

# Waldzustandsbericht 2023

Forstliches Umweltmonitoring in Thüringen





# Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

das uns über Jahrzehnte vertraute Bild der Wälder Thüringens hat sich seit 2018 deutlich verändert. Durch wiederkehrende Trockenperioden und eine massive Vermehrung forstlicher Schadinsekten sind viele Waldbäume geschwächt, weisen erheblich Schäden auf und sterben großflächig ab. Nicht selten ist dieser Anblick deprimierend und verdeutlicht uns wie wichtig, wie wertvoll unser Wald in Thüringen ist.

Das Ausmaß und die Geschwindigkeit, mit denen diese Entwicklungen voranschreiten, stellt nicht nur Waldbesitzende und Forstbetriebe vor enorme Herausforderungen. Wir alle sind auf einen gesunden Wald angewiesen, sei es als „Klimaschützer“, Garant für saubere Luft und sauberes Wasser, Lebens- und Erholungsraum oder als Lieferant des nachwachsenden Rohstoffs Holz.

Wie es unseren Wäldern aktuell geht, wird jedes Jahr im Rahmen der Waldzustandserhebung (WZE) erfasst. Die Ergebnisse der diesjährigen WZE geben keine Entwarnung der sich seit Jahren zugespitzten Situation. Ein weiteres Mal wird deutlich, wie ernst die Lage ist. Die Schäden in unseren Wäldern haben weiter zugenommen. Die Verlichtung der Baumkronen befindet sich auf ihrem bisherigen Höchststand. Weniger als ein Fünftel der Waldfläche wurde als gesund eingeschätzt.

Sorgenkind bleibt die Fichte - hier sind die Ausfälle und Schäden trotz der diesjährigen niederschlagsreicheren Vegetationsperiode so stark angestiegen wie zu keinem Zeitpunkt in der über dreißigjährigen Geschichte der WZE. Gründe hierfür sind, dass die seit 2018 laufende Massenvermehrung der Borkenkäfer inzwischen zu einer bislang nicht gekannten Populationsdichte geführt hat, der selbst gesunde Bäume nicht gewachsen sind. Hinzu kommt, dass die Wurzeln der Waldbäume und damit deren Wasseraufnahmevermögen dürrbedingt ebenfalls Schaden genommen haben. Hoffnungsvoller stimmt die Entwicklung bei anderen Baumarten. Ihr Zustand hat sich gegenüber dem Vorjahr zumindest nicht merklich verschlechtert, der allgemeine Zustand bei der Baumart Kiefer hat sich sogar leicht verbessert.

All diese Befunde bestärken uns, in Thüringen weiterhin an der dringlichsten Aufgabe weiter zu arbeiten, unsere Wälder fit für die Zukunft zu machen. Dabei steht die Wiederbewaldung neu entstandener Schadflächen und der Umbau risikobehafteter Reinbestände in klimastabile Mischbestände im Vordergrund. Die Landesregierung unterstützt Waldbesitzende dabei nach Kräften. Mit dem Aktionsplan Wald 2030 ff. wurden diesbezüglich bereits seit 2019 wichtige Weichenstellungen vorgenommen. Bereits im Jahr 2020 wurde deshalb auf gesetzlicher Grundlage das Sonderprogramm „Waldumbau und Wiederbe-



waldung“ ins Leben gerufen, welches von 2021 bis 2036 jährlich mit 11 Millionen Euro bei der Bewältigung der enormen Aufgaben unterstützt.

Ich danke allen Waldbesitzenden und allen Mitarbeitenden der Landesforstverwaltung für ihren unermüdlichen Einsatz zum Erhalt und Umbau unserer Wälder. Nur durch ihre tägliche Arbeit können wir unsere forstpolitischen Ziele zum Wohle der Allgemeinheit umsetzen und damit Sorge tragen, dass auch nachfolgende Generationen die vielfältigen Funktionen unserer Wälder in Anspruch nehmen können.

**Susanna Karawanskij**

Thüringer Ministerin für Infrastruktur und Landwirtschaft

# Waldzustandsbericht 2023 in leichter Sprache

Jedes Jahr untersuchen Försterinnen und Förster, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler: Ist der Wald gesund?  
In einem Waldzustandsbericht stellen sie die Ergebnisse dar.  
Für diese Arbeit gibt es gesetzliche Vorgaben.

In Thüringen gibt es 355 Aufnahmepunkte im Wald.  
Sie sind gleichmäßig über den ganzen Wald verteilt.  
An diesen Punkten schaut man jedes Jahr: Wie gesund sind die Bäume?  
Ein Zeichen für den Zustand des Waldes ist: Wie sehen die Kronen der Bäume aus?  
Wenn ein Baum wenig Nadeln oder Blätter hat, ist er krank.  
Die Wissenschaftler nennen das Kronenverlichtung.

In diesem Jahr waren nur noch 18 Prozent der Waldbäume gesund.  
29 Prozent der Waldbäume sind leicht geschädigt.  
53 Prozent sind stark geschädigt.

In den letzten Jahren geht es den Bäumen im Wald immer schlechter.  
Die Ursachen sind: Zu wenig Regen und zu große Hitze.  
Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler führen das auf den Klimawandel zurück.  
Laub- und Nadelbäume bekommen zu wenig Wasser. Sie vertrocknen oder werden schwach.  
Sie können sich immer schlechter gegen Feinde wehren. Zum Beispiel gegen den Borkenkäfer.

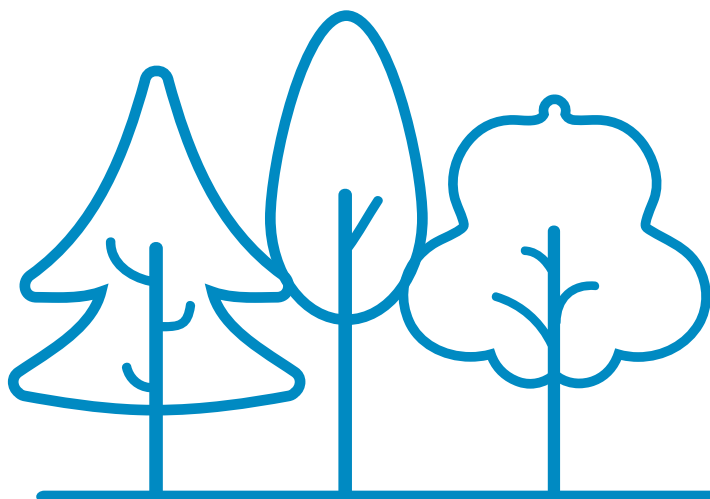
Es ist wichtig, den Wäldern zu helfen, damit sie sich besser an den Klimawandel anpassen können.  
Försterinnen und Förster, Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer wollen den Wald stärker machen.  
Deshalb pflegen sie in einem Wald möglichst viele Arten von Bäumen. Sie pflegen auch junge und alte Bäume.  
Das nennt man Mischbestände.  
Mischbestände machen den Wald stärker.

In manchen Wäldern hat man früher nur eine Baumart gepflegt. Das nennt man Reinbestände. Reinbestände leiden besonders stark unter dem Klimawandel.  
Man kann aus solchen Wäldern Mischbestände heranziehen. Dann wachsen dort viele Baumarten. Das nennt man Waldumbau.  
Waldumbau dauert lange und ist teuer.  
In Thüringen haben der Landtag und die Regierung beschlossen: Der Waldumbau soll schneller gehen.  
Dafür geben sie Geld.  
Das Geld hilft beim Waldumbau: Man kann mehr Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter einstellen und die Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer noch besser beraten.

Försterinnen und Förster, Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer können den Klimawandel nicht stoppen.  
Beim Verbrennen von Kohle, Öl oder Erdgas entstehen Gase.  
Das ist eine Hauptursache des Klimawandels.  
Deshalb ist wichtig: Wir alle müssen Energie sparen. Dann entstehen weniger Gase, die das Klima schädigen. Damit helfen wir unseren Wäldern. Sie müssen dann weniger unter dem Klimawandel leiden.

# Inhalt

|   |                                                     |    |
|---|-----------------------------------------------------|----|
| 1 | Hauptergebnisse der Waldzustandserhebung (WZE) 2023 | 04 |
| 2 | Monitoring im Wald                                  | 07 |
| 3 | Waldzustandserhebung 2023                           | 11 |
| 4 | Einflüsse und Ursachen                              | 39 |
| 5 | Katastrophenbewältigung in einem Forstamt           | 58 |
| 6 | Zusammenfassung                                     | 60 |
| 7 | Anhang                                              | 63 |
| 8 | Autoren                                             | 68 |



# 1 Hauptergebnisse der Waldzustandserhebung (WZE) 2023

Der Zustand des Waldes in Thüringen wird seit dem Jahr 2018 stark durch extreme Witterungsbedingungen beeinflusst. Wiederkehrende Hitze- und Trockenperioden setzen die Waldbäume unter enormen Stress. Trotz insgesamt günstigerer Witterungsbedingungen als im Vorjahr, hat sich der Zustand des Waldes auch in diesem Jahr weiter verschlechtert. Der Waldflächenanteil mit deutlichen Vitalitätsverlusten nahm gegenüber dem Jahr 2022 um drei Prozentpunkte zu und liegt jetzt bei 53 % (Abbildung 1). Die mittlere Kronenverlichtung erreichte mit 32,8 % den höchsten Wert, der je bei der WZE ermittelt wurde (2022: 30,3 %).

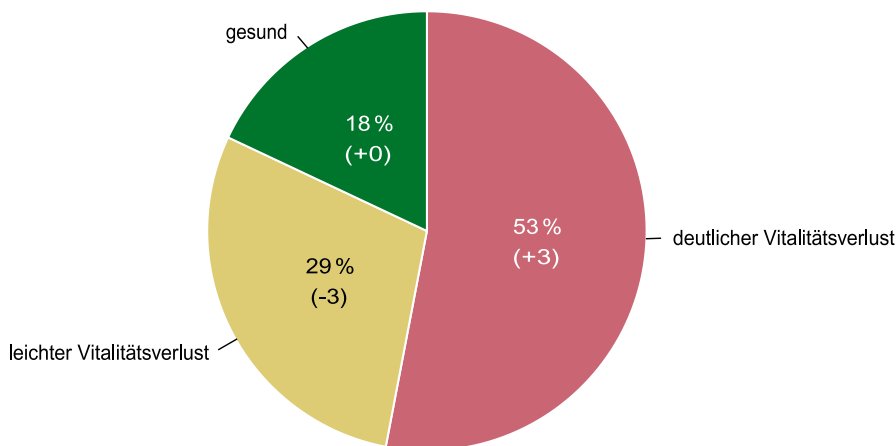


Abb. 1: Waldflächenanteile der Vitalitätsstufen 2023 (Differenz zum Vorjahr in Klammern)

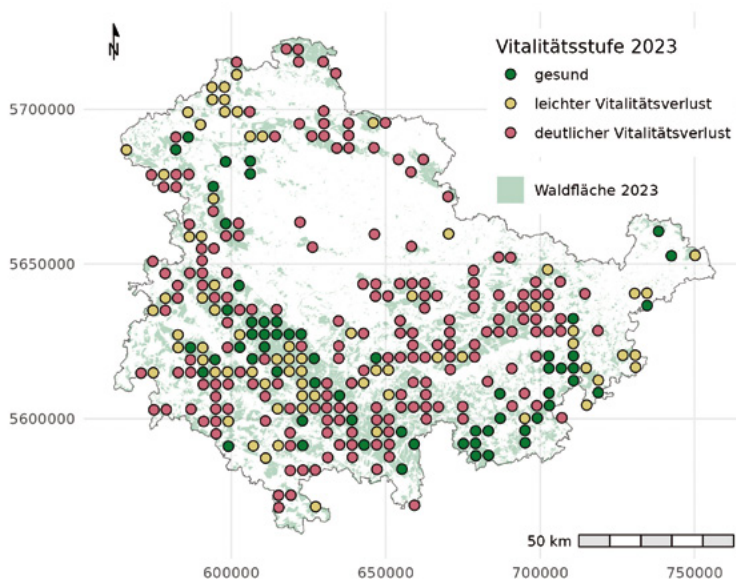
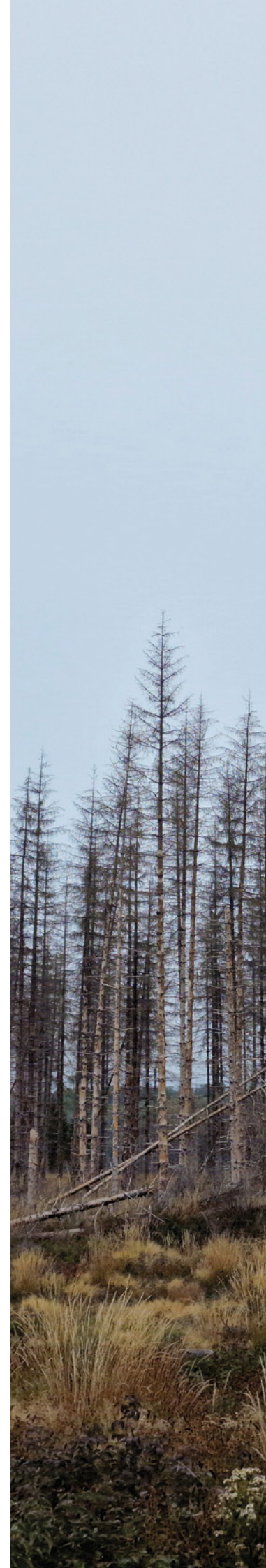


Abb. 2: Zustand des Waldes an den Stichprobenpunkten der WZE 2023

Rund 7 % der Probeebäume, die bei der letztjährigen WZE noch lebend im Wald standen, sind innerhalb nur eines Jahres abgestorben oder mussten außerplanmäßig entnommen werden. Im Jahr 2017 lag diese Rate noch bei 0,3 %. Ausfälle wurden vor allem im südöstlichen Teil des Thüringer Waldes, im Schiefergebirge und im Vogtland beobachtet (Abbildung 3). Nur in den höheren Lagen des mittleren Thüringer Waldes sind bisher nur wenige Probeebäume abgestorben. Seit 2017 sind kumuliert 27 % der Aufnahmebäume ausgefallen. Für die meisten dieser ausgefallenen Bäume konnten allerdings benachbarte Ersatzbäume gefunden werden (Kapitel 3.2.1).



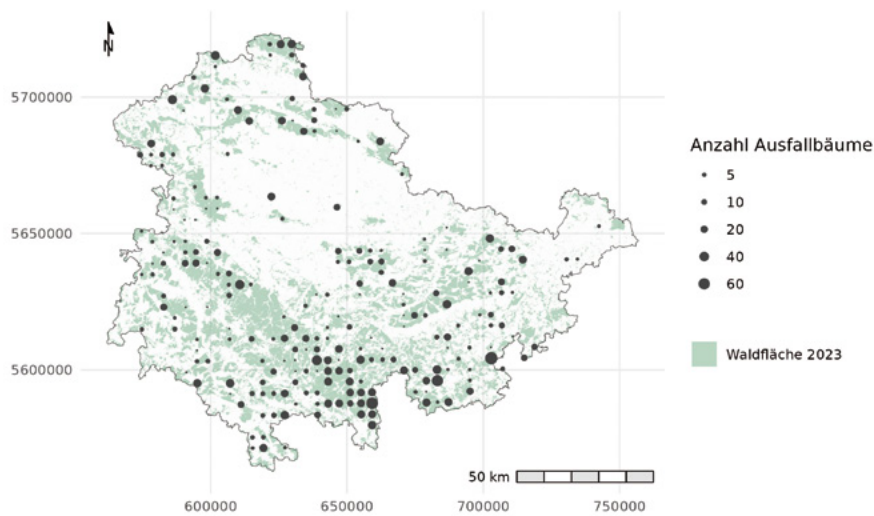


Abb. 3: Summe ausgefallener Probebäume an den Stichprobenpunkten der WZE 2015 - 2023

Geprägt werden die dramatischen Entwicklungen vor allem durch die in Thüringen am häufigsten vorkommende Baumart: die Fichte. Durch ihren Ausfall - der klimawandelbedingt in erster Linie durch einen massiven Befall durch Borkenkäfer verursacht wird - sind in den vergangenen sechs Jahren großflächig Schadflächen entstanden. Seit dem Jahr 2018 ist das Ausmaß von Kahlflächen und stark aufgelichteten Flächen auf insgesamt rund 110.000 Hektar angestiegen. Betroffen sind vor allem die Forstreviere im Süden Thüringens (Abbildung 4).

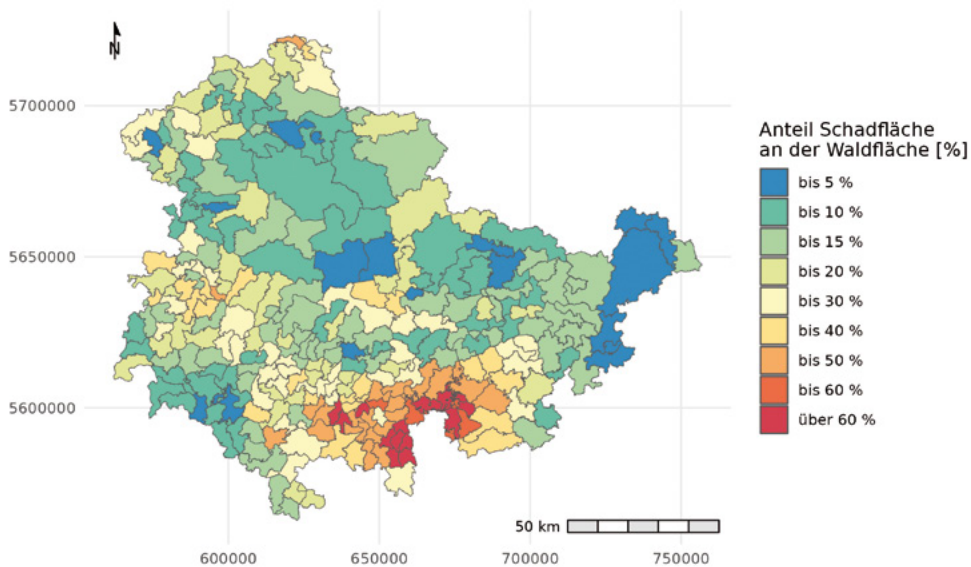


Abb. 4: Flächenanteile der Schadflächen an der Gesamtwaldfläche (Holzbodenfläche) in den Forstrevieren (Stand: 15.08.2023)



Die deutliche Zunahme des Schadholzaufkommens unterstreicht den Ernst der Lage. Seit dem Jahr 2018 mussten fast 28 Millionen fm (Festmeter) Schadholz aus den Wäldern Thüringens entnommen werden (Tabelle 1).

**Tabelle 1:** Schadholzanfall seit dem Jahr 2018 (ohne holzbrütende Borkenkäfer)

| Schadholzanfall<br>[Gesamtwald]    | 2018             | 2019             | 2020             | 2021             | 2022             | I. Quartal<br>2023 | II. Quartal<br>2023 | III. Quartal<br>2023 | Summe<br>2018 bis 2023 |
|------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|---------------------|----------------------|------------------------|
| <b>Bruch- und Wurfholz (fm)</b>    | <b>1.144.831</b> | <b>295.890</b>   | <b>286.379</b>   | <b>106.339</b>   | <b>674.601</b>   | <b>67.342</b>      | <b>18.753</b>       | <b>16.807</b>        | <b>2.610.942</b>       |
| Fichte                             | 971.877          | 217.526          | 239.110          | 74.770           | 547.369          | 52.401             | 10.389              | 7.628                | <b>2.121.070</b>       |
| Kiefer                             | 76.633           | 29.806           | 15.524           | 6.385            | 45.001           | 4.755              | 1.588               | 1.018                | <b>180.710</b>         |
| Lärche                             | 26.429           | 5.749            | 3.896            | 2.036            | 11.310           | 1.251              | 727                 | 661                  | <b>52.059</b>          |
| sonstiges Nadelholz                | 3.719            | 998              | 629              | 258              | 2.722            | 278                | 57                  | 130                  | <b>8.791</b>           |
| Buche                              | 41.443           | 26.587           | 17.596           | 13.020           | 39.579           | 4.276              | 2.960               | 3.769                | <b>149.230</b>         |
| Eiche                              | 5.244            | 1.881            | 1.240            | 1.365            | 3.803            | 324                | 212                 | 387                  | <b>14.456</b>          |
| sonstiges Laubholz                 | 19.486           | 13.343           | 8.384            | 8.505            | 24.817           | 4.057              | 2.820               | 3.214                | <b>84.626</b>          |
| <b>Trockenschäden (fm)</b>         | <b>-</b>         | <b>2.092.772</b> | <b>1.930.560</b> | <b>545.302</b>   | <b>607.093</b>   | <b>-</b>           | <b>283.985</b>      | <b>166.646</b>       | <b>5.626.358</b>       |
| Fichte                             |                  | 848.762          | 1.074.654        | 246.818          | 268.669          |                    | 143.544             | 73.713               | <b>2.656.160</b>       |
| Kiefer                             |                  | 77.044           | 116.208          | 33.598           | 28.856           |                    | 18.335              | 8.847                | <b>282.888</b>         |
| Lärche                             |                  | 46.994           | 107.940          | 9.658            | 8.144            |                    | 3.633               | 1.988                | <b>178.357</b>         |
| sonstiges Nadelholz                |                  | 3.454            | 2.897            | 960              | 1.142            |                    | 767                 | 495                  | <b>9.715</b>           |
| Buche                              |                  | 1.013.697        | 509.841          | 216.471          | 239.097          |                    | 89.518              | 68.902               | <b>2.137.526</b>       |
| Eiche                              |                  | 28.464           | 31.220           | 10.929           | 15.306           |                    | 7.730               | 3.867                | <b>97.516</b>          |
| sonstiges Laubholz                 |                  | 74.357           | 87.800           | 26.868           | 45.879           |                    | 20.458              | 8.834                | <b>264.196</b>         |
| <b>Schäden durch Insekten (fm)</b> | <b>809.928</b>   | <b>2.361.029</b> | <b>3.680.764</b> | <b>3.592.204</b> | <b>3.938.553</b> | <b>599.382</b>     | <b>1.596.696</b>    | <b>2.943.334</b>     | <b>19.521.890</b>      |
| Borkenkäfer Fichte                 | 795.789          | 2.300.139        | 3.606.571        | 3.536.573        | 3.915.365        | 593.886            | 1.585.014           | 2.930.363            | <b>19.263.700</b>      |
| Borkenkäfer Lärche                 | 10.928           | 34.180           | 24.049           | 12.198           | 5.180            | 845                | 1.873               | 1.683                | <b>90.936</b>          |
| Borken- u. Prachtkäfer Kiefer      | 2.908            | 20.968           | 40.304           | 33.381           | 10.080           | 3.176              | 8.472               | 8.560                | <b>127.849</b>         |
| Borken- u. Prachtkäfer Buche       | 45               | 3.857            | 5.560            | 3.665            | 1.080            | 45                 | 315                 | 1.310                | <b>15.877</b>          |
| Borken- u. Prachtkäfer Eiche       | 258              | 1.885            | 4.280            | 6.387            | 6.848            | 1.430              | 1.022               | 1.418                | <b>23.528</b>          |
| <b>Summe</b>                       | <b>1.954.759</b> | <b>4.749.691</b> | <b>5.897.703</b> | <b>4.243.845</b> | <b>5.220.247</b> | <b>666.724</b>     | <b>1.899.434</b>    | <b>3.126.787</b>     | <b>27.759.190</b>      |

Stand der Daten: 11.10.2023; 06:00 Uhr

## 2 Monitoring im Wald

### 2.1 Forstliches Umweltmonitoring

#### 2.1.1 Aufbau und Struktur

Für die Gestaltung zukünftiger Umwelt-, Wirtschafts- und Lebensverhältnisse sind verlässliche Informationen über den Zustand und die Veränderung der Wälder eine wichtige Voraussetzung. In Thüringen werden diese Informationen seit über 30 Jahren durch das Forstliche Umweltmonitoring zur Verfügung gestellt.

Das Forstliche Umweltmonitoring ist ein abgestimmtes System aus stichprobenbasierten Übersichtserhebungen (Level I) und intensiven Untersuchungsflächen an ausgewählten Waldstandorten (Level II). Es setzt sich aus drei Monitoringelementen zusammen:

- der Waldzustandserhebung (WZE),
- der Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) und
- dem Intensiven Forstlichen Umweltmonitoring an Wald- und Hauptmessstationen (WMS/HMS).

Die WZE und BZE zählen zu den stichprobenbasierten Übersichtserhebungen. Sie werden auf einem engmaschigen, landesweiten Stichprobennetz durchgeführt und liefern repräsentative Informationen über den Zustand und die Veränderung der Wälder und der Waldböden. Die Datenerhebungen des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings finden hingegen nur an einigen ausgewählten Waldstandorten statt. Ziel des Intensiven Monitorings ist es, die Auswirkungen von Umwelteinflüssen auf Waldökosysteme besser zu verstehen. So werden unter anderem die Einflüsse von Luftschadstoffen, klimatischen Veränderungen, Witterungsextremen und der Bewirtschaftung auf Wälder umfangreich untersucht. Da die Messungen zum Teil sehr aufwendig sind, werden sie nicht flächendeckend durchgeführt.

Die rechtlichen Grundlagen des forstlichen Umweltmonitorings bilden § 41a des Bundeswaldgesetzes (BWaldG) und die darauf basierende, vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2013 erlassene, „Verordnung über Erhebungen zum forstlichen Umweltmonitoring (ForUmV)“. Als hoheitliche Aufgabe wird das Forstliche Umweltmonitoring in Thüringen gemäß § 2 des Thüringer Gesetzes über die Errichtung der Anstalt öffentlichen Rechts „ThüringenForst“ (LForstAG TH) in Verbindung mit § 5 Thüringer WaldG (ThürWaldG) von der Landesforstanstalt flächendeckend und für alle Waldbesitzarten durchgeführt.

Das Forstliche Umweltmonitoring in Thüringen ist in nationale und internationale Monitoringprogramme eingebunden. Dazu zählt auf europäischer Ebene beispielsweise das „International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (ICP Forests)“. Dieses Programm

gewährleistet unter anderem, dass die Daten des Umweltmonitorings europaweit nach den gleichen Verfahren erhoben werden, sodass sie überregional zusammengeführt, ausgewertet und verglichen werden können. Der Freistaat Thüringen übermittelt in einem regelmäßigen Turnus Daten an das ICP-Forests Programm.

#### 2.1.2 Waldzustandserhebung (WZE)

Die Waldzustandserhebung (WZE) ist eine stichprobenbasierte Übersichtserhebung, mit der jedes Jahr der „Gesundheitszustand“ der Wälder in Thüringen okular erfasst wird. Als wichtigster Indikator gilt dabei der Kronenzustand von Waldbäumen. Die Ergebnisse der WZE werden jedes Jahr im Thüringer Waldzustandsbericht veröffentlicht<sup>1</sup> und fließen auch in den Waldzustandsbericht des Bundes<sup>2</sup> mit ein.

Die Aufnahme- und Auswerteverfahren der WZE sind auf Grundlage der ForUmV zwischen den Bundesländern abgestimmt. In Thüringen werden die Daten seit dem Jahr 1991 auf einem systematischen 4 x 4 km-Raster erhoben (Abbildung 5). Für die Planung und Durchführung der Erhebung ist das Forstliche Forschungs- und Kompetenzzentrum Gotha (FFK Gotha) der Landesforstanstalt verantwortlich.

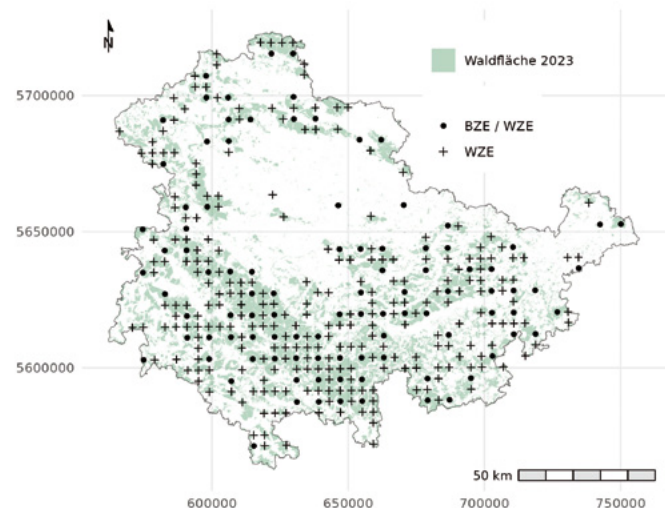


Abb. 5: Stichprobenpunkte der Waldzustandserhebung (WZE) und Bodenzustandserhebung (BZE)

#### 2.1.3 Bodenzustandserhebung im Wald (BZE)

An jedem vierten WZE-Stichprobenpunkt (8 x 8 km-Raster; Abbildung 5) erfolgt ca. alle 15 Jahre eine landesweite Inventur des Waldbodens. Nach den Jahren 1992/93 und 2005/06 läuft derzeit von 2022 bis 2024 die dritte bundesweite Boden-

<sup>1</sup> <https://infrastruktur-landwirtschaft.thueringen.de/unsere-themen/forst-jagd-und-fischerei/forstwirtschaft>

<sup>2</sup> <https://www.bmel.de/DE/themen/wald/wald-in-deutschland/forstliches-umweltmonitoring.html>

zustandserhebung im Wald (BZE III) auf Grundlage der vom BMEL erlassenen „Verordnung über Erhebungen zum Zustand des Waldbodens (BZEV)“ vom 29. Juni 2020. Entsprechend der zwischen dem Bund und den Ländern abgestimmten Methodik werden an den 100 Thüringer Aufnahmepunkten unter anderem Daten zu bodenchemischen Kenngrößen (z. B. Nährstoffvorrat, Bodenversauerung, Kohlenstoffspeicher), bodenphysikalischen Kenngrößen (z. B. Wasserspeicherkapazität) aber auch Daten zur Vegetation (z. B. Durchmesser und Höhe von Bäumen, Bodenvegetation) erhoben.

#### 2.1.4 Intensives Forstliches Umweltmonitoring an Wald- und Hauptmessstationen (WMS/HMS)

Um die Auswirkungen von abiotischen und biotischen Umwelteinflüssen (z. B. Luftschadstoffe, klimatische Veränderungen, Bewirtschaftung, Schadinsekten) auf die Prozesse in den Wäldern und Waldböden zu untersuchen, wurden seit dem Jahr 1991 insgesamt 15 Wald- und Hauptmessstationen in größeren Waldgebieten Thüringens installiert (Abbildung 6). Ziel der Erhebungen an den Messstationen ist es, Ursache-Wirkungs-Beziehungen in den Waldökosystemen Thüringens besser zu verstehen, Risiken und Gefahren für den Wald zu erkennen und aus den gewonnen Erkenntnissen Handlungsoptionen für die Politik und die forstliche Praxis abzuleiten.

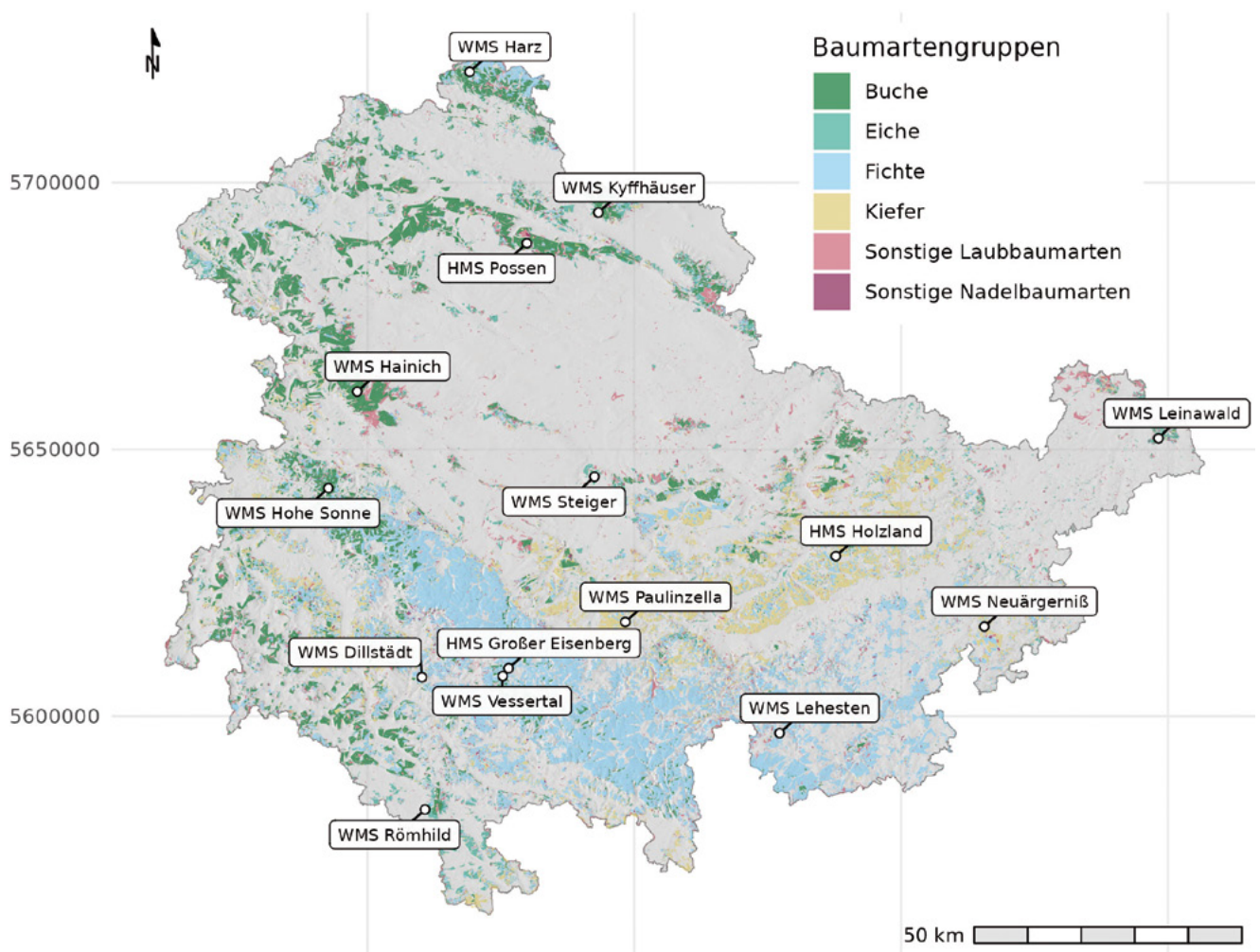


Abb. 6: Drei Hauptmessstationen (HMS) und 12 Waldmessstationen (WMS) in Thüringen

Eine Messstation des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings setzt sich immer aus zwei Flächen zusammen: einer Fläche im Waldbestand und einer Fläche im Freiland. Im Wald-

bestand werden unter anderem Daten zum Kronenzustand, zum Wachstum der Bäume oder zum Wassergehalt im Boden erfasst (Abbildung 7). Auf der Freifläche werden meteorologi-

sche Daten erhoben. An den Waldmessstationen (WMS) sind die Niederschlagsmenge und -qualität, an den Hauptmessstationen (HMS) werden zusätzlich die Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Globalstrahlung sowie weitere meteorologische Daten in hoher zeitlicher Auflösung erfasst.

Die drei Hauptmessstationen Großer Eisenberg, Possen und Holzland werden in Zusammenarbeit mit dem Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (TLUBN) betrie-

ben. Die Daten dieser drei Stationen und sowie die der WMS Steiger und Lehesten werden jährlich an das ICP-Forests Umweltmonitoringprogramm übermittelt und fließen somit in nationale und internationale Auswertungen mit ein.

In den monatlichen Berichten zur Bodenfeuchte und den quartalsweise erscheinenden forstlichen Witterungsberichten werden die an den Messstationen erhobenen Daten regelmäßig auf der Internetseite der Landesforstanstalt veröffentlicht<sup>3</sup>.

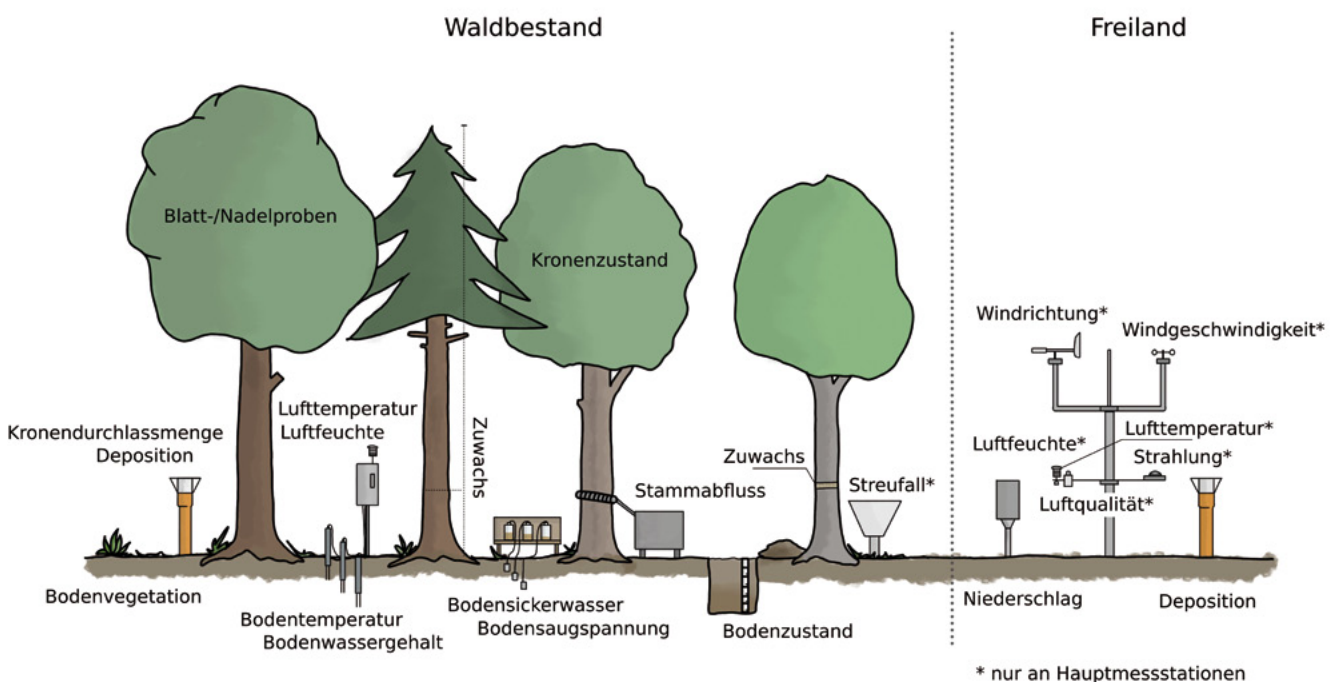


Abb. 7: Aufbau einer Haupt-/Waldmessstation

## 2.2 Waldschutz

### 2.2.1 Waldschutzmeldedienst

Zur Überwachung der Waldschutzsituation ist in Thüringen seit 1947 ein Waldschutzmeldedienst etabliert. Neben der Überwachung und Diagnose von forstlichen Schadorganismen (Insekten, Pilze) werden Prognosen und Handlungsempfehlungen für Waldbesitzende gegeben. Die aus den Thüringer Forstrevieren und aus dem Bundesforstbetrieb gemeldeten Schäden durch Insekten, Mäuse und Pilze, durch abiotische Einflüsse verursachte Schäden wie z. B. Wurf- und Bruchholz, Frost- oder Dürreschäden, sowie Schäden durch Waldbrände, werden im Rahmen des Waldschutzmeldedienstes erfasst und in der Hauptstelle für Waldschutz am Forstlichen Forschungs- und Kompetenzzentrum Gotha (FFK Gotha) ausgewertet. Auszüge aus den aktuellen Daten sind auf der Internetseite der Landesforstanstalt zu finden<sup>4</sup>.



Bild 1: Pheromonfalle

<sup>3</sup> <https://www.thueringenforst.de/wald-zukunft/forschung/berichte-erhebungen>

<sup>4</sup> <https://www.thueringenforst.de/wald-zukunft/forschung/berichte-erhebungen>

### 2.2.2 Waldschutzmonitoring

Das Waldschutzmonitoring umfasst die Überwachung der Populationsdichte und Ausbreitung forstlicher Schaderreger anhand mehrstufiger, situationsangepasster Verfahren und wird für zur Massenvermehrung neigende Schadorganismen durchgeführt. Dazu zählen in Thüringen unter anderem Borkenkäferarten (u.a. Buchdrucker und Kupferstecher), die Nonne, Frostspanner-Arten, der Eichenprozessionsspinner, der Schwammspinner oder Kurzschwanzmäuse.

Die speziell auf den jeweiligen Schädling abgestimmten Überwachungsmaßnahmen beinhalten unter anderem die Bodensuche nach Larven und Puppen, Fallenfänge mit Lockstoffen (Pheromone), die Feststellung von Ei-Besatzdichten, Schwarmflugüberwachungen und Probefänge. Die Ergebnisse sind Grundlage für Prognosen zur Schadentwicklung und zur Vorbereitung von gegebenenfalls erforderlichen Gegenmaßnahmen.

### 2.2.3 Quarantäneschädlinge

Quarantäneschädlinge sind Organismen, deren Eindringen in neue Gebiete aktiv verhindert werden soll. Sie unterliegen amtlichen Überwachungs- und Bekämpfungsmaßnahmen und gelten als Schadorganismen mit potenzieller ökonomischer Bedeutung für das Gebiet der Europäischen Union (EU). Deshalb müssen nach den Vorgaben des Bundes und der EU regelmäßige Kontrollen zum Auftreten von Quarantäneschädlingen im Wald durchgeführt werden.

Derzeit überwacht die Hauptstelle für Waldschutz im Rahmen des Waldschutzmeldedienstes und im Rahmen der Waldzustandserhebung folgende Quarantäneschadorganismen: Asiatischer Laubholzbockkäfer (*Anoplofora glabripennis*), Citrusbockkäfer (*Anoplophora chinensis*), Asiatischer Eschenprachtkäfer (*Agrilus planipennis*), Kiefernholznematode (*Bursaphelenchus xylophilus*), Pechkrebs der Kiefer (*Fusarium circinatum*) und den Pilz *Phytophthora ramorum*.

## 2.3 Weitere Erhebungen im Wald

Neben den Monitoringaktivitäten des Forstlichen Umweltmonitorings und des Waldschutzes werden in Thüringen weitere Erhebungen im Wald durchgeführt. Dazu zählen beispielsweise die turnusmäßigen Bundeswaldinventuren (BWI) und die Kohlenstoffinventuren (CI) im Wald, waldwachstumskundliche Erhebungen, das Wildmonitoring und das Klimafolgenmo-

onitoring. Zudem werden in insgesamt 14 Naturwaldparzellen regelmäßig Daten erhoben. Sie liefern wertvolle Informationen über Prozessabläufe in unbewirtschafteten Wäldern.

Bundeswaldinventuren werden auf Grundlage von § 41a Abs. 5 BWaldG und den entsprechenden Verordnungen des BMEL durchgeführt. Die Aufnahmen der vierten BWI wurden in Thüringen Ende des Jahres 2022 abgeschlossen. Die Ergebnisse werden voraussichtlich im vierten Quartal des Jahres 2024 zur Verfügung stehen. Momentan laufen die Vorbereitungen für die Kohlenstoffinventur 2027. Kohlenstoffinventuren erfassen zwischen zwei Bundeswaldinventuren den Zustand des deutschen Waldes mit einem eingeschränkten Datenspektrum.

Im Rahmen waldwachstumskundlicher Erhebungen wird auf einer Reihe von Versuchsflächen untersucht, wie sich unterschiedliche forstliche Bewirtschaftungsmaßnahmen auf das Waldwachstum, die Vitalität von Waldbäumen und die Stabilität von Waldökosystemen auswirken. Ziel ist es dabei auch, Waldbaustrategien zur Stärkung der Widerstandsfähigkeit bewirtschafteter Wälder im Hinblick auf den Klimawandel zu erarbeiten.

In Thüringen werden seit dem Jahr 1994 gemäß § 32 des Thüringer Jagdgesetzes regelmäßig (d.h. alle drei Jahre) Erhebungen zum Einfluss des Wildes auf den Zustand der Wälder durchgeführt (forstliches Gutachten). Aus den Ergebnissen werden Empfehlungen zur Regulierung der Wilddichte abgeleitet. Die letzte Inventur zu Verbiss- und Schälsschäden erfolgte im Jahr 2022.

Das Klimafolgenmonitoring ist ein wichtiges Instrument zur Identifizierung der Hauptrisiken des Klimawandels. Es dient aber auch der Erarbeitung von Maßnahmen, die der Erhaltung und dem Schutz des Waldes dienen. Von besonderer Bedeutung ist eine an die aktuellen Klimaszenarien angepasste Baumartenwahl. Dabei werden Risiken des Klimawandels für die heimischen Baumarten bewertet, um Handlungsempfehlungen zur künftigen Risikovermeidung zu erarbeiten. Darüber hinaus werden im Verbund mit anderen forstlichen Forschungseinrichtungen Versuche zum Anbau nicht-heimischer Baumarten durchgeführt, wie z.B. mit Libanon-Zeder, Türkischer Tanne, Orientbuche, Hemlocktanne, Douglasie, Silberlinde, Baumhasel sowie Tannen- und Eichenarten. Die Ergebnisse dieser Versuche werden regelmäßig ausgewertet und sollen künftig in die Baumartenempfehlungen einfließen.

# 3 Waldzustandserhebung 2023

## 3.1 Methodik

Die Waldzustandserhebung (WZE) erfolgt in Thüringen auf einem systematischen 4 x 4 km-Stichprobennetz. Das Netz erstreckt sich über die gesamte Fläche des Landes und umfasst insgesamt 1.016 Stichprobenpunkte, davon 355 im Wald (Abbildung 8). Dies entspricht ungefähr einem Drittel aller Punkte des Stichprobennetzes. Im Jahr 2023 konnten an 321 der Stichprobenpunkte im Wald Aufnahmen erfolgen, an 34 Stichpunkten waren hingegen aufgrund nicht (mehr) vorhandener Bäume keine Aufnahmen möglich (Ruhepunkte).

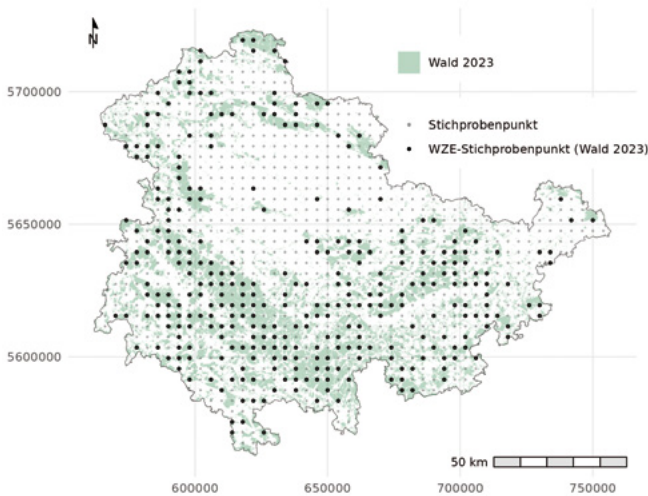


Abb. 8: Stichprobennetz der Waldzustandserhebung in Thüringen

An jedem Stichprobenpunkt im Wald werden 24 Probebäume nach einem festen, bundesweit einheitlichen Verfahren ausgewählt (Abbildung 9). Die Auswahl der Probebäume beschränkt sich dabei auf Bäume der oberen Bestandesschicht (Kraft'sche Klasse 1 - 3). Stark beschattete Bäume unterhalb des Kronendachs werden nicht mit aufgenommen.

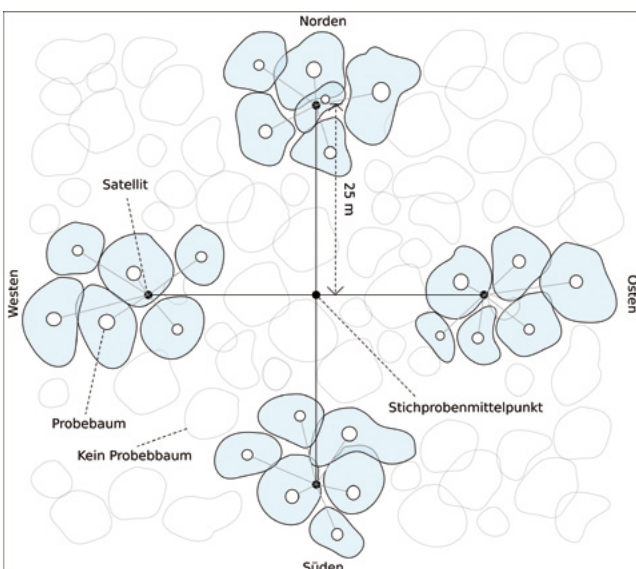


Abb. 9: Schematische Darstellung eines WZE-Kreuztraktes

An den ausgewählten Probebäumen werden unter anderem die folgenden Merkmale erfasst:

- die Baumart, das Alter und die soziologische Stellung
- die Kronenverlichtung in 5 %-Stufen
- die Intensität von Nadel- bzw. Blattverfärbungen
- die Intensität von Blüte und Fruchtbehang
- erkennbare biotische Schäden (z. B. Schäden durch Insekten und Pilze)
- erkennbare abiotische Schäden (z. B. durch Trockenheit, Frost oder Sturm)
- erkennbare Schäden durch Bewirtschaftung (z. B. Fäll- oder Rückeschäden)

Die Bewertung des Kronenzustands (Kronenverlichtung, Verfärbung und Blüte/Fruchtbehang) beschränkt sich immer auf die nicht unmittelbar durch Nachbarbäume beeinflusste Lichtkrone eines Probebaumes. Beschattete Kronenteile fließen nicht in die Bewertung ein. Das Vorkommen und die Intensität von Schäden wird auch an den übrigen Baumteilen erfasst (z. B. am Stamm, sowie an den Ästen und Zweigen).

