht. Der Anteil starker Schäden (alle Alter) liegt mit 8 % nahezu auf dem Niveau des Vorjahres (9 %). Damit werden in den letzten beiden Jahren die Höchstwerte in der Zeitreihe erreicht.

Anteil starker Schäden (inkl. abgestorbener Bäume), alle Alter in %

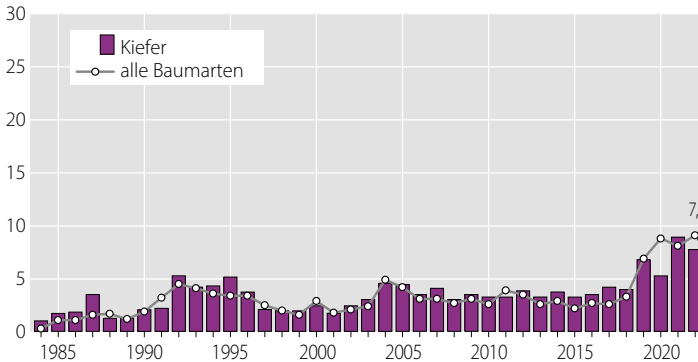
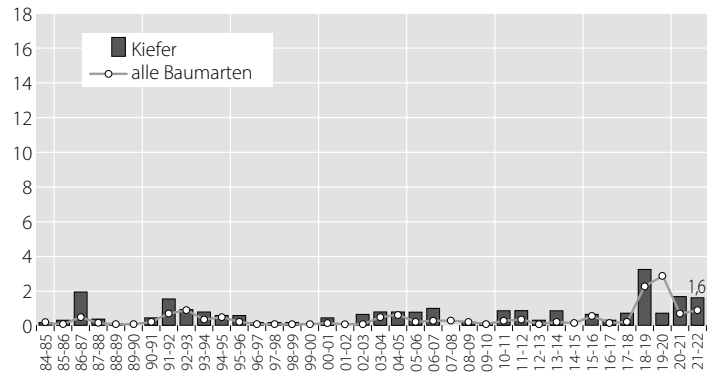


Foto: J. Evers

Absterberate

Die Absterberate der Kiefer (alle Alter) schwankt im Erhebungszeitraum zwischen 0 % und 3 %, der Mittelwert 1984–2022 liegt bei 0,7 %. Die Absterberate liegt mit 1,6 % auf dem Niveau des Vorjahres (1,7 %).

Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Alter in %



Ausfallrate

Die Ausfallrate der Kiefer ist im Vergleich zum Vorjahr (0,7 %) angestiegen (2022: 3,3 %).

Jährliche Ausfallrate (als Schadholz entnommene Bäume), alle Alter in %

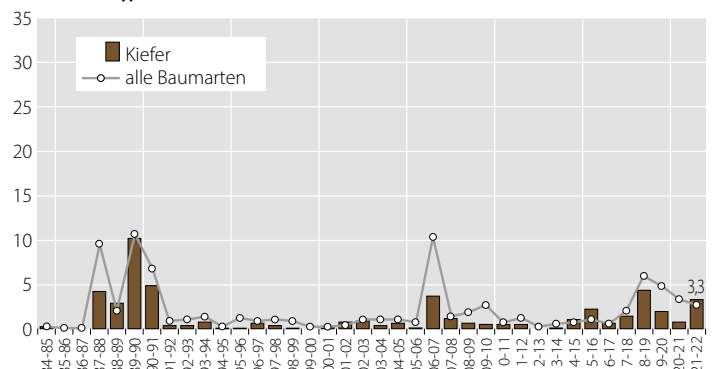


Foto: J. Evers

Wald in der Rhein-Main-Ebene

Uwe Paar und Caroline Klinck

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7194116>

Nach der deutlichen Verschlechterung des Kronenzustandes der älteren Bäume in der Rhein-Main-Ebene von 30 % (2018) auf 38 % (2019) bzw. 39 % (2020) ist die mittlere Kronenverlichtung in 2021 nochmals angestiegen (42 %). In 2022 verbleibt sie mit 41 % auf sehr hohem Niveau. Die mittlere Kronenverlichtung der jüngeren Bäume hat sich von 27 % (2021) auf 23 % verbessert. Insbesondere die jüngeren Bäume zeigen in der langen Zeitreihe einen schlechteren Kronenzustand als in Gesamthessen. Aber auch für die älteren Bäume in der Rhein-Main-Ebene hat sich der Unterschied zu Gesamthessen in den letzten drei Jahren vergrößert.

Die Eiche zählt zu den charakteristischen Baumarten dieser Region. Sie ist an die dortigen Klimabedingungen grundsätzlich gut angepasst.

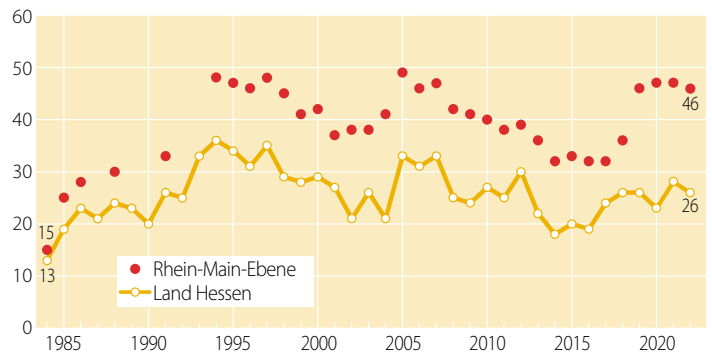
Von 2018 auf 2019 hat sich der Kronenzustand der älteren Eiche sprunghaft verschlechtert (2018: 36 %; 2019: 46 %). Der sehr hohe Wert von 2019 wird auch 2020 und 2021 mit jeweils 47 % bzw. 46 % in 2022 wieder erreicht.

Die kritische Situation der Eiche in der Rhein-Main-Ebene wird besonders in einem Vergleich zum landesweiten Eichenergebnis deutlich. Der Kronenverlichtung der älteren Eiche in Gesamthessen erreicht 2022 26 %. Im Vergleich dazu ist die Situation in der Rhein-Main-Ebene um 20 Prozentpunkte ungünstiger.

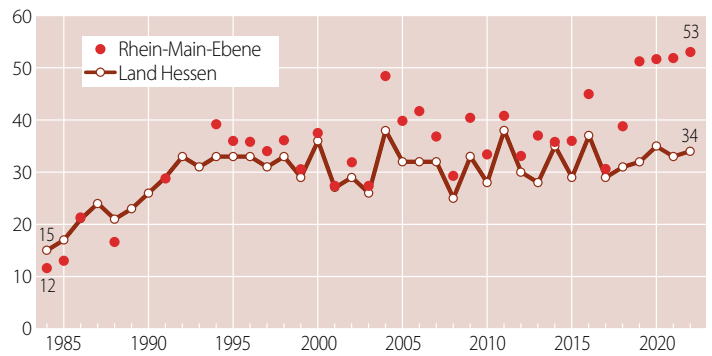
Der Kronenzustand der älteren Buche hat sich seit 2019 ebenfalls erheblich verschlechtert. Die mittlere Kronenverlichtung ist von 39 % (2018) auf 51 % (2019) bzw. 52 % 2020 und 2021 angestiegen. In 2022 wird mit 53 % der Höchstwert in der Zeitreihe erreicht. Die Buche zeigt in der Rhein-Main-Ebene einen deutlich schlechteren Vitalitätszustand als der Landesdurchschnitt.

Wie die Eiche zählt auch die Kiefer zu den Baumarten, die an die ökologischen Bedingungen der Tieflagen besonders an-

**Mittlere Kronenverlichtung in %
Eiche, über 60 Jahre**



**Mittlere Kronenverlichtung in %
Buche, über 60 Jahre**



**Mittlere Kronenverlichtung in %
Kiefer, über 60 Jahre**

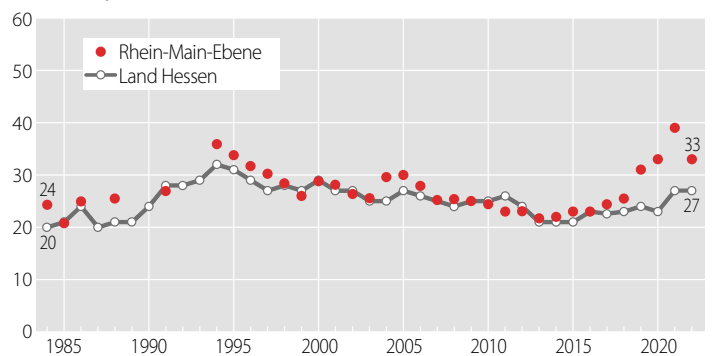


Foto: J. Weymar



Foto: J. Evers

gepasst ist oder sein sollte. Sorge entsteht vor allem aus dem Befund einer deutlichen Verschlechterung der älteren Kiefer seit 2018 (26 %) auf maximal 39 % in 2021. 2022 liegt die mittlere Kronenverlichtung bei 33 %.

Bereits im Rahmen der ersten Aufnahme zum Mistelbefall an der Kiefer im Jahr 2002 wurde für rund ein Drittel der Kiefern in der Rhein-Main-Ebene Mistelbefall festgestellt.

Seitdem erhöhte sich der Anteil von Kiefern mit Mistelbefall auf 43 % (2022). Misteln profitieren vom Stoffhaushalt der Wirtsbäume. Ihr Vorkommen verringert die Widerstandsfähigkeit der Kiefer gegenüber anderen Schadfaktoren.

Die Waldzustandserhebung weist auch für 2022 einen schlechten Vitalitätszustand für die Wälder in der Rhein-Main-Ebene nach. Auch die Absterberate liegt mit 2,5 % deutlich

über dem Mittelwert der Zeitreihe. Bisher ergriffene Maßnahmen haben nicht dazu geführt, die Walderhaltung wesentlich zu fördern. Die Stabilisierung der Wälder in der Rhein-Main-Ebene bleibt eine weiterhin vorrangige und anspruchsvolle Aufgabe.

Jährliche Absterberate (stehende Bäume), alle Baumarten, alle Alter in %

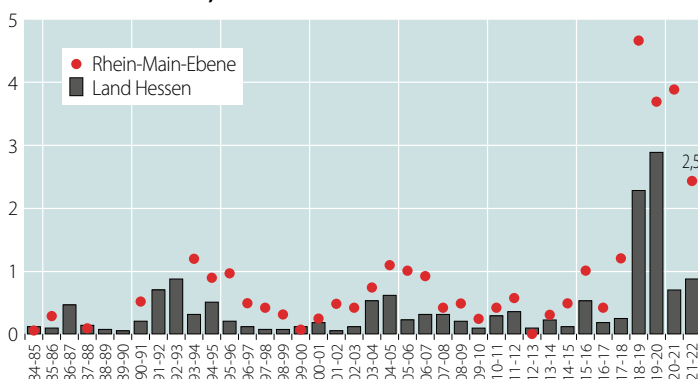


Foto: M. Köhler

Witterung und Klima

Johannes Suttmöller

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7194126>

Für eine flächenhafte Aussage für das Land Hessen werden die klimatologischen Größen Niederschlag und Temperatur anhand der Messstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) ausgewertet. Die Messwerte werden mit einem kombinierten Regionalisierungsverfahren (Inverse Distance Weighting, Höhenregression) auf ein einheitliches 50 Meter Raster interpoliert. Infolge einer veränderten Parametrisierung in der Regionalisierungsmethodik kommt es zu geringfügigen Abweichungen bei den mittleren Niederschlagssummen und Temperaturmittelwerten im Vergleich zum letztjährigen Bericht. Die Mitteltemperaturen werden in Grad Celsius (°C) und die Abweichung in Kelvin (K, entspricht °C) angegeben. Im Waldzustandsbericht wird die Witterung des aktuellen Vegetationsjahres beschrieben. Das Vegetationsjahr umfasst die Monate Oktober des Vorjahres bis einschließlich September des aktuellen Jahres. Um den anthropogen verursachten Erwärmungstrend zu verdeutlichen, werden im Text die Monatsmittelwerte des aktuellen Vegetationsjahres weiterhin mit den langjährigen Werten der international gültigen Klimareferenzperiode 1961–1990 verglichen.

Nach dem eher durchschnittlichen Vegetationsjahr 2020/2021 reihte sich das aktuelle Vegetationsjahr 2021/2022 in die sehr warmen Jahre der jüngsten Vergangenheit ein. Seit den 1990er Jahren ist eine Häufung überdurchschnittlich warmer Jahre zu beobachten. Mit einer Mitteltemperatur von

10,3 °C war das Vegetationsjahr 2021/2022 wiederum eines der wärmsten seit Messbeginn. Im Jahr 2022 trat vergleichbar mit den Jahren 2018 bis 2020 eine ausgeprägte Frühjahrs-trockenheit auf. Diese setzte sich im Sommer 2022 unvermindert fort. Das Zusammenspiel von überdurchschnittlich hohen Temperaturen und gleichzeitig sehr geringen Niederschlagsmengen führte zu einer extremen Dürre, die das ganze Land betraf. Infolgedessen trockneten die Waldböden in Hessen stark aus, so dass das pflanzenverfügbare Bodenwasser vielfach nicht ausreichte, um eine ausreichende Wasserversorgung der Bestände zu gewährleisten. Die ausgeprägte Bodentrockenheit hält in Teilen von Hessen nunmehr seit fünf Jahren an.