Besondere Bedeutung kommt bei der WZE dem Merkmal Kronenverlichtung zu. Die Kronenverlichtung beschreibt den prozentualen Verlust an Blatt- bzw. Nadelmasse gegenüber einem vollbelaubten Referenzbaum. Sie wird an den Probebäumen gutachterlich in 5 %-Stufen eingeschätzt. Ein stehender Probebaum mit einer Kronenverlichtung von 100 % gilt als abgestorben.

### Hintergrund: mittlere Kronenverlichtung

Für die Beurteilung des Waldzustandes wird bei der WZE die *mittlere Kronenverlichtung* berechnet. Die mittlere Kronenverlichtung ist der arithmetische Mittelwert der Kronenverlichtungswerte der Probebäume. Da Waldbäume unter anderem mit einer Veränderung der Belaubungsdichte auf Stressfaktoren reagieren, stellt die mittlere Kronenverlichtung einen wichtigen Indikator für den allgemeinen Belastungszustand der Wälder dar. Die Kronenverlichtung gilt aber als ein unspezifisches Merkmal. Aus ihr kann nicht unmittelbar auf die Wirkung eines bestimmten Belastungsfaktors geschlossen werden.

Die zeitliche Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung ist häufig von größerem Interesse als der absolute Wert in einem Erhebungsjahr. Dies liegt auch daran, dass ein Referenzwert der mittleren Verlichtung für einen unbelasteten, nicht durch äußere Einflüsse geprägten Wald nicht hergeleitet werden kann. Auch in einem solchen (hypothetischen) Wald läge die mittlere Kronenverlichtung, z. B. aufgrund von Konkurrenz zwischen Bäumen, nicht bei 0 %.

Anhand der Kronenverlichtung und Verfärbung wird jeder Probebaum einer von fünf Schadstufen zugeordnet (Stufe 0 bis Stufe 4). Diese fünf Schadstufen werden zu drei Vitalitätsstufen zusammengefasst: Probebäume der Schadstufe 0 zählen

zur Vitalitätsstufe „gesund“, Bäume der Schadstufe 1 zur Vitalitätsstufe „leichter Vitalitätsverlust“ und Probebäume der Schadstufen 2 bis 4 zur Vitalitätsstufe „deutlicher Vitalitätsverlust“ (Tabelle 2).

Tab. 2: Zuordnung von Probebäumen zu Schadstufen

| Kronenverlichtung [%] | Anteil vergilbter Nadeln/Blätter [%] |           |           |           |                                                                                                                                        |
|-----------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       | 0 - 10                               | > 10 - 25 | > 25 - 60 | > 60 - 95 |                                                                                                                                        |
| 0 - 10                | Stufe 0                              | Stufe 0   | Stufe 1   | Stufe 2   | <b>Stufe 0 – gesund</b><br><br><b>Stufe 1 – leichter Vitalitätsverlust</b><br><br><b>Stufen 2 bis 4 – deutlicher Vitalitätsverlust</b> |
| > 10 - 25             | Stufe 1                              | Stufe 1   | Stufe 2   | Stufe 2   |                                                                                                                                        |
| > 25 - 60             | Stufe 2                              | Stufe 2   | Stufe 3   | Stufe 3   |                                                                                                                                        |
| > 60 - 95             | Stufe 3                              | Stufe 3   | Stufe 3   | Stufe 3   |                                                                                                                                        |
| 100                   | Stufe 4                              | -         | -         | -         |                                                                                                                                        |

#### Hintergrund: Flächenanteile von Vitalitätsstufen

Bei der WZE werden die Anteile von Vitalitätsstufen geschätzt. Bei den Schätzungen handelt es sich immer um Waldflächenanteile und nicht um Anteile von Bäumen. Eine Aussage wie „jeder zweite Baum mit deutlichen Vitalitätsverlusten!“ kann auf Basis der WZE-Daten nicht getroffen werden. Richtig wäre die Interpretation: „Hälfte der Waldfläche mit deutlichen Vitalitätsverlusten!“. Warum sich Baum- und Flächenanteile unterscheiden, kann anhand eines einfachen Beispiels erläutert werden.

**Beispiel:** Ein zwei Hektar großes Untersuchungsgebiet setzt sich aus zwei Flächen von jeweils einem Hektar zusammen. Auf einer Fläche stehen 100 alte Buchen, die alle deutliche Vitalitätsverluste aufweisen. Auf der zweiten Fläche stehen 900 junge, gesunde Buchen. Fällt jeweils ein WZE-Stichprobenpunkt auf jede Fläche, würden auf jeder Fläche 24 Probebäume ausgewählt werden (insgesamt 48 Probebäume). Würde auf Basis der ausgewählten Probebäume der Anteil gesunder Bäume berechnet werden, läge der Wert bei  $24 / 48 * 100 = 50\%$ . Dieser Wert stimmt aber nicht mit den Verhältnissen im Untersuchungsgebiet überein. Dort sind 90 % der Bäume gesund! Die Berechnung ist aber korrekt, wenn der Wert auf die Fläche bezogen wird: die Hälfte der Waldfläche (1 Hektar) ist „gesund“.

Die Aufnahmen der WZE werden jedes Jahr immer zwischen Anfang Juli und Anfang August an den gleichen Stichprobenpunkten und den gleichen Probebäumen durchgeführt. So können Veränderungen des Waldzustandes zwischen zwei Erhebungen, aber auch über längere Zeiträume erfasst werden. Fällt ein Probebaum aus, weil er beispielsweise im Rahmen forstlicher Maßnahmen entnommen wurde oder abgestorben ist, wird er durch einen neuen Probebaum ersetzt. Der Ausfallgrund wird dabei immer angegeben.

Ist es an einem Stichprobenpunkt nicht möglich einen Ersatzbaum für einen ausgefallenen Probebaum auszuwählen, dann

ruht der Punkt. An einem sogenannten Ruhepunkt werden keine Merkmale an den eventuell verbleibenden Probebäumen erhoben. Erst wenn wieder 24 Probebäumen vorhanden sind, wird der Stichprobenpunkt wieder vollständig aufgenommen.

Bei den abgestorbenen Probebäumen stellen Bäume mit einer Kronenverlichtung von 100 % die noch Feinreisig haben eine Ausnahme dar. Sie scheiden erst aus, wenn sie das Feinreisig verloren haben. Bis zu diesem Zeitpunkt verbleiben sie als Probebäume in der Stichprobe.

Die Daten der WZE werden von den 24 Forstämtern der Landesforstanstalt und der Nationalparkverwaltung Hainich erhoben. Vor jeder Aufnahme werden die Aufnahmetrupps intensiv durch das Forstliche Forschungs- und Kompetenzzentrum Gotha (FFK Gotha) der Landesforstanstalt geschult. Das FFK Gotha ist auch für die Qualitätssicherung der Daten sowie deren Auswertung verantwortlich.

## 3.2 Ergebnisse

### 3.2.1 Alle Baumarten

#### Die wichtigsten Ergebnisse:

- Die mittlere Kronenverlichtung ist gegenüber dem Vorjahr signifikant angestiegen.
- Der Waldflächenanteil mit deutlichen Vitalitätsverlusten hat zugenommen.
- Die Ausfallraten haben einen neuen Höchststand erreicht.
- Die negativen Entwicklungen sind vor allem auf eine Zunahme der Schäden bei der Fichte zurückzuführen.

Bei der diesjährigen WZE wurden Daten an insgesamt 321 Stichprobenpunkten erhoben (7.704 Probebäume). Die Fich-

te war die am häufigsten erfasste Baumart (2.582 Probestämme). Ihr Anteil ist in den vergangenen sechs Jahren allerdings deutlich zurückgegangen (von 43 % im Jahr 2017 auf 34 % in diesem Jahr). Die am zweithäufigsten erfasste Baumart war die Buche mit 22 % (1.661 Probestämme), gefolgt von der Kiefer mit 21 % (1.621 Probestämme). Der Anteil der Eiche lag bei 7 % (526 Probestämme), der Anteil der Sonstigen Laubbaumarten bei 13 % (1.029 Probestämme) und der Anteil der Sonstigen Nadelbaumarten bei 4 % (285 Probestämme).

### Hintergrund: Baumartengruppen

Bei der WZE wird die Baumart an jedem Probestamm erfasst. Für die Auswertung der Daten werden die Baumarten aber zu Baumartengruppen zusammengefasst. Zur Baumartengruppe „sonstige Laubbaumarten“ zählen beispielsweise Eschen-, Birken- und Ahornarten. Aber auch den Baumartengruppen „Kiefer“ und „Eiche“ werden mehr als nur eine Art zugeordnet. Zur Gruppe „Kiefer“ zählt, neben der in Thüringen am häufigsten vorkommenden Waldkiefer (*Pinus sylvestris*), unter anderem auch die Schwarzkiefer (*Pinus nigra*). Nur den Gruppen „Fichte“ und „Buche“ wird ausschließlich eine Art zugeordnet, die Gemeine Fichte (*Picea abies*), bzw. die Rotbuche (*Fagus sylvatica*).

### Kronenverlichtung

Die mittlere Kronenverlichtung lag in diesem Jahr bei 32,8 % und ist gegenüber dem letzten Jahr um 2,4 Prozentpunkte angestiegen (2022: 30,3 %). Damit wurde bei der diesjährigen WZE der bisher höchste Wert der mittleren Kronenverlichtung beobachtet (Abbildung 10).

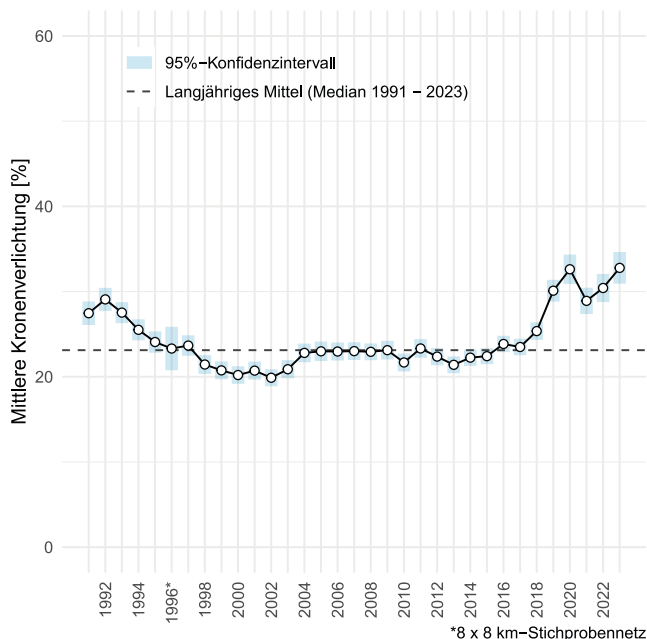


Abb. 10: Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung 1991 - 2023

Aus der Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung lassen sich drei Phasen herauslesen. Zunächst nahm die mittlere Kronenverlichtung von 1991 bis zum Jahr 2002 kontinuierlich ab, verblieb dann auf einem niedrigen Niveau und stieg nach 2017 steil an. Während die hohen Verlichtungswerte zu Beginn der 1990er Jahre vor allem auf Einträge von Luftschadstoffen zurückgeführt werden, ist der steile Anstieg nach 2017 durch extreme Witterungsverhältnisse (langanhaltende Hitze und Trockenheit) und Massenvermehrungen forstlicher Schadinsekten ausgelöst worden.

Der Anstieg der mittleren Kronenverlichtung in diesem Jahr lässt sich vor allem auf Entwicklungen bei der Baumart Fichte zurückführen (siehe Kapitel 3.2.2 Fichte). Bei ihr hat die mittlere Kronenverlichtung, im Gegensatz zu den anderen Baumartengruppen, deutlich zugenommen. Trotz dieser Entwicklungen liegt die mittlere Kronenverlichtung bei den Nadelbaumarten nach wie vor unterhalb der mittleren Verlichtung der Laubbaumarten (Abbildung 11). Dies ist vor allem auf die vergleichsweise hohen Verlichtungswerte bei den Baumartengruppen Buche und Eiche zurückzuführen.

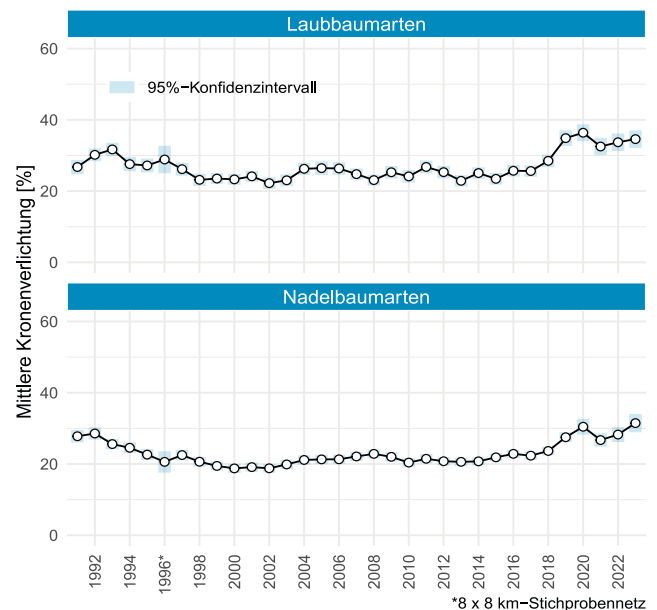


Abb. 11: Mittlere Kronenverlichtung von Laub- und Nadelbaumarten



Bild 2: Abgestorbene Fichten (Foto: FFK Gotha)

### Hintergrund: Schätzungen bei Stichprobenerhebungen

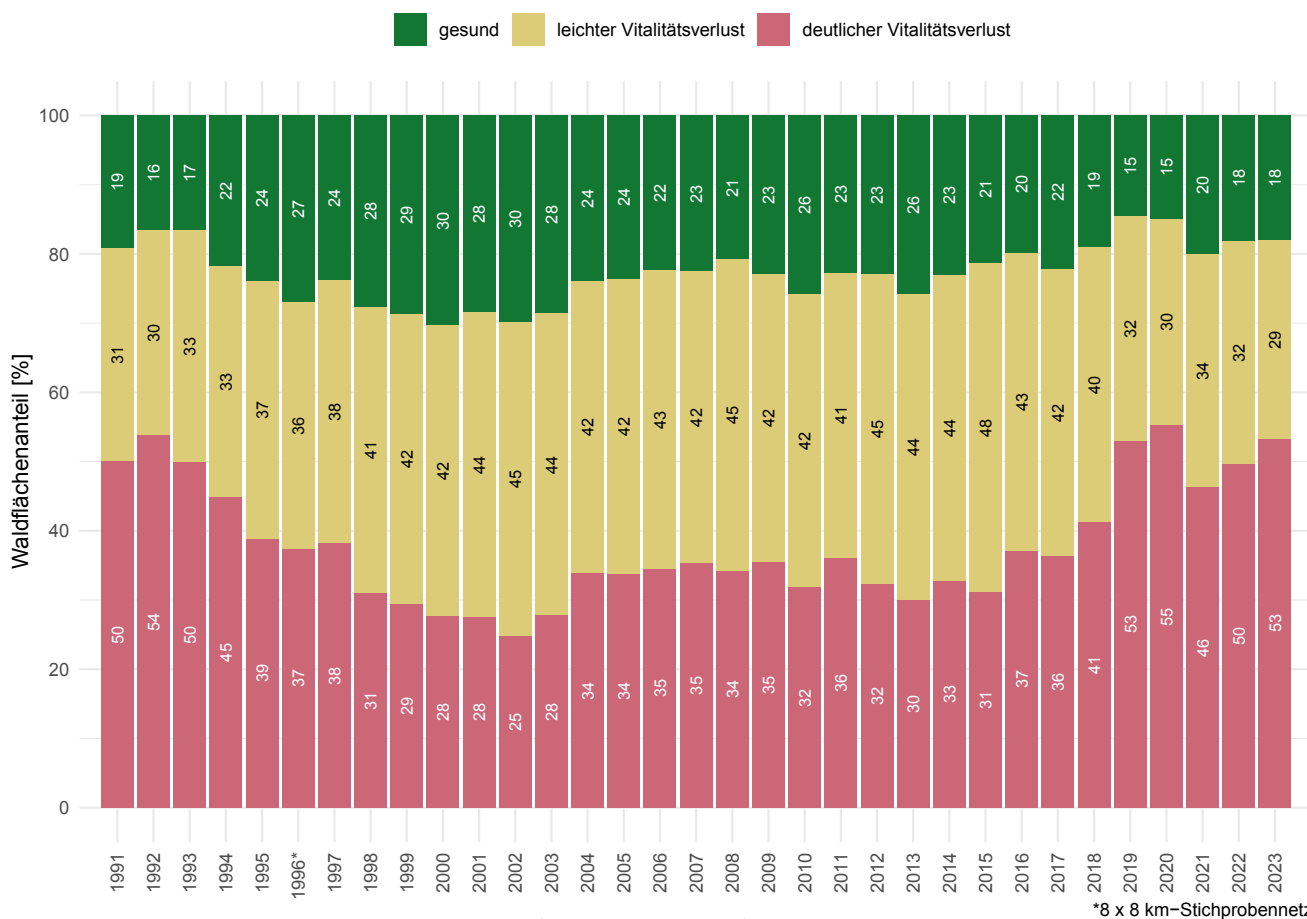
Bei Stichprobenerhebungen wird nicht der „wahre“ Wert einer Zielgröße im Untersuchungsgebiet berechnet (z. B. die mittlere Kronenverlichtung in den Wäldern Thüringens), sondern diese Zielgröße wird auf Basis einer Stichprobe geschätzt. Der Schätzwert wird dem „wahren“ Wert allerdings nicht exakt entsprechen. Dadurch entstehen Unsicherheiten. Diese Unsicherheiten können mit Hilfe etablierten Methoden der Statistik ermittelt werden. Mit dem 95 %-Konfidenzintervall (Vertrauensintervall) wird ein Bereich geschätzt, in dem der wahre Wert in 95 % der Fälle liegt. Ist das Konfidenzintervall klein, kann eine Zielgröße (Parameter) verlässlich geschätzt werden, ist das Intervall groß, bestehen Unsicherheiten bezüglich des tatsächlichen Wertes der Zielgröße.



**Bild 3:** Blick in die Krone einer vitalen Buche (Foto: FFK Gotha)

### Vitalität

Der Anteil der als „gesund“ eingestuften Waldfläche (Vitalitätsstufe 0) hat sich gegenüber dem Vorjahr nicht verändert, er liegt mit 18 % aber weiterhin auf einem sehr niedrigen Niveau. Der Waldflächenanteil mit leichten Vitalitätsverlusten (Vitalitätsstufe 1) hat von 32 % im Vorjahr auf 29 % abgenommen. Der Anteil mit deutlichen Vitalitätsverlusten (Vitalitätsstufe 2) ist gegenüber 2022 von 50 % auf 53 % angestiegen (Abbildung 12).



**Abb. 12:** Waldflächenanteile der Vitalitätsstufen 1991 - 2023 (alle Baumartengruppen)

\*8 x 8 km-Stichprobennetz

### Ausfallrate

Gemäß der bundesweit abgestimmten Methodik zur Waldzustandserhebung wird für jeden Probebaum die Ursache für das Absterben und/oder die Entnahme dokumentiert. Frisch abgestorbene Bäume, an denen zum Zeitpunkt der Aufnahmen noch Feinreisig in der Krone vorhanden ist, gehen mit einer Kronenverlichtung von 100 % in die Berechnungen der mittleren Kronenverlichtung und der Flächenanteile von Vitalitätsstufen ein.

Für Probebäume, die zwischen zwei Erhebungen planmäßig oder außerplanmäßig entnommen wurden, zum Zeitpunkt der Aufnahmen im Kronenraum nicht mehr mitherrschend sind (Kraft'sche Klasse 4 oder 5), auf dem Waldboden liegen oder ohne Feinreisig tot im Bestand stehen, wird in unmittelbarer Nähe des ausgefallenen Baumes ein Ersatzbaum ausgewählt. In die Berechnungen der mittleren Kronenverlichtung und der

Anteile von Vitalitätsstufen geht in diesem Falle die Kronenverlichtung des Ersatzbaumes ein. Die Auswahl eines neuen Probebaumes ist notwendig, um den für die Waldzustandserhebung notwendigen Stichprobenumfang (24 Bäume je WZE-Aufnahmepunkt) aufrecht zu erhalten.

#### Hintergrund: Ausfallrate

Bei der Berechnung der mittleren Kronenverlichtung werden abgestorbene Probebäume ohne Feinreisig und Bäume, die vor der Aufnahme entnommen wurden, nicht berücksichtigt. Wird beispielsweise an einem WZE-Stichprobenpunkt ein durch Borkenkäferbefall abgestorbener Fichtenbestand komplett geräumt, scheiden die Fichten aus der Stichprobe aus und gehen nicht mehr in die Berechnung mit ein. Neben der mittleren Kronenverlichtung sollte deshalb auch immer die Ausfallrate bei der Beurteilung des Waldzustandes einfließen.

Die Ausfallrate wird berechnet, indem die Anzahl der abgestorbenen und ausgeschiedenen Probebäume eines Jahres durch die Anzahl der lebenden Bäume des Vorjahres dividiert wird. Als ausgeschiedene Probebäume werden Bäume bezeichnet, die im Vorjahr noch Probebäume waren, im Erhebungsjahr

aber aus der Stichprobe ausgeschieden sind. Bei den ausgeschiedenen Probebäumen werden Bäume, die bereits im Vorjahr eine Kronenverlichtung von 100 % aufwiesen und Feinreisig hatten (d. h. frisch abgestorben waren), nicht berücksichtigt. Dadurch wird eine Mehrfachzählung von Probebäumen vermieden. Dies ist in Thüringen allerdings erst seit dem Jahr 2015 möglich, da erst ab diesem Zeitpunkt bestimmt werden kann, ob ein Probebaum bereits vorher abgestorben war.

Waren bis 2017 vor allem planmäßige forstliche Maßnahmen ursächlich für den Ausfall und Ersatz von WZE-Probeebäumen (Ausnahme 2007: Wurf-/Bruchholz nach Sturm „Kyrill“), so sind in den vergangenen sechs Jahren viele WZE-Probeebäume aufgrund abiotischer und biotischer Ursachen ausgefallen (z. B. Trockenheit, Hitze, Befall durch Schadinsekten). Die Ausfallraten sind sprunghaft angestiegen (Abbildung 13).

Die massiven Schäden, die durch Massenvermehrungen von Borkenkäfern verursacht wurden, spiegeln sich im deutlichen Anstieg biotisch bedingter Ausfälle wider. Im Jahr 2023 lag die Ausfallrate hier bei 6,1 %.

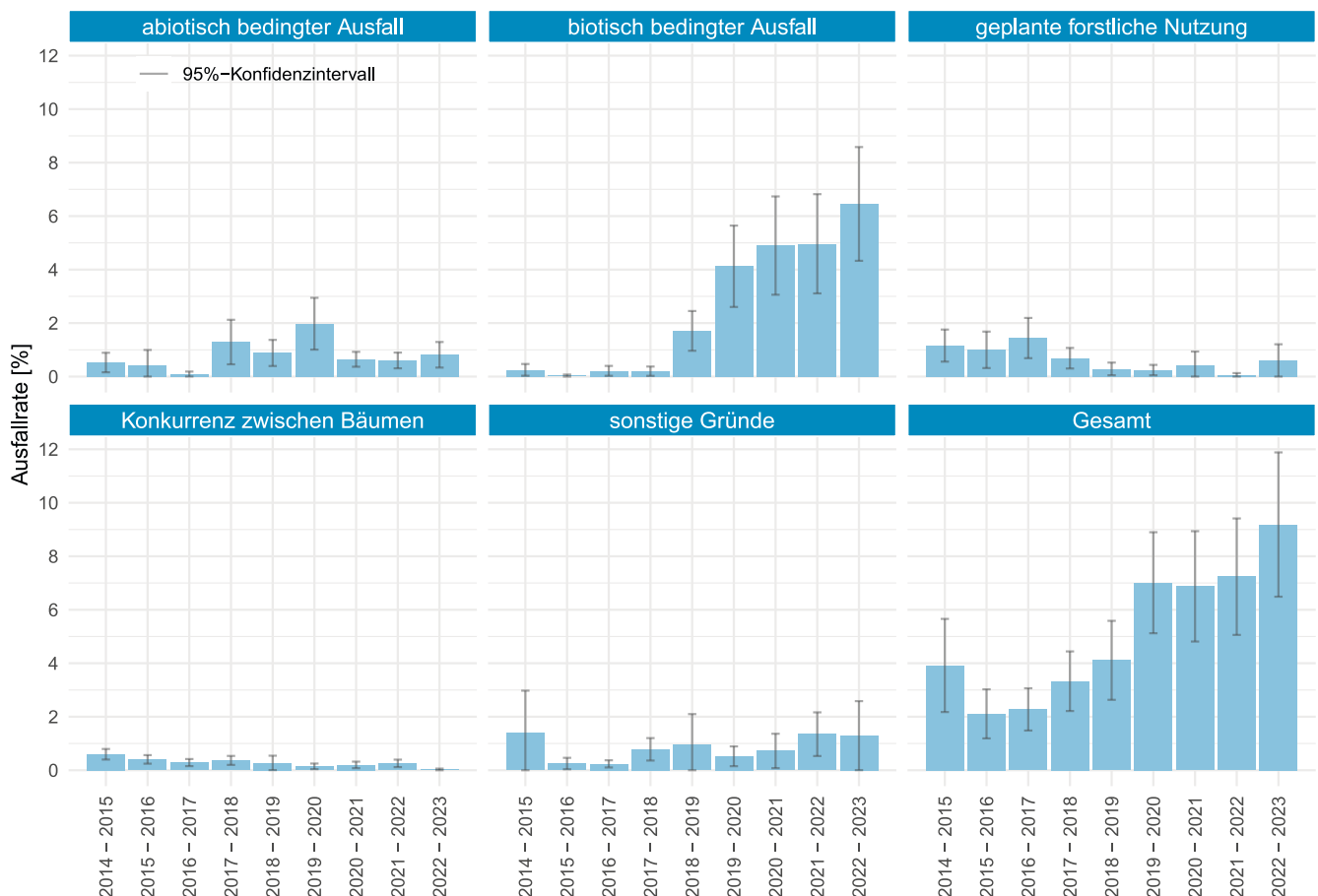


Abb. 13: Ausfallraten nach Ausfallgründen

Die hohen Ausfallraten der letzten Jahre haben das Bild der Wälder in Thüringen deutlich verändert. Von den Probestämmen, die im Jahr 2017 noch gelebt haben, sind bis zum Jahr 2023 insgesamt 27 % aufgrund abiotischer und biotischer Ursachen abgestorben oder wurden außerplanmäßig entnommen. Dies bedeutet aber nicht, dass 27 % der Waldfläche verloren gegangen ist. Für die meisten ausgefallenen Bäume konnten benachbarte Bäume als neue Probestämme (Ersatzbäume) ausgewählt werden. Es handelt sich also häufig nicht um einen Verlust an Waldfläche, sondern um einen Verlust an Bäumen im Wald.

### 3.2.2 Fichte

#### Die wichtigsten Ergebnisse:

- Der Zustand der Fichte hat sich weiter verschlechtert.
- Die mittlere Kronenverlichtung ist stark angestiegen, vor allem bei jüngeren Fichten.
- Der Flächenanteil mit deutlichen Vitalitätsverlusten hat signifikant zugenommen.
- Viele Fichten sind aufgrund von Borkenkäferbefall abgestorben oder wurden entnommen. Die Ausfallrate ist gegenüber dem Vorjahr noch einmal deutlich angestiegen.

Die Fichte (*Picea abies*) ist die am häufigsten vorkommende Baumart in Thüringen. Der Schwerpunkt der Verbreitung liegt im Thüringer Wald, im Thüringer Schiefergebirge und im Vogtland. Rund ein Drittel aller Probestämme (34 %; 2.582 Probestämme) gehörten der Baumartengruppe Fichte an. Gegenüber dem Vorjahr hat der Fichtenanteil in der Stichprobe um 2,7 Prozentpunkte abgenommen, gegenüber dem Jahr 2017 sogar um insgesamt 9,5 Prozentpunkte.

#### Kronenverlichtung

Die mittlere Kronenverlichtung ist bei der Fichte gegenüber dem Jahr 2022 deutlich angestiegen und liegt in diesem Jahr bei 31,9 % (2022: 25,6 %). Dies ist nicht nur der höchste jemals beobachtete Wert, sondern auch der stärkste Anstieg innerhalb eines Jahres seit Beginn der WZE (Abbildung 14).

Verursacht wurde der Anstieg insbesondere durch eine starke Zunahme der Kronenverlichtung bei jüngeren Fichten (Alter  $\leq 60$  Jahre; Abbildung 15). Dies hat vor allem zwei Ursachen. Zum einen befand sich in der Massenvermehrung befindliche Buchdrucker (*Ips typographus*) häufiger auch jüngere Fichtenbestände. Zum anderen wurde in diesem Jahr ein vermehrtes Auftreten des Kupferstechers (*Pityogenes chalcographus*) und des Furchenflügeligen Fichtenborkenkäfers (*Pityophthorus pityographus*) beobachtet (Kapitel 2.4.4). Der Kupferstecher und

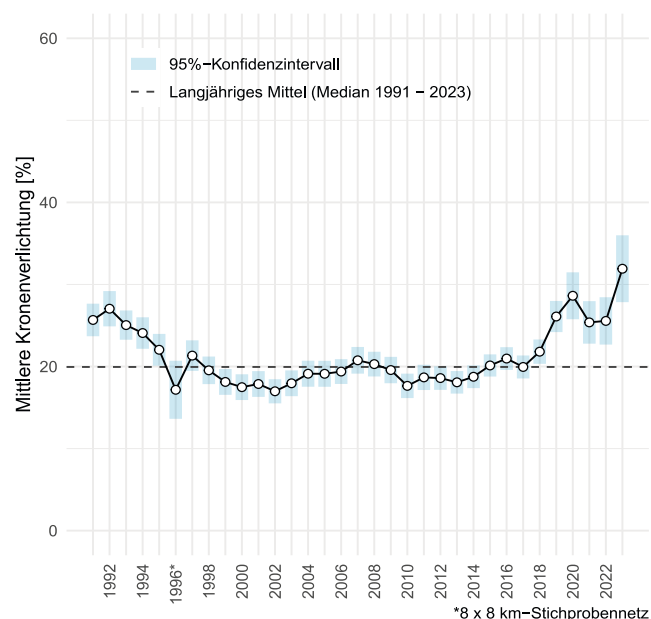


Abb. 14: Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung (Baumartengruppe Fichte)

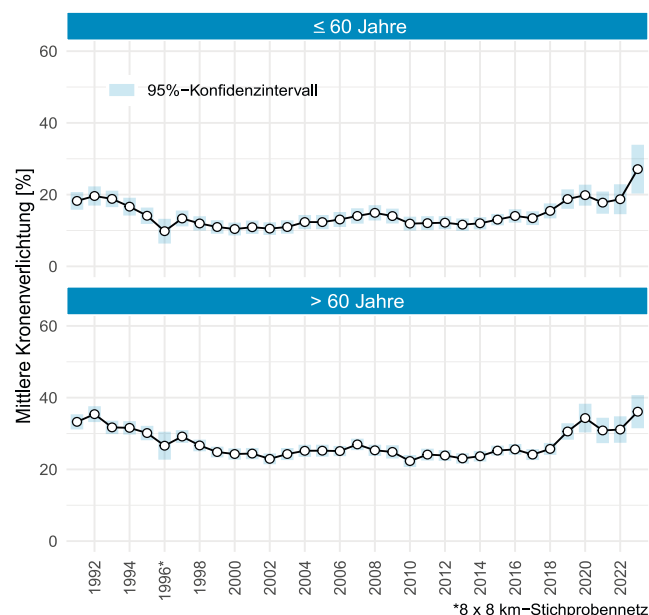


Abb. 15: Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung nach Altersstufen (Baumartengruppe Fichte)

der Furchenflügelige Fichtenborkenkäfer verursachen vor allem Schäden in jüngeren Nadelwaldbeständen.

Diese Zunahme der deutlichen Schäden lässt sich anhand der Flächenanteile mit einer Kronenverlichtung von über 50 % bei jüngeren ( $\leq 60$  Jahre) und älteren ( $> 60$  Jahre) Bäumen differenziert illustrieren. Sowohl bei jüngeren als auch bei älteren Fichten liegt dieser Wert höher als in allen Jahren zuvor (Abbildung 16). Besonders markant ist bei der diesjährigen WZE aber der Anstieg bei den Fichten  $\leq 60$  Jahre.

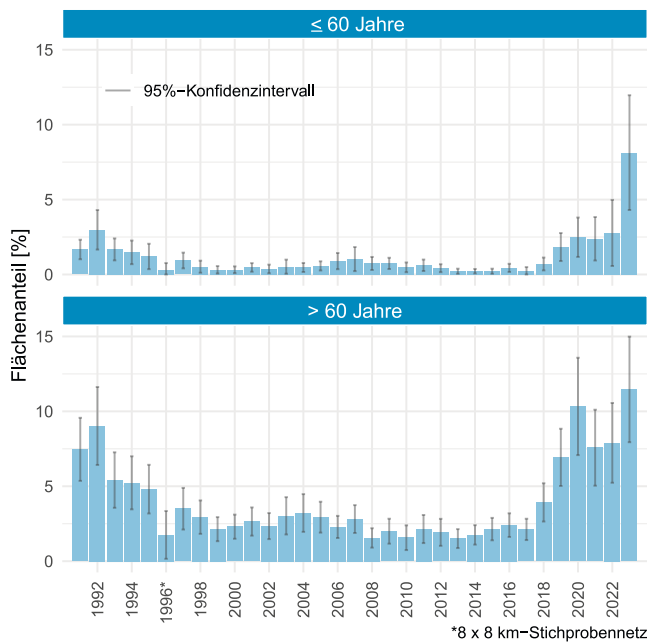


Abb. 16: Flächenanteile mit einer Kronenverlichtung von über 50 % bei jüngeren (≤ 60 Jahre) und älteren (> 60 Jahre) Fichten



Bild 4: Typisches Landschaftsbild im Jahr 2023 (Foto: Holm Wenzel)

### Vitalität

Bei der Fichte betrug der als „gesund“ eingestufte Flächenanteil in diesem Jahr 28 % (2022: 29 %), der Flächenanteil mit „leichten Vitalitätsverlusten“ lag bei 27 % (2022: 34 %) und der Anteil mit „deutlichen Vitalitätsverlusten“ bei 45 % (2022: 37 %).

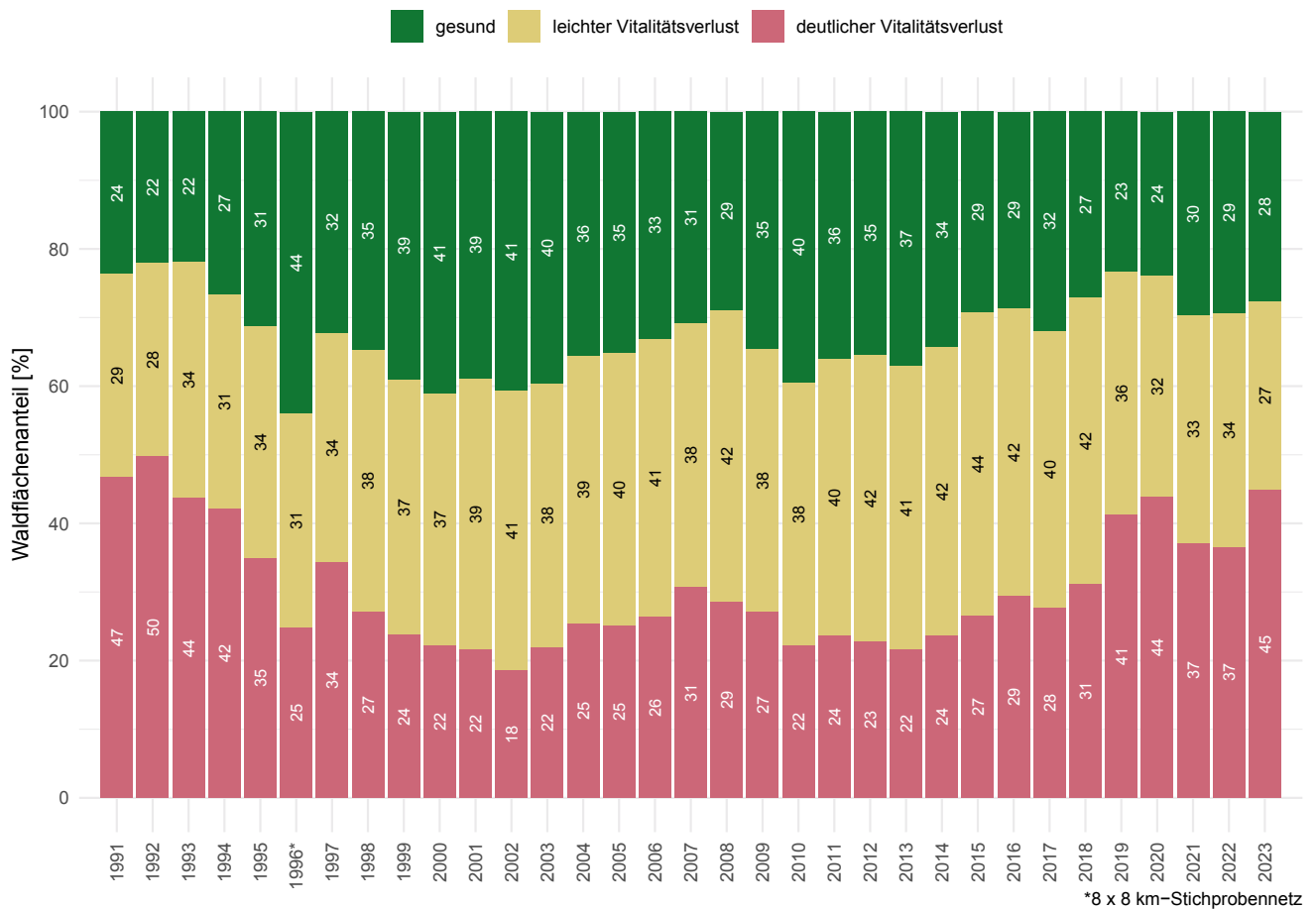


Abb. 17: Flächenanteile der Vitalitätsstufen 1991 - 2023 (Baumartengruppe Fichte)

Trotz zunehmender Schäden ist der Anteil Bäume mit deutlichen Vitalitätsverlusten bei jüngeren Fichten (34,5 %) immer noch deutlich geringer als bei älteren Fichten (53,9 %). Auch der

als „gesund“ eingestufte Flächenanteil liegt bei den Fichten bis 60 Jahre mit 42,7 % deutlich höher als bei den älteren (14,7 %; Abbildung 18 und Abbildung 19).

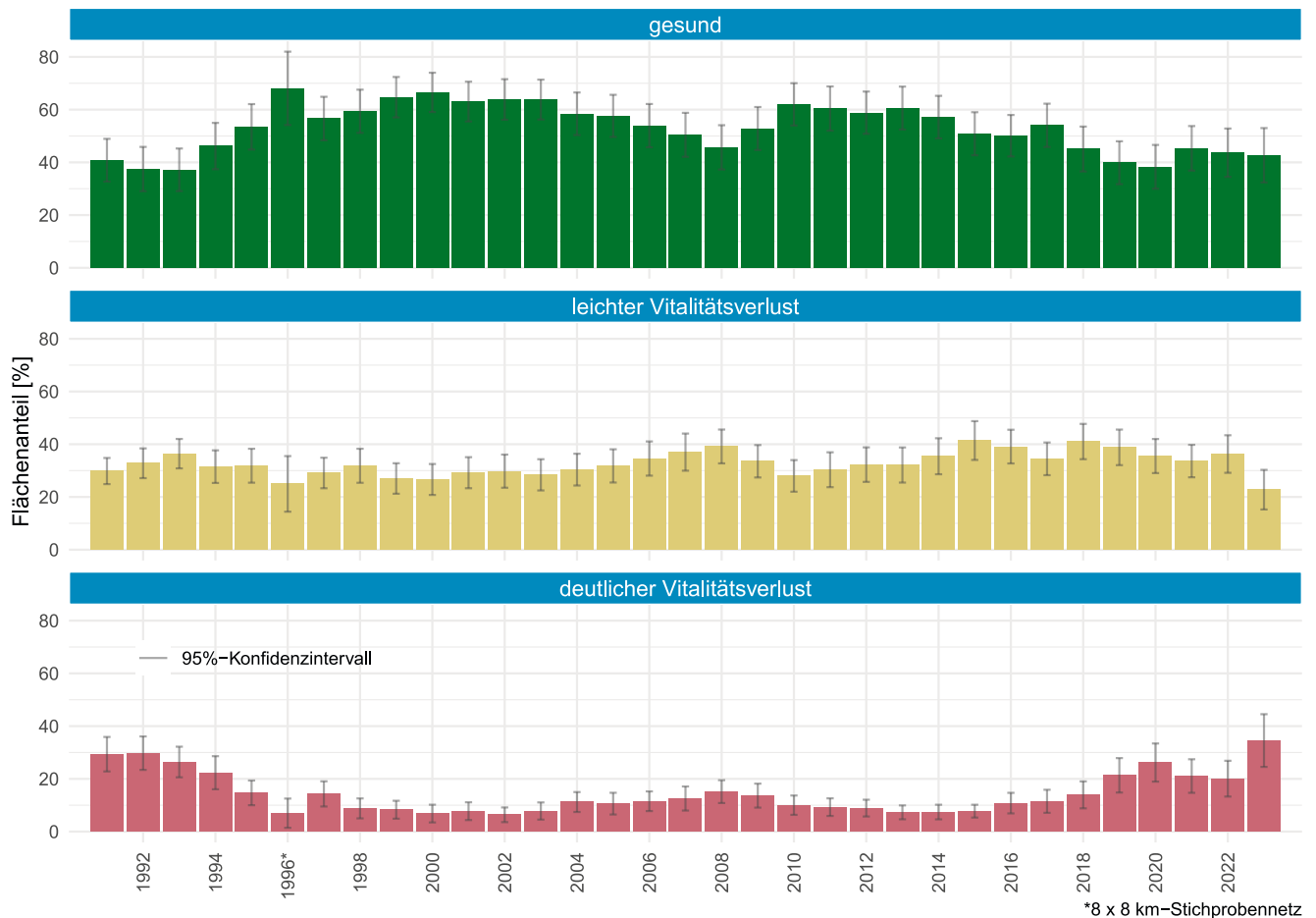


Abb. 18: Anteile der Vitalitätsstufen (Fichte ≤ 60 Jahre)



Bild 5: Neu entstandene Schadfläche unterhalb des großen Inselbergs (Foto FFK Gotha)

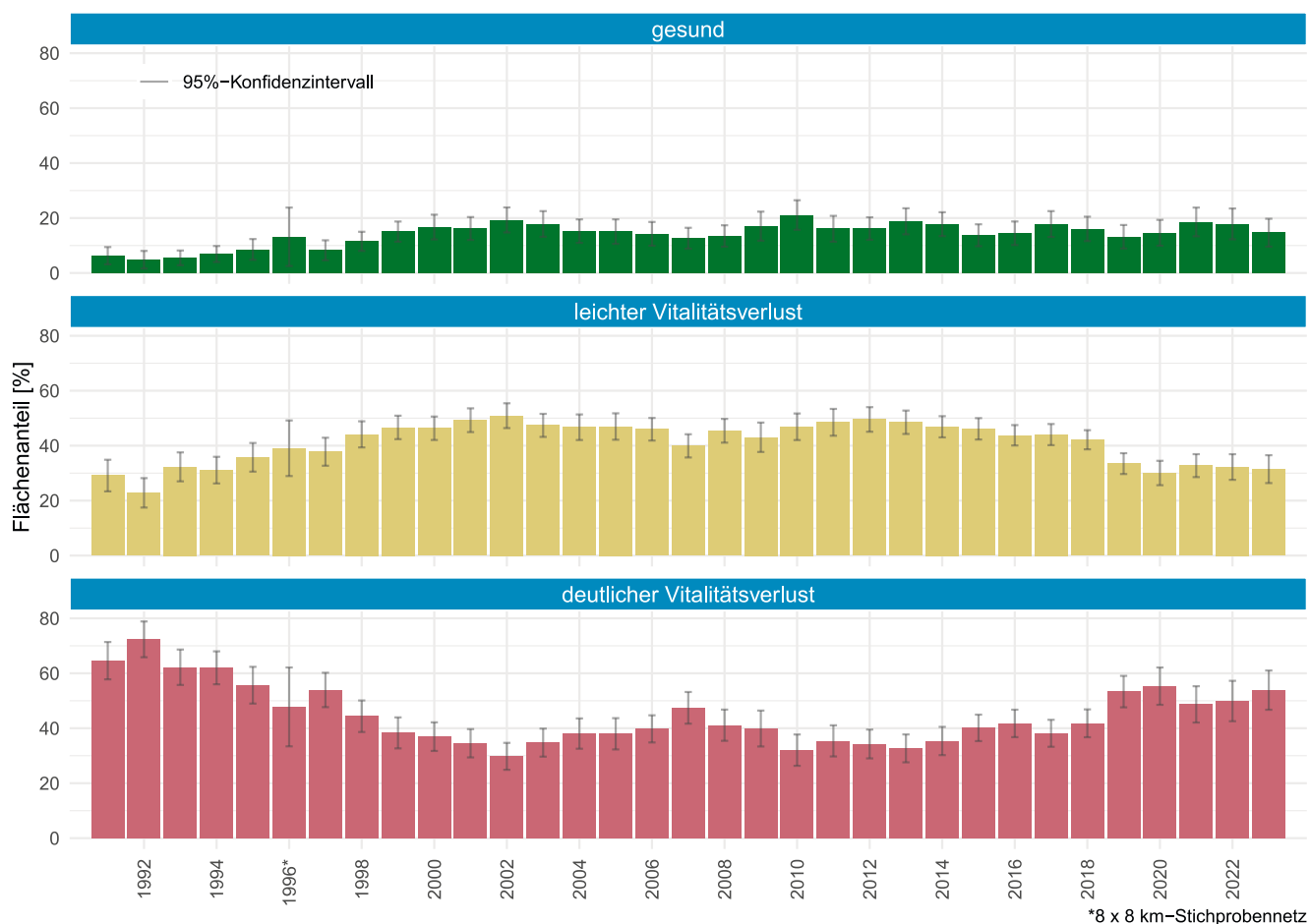


Abb. 19: Anteile der Vitalitätsstufen (Fichte > 60 Jahre)

### Trockenschäden und Borkenkäferbefall

Trockenschäden wurden im Jahr 2023 auf weniger als 10 % der Fichtenfläche beobachtet, der Anteil ist in den vergangenen Jahren allerdings stark angestiegen (Abbildung 20).

Der Anteil der Fichte mit Borkenkäferbefall lag bei 12,9 % und damit vergleichsweise hoch (Abbildung 21). Der von Borkenkäfern befallene Flächenanteil wird bei der Fichte allerdings sehr stark durch forstliche Maßnahmen beeinflusst.

Um eine weitere Ausbreitung des Buchdruckers in älteren Fichtenbeständen zu verhindern oder zumindest zu verlangsamen, wird versucht, befallene Bäume möglichst schnell aus dem Wald zu entnehmen. Wenn Bäume entnommen werden, scheiden sie aus der WZE-Stichprobe aus und fließen in die meisten Statistiken für die stehenden Bäume nicht mehr mit ein. Wenn nur die im Wald noch stehenden Bäume berücksichtigt werden, wird die von Buchdrucker befallene Fläche also meist deutlich unterschätzt. Hier ist die biotisch bedingte Ausfallrate aussagekräftiger.