Witterungsverlauf von Oktober 2021 bis September 2022

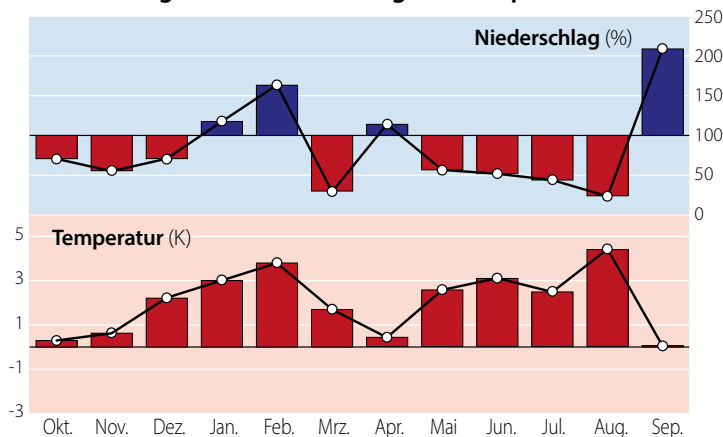
Der **Oktober** 2021 war in Hessen zu trocken, überdurchschnittlich sonnenscheinreich und etwas wärmer als im langjährigen Mittel der Klimareferenzperiode 1961 bis 1990. Mit 42 mm fielen im Flächenmittel 70 % der üblichen Niederschlagsmenge. Die Monatsmitteltemperatur betrug 9,1 °C und lag um 0,3 K über dem Durchschnittswert (Abb. Seite 19). Im **November** setzte sich die milde und trockene Witterung fort. Mit einer Mitteltemperatur von 4,4 °C war der Monat 0,6 K zu warm. Das langjährige Niederschlagsmittel in Hessen wurde um rund 45 % unterschritten (38 mm). Es folg-



Foto: M. Spielmann

te ein trockener und milder **Dezember**. Dabei fielen im Flächenmittel 53 mm Niederschlag. Dies entspricht knapp 70 % des Niederschlagsolls, wobei in der nördlichen Landesmitte regional weniger als 50 % der vieljährigen Monatssumme gemessen wurden. Mit einer Monatsmitteltemperatur von 3,0 °C war der Dezember 2021 um 2,1 K zu warm. Entsprechend der Jahreszeit nahmen die Bodenwassergehalte zwar zu, allerdings reichten die unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen nicht aus, um die Bodenwasserspeicher vollständig aufzufüllen.

Abweichungen von Niederschlag und Temperatur 2021/22

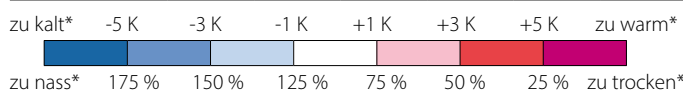


Abweichungen von Niederschlag und Temperatur vom Mittel der Klimareferenzperiode 1961–1990 (durchgezogene schwarze Linie) in Hessen, Monatswerte für das Vegetationsjahr 2021/2022 (Oktober 2021 bis September 2022)

Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

Temperaturmittelwerte und Niederschlagssummen für das Vegetationsjahr 2021/2022 (Oktober 2021–September 2022) sowie die langjährigen Mittelwerte der Referenzperioden 1961–1990 und 1991–2020

	Temperatur (°C)			Niederschlag (mm)		
	2021/22	1961–1990**	1991–2020**	2021/22	1961–1990**	1991–2020**
Oktober	9,1	8,8	9,2	42	60	62
November	4,4	3,8	4,8	38	70	66
Dezember	3,0	0,9	1,8	53	77	75
Januar	2,6	-0,3	0,9	74	63	67
Februar	4,4	0,5	1,5	85	52	53
März	5,4	3,7	4,9	18	62	56
April	7,9	7,5	9,0	66	58	44
Nicht-vegetationszeit	5,3	3,6	4,6	376	442	423
Mai	14,7	12,0	13,0	38	70	68
Juni	18,3	15,2	16,2	41	80	65
Juli	19,3	16,8	18,2	31	73	79
August	20,7	16,4	17,8	16	68	68
September	13,2	13,2	13,6	120	57	60
Vegetationszeit	17,3	14,7	15,8	246	348	340
Vegetationsjahr	10,3	8,2	9,3	622	790	763



* Abweichung zur Periode 1961–1990, ** Neuberechnung (50 m Digitales Höhenmodell)



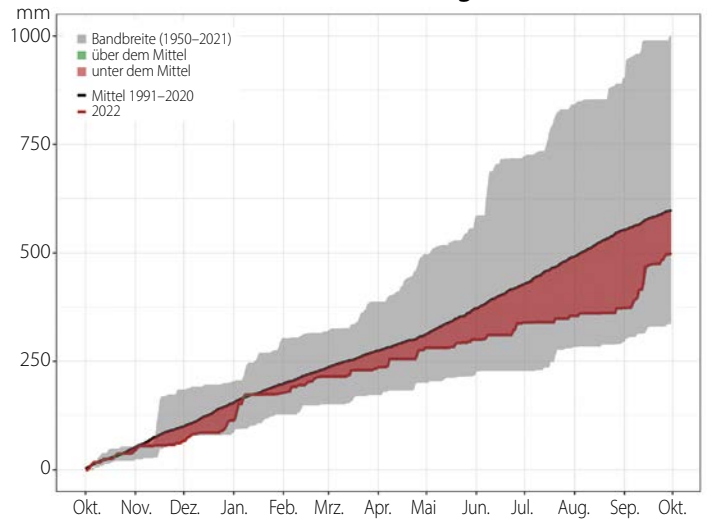
Foto: C. Klirnck

Die Witterung im **Januar** 2022 war durch trübes und überwiegend mildes Wetter geprägt. Die Monatsmitteltemperatur betrug 2,6 °C und lag damit um fast 3 K über dem langjährigen Mittelwert. Es fielen im Flächenmittel 74 mm Niederschlag und damit fast 20 % mehr als üblich. Besonders in den südlichen Landesteilen fiel reichlich Niederschlag, während im nördlichen Hessen verbreitet weniger als im langjährigen Mittel gemessen wurde. Im **Februar** überwogen Westwindwetterlagen, die zu einer raschen Abfolge von Tiefdruckgebieten führten. Der Monat war mit einer Mitteltemperatur von 4,4 °C und einer positiven Temperaturabweichung von 3,9 K sehr mild. Infolge der zahlreichen Tiefdruckgebiete wurde das Niederschlagsoll um rund 60 % im Landesmittel übertroffen. Dabei fielen 85 mm Niederschlag, wobei die nördlichen Landesteile und die Mittelgebirge besonders nass waren. Allerdings reichten die Niederschläge nicht aus, um auch die tieferen Bodenschichten nachhaltig zu durchfeuchten. Es folgte ein extrem trockener und der sonnenscheinreichste **März** seit Beobachtungbeginn im Jahr 1951. Für das Flächenmittel von Hessen wurden nur 18 mm Niederschlag berechnet. Dies entspricht knapp 30 % der langjährigen mittleren Niederschlagshöhe. Der März war mit einer Mitteltemperatur von 5,4 °C um 1,7 K wärmer als im langjährigen Mittel der Periode 1961 bis 1990. Die trockene Witterung führte zu einer deutlichen Abnahme der Bodenwassergehalte in den oberen Bodenschichten.

Der **April** war in Hessen etwas feuchter als im langjährigen Mittel. Es fielen 66 mm Niederschlag und damit rund 10 %

mehr als üblich. In den hessischen Mittelgebirgen betrug der Niederschlagsüberschuss teilweise mehr als 50 %. Obwohl die Nächte häufig frostig waren, lag die Mitteltemperatur mit 7,9 °C um 0,4 K über dem langjährigen Mittelwert. Mit Beginn der Vegetationszeit im **Mai** begann eine mehrmonatige extreme Trockenperiode. Die sonnenscheinreiche und warme Witterung ließ die Böden zunehmend austrocknen. Die Niederschlagshöhe von 38 mm entsprach 55 % der langjährigen mittleren Werte, wobei im südlichen Hessen verbreitet weniger als 50 % des Solls gemessen wurde. Der Mai war mit 14,7 °C um 2,7 K zu warm. Auch der **Juni** war sehr sonnenscheinreich, trocken und sehr warm. Die Monatsmitteltemperatur von 18,3 °C lag um 3,1 K über dem Wert der Referenzperiode. Mit 41 mm im Flächenmittel fielen nur 50 % des langjährigen Mittels. Die Bodenfeuchte in den oberen Bodenschichten sank vielfach auf unter 40 % des pflanzenverfügbaren Bodenwassers ab, so dass die Wälder verstärkt unter Trockenstress zu leiden hatten. Auch im **Juli** setzte sich die sehr trockene und warme Witterung fort. Vielfach wurden um die Monatsmitte Tageshöchsttemperaturen von deutlich über 35 °C (Fulda am 20. Juli 38,9 °C) gemessen. Die Mitteltemperatur lag in Hessen mit 19,3 °C um 2,5 K über den

Akkumulierter Niederschlag im Vegetationsjahr an der Klimastation Frankfurt/Flughafen



langjährigen Durchschnittswerten. Die Niederschlagshöhe von 31 mm im Flächenmittel bedeutet ein Defizit von knapp 60 % im Vergleich zur Periode 1961 bis 1990. Die ohnehin schon geringen Bodenwassergehalte nahmen weiter ab und verstärkten den Trockenstress. Zudem kam es zu zahlreichen Waldbränden. Der **August** war der vierte Monat in Folge, der



Foto: M. Schmidt

deutlich zu trocken ausfiel. Rund 25 % (16 mm) der langjährigen Niederschlagsmenge wurden für das Flächenmittel berechnet. Punktuelle Starkniederschläge konnten die extreme Trockenheit nicht abmildern und führten nur vorübergehend zu einer leichten Aufweitung der oberen Bodenschichten. Die Monatsmitteltemperatur von 20,7 °C lag um 4,3 K über den Durchschnittswerten. Damit war der August 2022 einer der wärmsten seit Messbeginn im Jahr 1881. Zum Ende des Vegetationsjahres 2021/2022 wurden im **September** erstmals seit April wieder überdurchschnittlich hohe Niederschlagsmengen in Hessen gemessen. Das Flächenmittel des Niederschlags betrug 120 mm und damit mehr als doppelt so viel wie im langjährigen Mittel. Besonders nass war es in den südlichen Landesteilen. Allerdings reichten die Niederschläge nicht aus, um die extreme Trockenheit des Gesamtbodens zu kompensieren. Lediglich der Oberboden (bis 60 cm Tiefe) wurde gut durchfeuchtet. Nach sommerlichem Beginn kühlte es ab der zweiten Septemberdekade deutlich ab, so dass die Monatsmitteltemperatur von 13,2 °C genau dem langjährigen Mittelwert der Referenzperiode 1961 bis 1990 entsprach.

Um die extreme Trockenheit im Vegetationsjahr 2021/2022 zu verdeutlichen, wird am Beispiel der Klimastation Frankfurt/Flughafen des DWD der akkumulierte Niederschlag im Vergleich zu den Jahren 1950 bis 2021 abgebildet (Abb. Seite 20). In der Zeitreihe gibt es keine Datenlücken, so dass der gesamte Messzeitraum berücksichtigt werden konnte. Die Bandbreite wird durch das im Beobachtungszeitraum trockenste Jahr (1976) und niederschlagreichste Jahr (1965) aufgespannt.

Der Verlauf der summierten Tagesniederschläge zeigt, dass bereits ab November 2021 im Vergleich zur mittleren Nieder-

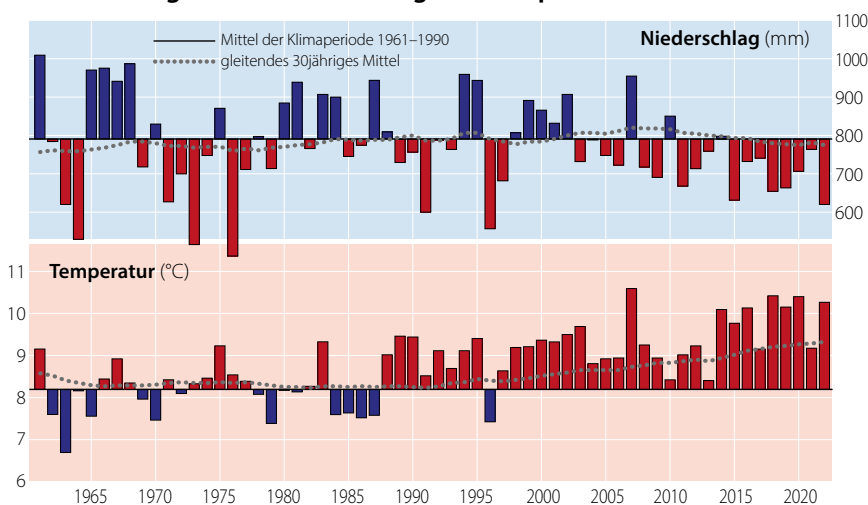
schlagssumme der Periode 1991 bis 2020 ein Defizit besteht. Dieses erhöht sich zunächst im weiteren Verlauf kontinuierlich. Anfang Januar wird die mittlere Niederschlagssumme kurzfristig übertroffen. Zu Beginn der Vegetationszeit im Mai 2022 beträgt das Defizit knapp 50 mm und erhöht sich bis Ende August auf rund 150 mm. Infolge der hohen Niederschläge verringert sich das Defizit bis Ende September auf ungefähr 100 mm und entsprach damit den Werten der Jahre 2018 und 2019.

Temperatur und Niederschlag im langjährigen Verlauf

Das Vegetationsjahr 2021/2022 war mit 10,3 °C im Flächenmittel von Hessen 2,1 K wärmer als der Mittelwert der Klimareferenzperiode 1961–1990 und 1,0 K wärmer im Vergleich zur aktuellen Periode 1991–2020. Dabei waren 8 von 12 Monaten mehr als 1 K wärmer und kein Monat kälter als die langjährigen Mittelwerte (Abb. und Tab. Seite 19). Der langfristige Erwärmungstrend setzt sich ungehindert fort, wie das gleitende Mittel der letzten 30 Jahre verdeutlicht (gepunktete Linie in der Abb. unten). Das vergangene Vegetationsjahr war erneut extrem trocken. Im Flächenmittel von Hessen fielen 622 mm Niederschlag und damit 30 bis 40 mm weniger als im Jahr 2018 (655 mm) und 2019 (665 mm). In den letzten 12 Monaten waren nur der Februar und September überdurchschnittlich nass, während 8 von 12 Monaten teilweise deutlich zu trocken ausfielen.