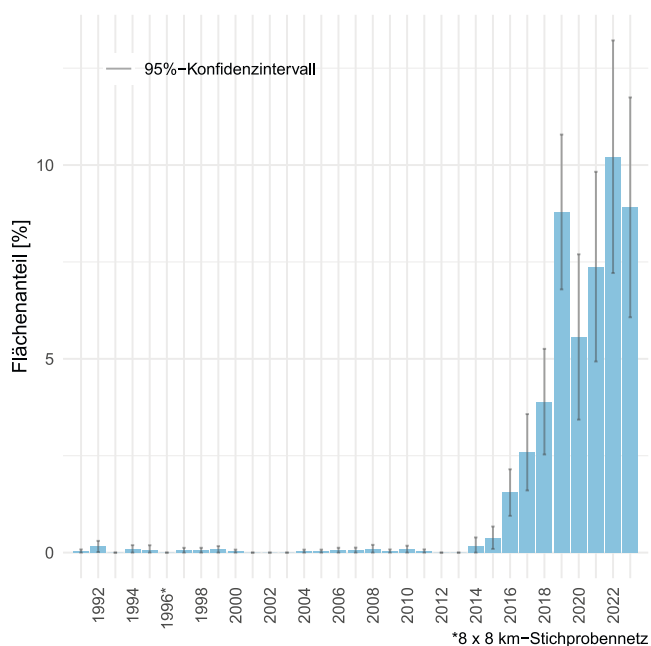


Abb. 20: Flächenanteil der Fichte mit Trockenschäden

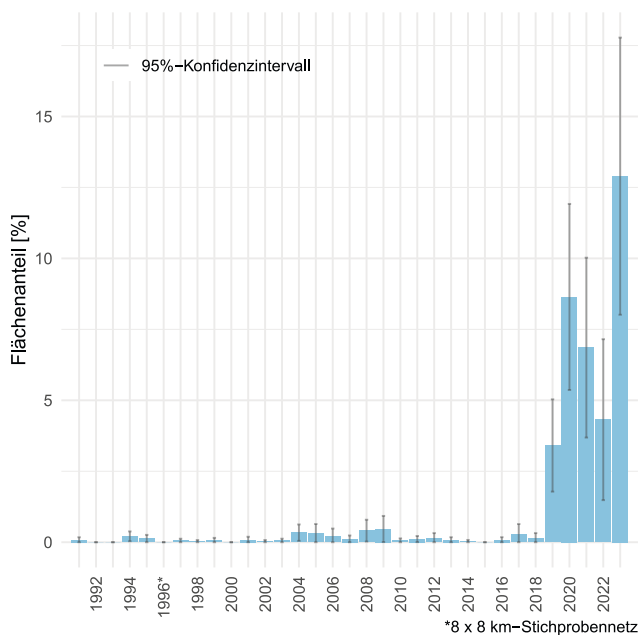


Abb. 21: Flächenanteil der Fichte mit Borkenkäferbefall

Anders stellt sich die Situation beim „kleinen Bruder“ des Buchdruckers, dem Kupferstecher, dar. Diese Borkenkäferart befällt vor allem jüngere Bäume, aber auch am Boden liegende Äste und Baumkronen. Diese werden häufig bei forstlichen Sanierungsmaßnahmen nicht komplett entfernt. Ein Befall durch den Kupferstecher macht sich also vor allem in den Werten der Kronenverlichtung und weniger in der biotisch bedingten Ausfallrate bemerkbar. Sterben die vom Kupferstecher befallenen Bäume allerdings ab, fließen auch sie in die biotischen Ausfallraten mit ein.

#### Ausfallrate

Die biotisch bedingte Ausfallrate der Fichte hat in diesem Jahr mit 17,5 % den bisher höchsten Wert erreicht (Abbildung 22). Werden abiotische Ursachen hinzugezählt, liegt die Ausfallrate bei 18,3 %. Es ist also bei den Probestämmen fast jede fünfte Fichte innerhalb nur eines Jahres ausgefallen. Dies ist zwar nicht mit einem Flächenverlust von einem Fünftel gleichzusetzen, denn für etwas mehr als die Hälfte der Ausfallbäume konnte ein Ersatzbaum ausgewählt werden. Es zeigt aber dennoch, wie massiv die Fichte durch extreme Witterungsbedingungen und Borkenkäferbefall betroffen ist.

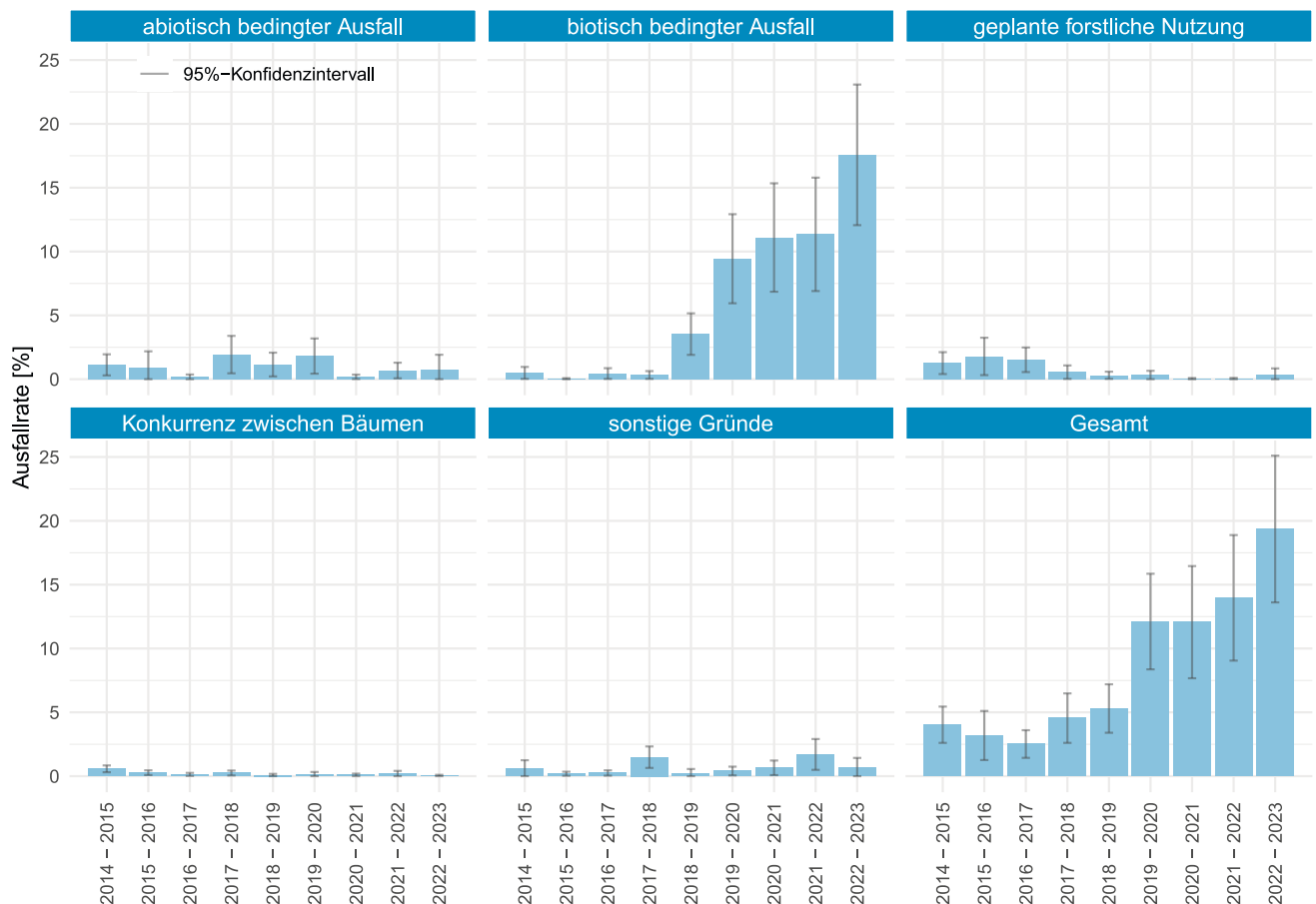


Abb. 22: Ausfallrate der Fichte nach Ausfallgründen

### 3.2.3 Buche

#### Die wichtigsten Ergebnisse:

- Der Zustand der Buche hat sich gegenüber dem Vorjahr kaum verändert. Die mittlere Kronenverlichtung und der Flächenanteil mit deutlichen Vitalitätsverlusten bewegen sich aber weiterhin auf einem hohen Niveau.
- Die Ausfallraten liegen in diesem Jahr unter einem Prozent und damit deutlich unter den Werten der Jahre 2019 und 2020.

Die Buche (*Fagus sylvatica*) kommt in der WZE-Stichprobe nach der Fichte am zweithäufigsten vor. Rund 22 % aller Probebäume gehörten in diesem Jahr dieser Baumart an (1.661 Probebäume). Der Anteil der Buche hat in der WZE-Stichprobe seit dem Jahr 1991 kontinuierlich zugenommen. Dies ist zum einen auf den Rückgang des Fichtenanteils zurückzuführen, aber auch in absoluten Zahlen hat die Buche zugelegt (von 1.412 Probebäumen im Jahr 1991 auf 1.661 im Jahr 2023).

#### Kronenverlichtung

Die mittlere Kronenverlichtung der Buche liegt in diesem Jahr bei 35 % und hat sich gegenüber dem Vorjahr nicht signifikant verändert (2022: 33,6 %). Der diesjährige Wert entspricht ungefähr dem Wert des Jahres 2019 (Abbildung 23).

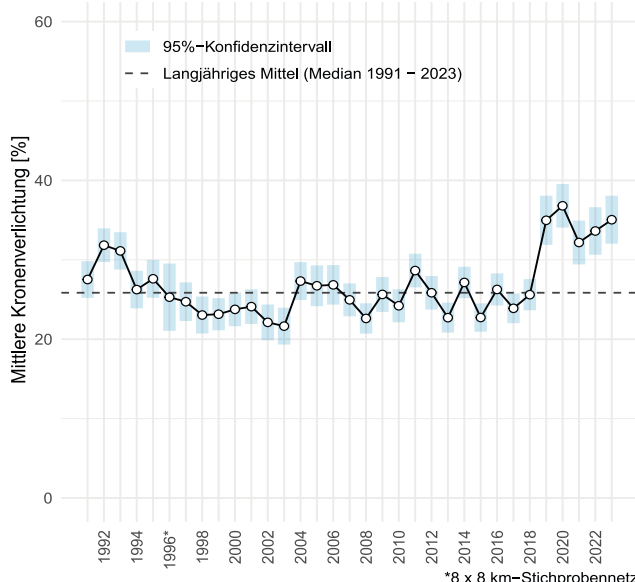


Abb. 23: Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung (Baumartengruppe Buche)

Die starke Zunahme der mittleren Kronenverlichtung nach den Jahren 2003 und 2018 wurde vor allem durch extrem trockene und heiße Witterungsbedingungen ausgelöst. Dabei fällt allerdings der Anstieg nach dem „Jahrhundertsommer“ 2003 deutlich geringer aus, als nach dem noch trockeneren und heißeren Sommer 2018.

Wie auch bei der Fichte liegt die mittlere Kronenverlichtung bei der Buche in jüngeren Beständen (Alter  $\leq 60$  Jahre) unter der

mittleren Kronenverlichtung älterer Bestände (Alter  $> 60$  Jahre; Abbildung 24). Bei der Buche ist der Anteil älterer Probebäume mit 78 % allerdings höher als bei allen anderen Baumarten-gruppen. Dadurch wird bei der Buche die mittlere Kronenverlichtung insgesamt vor allem durch ältere Bäume geprägt.

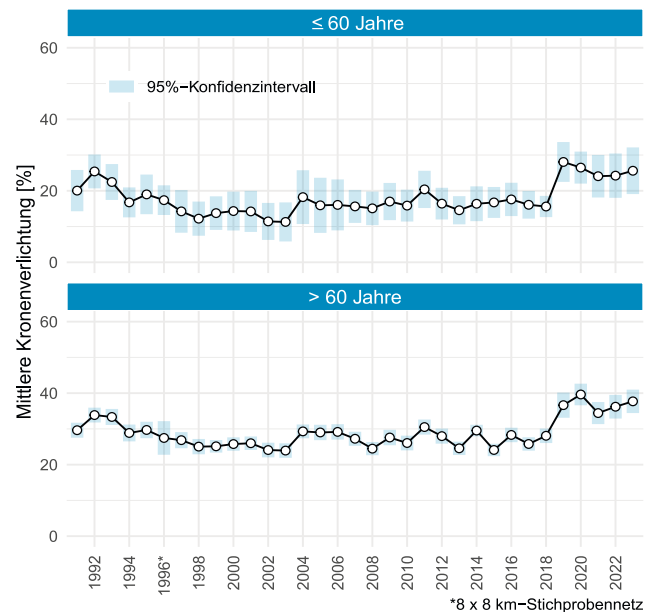


Abb. 24: Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung nach Altersstufen (Baumartengruppe Buche)

Der Unterschied zwischen dem Kronenzustand jüngerer und älterer Buchenbestände wird noch sichtbarer, wenn der Flächenanteil mit deutlichen Schäden (d. h. der Flächenanteil bei der Buche mit einer Kronenverlichtung  $\geq 50$  %) betrachtet wird (Abbildung 25). Er beträgt in diesem Jahr 3 % bei den jüngeren

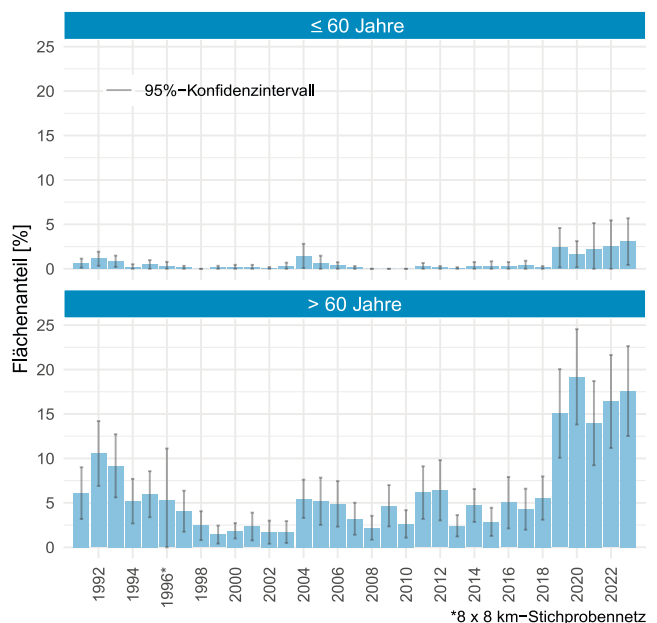


Abb. 25: Flächenanteile mit einer Kronenverlichtung von über 50 % bei jüngeren ( $\leq 60$  Jahre) und älteren ( $> 60$  Jahre) Buchen

und 18 % bei den älteren Buchen. Der Anteil frisch abgestorbener Buchen (100 % Kronenverlichtung) liegt sowohl bei den jüngeren als auch den älteren Buchen in diesem Jahr mit unter einem Prozent sehr niedrig. Die Buche weist also insgesamt deutliche Schäden auf, es ist aber nur ein geringer Anteil der Buchen abgestorben.

Die Schwankungen der mittleren Kronenverlichtung hängen bei der Buche sehr eng mit der Fruchtbildung zusammen (Abbildung 26). Dies wird vor allem zwischen den Jahren 2008 und 2018 deutlich. Das Ausbilden von Bucheckern



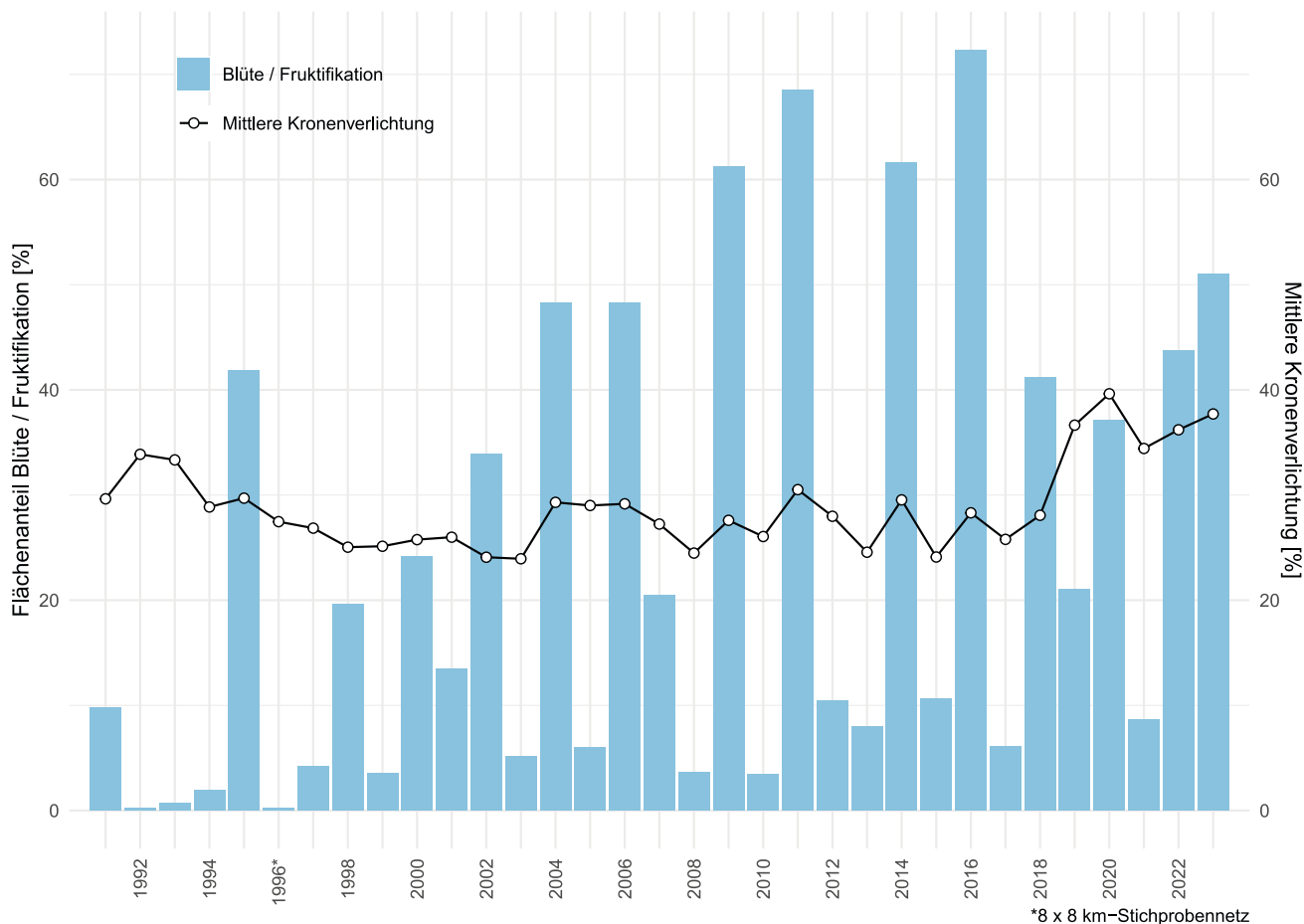
**Bild 6:** Fruktifikation bei der Rotbuche (Foto: FFK Gotha)

stellt für die Buche regelmäßig eine sehr hohe Belastung dar, sodass weniger Energie in das vegetative Wachstum investiert werden kann. Bei dem fast synchronen Verlauf von Fruktifikation und Kronenverlichtung fällt das Jahr 2019 aus dem Rahmen. Hier haben die extremen Witterungsbedingungen den Effekt der Fruktifikation auf die Belaubungsdichte stark überlagert.

### Vitalität

Bei der Buche betrug der als „gesund“ eingestufte Flächenanteil in diesem Jahr 11 % (2022: 9 %), der Flächenanteil mit „leichten Vitalitätsverlusten“ lag bei 28 % (2022: 33 %) und der Anteil mit „deutlichen Vitalitätsverlusten“ bei 61 % (2022: 58 %).

Abbildung 28 und Abbildung 29 zeigen die Anteile der Vitalitätsstufen bei jüngeren und älteren Buchen. Auffällig ist bei den jüngeren Buchen der steile Anstieg des Flächenanteils mit deutlichen Vitalitätsverlusten nach 2018. Innerhalb nur eines Jahres stieg er von 9 % auf 44 % an. Die Auswirkungen der extremen Trockenheit und Hitze machte sich bei den älteren Buchen hingegen erst im Jahr 2020 im vollen Umfang bemerkbar.



**Abb. 26:** Flächenanteile der Buche mit Fruktifikation und mittlere Kronenverlichtung

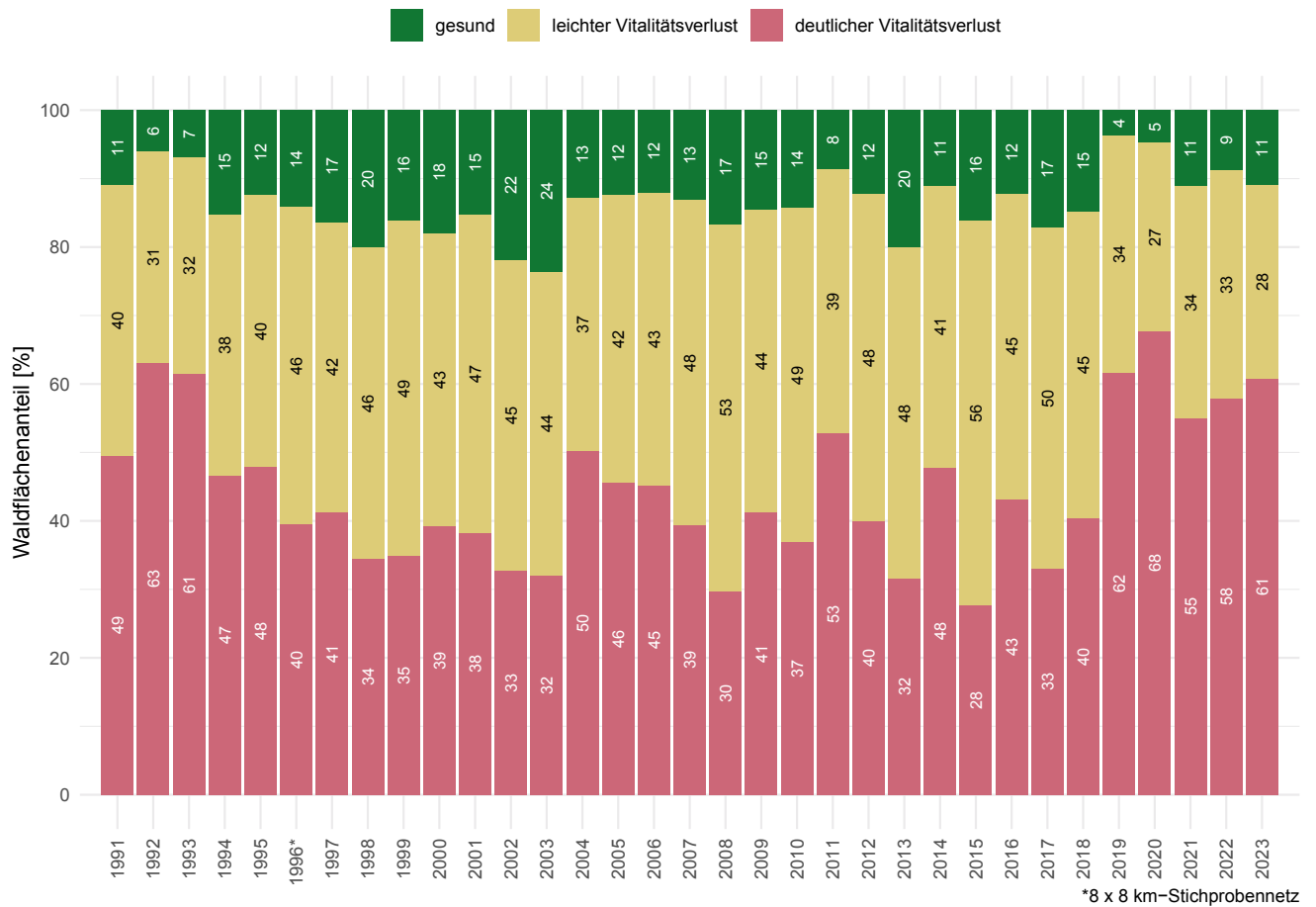


Abb. 27: Flächenanteile der Vitalitätsstufen 1991 - 2023 (Baumartengruppe Buche)

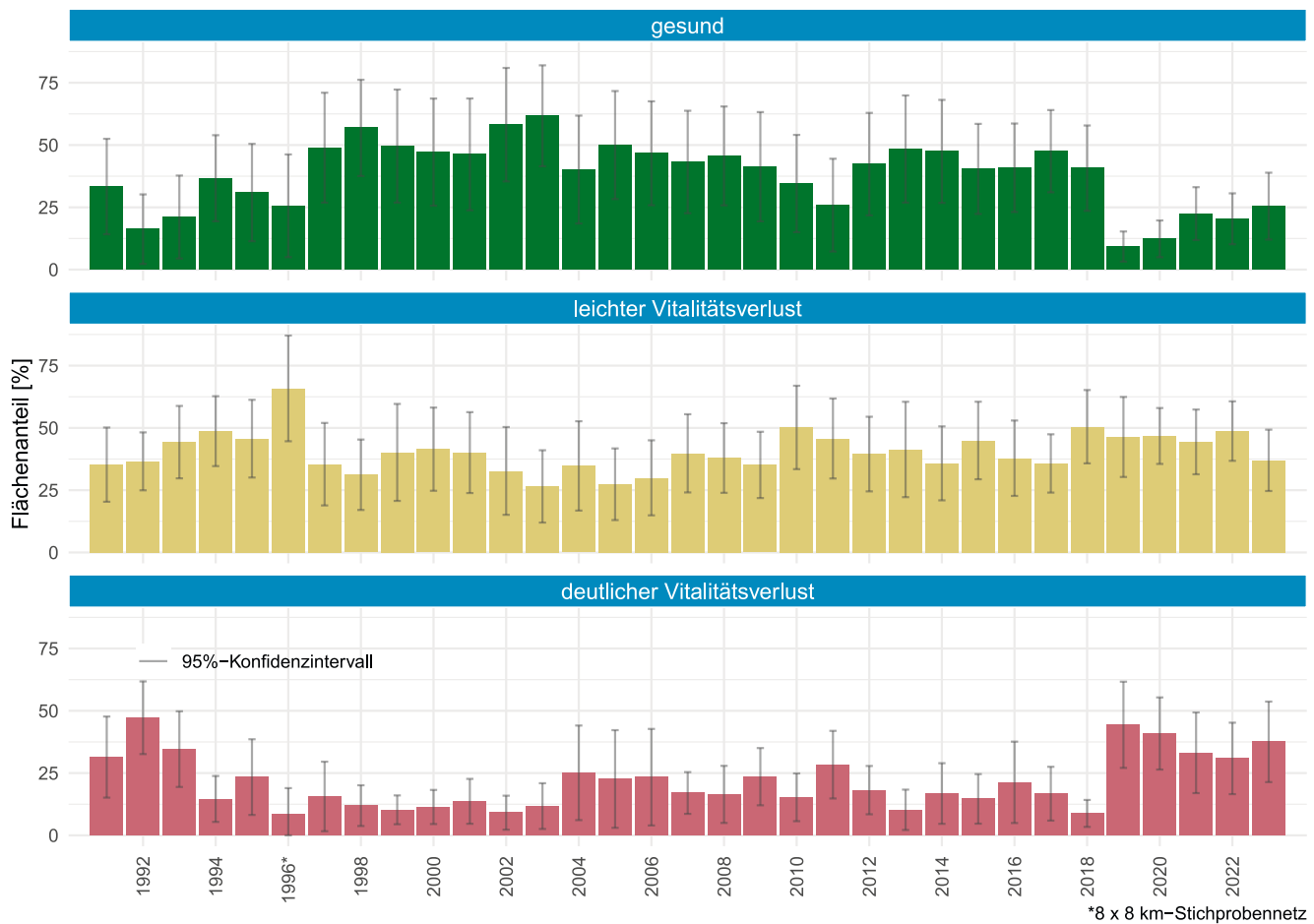


Abb. 28: Anteile der Vitalitätsstufen (Buche ≤ 60 Jahre)

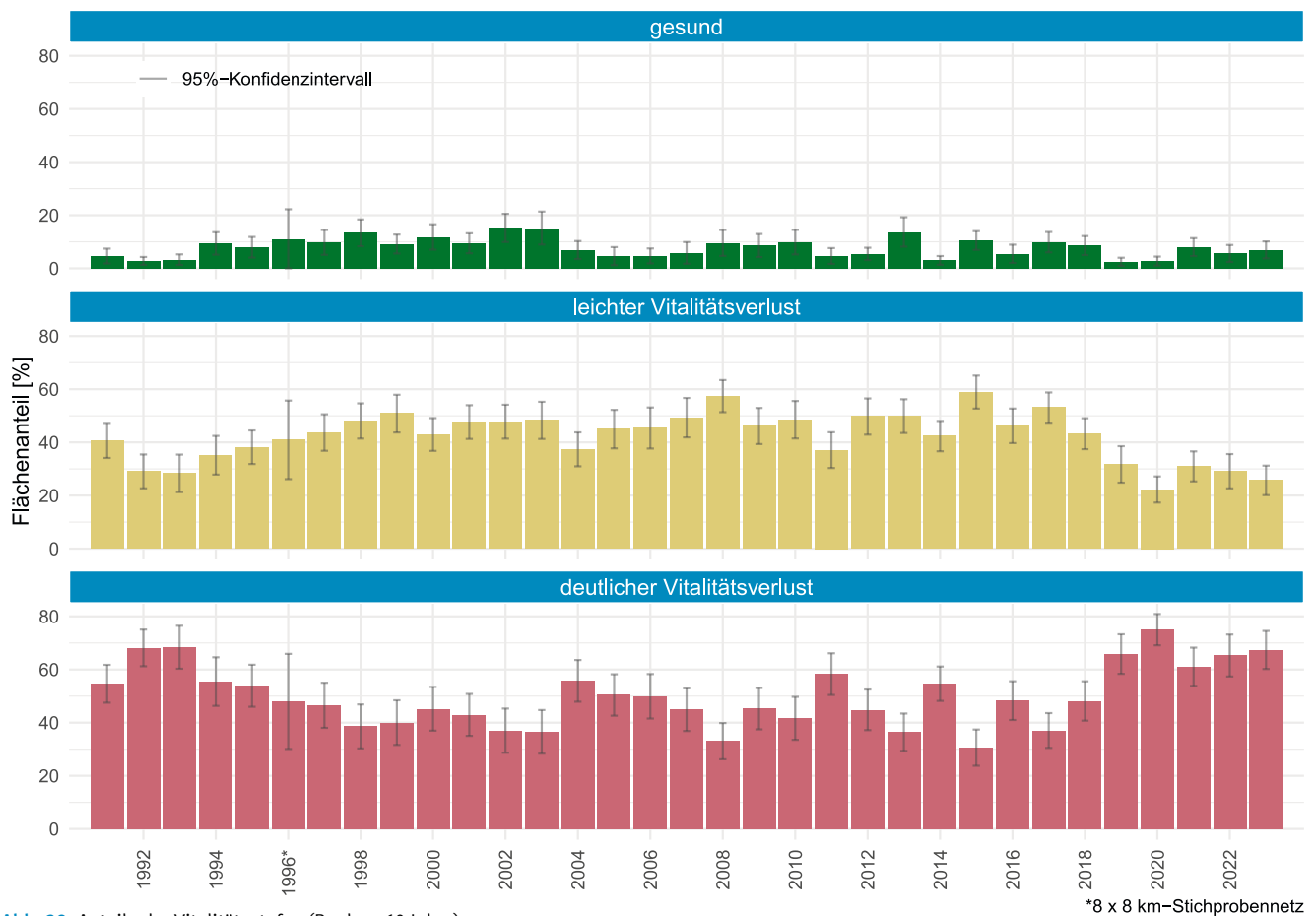


Abb. 29: Anteile der Vitalitätsstufen (Buche > 60 Jahre)

\*8 x 8 km-Stichprobenetz

### Trockenschäden

In diesem Jahr wiesen rund ein Drittel aller Buchen (33 %) Trockenschäden auf (Abbildung 30). Dies ist nach 2020 der bisher zweithöchste beobachtete Wert. Besonders häufig wurden bei älteren Buchen trockene Äste in der Oberkrone beobachtet, aber auch lange Triebe mit nur vereinzelt ausgetriebenen Blättern. Zum frühzeitigen Abwurf von Blättern kam es, wie in den Jahren 2018 und 2022, in diesem Jahr allerdings nur selten.

#### Hintergrund: Trockenschäden

Bei der WZE haben Trockenschäden in der Vergangenheit nur eine untergeordnete Rolle gespielt. Die Situation hat sich nach dem sehr trockenen und heißen Jahr 2018 allerdings deutlich verändert.

Bei Trockenschäden muss beachtet werden, dass es sich häufig um einen „kumulativen“ Schaden handelt. Wurden beispielsweise im Jahr 2022 an einer Buche abgestorbene, trockene Äste in der Oberkrone beobachtet, wurde dieser Schaden meist auch im Jahr 2023 erkannt und aufgenommen. Selbst bei einer Zunahme des Flächenanteils mit Trockenschäden, kann die Anzahl neu hinzugekommener Trockenschäden gegenüber dem Vorjahr abgenommen haben.

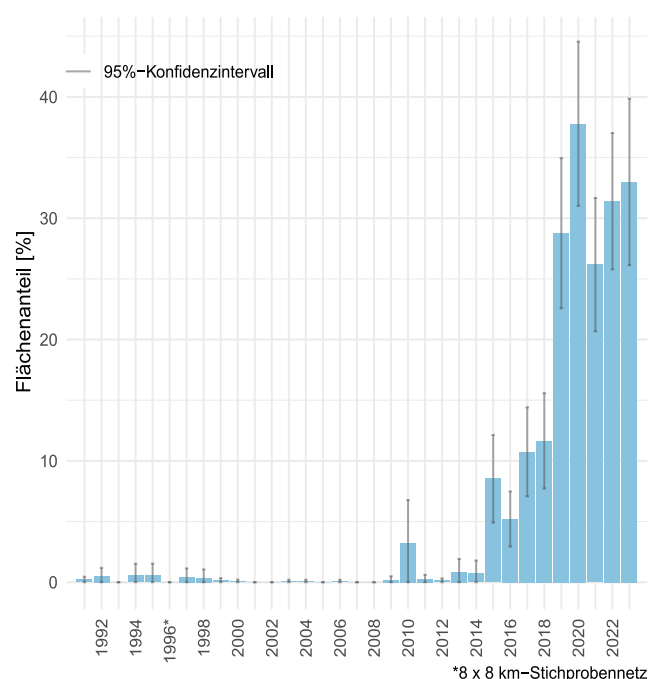


Abb. 30: Flächenanteil der Buche mit Trockenschäden

### Ausfallrate

Die Ausfallraten bei der Buche liegen deutlich unter den Werten der Fichte. Nur im Jahr 2020 wurden nennenswerte Ausfälle aufgrund abiotischer Ursachen beobachtet (Abbildung 31). Hier lag die Ausfallrate bei 3,7 %. In den übrigen Jahren lag sie, auch bei den anderen Ausfallgründen, meist deutlich unter einem Prozent. Bei den aus abiotischen Gründen ausgefallenen Buchen handelt es sich überwiegend um ältere Buchen - über 90 % der abgestorbenen Buchen waren älter als 60 Jahre. Ursächlich für den Ausfall waren die extremen Witterungsverhältnisse der Jahre 2018 bis 2020.

Die in diesem Jahr sehr hohe Ausfallrate bei den sonstigen Gründen hat in erster Linie methodische Ursachen. An einigen Stichprobenpunkten, an denen die Fichte ausfiel, befanden sich auch Buchen. Da aber für die ausgefallenen Probestämme keine Ersatzbäume ausgewählt werden konnten, wurden diese Punkte zu Ruhepunkten und die verbleibenden Buchen flossen in die Ausfallrate mit ein. Dies erklärt die hohe Ausfallrate bei den „sonstigen Gründen“ in diesem Jahr.

Die hohen Unsicherheiten bei der Schätzung der Ausfallraten entstehen vor allem dadurch, dass nur an sehr wenigen Stichprobenpunkten bedeutende Ausfälle bei der Buche beobachtet wurden.

### 3.2.4 Kiefer

#### Die wichtigsten Ergebnisse:

- Der Zustand der Kiefer hat sich gegenüber dem Vorjahr leicht verbessert. Die mittlere Kronenverlichtung verblieb auf dem Niveau des Vorjahres, der Flächenanteil mit deutlichen Vitalitätsverlusten und der Flächenanteil mit Trockenschäden hat abgenommen.
- Die Ausfallraten liegen bei der Kiefer mit unter einem Prozent sehr niedrig.

Die Kiefer (*Pinus sylvestris*) kommt in der WZE-Stichprobe nach der Fichte und Buche am dritthäufigsten vor. Rund 21 % aller Probestämme gehörten in diesem Jahr dieser Baumart an (1.621 Probestämme). Der Schwerpunkt der Verbreitung liegt im Ostthüringischen Trias-Hügelland und im südwestlichen Vorland des Thüringer Waldes.

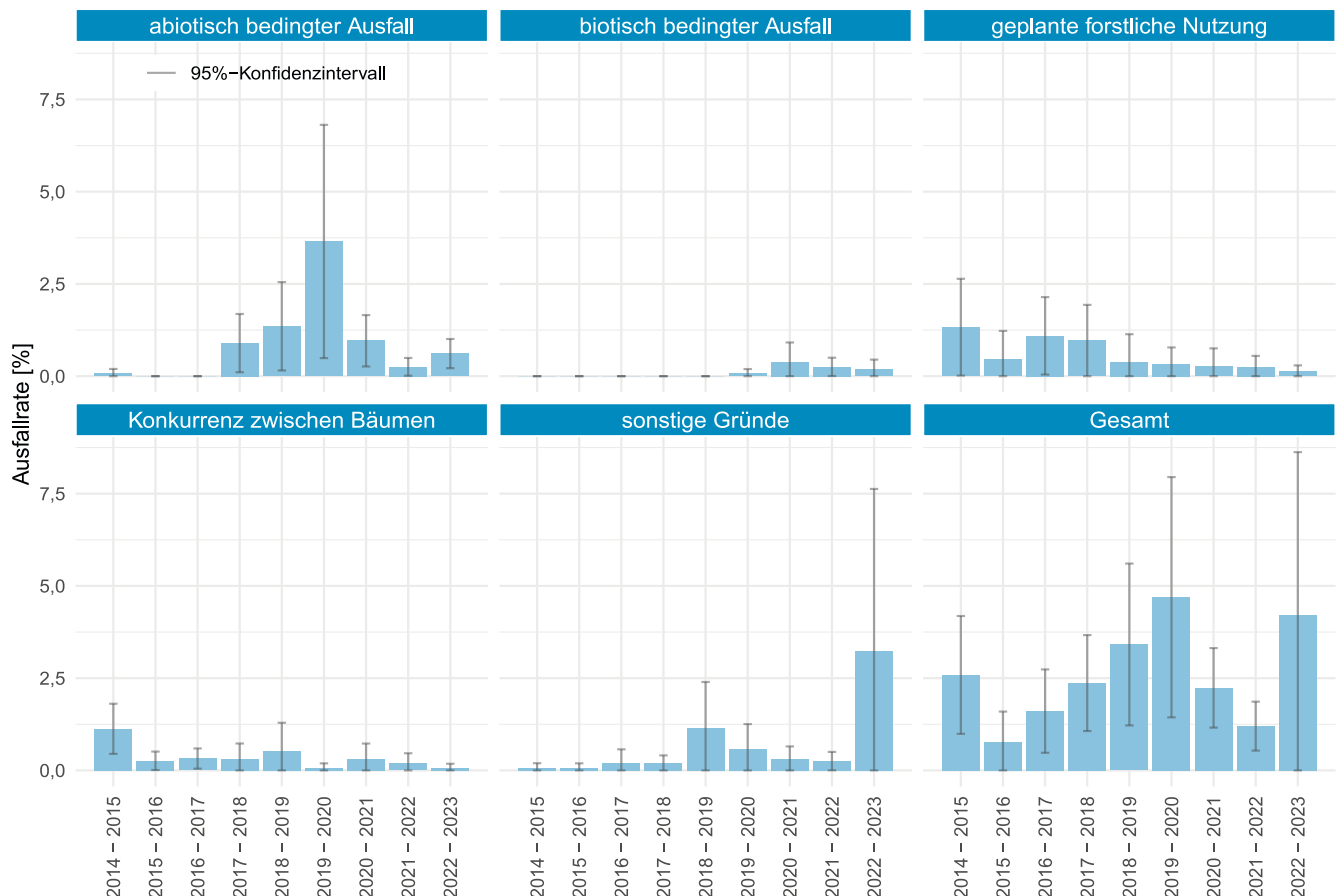


Abb. 31: Ausfallraten der Buche nach Ausfallgründen

### Kronenverlichtung

Die mittlere Kronenverlichtung der Kiefer liegt in diesem Jahr bei 31,2 % und hat gegenüber dem Vorjahr leicht abgenommen (2022: 32,8 %; Abbildung 32). Die mittlere Verlichtung weist aber weiterhin einen Wert deutlich über dem langjährigen Mittel auf (27 %).

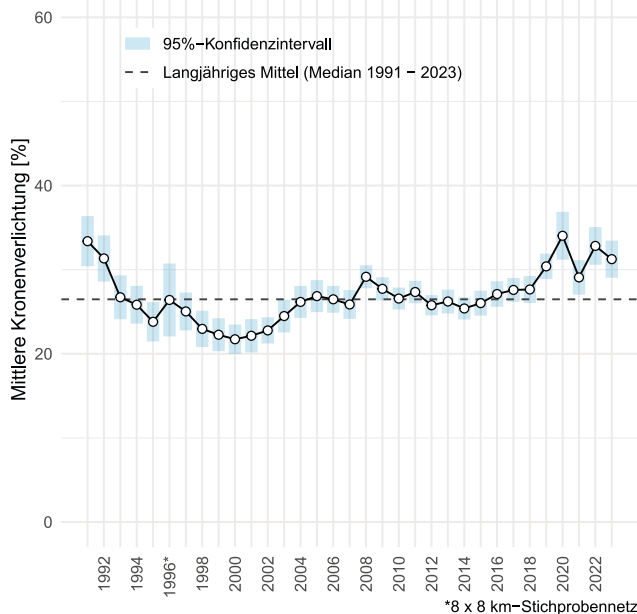


Abb. 32: Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung (Baumartengruppe Kiefer)

Der Anteil jüngerer Kiefern (Alter  $\leq 60$  Jahre) liegt in der WZE-Stichprobe bei 24 %, der Anteil älterer Kiefern (Alter  $> 60$  Jahre) bei 76 %. Die Kiefer ist die einzige Baumartengruppe, bei der sich in den letzten Jahren die mittlere Kronenverlichtung zwischen jüngeren und älteren Beständen nicht wesentlich voneinander unterschied (Abbildung 33). Dies liegt daran, dass jüngere Kiefern fast ausschließlich in Gebieten erfasst wurden, in denen die Kronenverlichtung überdurchschnittlich hoch lag. In diesen Gebieten wiesen auch ältere Kiefern meist eine vergleichsweise hohe Kronenverlichtung auf.

Der Flächenanteil der Kiefer mit einer Kronenverlichtung  $\geq 50$  % liegt nach wie vor hoch, unterscheidet sich aber nur unwesentlich von den Werten, die zu Beginn der 1990er Jahre beobachtet wurden (Abbildung 34). Mit 0,9 % wurde, wie auch bei der Buche, ein sehr geringer Flächenanteil frisch abgestorbener Kiefern (100 % Kronenverlichtung) beobachtet.

### Vitalität

Bei der Kiefer betrug der als „gesund“ eingestufte Flächenanteil bei der diesjährigen WZE 13 % (2022: 10 %), der Flächenanteil mit „leichten Vitalitätsverlusten“ lag bei 30 % (2022: 28 %), und der Anteil mit „deutlichen Vitalitätsverlusten“ bei 57 % (2022: 62 %).

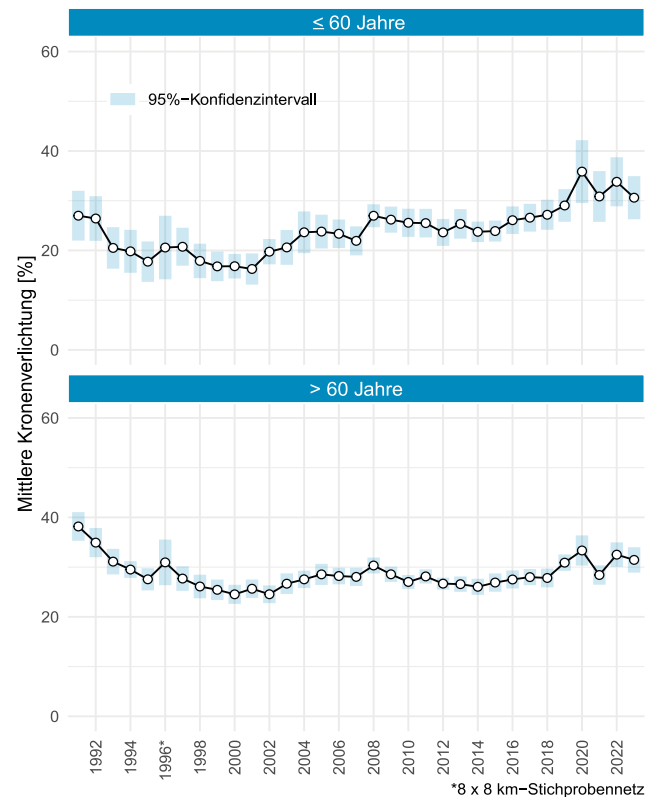


Abb. 33: Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung nach Altersstufen (Baumartengruppe Kiefer)

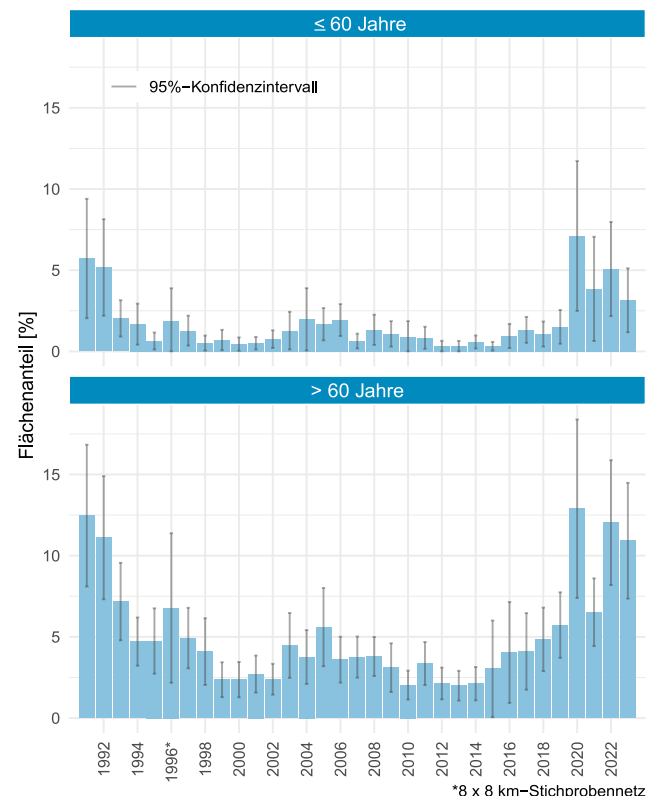


Abb. 34: Flächenanteile mit einer Kronenverlichtung von über 50 % bei jüngeren ( $\leq 60$  Jahre) und älteren ( $> 60$  Jahre) Kiefern

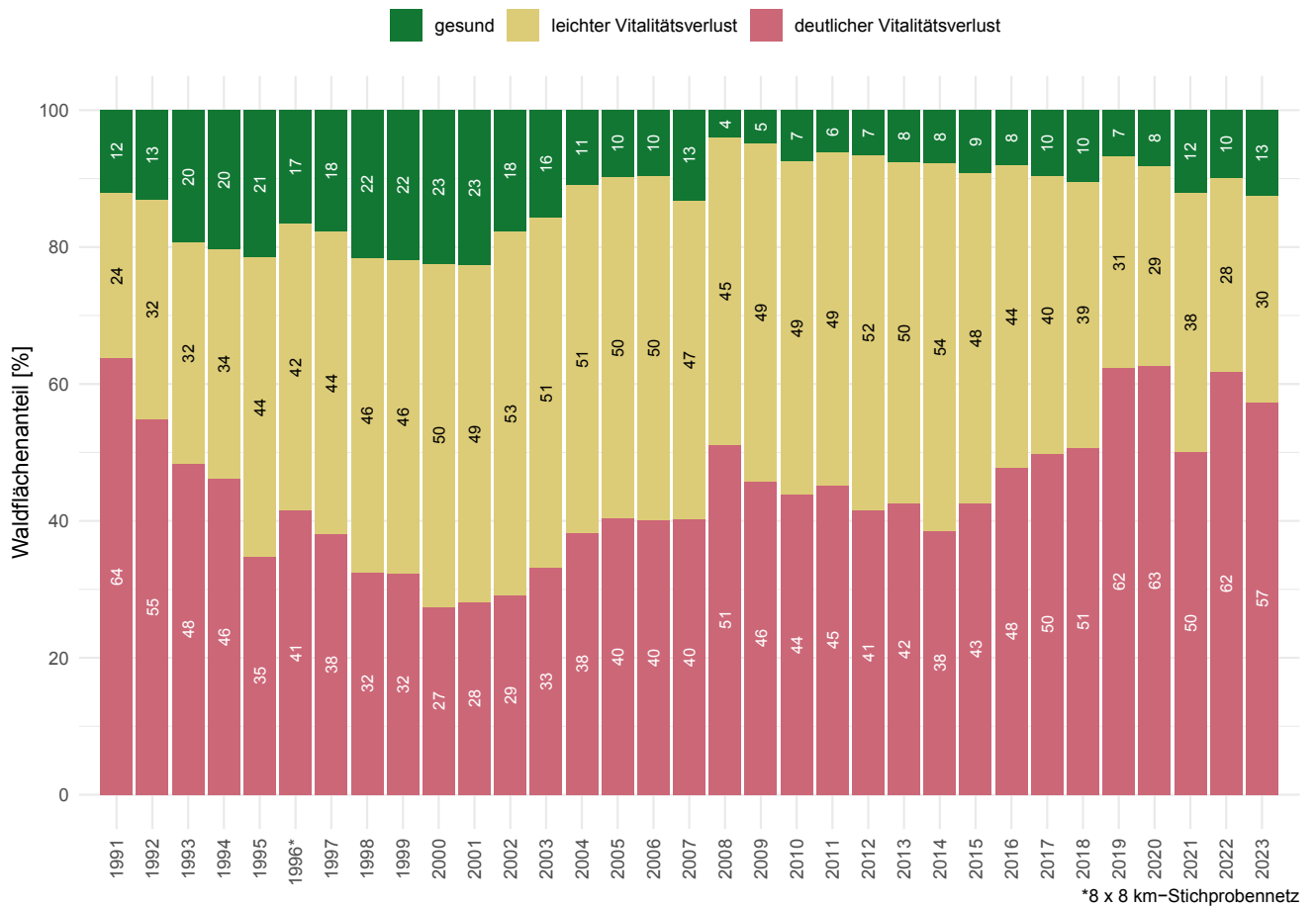


Abb. 35: Flächenanteile der Vitalitätsstufen 1991 - 2023 (Baumartengruppe Kiefer)

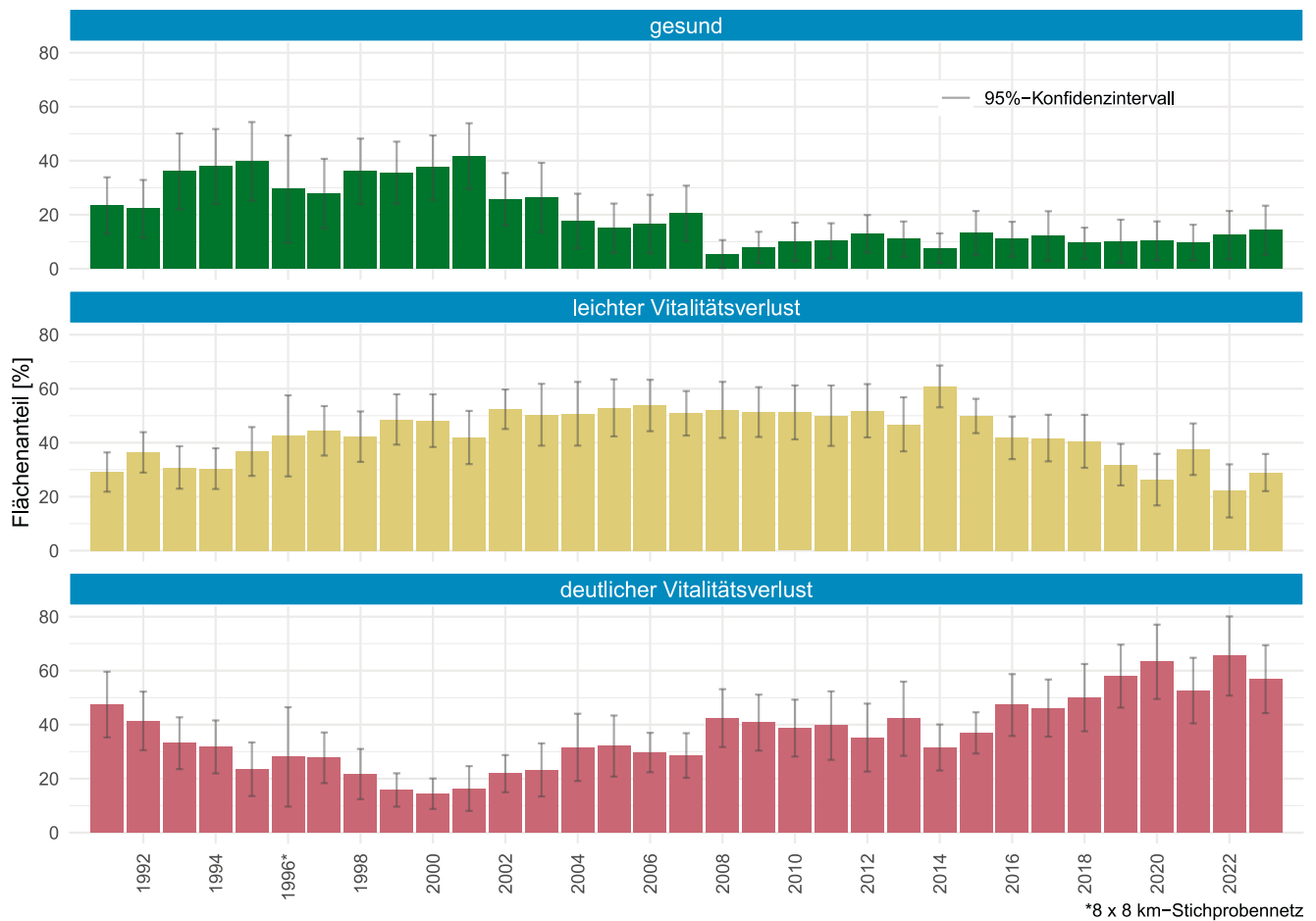


Abb. 36: Anteile der Vitalitätsstufen (Kiefer ≤ 60 Jahre)

Der als gesund eingestufte Flächenanteil der Kiefer bewegt sich allerdings sowohl bei den jüngeren als auch bei den älteren Kiefern seit längerem auf einem sehr niedrigen Niveau (Abbil-

dung 36 und Abbildung 37). In diesem Jahr lag er bei jüngeren Kiefern bei 14,2 % und bei älteren Kiefern bei 12,1 %.