Die Nichtvegetationszeit von Oktober 2021 bis April 2022 war 1,7 K wärmer als der langjährige Mittelwert. Die Mitteltemperatur betrug 5,3 °C (Abb. Seite 22 oben). In den nördlichen Landesteilen lag die positive Temperaturabweichung regional über 2,0 K, während die Temperaturen in der Rhein-Main-Ebene

Abweichungen von Niederschlag und Temperatur 1961–2022



Abweichungen von Niederschlag und Temperatur vom Mittel der Klimaperiode 1961–1990 (durchgezogene schwarze Linie) und gleitendes Mittel der letzten 30 Jahre (gepunktete graue Linie) in Hessen, Jahreswerte für das Vegetationsjahr (Oktober bis September)

Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach



Foto: J. Weymar

Foto: M. Spielmann



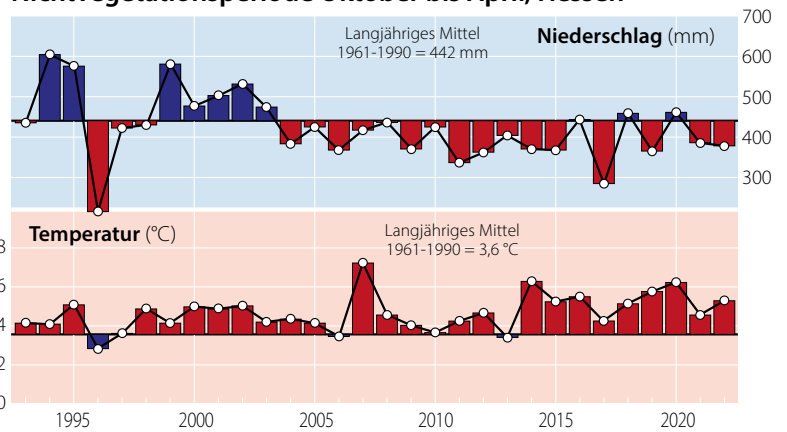
weniger als 1,5 K von den langjährigen Mittelwerten abweichen (Abb. Seite 23 oben links). In der Nichtvegetationszeit fielen im Flächenmittel von Hessen 376 mm Niederschlag und damit rund 15 % weniger als das langjährige Niederschlagsoll (Abb. rechts oben). Überdurchschnittlich trocken war es teilweise im Vogelsberg und im Nordosten des Landes (Abb. Seite 23 unten links).

Die Vegetationszeit von Mai bis September 2022 war ebenfalls überdurchschnittlich warm und trocken. Die Mitteltemperatur betrug 17,3 °C und lag damit 2,6 K über dem Mittelwert der Periode 1961 bis 1990 (Abb. rechts unten). Dabei war die positive Temperaturanomalie im äußersten Norden nicht ganz so groß wie in den übrigen Landesteilen (Abb. Seite 23 oben rechts). Im südlichen Hessen lag die Temperaturabweichung teilweise über 3 K. Im Flächenmittel des Landes Hessen fielen mit 246 mm nur 70 % der langjährigen Niederschlagsmenge (Abb. rechts unten). Besonders große Defizite gab es im Süden und Norden des Landes (Abb. Seite 23 unten rechts). Infolge von Starkniederschlagsereignissen betrug regional das Niederschlagsdefizit weniger als 10 %.

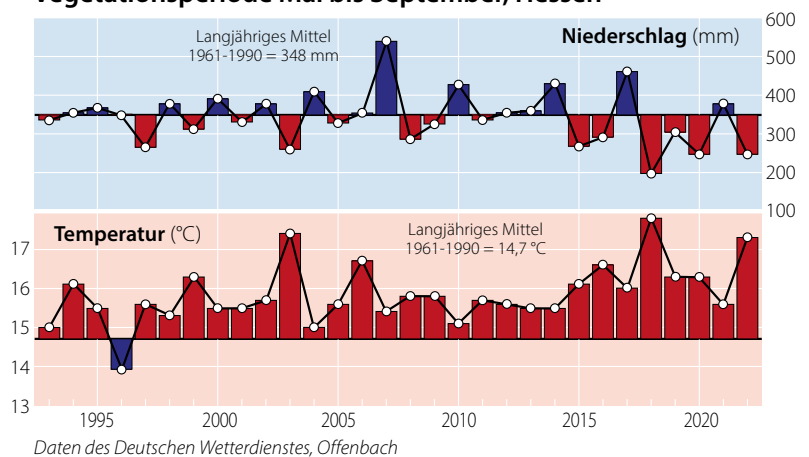
Fazit

- Das Vegetationsjahr 2021/2022 war mit einer Mitteltemperatur von 10,3 °C eines der wärmsten Jahre seit Beobachtungsbeginn im Jahr 1881. Der langjährige Erwärmungstrend setzte sich unvermindert fort.
- Mit 622 mm fielen knapp 80 % des langjährigen Niederschlagsmittelwertes.
- Dabei waren 8 von 12 Monaten teilweise deutlich zu trocken und bis auf den September alle Monate zu warm.
- In Teilen des Landes Hessen hält die ausgeprägte Bodentrockenheit nunmehr seit fünf Jahren an.

**Langjährige Klimawerte (1993–2022)
Nichtvegetationsperiode Oktober bis April, Hessen**



**Langjährige Klimawerte (1993–2022)
Vegetationsperiode Mai bis September, Hessen**



Daten des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach

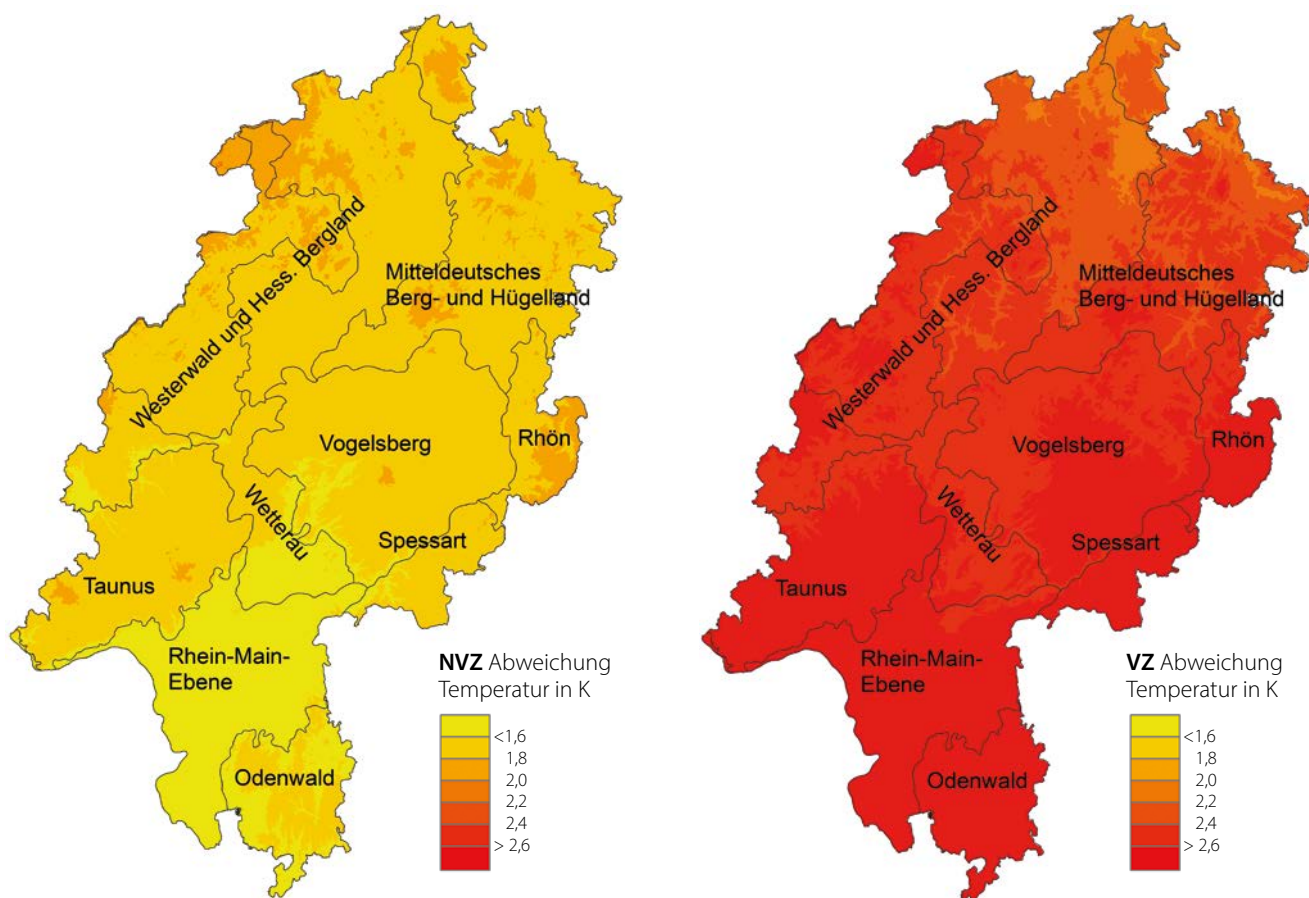
Literatur

Deutscher Wetterdienst (2021): Monatlicher Klimastatus Deutschland. DWD, Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Offenbach, www.dwd.de/klimastatus

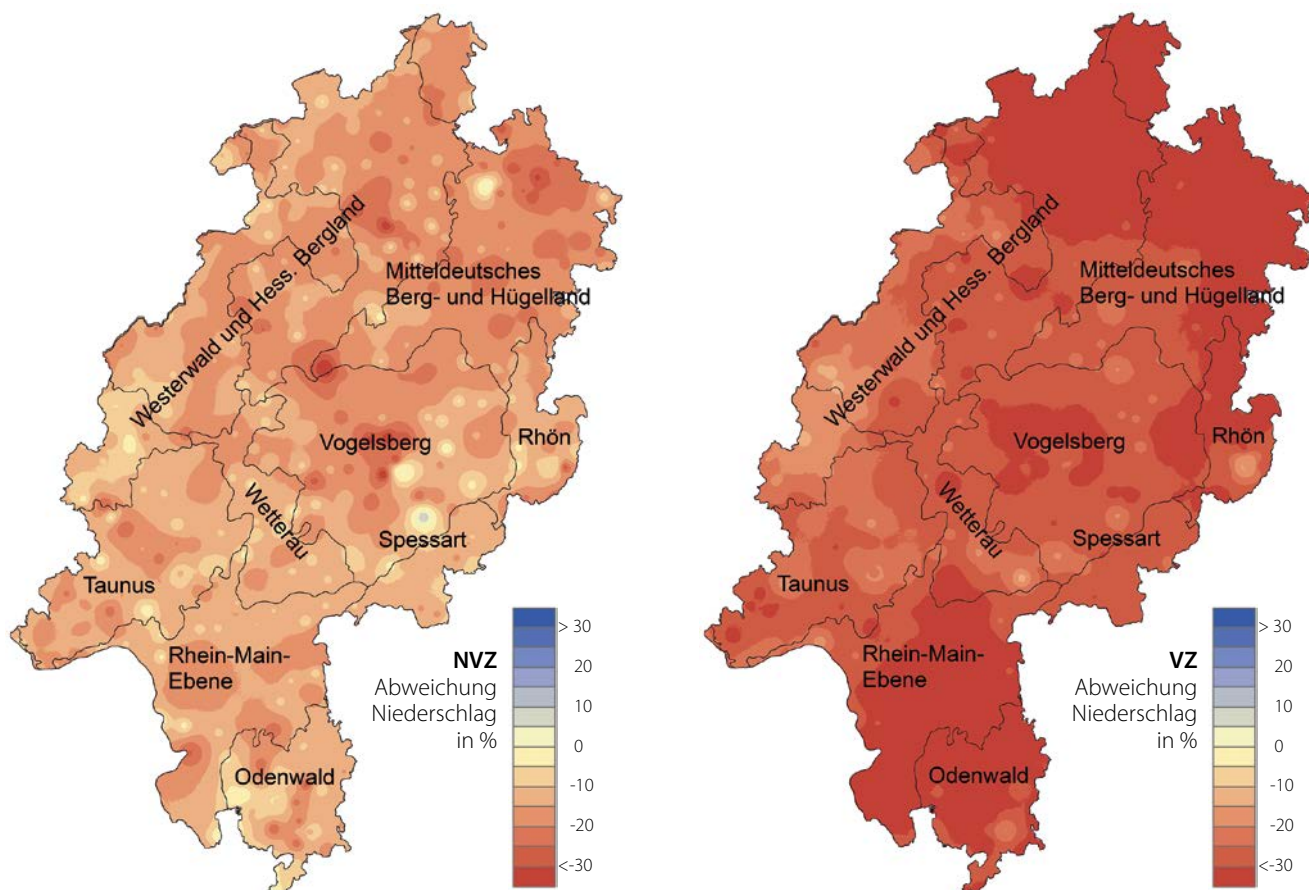
Deutscher Wetterdienst (2022): Monatlicher Klimastatus Deutschland. DWD, Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Offenbach, www.dwd.de/klimastatus

Sutmöller J, Wagner, M, Meesenburg, H, Scheler B (2022): Der Bodenfeuchtezustand der Waldböden im Vegetationsjahr 2021 – Ist die Bodentrockenheit in Nordwestdeutschland beendet? AFZ-DerWald Heft 11: 24–27.

**Abweichung der Temperatur vom langjährigen Mittel (1961–1990)
in der Nichtvegetationszeit (NVZ) 2021/2022 und in der Vegetationszeit (VZ) 2022**



**Abweichung der Niederschlagssumme vom langjährigen Mittel (1961–1990)
in der Nichtvegetationszeit (NVZ) 2021/2022 und in der Vegetationszeit (VZ) 2022**



Insekten und Pilze

Martin Rohde, Rainer Hurling, Gitta Langer, Johanna Bußkamp, Pavel Plašil und Ines Graw
<https://doi.org/10.5281/zenodo.7194136>

Borkenkäfer

Bei insgesamt deutlich zu geringen Niederschlägen war die erste Jahreshälfte 2022 vor allem durch eine Folge von Stürmen des ausgehenden Winters geprägt. Rindenbrütende Borkenkäferarten zeigten verhaltene Flug- und Besiedlungstätigkeiten ab Mitte April. Es wurde kaum Stehendbefall beobachtet, Windwürfe wurden häufig zunächst nur gering besiedelt. Erste stärkere Schwärmlüge wurden in der ersten Maiwoche verzeichnet, starker Flug erst ab Mitte Mai. Entsprechend zögerlich verlief vielerorts auch die Besiedlung des liegenden Holzes. Gegen Ende Mai ließen die Schwärmaktivitäten des **Buchdruckers** (*Ips typographus*) wieder deutlich nach, um dann Mitte Juni erneut einzusetzen. Das deutet auf Flugaktivitäten von Weibchen hin, die überbesiedelte oder qualitativ schlechte Brutbereiche verließen, um in anderen Stämmen neue Bruten zu eröffnen (Geschwisterbruten). Ab Ende Juni wurden fertige Brutentwicklungen mit Jungkäfern beobachtet. Aufgrund überwiegend deutlich zu geringer Niederschläge sind unsere Waldbäume vielerorts sehr geschwächt und können Besiedlungsversuchen von Borkenkäfern kaum etwas entgegensetzen.