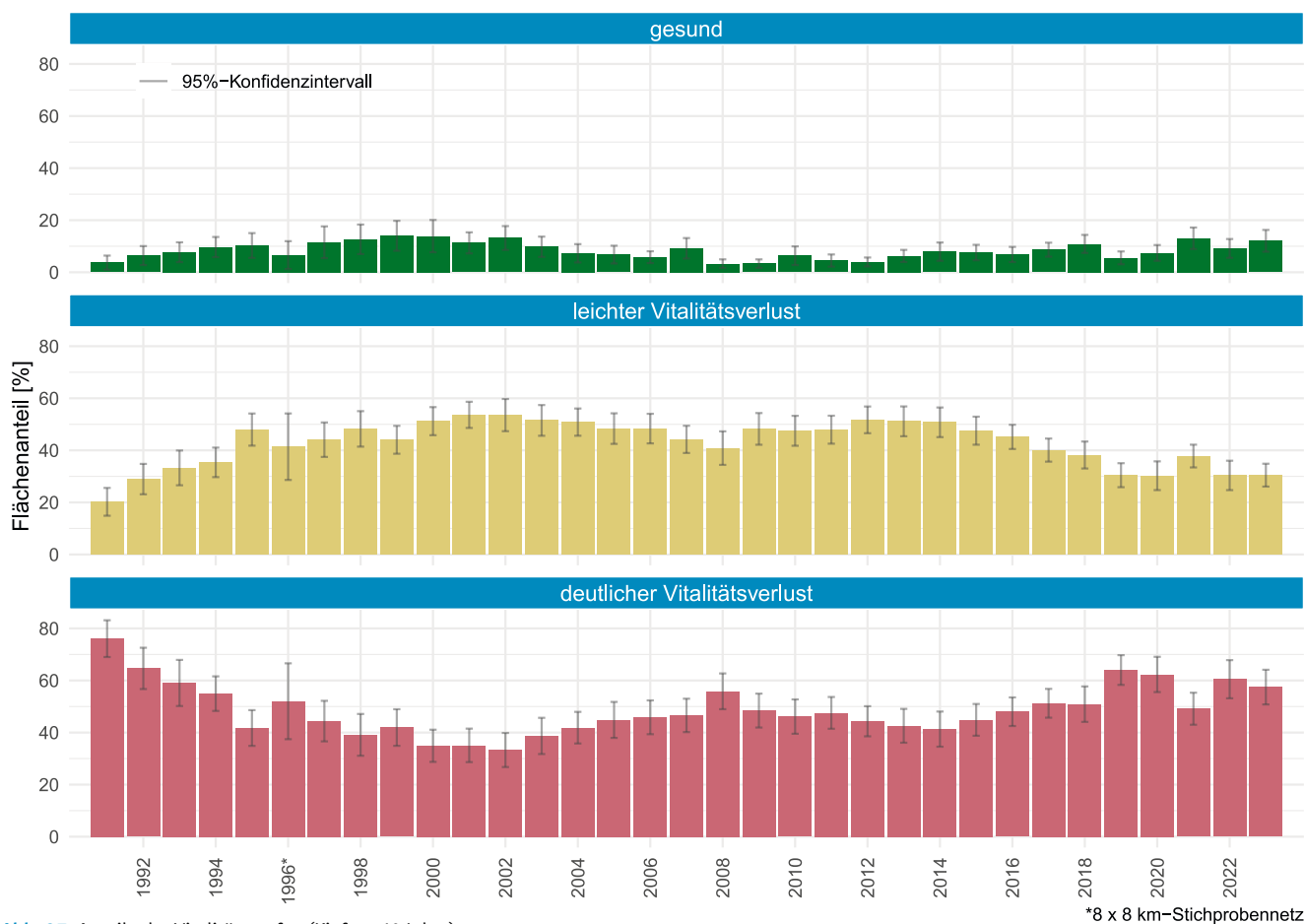


Abb. 37: Anteile der Vitalitätsstufen (Kiefer > 60 Jahre)

In diesem Jahr hat sich bei der Kiefer der Flächenanteil mit Trockenschäden nahezu halbiert. Er nahm von 18,1 % im Jahr 2022 auf 9,6 % ab (Abbildung 38). Schon zwischen den Jahren 2020 und 2021 wurde eine deutliche Abnahme beobachtet. Die Kiefer reagiert meist sehr schnell auf reduzierten Trockenstress (in den Jahren 2021 und 2023 fielen jeweils mehr Niederschläge als im Vorjahr), so dass sich ihr Zustand zügig verbessert. Bei Fichten und Buchen läuft dieser Prozess meist wesentlich langsamer ab.

#### Nadelverfärbungen

Nadelverfärbungen wurden auf rund 39 % der Kiefernfläche beobachtet. Der überwiegende Anteil zeigte eine geringe Verfärbung (26 %). Auf rund 13 % der Fläche wurden mittlere bis starke Verfärbungen beobachtet (Abbildung 39).

#### Fruchtifikation

Im Vergleich zum Vorjahr blühte und fruktifizierte die Kiefer wieder recht häufig. Der Flächenanteil lag in diesem Jahr bei

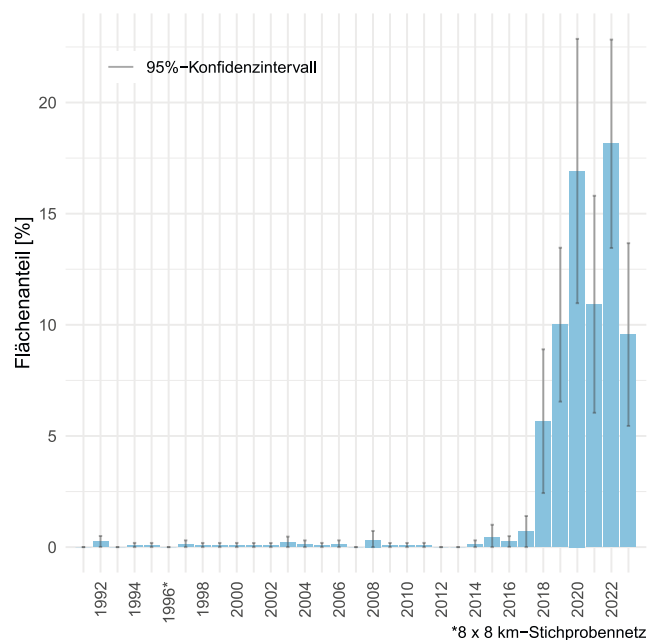


Abb. 38: Flächenanteil der Kiefer mit Trockenschäden

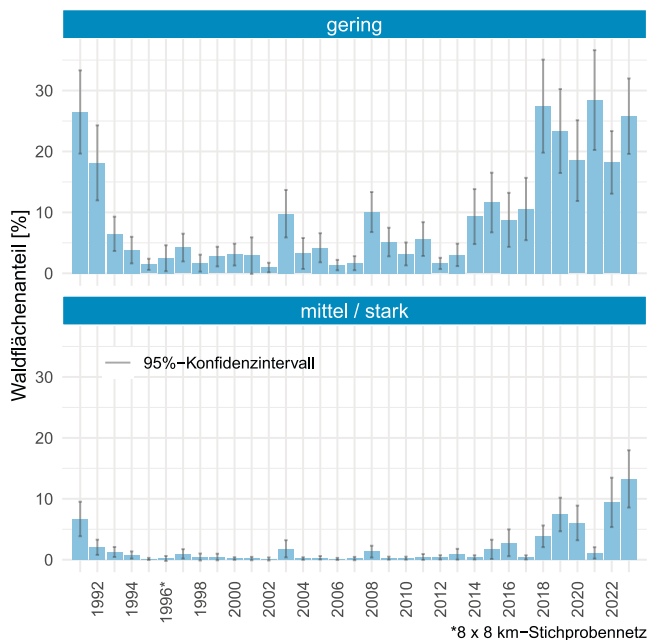


Abb. 39: Flächenanteile bei der Kiefer mit geringen und mittel bis starken Nadelverfärbungen

rund 77 %, im Jahr 2022 betrug er noch 62 % (Abbildung 40). Auffällig ist bei der Kiefer die häufige und intensive Fruktifikation bzw. Blüte nach dem Jahr 2003.

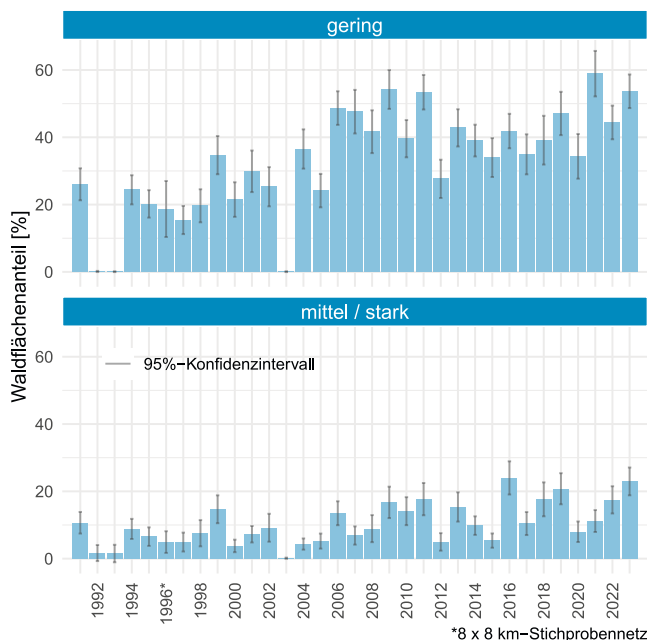


Abb. 40: Flächenanteile der Kiefer mit geringer und mittlerer bis starker Blüte

#### Ausfallrate

Bei der Kiefer wurden in diesem Jahr mit unter 1 % sehr niedrige Ausfallraten beobachtet. Die Kiefer weist in Thüringen zwar generell einen vergleichsweise schlechten Zustand auf - auch im Vergleich zu anderen Bundesländern. Sie stirbt allerdings nur in seltenen Fällen ab. Da die Kiefer, wie auch die Eiche, häufig

auf für das Baumwachstum ungünstigeren Standorten anzutreffen ist, unterstreicht dies die Tatsache, dass es sich bei der Kiefer um eine Baumart handelt, die bisher besser mit extremen Witterungsverhältnissen zurechtkommt als beispielsweise die Fichte.

#### 3.2.5 Eiche

##### Die wichtigsten Ergebnisse:

- Der Zustand der Eiche hat sich gegenüber dem Vorjahr kaum verändert. Die mittlere Kronenverlichtung gleicht in diesem Jahr dem Wert des Vorjahres. Die Eiche weist aber nach wie vor die höchste Kronenverlichtung aller Baumartengruppen auf.
- Der Flächenanteil mit deutlichen Vitalitätsverlusten hat nochmals zugenommen.
- Die Ausfallraten bewegen sich bei der Eiche auf einem niedrigen Niveau.

Im Jahr 2023 wurden insgesamt 526 Eichen erfasst (7 % aller Probestämme). Die am häufigsten vorkommende Eichenart war die Traubeneiche (*Quercus petraea*) mit 358 Probestämmen (68 %). Es wurden zudem 149 Stieleichen (*Quercus robur*; 28 %) und 19 Roteichen erfasst (*Quercus rubra*; 4 %).

#### Kronenverlichtung

Die mittlere Kronenverlichtung der Eiche lag in diesem Jahr bei 39,3 % und damit auf ungefähr dem gleichen Niveau wie im Vorjahr (2022: 39,1 %; Abbildung 41). Aufgrund des gerin-

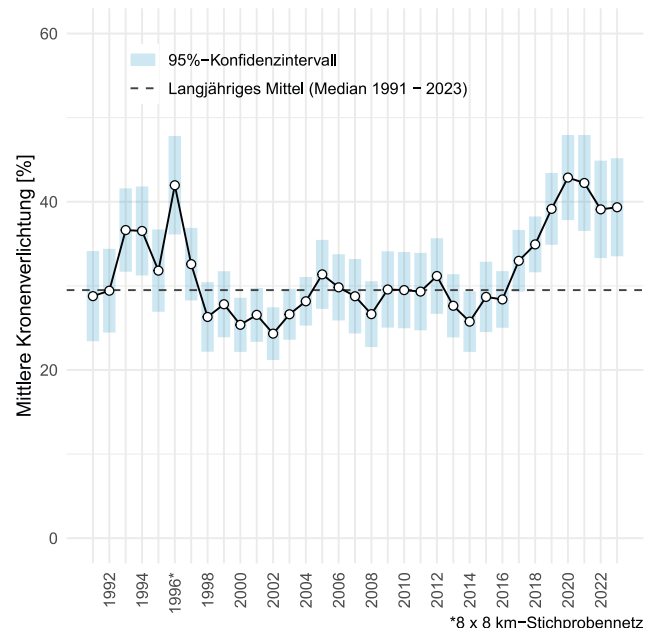
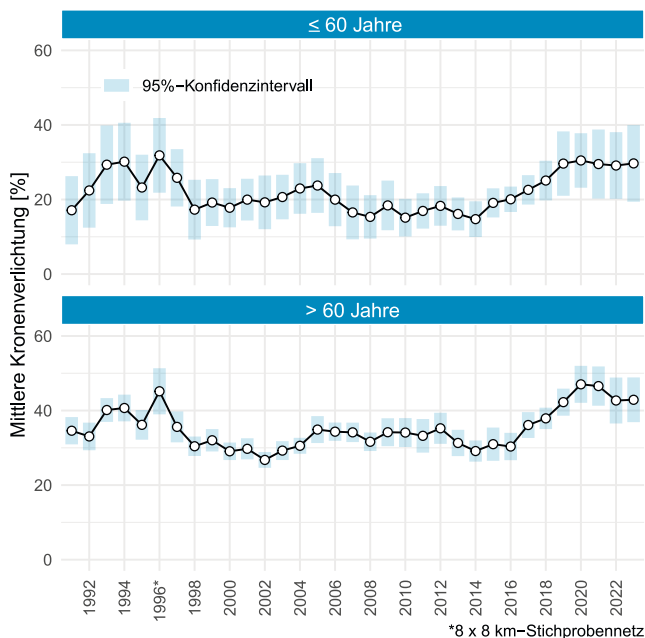


Abb. 41: Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung (Baumartengruppe Eiche)

gen Stichprobenumfangs können bei der Eiche Parameter, wie die mittlere Kronenverlichtung, nicht so verlässlich wie bei der Fichte, Buche oder Kiefer geschätzt werden.

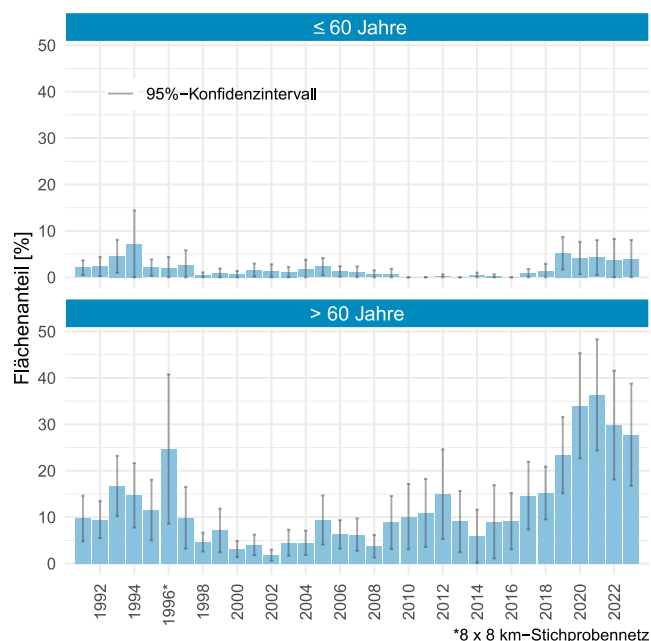
Tendenziell weist die Eiche die höchste mittlere Kronenverlichtung aller Baumartengruppen der WZE auf. Dies ist allerdings auch der Tatsache geschuldet, dass Eichen häufig an besonders trockenen Standorten vorkommen, an denen für das Baumwachstum ungünstige Bedingungen vorherrschen. Während andere Baumarten, wie beispielsweise die Fichte oder Buche, unter den dort herrschenden Bedingungen meist nicht bestehen könnten, kann die Eiche sich hier durchsetzen, weist dann aber vergleichsweise hohe Verlichtungswerte auf. Eine gewisse „Robustheit“ gegenüber trockenen Standortverhältnissen erlangt die Eiche dadurch, dass sie ein sehr tiefreichendes Wurzelsystem ausbilden kann und somit wasserführende Schichten erreicht, die anderen Baumarten verwehrt bleiben.

Der Anteil jüngerer Eichen (Alter  $\leq 60$  Jahre) liegt in der WZE-Stichprobe bei 27 %, der Anteil älterer Eichen (Alter  $> 60$  Jahre) bei 73 %. Wie bei den meisten anderen Baumartengruppen auch, weisen jüngere Eichenbestände eine geringere Kronenverlichtung auf als ältere Bestände (Abbildung 42). Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs bei jüngeren Eichen sind die Schätzwerte aber mit großen Unsicherheiten verbunden.



**Abb. 42:** Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung nach Altersstufen (Baumartengruppe Eiche)

Bei den älteren Eichen liegt der stark geschädigte Flächenanteil (Kronenverlichtung  $\geq 50$  %) mit 28 % (Abbildung 43) höher als bei allen anderen Baumartengruppen. Bei älteren Buchen



**Abb. 43:** Flächenanteile mit einer Kronenverlichtung von über 50 % bei jüngeren ( $\leq 60$  Jahre) und älteren ( $> 60$  Jahre) Eichen

beträgt dieser Anteil 18 %, bei älteren Fichten 11 %. Allerdings bewegt sich der Flächenanteil frisch abgestorbener Eichen (100 % Kronenverlichtung) mit 3 %, deutlich unter dem entsprechenden Flächenanteil der Fichte (7 %).

### Vitalität

Bei der Eiche betrug der als „gesund“ eingestufte Flächenanteil in diesem Jahr 9 % (2022: 8 %), der Flächenanteil mit „leichten Vitalitätsverlusten“ lag bei 25 % (2022: 28 %), und der Anteil mit „deutlichen Vitalitätsverlusten“ bei 66 % (2022: 64 %).

Abbildung 45 und Abbildung 46 zeigen die Flächenanteile der Vitalitätsstufen jüngerer bzw. älterer Eichen. In beiden Altersstufen ist der Anteil der als gesund eingestuft Fläche sehr gering und der Flächenanteil der Vitalitätsstufe „deutliche Vitalitätsverluste“ entsprechend hoch. Fast drei Viertel der älteren Eichenfläche weist deutliche Vitalitätsverluste auf. Diese Werte liegen damit noch deutlich höher als bei der Buche (61 %) und Kiefer (57 %).



**Bild 7:** Krone einer vitalen Eiche (Foto: FFK Gotha)

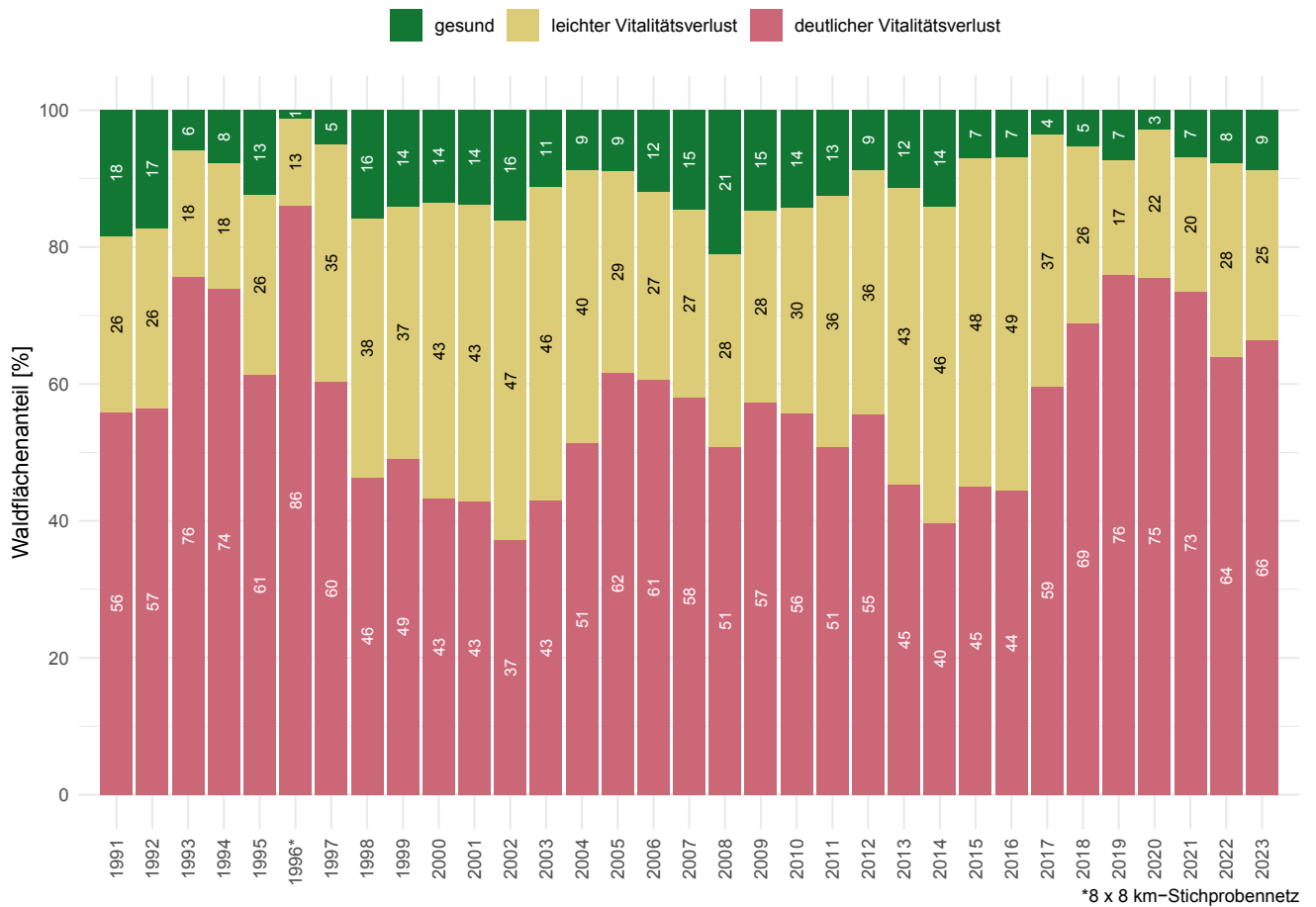


Abb. 44: Flächenanteile der Vitalitätsstufen 1991 - 2023 (Baumartengruppe Eiche)

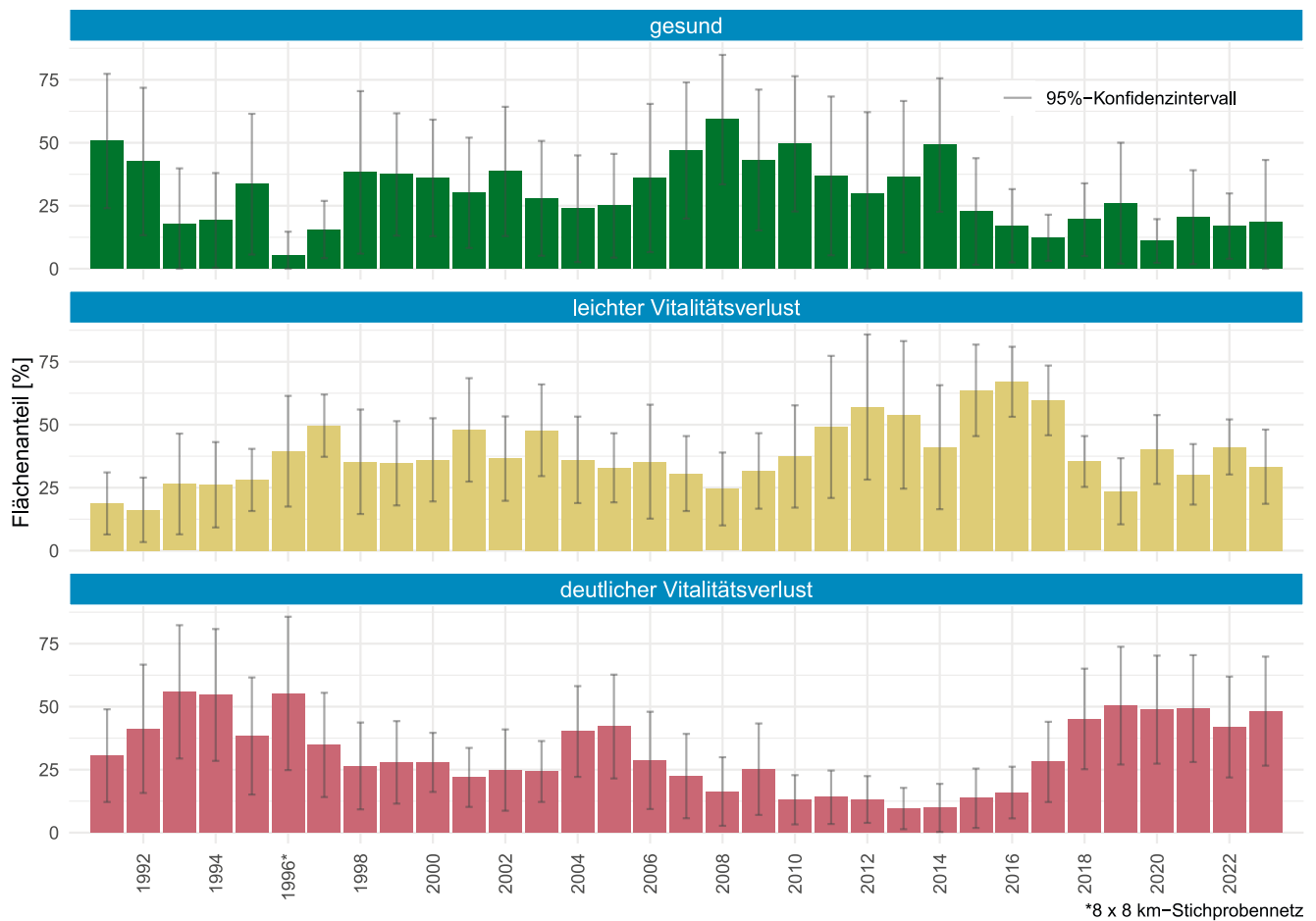


Abb. 45: Anteile der Vitalitätsstufen (Eiche  $\leq$  60 Jahre)

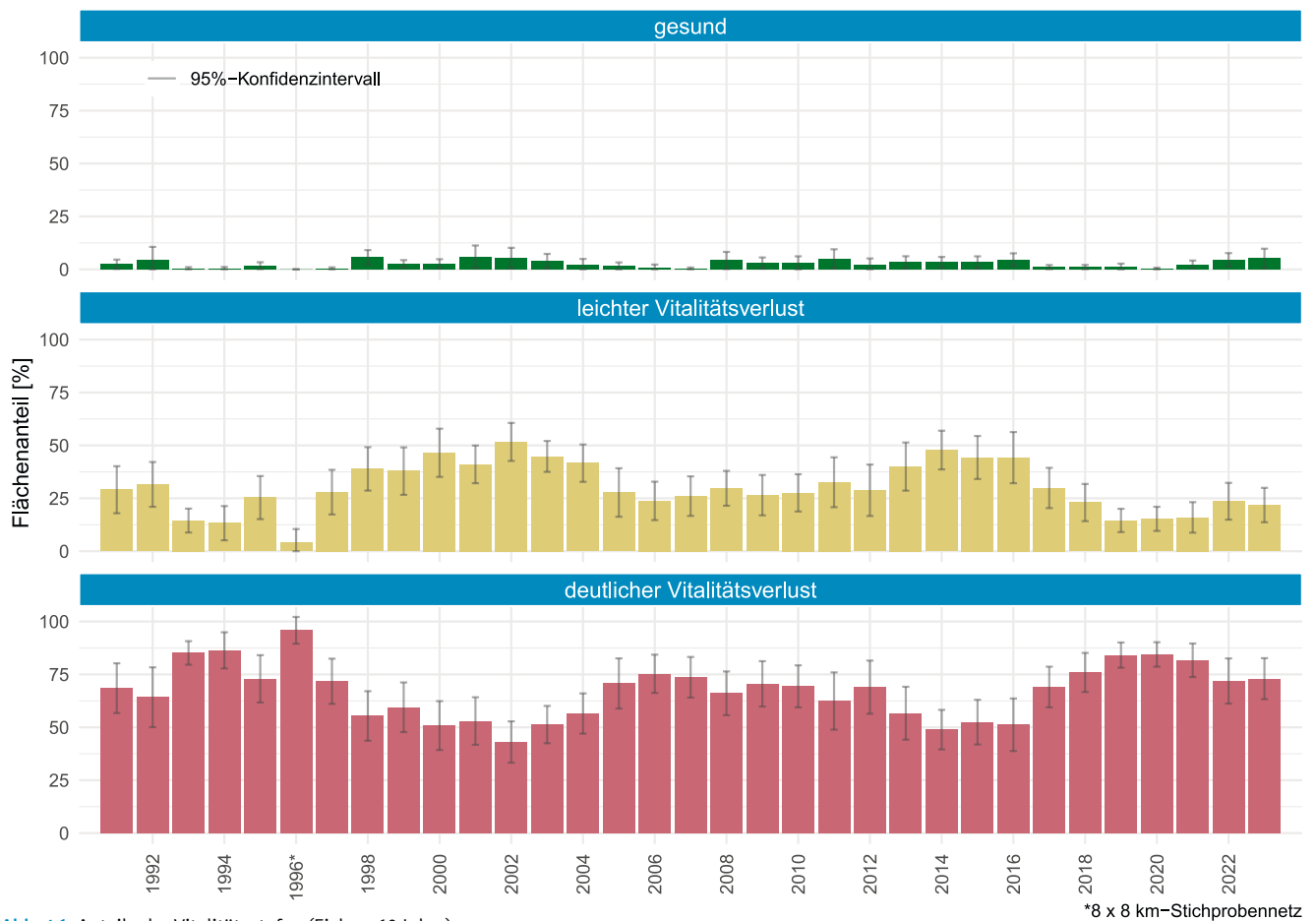


Abb. 46: Anteile der Vitalitätsstufen (Eiche > 60 Jahre)

### Trockenschäden

Trockenschäden wurden auf rund 46 % der Eichenfläche beobachtet (Abbildung 47). Auch hier nimmt die Eiche unter allen Baumartengruppen die Spitzenposition ein.

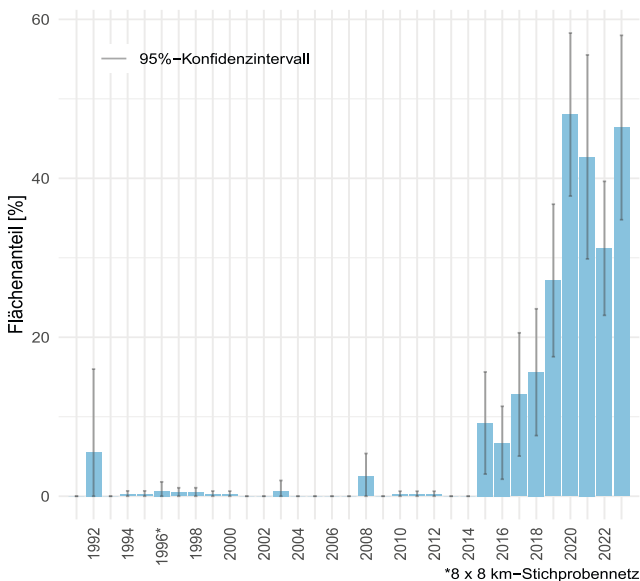


Abb. 47: Flächenanteil der Eiche mit Trockenschäden

### Ausfallrate

Bei der Eiche wurden in den vergangenen Jahren trotz der Trockenheit niedrige Ausfallraten beobachtet. Auch in diesem Jahr lag die abiotisch bedingte Ausfallrate unter 2 %. Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs können bei der Eiche zwar generell Tendenzen in der Entwicklung aufgezeigt werden, verlässliche Schätzungen von Zielgrößen sind aber oft nicht möglich.

### 3.2.6 Sonstige Laubbaumarten

#### Die wichtigsten Ergebnisse:

- Der Zustand der Sonstigen Laubbaumarten hat sich gegenüber dem Jahr 2022 nicht signifikant verändert.
- Die mittlere Kronenverlichtung liegt ungefähr auf dem Niveau des Vorjahres.
- Eine leichte Zunahme ist bei dem Flächenanteil mit deutlichen Vitalitätsverlusten zu beobachten.
- Deutliche Schäden wurden bei den Sonstigen Laub-

baumarten vor allem bei der Esche beobachtet. Grund dafür ist ein weitverbreitetes Auftreten des Eschen-triebsterbens.

- Die Ausfallraten bewegen sich bei den Sonstigen Laubbaumarten auf einem niedrigen Niveau.

Probebäume der Baumartengruppe „Sonstige Laubbaumarten“ sind bei der diesjährigen WZE mit einem Anteil von rund 13 % in der Stichprobe vertreten (1.029 Probabäume). Diese Baumartengruppe umfasst insgesamt 19 unterschiedliche Laubbaumarten. Am häufigsten erfasst wurde die Esche (*Fraxinus excelsior*; 25 % aller Probabäume der Baumartengruppe „Sonstige Laubbaumarten“), gefolgt von der Hänge-Birke (*Betula pendula*; 22 %) und dem Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus*; 20 %).

### Kronenverlichtung

Die mittlere Kronenverlichtung der Sonstigen Laubbaumarten liegt in diesem Jahr bei 31,4 % und unterscheidet sich nur unwesentlich vom Wert des Vorjahres (2022: 31 %; Abbildung 48). Mit Ausnahme des Jahres 2021 liegt sie aber seit 2019 deutlich über dem langjährigen Mittel von 25 %.

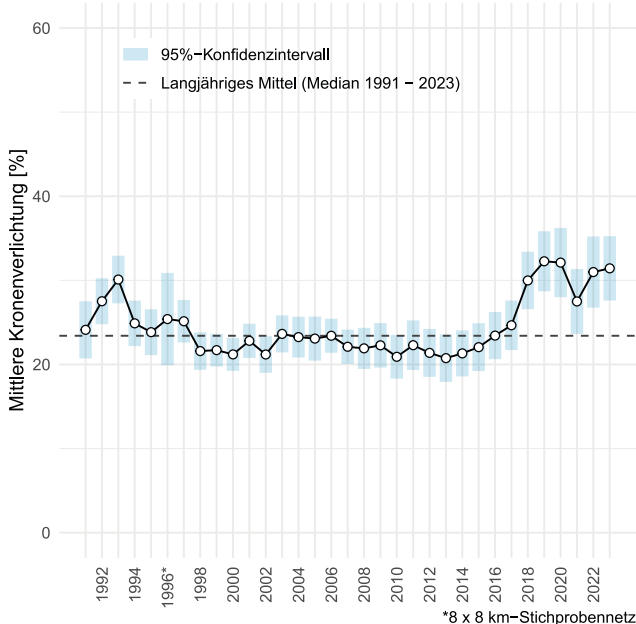


Abb. 48: Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung (Baumartengruppe Sonstige Laubbaumarten)

Der Anteil jüngerer Probabäume (Alter  $\leq 60$  Jahre) liegt bei den Sonstigen Laubbaumarten mit 51 % höher als bei allen anderen Baumarten und Baumartengruppen und nahezu gleichauf mit dem Anteil älterer Probabäume (Alter  $> 60$  Jahre). Auch bei den sonstigen Laubbaumarten ist ein Einfluss des Alters auf die mittlere Kronenverlichtung erkennbar (Abbildung 49).

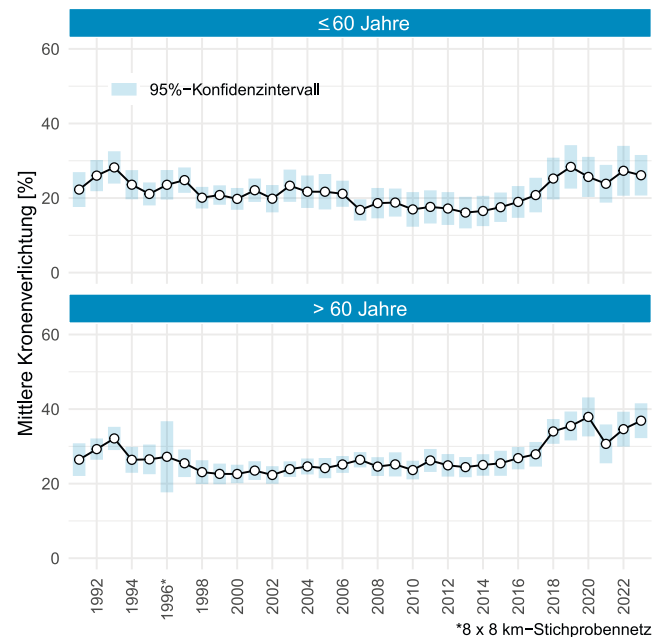


Abb. 49: Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung nach Altersstufen (Baumartengruppe Sonstige Laubbaumarten)

Mit rund 11 % liegt der stark geschädigte Flächenanteil (Kronenverlichtung  $\geq 50$  %) bei den Sonstigen Laubbaumarten niedriger als bei den Baumartengruppen Buche (18 %) und Eiche (28 %; Abbildung 50). Allerdings handelt es sich bei der Baumartengruppe Sonstige Laubbaumarten um eine sehr heterogene Baumartengruppe, in der die einzelnen Baumarten sehr unterschiedliche Schädigungsgrade aufweisen. Während beim Berg-Ahorn in diesem Jahr ein stark geschädigter Flächenanteil von 6 % beobachtet wurde und bei der

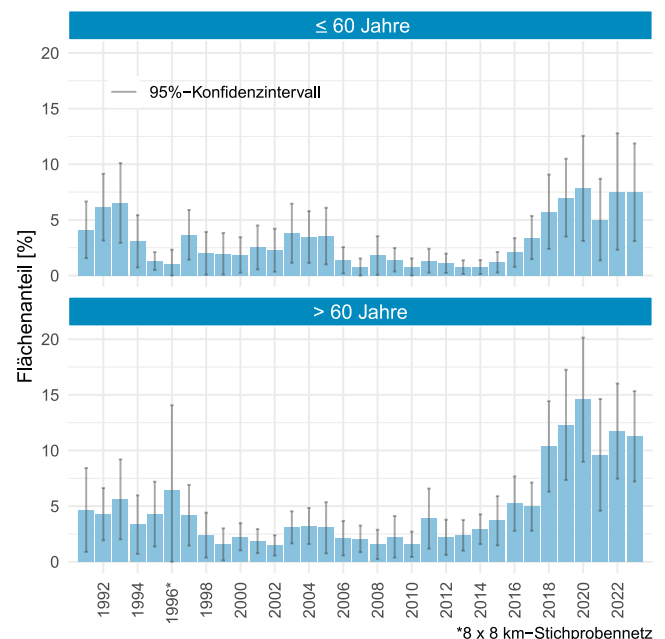


Abb. 50: Flächenanteile mit einer Kronenverlichtung von über 50 % bei jüngeren ( $\leq 60$  Jahre) und älteren ( $> 60$  Jahre) Sonstigen Laubbaumarten

Hänge-Birke ein Anteil von 17 %, liegt dieser bei der Esche mit 38 % weit darüber. Bei der Esche werden erhebliche Schäden durch den aus Ostasien eingeschleppten Pilz „Falsches Weisses Stengelbecherchen“ (*Hymenoscyphus fraxineus*) verursacht. Dieser führt bei der in Mitteleuropa heimischen Esche zum sogenannten Eschentriebsterben.

### Vitalität

Bei den Sonstigen Laubbaumarten betrug der als „gesund“ eingestufte Flächenanteil in diesem Jahr 19 % (2022: 21 %), der Flächenanteil mit „leichten Vitalitätsverlusten“ lag bei 32 % (2022: 34 %), und der Anteil mit „deutlichen Vitalitätsverlusten“ bei 49 % (2022: 45 %).

Abbildung 52 und Abbildung 53 zeigen die Flächenanteile der Vitalitätsstufen für ältere und jüngere Bestände der Baumartengruppe „Sonstige Laubbaumarten“. Bei den jüngeren Waldbeständen (Alter ≤ 60 Jahre) weisen die Vitalitätsstufen in diesem und dem vorangegangenen Jahr ähnliche Flächenanteile auf. Bei älteren Beständen (Alter > 60 Jahre) sind hingegen deutliche Unterschiede in den Anteilen zu erkennen. So hat beispielsweise der Flächenanteil mit deutlichen Vitalitätsverlusten merklich zugenommen.

Mit 64 % weisen die Sonstigen Laubbaumarten bei der Vitalitätsstufe „deutlicher Vitalitätsverlust“ insgesamt einen hohen Wert auf. Dies ist vor allem auf den hohen Schädigungsgrad bei der Esche zurückzuführen.

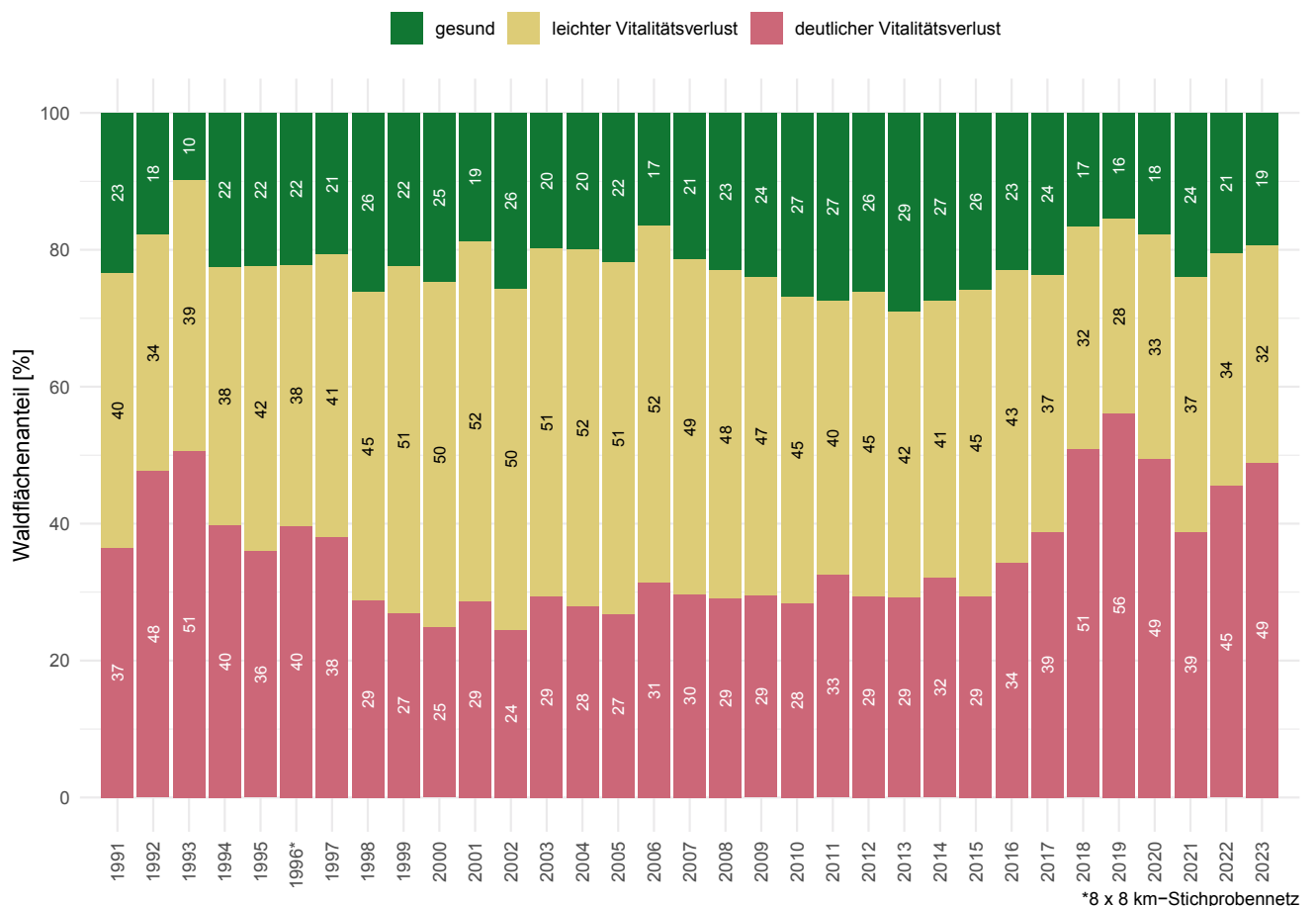


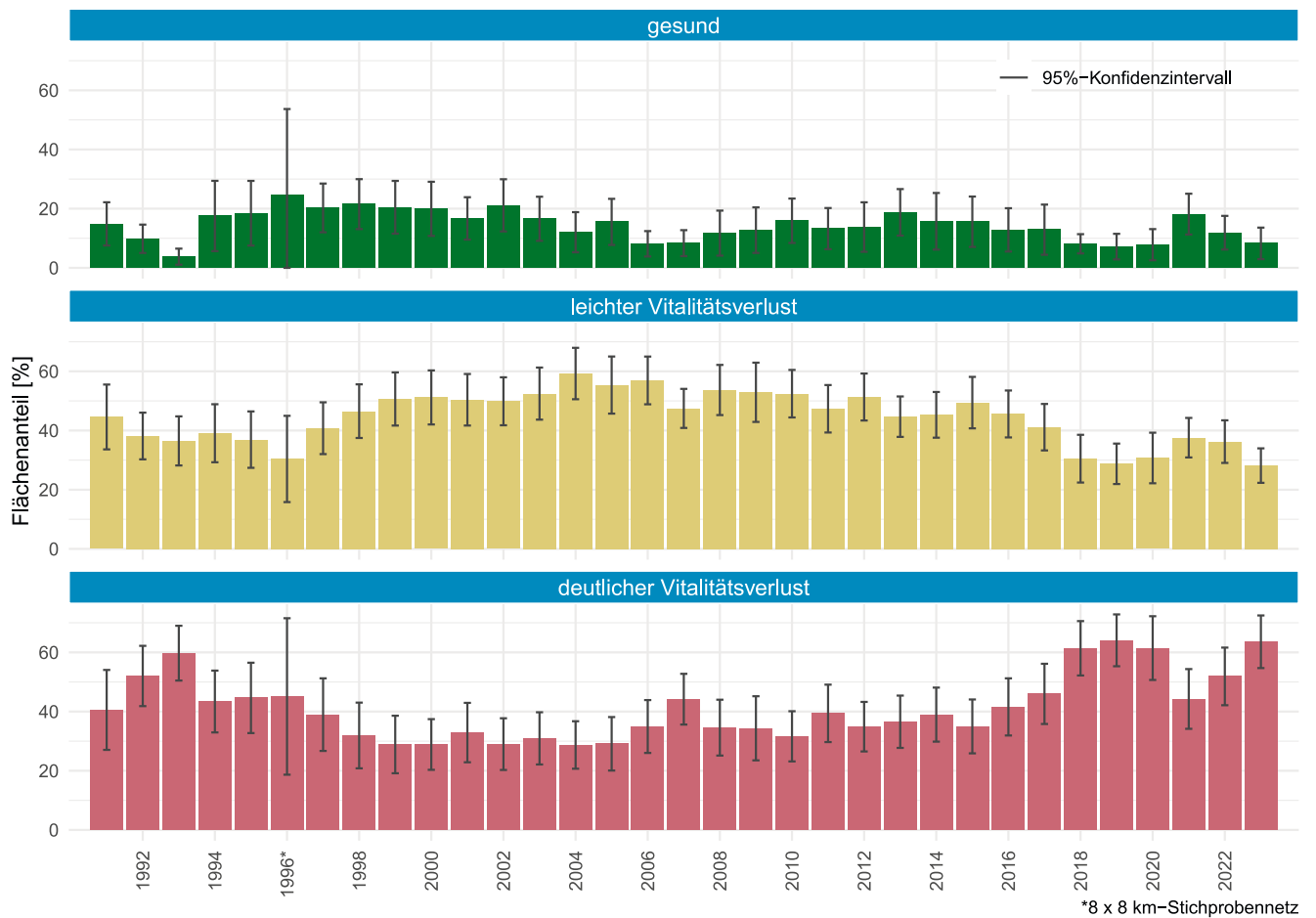
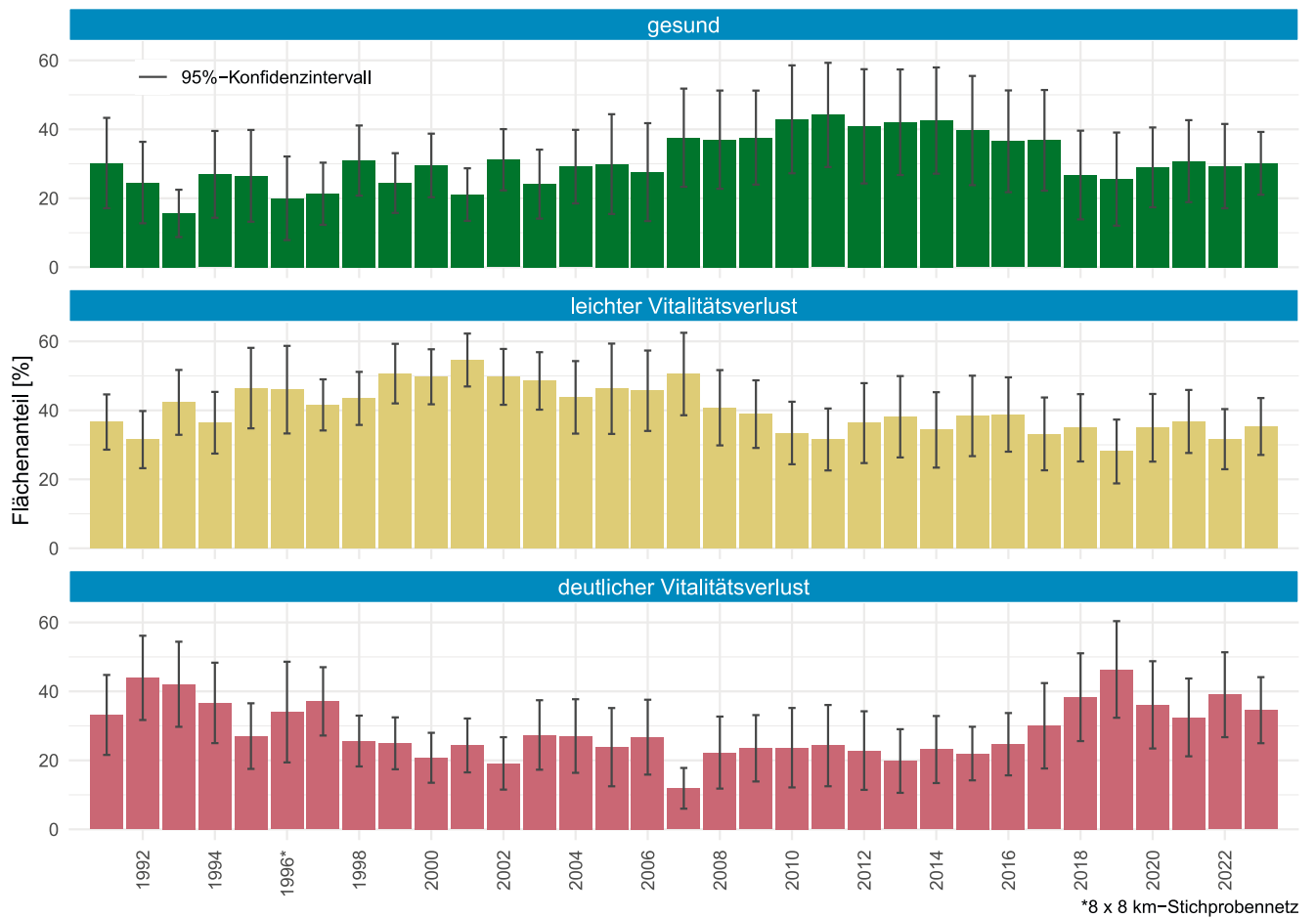
Abb. 51: Flächenanteile der Vitalitätsstufen 1991 - 2023 (Sonstige Laubbaumarten)



Bild 8: Fruktifikation beim Berg-Ahorn (Foto: FFK Gotha)



Bild 9: Blick ins Kronendach eines Laubmischwaldes (Foto: FFK Gotha)



### Trockenschäden

Der Flächenanteil mit Trockenschäden lag bei den Sonstigen Laubbaumarten mit 31 % auf ungefähr dem gleichen Niveau wie in den Vorjahren (Abbildung 54). Allerdings wurden auch hier sehr große Unterschiede zwischen den Baumarten in dieser Baumartengruppe beobachtet.

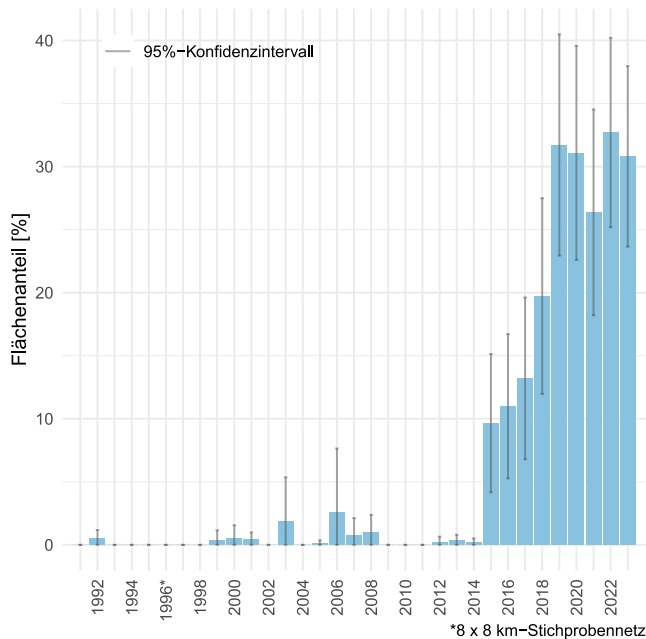


Abb. 54: Flächenanteil der Sonstigen Laubbaumarten mit Trockenschäden

### Ausfallrate

Die Ausfallraten bewegten sich bei den Sonstigen Laubbaumarten in diesem Jahr auf einem niedrigen Niveau. Nur die abiotisch bedingte Ausfallrate lag mit 1,8 % vergleichsweise hoch. Mit rund 82 % war die Hänge-Birke dabei die Baumart, die am häufigsten ausfiel. Diese Baumart ist zwar prinzipiell gut an trockene Standortsbedingungen angepasst, mit stärkeren Schwankungen im Wasserhaushalt kommt allerdings auch sie weniger gut zurecht.

### 3.2.7 Sonstige Nadelbaumarten

#### Die wichtigsten Ergebnisse:

- Der Zustand der Sonstigen Nadelbaumarten hat sich gegenüber dem Vorjahr kaum verändert. Die mittlere Kronenverlichtung gleicht ungefähr dem Wert des Jahres 2022. Auch die Flächenanteile der Vitalitätsstufen haben sich nicht wesentlich verändert.
- Aufgrund des sehr geringen Stichprobenumfangs bei den Sonstigen Nadelbaumarten sind die Schätzwerte bei dieser Baumartengruppe mit großen Unsicherheiten behaftet.

Probabäume der Baumartengruppe „Sonstige Nadelbaumarten“ sind bei der diesjährigen WZE mit einem Anteil von rund 4 % in der Stichprobe vertreten (285 Probabäume). Am häufigsten erfasst wurden die Europäische Lärche (*Larix decidua*) und die Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*). Diese beiden Baumarten erreichten zusammengefasst einen Anteil von fast 90 % bei den sonstigen Nadelbaumarten (insgesamt wurden sieben unterschiedliche sonstige Nadelbaumarten erfasst).

### Kronenverlichtung

Die mittlere Kronenverlichtung der Sonstigen Nadelbaumarten liegt in diesem Jahr bei 28,8 % und unterscheidet sich nicht signifikant vom Wert des Vorjahres (2022: 29,2 %; Abbildung 55). Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs in der Baumartengruppe „Sonstige Nadelbaumarten“, können zwar prinzipiell Tendenzen in der zeitlichen Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung beobachtet werden - wie beispielsweise ein Anstieg nach dem Jahr 2018 - statistisch gesicherte Aussagen über die Höhe der Schätzwerte sind aber nicht möglich.

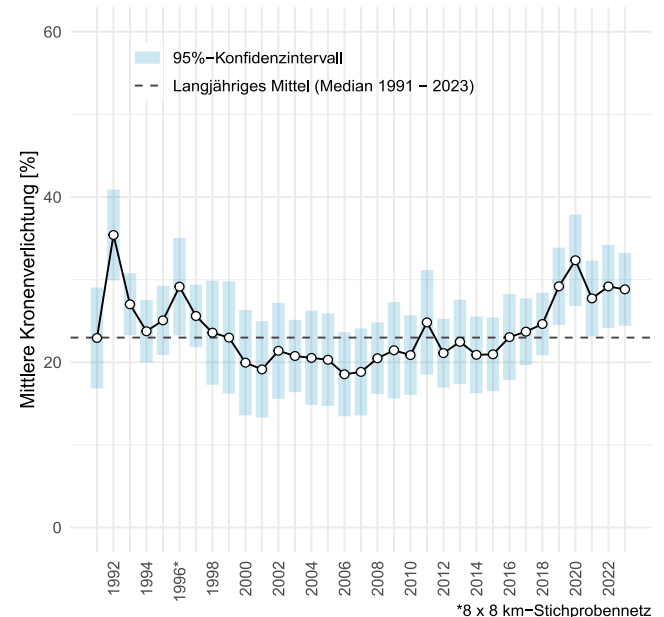


Abb. 55: Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung (Baumartengruppe Sonstige Nadelbaumarten)

Der Anteil jüngerer Probabäume (Alter  $\leq 60$  Jahre) liegt bei den Sonstigen Nadelbaumarten mit 36 % unter dem Anteil älterer Probabäume (Alter  $> 60$  Jahre; 64 %). In den meisten Jahren lag auch bei den Sonstigen Nadelbaumarten die mittlere Kronenverlichtung jüngerer Bestände unter der Verlichtung älterer Bestände (Abbildung 56).

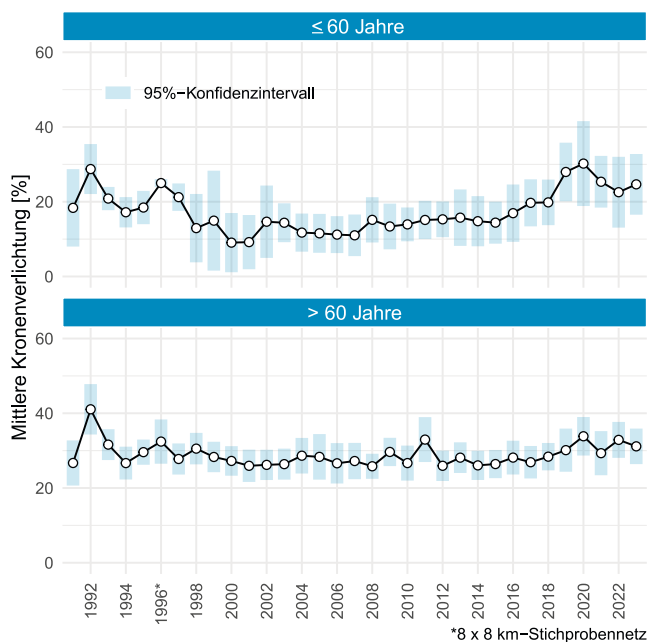


Abb. 56: Zeitreihe der mittleren Kronenverlichtung nach Altersstufen (Baumartengruppe Sonstige Nadelbaumarten)

### Vitalität

Bei den Sonstigen Nadelbaumarten betrug der als „gesund“ eingestufte Flächenanteil in diesem Jahr 17 % (2022: 17 %), der Flächenanteil mit „leichten Vitalitätsverlusten“ lag bei 29 % (2022: 32 %), und der Anteil mit „deutlichen Vitalitätsverlusten“ bei 54 % (2022: 51 %).

Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs können bei den Sonstigen Nadelbaumarten keine verlässlichen Angaben zu den Flächenanteilen der Vitalitätsstufen gemacht werden. Dies gilt insbesondere für die Altersstufe ≤ 60 Jahre. Bestenfalls können Tendenzen aus den Daten abgeleitet werden. Erkennbar ist beispielsweise ein tendenzieller Anstieg der Vitalitätsstufe „deutlicher Vitalitätsverlust“ bei den jüngeren Beständen nach dem Jahr 2018 (Abbildung 58). Dieser Anstieg zeigt sich bei den älteren Beständen allerdings nicht (Abbildung 59), obwohl hier Flächenanteile wesentlich genauer geschätzt werden können.

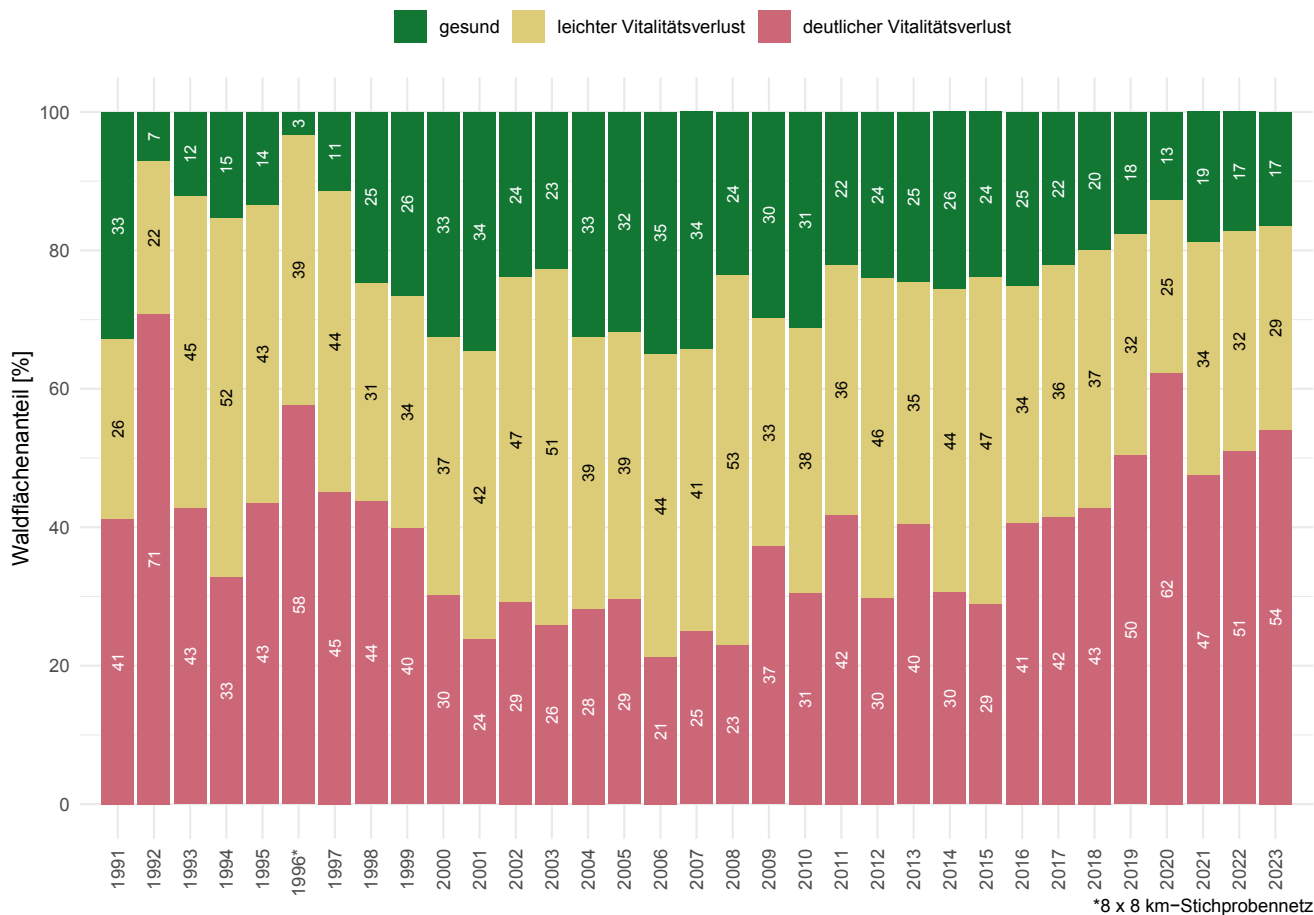
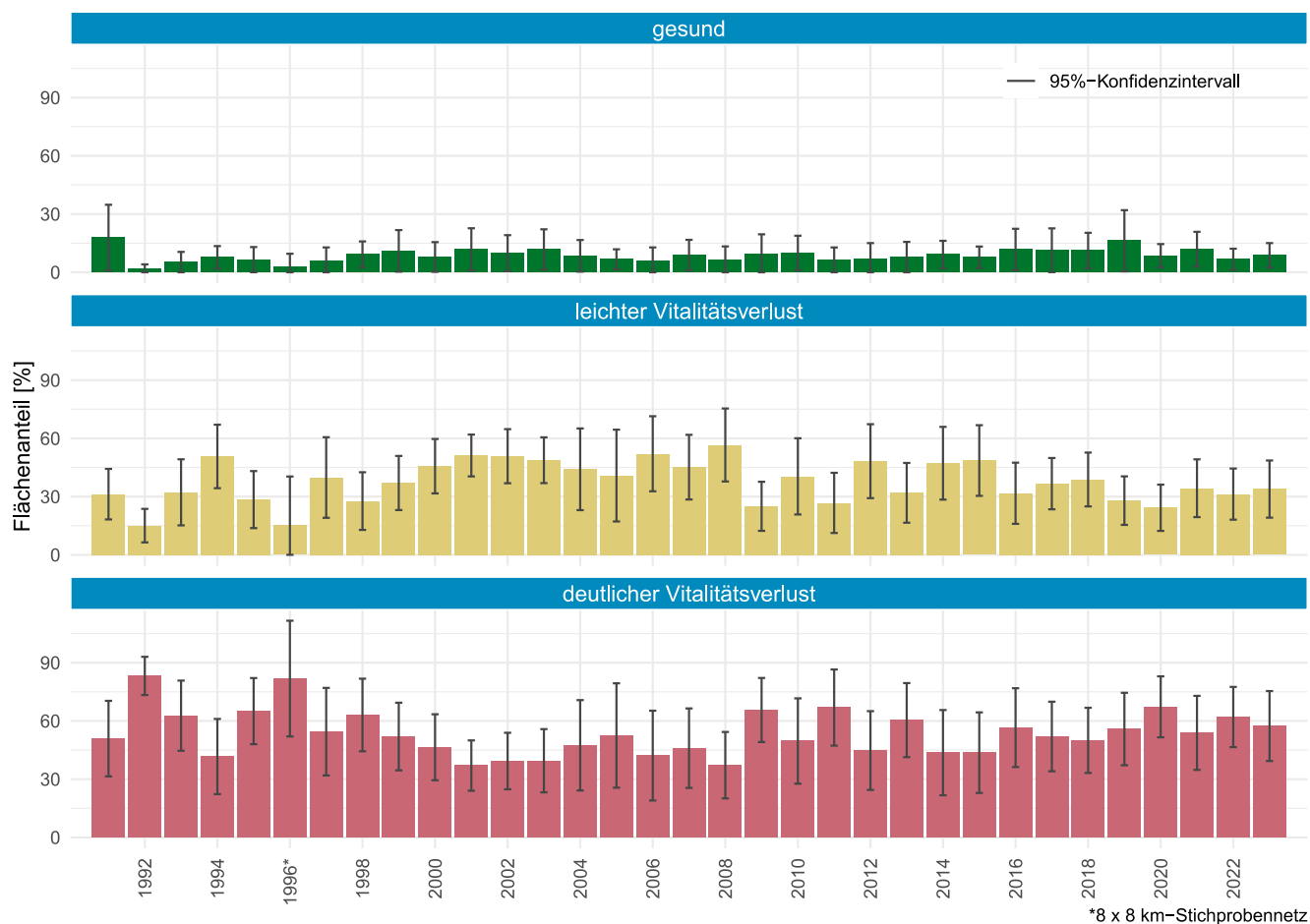
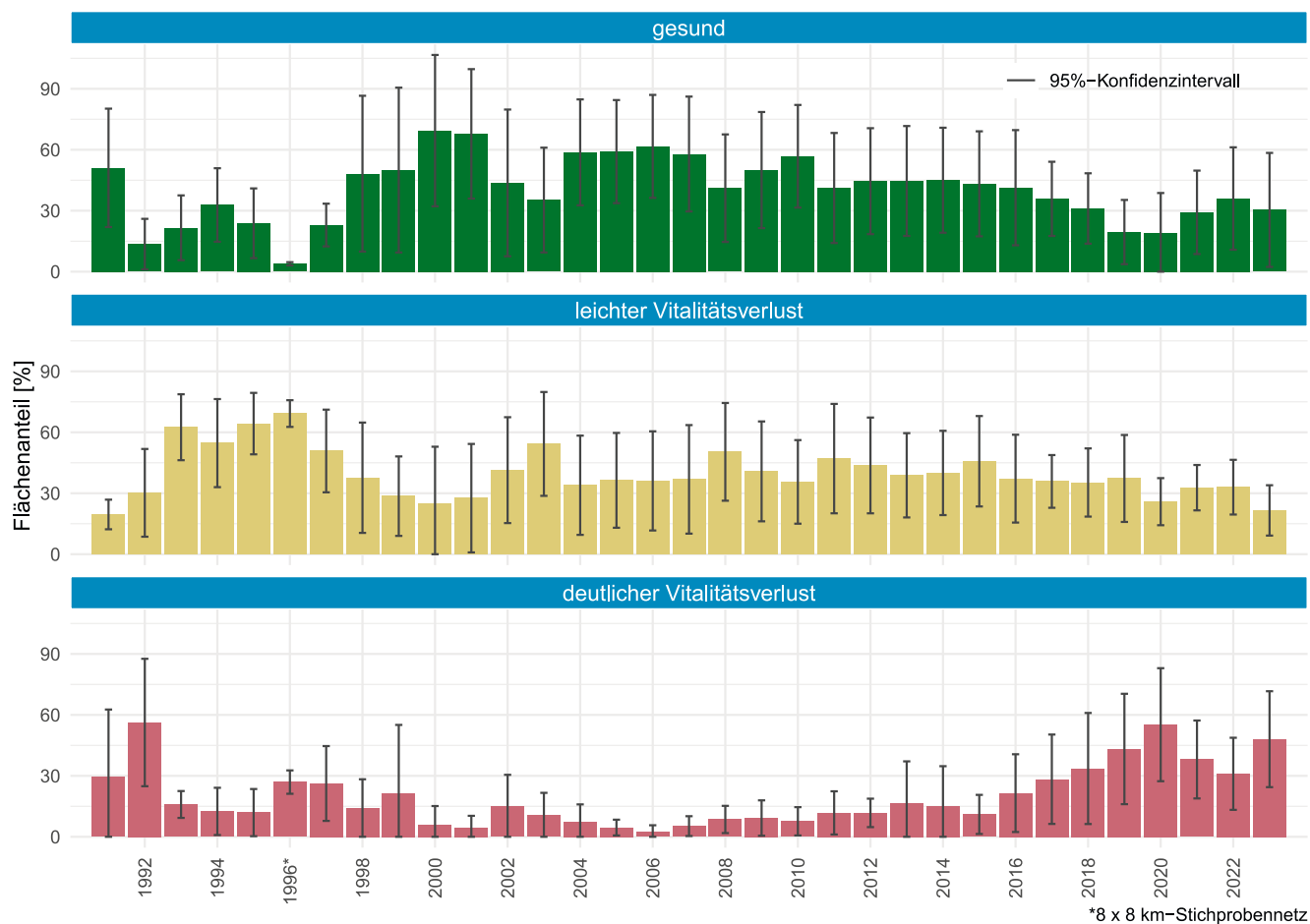


Abb. 57: Flächenanteile der Vitalitätsstufen 1991 - 2023 (Sonstige Nadelbaumarten)



## 4 Einflüsse und Ursachen

Waldökosysteme sind offene Systeme, auf die sehr unterschiedliche Einflussfaktoren wirken. Während zu Beginn der WZE in den 1990er Jahren Schäden in Waldökosystemen vor allem auf Einträge von Luftschadstoffen zurückgeführt wurden (siehe Kapitel 4.5), sind in den vergangenen Jahren die Auswirkungen von Witterungsextremen (v. a. Stürme, anhaltende Trockenheit und Hitze) in den Vordergrund gerückt (siehe Kapitel 4.2). Sie gelten auch als „Initialzündung“ des massiven Befalls durch Borkenkäfer nach dem Jahr 2018 (siehe Kapitel 4.4).

Im Zuge des Klimawandels wird erwartet, dass extreme Witterungsereignisse an Häufigkeit und Intensität zunehmen werden. Veränderungen klimatischer Verhältnisse wirken sich aber beispielsweise auch auf die Dauer der Vegetationszeit aus (siehe Kapitel 4.3).

### Hintergrund: Wetter, Witterung und Klima

In der Meteorologie wird zwischen den Begriffen Klima, Witterung und Wetter unterschieden. Das Wetter beschreibt den physikalischen Zustand der Atmosphäre zu einem Zeitpunkt (oder einem sehr kurzen Zeitraum). Die Witterung charakterisiert den Wetterverlauf über einen Zeitraum von einigen Tagen bis zu ganzen Jahreszeiten. Das Klima fasst den Verlauf der Witterung über einen längeren Zeitraum (meist 30 Jahre) zusammen.

### 4.1 Klimatische Veränderungen

Das Monitoring über längere Zeiträume zeigt, dass neben den natürlichen klimabildenden Prozessen, wie z. B. Variationen der Erdbahn im Raum, Veränderungen der Sonnenaktivität und Vulkanausbrüche, noch weitere Prozesse wirken. Stand der Forschung ist dabei, dass es sich hierbei um klimawirksame Gase handelt, die der Erdatmosphäre beigemischt sind. Diese klimawirksamen Gase, es handelt sich in der Hauptsache um Wasserdampf, Kohlendioxid, Ozon, Lachgas, Ammoniak und Methan, kommen auf natürlichem Weg in die Erdatmosphäre. Aber sie werden insbesondere seit dem Beginn der Industrialisierung und der Nutzung fossiler Brennstoffe sowie intensiver landwirtschaftlicher Produktionsmethoden über das natürliche Maß hinaus durch die menschlichen Tätigkeiten freigesetzt und beeinflussen so die Ausformung des Klimas mit. Die Forschung zeigt heute, dass der anthropogene Anteil am Klimawandel die entscheidende Größe sowohl für die Richtung als auch das Maß der Klimaänderungen darstellt und sich im Umkehrschluss die beobachteten Änderungen nur dadurch erklären lassen, dass die durch die Menschen verursachten Atmosphärenbestandteile in die Betrachtung einbezogen wer-

den. Dies ist vom „Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)“, einer Institution der Vereinten Nationen, in deren regelmäßig erscheinenden Assessment Reports mit zunehmender Evidenz nachgewiesen worden.

Wenn über den Klimawandel gesprochen wird, fällt meist sehr schnell der Begriff Treibhauseffekt. Die Atmosphäre unseres Planeten mit ihren Bestandteilen sorgt erst dafür, dass Leben in der gewohnten Form möglich ist. Gäbe es die klimawirksamen Gase nicht, würde auf unserer Erde eine um etwa 33 Kelvin geringere mittlere Lufttemperatur von  $-18^{\circ}\text{C}$  herrschen. Die Einheit Kelvin wird für Temperaturdifferenzen verwendet, wobei die Wertedifferenz derjenigen von Grad Celsius entspricht. Die klimawirksamen Gase in der Atmosphäre sorgen also dafür, dass die Temperatur im vorindustriellen Zeitalter etwa  $15^{\circ}\text{C}$  erreicht hatte. Dies wird als natürlicher Treibhauseffekt bezeichnet. Die einzelnen Gase haben einen unterschiedlichen Anteil an diesem Treibhauseffekt. Der größte Anteil wird vom Wasserdampf, der gasförmigen Form des Wassers, ausgelöst und beträgt nahezu 21 Kelvin. An zweiter Stelle folgt das Kohlendioxid. Sein Anteil wird mit etwas mehr als 7 Kelvin angegeben. Die restlichen etwa 5 Kelvin verteilen sich auf Ozon (2,4 Kelvin), Lachgas (1,4 Kelvin), Methan (0,8 Kelvin) und andere Gase (etwa 0,6 Kelvin).

Fragen des Klimawandels werden heute in Kombination von Monitoring und Modellierung bearbeitet. Dabei kommt zunächst der rückschauenden Betrachtung große Bedeutung zu, denn aus dem Vergleich zwischen den aus der Vergangenheit verfügbaren Monitoringergebnissen und einer in die Vergangenheit gerichteten Modellierung kann einerseits die Güte der Modelle abgeschätzt werden und andererseits kann über die Steuerung des Modellinputs genau erkundet werden, welche Prozesse am Klimawandel mitwirken. Über physikalisch begründete Szenarien, die wiederum ein künftiges Verhalten der Menschheit in Bezug auf die Veränderung der Emissionen klimawirksamer Gase beschreiben, wird mit den Klimamodellen eine Berechnung der klimatischen Zukunft vorgenommen. Dies erfolgt über verschiedene zeitliche und räumliche Aggregationsstufen und in der Koppelung mit Wirkmodellen können dann sehr spezifische Informationen über die klimateinduzierten Veränderungen in der Zukunft in verschiedenen Sektoren des menschlichen Lebens und darin eingebettet auch der wirtschaftlichen Tätigkeit gewonnen werden.

In Thüringen zeigen sich in allen Monaten Erwärmungstendenzen, die sich im linearen Trend der flächenbezogenen Jahresmitteltemperatur seit 1881 mit einem Betrag von 1,8 Kelvin bemerkbar machen. Betrachtet man die 30-jährigen Mitteltemperaturwerte, ist für die Fläche des Freistaates eine Änderung von  $7,6^{\circ}\text{C}$  im Zeitraum 1961-1990 auf  $8,7^{\circ}\text{C}$  im Zeitraum 1991-2020 festzustellen. In den einzelnen Jahreszeiten sind

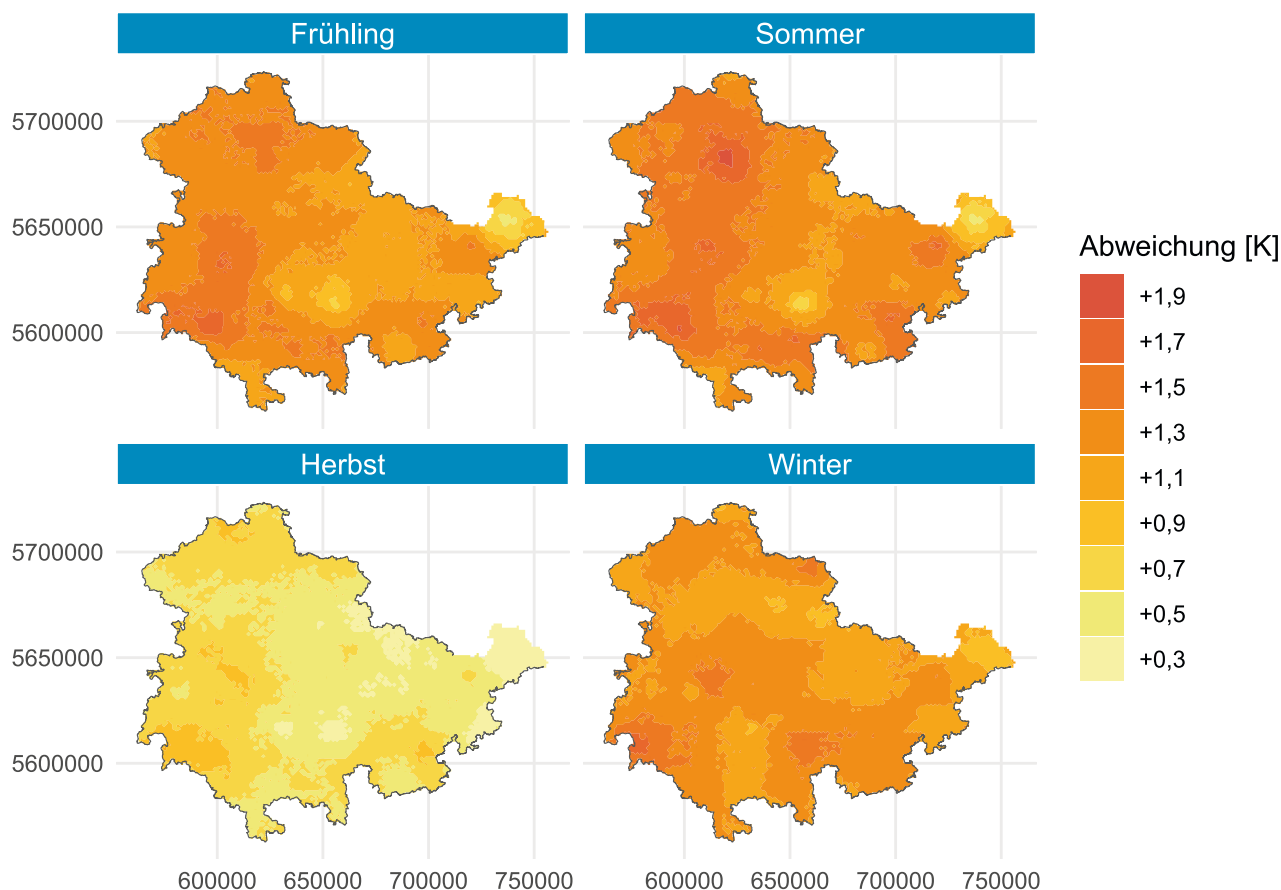
leichte Unterschiede der Erwärmung zu erkennen (Abbildung 60). Im Sommer ist die Temperaturzunahme am größten. Aber auch das Frühjahr und der Winter zeigten ähnliche Tendenzen. Nur der Herbst erwärmte sich nicht ganz so stark.

Insgesamt nimmt die Spannweite der auftretenden Temperaturwerte zu. Während sich die Absolutwerte der Minima kaum verändern, aber nicht mehr so häufig auftreten, erreichen die Maxima neue Höchstwerte. Seit 1951 können aus den Rasterdaten auch Ableitungen zum Auftreten von Ereignistagen der Lufttemperatur getroffen werden. Während Frost- und Eistage deutlich weniger werden, nehmen die Sommertage und heißen Tage zu. Die Anzahl der Frosttage, das sind die Tage, an denen die Lufttemperatur mindestens einmal unter die Frostgrenze von 0 °C sinkt, nahm in den letzten Jahrzehnten um etwa 20 % ab. Das sind auch absolut betrachtet im Durchschnitt etwa 20 Tage weniger. Die Anzahl der Eistage (Tage, in denen die Höchsttemperatur nicht über 0 °C steigt) hat sich seit 1951 in Thüringen in etwa halbiert. Die durchschnittliche Anzahl der Sommertage mit einer Höchsttemperatur von mindestens 25,0 °C betrug im Zeitraum 1961 bis 1990 insgesamt 26 Tage. Für die Zeitspanne von 1991 bis 2020 wurde ein Mittelwert von knapp 38 Tagen ermittelt. Nachdem 1961 bis 1990 jährlich im

Mittel in Thüringen 3,8 Tage mit Höchstwerten von mindestens 30,0 °C auftraten, waren es während der Jahre von 1991 bis 2020 8,3 Tage. All diese Werte beziehen sich auf die Gesamtfläche Thüringens und variieren über das Bundesland insbesondere in Bezug auf die Ortshöhe über dem Meer.

Die Sonnenscheindauer kann flächenhaft in Thüringen seit 1951 klimatologisch ausgewertet werden. Der Trend der Jahressumme der Sonnenscheindauer zeigt zwischen 1951 und 2022 insgesamt 172 Tage. Bei Betrachtung der 30-jährigen Mittelwerte sieht man eine Zunahme von 1.486 Stunden im Zeitraum 1961 - 1990 auf 1.600 Stunden im Mittel der Jahre 1991 bis 2020. Hinsichtlich der jahreszeitlichen Veränderungen sind die geringsten Änderungen im Herbst feststellbar, während die Sonnenscheindauer in den anderen Jahreszeiten eine vergleichbare prozentuale Zunahme zeigen.

Während sich die durchschnittliche Jahresniederschlagssumme im Flächenmittel über Thüringen seit 1881 nur um etwa 4 % erhöht hat, sind die jahreszeitlichen Veränderungen deutlicher. So hat der sommerliche Niederschlag zwischen den Klimareferenzperioden 1963 - 1990 und 1991 - 2020 um durchschnittlich 7 % abgenommen, während der winterliche



**Abb. 60:** Abweichung der Temperatur (in Kelvin) zwischen den Klimareferenzperioden 1961 - 1990 und der Klimareferenzperiode 1991 - 2020 (Datenquelle: DWD, Offenbach)

Niederschlag um 20 % zugenommen hat. Dabei darf aber nicht vergessen werden, dass die sommerlichen Niederschläge einen Anteil von etwa einem Drittel an der Jahressumme haben, während sich die übrigen zwei Drittel ungefähr gleich auf die übrigen drei Jahreszeiten verteilen. Angesichts der Temperaturveränderungen muss festgestellt werden, dass die zunehmenden Winterniederschläge weniger als Schnee fallen und die Anzahl der Tage mit einer Schneedecke in manchen Regionen des Freistaates nahezu halbiert wurde.

Die Änderung der Niederschlagscharakteristik mit geringem Auftreten von Niederschlag aus Schichtbewölkung gegenüber Niederschlag aus Quellwolken macht sich bei der Anzahl der Tage mit Tagessummen von mehr als 20 mm bemerkbar. Diese Anzahl nimmt seit 1951 tendenziell um mehr als 15 % zu.

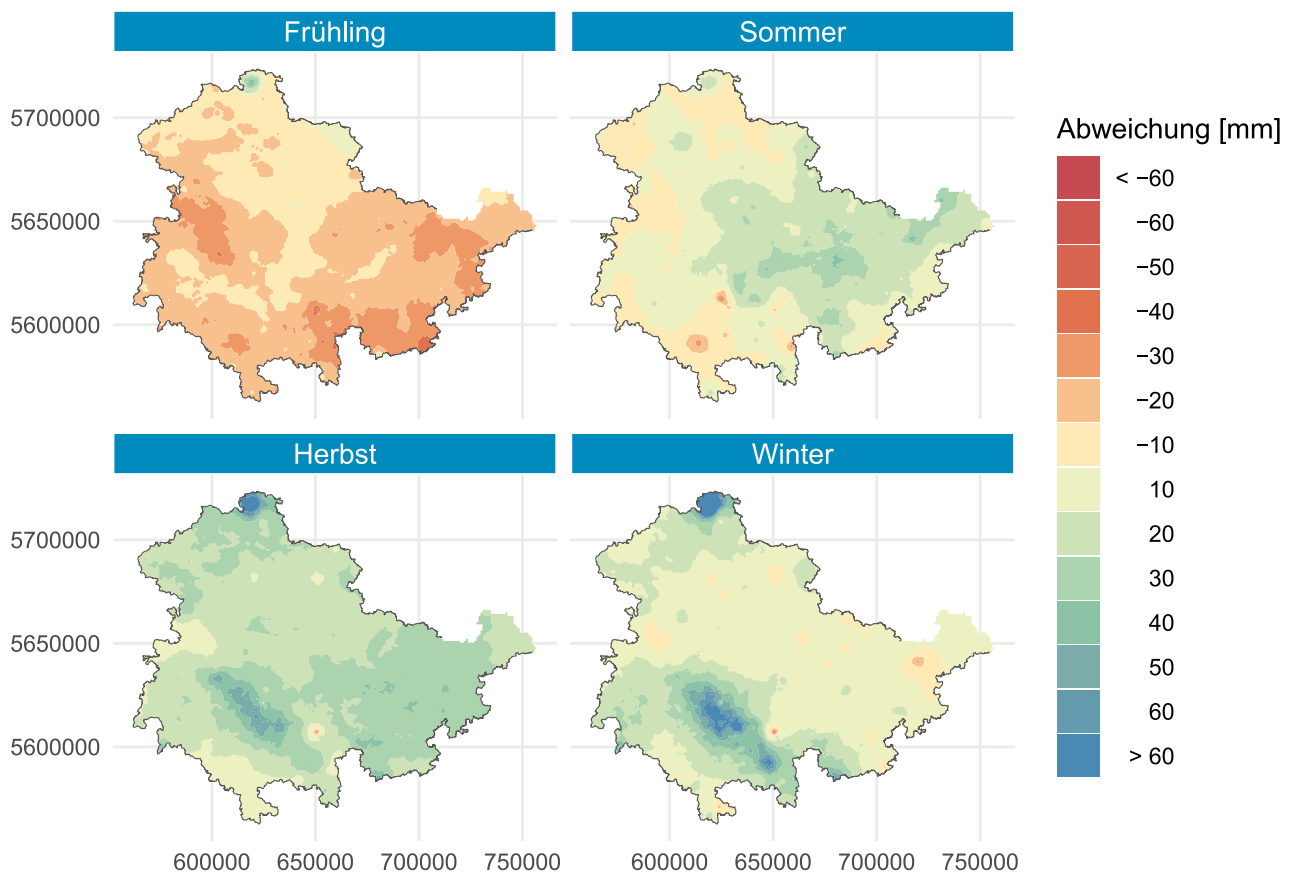
In dieser Auswertung konnten regionalen Aspekte nur sehr geringfügig berücksichtigt werden, aber die für das Flächenmittel des Freistaates gültigen Aussagen sind in unterschiedlicher absoluter Ausformung auch in den einzelnen Landstrichen festzustellen. Ferner unterblieben Aussagen zur möglichen klimatischen Zukunft. Dahingehend wird auf andere Publikationen

entweder des Deutschen Wetterdienstes oder der Thüringer Klimaagentur verwiesen. Ganz grob kann man aber feststellen, dass sich die in den Messwerten zeigenden Tendenzen und Trends auch in den Ergebnissen der Klimamodellierung für die Zukunft in Abhängigkeit von vielen anthropogen beeinflussbaren Faktoren fortsetzen.

## 4.2 Witterungsverlauf 2022 / 2023

Der Witterungsverlauf 2022/23 und die Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2023 haben die Auswirkungen des Klimawandels sehr deutlich gezeigt.

Sowohl deutschlandweit als auch in Thüringen war das Jahr 2022 das bislang wärmste seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1881. Die Jahresmitteltemperatur lag bei 10 °C und wich damit um +1,8 K vom langjährigen Mittel der Klimareferenzperiode 1981 - 2010 ab (2018: 9,9 °C/+1,7 K). Mit 585 mm Niederschlag betrug das Defizit im Vergleich zum langjährigen Mittel rund 21 % (2018: 31 %). Es gab 2022 insgesamt 16 heiße Tage mit  $T_{\max} > 30$  °C (Max. 2018: 20 Tage; Min. 1956: 1 Tag)



**Abb. 61:** Abweichung des Niederschlags zwischen den Klimareferenzperioden 1961 - 1990 und der Klimareferenzperiode 1991 - 2020 (Datenquelle: DWD, Offenbach)

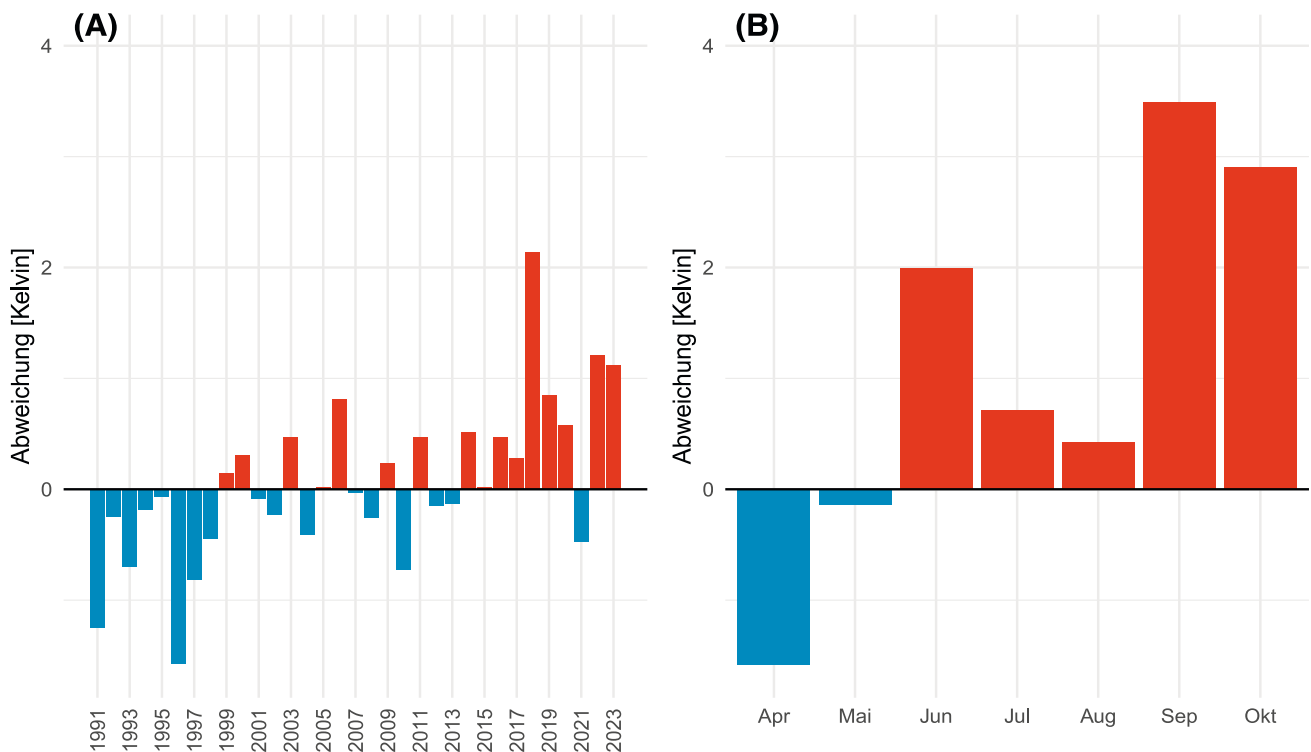
und 14 Eistage mit  $T_{\max} < 0^\circ\text{C}$  (Max. 1963: 70 Tage; Min. 2020: 5 Tage). An insgesamt 15 Tagen waren Niederschlagsmengen  $> 10\text{ mm}$  zu verzeichnen (Max. 2002: 27 Tage, Min. 1991: 10 Tage).