Während der **Kupferstecher** (*Pityogenes chalcographus*) direkt nach der Überwinterung zunächst keine größere Rolle bei der Besiedlung liegenden Holzes spielten, trat er ab Mai 2022 deutlicher in Erscheinung. Vielerorts konnte beobachtet werden, dass der Kupferstecher in Windwürfen große Dichten erreicht hat und auch die Brutentwicklung des Buch-



Foto: NW-FVA

Prachtkäfer Gangsystem auf Eichenholz nach Entnahme der Rinde

druckers im Liegenden erheblich stören kann. Schäden durch **Lärchenborkenkäfer** (*Ips cembrae*) wurden auf geringem Niveau gemeldet.

Nunmehr im dritten Jahr werden Besiedlungen alter Eichen durch den **Eichenholzbohrer** (*Xyleborus monographus*), oft in Vergesellschaftung mit dem **Eichenkernkäfer** (*Platypus cylindrus*) und weiteren im Kernholz brütenden Arten, beobachtet. Es wurde vermehrt beobachtet, dass Alteichenbestände mit Besiedlung durch Eichenkernkäfer und Eichenholzbohrer häufig auch ausgeprägten Befall durch **Eichenprachtkäfer** (*Agrilus biguttatus* u. a.) aufwiesen. Anders als bei den „Kernkäferarten“ kann stärkerer Befall durch Eichenprachtkäfer auch zum Absterben der Eiche führen.



Foto: J. Evers

Borkenkäferschäden

Eichenfraßgesellschaft und Kieferngroßschädlinge

In Hessen befinden sich die Populationen des **Kleinen Frostspanners** (*Operophtera brumata*) und **Großen Frostspanners** (*Erannis defoliaria*) weiterhin in Latenz. Der **Schwammspinner** (*Lymantria dispar*) befindet sich in Hessen in Retrogradation. Fraßereignisse oder Falterflug der Kieferngroßschädlinge und Nonne wurden in Hessen nicht beobachtet.

Waldmaikäfer

Im Jahr 2021 hatten Grabungen nach Engerlingen des Waldmaikäfers im Hessischen Ried Populationsdichten nachgewiesen, wie sie zuletzt durch Grabungen im Jahr 2009 auftraten. Die bereits seit mehreren Maikäfergenerationen beobachtete räumliche Verschiebung hoher Dichten vom südlichen Hessischen Ried über Darmstadt bis in den Frankfurter Raum setzte sich fort. In Waldbeständen mit höheren Maikäferdichten liegt weiterhin eine hohe bis sehr hohe Gefährdung für Kulturen, aber auch für mittelalte und alte Bäume vor.

Entsprechend dem vierjährigen Entwicklungszyklus kam es 2022 wieder zu einem Hauptflugjahr des Waldmaikäfers im Hessischen Ried. An 14 Standorten erfolgte wie auch im vorherigen Hauptflugjahr 2018 wiederum ein Schlupfmonitoring mit insgesamt 56 Schlupfnetzen zur Erfassung des Schlupfzeitraumes, der Anzahl der schlüpfenden Käfer sowie des Geschlechterverhältnisses. Vor allem im Mai fand ein sehr starker Schlupf der Käfer statt, in milden Abendstunden konnte starker Schwärmflug und starker Reifungsfraß der Käfer in den Kronen von Roteichen, Buchen und anderen Baumarten beobachtet werden.

Eschentriebsterben

Das Eschentriebsterben wird in Europa auf großer Fläche beobachtet. Der Erreger *Hymenoscyphus fraxineus* ist ein aggressives und höchst erfolgreiches invasives Pathogen, das



Foto: NW-FVA

Eschentriebsterben

sich nach seiner Einschleppung in Mitteleuropa schnell verbreitete und schwerwiegende Folgen für die heimischen Eschen-Populationen hervorgerufen hat. Es führt im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA örtlich zur Auflösung von Bestandteilen und zum Absterben von Eschen.

Komplexe Schäden an Rotbuche

Wie auch in den vergangenen Jahren seit 2018 wurden in Teilbereichen Absterbeerscheinungen infolge der Hitze- und Trockenheit bei Rotbuchen beobachtet, die sich dem Schadbild der sogenannten **Buchen-Vitalitätsschwäche** zuordnen lassen. Typische Symptome sind das Absterben des Stammes von der Krone her und ein Auftreten von Schleimflussflecken. Diese Symptome sind mit Rindennekrosen, Rindenrissen und abplatzender Rinde verbunden. Sie lassen sich auf Sonnenbrand und/oder den Befall mit Rindenpilzen, teilweise gefolgt von einem Befall mit Borken- bzw. Prachtkäfern zurückführen. Nachfolgend treten verschiedene Holzfäulepilze auf.



Foto: M. Spielmann

Buchen-Vitalitätsschwäche

Rußrindenerkrankung des Ahorns

Als Folge der Hitze und Niederschlagsdefizite in den Jahren 2018 bis 2020 kam es auch in 2022 weiterhin zu auffälligem Auftreten der Rußrindenerkrankung des Ahorns. Die Rußrindenerkrankung wird durch den ursprünglich in Nordamerika beheimateten, invasiven Schlauchpilz *Cryptostroma corticale* ausgelöst. Die Ausbreitung des Pilzes erfolgt luftge-

bunden über Sporen (Konidien). Die Rußrindenkrankheit tritt in Deutschland in erster Linie beim Bergahorn (*Acer pseudo-platanus*), seltener bei Spitz- (*A. platanoides*) und Feldahorn (*A. campestre*) auf.



Foto: R. Schläpfer

Rußrinde

Diplodia-Triebsterben der Kiefer

Der wärmeliebende Pilz *Diplodia sapinea* (Synonym: *Sphaeropsis sapinea*) tritt seit den letzten 20 Jahren verstärkt in Kiefernbeständen des Zuständigkeitsgebietes der NW-FVA auf. Untersuchungsergebnisse haben gezeigt, dass dieser Pilz endophytisch in allen Kiefernbeständen bundesweit sehr verbreitet ist. Schaden löst er erst aus, wenn der Pilz bei vorgeschädigten oder geschwächten Wirtspflanzen in seine parasitische Phase übergeht und dadurch das *Diplodia*-Triebsterben verursacht.

Dem Auftreten des *Diplodia*-Triebsterbens geht in der Regel eine Schwächung der Kiefer voraus. Auslösende Faktoren können nach derzeitiger Einschätzung sein: Wasserdefizite durch

Trockenheit, Hitze, starke Besonnung (siehe Niederschlagsdefizite) oder Verletzungen der Triebe durch Hagelschlag. Ein prädisponierender Faktor kann Mistelbefall sein, der ebenfalls Trockenstress hervorruft bzw. verstärkt. Trockenstress kann zudem auf flachgründigen, südexponierten Standorten oder in Kuppenlagen entstehen. Zahlreiche Schadensfälle stehen mit Wurzelfäulen, insbesondere durch den Wurzelschwamm, in Verbindung, der auch als prädisponierender Faktor in Erscheinung tritt.

Schäden an Douglasien

Auffällig waren Vitalitätsverluste bei mittelalten und alten Douglasien infolge von Hitze und Dürre in den Vorjahren 2018–2020. Infolge der Vitalitätseinbußen und Trockenheit kam es sowohl bei Jungpflanzen als auch älteren Douglasien zum Befall mit Hallimasch und Borkenkäfern bzw. deren Einbohrversuchen, die zu starken Ausharzungen führten. Regional kam es nach den Jahren 2021/2022 zu vorzeitigem Nadelverlust infolge eines Befalls mit der Rußigen Douglasienschütte (*Nothophaeocryptopus gaeumannii*) oder zu physiologischer Nadelröte der Douglasie infolge von Frosttrocknis.



Foto: NW-FVA

Rußige Douglasienschütte



Foto: NW-FVA

Diplodia-Triebsterben der Kiefer

Stoffeinträge

Birte Scheler

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7194175>

Mit dem Niederschlag gelangen verschiedene Nähr- und Schadstoffe in gelöster Form in den Wald. Zusätzlich werden diese Stoffe in gas- und partikelförmiger Form eingetragen. Im Vergleich verschiedener Landnutzungsformen ist der atmosphärische Stoffeintrag aufgrund des ausgeprägten Filtereffekts der großen Kronenoberflächen für Gase und partikuläre Stoffe in Wäldern besonders hoch. Diese sogenannte Immissionsschutzfunktion des Waldes stellt jedoch für das Ökosystem Wald selbst eine Belastung dar, da Schwefel- und Stickstoffverbindungen (Nitrat und Ammonium) das chemische Bodenmilieu durch Versauerung und Eutrophierung verändern.

In Hessen wurde bereits 1984 mit der systematischen Erfassung der Stoffeinträge in Buchen- und Fichtenbeständen begonnen, um die Wirkung erhöhter Stoffeinträge sowie damit verbundener Risiken für Wälder, Waldböden und angrenzende Ökosysteme beurteilen zu können.

Aktuell wird der Stoffeintrag im Rahmen des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings in zwei Fichten-, sechs Buchen- sowie einem Kiefernbestand erfasst. Jeder Bestandesmessfläche (Kronentraufe) ist eine Freifläche (Freilandniederschlag) zugeordnet. In Buchenbeständen wird zur Erfassung des Bestandesniederschlags neben der Kronentraufe auch der bei dieser Baumart quantitativ bedeutsame Stammablauf gemessen. Mittels eines Kronenraumbilanzmodells (Ulrich 1991) werden aus den gemessenen Stoffflüssen Gesamtdositionsraten berechnet.

Die Höhe der Stoffeinträge wird maßgeblich durch Faktoren wie Niederschlagsmenge, -intensität und -verteilung, Windgeschwindigkeit, Baumart, Bestandeshöhe und Bestockungsgrad, Kronenrauigkeit oder lokale Emittenten bestimmt. So

sind die Stoffeinträge in den niederschlagsreichen Lagen der Mittelgebirge höher als beispielsweise in der niederschlagsarmen Wetterau. Fichten- und Douglasienbestände sind wegen der ganzjährigen und im Vergleich mit Kiefern dichteren Benadelung stärker durch Stoffeinträge belastet als Buchen-, Eichen- und Kiefernbestände. Dieser Baumarteneffekt zeigt sich sehr gut in Fürth im Odenwald, wo eine Fichten- und eine Buchenfläche in unmittelbarer Nachbarschaft und somit unter gleicher Immissionsbelastung und gleichen klimatischen Bedingungen beobachtet werden. Im Fichtenbestand in Königstein mussten im Jahre 2020 einige Bäume wegen Borkenkäferbefalls gefällt werden, im Spätsommer 2021 musste dann der gesamte Bestand geräumt werden. Die deutliche Abnahme der Stoffeinträge sowie die verringerte Interzeption in diesen beiden Jahren sind durch die veränderte Bestandesstruktur bzw. komplette Räumung des Bestandes bedingt.

Niederschlag

2021 lagen sowohl der Bestandes- als auch der Freilandniederschlag der untersuchten Monitoringflächen auf dem Niveau des 10-jährigen Mittels der Jahre 2011–2020. Lediglich auf der Fichtenfläche in Königstein wurde durch die Räumung des Bestands im Spätsommer 2021 34 % mehr Niederschlag registriert als im 10-jährigen Mittel.

Der Bestandesniederschlag der Buchenflächen betrug 2021 zwischen 443 mm (Kellerwald) und 807 mm (Spessart). Unter Fichte wurden 657 mm (Fürth im Odenwald) bzw. 804 mm (Königstein) registriert und auf der Kiefernfläche im Hessischen Ried 568 mm. Die Niederschlagsmengen im Freiland lagen zwischen 640 mm (Kellerwald, Hessisches Ried) und 987 mm (Fürth im Odenwald).



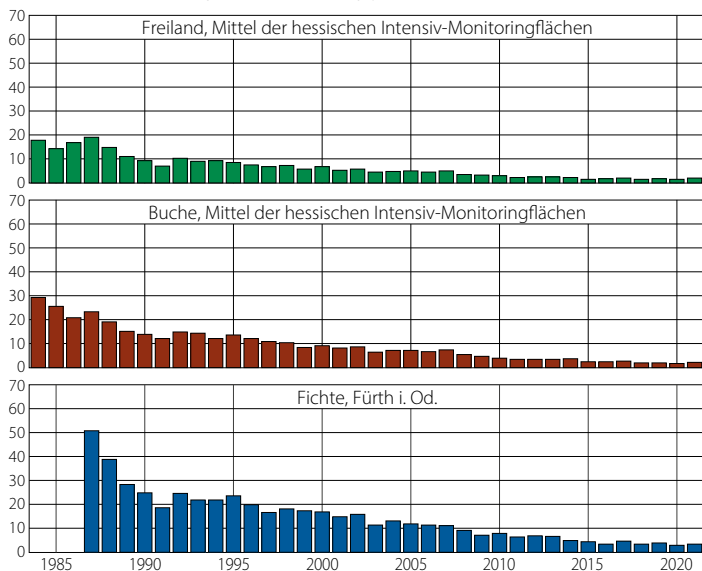
Foto: O. Schwerdtfeger

Messeinrichtung zur Erfassung des Stammablaufs bei Buche auf der Level II-Core-Fläche Spessart

Schwefeleintrag

Durch die Umsetzung zahlreicher Maßnahmen zur Luftreinhaltung wie Rauchgasentschwefelung und die Einführung schwefelarmer Kraft- und Brennstoffe seit Mitte der 1980er Jahre wurden die Schwefeldioxidemissionen und in der Folge der Sulfatschwefeleintrag in Wälder wirksam reduziert. Diese deutliche Abnahme hat sich mit Ausnahme beim Freilandeintrag im Hessischen Ried, Krofdorf und Kellerwald trotz des bereits erreichten relativ niedrigen Niveaus zu Beginn der 2000er Jahre in den vergangenen 10 Jahren weiter fortgesetzt. 2021 betrug der Sulfatschwefeleintrag nur noch rund 10 % des Eintrags von 1987 und lag je Hektar unter Buche zwischen 1,5 kg (Krofdorf) und 3,2 kg (Fürth im Odenwald), unter Fichte bei 3,6 kg (Fürth im Odenwald) bzw. 2,3 kg (Königstein) und unter Kiefer (Hessisches Ried) bei 1,8 kg. Im Freiland betrug er im Hessenmittel 1,9 kg je Hektar mit Einträgen zwischen 1,4 (Kellerwald) und 2,4 kg je Hektar (Fürth im Odenwald).