Für den Zustand des Waldes sind die Niederschläge und Temperaturen während der Vegetationszeit wichtig. Die Vegetationszeit umfasst die Monate April bis Oktober und ist jene Zeit des Jahres, in der Pflanzen und Bäume aktiv wachsen, blühen und Früchte bilden. Die Vegetationszeit hat sich in Thüringen im Vergleich der beiden Klimareferenzperioden 1961 - 1990 und 1991 - 2020 um  $+ 1,1^\circ\text{C}$  erwärmt, während der Hauptvegetationszeit (Mai bis Juli) ist es sogar um  $1,2^\circ\text{C}$  wärmer geworden. Die größte Temperaturzunahme gab es mit  $+ 1,6^\circ\text{C}$  zu Be-

ginn der Vegetationszeit im April, die geringste mit  $+ 0,3^\circ\text{C}$  am Ende der Vegetationszeit im Oktober. Die Niederschlagsmenge während der Vegetationszeit ist gestiegen, das ist insbesondere auf mehr Niederschlag im Juli ( $+ 35\%$ ), September ( $+ 18\%$ ) und Oktober ( $+ 13\%$ ) zurückzuführen. Im Gegensatz dazu fällt im April ( $- 28\%$ ) und im Juni ( $- 17\%$ ) jetzt weniger Niederschlag.

Die Niederschlagsmenge während der Vegetationszeit ist seit 1991 um rund  $9\%$  gesunken und vor allem in den letzten Jahren häufen sich außergewöhnlich trockene Vegetationsperioden (Abbildung 63).

Während die Vegetationszeiten in den 1990er Jahren vergleichsweise kühl waren, zeigt sich der mit dem Klimawandel



**Abb. 62:** (A) Abweichungen der Temperatur während der Vegetationszeit vom Mittel der Vegetationszeit der Klimareferenzperiode 1991-2020 und (B) Abweichung in den Monaten April bis Oktober des Jahres 2023 vom langjährigen Monatsmittel

einhergehende Temperaturanstieg in den letzten Jahren immer deutlicher (Abbildung 62). Die letzte außergewöhnlich kühle Vegetationszeit war im Jahr 2010 ( $-0,7\text{ Kelvin}$ ) zu verzeichnen, die letzten Jahre sind hingegen durch fünf außergewöhnlich warme Vegetationsperioden gekennzeichnet.

Höhere Temperaturen vor und zu Beginn der Vegetationszeit lassen nicht nur die Bäume immer früher austreiben (siehe Kapitel 4.3), sondern begünstigen auch eine Verlängerung der Jahreszyklen forstlicher Schaderreger (siehe Kapitel 4.4). Fällt während und nach dem Austrieb zu wenig Niederschlag, dann ist der über den Winter im Boden gespeicherte Wasservorrat

rasch aufgebraucht und es kommt teilweise schon ab Ende Mai/Anfang Juni zu frühsummerlichem Trockenstress. In den letzten Jahren war das vor allem 2018, 2020 und 2022 der Fall. Abbildung 64 zeigt den Jahresverlauf der Bodenfeuchte an den zwei Hauptmessstationen „Großer Eisenberg“ und „Possen“ für das sehr trockene Jahr 2018, das relativ feuchte Jahr 2021 und das aktuelle Jahr 2023.

Während unsere heimischen Baumarten an kurze Phasen sommerlicher Bodentrockenheit gewöhnt sind, haben steigende Temperaturen und die im Zuge des Klimawandels während der Vegetationszeit immer öfter, langanhaltender

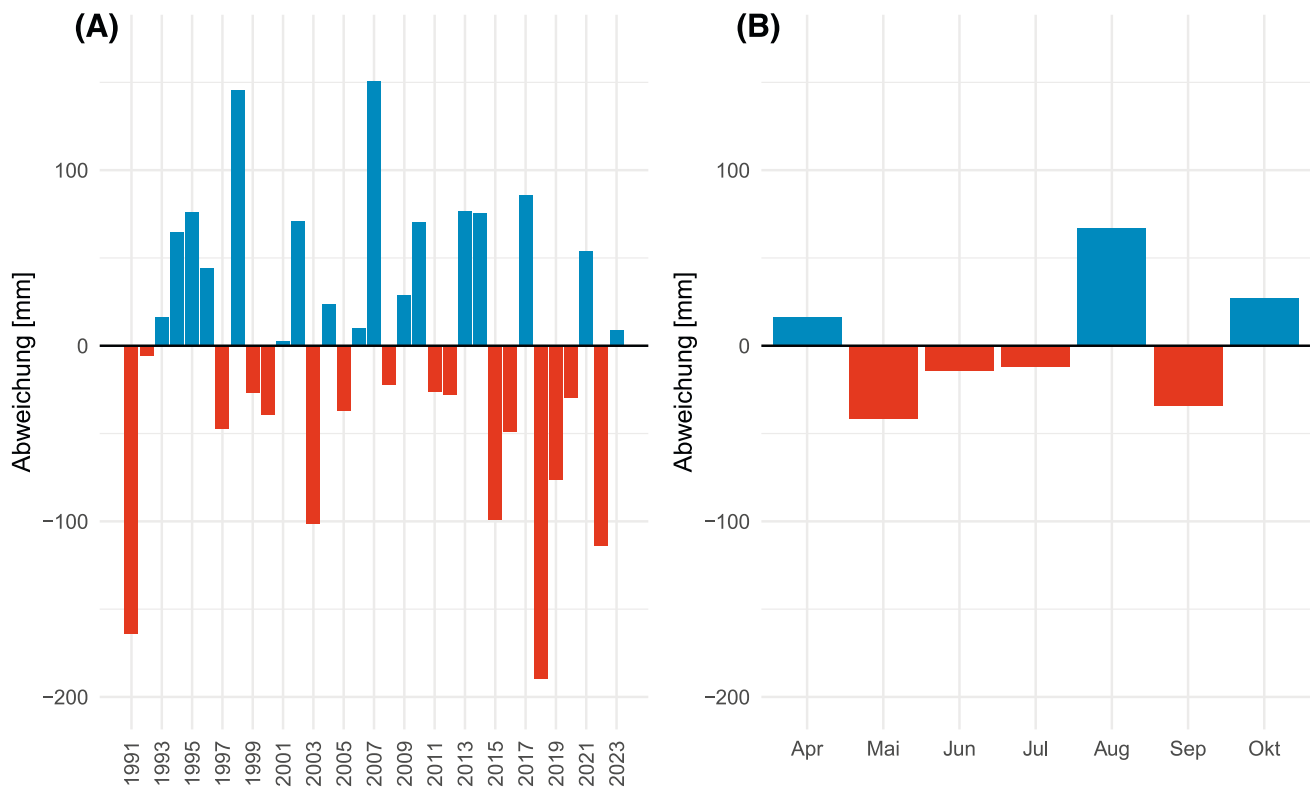


Abb. 63: (A) Abweichungen der Niederschlagssumme während der Vegetationszeit vom Mittel der Vegetationszeit der Klimareferenzperiode 1991 - 2020 und (B) Abweichung in den Monaten April bis Oktober des Jahres 2023 vom langjährigen Monatsmittel

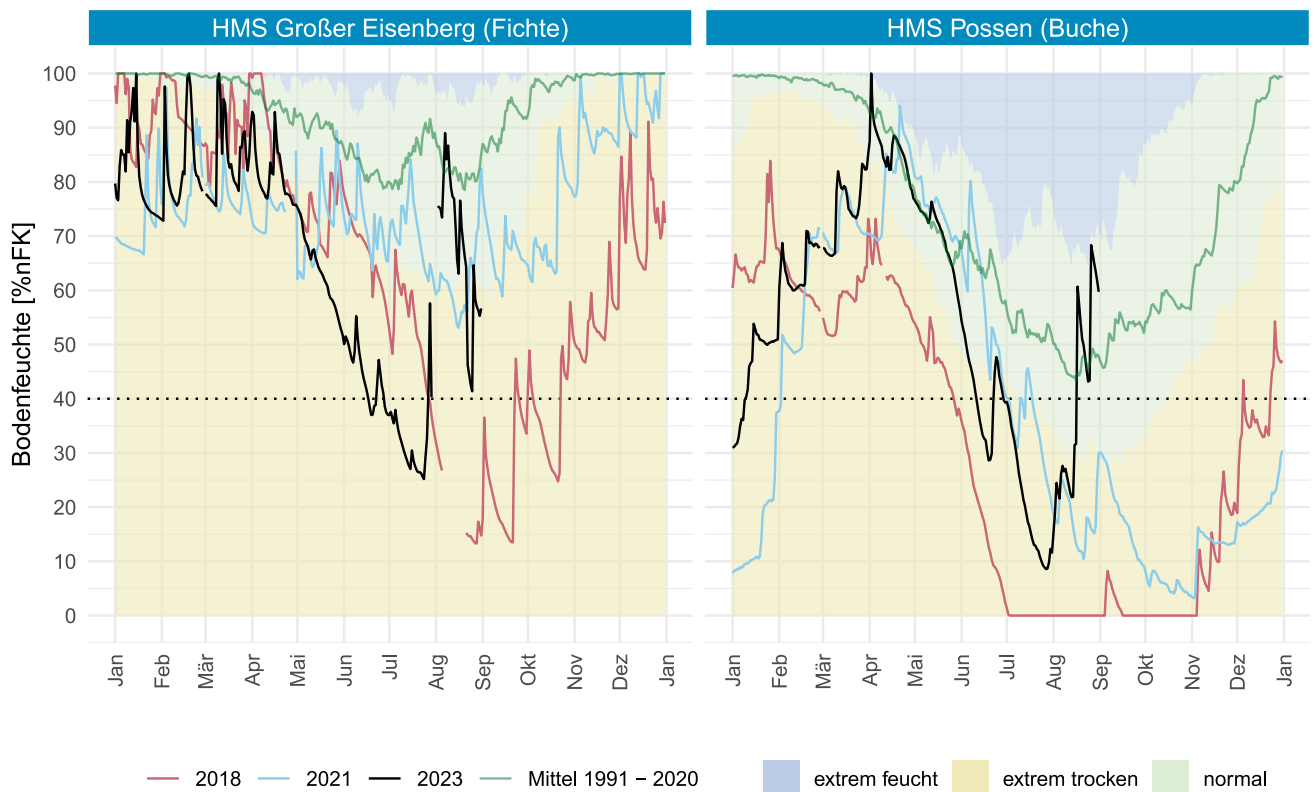


Abb. 64: Jahresverläufe der Bodenfeuchte an der Hauptmessstation „Großer Eisenberg“ (Thüringer Wald – Fichte) und der Hauptmessstation „Possen“ (Hainleite – Buche)

und intensiver auftretenden Hitze- und Trockenperioden massive Folgen für den Wald.

So war die Bodentrockenheit im Sommer 2022 teilweise noch gravierender als 2018. An 63 der insgesamt 147 untersuchten Waldstandorte war Ende August kein pflanzenverfügbares Wasser im Hauptwurzelraum der Bäume mehr vorhanden (Ende August 2018: 60 Standorte) und ein Überleben der Bäume nur noch durch die Erschließung von Wasservorräten aus tieferen Bodenschichten gesichert. Von den 12 im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitoring untersuchten Waldquellen versiegten drei im Laufe des Sommers vollständig, die anderen flossen aufgrund der Niederschlagsdefizite von Woche zu Woche langsamer.

Prägend war der Witterungsverlauf im Sommer 2022 vor allem für die Entwicklung der Borkenkäfersituation in den klassischen Fichtengebieten des Thüringer Waldes/Schiefergebirges (siehe Kapitel 4.4), aber auch für den Zustand der Laubbäume 2023. Die im Frühsommer 2022 angelegten Knospen für den Blattaustrieb im Folgejahr sahen aufgrund des Wassermangels teilweise sehr klein aus. Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2023 ließen schon allein aus diesem Grund keine Verbesserung des Zustandes bei den Laubbäumen erwarten.

Kurz vor Ende der WZE-Außenaufnahmen 2022 waren an exponierten Standorten (Bergkuppen/Oberhänge), aber auch in stärker aufgelichteten Beständen erste Trockenschäden (vertrocknete Blätter, absterbende Kronenteile) zu sehen. Um die Verdunstung zu reduzieren und den Wasserverbrauch zu drosseln, warfen ab Anfang August vor allem Buchen ihr grünes Laub ab und standen teilweise winterkahl. Erst im September 2022 fiel wieder ausreichend Niederschlag (+62 %) und es wurde deutlich kühler. Dieser Niederschlag kam jedoch viel zu spät und hatte kaum Auswirkungen auf den Zustand der Bäume 2023.

Der Oktober 2022 war erneut zu warm (+3,6 Kelvin), der November mit -46 % Niederschlag außergewöhnlich trocken. Nach den Blattabwürfen im Sommer begann die natürliche Herbstfärbung der Buche im Tiefland Mitte/Ende September und damit rund 7 bis 10 Tage früher als im kühl-feuchten Jahr 2021. In den höheren Lagen begann sie Anfang Oktober (2021: Mitte Oktober). Die herbstliche Blattfärbung der Eiche und der Blattfall begannen Anfang Oktober (2021: Mitte September). Bei der Kiefer ging die sommerliche Trockenschütte nahtlos in die natürliche Herbstschütte über (Verfärbung/Abwurf des ältesten Nadeljahrgangs) und war bis Mitte Dezember zu beobachten.

Der Winter 2022/23 begann im Dezember mit recht niedrigen Temperaturen, danach wurde es wärmer und das Jahr 2022 endete zum Jahreswechsel ungewöhnlich mild mit Höchstwer-

ten bis zu 18 °C. Auch 2023 setzte sich die überdurchschnittlich warme Witterung mit Monatsmitteltemperaturen von 3 °C (+3,4 Kelvin) im Januar und 2,5 °C (+2,4 Kelvin) im Februar nahtlos fort. Die Vegetationsentwicklung wurde dadurch sehr stark beschleunigt. Wie im Vorjahr blühte die Hasel im Thüringer Becken (WMS Steiger) und in der Region Grabfeld/Gleichberge (WMS Römhild) bereits in der ersten Januar-Dekade und die Schwarzerle Ende Februar. Der erste Huflattich war in geschützten Lagen um den 20. Februar zu finden, an den Wald- und Hauptmessstationen blühte er wie im Vorjahr ab Anfang März.

Mitte Januar 2023 schneite es landesweit teilweise ergiebig und es bildete sich fast überall eine geschlossene Schneedecke. In den unteren Lagen taute der Schnee zwar rasch wieder weg, aber das langsam in den Boden einsickernde Tauwasser brachte einen kräftigen Wassernachschub. In den Hoch- und Kammlagen des Thüringer Waldes wuchs die Schneedecke Ende Januar/Anfang Februar auf 40 cm und taute hier erst Ende März vollständig ab. An den 15 Wald- und Hauptmessstationen war im gesamten Winter kein Bodenfrost zu verzeichnen, lediglich die ersten Zentimeter des Oberbodens waren kurzzeitig gefroren.

Auch der März war mit 5,2 °C im Vergleich zum langjährigen Mittel der DWD-Referenzperiode 1981 - 2010 um +2,4 °C zu warm und die Knospenschwellung der Buche setzte auch in diesem Jahr wieder sehr früh ein - im Tiefland in der ersten März-Dekade (2022: Ende Februar) und im Gebirge in den letzten März-Tagen (2022: Mitte März).

Positiv haben sich die ergiebigen Niederschläge im März (+63 %) und teilweise auch im April (+16 %) ausgewirkt. Die Waldbrandgefahr war zu Beginn der Waldbrandsaison im März/April überwiegend gering (Waldbrandgefahrenstufe 1). Fast überall füllten sich die Bodenwasserspeicher des Hauptwurzelraumes bis in 1 m Tiefe (Abbildung 65) und in den Messanlagen der Wald- und Hauptmessstationen waren zu Beginn der Vegetationszeit ein stärkerer Sickerwasserfluss zu beobachten als im Winter.

Der Austrieb der Buche begann aufgrund der niedrigen April-Temperaturen (-0,9 Kelvin) rund 7 - 10 Tage später als 2022 in der letzten Aprilwoche. Die Eiche trieb wie im Vorjahr Ende April/Anfang Mai aus und auch bei Fichte und Kiefer begann die Öffnung der Knospen ähnlich wie im Vorjahr Anfang/Mitte Mai - in diesem Jahr allerdings bei einer komfortableren Bodenwassersituation.

Ab Mai regnete es dann zunehmend weniger und der Mai und Juni blieben mit Niederschlagsdefiziten von -62 % bzw. -24 % wiederum viel zu trocken. Der Juni war darüber hinaus mit einer Temperaturabweichung von 2,7 Kelvin sehr warm.

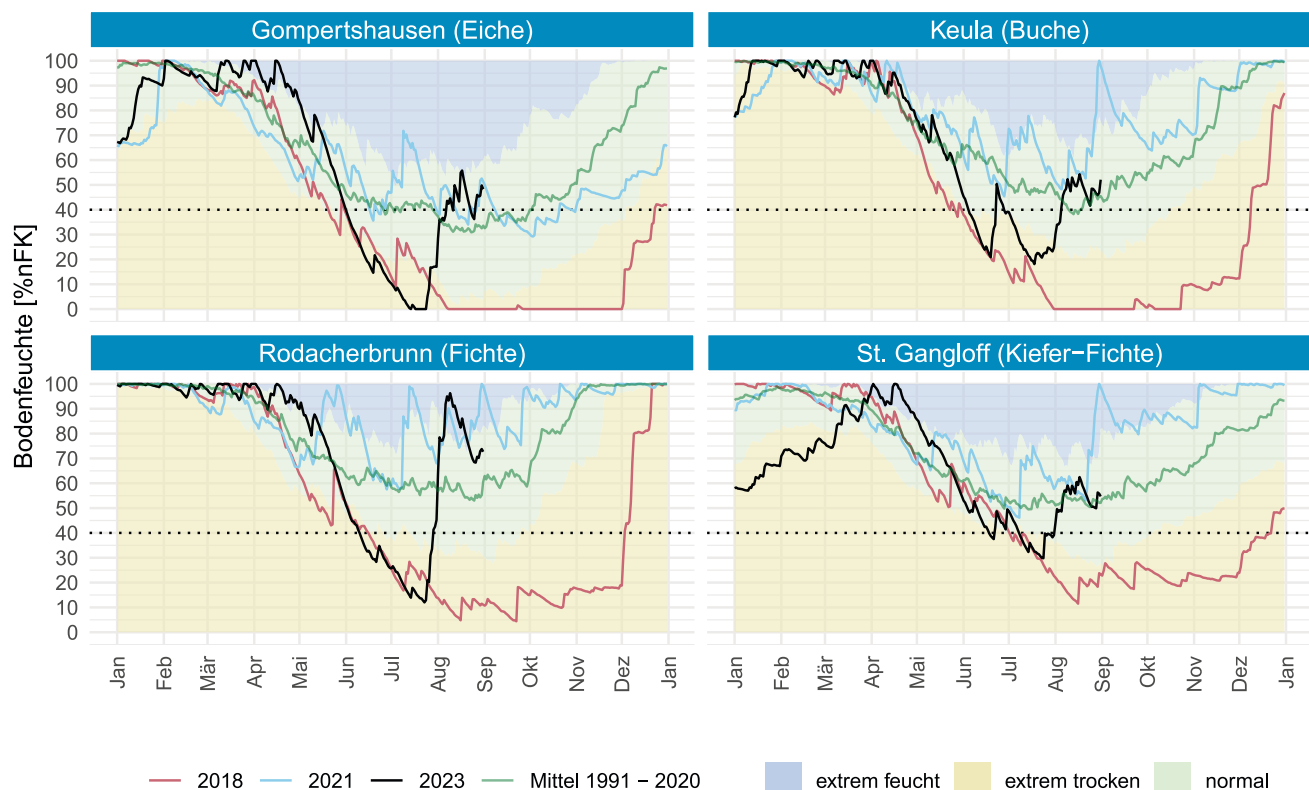


Abb. 65: Bodenfeuchte an den WZE-Stichprobenpunkten Gompertshausen, Keula, Rodacherbrunn und St. Gangloff

Vor allem in den klassischen Fichtengebieten des Thüringer Waldes/Schiefergebirges trockneten die Böden bis Ende Juni erneut stark aus.

Die sinkende Bodenfeuchte wirkte sich auch auf die Fließgeschwindigkeit der Waldquellen aus. Diese nahm an den im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitoring untersuchten Quellen im Mai/Juni fast überall stark ab. Die in den Hoch- und Kammlagen des Thüringer Waldes am Fuße des Großen Eisenberges gelegene Quelle versiegte genau wie im Vorjahr erneut Mitte Juli (2015, 2018, 2019, 2020 Ende August), begann im Gegensatz zu 2022 aber nach den ergiebigen Niederschlägen Ende Juli/Anfang August wieder zu fließen.

Auffallend war auch in diesem Frühjahr wieder die teilweise sehr starke Blüte und Fruchtbildung vieler Waldbäume, vor allem die Hainbuche und die Linde haben einen massiven Fruchtbehang ausgebildet. Bei Buche, Eiche und Ahorn war die Intensität der Blüte und Fruchtbildung regional und teilweise auch auf kleinster Fläche unterschiedlich. Die Fichte und auch die Weißtanne blühten und fruktifizierten ebenfalls wieder stark. Für die Deckung des hohen Saatgutbedarfes im Rahmen der Wiederbewaldung sind häufige und intensive Mastjahre zweifelsohne positiv, für den Fortbestand unserer heimischen Baumarten jedoch ein zunehmender Risikofaktor und immer wieder auch ein Gradmesser für den Klimawandel. Je mehr die

Bäume unter Stress geraten, desto höher wird ihre potenzielle „Fortpflanzungsrate“. Diese ist notwendig, um das Überleben zu sichern, da viele Samen vertrocknen und nicht mehr keimfähig sind. Der hohe Bedarf an Wasser, Nährstoffen und Assimilaten in den Blüh- und Mastjahren geht zu Lasten (über-) lebensnotwendiger baumbiologischer Prozesse und schwächt die Vitalität und Resilienz der Bäume. Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung zeigen vor allem bei der Buche einen deutlichen Zusammenhang zwischen Vitalität und Fruchtbildung (siehe Kapitel 3.2.3).

Der Juli 2023 wich bei einer Monatsmitteltemperatur von 18,6 °C um +1,2 Kelvin vom langjährigen Mittel der Klimareferenzperiode 1981 - 2010 ab. Es regnete jedoch deutlich häufiger als im Vorjahr und war bei 74 mm Niederschlag fast normal feucht (-6 %). Die Waldbäume haben von den Niederschlägen im Hochsommer profitiert, nur im Norden Thüringens war fast bis zum Ende des WZE-Aufnahmezeitraumes eine starke Bodentrockenheit mit teilweise ausgeprägtem Trockenstress zu verzeichnen.

Außergewöhnlich feucht war mit 134 mm Niederschlag der August. Im landesweiten Durchschnitt fiel rund 101 % mehr Regen als üblich, noch niederschlagsreicher war der August bislang nur in den Jahren 1924 und 2010. Zahlreiche Unwetterfronten mit Starkregen und Hagel zogen über Thüringen hinweg

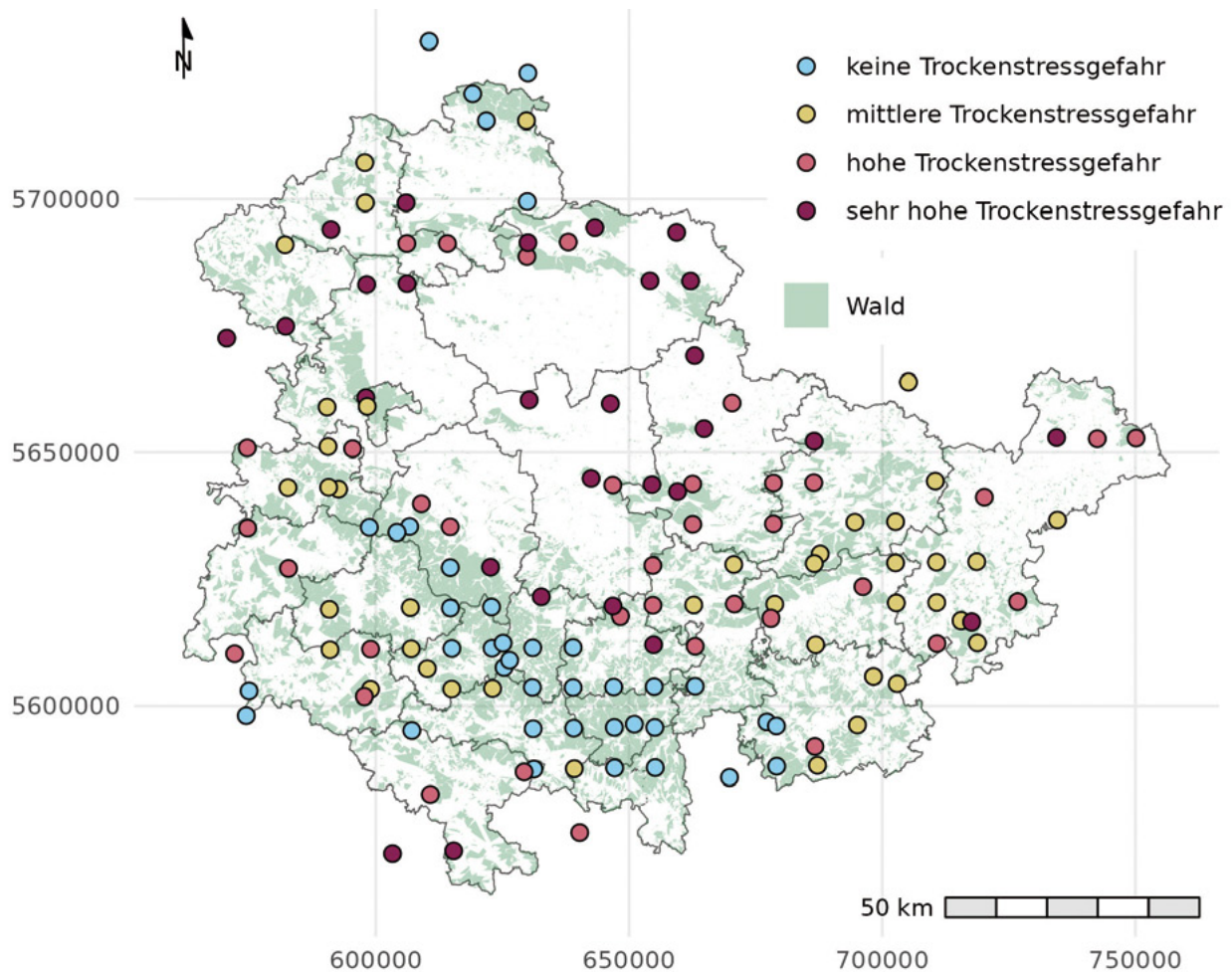


Abb. 66: Füllstand Bodenwasserspeicher Ende Juli 2023

und brachten vor allem in Teilen Nordthüringens die drei- bis vierfache Menge an Niederschlag als ansonsten im August üblich. Die Waldböden konnten einen Großteil des Niederschlages aufnehmen und waren zu Beginn des Herbstes in den meisten Regionen deutlich feuchter als in den Jahren zuvor. Bei einem Monatsmittel von 18 °C war es allerdings um 1 °C zu warm.

Inwieweit der Wald von den ergiebigen Niederschlägen tatsächlich profitieren konnte, bleibt abzuwarten. Aufgrund der Häufung extremer Trockenphasen sind irreversible Schäden am Feinwurzelsystem der Bäume inzwischen sehr wahrscheinlich. Die Wasser- und Nährstoffaufnahme ist nachhaltig gestört und zahlreiche baumbiologische Prozesse laufen quasi „auf Sparflamme“. Die Auswirkungen reichen von massiven Abwehrschwächen gegenüber forstlichen Schaderregern, Instabilität und Zuwachsdpressionen bis hin zu den im fortgeschrittenen Stadium deutlich sichtbaren Vitalitätsverlusten und Trockenschäden.

Darüber hinaus kam der Regen im August in einer recht späten Phase der Vegetationsentwicklung. Für den Zustand des Wal-

des sind insbesondere die Niederschläge und Temperaturen während der Hauptvegetationszeit (Mai bis Juli) sehr wichtig. Die Hauptvegetationszeit 2023 war mit 150 mm Niederschlag (-31 %) erneut zu trocken und mit 16,3 °C zu warm (+0,8 Kelvin). Die Auswirkungen dieser trocken-warmen Witterungsabschnitte im Mai/Juni/Juli spiegeln sich derzeit in den aktuellen Schadholzmengen wider (siehe Kapitel 4.4) und werden mit großer Wahrscheinlichkeit auch den Waldzustand 2024 prägen.

### 4.3 Phänologische Beobachtung als Klimaindikator

Die Phänologie beschreibt im Jahresverlauf periodisch wiederkehrende Erscheinungen in der Natur: das Aufblühen einer Pflanze, Fruchtreife, den Brutbeginn von Vögeln und so weiter. Gerade Pflanzen eignen sich gut als sensibler Bioindikator für Klima- und Umweltveränderungen, da ihre Entwicklung direkt von sich verändernden Umweltbedingungen beeinflusst wird.

Die Pflanzen der gemäßigten Breiten sind in ihrer Vegetationsrhythmik – Wachstumsperiode im Frühling und Sommer und Ruheperiode im Winter – an den jahreszeitlichen Wechsel ihrer Umweltbedingungen angepasst.

Die Natur Thüringens zeigt Auswirkungen der sich verändernden klimatischen Bedingungen. So verschieben sich beispielsweise die Eintrittszeiten der phänologischen Jahreszeiten.

Während das Klima als eine der wichtigsten Standortbedingungen entscheidend für die Frage ist, ob eine bestimmte Pflanze überhaupt in einer Region gedeihen und sich fortpflanzen kann, sind Witterung und Wetterbedingungen des konkreten Jahres für Wachstum und Entwicklung der Pflanzen verantwortlich, deren langjährige Beobachtung und statistische Auswertung Veränderungen zu Tage fördern.

Die Wissenschaft, die sich damit beschäftigt, ist die Phänologie (griech.: „Lehre von den Erscheinungen“). Die Daten pflanzenphänologischer Beobachtungen zählen zu den wertvollsten Anzeigern von Veränderungen in den Umweltbedingungen und werden weltweit seit Jahrhunderten erhoben. In Thüringen waren in dem hier betrachteten Zeitraum phänologische Beobachtungen an mehr als 250 Standorten vorwiegend von ehrenamtlich tätigen Bürgerinnen und Bürgern angestellt worden. Heute sind in jedem Naturraum mindestens zwei ehrenamtlich mitarbeitende Personen für diese Aufgabe unterwegs und neben diesen kann inzwischen jede Nutzerin oder Nutzer der DWD-Warnwetter-App auf Smartphones eigene phänologische Beobachtungen melden und so den phänologischen Datenschatz des DWD bereichern. Ferner fließen in die Analysen seit einigen Jahren auch Beobachtungen ein, die von Mitarbeitern des Forstlichen Forschungs- und Kompetenzzentrums Gotha (FFK Gotha) an den Wald- und Hauptmessstationen durchgeführt werden.

Der phänologische Kalender unterteilt sich in zehn physiologisch-biologisch begründete Jahreszeiten. Jeder phänologischen Jahreszeit werden bestimmte Zeigerpflanzen mit entsprechenden Entwicklungsphasen zugeordnet.

Das phänologische Jahr beginnt mit dem Vorfrühling, dessen Beginn von der Blüte der Hasel (*Corylus avellana*) eingeleitet wird. In den Jahren 1991 - 2020 waren die Eintrittszeiten des Vorfrühlings 18 Tage früher als in der Referenzperiode 1961 - 1990. Der Vorfrühling endet mit dem Beginn der Forsythienblüte (*Forsythia x intermedia*), die den Erstfrühling einläutet. Hier kann eine Verfrühung der Eintrittszeit von 10 Tagen beobachtet werden. Dem Erstfrühling folgt der Vollfrühling, welcher durch das Erblühen der ersten Apfelbäume (*Malus domestica*) beginnt. Hier tritt die Blüte in den Jahren 1991 - 2020 um 12 Tage früher ein als in der Vergleichsperiode. Mit der

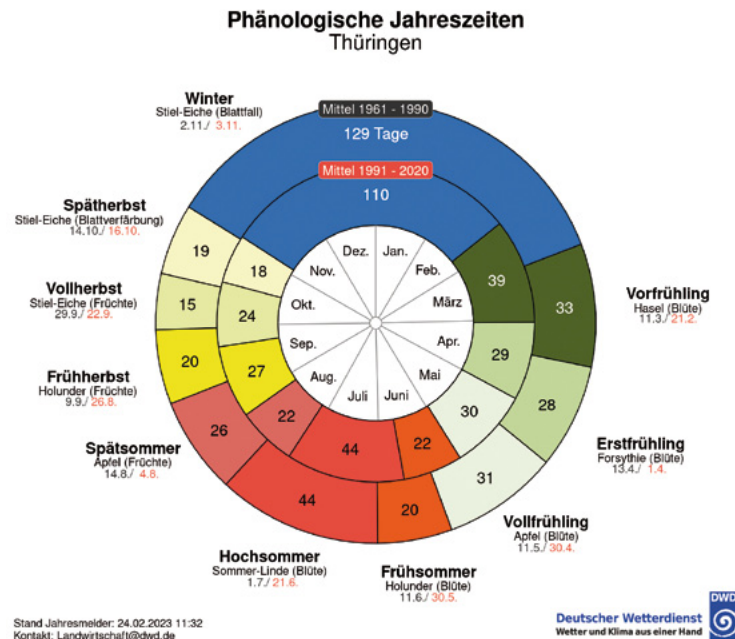


Abb. 67: Phänologische Jahreszeiten in Thüringen

Blüte des Schwarzen Holunders (*Sambucus nigra*) setzt der Frühsommer ein, dessen Eintrittszeit sich im Untersuchungszeitraum 1991 - 2020 um 11 Tage nach vorne verschoben hat. Der Hochsommer, welcher sich durch erste blühende Sommerlinden (*Tilia platyphyllos*) bemerkbar macht, weist eine Verfrühung von etwa 8 Tagen auf.

Nachdem das Erblühen der Leitpflanzen bisher als Indikator diente, rücken nun erste reife Früchte in den Fokus der Beobachtung. Die ersten frühreifenden Äpfel können zu Beginn des Spätsommers gepflückt werden. Diese phänologische Phase ist um 5 Tagen verkürzt. Beim Übergang zum Frühherbst wird nochmals der Schwarze Holunder als Leitpflanze herangezogen. Seine ersten reifen Früchte zeigen sich im Zeitraum 1991 - 2020 durchschnittlich fast 2 Wochen früher. Der Vollherbst beginnt mit den ersten reifen Früchten der Stiel-Eiche (*Quercus robur*) und zeigt eine um 8 Tage verfrühte Fruchtfolge. Beginnt die Blattverfärbung der Stiel-Eiche, bricht der Spätherbst an. Diese Entwicklungsphase, genau wie der phänologische Winterbeginn beim Blattfall der Stieleiche, tritt in Mitteleuropa mit 3 Tagen geringfügig später ein als im Mittel der Jahre 1961 bis 1990. Der Grund hierfür ist, dass höhere Temperaturen im Herbst den Chlorophyllabbau im Blatt verlangsamen und damit zu einer späteren Blattverfärbung führen.

Die Eintrittstermine der Frühjahrsphasen zeigen die stärksten Änderungen. Das liegt einerseits daran, dass zu Beginn der Vegetationsperiode die stärksten Veränderungen stattfinden, und daran, dass diese Phasen wesentlich durch den Anstieg der Temperatur ausgelöst werden, während in späteren Phasen neben der Temperatur insbesondere auch Wasserhaushaltsgrößen eine zunehmende Rolle spielen, die im Laufe der Vegetationszeit sowohl beschleunigend, beispielsweise bei

trockenheitsbedingter Notreife, als auch verlangsamend bei ausreichender Wasserversorgung wirken können. Im letzteren Fall kann die jeweils betrachtete Pflanze eine optimalere Entwicklung nehmen.

Die oben beschriebenen Entwicklungen beziehen sich auf die mittleren Werte für ganz Thüringen. Da die phänologischen Jahreszeiten im engen Zusammenhang mit meteorologischen Größen wie der mittleren bodennahen Lufttemperatur und der Wasser- und Lichtverfügbarkeit stehen, können regional zum Teil beachtliche Unterschiede beobachtet werden, die in der Hauptsache aufgrund der Höhenlage entstehen. In den oberen Gebirgslagen stellen sich die phänologischen Entwicklungsstadien des Frühjahrs und Sommers 2 bis 3 Wochen später ein als in den hier dargestellten Mittelwerten und die Herbstphasen sind dort 1 bis 2 Wochen früher zu erwarten.

Auch deutschlandweit lassen sich Verschiebungen der phänologischen Jahreszeiten feststellen. Bis auf die Eintrittstermine des phänologischen Spätherbstes und Winters, die keine markanten Veränderungen aufzeigen, rutschen alle phänologischen Jahreszeiten im Jahresverlauf nach vorne und weisen zum Teil auch eine längere Dauer auf.

Eine Verschiebung der phänologischen Jahreszeiten und eine damit einhergehende Verlängerung der Vegetationszeit beeinflusst Waldbäume und Wälder auf vielfältige Art und Weise. Eine aus forstwirtschaftlicher Sicht positive Folge ist, dass das Wachstum von Bäumen und Beständen zulegt. Diese Entwicklung wird seit Längerem europaweit beobachtet. Eine Verlängerung der Vegetationszeit kann aber auch negative Folgen haben. Wenn sich das Wachstum erhöht, steigt auch der Wasserbedarf. Dadurch kann es im Laufe der Vegetationszeit früher und häufiger zu Wassermangel und damit Trockenstress kommen. Da Bäume im Frühjahr früher austreiben, erhöht sich auch die Gefahr von Frostschäden – die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Spätfrösten hat sich bisher kaum verändert. Auch auf forstliche Schaderreger haben Verschiebungen der Jahreszeiten großen Einfluss, da ihre Entwicklung vor allem temperaturgesteuert ist (Kapitel 4.4).

## 4.4 Waldschutzsituation

### 4.4.1 Schäden infolge von Trockenheit

Trotz der sehr günstigen Niederschlagsbilanzen in den Frühjahrsmonaten März und April (siehe Kapitel 4.2) traten aufgrund deutlicher Niederschlagsdefizite sowie z. T. überdurchschnittlichen Temperaturen in den Monaten Mai, Juni und Juli erneut

wirtschaftlich spürbare Trockenschäden in Altbeständen auf. Mit Stand 30.09. wurden für das laufende Jahr rund 451.000 fm Schadholz (44 % Laubholz und 56 % Nadelholz) infolge dieser Trockenheit registriert, ohne dass primäre Schadorganismen beteiligt waren (Abbildung 68). Wie bereits in den Jahren zuvor waren vorrangig die Baumarten Buche und Fichte betroffen. Die gesamte Schadholzmenge seit Beginn des ersten Trockenjahres 2018 beläuft sich somit auf 5,63 Mio. Festmeter. Weitere Spätfolgen sind z. B. Schäden am Wurzelsystem sowie die Begünstigung sekundärer Schadorganismen.

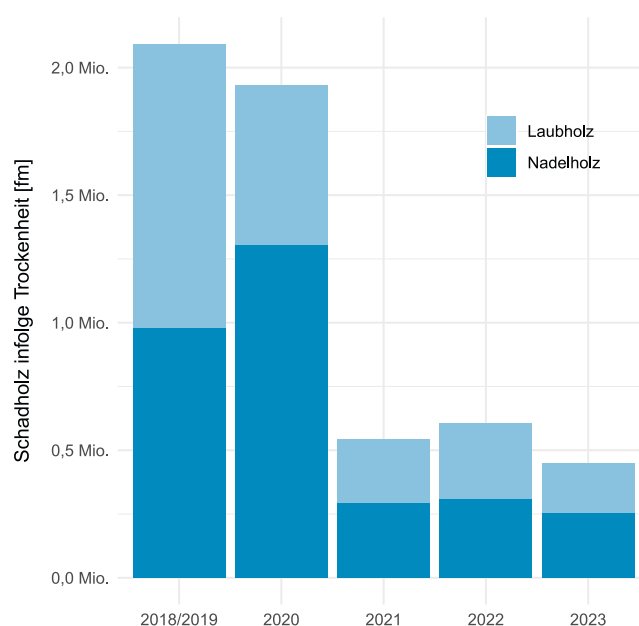


Abb. 68: Schadholzmengen (fm) infolge der Trockenheit seit 2018 (Stand 30.09.2023)

### 4.4.2 Bruch- und Wurfholz

Mit 103.000 fm Bruch- und Wurfholz (79 % Nadelholz und 21 % Laubholz) durch Witterungsereignisse ist die Bilanz für 2023 angesichts der vielen kalamitätsbedingt aufgerissenen Bestandesränder eher moderat ausgefallen (Stand 30.09.2023). Davon fielen allein in den Wintermonaten zu Jahresbeginn ca. 67.000 fm (65 %) an, überwiegend im Thüringer Wald, durch Nassschnee und Eisanhang als Kronenbrüche. Von Sturm- oder Orkanereignissen blieb Thüringen bis Ende September verschont.

### 4.4.3 Schäden durch Waldbrände

Mit einer Anzahl von 37 Waldbränden sowie einer Schadflächensumme von 7,98 ha bis Ende September liegt das Jahr

2023 etwa im Durchschnitt der letzten zehn Jahre. 84 % der Waldbrände entstanden während der hochsommerlichen Witterungsphase von Ende Mai bis Ende Juli. Die beiden größten Waldbrände ereigneten sich mit jeweils zwei Hektar Brandfläche am 13. und 15. Juli im Thüringer Forstamt Gehren. Hauptursache für Waldbrände ist menschliches Fehlverhalten.

#### 4.4.4 Einfluss forstlicher Schadorganismen auf den Waldzustand

Unter dem Begriff der forstlichen Schadorganismen werden Arten zusammengefasst, welche im Falle eines massenhaften Auftretens nachhaltig Einfluss auf die Vitalität, unter Umständen sogar auf die Existenz ganzer Waldbestände ausüben können. Klassischerweise gehören zu diesen Organismen Vertreter der blatt- und nadelfressenden Schmetterlinge und Blattwespen sowie der rinden- und holzbrütenden Käfer.

Unstrittig ist aber auch eine zunehmende Bedeutung pathogene Mikroorganismen, wie Pilze, Bakterien und Viren. In der Regel ist ihr Schadeinfluss maßgeblich von der Vitalität ihrer Wirtspflanzen abhängig. Ihr Auftreten kann unter Umständen zu spürbarem Waldverlust bzw. zu einer Entmischung der Bestände und damit zu einer eingeschränkten Baumartenvielfalt führen.

Aktuell prägt aber weiterhin das Schadgeschehen im Rahmen der Massenvermehrung rindenbrütender Borkenkäfer, vor allem des Buchdruckers an der Baumart Fichte, den Waldzustand in Thüringen (Kapitel 3.2.2).

##### Forstliche Schadorganismen/Schäden an Fichte

Die Entwicklung des Schadholzanfalls aufgrund der 2018 begonnenen Massenvermehrung der Fichtenborkenkäfer, insbesondere des Buchdruckers (*Ips typographus*) verläuft 2023 auf Höchstniveau. Bereits Ende September liegen die bisher im Jahr 2023 registrierten Schadholzmengen von 5,04 Mio. Festmeter über den Gesamtjahresmengen der einzelnen Vorjahre (Abbildung 69). Obwohl der Schwarmflug des Buchdruckers vergleichsweise spät einsetzte (Abbildung 71) wirkte sich die hochsommerliche Witterungsphase von Ende Mai bis Ende Juli äußerst förderlich auf die Entwicklung der ersten und die Anlage der zweiten Buchdruckergeneration, sowie deren Geschwisterbruten aus. Diese günstigen Bedingungen spiegeln sich in den Befallszahlen wider. Allein im Zeitraum Juni bis August 2023 wurden über drei Mio. Festmeter frischer Stehendbefall registriert. Werte, die für Thüringen bisher als unvorstellbar galten.

Erst die relativ kühlen Temperaturen Ende Juli/Anfang August verzögerten das Entwicklungstempo der zweiten Generation, so dass es bis auf wenige lokale Ausnahmen nicht zur Ausbildung einer dritten Buchdruckergeneration kam. Aufgrund der enormen Schadholzmengen, insbesondere in den Monaten Juli und August, ist von einem sehr hohen Potenzial an überwinternden Käfern der zweiten Generation auszugehen. Je nach Entwicklungsstand zu Anfang Oktober, findet diese Überwinterung in den obersten Bodenschichten oder im Brutbild befallener Fichten, aber auch in speziell für den Zweck der Überwinterung angeflogenen Fichten, mitunter auch Kiefern, Lärchen und Douglasien, statt.

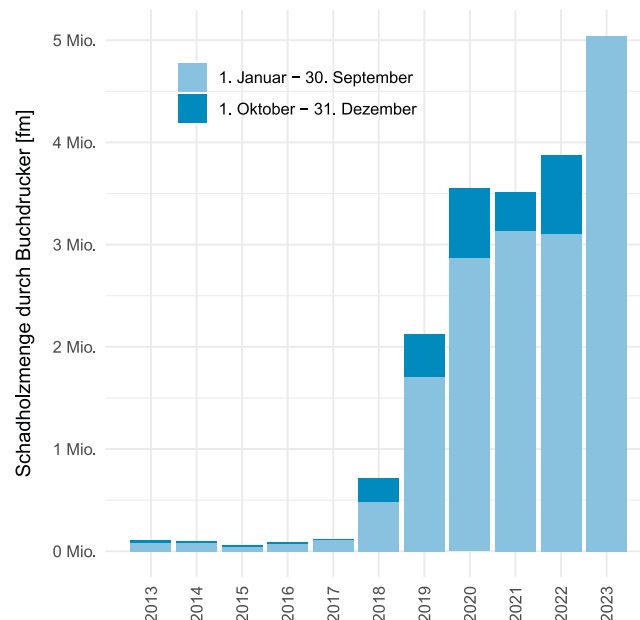


Abb. 69: Schadholzmengen (fm) durch Buchdrucker seit 2013 (Stand 30.09.2023)

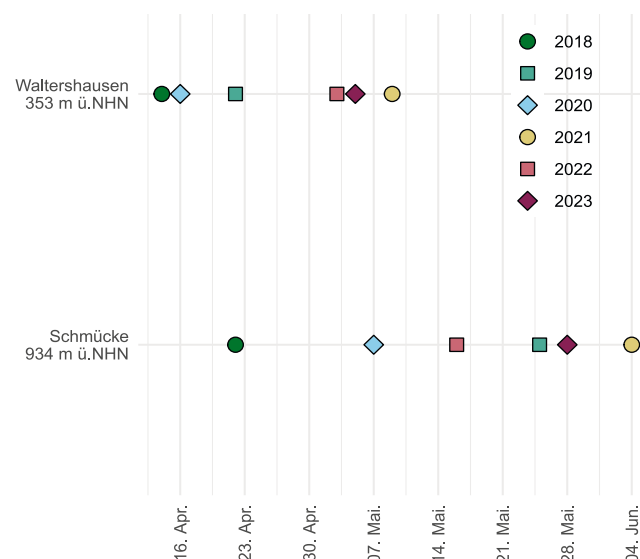


Abb. 70: Beginn der Schwarmflugaktivitäten der überwinternden Buchdrucker seit 2018 (PHENIPS 2023)

Neben dem Buchdrucker treten, insbesondere im Jungwaldstadium, weitere Arten auf, welche zum flächigen Absterben der Fichte führen können. Hierzu zählen in erster Linie der Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus*) sowie der vom Schad- und Erscheinungsbild des Kupferstechers kaum zu unterscheidende Furchenflügelige Fichtenborkenkäfer (*Pityophthorus pityographus*). Beide Arten gehören zum Ökosystem unserer Nadelwälder und treten häufig vergesellschaftet auf.