Schwefeleintrag (SO₄-S) in kg je Hektar und Jahr



Stickstoffeintrag

Stickstoff wird als Nitrat (oxidierte Form) und als Ammonium (reduzierte Form) in das Ökosystem eingetragen.

Die Stickoxidemissionen (NO_x) haben im Zeitraum 1990 bis 2020 um 66 %, die Ammoniakemissionen um 25 % abgenommen. Trotz einer überproportional starken Abnahme der Stickoxidemissionen im Bereich „Verkehr“ stammen immer noch 40 % aus diesem Bereich, gefolgt von der Energiewirtschaft (22 %) sowie den privaten Haushalten und Kleingewerbe (12 %). Die Ammoniakemissionen stammen unverändert zu ca. 95 % aus der Landwirtschaft (UBA 2022).

In Folge der Reduktion der Emissionen sind die Stickstoffeinträge im Freiland und mit der Gesamtdosition im Beobachtungszeitraum deutlich zurückgegangen.

Bezogen auf das Mittel der Jahre 1989–1991 betrug die Reduktion der Nitrateinträge (Mittel 2019–2021) im Freiland

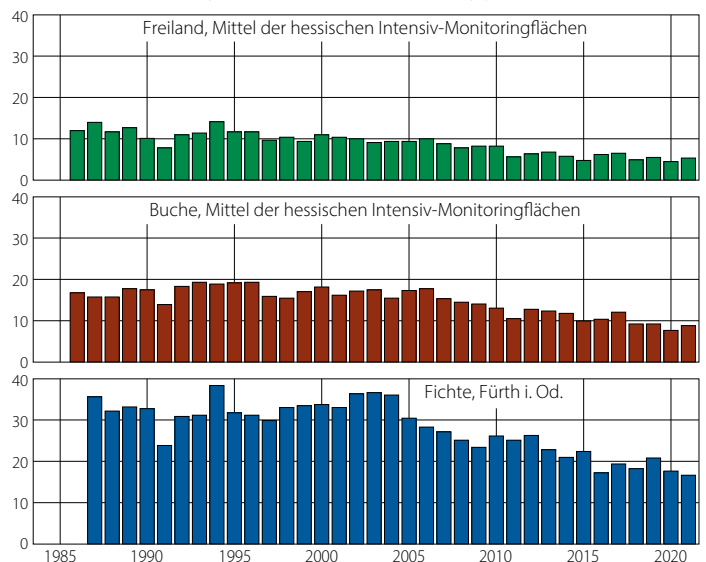
zwischen 48 % (Krofdorf) und 58 % (Spessart). Die Reduktion mit der Gesamtdosition betrug unter Buche zwischen 49 % (Fürth im Odenwald) und 66 % (Krofdorf, Spessart) und unter Fichte 55 % (Fürth im Odenwald) bzw. 57 % (Königstein). Betrachtet man jedoch nur den Zeitraum 2012–2021, zeigt sich ein uneinheitliches Bild: mit Ausnahme der Buchenfläche in Zierenberg hat der Nitratstickstoffeintrag in allen untersuchten Beständen, im Freiland hingegen nur auf vier von sieben Flächen weiter deutlich abgenommen. 2021 betrug er je Hektar unter Buche zwischen 2,3 kg (Hessisches Ried) und 5,9 kg (Fürth im Odenwald), 5,4 kg (Königstein) bzw. 7,5 kg (Fürth im Odenwald) unter Fichte, 2,5 kg unter Kiefer (Hessisches Ried) und zwischen 2 kg (Kellerwald, Hessisches Ried) und 2,9 kg (Fürth im Odenwald) im Freiland.

Die Reduktion der Ammoniuminträge lag im Freiland zwischen 19 % (Krofdorf) und 48 % (Spessart). Bei der Gesamtdosition betrug die Reduktion unter Buche zwischen 11 % (Zierenberg) und 39 % (Spessart) sowie 16 % (Fürth) bzw. 37 % (Königstein) unter Fichte. Entgegen dem Trend wurde auf der Buchenfläche in Fürth im Vergleich zum Mittel der Jahre 1989–1991 keine Reduktion, sondern eine Zunahme der Ammoniumdosition festgestellt. In den letzten 10 Jahren hat der Ammoniumeintrag nur im Kellerwald unter Buche (Gesamtdosition) sowie in Königstein (Gesamtdosition und Freilandeintrag) weiter abgenommen, auf allen anderen Flächen verharret der Eintrag von reduziertem Stickstoff mit jährlichen Schwankungen auf einem gleichbleibenden Niveau.

2021 lag der Ammoniumstickstoffeintrag je Hektar unter Buche zwischen 3,1 kg (Krofdorf) und 6,4 kg (Fürth im Odenwald), unter Fichte bei 6,4 kg (Königstein) bzw. 9,2 kg (Fürth im Odenwald), unter Kiefer bei 3,9 kg sowie zwischen 1,9 kg (Spessart) und 3,7 kg (Fürth im Odenwald) im Freiland.

Da die Stickoxidemissionen stärker reduziert werden konnten als die Ammoniakemissionen, hat der relative Anteil des Ammoniums am anorganischen Stickstoffeintrag deutlich zugenommen. Betrug er im Mittel der Jahre 1989–1991 zwischen

Stickstoffeintrag (NH₄-N + NO₃-N) in kg je Hektar und Jahr



42 % und 50 % im Freiland, 35 % und 41 % unter Buche sowie 41 % und 51 % unter Fichte, ist er im Jahr 2021 auf Werte zwischen 44 % und 61 % (Freiland), 43 % und 69 % unter Buche bzw. 55 % unter Fichte angestiegen.

Obwohl der anthropogen bedingte anorganische Stickstoffeintrag seit Beginn der Untersuchungen deutlich abgenommen hat, überschreitet er im Mittel der letzten 5 Jahre (2017 bis 2021) mit Werten bis zu 14,1 kg je Hektar und Jahr unter Buche (Zierenberg) und 18,5 kg je Hektar und Jahr unter Fichte (Königstein) nach wie vor den Bedarf der Wälder für das Baumwachstum. Stickstoff, der nicht für das Wachstum der Vegetation benötigt wird, reichert sich im Ökosystem an. Im Fall von Störungen der Stoffkreisläufe durch Kalamitäten wie Windwurf oder Schädlingsbefall, wie aktuell auf der Fläche Königstein, wird der Stickstoff rasch mineralisiert und es kommt zu erhöhten Nitratausträgen. Nitrat wird im Bodenwasser von Nährstoffkationen wie Calcium, Magnesium oder Kalium und sauren Kationen wie Aluminium begleitet. Dadurch verliert das Ökosystem wichtige Nährstoffe aus den ohnehin meist nährstoffarmen Waldböden. Durch die vermehrte Lösung von Aluminium kommt es zu einem Säureschub. Außerdem werden angrenzende Ökosysteme wie Oberflächen- und Grundgewässer ggf. durch hohe Nitratausträge gefährdet. Eine weitere Reduktion der Stickstoffemissionen ist zum Schutz der Ökosysteme wichtig.

Gesamtsäure

Die Emissionen, ausgedrückt als Säure-Äquivalent, konnten, bezogen auf das Jahr 1990, um 78 % reduziert werden. Hauptverursacher waren 2020 die Landwirtschaft (54,3 %), der Verkehr (15 %) sowie die Energiewirtschaft (14 %) (UBA 2022).

Der Gesamtsäureeintrag in Ökosysteme berechnet sich als Summe der Gesamtdeposition von Nitrat, Ammonium, Sulfat und Chlorid (jeweils nicht seesalzbürtige Anteile, Gauger



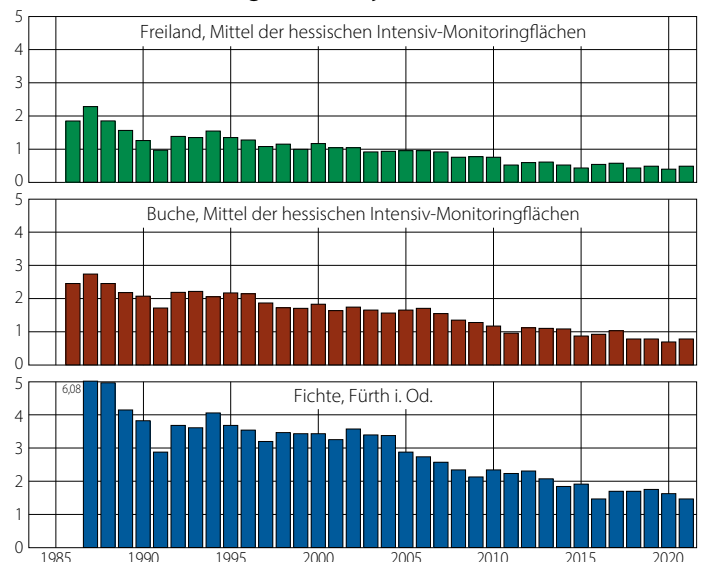
Foto: O. Schwerdtfeger

Erfassung der Kronentraufe auf einer Level II-Fläche

et al. 2002). 2021 betrug der Gesamtsäureeintrag je Hektar im Freiland 0,5 kmol_c (Hessenmittel), unter Buche (Hessenmittel) 0,8 kmol_c und unter Fichte 1,5 kmol_c (Fürth im Odenwald) bzw. 1,0 kmol_c (Königstein). Besonders hoch war der Gesamtsäureeintrag 2021 auf der Buchenfläche in Fürth im Odenwald mit 1,1 kmol_c je Hektar. Er lag damit deutlich über dem Buchenmittel des Landes.

Die Säureneutralisationskapazität durch ebenfalls mit dem Niederschlag eingetragene Basen und die nachhaltige Säurepufferkapazität aus der Verwitterung reichen auf nährstoffarmen Waldstandorten in der Regel nicht aus, um die Säureinträge vollständig zu kompensieren. Eine standortangepasste Kalkung zum Schutz der Waldböden und der Erhaltung ihrer Filterfunktion für das Grundwasser kann empfohlen werden.

Gesamtsäureeintrag in kmol_c je Hektar und Jahr



anthropogen = durch menschliche Aktivitäten verursacht

Deposition = Ablagerung von Stoffen

Eutrophierung = Nährstoffanreicherung

kmol_c (Kilomol charge) = Menge an Ladungsäquivalenten. Sie berechnet sich wie folgt: Elementkonzentration multipliziert mit der Wertigkeit des Moleküls (= Ladungsäquivalente pro Molekül), dividiert durch das Molekulargewicht. Multipliziert mit der Niederschlagsmenge ergibt sich die Fracht an Ladungsäquivalenten in kmol_c je Hektar.

Literatur

- Gauger T, Anshelm F, Schuster H, Draaijers GPJ, Bleeker A, Erisman JW, Vermeulen AT und Nagel H-D (2002): Kartierung ökosystembezogener Langzeittrends atmosphärischer Stoffeinträge und Luftschadstoffkonzentrationen in Deutschland und deren Vergleich mit Critical Loads und Critical Levels. Forschungsvorhaben im Auftrag des BMU/UBA, FE-Nr. 299 42 210, Institut für Navigation, Univ. Stuttgart, 207 S
- Ulrich B (1991): Beiträge zur Methodik der Waldökosystemforschung. Berichte des Forschungszentrums für Waldökosysteme/Waldsterben. Reihe B, Bd. 24, 204-210
- UBA (2022): <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland/stickstoffoxid-emissionen#entwicklung-seit-1990>

Auswirkungen großflächiger Schadflächen auf den Wasser- und Stoffhaushalt von Wäldern

Birte Scheler

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7197762>

1972 wurde das Forsthydrologische Forschungsgebiet Reinhardswald am Rande des nordöstlichen Kasseler Beckens eingerichtet, um grundlegende Erkenntnisse über Zusammenhänge zwischen dem Niederschlagsgeschehen und dem Abfluss eines Baches mit bewaldetem Einzugsgebiet zu gewinnen. Für die Beantwortung neuerer Fragestellungen, beispielsweise zu Auswirkungen des Klimawandels auf Abflussmenge und -verteilung oder den Einfluss großflächiger Störungen auf den Wasser- und Stoffhaushalt, sind solche langjährigen Untersuchungen von unschätzbarem Wert.

Das Einzugsgebiet des Elsterbachs ist 426 Hektar groß, weist einen Höhenabfall von 465 m auf 220 m ü. NN auf und ist zu 95 % bewaldet. Der Bach speist sich aus zwei Gewässerarmen, deren Quellgebiete geologisch sehr unterschiedlich sind, was sich in der chemischen Zusammensetzung der beiden Gewässer deutlich zeigt. Der nordöstliche Arm (Elsterbach „staunass“) entspringt in den vom Buntsandstein dominierten, staunassen Plateaulagen. Er fällt in den Sommermonaten zeitweise trocken, bei hohen Abflüssen überwiegt hingegen sein Anteil am Gesamtabfluss durch einen schnellen, lateralen Makroporenabfluss der in den ebenen Plateaulagen vorherrschenden Stagnogleye (Molkeböden). Der nordwestliche Arm („Elsterbach Basalt“) kommt aus dem basaltisch geprägten Gebiet mit tiefgründigen, gut wasserdurchlässigen, überwiegend eutrophen Böden und fließt dauerhaft.

Im Teileinzugsgebiet „staunass“ (131 Hektar) dominierte vor dem Sturm „Friederike“ im Januar 2018 die Fichte mit einem

Flächenanteil von 75 %, das Teileinzugsgebiet „Basalt“ (83 Hektar) ist hingegen zu 81 % mit Laubholz bestockt, der Fichtenanteil beträgt nur 19 %. Die Bestockung des Gesamteinzugsgebiets bestand zu 42 % aus Fichte, 39 % Buche, 6 % Eiche und 13 % sonstigen Baumarten.

Wie sich die Bestockung des Einzugsgebiets seit Januar 2018 durch Sturmwurf sowie massiven Borkenkäferbefall in den folgenden Jahren verändert hat, wurde von der Abteilung Waldschutz, Sachgebiet Fernerkundung und GIS der NW-FVA anhand von georeferenzierten Orthofotos nachgezeichnet.

Die durch „Friederike“ entstandenen Freiflächen waren mit 5 % (Teileinzugsgebiet „staunass“), gut 2 % (Teileinzugsgebiet „Basalt“) bzw. 4,3 % (Gesamteinzugsgebiet) der Holzbodenfläche vergleichsweise moderat. Durch massiven Borkenkäferbefall in den Folgejahren vergrößerte sich der Anteil kalamitätsbedingter Freiflächen an der Holzbodenfläche bis zum Herbst 2020 jedoch auf 26 % (Teileinzugsgebiet „staunass“) respektive 10 % (Teileinzugsgebiet „Basalt“) und 17 % (Gesamteinzugsgebiet).

Hinzu kommt im Jahr 2021 noch stehendes Totholz auf 21 % der Holzbodenfläche (2020: 12 %) des Einzugsgebiets „staunass“ bzw. 3 % (2020: 2 %) des Teileinzugsgebiets „Basalt“ und auf 9 % (2020: 5 %) der Holzbodenfläche des Gesamteinzugsgebiets. In der Summe betrug der Anteil der verschiedenen Kalamitätsflächen an der ursprünglichen Holzbodenfläche im Herbst 2021 zwischen 47 % (Teileinzugsgebiet „staunass“), 14 % (Einzugsgebiet „Basalt“) bzw. 27 % (Gesamteinzugsgebiet). Die Rolle von stehendem Totholz ist im Hinblick auf den Wasser- und Stoffhaushalt noch weitgehend unerforscht.



Foto: B. Scheler

Kahlfläche und abgestorbene Fichten im Einzugsgebiet „staunass“ (Forsthydrologisches Forschungsgebiet Reinhardswald)

Auswirkungen auf die Gewässerqualität

Die Gewässerqualität des Elsterbachs (Wehr) und seiner Zuflüsse zeigen einen ausgeprägt saisonalen Verlauf. Ursache hierfür sind im Wesentlichen die unterschiedlichen Abflussmengen. Bei niedrigen Abflüssen im Sommerhalbjahr handelt es sich hauptsächlich um Wasser aus tieferen Bodenschichten und dem Grundwasser. Hohe Abflüsse im Winterhalbjahr oder ganzjährig nach extremen Starkregenereignissen speisen sich hingegen großenteils durch Wasser aus oberen, versauerten Bodenschichten.

Mit Werten um 3 mg je Liter (Median) und Maximalwerten von 10 mg je Liter war die Nitratkonzentration an der Messstelle Wehr im Zeitraum 1984–2003 relativ gering. Im hydrologischen Jahr 2021 wurde dann mit bis zu 22 mg je Liter Nitrat ein massiver Anstieg bei den Spitzenkonzentrationen beobachtet. Wesentlich deutlicher war der Anstieg der Nitratkonzentrationen im Bachwasser des Gewässerarms „staunass“ mit einem großen Anteil von Kahlflächen im Einzugsgebiet. An allen Probenahmeterminen wurden in diesem Bach im Vergleich zu früheren Jahren deutlich höhere Konzentrationen gemessen, der Median der Nitratkonzentration stieg von 3 mg je Liter auf 10,5 mg je Liter, die Spitzenkonzentration von 15 mg je Liter auf 23 mg je Liter an. Ursache hierfür dürften die Mineralisierungsprozesse auf den Kalamitätsflächen sein. Da das Anion Nitrat durch die basischen Kationen Kalium, Magnesium und Calcium sowie die sauren Kationen Aluminium und Mangan begleitet wird, sind steigende Nitratkonzentrationen mit höheren Verlusten wichtiger Nähr-elemente oder einer stärkeren Lösung von Aluminium und Mangan verbunden.

Bis 2003 wurde im Bachwasser kein Kohlenstoff analysiert, ein Vergleich zu den Gehalten bei weitgehend ungestörten Verhältnissen im Einzugsgebiet ist deshalb nicht möglich. Mit 6 mg je Liter (Median) und Spitzenkonzentrationen im Juli 2021 von 14 mg je Liter waren die Konzentrationen von gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC) im Gesamteinzugsgebiet Elsterbach jedoch deutlich höher als in den Bächen des zweiten hessischen forsthydrologischen Forschungsgebiets Krofdorf bei Gießen. Im Gewässerarm „staunass“ des Elsterbachs wurden sogar DOC-Konzentrationen von 14 mg je Liter (Median) bzw. 33 mg je Liter (Maximum) gemessen.

Auswirkungen auf die Abflussmenge

Der mittlere Niederschlag betrug im Zeitraum 1973–2005 783 mm, der mittlere Abfluss 246 mm, d. h. rund 30 % des Niederschlags flossen im Mittel im Vorfluter ab. Während im hydrologischen Winter (November–April) rund 48 % des Niederschlags fielen, flossen 70 % des Jahresabflusses in diesem Zeitraum ab.

Aufgrund des großen Anteils zusätzlicher unbestockter Flächen und der hierdurch verringerten Interzeption und Trans-



Foto: B. Scheler

Hochwasser am 21.05.2019 nach 60 mm Regen innerhalb von 10 Stunden. 77.000 Liter Wasser flossen an diesem Tag durch das Wehr.

piration könnte erwartet werden, dass ein höherer Anteil des Niederschlags im Vorfluter abfließt. Dies war in den beiden Jahren 2020 und 2021, für die lückenlose tägliche Abflussdaten vorliegen, jedoch nicht der Fall. In beiden Jahren war der Abfluss mit 20 % (2020) respektive 17 % (2021) des Niederschlags sogar sehr gering.

Dies dürfte einerseits eine Folge der seit Jahren beobachteten strukturellen Trockenheit in dem Waldökosystem sein, andererseits an der Niederschlagsverteilung liegen. So fiel in den hydrologischen Jahren 2020 und 2021 trotz durchschnittlicher Jahresniederschläge nur an vier bzw. zwei Tagen mehr als 20 mm Niederschlag.

Niederschlags- und Abflussmengen im Vergleich

	Mittel 1973-2005	2020	2021
Niederschlag [mm/m ²] im Hydrologischen Jahr	783	715	737
Niederschlag [mm/m ²] November bis April	376	373	344
Abfluss [mm/m ²] im Hydrologischen Jahr	246	146	126
Abfluss [mm/m ²] November bis April	170	119	89

Hydrologisches Jahr: November des Vorjahres bis Oktober

Nährstoffverluste mit dem Bachwasser

Der Stickstoffverlust (Nitrat-N) belief sich 2021 auf 3,1 kg je Hektar und war damit trotz sehr geringer Abflüsse 0,7 kg je Hektar höher als im Mittel der Jahre 1985–2003. Im Vergleich mit den ähnlich abflussarmen Jahren 1996 und 2001 betrug der zusätzliche Verlust je Hektar 2,5 kg resp. 1,6 kg Nitratstickstoff je Hektar. Der Verlust an gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC) betrug 10,7 kg je Hektar bzw. 4560 kg insgesamt. Ein Vergleich mit früheren Jahren ist mangels Daten leider nicht möglich.

Der Nährstoffexport der wichtigen Nährelemente Calcium und Magnesium war 2021 mit 17,6 bzw. 6,9 kg je Hektar deutlich geringer als im Mittel der Jahre 1985–2003 (Calcium 40,1, Magnesium 16,6 kg je Hektar). Ursache hierfür sind vermutlich die deutlich zurückgegangenen Sulfatfrachten (Mittel 1985–2003: 48 kg je Hektar, 2021: 14,8 kg je Hektar) infolge der seit Mitte der 1980er sehr deutlich reduzierten Sulfateinträge. Der Kaliumverlust war mit 1,8 kg je Hektar zwar 1 kg je Hektar geringer als im Vergleich zum mehrjährigen Mittel (1985–2003), entsprach jedoch trotz stark reduzierter Sulfatfrachten in etwa den Kaliumverlusten der abflussarmen Jahre 1996 (1,5 kg je Hektar) und 2001 (1,8 kg je Hektar).

Fazit

Die Ergebnisse aus dem langjährig untersuchten Forschungsgebiet Elsterbach belegen, dass großflächige Störungen der Waldstruktur Störungen im Stoffhaushalt verursachen und Nährstoffverluste nach sich ziehen. Ein wichtiger Schlüsselprozess ist in diesem Zusammenhang die vermehrte Bildung von Nitrat (Überschussnitrifikation) aufgrund des veränderten Kleinklimas auf Kahlfleichen bei gleichzeitig geringerer Stickstoffaufnahme durch die Vegetation, da die Bäume fehlen.

Erhöhte Nitratausträge können zum einen eine Belastung für das Grund- und Trinkwasser darstellen, außerdem verursachen sie je nach Standort erhöhte Austräge der Nährstoffkationen Kalium, Magnesium oder Calcium sowie der sauren Kationen Aluminium und Mangan.



Foto: B. Scheler

Elsterbach „staunass“ im Januar 2021



Foto: B. Scheler

Elsterbach „staunass“ im Mai 2022

Insbesondere auf sehr nährstoffarmen Standorten mit einer Basensättigung um 5 % über die gesamte Profiltiefe, wie sie im Einzugsgebiet Elsterbach „staunass“ vorherrschend sind, sind solche Nährstoffverluste aus dem oberen Mineralboden für die kommende Waldgeneration sehr kritisch.

Beim verstärkten Abbau organischer Substanz auf Freiflächen wird außerdem Kohlenstoff freigesetzt, der einerseits in Form von CO_2 in die Atmosphäre abgegeben wird, andererseits in gelöster Form mit dem Bodenwasser in Richtung Grundwasser verlagert wird bzw. mit dem Bachwasser das Ökosystem verlässt.

Diese Ergebnisse zeigen, dass einige Auswirkungen der Kalamitäten „auf den ersten Blick“ nicht sichtbar sind.

Ausblick

Die Stoffkonzentrationen schwanken in Abhängigkeit von Wasserführung und Jahreszeit stark, die Probenahme für die Bachwasseranalysen kann aber nur an Stichtagen (i. d. R. wöchentlich) ohne vorherige Kenntnis der Abflusshöhe durchgeführt werden. Um genauere Daten zur Berechnung der Stofffrachten zu erhalten, wurde im Februar 2022 am Wehr des Elsterbachs eine Multiparametersonde eingebaut, die stündlich die Nitrat- sowie DOC-Konzentration (gelöster organischer Kohlenstoff) erfasst.

Hierdurch wird es möglich sein, die Nährstoffverluste genauer zu berechnen und festzustellen, wann sich die infolge der Auswirkungen der Kalamität erhöhten Stoffkonzentrationen wieder auf dem Vor-Kalamitätsniveau einpendeln.

Alternative Baumarten – ein Lösungsbeitrag für die Klimaanpassung der Wälder in Hessen?

Stefan Lieven und Ralf-Volker Nagel

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7197792>

Die sich vollziehende Klimaveränderung und insbesondere die gravierenden Waldschäden durch die seit 2018 praktisch anhaltenden Witterungsextreme haben das Interesse der forstlichen Praxis an sogenannten alternativen Baumarten stark gesteigert. Darunter verstanden werden sollen in diesem Beitrag Baumarten, die bisher keine größere Bedeutung als Haupt- und Mischbaumarten erlangt haben. Teilweise handelt es sich um bisher forstlich kaum verwendete fremdländische Baumarten, es sollen aber auch bisher seltene heimische Baumarten eingeschlossen werden. Nachdruck verleiht diesem Anliegen, dass unter den projizierten Klimaänderungen bei einigen der derzeit bedeutendsten heimischen Baumarten mit einer erhöhten Absterberate zu rechnen ist (Schmiedinger et al. 2009). So belegen die Ergebnisse der Waldzustandserhebungen der vergangenen Jahre immer schlechtere Kronenzustände und ein verstärktes Absterben, wovon neben der am stärksten geschädigten Fichte auch Buche sowie Eiche und Kiefer betroffen sind. Diese vier Baumarten nahmen 2012 mit rund 75 % noch die Hälfte der Waldfläche in Hessen ein (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2016). Besonders starke Auswirkungen hatten die Witterungsextreme im Wald der Rhein-Main-Ebene, wo der Vitalitätszustand der Bäume im Vergleich

zum landesweiten Ergebnis nochmals deutlich schlechter ist (Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt und Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 2021).

Angesichts dessen verbindet sich das Interesse an Alternativbaumarten mit der Hoffnung auf eine bessere Anpassungsfähigkeit an ein künftig wärmeres und trockeneres Klima. Neben Dürren werden außerdem häufiger Stürme erwartet, Massenvermehrungen von Borkenkäfern und blattfressenden Insekten nehmen zu und Pilzerkrankungen werden vermehrt die Bäume schädigen. Eine „Wunderbaumart“, die all dem gewachsen wäre, gibt es nicht, denn keine Baumart ist gleichermaßen widerstandsfähig gegen alle Gefährdungen. Umgekehrt sind bestimmte Risikofaktoren wie der Fichtenborkenkäfer regelrecht auf einzelne Baumarten, mitunter sogar in einem ganz bestimmten Altersbereich spezialisiert. Besteht ein Wald also nur aus gleichalten Bäumen einer einzigen Baumart, kann schnell der gesamte Bestand vernichtet werden. Fällt dagegen in artenreichen Beständen, am besten noch mit unterschiedlichen Baumaltern, eine Art aus, stirbt nicht gleich der gesamte Waldbestand. Entstehende Lücken können durch die anderen Baumarten wieder geschlossen werden oder bieten Platz für natürliche Verjüngung. Und selbst nach katastrophalen Stürmen oder Bränden bleibt von gemischten Wäldern oft ein vielfältigeres Potenzial für die



Foto: M. Spielmann

Neubesiedlung. So erhöhen Mischungen von Pionier- sowie mittel- und spätsukzessionalen Baumarten die Resilienz der Wälder gegen Störungsereignisse (Lüpke 2004, 2009). Die Empfehlungen der Waldbauplanung in Hessen zum Waldumbau und zur Wiederbewaldung basieren deshalb ausschließlich auf Mischbestandstypen, die als Waldentwicklungsziele (WEZ) bezeichnet werden. Beschrieben sind sie durch Mischungsanteile und Mischungsformen beteiligter Haupt-, Misch- und Begleitbaumarten und ihre standörtliche Zuordnung, neuerdings unter Berücksichtigung für die Zukunft projizierter Klimaverhältnisse.

Scheinbar im Widerspruch zu diesem „Vorteil durch Vielfalt“ werden bisher nur wenige Baumarten aus anderen Ländern und Klimabereichen für den Einsatz in unseren Wäldern empfohlen. Warum ist das so und wie ist die weitere Perspektive?