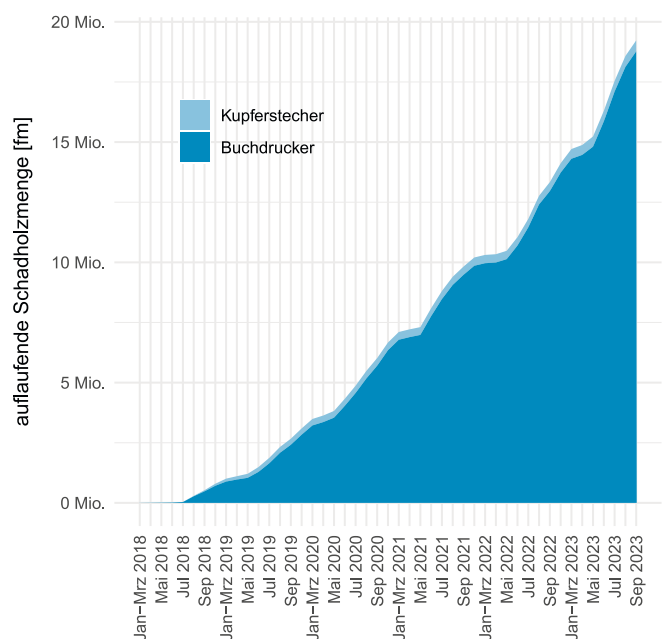
Augenscheinlich ist jedoch seit 2022 der Furchenflügelige Fichtenborkenkäfer am flächigen Absterben der Fichte ursächlich, insbesondere in dichten Naturverjüngungs- und Jungwaldkomplexen, in denen der Buchdrucker nicht auftritt (Bild 10).



**Bild 10:** Durch Furchenflügeligen Fichtenborkenkäfer befallene junge Fichte (Foto: FFK Gotha)

Da bei der Beurteilung der Schadursache in der Praxis eine Trennung dieser beiden Arten kaum möglich ist, werden im Waldschutzmeldedienst auch weiterhin diese Schäden mit denen des Kupferstechers zusammengefasst. Die Intensität des Schadens wird bei diesen beiden Arten weniger durch die Schadholzmenge, sondern mehr durch die geschädigte Fläche abgebildet.

Seit Beginn der Buchdruckermassenvermehrung im Jahr 2018 sind im gesamten Freistaat inzwischen über 19 Mio. Festmeter Schadholz (Stand 30.09.2023) durch die genannten Fichtenborkenkäfer (98,7 % des gesamten Rindenbrüter-Schadholzaufkommens) zu verzeichnen (Abbildung 71).



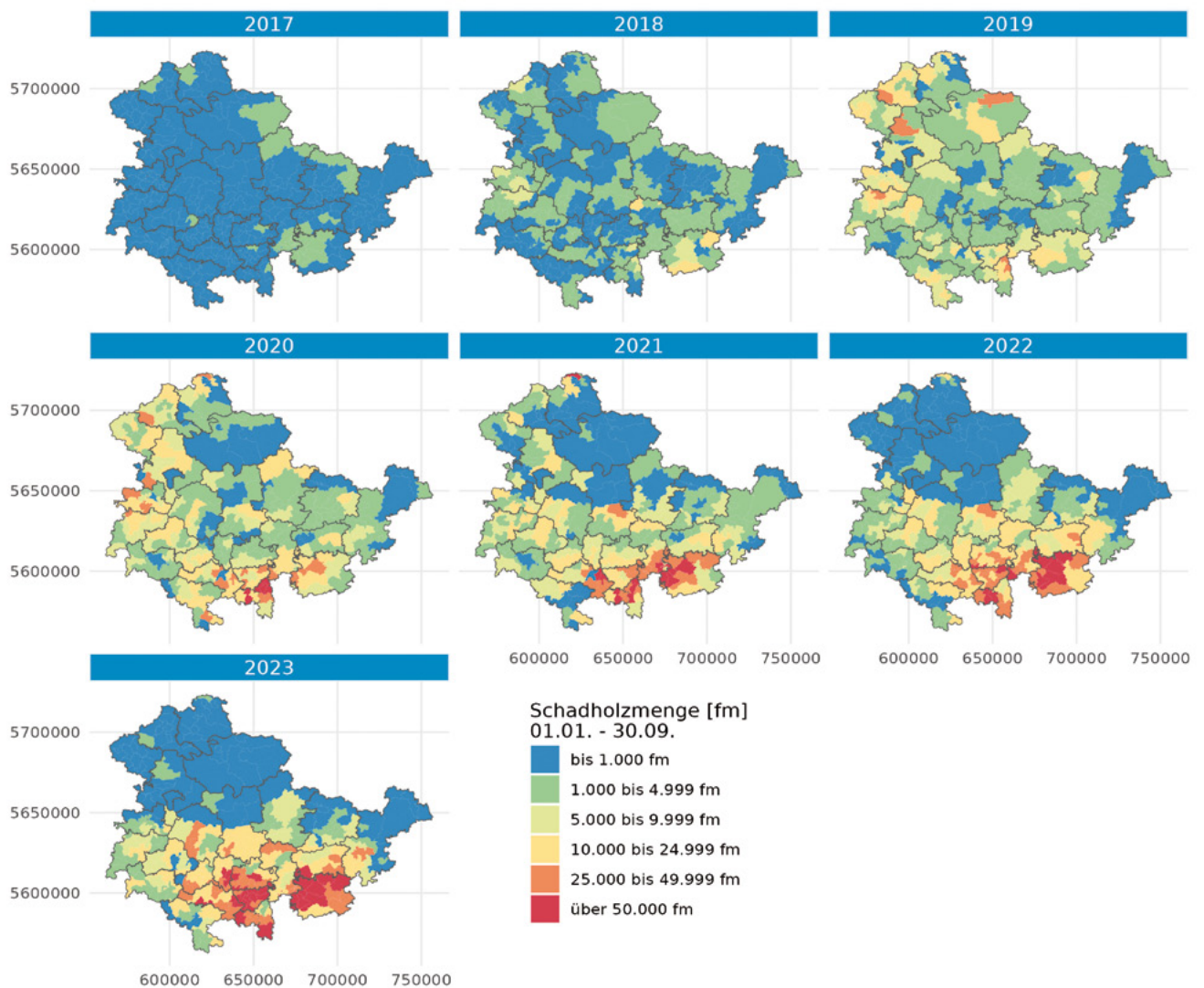
**Abb. 71:** Auflaufende Schadholzmengen (fm) durch Fichtenborkenkäfer seit 2018 (Stand 30.09.2023)

Die Abbildung 74 zeigt die Entwicklung der regionalen Befallsschwerpunkte des Buchdruckers in den Revieren der Forstämter seit Beginn der Massenvermehrung. In einigen Regionen sind die Schadholzmengen rückläufig, hier haben sich die 2018 noch vorhandenen Fichtenbestände zu großen Teilen bereits aufgelöst.

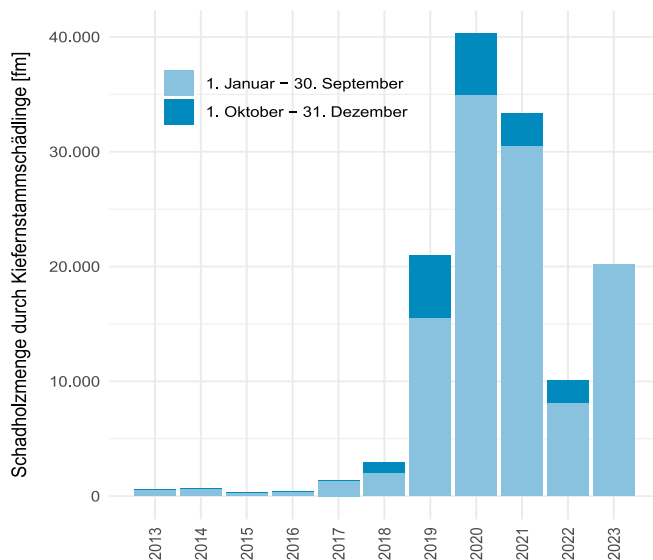
#### Forstliche Schadorganismen/Schäden an Kiefer

Das Spektrum der rindenbrütenden Käferarten ist bei der Baumart Kiefer deutlich breiter als bei der Fichte. Neben Borkenkäfer-Arten (*Ips spec.* und *Tomicus spec.*) können zusätzlich auch Prachtkäfer (*Phaenops spec.*) und Rüsselkäfer (*Pissodes spec.*) am Schadumfang beteiligt sein. Häufig treten diese Schadorganismen vergesellschaftet auf, so dass eine eindeutige Zuordnung zum Schadverursacher nicht immer sofort möglich ist. Für die Darstellung im Rahmen der Schadholzstatistik wurden diese Arten deshalb zusammengefasst.

Die aktuelle Menge des durch rindenbrütende Käfer verursachten Schadholzes liegt mit ca. 20.000 fm erneut unter den Werten der Jahre 2020 bis 2021, jedoch schon wieder deutlich über dem Vorjahreswert. Die Schadholzentwicklung seit 2013 zeigt, dass auch die Kiefer durch die Massenvermehrung der rindenbrütenden Arten seit 2018 stark betroffen ist, wenngleich auch auf deutlich geringerem Schadniveau als die Baumart Fichte (Abbildung 75). Auffällig ist im Jahr 2023 der zunehmende Trend, vom Befall einzelner Bäume hin zu flächigem Befall (Bild 11).



**Abb. 72:** Regionale Entwicklung der Befallsschwerpunkte anhand der Schadholzmengen pro Revier in den Thüringer Forstämtern seit 2017 (Vergleichszeitraum 01.01. - 30.09.)

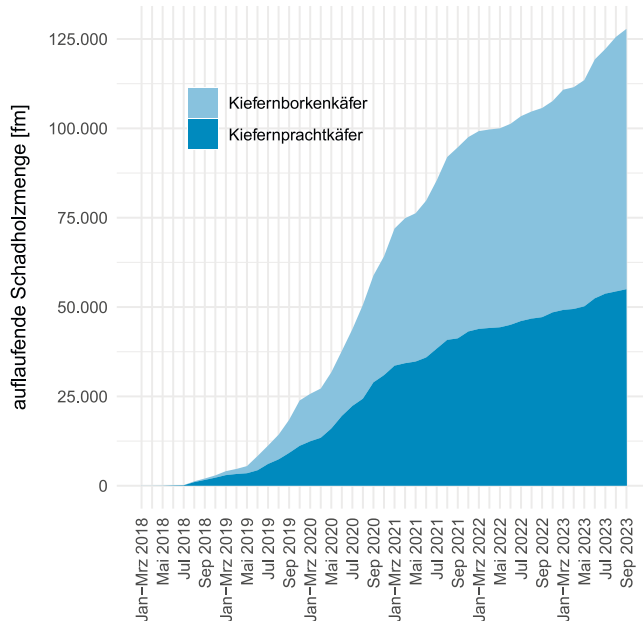


**Abb. 73:** Schadholzmengen (fm) durch rindenbrütende Käfer an Kiefer seit 2013 (Stand 30.09.2023)



**Bild 11:** Zunehmend flächiger Befall durch rindenbrütende Käfer in Kiefernbeständen (Foto: FFK Gotha)

Seit 2018 beläuft sich die Schadholzmenge Kiefer kumulativ auf über 128.000 fm (Abbildung 74) und repräsentiert damit ca. 0,6 % vom gesamten Rindenbrüter-Schadholzaufkommen.



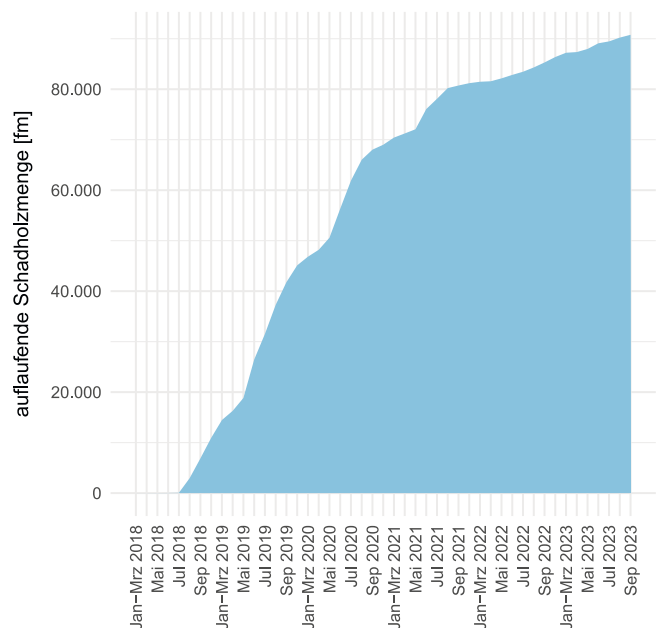
**Abb. 74:** Auflaufende Schadholzmengen (fm) durch Kiefernborckenkäfer und Kiefernprachtkäfer seit 2018 (Stand 30.09.2023)

Die Verbreitung des Erregers des Kiefertriebsterbens *Sphaeropsis sapinea* (Synonym: *Diplodia pinea*) hat sich auch 2023 weiter fortgesetzt. Die typischen Symptome für eine Diplodia-Infektion werden jedoch weiterhin maßgeblich durch das Schadbild der rindenbrütenden Insekten überprägt, so dass eine zuverlässige Einschätzung der aktuellen Schadfläche nicht möglich ist.

#### Forstliche Schadorganismen/Schäden an Lärche

Der auf die Baumart Lärche spezialisierte Lärchenborckenkäfer (*Ips cembrae*) ist ebenso wie die rindenbrütenden Käfer an Fichte und Kiefer ein Nutznießer der veränderten Witterungsbedingungen seit 2018. Die durch langanhaltende Trockenphasen und hohe Temperaturen prädisponierten Lärchen boten ein optimales Brutraumangebot für diese Art. Mittlerweile ist der überwiegende Teil der Lärchenbestände in Thüringen diesem Borckenkäfer zum Opfer gefallen, so dass die Schadholzmenge seit 2022 nicht mehr so stark anwächst wie in den Jahren zuvor (Abbildung 84). Die Schadholzmenge seit 2018 beläuft sich auf 91.000 fm (0,5 % vom gesamten Rindenbrüter-Schadholzaufkommen).

Aufgrund des starken Rückgangs an Lärchenbeständen infolge des Borckenkäferbefalls reduziert sich auch die potenzielle Befallsfläche für weitere Schadorganismen der Baumart Lärche. So sind die durch die Lärchenminiermotte (*Coleophora laricella*) verursachten Fraßschäden an den Nadeln in diesem Jahr nur noch auf ca. 18 ha registriert worden. Durch nadel-



**Abb. 75:** Auflaufende Schadholzmenge (fm) durch den Lärchenborckenkäfer (Stand 30.09.2023)

fressende Insekten hervorgerufene starke Nadelverluste beeinträchtigen erheblich die Vitalität der Bäume und verstärken die bereits vorhandene hohe Anfälligkeit gegenüber rindenbrütenden Käfern.

#### Forstliche Schadorganismen/Schäden an Buche

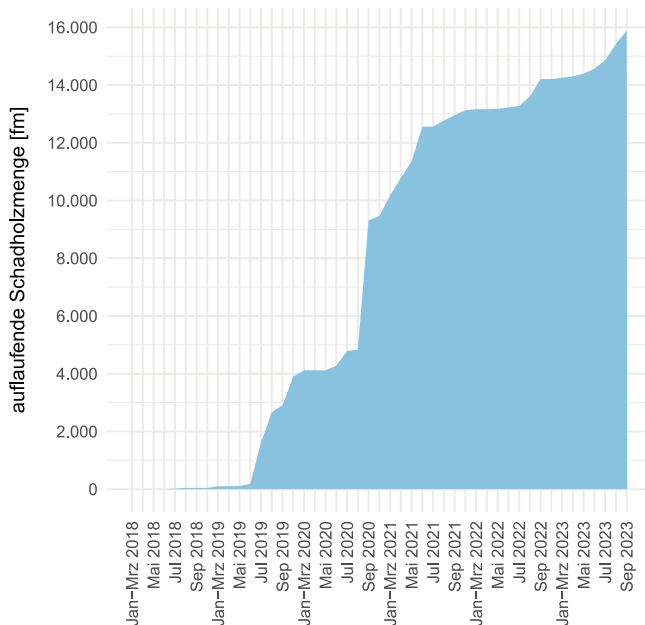
Die Witterungsbedingungen der letzten Jahre beeinflussten nachhaltig die Vitalität und Stabilität der Buchenbestände in Thüringen. Vorrangig ältere Bestände sind durch die sogenannte Buchenvitalitätsschwäche gekennzeichnet (Bild 12). In diesem Zusammenhang stiegen auch die durch rindenbrütende Käfer verursachten Schadholzmengen stark an, wobei das durch den Buchenprachtkäfer (*Agrilus viridis*) verursachte Schadholz den maßgeblichen Anteil daran hat.

Die seit Jahresbeginn 2018 angefallene kumulative Schadholzmenge bei der Baumart Buche von etwa 16.000 fm (Abbildung 86) repräsentiert 0,1 % des gesamten Rindenbrüter-Schadholzaufkommens. Zunehmend ist in den durch die Buchenvitalitätsschwäche gekennzeichneten Beständen ein verstärktes Auftreten des Kleinen Buchenborckenkäfers (*Taphrorychus bicolor*), oft vergesellschaftet mit dem Buchenprachtkäfer, festzustellen. Beide Käferarten bergen ein ernstzunehmendes Schadpotenzial und neigen unter für sie günstigen Entwicklungsbedingungen ebenfalls zu Massenvermehrungen.

Als pilzliche Schwächeparasiten etablieren sich in diesen Beständen an Buchen mit grüner Krone auffallend der Rotbuchen-Rindenkugelpilz (*Biscogniauxia nummularia*) sowie der ebenfalls als aggressiver Holzfäuleerreger bekannte Gemeine Spaltblättling (*Schizophyllum commune*).



**Bild 12:** Durch Buchenvitalitätsschwäche gekennzeichnete Buchenbestand (Foto: FFK Gotha)

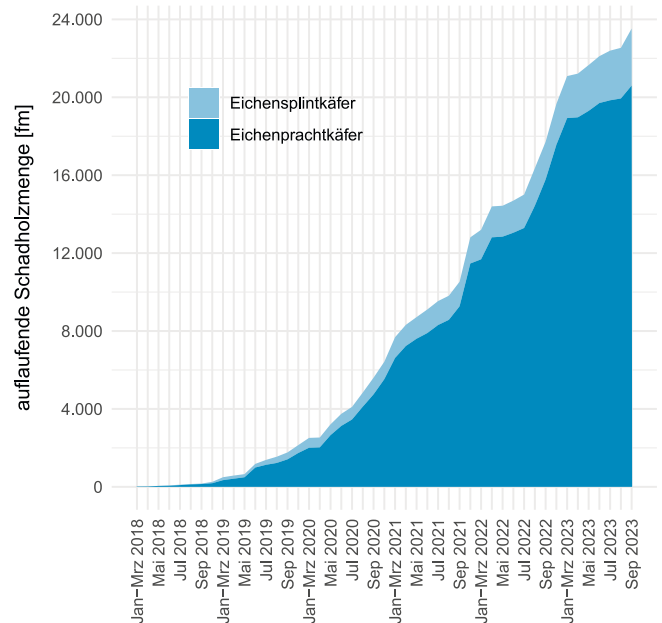


**Abb. 76:** Durch Buchenvitalitätsschwäche gekennzeichnete Buchenbestand (Foto: FFK Gotha)

#### Forstliche Schadorganismen/Schäden an Eiche

Auch Eichen leiden nachhaltig unter den extremen Witterungsbedingungen der letzten Jahre. Hauptsächlich führten hier der Befall durch Eichenprachtkäfer-Arten (*Agrilus spec.*) in älteren und der Befall durch den Eichensplintkäfer (*Scolytus intricatus*) in jüngeren Eichenbeständen zu einem deutlichen Anstieg der Schadholzmengen seit 2018. Nachfolgender Befall durch im Holz brütende Eichenkernkäfer (*Platypus cylindrus*), Eichennutzholzborkenkäfer (*Xyloterus signatus*) und Eichenholzwespen (*Xiphydria longicollis*) führen an absterbenden bzw. abgestorbenen Eichen zu einer raschen Holzentwertung. Einfluss auf den Vitalitätszustand haben diese Insekten nicht mehr.

Seit Einsetzen der Trockenjahre sind kumulativ über 23.500 fm Schadholz durch Rindenbrüter, überwiegend in alten Eichenbeständen, verursacht worden (Abbildung 79). Dies entspricht einem Anteil von 0,1 % an dem gesamten Rindenbrüter-Schadholzaufkommen.



**Abb. 77:** Auflaufende Schadholzmengen (fm) durch Eichenprachtkäfer und Eichensplintkäfer seit 2018 (Stand 30.09.2023)

Besorgniserregend ist das massive Auftreten des Eichenschleimflusses als unspezifisches Symptom einer Vitalitätseinschränkung. Auslöser für dieses Symptom können unterschiedliche Schadorganismen sein (z. B. Eichenprachtkäferbefall, Bakterien oder pilzliche Pathogene). In der Regel sterben betroffene Eichen innerhalb weniger Jahre ab.



**Bild 13:** Eichenschleimfluss (Foto: FFK Gotha)

Beim Eichenprozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*) liegt in Thüringen die Populationsdichte weiterhin nicht auf waldgefährdendem Niveau. Die auf Fraßschäden der Raupen dieses Schmetterlings zurückzuführenden Blattverluste haben bisher noch keinen Einfluss auf den Vitalitätszustand der Eichen. Unabhängig davon ist die Auswirkung auf die Gesundheit von Menschen und Tieren weiterhin kritisch zu bewerten.

Beim Schwammspanner (*Lymantria dispar*) steigen die Monitoringergebnisse der Pheromonfallen erstmalig seit der Massenvermehrung 2017 bis 2020 wieder spürbar an. Insbesondere in den bekannten Befallsgebieten der Forstämter Weida, Heldburg und Finsterbergen werden inzwischen wieder Werte nahe bzw. oberhalb der Warnschwelle erreicht. Deshalb werden nun von der Hauptstelle Waldschutz Eigelegesuchen durchgeführt und 2024 das Monitoringnetz zur Schwarmflugüberwachung erweitert.

Die Infektion mit Eichenmehltau (*Erysiphe alphitoides*), dem typischen Blattpilz der Eiche, wurden in diesem Jahr lediglich auf 32 ha registriert und dürfte damit keinen entscheidenden Einfluss auf die Vitalität der Eichenbestände ausgeübt haben.

## 4.5 Stoffeinträge

### 4.5.1 Depositionen in Waldökosystemen

In den Baumkronen verdunstet nicht nur ein großer Teil der Niederschläge, hier lagern sich auch Luftschadstoffe in Form von Gasen, Partikeln und Stäuben ab, können Blätter und Nadeln schädigen und gelangen in gelöster Form mit Regen, Schnee, Nebel oder Tau auf und in den Waldboden. Je nach Art, Konzentration und zeitlich-räumlicher Ausbreitung können diese in der Regel vom Menschen verursachten Luftverunreinigungen die natürlichen Abläufe in Waldökosystemen empfindlich stören.

Luftschadstoffe von Relevanz für Waldökosysteme sind Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), Stickoxide ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ), Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ), Ozon ( $\text{O}_3$ ) und Schwermetalle (Pb, Cd, Ni, Hg, Cr u.a.). Treibhausgase, wie z. B.  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  gelten nicht als klassische Luftschadstoffe. Da ihre Zusammensetzung und Konzentration jedoch zahlreiche Prozesse in der Atmosphäre beeinflusst, wirken sie auch auf Waldökosysteme ein.

An den 15 Wald- und Hauptmessstationen werden zur Überwachung von Luftverunreinigungen die Stoffeinträge mit dem Niederschlag gemessen und deren mögliche Auswirkungen auf Waldböden und Waldbestände untersucht.

Vom Thüringer Landesamt für Bergbau, Umwelt und Naturschutz (TLUBN) finden darüber hinaus an den Hautmessstationen (HMS) Possen und Holzland Messungen zur Konzentration von Schwefeldioxid, Ozon und Stickoxiden statt. Die für die HMS Großer Eisenberg relevanten Luftschadstoffkonzentrationen werden vom Umweltbundesamt (UBA) an der nahe gelegenen DWD-Station Schmücke erhoben.

### 4.5.2 Ozon

Bodennahes Ozon ( $\text{O}_3$ ) entsteht bei Sonneneinstrahlung aus den Vorläuferstoffen  $\text{NO}_x$  (Stickoxide) und VOC (flüchtige organische Verbindungen; engl. *volatile organic compounds*). Die Vorläufersubstanzen stammen überwiegend aus dem Straßenverkehr und aus Feuerungsanlagen (Stickoxide) und werden bei der Verwendung von Lösungsmitteln freigesetzt (VOC).

Die Intensität der Ozonbildung hängt sowohl von der Menge an Vorläufersubstanzen als auch von Dauer und Stärke der Sonneneinstrahlung ab. Über die Spaltöffnungen der Pflanzen gelangt Ozon in den Stoffkreislauf und wirkt als Zellgift. Hohe Konzentrationen führen zu Verfärbungen und Nekrosen an den Blattorganen und langfristig zu einer verminderten Resilienz und zu Wachstumsdepressionen.

Die Messdaten an den HMS Possen und Holzland sowie an der DWD-Station Schmücke zeigen in etwa dasselbe Bild - gleichbleibende Tagesmittel bei gesunkenen Spitzenwerten. Das deckt sich mit den Untersuchungen des Umweltbundesamtes. Grund dafür sind deutlich gesunkene Emissionen bei Stickoxiden (-66 %) und VOC (-73 %).

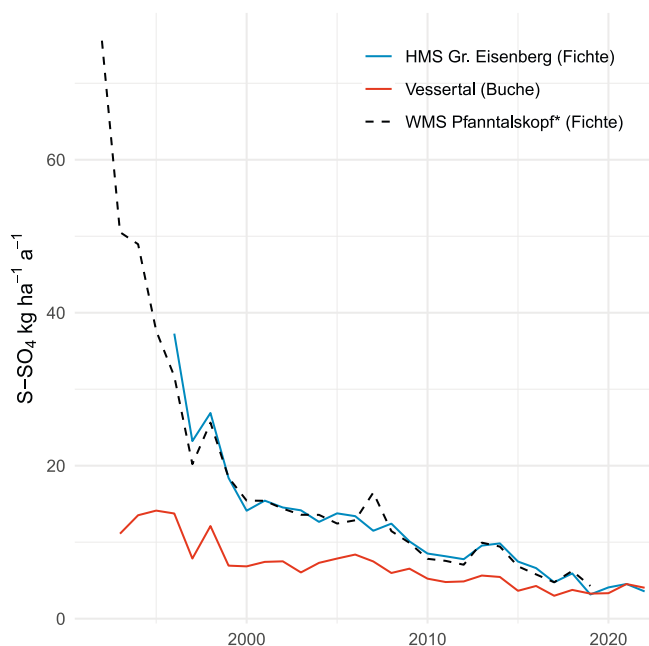
Bei der jährlich im Spätsommer an den drei Hauptmessstationen durchgeführten Ansprache von Ozon-Schäden an der Vegetation waren bislang keine charakteristischen Schadmerkmale zu verzeichnen. Seit 2018 überlagern sich allerdings die Schadbilder biotischer und abiotischer Einflüsse teilweise so stark, dass eine klare Zuordnung nicht immer möglich ist.

### 4.5.3 Schwefeldioxid

Bis Mitte der 1990er Jahre war das bei Verbrennungsprozessen in Industrie, Privathaushalten und Straßenverkehr freigesetzte Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) hauptverantwortlich für die im Rahmen der Waldzustandserhebung (WZE) dokumentierten Vitalitätsverluste und Waldschäden. Besonders betroffen waren damals

vor allem die niederschlagsreichen Hoch- und Kammlagen der Mittelgebirge und damit die klassischen Fichtengebiete.

Als aggressives Gas schädigt Schwefeldioxid die Vegetation im Umfeld von Emittenten unmittelbar. Der überwiegende Teil der  $\text{SO}_2$ -Emissionen wird jedoch über weite Strecken transportiert und gelangt in Form von Sulfat-Schwefel ( $\text{S-SO}_4$ ) mit dem Niederschlag in den Waldboden. An den Messstationen im Thüringer Wald wurden damals Einträge bis zu 75 kg pro Hektar und Jahr Sulfat-Schwefel gemessen (Abbildung 78), heute sind es dort  $< 5$  kg pro Hektar und Jahr.



**Abb. 78:** Entwicklung des Sulfat-Schwefel-Eintrages ( $\text{S-SO}_4$ ) im mittleren Thüringer Wald von 1992 bis 2022 (\*die WMS Pfanntalskopf wurde 2019 stillgelegt)

Das Ausmaß der Bodenversauerung war enorm und am Zustand der Bäume deutlich erkennbar. In den Jahren 1991 und 1992 wies mehr als die Hälfte der Fichten- und Kiefernbestände starke Nadelverluste und ausgeprägte Vergilbungen auf und es waren nicht zuletzt die bundesweit dramatischen Zahlen der Waldzustandsberichte, die den Handlungsdruck auf eine Reduzierung der Einträge erhöhten.

Die konsequente Umsetzung von Maßnahmen zur Senkung des  $\text{SO}_2$ -Ausstoßes, die Umstellung der Energieträger von schwefelreicher Kohle auf Gas oder Öl und die Stilllegung von Industriebetrieben im Osten Deutschlands haben einen deutlichen Rückgang der  $\text{SO}_2$ -Emissionen und damit auch der Sulfat-Schwefel-Einträge in die Waldökosysteme bewirkt. Seit nunmehr 23 Jahren sind die  $\text{S-SO}_4$ -Einträge auf so niedrigem Niveau, dass die kritischen Belastungsgrenzen (Critical Loads) des Waldes nicht mehr überschritten werden.

#### Hintergrund: Critical Loads

Critical Loads (CL) sind ökologische Belastungsgrenzen (Grenzwerte) für luftgetragene Schadstoffeinträge, bei deren Einhaltung es nach aktuellem Stand der Wissenschaft weder akut noch langfristig zu schädigenden Wirkungen auf empfindliche Ökosysteme kommt. Von Bedeutung für den Wald sind vor allem die Critical Loads für den Eintrag von Säurebildnern (Schwefel und Stickstoff) sowie für eutrophierenden Stickstoff.

#### 4.5.4 Ammoniak/Stickstoffoxide

Der Eintrag von Stickstoff in den Wald überschreitet trotz aller Bemühungen zur Senkung der Emissionen noch immer die kritischen Belastungsgrenzen von Waldökosystemen.

Stickstoff emittiert in der Regel als Gas in Form von Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) oder Stickstoffoxiden ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ). Ammoniak entsteht bei landwirtschaftlichen Aktivitäten (Tierhaltung, Düngung), bleibt als Gas nur einige Stunden bis wenige Tage in der Luft und reagiert in der Atmosphäre zu Ammoniumsalzen. Diese werden zum Teil über weite Strecken transportiert und mit dem Niederschlag in die Ökosysteme eingetragen. Stickoxide werden hauptsächlich im Straßenverkehr (Verbrennungsmotoren) sowie durch industrielle und private Feuerungsanlagen für Kohle, Öl, Gas und Holz freigesetzt. Sie sind neben flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) einer der Vorläuferstoffe für die Bildung von bodennahem Ozon. Emittiertes Stickstoffmonoxid ( $\text{NO}$ ) wird in der Luft relativ rasch zu  $\text{NO}_2$  umgewandelt, reagiert mit Wasserdampf zu Salpetersäure und gelangt als Nitrat in die Waldökosysteme.

Stickstoff ist ein essenzieller Nährstoff für Bäume und Pflanzen, er entsteht im natürlichen Kreislauf bei der mikrobiellen Zersetzung abgestorbener Pflanzenteile und wird in mineralisierter Form als Ammonium ( $\text{NH}_4$ ) oder Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) aufgenommen. Bei nachhaltiger Waldbewirtschaftung und der Belassung von Kronenteilen/Biomasse auf der Fläche reicht die systemintern produzierte Stickstoffmenge in der Regel für eine stabile Ernährung aus. Ernährungsdefizite treten meist nur auf stark devastierten oder sehr trockenen Standorten auf. Zusätzlich in das System eingetragener Stickstoff wirkt in diesem Kontext wie ein Dünger, d. h. er begünstigt das Blüh- und Fruktifikationsverhalten der Bäume (siehe Kapitel 3.2) und steigert den Zuwachs. Was bei kurzzeitigen Einträgen als positiver Effekt gesehen werden kann, führt langfristig zu einer unausgewogenen Nährstoffversorgung bis hin zum Defizit an anderen Nährstoffen, welches vorhandene Vitalitäts- und Abwehrschwächen weiter verstärkt.

Trotz sinkender Einträge trägt der externe Stickstoffeintrag vor allem in den Fichtenbeständen der Hoch- und Kammlagen des Thüringer Waldes und Schiefergebirges, aber auch in den Nadelwaldgebieten Ostthüringens der externe Stickstoffeintrag noch immer zu einer Belastung der Waldökosysteme bei (Tabelle 3). Auffällig ist insbesondere der gestiegene Ammonium-Eintrag an der WMS Paulinzella, der erst seit 2018 wieder sinkt und auf zeitweilige Ammoniak-Emissionen in der Nähe der Messstation hindeutet.

In den untersuchten Buchen-Ökosystemen machen sich die gesunkenen Einträge hingegen deutlich bemerkbar. Die kritischen Belastungsgrenzen wurden in den vergangenen 11 Jah-

ren nur noch vereinzelt überschritten. Bemerkenswert ist allerdings der hohe Anteil an Nitrat-Stickstoff ( $\text{N-NO}_3$ ) an der WMS Hainich, dessen Ursprung bisher nicht abschließend geklärt werden konnte, der aber mit einem Stickstoffüberschuss in den untersuchten Buchenblättern korreliert. Eine ähnlich luxuriöse Stickstoff-Ernährung in Buchenbeständen war in einzelnen Jahren auch an der HMS Possen zu verzeichnen.

In den beiden untersuchten Eichen-Ökosystemen überschritten die Stickstoff-Einträge in den letzten 11 Jahren die Critical Loads deutlich seltener als im Zeitraum davor, so dass hier eine Entlastung des Ökosystems zu verzeichnen ist.

**Tabelle 3:** Tendenz der Nitrat- und Ammonium-Einträge an Wald- und Hauptmessstationen und Anzahl der Jahre mit Überschreitung des Critical Load für eutrophierenden Stickstoff (2011 bis 2022)

| WMS/HMS                                              | Baumart                                        | Tendenz Nitrat-Eintrag 2001-2022/<br>Anteil am Gesamteintrag | Tendenz Ammonium-Eintrag 2001-2022/<br>Anteil am Gesamteintrag | Anzahl Jahre mit CL-Überschreitung 2001 - 2011 | Anzahl Jahre mit CL-Überschreitung 2012 - 2022 |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <b>HMS Gr. Eisenberg</b>                             | Fichte                                         | ↘<br>52 %                                                    | ↘<br>48 %                                                      | 11                                             | 11                                             |
| <b>WMS Pfanntalskopf</b><br>(Messende 2019)          | Fichte                                         | (↘)<br>54 %                                                  | (↘)<br>46 %                                                    | 10                                             | (8)                                            |
| <b>WMS Dillstädt</b><br>(Kalamitätsfläche seit 2020) | Fichte<br>(überwiegend Naturverjüng.)          | ↘<br>55 %                                                    | ↘<br>45 %                                                      | 11                                             | 8                                              |
| <b>WMS Lehesten</b><br>(Kalamitätsfläche seit 2020)  | Weißtanne/Fichte<br>(Fichte nur Naturverjüng.) | ↘<br>55 %                                                    | ↘<br>45 %                                                      | 11                                             | 10                                             |
| <b>HMS Holzland</b>                                  | Kiefer/ Fichte                                 | ↘<br>54 %                                                    | →<br>46 %                                                      | 11                                             | 11                                             |
| <b>WMS Paulinzella</b>                               | Kiefer                                         | ↘<br>55 %                                                    | ↗<br>45 %                                                      | 9                                              | 11                                             |
| <b>HMS Possen</b>                                    | Buche                                          | ↘<br>59 %                                                    | ↘<br>41 %                                                      | 4                                              | 0                                              |
| <b>WMS Kyffhäuser</b>                                | Buche                                          | ↘<br>57 %                                                    | ↘<br>43 %                                                      | 11                                             | 1                                              |
| <b>WMS Hohe Sonne</b>                                | Buche                                          | ↘<br>49 %                                                    | ↘<br>51 %                                                      | 6                                              | 3                                              |
| <b>WMS Vessertal</b>                                 | Buche                                          | ↘<br>52 %                                                    | ↘<br>48 %                                                      | 8                                              | 1                                              |
| <b>WMS Harz</b>                                      | Buche                                          | ↘<br>59 %                                                    | ↘<br>41 %                                                      | 0                                              | 0                                              |
| <b>WMS Hainich</b>                                   | Buche/Eiche/<br>Esche                          | ↘<br>63 %                                                    | ↘<br>37 %                                                      | 3                                              | 2                                              |
| <b>WMS Steiger</b>                                   | Eiche                                          | ↘<br>51 %                                                    | ↘<br>49 %                                                      | 10                                             | 6                                              |
| <b>WMS Leinawald</b><br>(Messbeginn 2005)            | Eiche                                          | (↘)<br>52 %                                                  | (↘)<br>48 %                                                    | (3)                                            | 3                                              |

Bis zum Jahr 2030 soll laut Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe 2001/81/EG (National Emission Ceilings Directive, kurz NEC-Richtlinie) bei Ammoniak eine Minderung der Emissionen um 29 % und bei den Stickoxiden um 65 % im Vergleich zum Jahr 2005 erzielt werden (EU-Richtlinie 2016/2284 vom 14.12.2016). Wird dieses für alle EU-Mitgliedsstaaten bindende Ziel erreicht, dann würde dies für den Wald eine spürbare Entlastung darstellen.

Noch nicht abschätzbar sind die Auswirkungen externer Stickstoffeinträge auf den seit 2018 entstandenen Fichten-Kalamitätsflächen. Aufgrund der höheren Temperaturen am und im Waldboden wird in stark aufgelichteten Fichtenbeständen und insbesondere auf Kahlflächen ohne Verjüngung der Stickstoffumsatz aus der organischen Auflage stark beschleunigt. Fallen gleichzeitig die Bäume als Stickstoff-Konsumenten weg, gelangt deutlich mehr Nitrat mit dem Sickerwasser in tiefere Schichten und letztendlich auch in die Grund- und Oberflächengewässer. Gleiches trifft für Phosphor und weitere Pflanzennährstoffe zu. Die externen Stoffeinträge stellen in dieser Phase eine zusätzliche Belastung des Ökosystems dar.

Demgegenüber ist der externe Eintrag von Stickstoff und anderen Pflanzennährstoffen unmittelbar nach Wiederbewaldung der Kalamitätsflächen eher positiv zu bewerten. Durch den Verlust von Nitrat, Phosphor und anderen Pflanzennährstoffen entstehen Nährstoffdefizite im Boden, welche im Zusammenspiel mit der Bodentrockenheit das Überleben von Naturverjüngungen und Pflanzungen erheblich gefährden. Die mit dem Niederschlag eingetragenen Nährstoffe könnten dies verhindern bzw. abmildern.

Grundsätzlich sind Vorausverjüngungen unter Schirm in nicht hinreichend klimastabilen Waldbeständen und eine schnellstmögliche Wiederbewaldung der aktuellen Schädflächen der beste Schutz vor Nährstoffauswaschungen aus dem Waldboden und einer Eutrophierung der Gewässer.



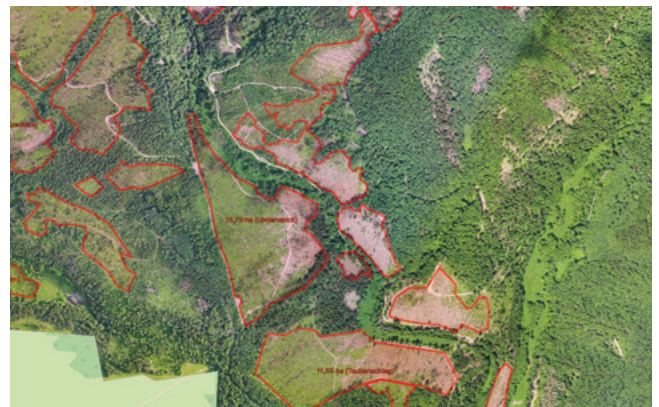
## 5 Maßnahmen zur Wiederbewaldung in einem Forstamt

Seit dem Jahr 2018 befinden sich die Forstbetriebe in Thüringen im „Katastrophenmodus“. Eine besondere Herausforderung besteht darin, kalamitätsbedingt entstandene Schadflächen wieder zu bewalden (siehe Kapitel 4.5.4). Für die Bewältigung dieser Aufgabe stehen keine Musterlösungen zur Verfügung, da sich das Schadgeschehen (Schadausmaß und -intensität, räumliche Verteilung von Schadflächen usw.) und die standörtlichen Voraussetzungen zwischen den Forstbetrieben zum Teil erheblich unterscheiden. In den Forstämtern der Landesforstanstalt werden momentan bewährte, aber auch neue, innovative Ansätze zur Wiederbewaldung umgesetzt und so wertvolle Erfahrungen im Hinblick auf die Katastrophenbewältigung gesammelt. Im Folgenden werden Maßnahmen beschrieben, die zurzeit im Forstamt Bad Salzungen erprobt werden.

Das Forstamt Bad Salzungen wurde durch die Stürme „Friederike“ und „Irenäus“ im Januar und März des Jahres 2018, die folgenden Trockenperioden der Jahre 2018 - 2020 sowie 2022 und die damit verbundenen Schäden durch Borkenkäferbefall massiv getroffen. Im Gesamtwald des Forstamtes entstanden so über 2.100 ha Schadflächen (Stand: Ende 2022). Obwohl durch Vorausverjüngung und natürliche Sukzession über 45 % davon gesichert wiederbewaldet werden konnten, ist für die Sicherung der angestrebten Baumartenmischung und die Wiederaufforstung der übrigen Bereiche eine immense Kraftanstrengung notwendig, um den nachfolgenden Generationen klimastabile multifunktional leistungsfähige Wälder zu übergeben.

Ein erster wichtiger Schritt bei der Planung von Wiederbewaldungsmaßnahmen ist, zunächst einen schnellen Überblick über das Schadgeschehen zu erlangen. Hier können Auswertungen von Satellitenbilddaten unterstützen. Aufgrund der geringen räumlichen Auflösung sind diese Daten für die konkrete Maßnahmenplanung aber meist nur bedingt geeignet. Im Forstamt Bad Salzungen kam deshalb eine Drohne zum Einsatz, mit

der Schadflächen in hoher räumlicher Auflösung aufgenommen, vermessen und kartiert wurden. Dadurch konnte gerade für die Revierplanung viel Laufarbeit und Zeit gespart werden. Das Verfahren zeichnet sich durch seine Einfachheit und die sehr genaue Darstellung bis hin zu kleinen Verjüngungstrupps aus, die dadurch bei den Folgearbeiten berücksichtigt werden können.



**Bild 15:** Luftbildauszug aus hundert Flugdrohnenaufnahmen, die georeferenziert dem Forstamt zur Verfügung gestellt wurden. Die Aufnahmen haben eine räumliche Auflösung von 10 cm und können nachträglich bearbeitet werden (Schadflächenabgrenzung, Markierung von erkannten Naturverjüngungseinseln, etc.)

Nach ihrer Erfassung wurden die für eine aktive Wiederbewaldung vorgesehenen Flächen von Mitarbeitenden des Forstamtes zusammen mit dem zuständigen Revierförster vor Ort begutachtet, um eine fachlich fundierte Entscheidung zur Wahl der Baumarten, der Pflanzensortimente, der Pflanzverfahren, der notwendigen Bodenvorarbeiten und zum effektiven Forstschutz treffen zu können. Zu diesen Schutzmaßnahmen zählen unter anderem das Errichten von Zäunen oder Kleingattern, aber auch Schutz vor Schäden durch den Rüsselkäfer und Mykhorrizabehandlung. Diese Einzelfestlegungen zu systema-



**Bild 14:** Profi-Flugdrohne der Firma Kummetat mit dem Firmeninhaber Marc Kummetat kurz vor dem Einsatz im Revier 08 Vitzeroode. Der Flugdrohne reichten „Lichtschächte“ von 10x10m im Buchenaltholz an einem Abfuhrweg zum gefahrlosen Aufstieg in die programmierte Arbeitsflughöhe (Foto: Forstamt Bad Salzungen)



**Bild 16:** Flächenbegang im Forstamt Bad Salzungen/Rev.11 Windsberg mit insgesamt vier Mitarbeitern zur Festlegung der konkreten Wiederbewaldungsstrategie vor Ort (Foto: Forstamt Bad Salzungen)

tisieren und für entsprechende Ausschreibungen zusammenzustellen stellt eine nicht zu unterschätzende Zusatzbelastung für die Mitarbeitenden des Forstamtes dar.



**Bild 17:** Eine mit „Ekovax“ ummantelte Pflanze als insektizidfreier Rüsselkäferschutz auf Wachsbasis. Die Ummantelung erfolgt mit heißem Wachs vor der Auslieferung in der Baumschule oder alternativ mit einem anderen Produkt im Streichverfahren nach der Pflanzung auf der Fläche. Die Wirkungsweise ist ähnlich einem Wildverbisschutzmittel und die Schutzwirkung hält mindestens ein Jahr an (Foto: Forstamt Bad Salzungen)



**Bild 18:** Streifenweise Flächenvorbereitung mit dem neu entwickelten KEM-ROC-Anbaufräskopf (EK 40 F). Von der Rückegasse aus wird mit einem Kettenbagger rechtwinklig zur Gasse ein 50 cm tiefer Frässtreifen, vergleichbar der Pein Plant, gezogen. Das Gehäuse verhindert das seitliche Auswerfen der Erde aus dem Frässtreifen. Das erzeugte optimale Pflanzbett eignet sich vor allem für stückzahlreiche Kulturen (z. B. Eiche) und erhöht den Anwuchserfolg der Pflanzen (Foto: Forstamt Bad Salzungen)

Nach Abschluss aller Pflanz-, Forstschutz- und Bodenvorarbeiten wurden die neu begründeten Kulturflächen analog zu den erfassten Schadflächen in ein vom Forstamt entwickeltes Kataster übernommen, um die Entwicklung, Behandlung und Bepflanzung jeder Schadfläche chronologisch nachvollziehen zu können. Dadurch soll den Försterinnen und Förstern auch noch in einigen Jahren die Möglichkeit gegeben werden, die eigenen Entscheidungen nachvollziehen und aus gemachten Fehlern lernen zu können, sowie bei Erfolg im eigenen Handeln bestätigt zu werden.

Zur Arbeit des Forstamtes gehörte auch die Analyse vergangener Wiederaufforstungen im Großraum Bad Salzungen mit fremdländischen Baumarten. Entsprechende Aufzeichnungen des ehemaligen Waldbauleiters des Staatlichen Forstwirtschaftsbetriebs (StFB) Bad Salzungen – Herrn Volker Trauboth – aus den 1960er bis 1980er Jahren waren noch vorhanden. Sie wurden zum Teil im Rahmen einer Masterarbeit an der Fachhochschule Erfurt ausgewertet und sind aktuell wieder Gegenstand studentischer Untersuchungen. Die Auswertungen zeigen, dass Versuchsanbauten zwar teilweise missglückten, in anderen Fällen aber auch sehr erfolgreichen waren. Beispielsweise zeigten einige 30 - 50-jährige Anbauten eine beeindruckende Widerstandsfähigkeit bestimmter Baumarten gegen die Wetterextreme der vergangenen fünf Jahre.



**Bild 19:** Bild des wiedergefundenen Kulturbuches von V. Trauboth mit allen Anbaunachweisen „fremdländischer Baumarten“ des ehemaligen StFB Bad Salzungen (Foto: Forstamt Bad Salzungen)

Diese Arbeiten der Vorgänger gründlich auszuwerten und für das eigene Handeln beim aktuellen Waldumbau zu nutzen, gehört zu den interessantesten Aufgaben der heutigen Förstergeneration.

# 6 Zusammenfassung

## 6.1 Waldzustandserhebung (WZE)

Der Zustand des Waldes hat sich in Thüringen zwischen den Jahren 2022 und 2023 weiter verschlechtert. Die Kronenverlichtung nahm um 2,4 Prozentpunkte von 30,3 % (2022) auf 32,8 % (2023) zu. Der Waldflächenanteil mit deutlichen Vitalitätsverlusten ist von 50 % auf 53 % angestiegen. Die abiotisch und biotisch bedingte Ausfallrate (z. B. durch Trockenheit und Borkenkäferbefall) bei den Probestämmen hat in diesem Jahr mit 7 % ihren bisherigen Höchststand erreicht. Geprägt wird die Entwicklung vor allem durch die Baumart Fichte. Der Zustand anderer Baumarten hat sich gegenüber dem Vorjahr kaum verändert.

Seit dem Jahr 2018 stirbt die **Fichte** aufgrund von Borkenkäferbefall vielerorts flächig ab. Die Ausfallrate liegt in diesem Jahr bei 18,3 % (2022: 12,0 %), im Jahr 2017 betrug sie nur 0,1 %. Besonders bei jüngeren Fichten haben die Schäden erheblich zugenommen. Mit 31,9 % wurde bei der Fichte der bisher höchste Wert der mittleren Kronenverlichtung seit Beginn der WZE beobachtet (Vorjahr: 25,6 %).

Der Zustand der **Buche** hat sich gegenüber dem Vorjahr nicht wesentlich verändert. Die mittlere Kronenverlichtung liegt mit 35,0 % (2022: 33,6 %) aber nach wie vor auf einem hohen Niveau (langjähriges Mittel: 25,9 %). Mit unter 1 % weist die Buche eine sehr geringe Ausfallrate auf (im Jahr 2020 betrug die Ausfallrate 3,8 %). Der Flächenanteil mit Fruchtbehang lag der Buche in diesem Jahr höher als in den vergangenen Jahren, aber nur an verhältnismäßig wenigen Buchen wurde eine starke Fruktifikation beobachtet.