Frühere Anbauten nicht einheimischer Baumarten

Bereits zu Zeiten der Römer wurden die Baumarten Esskastanie, Walnuss und Speierling nach Deutschland eingeführt. Diese Baumarten werden aufgrund ihrer sehr frühen Einführung nach Deutschland als Archäophyten bezeichnet. Neben der Holznutzung hat damals auch die Versorgung von Mensch und Nutztieren mit Nahrung eine Rolle bei der Artenauswahl gespielt (Nyssen et al. 2016). Aufgrund der bisherigen klimatischen Verhältnisse haben sie jedoch als Wald-



Foto: H.-J. Arndt

Der Speierling als wärmeliebende Baumart, die bereits vor 2000 Jahren mit dem Weinbau nach Deutschland kam, ist in den Wäldern aber bisher wenig vertreten.

bäume in Hessen bislang keine nennenswerte Bedeutung erlangt. Der jüngere forstliche Anbau eingeführter Baumarten in Deutschland begann Mitte des 18. Jahrhunderts. Der Bevölkerungsanstieg in der frühen Neuzeit, nicht nachhaltige Landnutzung und der steigende Energiebedarf einer beginnenden Industrialisierung, der vor fossilen Energieträgern zu großen Teilen durch Holzkohle gedeckt wurde, führten zu einer Degradierung der Wälder sowie zu Entwaldung und Holzknappeit (Nyssen et al. 2016). Eingeführte Arten sollten dazu beitragen, die Leistungsfähigkeit der Wälder wieder zu erhöhen. Die Fehlschläge eines unsystematischen Anbaus führten ab 1880 zur Anlage wissenschaftlicher Anbauversuche durch den Verein Deutscher Forstlicher Versuchsanstalten. Von den ca. 50 seit dieser Zeit untersuchten Baumarten stammten die meisten aus Nordamerika und einige aus Ostasien. Baumarten aus Südeuropa und Kleinasien waren dagegen kaum vertreten, da klimatische Veränderungen damals noch keine Rolle spielten.

Mit Hilfe der Anbauversuche wurden Standortansprüche, Massen- und Wertleistung, Verwendbarkeit als Mischbaumarten, Widerstandsfähigkeit gegen Witterungsextreme und biotische Schäden sowie die Holzqualität wissenschaftlich untersucht. Noch heute gelten diese Kriterien zur Beurteilung der Anbaueignung. Mit steigendem Verständnis der komplexen Waldökosysteme wurden die Anforderungen für eine Anbaueignung deutlich umfangreicher. Berücksichtigt werden nunmehr auch Kriterien wie die Durchwurzelung des Mineralbodens, Effekte der Baumart auf die Humusbildung und -umsetzung und die Integration der eingeführten Arten in die heimische Flora und Fauna (Otto 1993; Vor et al. 2015). Invasive Arten nach § 7 BNatSchG werden von der Forstwirtschaft als ein ernst zu nehmendes Problem für die biologische Vielfalt angesehen. Bei einer drohenden Gefährdung natürlich vorkommender Ökosysteme, Biotope oder



Foto: S. Lieven

Alternativbaumarten in etablierten Praxisanbauten: mehrjährige Esskastanien-Kultur nach Zurücksterben mit vieltriebigen Stockausschlägen

Arten beispielweise durch die unkontrollierte Ausbreitung einer eingeführten Baumart, wird diese als nicht anbauwürdig eingestuft. Ein Beispiel einer solchen invasiven Baumart, die beispielsweise auch in den Wäldern der hessischen Rhein-Main-Ebene Probleme bereitet, ist die Spätblühende Traubenkirsche (*Prunus serotina* Ehrh.).

Anbauwürdig, ökologisch zuträglich und nicht invasiv

Nach dem umfangreichen, aber berechtigten Katalog der Anforderungen, der einer „wahllosen“ Vielfalt entgegen steht, haben sich in den nunmehr 140-jährigen Untersuchungen nur Douglasie, Küstentanne und Roteiche als uneingeschränkt anbauwürdig (Danckelmann 1884; Schwappach 1911; Penschuck 1935; Stratmann 1988; Spellmann 1994), ökologisch zuträglich (Otto 1993) und nicht invasiv (Vor et al. 2015) erwiesen. Für ein engeres Standortspektrum und einen speziellen Einsatzbereich kommt noch die Japanlärche hinzu. Die wissenschaftliche Langzeitbeobachtung gibt diesem Urteil Sicherheit. Außerdem ist es für diese Baumarten inzwischen gelungen, weitere Fragen der waldbaulichen Behandlung, zu verwendender Herkünfte und ihrer Gefährdungen und Umweltauswirkungen differenziert zu beantworten. Die drei erstgenannten Baumarten sind folgerichtig als Haupt- bzw. Mischbaumarten Bestandteil etlicher Waldentwicklungsziele der aktuellen Waldbauplanung.



Foto: J. Evers

Die nordamerikanische Roteiche ist auf einem breiten Standortspektrum anbauwürdig und kam mit der Dürre der vergangenen Jahre vergleichsweise gut zurecht.

Der Blick nach vorn: Neue Baumarten unter der Lupe

Angesichts der projizierten klimatischen Entwicklungen und vor dem Hintergrund der katastrophalen Auswirkungen der vergangenen Extremjahre wird von der forstlichen Praxis die schnelle Erweiterung der Empfehlungen für alternative Baumarten gefordert. Dies hat auch den wissenschaftlichen Diskurs über die Einführung weiterer neuer Baumarten intensiviert (Brang et al. 2016; Frischbier et al. 2019; Avila et al. 2021; Liesebach et al. 2021; Schroeder et al. 2021). Nach dem Ansatz der Klimaanalogie über Artverbreitungsmodelle rücken nun vor allem südeuropäische und vorderasiatische Nadel- und Laubbaumarten in den Fokus. Ihr geografischer Ursprung verspricht am ehesten die Anpassung an erwartete mildere Winter und trocken-heiße Sommer. Umfassende Anbauversuche dieser Baumarten waren bis vor kurzem für Nordwestdeutschland nicht verfügbar.

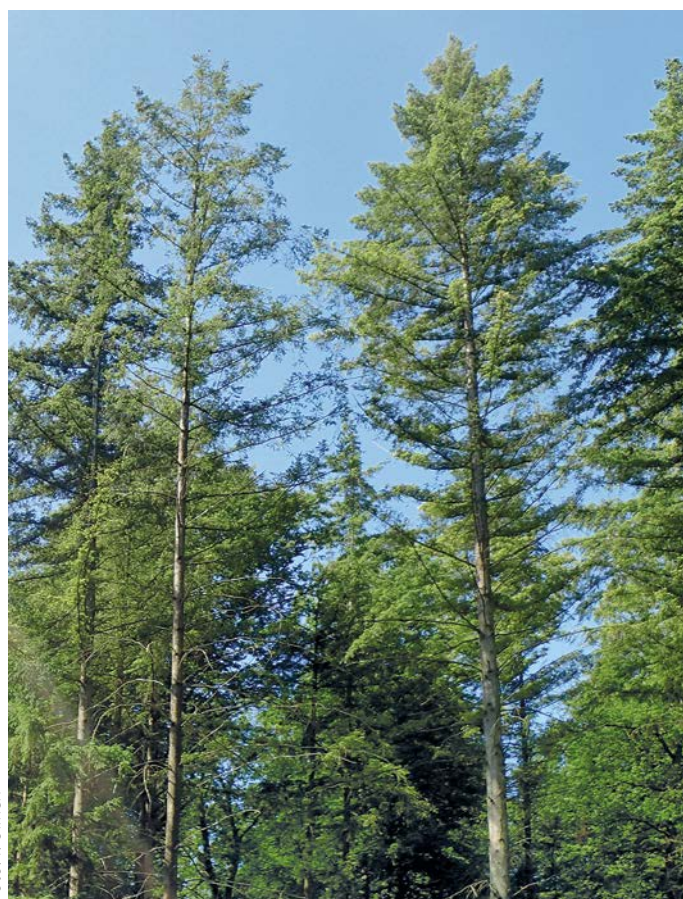


Foto: T. Ullrich

Auch manche Douglasien zeigen in extremen Trockenjahren Nadelverluste, die bisher meistens in den Folgejahren ausgeglichen wurden.



Foto: H. J. Arndt

Die Eberesche ist eine heimische Pionierbaumart, die vorrangig an Waldrändern gefördert werden sollte.

Foto: S. Lieven



Alternativbaumarten in etablierten Praxisanbauten: 17-jährige wüchsige Baumhasel

Eine allererste Orientierung können deshalb bislang nur umfangreiche Literaturrecherchen bieten (vgl. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) 2019, 2020; Avila et al. 2021). Dies birgt Unsicherheiten, da die Informationen zu vielen Baumarten unvollständig sind, insbesondere im Hinblick auf Anbauerfahrungen außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes. Daraus erwachsende Risiken gilt es zwingend zu vermeiden, denn mit dem Anbau eingeführter Baumarten verbindet sich eine hohe Verantwortung. Sie schließt im Rahmen einer nachhaltigen, multifunktionalen Forstwirtschaft das Teilziel „Naturschutz im Wald“ mit ein. Daraus leitet sich die Verpflichtung ab, die Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes und die Nutzungsfähigkeit der Naturgüter

Foto: S. Lieven



Auf extrem flachgründigen Kalkstandorten zeigen vitale Elsbeeren ihr Potenzial als Alternativbaumart im Klimawandel.

nachhaltig zu sichern und die Pflanzen- und Tierwelt sowie die Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft zu schützen (§ 1 BNatSchG), (Vor et al. 2015; Gossner 2016; Rigling et al. 2016). Die Auswirkungen eingeführter Baumarten auf Lebensgemeinschaften, Standorte und natürliche Prozesse sind bisher für viele der „neuen“ fremdländischen Alternativbaumarten kaum erforscht. Schadorganismen, sowohl Pilze als auch Insekten, werden häufig bereits mit dem Saatgut importiert (Franić et al. 2019). Jüngste Erfahrungen mit eingeschleppten Krankheiten und Schädlingen (z. B. das Eschentriebsterben oder der Asiatische Laubholzbockkäfer (*Anoplophora glabripennis*)) geben den Hinweis, dass auch heimische und gut angepasste Baumarten davon plötzlich existenziell bedroht sein können.

Ein Blick auf die Anbauerfahrungen mit Douglasie und Rot-eiche zeigt, welch langer Weg zurückzulegen ist, um einen entsprechenden Wissensstand über systematisch angelegte Versuchsflächen zu erlangen. Um dennoch möglichst rasch belastbare erste Empfehlungen geben zu können, arbeiten

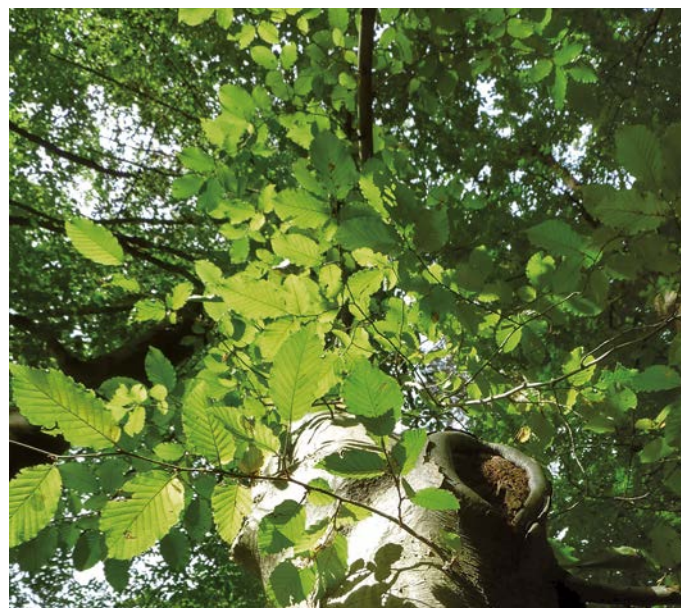


Foto: C. Klinck

Die Hainbuche ist eine bisher weniger beachtete heimische Laubbaumart, die Dürre relativ gut widersteht.

laufende Forschungsprojekte der NW-FVA an einer schnellen Schließung der größten Wissenslücken. Die Vorauswahl näher zu untersuchender Kandidaten erfolgte nach einer bundesländerübergreifenden Abstimmung (vgl. Liesebach et al. 2021), anhand von Literaturrecherchen sowie orientiert am vorrangigen Bedarf hinsichtlich standörtlicher und waldbaulicher Einsatzbereiche. Im Ergebnis dessen konzentrieren sich die derzeitigen Forschungen auf Arten aus dem Mittelmeerraum, Vorderasien und dem Kaukasusgebiet: Esskastanie, Orient-Buche, Baumhasel, Walnuss, Türkische Tanne, Troja- und Nordmantanne, Atlas- und Libanonzeder. Gleichrangig einbezogen werden seltene heimische Baumarten besonderer Standorte wie Winter- und Sommerlinde, Elsbeere, Spitzahorn, Speierling und die anderen Sorbus-Arten, Eibe, Feldahorn, Hainbuche und Vogelkirsche, die in der Vergan-



Foto: S. Lieven

Die Orientbuche gilt als einer der Hoffnungsträger im Klimawandel und ist eine der Baumarten, die aktuell in Anbauversuchen wie hier in Hessisch-Lichtenau untersucht werden.

genheit weniger beachtet und erforscht wurden und von denen keine ökologischen Risiken zu erwarten sind. Unter ihnen sind jedoch keine für die Bauholznutzung so wichtigen Nadelbaumarten, abgesehen von der Weißtanne, die bisher nur als mäßig trockenheitstolerant gilt.

Die zügige Bereitstellung von Entscheidungshilfen soll durch ein mehrstufiges Vorgehen ermöglicht werden. Durch die Eigeninitiative früherer und heutiger Forstleute, in jüngerer Zeit insbesondere im Zusammenhang mit der Wiederbewaldung bereits entstandener Schadflächen, sind in der Praxis immer wieder Flächen mit bisher wenig erforschten Baumarten bepflanzt worden. Sie besitzen, trotz fehlenden wissenschaftlichen Anspruchs bei ihrer Anlage, eine gewisse Aussagekraft zum Wachstum und der Standortanpassung der betreffenden Arten. Dies gilt insbesondere, wenn mehrere Flächen einer Art auf verschiedenen Standorten und von jungen bis in höhere Alter gemeinsam betrachtet und ausgewertet werden können.

Mit solchen etablierten Praxisanbauten beschäftigt sich aktuell das iKSP Projekt „Anbauwürdigkeit und ökologische Zuträglichkeit alternativer Baumarten für Hessen“. In einer ersten Untersuchungsphase wurden Vorkommen der zu untersuchenden Zielarten durch vorhandene Unterlagen, z. B. Forsteinrichtungsdaten und systematische Abfragen bei den Forstbetrieben und Waldbesitzenden, ausfindig gemacht und in einer Datenbank erfasst. Aus diesem Flächenpool wurde eine rund 760 Bestände umfassende Stichprobe gezo-

gen. Diese identifizierten Potenzialflächen werden zunächst bereist und ihre ökologischen Eigenschaften und Merkmale der Vitalität anhand ordinal skalierten Kriterien bewertet. Die Anzahl der verfügbaren Flächen variiert dabei stark zwischen den Baumarten. Einige Baumarten sind in dem Flächenpotenzial so zahlreich vertreten, dass verschiedene Standorte und Baumalter voraussichtlich gut abgedeckt werden können. Bei etlichen Baumarten, vor allem mit Ursprung in Südeuropa und Kleinasien, sind dagegen bisher nur sehr wenige etablierte Bestände vorhanden.

Im zweiten Schritt und nach Vorauswertung der ersten Untersuchungsphase werden aktuell für eine repräsentative Auswahl der Bestände Daten zum Wachstum erhoben, das ebenfalls ein Ausdruck der Vitalität ist. Erste vorläufige Auswertungen der gewonnenen Daten zeigen, dass sich ein paar potenziell geeignete Kandidaten abzeichnen, aber es werden teilweise auch deutlich negative Eigenschaften bestimmter Baumarten sichtbar, die einen Anbau ggf. ausschließen. Dabei ist zu beachten, dass ein Vorgehen, welches sich nur auf die etablierten Praxisanbauten beschränkt, hinsichtlich der abschließenden Beurteilung der Anbauwürdigkeit unvollständig bleibt, da Misserfolge, insbesondere nicht dokumentierte Totalausfälle, überhaupt nicht erfasst und in die Auswertung einbezogen werden können.



Foto: M. Spielmann

Die Weißtanne ist eine tief wurzelnde heimische Nadelbaumart, die aber bisher nur als mäßig trockenheitstolerant gilt.



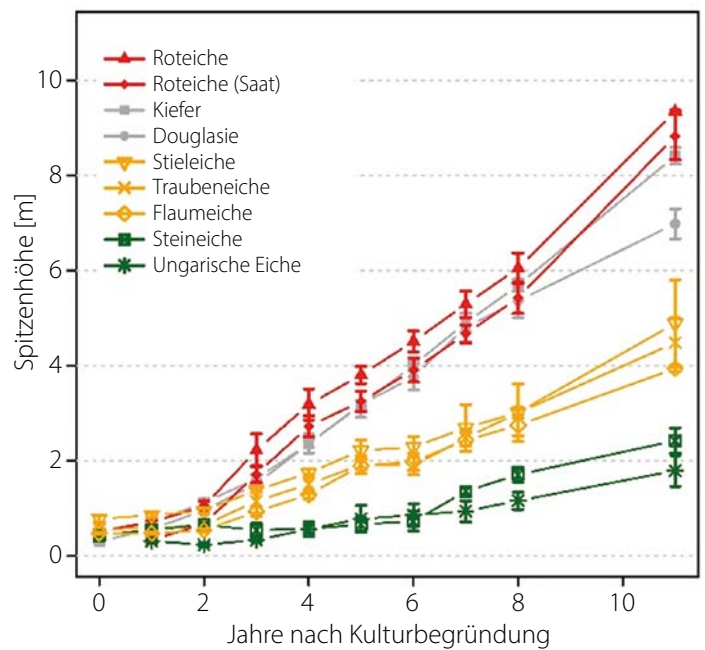
Foto: R. Merten

Anbauversuch mit mediterranen und heimischen Eichenarten sowie Roteiche, Kiefer und Douglasie im hessischen Forstamt Lampertheim. Links: Der Versuch im Juli 2019 und rechts: Höhenwachstum nach 11 Jahren, Mittelwerte und Standardabweichungen von drei Wiederholungen

Daher wurden von der NW-FVA parallel zu den Untersuchungsvorhaben etablierter Praxisbestände zuletzt auch vier Anbauversuche mit Alternativbaumarten auf verschiedenen repräsentativen Standorten in Hessen neu angelegt. Als Referenz enthalten diese Versuche auch die heimische Winterlinde und die bewährte Douglasie, um die Standortanpassung, Mortalität und Wuchsleistung zu der Untersuchungsbaumart besser einordnen zu können. Wissenschaftliche Versuche als wesentliche Grundlage fundierter Anbauempfehlungen erstrecken sich normalerweise über Zeiträume von mindestens mehreren Jahrzehnten. Nur in einer solch langen Testphase lassen sich neben Wuchsleistungen auch die Auswirkungen, positive sowie negative, auf das heimische Ökosystem ausreichend überprüfen.

Immerhin können die Versuche bereits nach wenigen Jahren Erkenntnisse zu geeigneten Pflanzensortimenten und Verfahren der Bestandesbegründung, artspezifischen Jugendgefahren und Überlebenswahrscheinlichkeiten sowie zum Jugendwachstum liefern. Bereits hier sind Überraschungen möglich. So zeigte ein Anbauversuch in der trocken-warmen Rhein-Main-Ebene die höchsten, v. a. durch Spätfröste bedingten Ausfälle von bis zu über 70 % an den mediterranen Eichenarten gegenüber sehr hohen Überlebensanteilen von Roteiche, Kiefer und Douglasie. Im Höhenwachstum blieben

Höhenwachstum nach 11 Jahren



vor allem Steineiche und Ungarische Eiche nach 11 Jahren weit hinter Roteiche und Kiefer zurück, während Ausfälle und Wachstum der Flaumeiche sich zusammen mit den heimischen Eichenarten im mittleren Bereich bewegten (Abb. oben).

Erste Ergebnisse der Untersuchungen, die neben Hessen auch Sachsen-Anhalt, Niedersachsen und im Rahmen eines Kooperationsprojektes Mecklenburg-Vorpommern einschließen, sind Ende 2023 zu erwarten. Die Projektergebnisse werden der Praxis in Form von handlungsorientierten Entscheidungshilfen zur Verfügung gestellt. Diese sollen neben einer fundierten Abschätzung von Potenzialen und Risiken auch eine Eingrenzung des standörtlichen Einsatzbereiches klimangepasster Baumarten in Mischung mit heimischen Baumarten enthalten. Darauf aufbauend sollen mit den aussichtsreichsten vorausgewählten Kandidaten, von denen gleichzeitig geringe ökologische Risiken erwartet werden, umfangreichere wissenschaftlich begleitete Praxisanbauversuche gestartet werden sowie die Aufnahme bestimmter Baumarten als Begleitbaumarten in passende Waldentwicklungsziele erfolgen. Da von einer kurzfristigen Beantwortung aller Fragen nicht auszugehen ist, wird sich die Erweiterung der Baumartenpalette als ein dynamischer Prozess darstellen. Die Bewertung der Baumarten wird dabei laufend dem Erkenntnisfortschritt anzupassen sein. Keinesfalls können Alternativbaumarten allein die Probleme durch den Klimawandel für Wälder und Forstbetriebe kurz- bis mittelfristig lösen. Vielmehr sind sie ein Baustein im Rahmen aller Anpassungsmaßnahmen.

Literatur

Download des Literaturverzeichnisses unter:
<https://doi.org/10.5281/zenodo.7197821>

Die dritte Bodenzustandserhebung im Wald (BZE III) hat begonnen

Jan Evers und Oliver van Straaten

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7197859>

Die Bodenzustandserhebung im Wald liefert Informationen zum Zustand und zu Veränderungen von Bodeneigenschaften sowie zum Bestand, der Vegetation und Ernährungssituation der Waldbäume. Sie folgt damit dem Ansatz, möglichst ganzheitlich die verschiedenen Kompartimente in Waldökosystemen zu erfassen, integrativ auszuwerten und bewerten zu können.

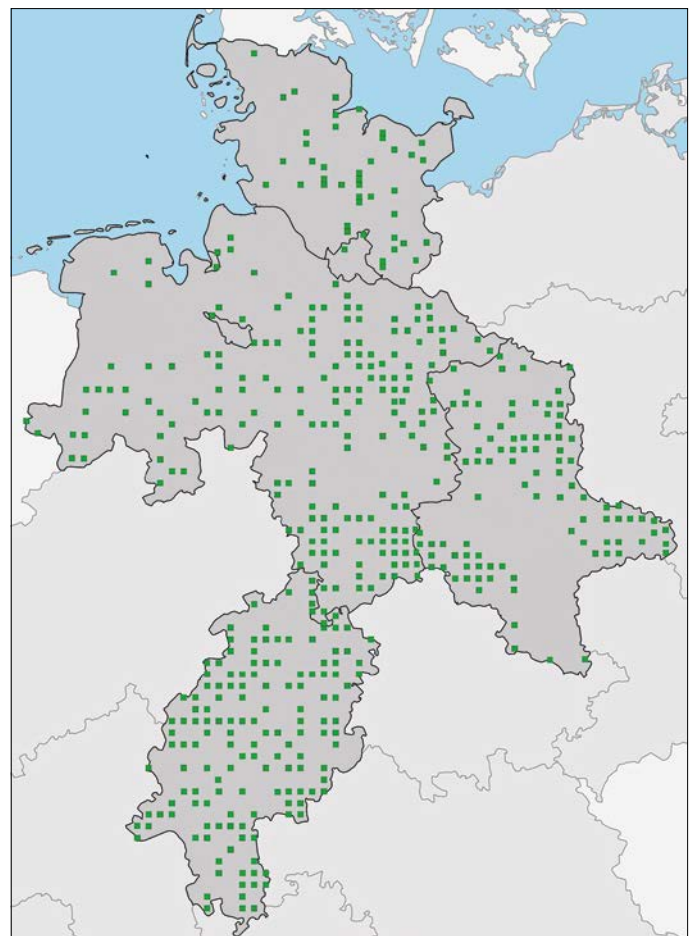
Die BZE III wird bundesweit einheitlich in den Jahren 2022–2024 auf einem 8 km x 8 km-Stichprobennetz durchgeführt und folgt damit der BZE I (1990) und BZE II (2006). Auf die Bundesländer Niedersachsen, Hessen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein entfallen insgesamt 465 Stichprobepunkte (siehe Karte rechts). Die BZE III findet in Wäldern aller Besitzarten statt.

Im Vordergrund der kommenden Auswertungen stehen die Veränderung von Kohlenstoff- und Stickstoffvorräten im Waldboden und Auflagehumus sowie wichtiger Nährstoffvorräte wie Calcium, Magnesium und Kalium. Diese Informationen werden für die internationale Treibhausgasberichterstattung (Kohlenstoff), die nachhaltige Nutzung von Wäldern (Nährstoffe) sowie weiteren Klärung der Wechselwirkung zwischen Waldzustand und anthropogenen Einflüssen wie z. B. Stickstoff- oder Säureeinträgen benötigt. Auch die Folgen des Klimawandels auf den Waldboden wie fehlendes Bodenwasser oder gestörter Humusabbau sind wichtige Arbeitsbereiche der BZE III.



Foto: J. Evers

Podsol aus unverlehmtem Sand in Nordwestniedersachsen



Netz der BZE III für die Trägerländer der NW-FVA mit 465 Stichprobepunkten



Foto: J. Evers

Braunerde-Pseudogley einer Basalt-Lössfließerde über Basalt bei Marburg

Rechtsgrundlage für diese Erhebung ist die Verordnung über Erhebungen zum Zustand des Waldbodens auf Grundlage des Bundeswaldgesetzes. Alle Eigentümer von BZE-Punkten sind vorab postalisch informiert worden. Anschließend wurden die BZE-Punkte eingemessen und es wurden Profilgruben angelegt und abgesichert. Bereits abgeschlossen ist im Sommer 2022 die Probenahme der Blätter von Eichen, Buchen und Hainbuchen sowie der Nadeln Europäischer Lärchen. Im Winter folgt die Nadelprobenahme von Fichten, Kiefern und Douglasien. Jetzt aktuell wird der Waldboden und Auflagehumus beprobt. Alle Blatt-, Nadel- und Bodenproben werden zentral im Umweltlabor der NW-FVA analysiert.



Impressum:

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
Abteilung Umweltkontrolle
Sachgebiet Wald- und Bodenzustand
Grätzelstraße 2, 37079 Göttingen
Tel.: 0551/69401-0
Fax: 0551/69401-160
Zentrale@nw-fva.de
www.nw-fva.de



Redaktion: Paar U, Klinck C,
Weymar J, Spielmann M und Talkner U

Titelfoto: Weymar J

Layout: Starick E

Herstellung: Nordwestdeutsche
Forstliche Versuchsanstalt

Druck: Printec Offset Kassel

Zitiervorschlag

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt,
Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
(Hrsg.) (2022): Waldzustandsbericht 2022 für
Hessen, 40 S
<https://doi.org/10.5281/zenodo.7193714>

Zitate der Einzelbeiträge bitte nach
folgendem Schema:

Paar U, Klinck C (2022): WZE-Ergebnisse
für alle Baumarten. In: Nordwestdeutsche Forst-
liche Versuchsanstalt, Hessisches Ministerium
für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und
Verbraucherschutz (Hrsg.): Waldzustandsbericht
2022 für Hessen. S 9-15
<https://doi.org/10.5281/zenodo.7194101>

Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative
Commons Namensnennung 4.0 International
Lizenz. (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)

Der Waldzustandsbericht 2022
ist abrufbar unter
<https://www.nw-fva.de> und
<https://umwelt.hessen.de>

Hauptverantwortliche für die Waldzustandserhebung in Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein:

Dr. Ulrike Talkner
Abteilungsleiterin
Umweltkontrolle



Dr. Uwe Paar
Sachgebietsleiter Wald- und
Bodenzustand, Redaktion



Dr. Caroline Klinck
Leiterin der Außenaufnahmen,
Auswertung, Redaktion



Dr. Jan Evers
Bodenzustandserhebung



Andreas Hafner
Datenmanagement



Jörg Weymar
Außenaufnahmen und Kontrollen



Michael Spielmann
Außenaufnahmen und Kontrollen



Dr. Bernd Westphal
Außenaufnahmen und Kontrollen



Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Hessischen Landesregierung herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerberinnen und Wahlwerbern, Wahlhelferinnen und Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Europa-, Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Die Beschränkungen gelten unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Druckschrift dem Empfänger zugegangen ist. Den Parteien ist jedoch gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.