Der Zustand der **Kiefer** hat sich gegenüber dem Vorjahr leicht verbessert. Der Flächenanteil mit deutlichen Vitalitätsverlusten hat von 62 % auf 57 % abgenommen, der Flächenanteil mit Trockenschäden ist deutlich zurückgegangen. Mit unter 1 % weist auch die Kiefer in diesem Jahr eine vergleichsweise geringe Ausfallrate auf. Die Kiefer hat dieses Jahr - wie in den meisten Jahren seit 2003 - wieder stark geblüht/fruktifiziert.

Der Zustand der **Eiche** hat sich gegenüber dem Vorjahr kaum verändert. Die mittlere Kronenverlichtung liegt mit 39 % sehr hoch, unterscheidet sich aber nicht vom Vorjahreswert. Die Ausfallraten liegen bei der Eiche mit fast 2 % etwas höher als bei der Buche und Kiefer, aber deutlich unter den Werten der Fichte.

Der Zustand der **Sonstigen Laubbaumarten** hat sich im Vergleich zum Vorjahr nicht wesentlich verändert. Die mittlere Kronenverlichtung verbleibt mit 31 % auf dem Vorjahresniveau. Den bei Weitem höchsten Schädigungsgrad weist bei den Sonstigen Laubbaumarten die Esche auf. Das Eschentriebsterben führte zu einem Anstieg des Flächenanteils mit deutlichen Vitalitätsverlusten. Die Ausfallrate ist aber im Vergleich zum Vorjahr nicht weiter angestiegen und bewegt sich auf einem niedrigen Niveau.

Der Zustand der **Sonstigen Nadelbaumarten** hat sich gegenüber dem Vorjahr kaum verändert. Die mittlere Kronenverlichtung von 28,8 % unterscheidet sich nicht wesentlich vom Vorjahreswert (Vorjahr: 29,2 %). Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs können bei den Sonstigen Nadelbaumarten Ausfallraten nicht verlässlich geschätzt werden.

## 6.2 Einflüsse auf den Waldzustand

Durch wiederkehrende Trocken- und Hitzeperioden hat sich der Zustand der Wälder Thüringens in den vergangenen sechs Jahren deutlich zum Schlechten verändert. Im Zuge des Klimawandels wird erwartet, dass solche extremen Witterungsverhältnisse in Zukunft zunehmen werden.

Der **Klimawandel** in Thüringen ist schon jetzt messbar. Die Mitteltemperatur hat von 7,6 °C (1961 - 1990) auf 8,7 °C (1991 - 2020) zugenommen. In den Sommermonaten wurde der deutlichste Temperaturanstieg beobachtet. Die Anzahl der Frosttage hat abgenommen (-20 %) und die Anzahl an Sommertagen und heißen Tagen zugelegt (von 26 auf 38 Tage, bzw. von 3,8 auf 8,3 Tage). Auch die Niederschläge verändern sich. Zwar wurde insgesamt eine Zunahme der Niederschlagssumme um 4 % beobachtet, allerdings mit einer ungleichen Verteilung über die Jahreszeiten. So nahm der Niederschlag im Winter zu, im Sommer hingegen ab.

Der Winter 2022/2023 war in Thüringen von einer milden und niederschlagsreichen **Witterung** geprägt, vor allem im März fiel überdurchschnittlich viel Niederschlag. Auch zu Beginn der Vegetationszeit im April lagen die Niederschläge über dem Durchschnitt, allerdings war es verhältnismäßig kühl. Ab Mai regnete es dann zunehmend weniger und der Mai und Juni blieben mit Niederschlagsdefiziten von -62 % bzw. -24 % deutlich zu trocken. Der Juni war darüber hinaus sehr warm. Auch im Juli wurden überdurchschnittlich hohe Temperaturen gemessen, allerdings wichen die Niederschlagsmengen kaum vom langjährigen Mittel ab. Sehr hohe Niederschläge wurden im August beobachtet. Im landesweiten Durchschnitt fiel rund 101 % mehr Niederschlag als üblich.

Die **Waldschutzsituation** wird nach wie vor durch Massenvermehrungen rindenbrütender Borkenkäfer bei der Fichte geprägt. Bereits Ende September lag die bisher im Jahr 2023 registrierte Schadholzmenge über den Gesamtjahresmengen der einzelnen Vorjahre. Aufgrund dieser enormen Schadholz-mengen ist von einem sehr hohen Potenzial an überwinternden Käfern auszugehen. In den vergangenen Jahren hat vor allem der Buchdrucker große Schäden in den

Fichtengebieten verursacht. In diesem Jahr haben die Schäden durch den Furchenflügelige Fichtenborkenkäfer erheblich zugenommen.

Bei den **Einträgen von Luftschadstoffen** in Waldökosysteme ist generell eine positive Entwicklung zu beobachten. Die Einträge von Schwefeldioxid und Sulfat-Schwefel gehen seit den 1990er Jahren kontinuierlich zurück. Auch bei den Stickstoff-Einträgen ist eine positive Tendenz zu beobachten, auch wenn die Einträge kritische Schwellenwerte zum Teil noch deutlich überschreiten.

### 6.3 Ausblick

Die extremen Witterungsbedingungen der vergangenen Jahre haben den Wald in Thüringen nach wie vor fest im Griff. Ein baldiges Ende der massiven Schäden durch forstliche Schadorganismen ist auch im Hinblick auf die sich verändernden klimatischen Bedingungen (anhaltende Trockenheit und Hitze) nicht zu erwarten. Diese Veränderungen stellen Waldbesitzende und Forstbetriebe, aber auch die Gesellschaft insgesamt vor enorme Herausforderungen. Die Ergebnisse der diesjährigen WZE unterstreichen, wie wichtig der Umbau risikobehafteter Reinbestände in struktureiche, klimastabile Mischwälder ist, damit auch nachfolgende Generation die vielfältigen Funktionen der Wälder in Anspruch nehmen können.

Welche Maßnahmen dafür wann, wo und wie in Frage kommen, hängt neben den jeweiligen lokalen Standortverhältnissen („Eisernes Gesetz des Örtlichen“) immer auch von den Zielen der Waldbesitzenden ab. Für den Waldumbau existiert kein allgemeingültiges Patentrezept, das sich überall im Land auf gleiche Art und Weise umsetzen ließe! Gefragt sind hier zukunftsgerichtete, fachlich fundierte Entscheidungen, aber auch Kreativität.

Das übergeordnete Ziel der Thüringer Forstpolitik ist gemäß der Aufgabenstellung des Thüringer Waldgesetzes der Erhalt unserer Wälder und deren Nutz-, Schutz- und Erholungsleistungen für uns und die künftigen Generationen. Vor dem Hintergrund des Klimawandels gilt es hierbei mehr denn je, Mischwälder zu etablieren und damit den bereits vor 30 Jahren eingeschlagenen Weg des Waldumbaus konsequent weiterzugehen. Leitbild sind klimastabil gemischte und strukturierte Waldbestände, die ein hohes Maß an ökologischer Selbstregulierungsfähigkeit aufweisen und Risikoverteilung schaffen.

Waldbesitzende, Forstbetriebe und die Landesforstverwaltung arbeiten bereits seit vielen Jahren darauf hin, den Wald in Thüringen im Sinne des skizzierten forstpolitischen Ziels risikoär-

mer und damit zukunftssicherer zu machen. Dieser Prozess ist noch lange nicht abgeschlossen und wird es, in Anbetracht sich fortwährend verändernder Umweltbedingungen, auch auf lange Sicht nicht sein. Waldumbau ist anspruchsvoll, langfristig und aufwendig!

Erfolge sind jenseits der dramatischen Schadflächenkulissen in den Wäldern inzwischen sichtbar und durch die turnusmäßigen Bundeswaldinventuren gut dokumentiert. Hieraus leitet sich ab, dass wir uns auf dem richtigen Weg befinden, wenn auch angesichts der Beispiellosigkeit der Auswirkungen des Klimawandels viele Fragen offen sind und sich fortwährend neue Fragen stellen, die sich mit den gesammelten Erfahrungen der letzten 200 Jahre allein nicht mehr beantworten lassen – dies unterstreicht die Bedeutung der Forschung, des Versuchswesens und des Monitorings.

Angesichts des schnell fortschreitenden Klimawandels ist es aber zwingend notwendig, den Waldumbau-Prozess zu forcieren. In diesem Kontext haben der Gesetzgeber, die Landesregierung und die Landesforstverwaltung in den letzten Jahren wichtige Weichenstellungen vorgenommen: Bereits 2019 hat die Landesregierung den Aktionsplan Wald 2030 ff. beschlossen. Der Aktionsplan ist ein umfassendes und langfristiges Maßnahmenbündel zur Bewältigung der aktuellen Schadsituation sowie zur Anpassung unserer Wälder an die Herausforderungen des Klimawandels. Der Aktionsplan ist kein Aktionismus, sondern auf zielstrebige und beharrliche Anstrengungen über lange Zeiträume ausgelegt. Für die Umsetzung dieser Maßnahmen wird bis zum Jahr 2030 vorerst mit einem finanziellen Volumen in Höhe von 500 Mio. Euro aus unterschiedlichen Finanzierungsquellen gerechnet.

Zur Umsetzung des Aktionsplans bedarf es Forstbetrieben und einer Landesforstverwaltung, die in der Lage sind, den Waldumbau zu bewerkstelligen. Mit den 2019 und 2020 erfolgten Änderungen des Thüringer Gesetzes über die Errichtung der Anstalt öffentlichen Rechts „ThüringenForst“ wurde die Landesforstanstalt mit dem Gemeinschaftsforstamtssystem als organisatorischer Dreh- und Angelpunkt des besitzübergreifenden Waldumbaus deutlich gestärkt und die forstliche Förderung der Forstbetriebe insbesondere im Rahmen von Maßnahmen zur Kalamitätsbewältigung massiv ausgebaut.

Die Forstbetriebe und die Landesforstverwaltung tun ihr Möglichstes, um den Wald zum Wohl der Allgemeinheit zukunftssicherer zu machen. Die Unterstützungen von Bund und Land bieten hierbei wichtige Hilfestellungen. Der Erhalt und Umbau der Wälder kann aber nur dann gelingen, wenn die Bemühungen von einer breiten gesellschaftlichen Unterstützung langfristig getragen werden.



## 7 Anhang

Tabelle 4: Anzahlen und Anteile von Probebäumen

| Baumarten-<br>gruppe                     | Anzahl<br>1991 | Anzahl<br>2017 | Anzahl<br>2022 | Anzahl<br>2023 | Anteil<br>1991 [%] | Anteil<br>2017 [%] | Anteil<br>2022 [%] | Anteil<br>2023 [%] |
|------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>Buche</b>                             | 1.412          | 1.563          | 1.640          | 1.661          | 18                 | 19                 | 21                 | 22                 |
| <b>Eiche</b>                             | 433            | 492            | 513            | 526            | 5                  | 6                  | 7                  | 7                  |
| <b>Fichte</b>                            | 3.657          | 3.631          | 2.849          | 2.582          | 46                 | 43                 | 36                 | 34                 |
| <b>Kiefer</b>                            | 1.556          | 1.583          | 1637           | 1.621          | 19                 | 19                 | 21                 | 21                 |
| <b>Sonstige<br/>Laubbau-<br/>marten</b>  | 730            | 909            | 954            | 1.029          | 9                  | 11                 | 12                 | 13                 |
| <b>Sonstige<br/>Nadelbau-<br/>marten</b> | 204            | 270            | 279            | 285            | 3                  | 3                  | 4                  | 4                  |
| <b>Gesamt</b>                            | <b>7.992</b>   | <b>8.448</b>   | <b>7.872</b>   | <b>7.704</b>   | <b>100</b>         | <b>100</b>         | <b>100</b>         | <b>100</b>         |

Tabelle 5: Schadstufenanteile (Werte in Prozent)

| Baumart | Jahr | Prozentuale Anteile nach Stufen |                            |                             |                           |             |                     |
|---------|------|---------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------|---------------------|
|         |      | Stufe 0                         | Stufe 1                    | Stufe 2                     | Stufe 3                   | Stufe 4     | Stufe 2-4           |
|         |      | gesund                          | leichter Vitalitätsverlust | mittlerer Vitalitätsverlust | starker Vitalitätsverlust | abgestorben | deutlich geschädigt |
| Buche   | 2015 | 16,1                            | 56,3                       | 25,8                        | 1,8                       | 0           | 27,6                |
|         | 2016 | 12,2                            | 44,6                       | 41,5                        | 1,6                       | 0           | 43,1                |
|         | 2017 | 17,2                            | 49,7                       | 31,8                        | 1,3                       | 0           | 33,1                |
|         | 2018 | 14,9                            | 44,7                       | 38,4                        | 2                         | 0           | 40,4                |
|         | 2019 | 3,8                             | 34,6                       | 52,8                        | 7,5                       | 1,3         | 61,6                |
|         | 2020 | 4,8                             | 27,5                       | 56,8                        | 9,8                       | 1           | 67,6                |
|         | 2021 | 11,1                            | 33,9                       | 46,5                        | 7,6                       | 0,9         | 55                  |
|         | 2022 | 8,8                             | 33,4                       | 47,7                        | 9,8                       | 0,4         | 57,9                |
|         | 2023 | 11                              | 28,2                       | 47,6                        | 12,4                      | 0,8         | 60,8                |
| Eiche   | 2015 | 7                               | 48                         | 40,1                        | 4,8                       | 0           | 44,9                |
|         | 2016 | 6,9                             | 48,6                       | 39,9                        | 4,6                       | 0           | 44,5                |
|         | 2017 | 3,7                             | 36,8                       | 55,9                        | 3,7                       | 0           | 59,6                |
|         | 2018 | 5,3                             | 25,9                       | 63                          | 5,7                       | 0           | 68,7                |
|         | 2019 | 7,4                             | 16,8                       | 64,7                        | 10,8                      | 0,4         | 75,9                |
|         | 2020 | 3                               | 21,5                       | 59,5                        | 14,6                      | 1,4         | 75,5                |
|         | 2021 | 6,9                             | 19,6                       | 55,4                        | 16,3                      | 1,7         | 73,4                |
|         | 2022 | 7,8                             | 28,3                       | 48,7                        | 14                        | 1,2         | 63,9                |
|         | 2023 | 8,7                             | 24,9                       | 50                          | 13,7                      | 2,7         | 66,4                |
| Fichte  | 2015 | 29,3                            | 44,2                       | 25,9                        | 0,7                       | 0           | 26,6                |
|         | 2016 | 28,7                            | 41,9                       | 28,6                        | 0,7                       | 0           | 29,3                |
|         | 2017 | 32                              | 40,3                       | 26,9                        | 0,8                       | 0,1         | 27,8                |
|         | 2018 | 27,1                            | 41,7                       | 29,8                        | 1,4                       | 0,1         | 31,3                |
|         | 2019 | 23,3                            | 35,5                       | 35,3                        | 3,8                       | 2,1         | 41,2                |
|         | 2020 | 23,9                            | 32,2                       | 35                          | 3,8                       | 5,1         | 43,9                |
|         | 2021 | 29,8                            | 33,1                       | 29,9                        | 3                         | 4,2         | 37,1                |
|         | 2022 | 29,4                            | 34                         | 29,7                        | 3,2                       | 3,7         | 36,6                |
|         | 2023 | 27,7                            | 27,4                       | 28,7                        | 9,4                       | 6,8         | 44,9                |
| Kiefer  | 2015 | 9,2                             | 48,2                       | 40,6                        | 2                         | 0           | 42,6                |
|         | 2016 | 8                               | 44,2                       | 45,8                        | 2                         | 0           | 47,8                |
|         | 2017 | 9,7                             | 40,6                       | 49,1                        | 0,7                       | 0           | 49,8                |
|         | 2018 | 10,5                            | 38,8                       | 47,3                        | 3,3                       | 0           | 50,6                |
|         | 2019 | 6,8                             | 30,8                       | 55,2                        | 7,1                       | 0,1         | 62,4                |
|         | 2020 | 8,2                             | 29,2                       | 51,1                        | 11,1                      | 0,3         | 62,5                |
|         | 2021 | 12,2                            | 37,7                       | 46,7                        | 2,9                       | 0,5         | 50,1                |
|         | 2022 | 10                              | 28,3                       | 49,2                        | 12                        | 0,5         | 61,7                |
|         | 2023 | 12,6                            | 30,1                       | 43,4                        | 13                        | 0,9         | 57,3                |

|                            |      |      |      |      |      |     |      |
|----------------------------|------|------|------|------|------|-----|------|
| sonstige<br>Laubbaumarten  | 2015 | 25,9 | 44,7 | 26,8 | 2,6  | 0   | 29,4 |
|                            | 2016 | 23,1 | 42,7 | 32,3 | 1,8  | 0,1 | 34,2 |
|                            | 2017 | 23,8 | 37,5 | 37,2 | 1,3  | 0,2 | 38,7 |
|                            | 2018 | 16,6 | 32,5 | 42,8 | 7,8  | 0,2 | 50,8 |
|                            | 2019 | 15,5 | 28,4 | 47,4 | 7,8  | 0,9 | 56,1 |
|                            | 2020 | 17,8 | 32,7 | 39,2 | 9,2  | 1   | 49,4 |
|                            | 2021 | 24   | 37,2 | 31,5 | 5,7  | 1,6 | 38,8 |
|                            | 2022 | 20,5 | 34   | 32,9 | 11,4 | 1,2 | 45,5 |
|                            | 2023 | 19,3 | 31,8 | 36,1 | 11,3 | 1,6 | 49   |
| sonstige<br>Nadelbaumarten | 2015 | 23,8 | 47,3 | 28,5 | 0,4  | 0   | 28,9 |
|                            | 2016 | 25,2 | 34,2 | 40,2 | 0,4  | 0   | 40,6 |
|                            | 2017 | 22,2 | 36,3 | 41,1 | 0,4  | 0   | 41,5 |
|                            | 2018 | 19,9 | 37,3 | 40,2 | 2,6  | 0   | 42,8 |
|                            | 2019 | 17,6 | 32   | 43,8 | 5,9  | 0,7 | 50,4 |
|                            | 2020 | 12,8 | 24,9 | 56,6 | 4,3  | 1,4 | 62,3 |
|                            | 2021 | 18,8 | 33,7 | 42,6 | 4,6  | 0,4 | 47,6 |
|                            | 2022 | 17,2 | 31,9 | 44,4 | 5    | 1,4 | 50,8 |
|                            | 2023 | 16,5 | 29,5 | 49,1 | 4,9  | 0   | 54   |
| Laubbaumarten              | 2015 | 17,8 | 51,3 | 28,3 | 2,5  | 0   | 30,8 |
|                            | 2016 | 14,8 | 44,6 | 38,4 | 2,1  | 0   | 40,5 |
|                            | 2017 | 17   | 43,8 | 37,4 | 1,7  | 0,1 | 39,2 |
|                            | 2018 | 13,9 | 37,8 | 43,8 | 4,4  | 0,1 | 48,3 |
|                            | 2019 | 7,9  | 29,7 | 53,2 | 8,2  | 1   | 62,4 |
|                            | 2020 | 8,5  | 28,1 | 51,9 | 10,4 | 1,1 | 63,4 |
|                            | 2021 | 14,2 | 32,4 | 43,6 | 8,5  | 1,2 | 53,3 |
|                            | 2022 | 12,2 | 32,7 | 43,3 | 11   | 0,7 | 55   |
|                            | 2023 | 13,3 | 28,8 | 44,3 | 12,3 | 1,4 | 58   |
| Nadelbaumarten             | 2015 | 23,2 | 45,5 | 30,3 | 1    | 0   | 31,3 |
|                            | 2016 | 22,5 | 42,2 | 34,2 | 1,1  | 0   | 35,3 |
|                            | 2017 | 25,1 | 40,2 | 34   | 0,7  | 0   | 34,7 |
|                            | 2018 | 21,9 | 40,7 | 35,4 | 2    | 0   | 37,4 |
|                            | 2019 | 18,2 | 33,9 | 41,6 | 4,9  | 1,4 | 47,9 |
|                            | 2020 | 18,6 | 30,9 | 41   | 6    | 3,4 | 50,4 |
|                            | 2021 | 23,4 | 34,6 | 36,1 | 3,1  | 2,8 | 42   |
|                            | 2022 | 22   | 32   | 37,2 | 6,3  | 2,5 | 46   |
|                            | 2023 | 21,5 | 28,5 | 35,3 | 10,4 | 4,2 | 49,9 |
| alle<br>Baumarten          | 2015 | 21,3 | 47,5 | 29,6 | 1,5  | 0   | 31,1 |
|                            | 2016 | 19,8 | 43   | 35,7 | 1,4  | 0   | 37,1 |
|                            | 2017 | 22,2 | 41,5 | 35,2 | 1,1  | 0   | 36,3 |
|                            | 2018 | 19,1 | 39,7 | 38,4 | 2,9  | 0   | 41,3 |
|                            | 2019 | 14,6 | 32,4 | 45,7 | 6    | 1,3 | 53   |
|                            | 2020 | 14,9 | 29,9 | 45   | 7,6  | 2,6 | 55,2 |
|                            | 2021 | 20   | 33,8 | 38,9 | 5,1  | 2,2 | 46,2 |
|                            | 2022 | 18,2 | 32,3 | 39,6 | 8,2  | 1,8 | 49,6 |
|                            | 2023 | 18,1 | 28,6 | 39,1 | 11,2 | 3   | 53,3 |

Tabelle 3: Temperaturen (°C) und Abweichungen (K) in den Forstlichen Wuchsgebieten

| Mittlere<br>Lufttempe-<br>ratur und<br>Abweichung<br>zu 1981-<br>2010 | Thüringen |       | Harz |      | Nordthür.<br>Trias-Hügel-<br>land |      | Mitteldt. Trias-<br>Berg- u. Hügel-<br>land |      | Thüringer<br>Becken |      | Ostthür.Trias-<br>Hügelland |      | Sächsisch-<br>Thüring. Löß-<br>Hügelland |      | Leipziger<br>Sandlöß-<br>Ebene |      | Thüringer<br>Gebirge |      | Frankenwald,<br>Fichtelgeb.,<br>Steinwald |      | Vogtland |      | Südthür.-Ober-<br>fränk. Trias-<br>Hügelland |      | Rhön |      | Fränkische<br>Platte |      | Fränkischer<br>Keuper |      |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|-------|------|------|-----------------------------------|------|---------------------------------------------|------|---------------------|------|-----------------------------|------|------------------------------------------|------|--------------------------------|------|----------------------|------|-------------------------------------------|------|----------|------|----------------------------------------------|------|------|------|----------------------|------|-----------------------|------|
|                                                                       | °C        | K     | °C   | K    | °C                                | K    | °C                                          | K    | °C                  | K    | °C                          | K    | °C                                       | K    | °C                             | K    | °C                   | K    | °C                                        | K    | °C       | K    | °C                                           | K    | °C   | K    | °C                   | K    | °C                    | K    |
| Jan 21                                                                | -0,2      | 0,3   | -0,9 | -0,2 | 0,3                               | 0,2  | 0,1                                         | 0,3  | 0,5                 | 0,4  | -0,1                        | 0,2  | 0,1                                      | 0,1  | 0,6                            | 0    | -1,6                 | 0,1  | -1,7                                      | 0,4  | -0,8     | 0,3  | -0,6                                         | 0,2  | -0,8 | 0,3  | -0,2                 | 0,4  | -0,1                  | 0,4  |
| Feb 21                                                                | 0,2       | 0,1   | 0    | 0,4  | 0,4                               | -0,2 | 0,1                                         | -0,2 | 0,4                 | -0,3 | 0,6                         | 0,3  | 0,9                                      | 0,3  | 1,3                            | 0,2  | -0,6                 | 0,6  | -1                                        | 0,5  | 0,1      | 0,6  | 0,1                                          | 0,3  | 0,1  | 0,7  | 0,1                  | 0,1  | 0,4                   | 0,2  |
| Mrz 21                                                                | 4,2       | 0,6   | 3,7  | 0,9  | 4,8                               | 0,7  | 4,3                                         | 0,6  | 4,9                 | 0,6  | 4,4                         | 0,6  | 4,7                                      | 0,5  | 5,2                            | 0,5  | 2,8                  | 0,6  | 2,6                                       | 0,6  | 3,7      | 0,7  | 3,8                                          | 0,3  | 3,5  | 0,5  | 4                    | 0,1  | 4,1                   | 0    |
| 1. Q. 21                                                              | 1,4       | 0,3   | 0,9  | 0,3  | 1,9                               | 0,3  | 1,5                                         | 0,3  | 1,9                 | 0,2  | 1,6                         | 0,3  | 1,9                                      | 0,3  | 2,4                            | 0,3  | 0,2                  | 0,4  | 0                                         | 0,5  | 1        | 0,5  | 1,1                                          | 0,3  | 0,9  | 0,5  | 1,3                  | 0,2  | 1,5                   | 0,2  |
| Apr 21                                                                | 5,1       | -2,6  | 4,3  | -2,5 | 5,7                               | -2,5 | 5,1                                         | -2,5 | 5,8                 | -2,6 | 5,3                         | -2,6 | 5,7                                      | -2,6 | 6,3                            | -2,7 | 3,7                  | -2,6 | 3,7                                       | -2,6 | 4,6      | -2,6 | 5                                            | -2,6 | 4,5  | -2,5 | 5,4                  | -2,7 | 5,6                   | -2,7 |
| Mai 21                                                                | 10,3      | -2,2  | 9,7  | -1,9 | 11,1                              | -1,8 | 10,3                                        | -1,9 | 11,2                | -1,9 | 10,6                        | -2,1 | 11,1                                     | -2   | 11,7                           | -2   | 8,7                  | -2,4 | 8,6                                       | -2,6 | 9,8      | -2,2 | 9,9                                          | -2,5 | 9,4  | -2,2 | 10,2                 | -2,6 | 10,4                  | -2,6 |
| Jun 21                                                                | 18,6      | 3,4   | 17,8 | 3,5  | 19,1                              | 3,5  | 18,5                                        | 3,5  | 19,2                | 3,3  | 18,9                        | 3,4  | 19,4                                     | 3,5  | 19,9                           | 3,5  | 17,3                 | 3,4  | 17,4                                      | 3,4  | 18,3     | 3,5  | 18,5                                         | 3,4  | 18   | 3,5  | 18,7                 | 3,2  | 18,9                  | 3,1  |
| 2. Q. 21                                                              | 11,4      | -0,4  | 10,6 | -0,3 | 12                                | -0,3 | 11,3                                        | -0,3 | 12,1                | -0,4 | 11,6                        | -0,4 | 12,1                                     | -0,3 | 12,6                           | -0,4 | 9,9                  | -0,6 | 9,9                                       | -0,6 | 10,9     | -0,5 | 11,1                                         | -0,6 | 10,6 | -0,4 | 11,5                 | -0,6 | 11,6                  | -0,8 |
| Jul 21                                                                | 17,7      | 0,3   | 17,1 | 0,7  | 18,5                              | 0,6  | 17,5                                        | 0,3  | 18,5                | 0,3  | 18                          | 0,3  | 18,6                                     | 0,4  | 19,2                           | 0,4  | 16,1                 | 0,1  | 16,2                                      | 0,1  | 17,3     | 0,3  | 17,3                                         | 0    | 16,6 | 0,1  | 17,6                 | -0,1 | 17,7                  | -0,2 |
| Aug 21                                                                | 15,7      | -1,3  | 14,9 | -1,2 | 16,3                              | -1,2 | 15,6                                        | -1,2 | 16,4                | -1,3 | 15,9                        | -1,3 | 16,4                                     | -1,4 | 17                             | -1,4 | 14,2                 | -1,5 | 14,3                                      | -1,3 | 15,3     | -1,3 | 15,5                                         | -1,3 | 14,9 | -1,2 | 15,8                 | -1,4 | 16                    | -1,4 |
| Sep 21                                                                | 14,7      | 1,7   | 14   | 1,8  | 15,2                              | 1,8  | 14,6                                        | 1,7  | 15,3                | 1,7  | 14,9                        | 1,7  | 15,3                                     | 1,6  | 15,7                           | 1,5  | 13,5                 | 1,8  | 13,5                                      | 1,9  | 14,4     | 1,8  | 14,6                                         | 1,8  | 14,1 | 1,8  | 14,8                 | 1,7  | 15                    | 1,7  |
| 3. Q. 21                                                              | 16        | 0,2   | 15,3 | 0,4  | 16,7                              | 0,4  | 15,9                                        | 0,3  | 16,7                | 0,2  | 16,3                        | 0,3  | 16,8                                     | 0,2  | 17,3                           | 0,2  | 14,6                 | 0,1  | 14,7                                      | 0,3  | 15,7     | 0,3  | 15,8                                         | 0,2  | 15,2 | 0,2  | 16,1                 | 0,1  | 16,2                  | 0    |
| Okt 21                                                                | 8,8       | 0,3   | 8,8  | 0,9  | 9,6                               | 0,7  | 9                                           | 0,4  | 9,4                 | 0,3  | 9                           | 0,2  | 9,5                                      | 0,3  | 10                             | 0,3  | 7,6                  | 0,2  | 7,2                                       | -0,1 | 8,4      | 0,2  | 8,2                                          | 0    | 8,2  | 0,3  | 8,2                  | -0,3 | 8,3                   | -0,3 |
| Nov 21                                                                | 4,2       | 0,5   | 4,1  | 0,8  | 5                                 | 0,8  | 4,4                                         | 0,5  | 4,9                 | 0,5  | 4,3                         | 0,4  | 4,8                                      | 0,5  | 5,3                            | 0,5  | 2,8                  | 0,3  | 2,6                                       | 0,4  | 3,7      | 0,5  | 3,7                                          | 0,3  | 3,4  | 0,3  | 3,9                  | 0,3  | 4                     | 0,3  |
| Dez 21                                                                | 2         | 1,6   | 1,3  | 1,2  | 2,3                               | 1,4  | 2,1                                         | 1,4  | 2,5                 | 1,5  | 2,2                         | 1,6  | 2,3                                      | 1,4  | 2,8                            | 1,4  | 0,8                  | 1,6  | 0,6                                       | 1,7  | 1,5      | 1,7  | 1,8                                          | 1,7  | 1,8  | 2,1  | 1,7                  | 2,1  | 1,6                   |      |
| 4. Q. 21                                                              | 5         | 0,8   | 4,7  | 0,9  | 5,6                               | 0,9  | 5,2                                         | 0,8  | 5,6                 | 0,8  | 5,2                         | 0,8  | 5,5                                      | 0,7  | 6                              | 0,7  | 3,7                  | 0,7  | 3,5                                       | 0,7  | 4,5      | 0,8  | 4,6                                          | 0,7  | 4,4  | 0,8  | 4,7                  | 0,5  | 4,8                   | 0,5  |
| Jahr 21                                                               | 8,5       | 0,3   | 7,9  | 0,4  | 9                                 | 0,3  | 8,5                                         | 0,3  | 9,1                 | 0,2  | 8,7                         | 0,3  | 9,1                                      | 0,2  | 9,6                            | 0,2  | 7,1                  | 0,2  | 7                                         | 0,2  | 8        | 0,3  | 8,2                                          | 0,2  | 7,8  | 0,3  | 8,4                  | 0    | 8,5                   | 0    |
| VegPer 21                                                             | 13        | -0,05 | 12,4 | 0,2  | 13,6                              | 0,1  | 12,9                                        | 0    | 13,7                | 0    | 13,2                        | -0,1 | 13,7                                     | -0,1 | 14,3                           | 0    | 11,6                 | -0,1 | 11,5                                      | -0,2 | 12,6     | 0    | 12,7                                         | -0,2 | 12,2 | -0,1 | 13                   | -0,3 | 13,1                  | -0,4 |
| Jan 22                                                                | 2,3       | 2,8   | 2    | 2,7  | 3,1                               | 3    | 2,6                                         | 2,8  | 3,1                 | 3    | 2,5                         | 2,8  | 2,7                                      | 2,7  | 3,2                            | 2,6  | 0,8                  | 2,5  | 0,4                                       | 2,5  | 1,6      | 2,7  | 1,8                                          | 2,6  | 1,5  | 2,6  | 2,1                  | 2,7  | 2,1                   | 2,6  |
| Feb 22                                                                | 3,7       | 3,6   | 3    | 3,4  | 4,4                               | 3,8  | 3,9                                         | 3,6  | 4,6                 | 3,9  | 4                           | 3,7  | 4,5                                      | 3,9  | 5                              | 3,9  | 2,1                  | 3,3  | 2                                         | 3,5  | 3,2      | 3,7  | 3,3                                          | 3,5  | 3    | 3,6  | 3,7                  | 3,7  | 3,8                   | 3,6  |
| Mrz 22                                                                | 4         | 0,4   | 3,5  | 0,7  | 4,5                               | 0,4  | 4,1                                         | 0,4  | 4,5                 | 0,2  | 4,1                         | 0,3  | 4,3                                      | 0,1  | 4,8                            | 0,1  | 3                    | 0,8  | 2,7                                       | 0,7  | 3,5      | 0,5  | 4,2                                          | 0,7  | 3,9  | 0,9  | 4,1                  | 0,2  | 4,3                   | 0,2  |
| 1. Q. 22                                                              | 3,4       | 2,3   | 2,8  | 2,2  | 4                                 | 2,4  | 3,6                                         | 2,4  | 4                   | 2,3  | 3,5                         | 2,2  | 3,8                                      | 2,2  | 4,3                            | 2,2  | 2                    | 2,2  | 1,7                                       | 2,2  | 2,8      | 2,3  | 3,1                                          | 2,3  | 2,8  | 2,4  | 3,3                  | 2,2  | 3,4                   | 2,1  |
| Apr 22                                                                | 6,9       | -0,8  | 6,1  | -0,7 | 7,5                               | -0,7 | 7                                           | -0,6 | 7,6                 | -0,8 | 6,9                         | -1   | 7,3                                      | -1   | 7,8                            | -1,2 | 5,4                  | -0,9 | 5,2                                       | -1,1 | 6,1      | -1,1 | 6,9                                          | -0,7 | 6,5  | -0,5 | 7,2                  | -0,9 | 7,4                   | -0,9 |
| Mai 22                                                                | 14,1      | 1,6   | 13   | 1,4  | 14,4                              | 1,5  | 13,8                                        | 1,6  | 14,7                | 1,6  | 14,4                        | 1,7  | 14,8                                     | 1,7  | 15,3                           | 1,6  | 12,9                 | 1,8  | 13                                        | 1,8  | 13,9     | 1,9  | 14,2                                         | 1,8  | 13,6 | 2    | 14,6                 | 1,8  | 14,8                  | 1,8  |
| Jun 22                                                                | 18,4      | 3,2   | 17   | 2,7  | 18,5                              | 2,9  | 17,8                                        | 2,8  | 18,8                | 2,9  | 18,7                        | 3,2  | 19                                       | 3,1  | 19,5                           | 3,1  | 17,3                 | 3,4  | 17,5                                      | 3,5  | 18,4     | 3,6  | 18,4                                         | 3,3  | 17,6 | 3,1  | 18,7                 | 3,2  | 19                    | 3,2  |
| 2. Q. 22                                                              | 13,1      | 1,3   | 12   | 1,1  | 13,5                              | 1,2  | 12,9                                        | 1,3  | 13,7                | 1,2  | 13,4                        | 1,4  | 13,7                                     | 1,3  | 14,2                           | 1,2  | 11,9                 | 1,4  | 11,9                                      | 1,4  | 12,8     | 1,4  | 13,1                                         | 1,4  | 12,6 | 1,6  | 13,5                 | 1,4  | 13,7                  | 1,3  |
| Jul 22                                                                | 18,8      | 1,4   | 17,5 | 1,1  | 19,1                              | 1,2  | 18,4                                        | 1,2  | 19,4                | 1,2  | 19,1                        | 1,4  | 19,4                                     | 1,2  | 19,9                           | 1,1  | 17,6                 | 1,6  | 17,6                                      | 1,5  | 18,5     | 1,5  | 18,8                                         | 1,5  | 18,2 | 1,7  | 19,2                 | 1,5  | 19,4                  | 1,5  |
| Aug 22                                                                | 19,8      | 2,8   | 18,6 | 2,5  | 20,2                              | 2,7  | 19,7                                        | 2,9  | 20,5                | 2,8  | 19,8                        | 2,6  | 20,1                                     | 2,3  | 20,6                           | 2,2  | 18,6                 | 2,9  | 18,4                                      | 2,8  | 19,1     | 2,5  | 20                                           | 3,2  | 19,5 | 3,4  | 20,3                 | 3,1  | 20,5                  | 3,1  |
| Sep 22                                                                | 12,8      | -0,2  | 11,9 | -0,3 | 13,3                              | -0,1 | 12,9                                        | 0    | 13,5                | -0,1 | 12,9                        | -0,3 | 13,4                                     | -0,3 | 13,8                           | -0,4 | 11,4                 | -0,3 | 11,2                                      | -0,4 | 12,3     | -0,3 | 12,6                                         | -0,2 | 12,3 | 0    | 12,9                 | -0,2 | 13                    | -0,3 |
| 3. Q. 22                                                              | 17,1      | 1,3   | 16   | 1,1  | 17,6                              | 1,3  | 17                                          | 1,4  | 17,8                | 1,3  | 17,2                        | 1,2  | 17,6                                     | 1    | 18,1                           | 1    | 15,9                 | 1,4  | 15,7                                      | 1,3  | 16,7     | 1,3  | 17,2                                         | 1,6  | 16,6 | 1,6  | 17,5                 | 1,5  | 17,6                  | 1,4  |
| Okt 22                                                                | 12,1      | 3,6   | 11,6 | 3,7  | 12,4                              | 3,5  | 12                                          | 3,4  | 12,5                | 3,4  | 12,3                        | 3,5  | 12,9                                     | 3,7  | 13,3                           | 3,6  | 11                   | 3,6  | 10,7                                      | 3,4  | 12       | 3,8  | 11,6                                         | 3,4  | 11,6 | 3,7  | 11,7                 | 3,2  | 11,8                  | 3,2  |
| Nov 22                                                                | 5,7       | 2     | 5,3  | 2    | 6                                 | 1,8  | 5,9                                         | 2    | 6,1                 | 1,7  | 5,7                         | 1,8  | 5,8                                      | 1,5  | 6,2                            | 1,4  | 4,7                  | 2,2  | 4,5                                       | 2,3  | 5,3      | 2,1  | 5,6                                          | 2,2  | 5,6  | 2,5  | 5,7                  | 2,1  | 5,7                   | 2    |
| Dez 22                                                                | 1,1       | 0,7   | 0,4  | 0,3  | 1,3                               | 0,4  | 1,2                                         | 0,5  | 1,5                 | 0,5  | 1,2                         | 0,6  | 1,6                                      | 0,7  | 2                              | 0,6  | 0                    | 0,8  | -0,3                                      | 0,8  | 0,7      | 0,9  | 1                                            | 0,9  | 0,8  | 0,9  | 1,2                  | 0,8  | 1,3                   | 0,8  |

Die farblich hinterlegten Felder ergeben sich aus den Einstufungen anhand der für den Referenzzeitraum 1981 - 2010 berechneten Perzentile. Als Perzentilschwelle für den orange hinterlegten Bereich gilt das 20er Perzentil (20 % der niedrigsten Monatsmittel), für den blau hinterlegten Bereich das 80er-Perzentil (80 % der höchsten Monatsmittel).  zu kalt im Vergleich zum langjährigen Mittel  zu warm im Vergleich zum langjährigen Mittel

| Mittlere<br>Lufttempe-<br>ratur und<br>Abweichung<br>zu 1981-<br>2010 | Thüringen |      | Harz |      | Nordthür.<br>Trias-Hügel-<br>land |      | Mitteldt. Trias-<br>Berg- u. Hügel-<br>land |      | Thüringer<br>Becken |      | Ostthür.Trias-<br>Hügelland |      | Sächsisch-<br>Thüring. Löß-<br>Hügelland |      | Leipziger<br>Sandlöß-<br>Ebene |      | Thüringer<br>Gebirge |      | Frankenwald,<br>Fichtelgeb.,<br>Steinwald |     | Vogtland |     | Südthür.-Ober-<br>fränk. Trias-<br>Hügelland |      | Rhön |      | Fränkische<br>Platte |      | Fränkischer<br>Keuper |      |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|------|------|------|-----------------------------------|------|---------------------------------------------|------|---------------------|------|-----------------------------|------|------------------------------------------|------|--------------------------------|------|----------------------|------|-------------------------------------------|-----|----------|-----|----------------------------------------------|------|------|------|----------------------|------|-----------------------|------|
|                                                                       | °C        | K    | °C   | K    | °C                                | K    | °C                                          | K    | °C                  | K    | °C                          | K    | °C                                       | K    | °C                             | K    | °C                   | K    | °C                                        | K   | °C       | K   | °C                                           | K    | °C   | K    | °C                   | K    | °C                    | K    |
| 4. Q. 22                                                              | 6,3       | 2,1  | 5,8  | 2    | 6,6                               | 1,9  | 6,3                                         | 1,9  | 6,7                 | 1,9  | 6,4                         | 2    | 6,8                                      | 2    | 7,1                            | 1,8  | 5,2                  | 2,2  | 5                                         | 2,2 | 6        | 2,3 | 6,1                                          | 2,2  | 6    | 2,4  | 6,2                  | 2    | 6,3                   | 2    |
| Jahr 22                                                               | 10        | 1,8  | 9,2  | 1,7  | 10,4                              | 1,7  | 9,9                                         | 1,7  | 10,6                | 1,7  | 10,1                        | 1,7  | 10,5                                     | 1,6  | 11                             | 1,6  | 8,7                  | 1,8  | 8,6                                       | 1,8 | 9,6      | 1,9 | 9,9                                          | 1,9  | 9,5  | 2    | 10,1                 | 1,7  | 10,3                  | 1,8  |
| VegPer 22                                                             | 14,7      | 1,65 | 13,7 | 1,5  | 15,1                              | 1,6  | 14,5                                        | 1,6  | 15,3                | 1,6  | 14,9                        | 1,6  | 15,3                                     | 1,5  | 15,7                           | 1,4  | 13,5                 | 1,8  | 13,4                                      | 1,7 | 14,4     | 1,8 | 14,6                                         | 1,7  | 14,2 | 1,9  | 14,9                 | 1,6  | 15,1                  | 1,6  |
| Jan 23                                                                | 3         | 3,5  | 2,2  | 2,9  | 3,6                               | 3,5  | 3,2                                         | 3,4  | 3,7                 | 3,6  | 3,1                         | 3,4  | 3,5                                      | 3,5  | 4                              | 3,4  | 1,6                  | 3,3  | 1,3                                       | 3,4 | 2,4      | 3,5 | 2,6                                          | 3,4  | 2,2  | 3,3  | 2,9                  | 3,5  | 3                     | 3,5  |
| Feb 23                                                                | 2,5       | 2,4  | 2,3  | 2,7  | 3,2                               | 2,6  | 2,8                                         | 2,5  | 3,2                 | 2,5  | 2,8                         | 2,5  | 3                                        | 2,4  | 3,4                            | 2,3  | 1,2                  | 2,4  | 0,8                                       | 2,3 | 2        | 2,5 | 2,1                                          | 2,3  | 1,9  | 2,5  | 2,3                  | 2,3  | 2,3                   | 2,1  |
| Mrz 23                                                                | 5,2       | 1,6  | 4,2  | 1,4  | 5,6                               | 1,5  | 5,2                                         | 1,5  | 5,9                 | 1,6  | 5,5                         | 1,7  | 5,8                                      | 1,6  | 6,3                            | 1,6  | 3,7                  | 1,5  | 3,6                                       | 1,6 | 4,7      | 1,7 | 5                                            | 1,5  | 4,6  | 1,6  | 5,4                  | 1,5  | 5,6                   | 1,5  |
| 1. Q. 23                                                              | 3,6       | 2,5  | 2,9  | 2,3  | 4,1                               | 2,5  | 3,7                                         | 2,5  | 4,3                 | 2,6  | 3,8                         | 2,5  | 4,1                                      | 2,5  | 4,6                            | 2,5  | 2,2                  | 2,4  | 1,9                                       | 2,4 | 3        | 2,5 | 3,2                                          | 2,4  | 2,9  | 2,5  | 3,5                  | 2,4  | 3,6                   | 2,3  |
| Apr 23                                                                | 6,8       | -0,9 | 6    | -0,8 | 7,3                               | -0,9 | 6,9                                         | -0,7 | 7,5                 | -0,9 | 7                           | -0,9 | 7,3                                      | -1   | 7,8                            | -1,2 | 5,4                  | -0,9 | 5,3                                       | -1  | 6,2      | -1  | 6,8                                          | -0,8 | 6,3  | -0,7 | 7,3                  | -0,8 | 7,4                   | -0,9 |
| Mai 23                                                                | 12,5      | 0    | 11,5 | -0,1 | 12,8                              | -0,1 | 12,2                                        | 0    | 13                  | -0,1 | 12,6                        | -0,1 | 12,9                                     | -0,2 | 13,3                           | -0,4 | 11,3                 | 0,2  | 11,3                                      | 0,1 | 12       | 0   | 12,7                                         | 0,3  | 12,1 | 0,5  | 13,1                 | 0,3  | 13,4                  | 0,4  |
| Jun 23                                                                | 17,9      | 2,7  | 16,9 | 2,6  | 18,2                              | 2,6  | 17,7                                        | 2,7  | 18,5                | 2,6  | 17,9                        | 2,4  | 18,1                                     | 2,2  | 18,6                           | 2,2  | 16,8                 | 2,9  | 16,6                                      | 2,6 | 17,2     | 2,4 | 18,1                                         | 3    | 17,6 | 3,1  | 18,4                 | 2,9  | 18,6                  | 2,8  |
| 2. Q. 23                                                              | 12,4      | 0,6  | 11,5 | 0,6  | 12,8                              | 0,5  | 12,3                                        | 0,7  | 13                  | 0,5  | 12,5                        | 0,5  | 12,8                                     | 0,4  | 13,2                           | 0,2  | 11,1                 | 0,6  | 11                                        | 0,5 | 11,8     | 0,4 | 12,6                                         | 0,9  | 12   | 1    | 12,9                 | 0,8  | 13,1                  | 0,7  |
| Jul 23                                                                | 18,6      | 1,2  | 17,1 | 0,7  | 18,9                              | 1    | 18,1                                        | 0,9  | 19,3                | 1,1  | 19                          | 1,3  | 19,6                                     | 1,4  | 20,1                           | 1,3  | 17,2                 | 1,2  | 17,4                                      | 1,3 | 18,6     | 1,6 | 18,4                                         | 1,1  | 17,7 | 1,2  | 18,8                 | 1,1  | 19                    | 1,1  |

Die farblich hinterlegten Felder ergeben sich aus den Einstufungen anhand der für den Referenzzeitraum 1981 - 2010 berechneten Perzentile. Als Perzentilschwelle für den orange hinterlegten Bereich gilt das 20er Perzentil (20 % der niedrigsten Monatsmittel), für den blau hinterlegten Bereich das 80er-Perzentil (80 % der höchsten Monatsmittel).  zu kalt im Vergleich zum langjährigen Mittel  zu warm im Vergleich zum langjährigen Mittel

## 8 Autoren

|                         |                                                                  |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <b>leichte Sprache:</b> | Jürgen Schindler (TMIL)                                          |
| <b>Kapitel 1 - 3:</b>   | Philip Mundhenk (FFK Gotha)                                      |
| <b>Kapitel 4.1:</b>     | Falk Böttcher (DWD)                                              |
| <b>Kapitel 4.2:</b>     | Ines Chmara (FFK Gotha)                                          |
| <b>Kapitel 4.3:</b>     | Falk Böttcher (DWD)                                              |
| <b>Kapitel 4.4:</b>     | Mathias Stürtz und Anett Wenzel (FFK Gotha)                      |
| <b>Kapitel 4.5:</b>     | Ines Chmara (FFK Gotha)                                          |
| <b>Kapitel 5:</b>       | Jörn Uth, Olaf Scheibe und Sven Pfeifer (Forstamt Bad Salzungen) |
| <b>Kapitel 6:</b>       | Frank Robisch (TMIL) und Philip Mundhenk (FFK Gotha)             |
| <b>Redaktion:</b>       | FFK Gotha und TMIL                                               |
| <b>Bilder:</b>          | ThüringenForst AöR, FFK Gotha                                    |

# Impressum

**Herausgeber:**

Thüringer Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft (TMIL)  
Referat Presse, Öffentlichkeitsarbeit  
Werner-Seelenbinder-Straße 8  
Telefon: 0361 / 57-411 1740  
99096 Erfurt  
[www.tmil.info](http://www.tmil.info)

**Redaktion:**

Referat 54, Forst-, Jagd- und Fischereipolitik  
Forstliches Forschungs- und Kompetenzzentrum Gotha

**Fotos:**

Titelbild: gesunder und abgestorbener Nadelwald - generiert mit KI Adobe Firefly  
ThüringenForst - Anstalt öffentlichen Rechts (AöR)  
TMIL/D. Santana (Bild Ministerin Susanna Karawanskij)

**Gestaltung und Satz:**

mach.art Werbeagentur Thüringen GmbH  
Am Viadukt 2  
99867 Gotha  
[www.machart-thueringen.de](http://www.machart-thueringen.de)

**Druck:**

Thüringer Landesamt für Bodenmanagement  
und Geoinformation (TLBG), Erfurt

Stand: Dezember 2023

**THÜRINGEN**  
**ENTWICKELN**  
**ZUKUNFT**  
**GESTALTEN**

**[WWW.TMIL.INFO](http://WWW.TMIL.INFO)**

