

Ulrike Talkner, Uwe Paar und Inge Dammann

<https://doi.org/10.5281/zenodo.5569012>

Das Forstliche Umweltmonitoring hat eine langjährige Geschichte und eröffnet damit einen guten Einblick in die Veränderung der Waldökosysteme. Die Umweltbedingungen haben sich in den vergangenen Jahrzehnten kontinuierlich verändert, aber das Ausmaß und die Geschwindigkeit der aktuellen Klimaveränderungen sind in der Geschichte des Forstlichen Umweltmonitorings einmalig. Die Waldschäden zu Zeiten des sauren Regens waren deutlich zu sehen, doch übertreffen die aktuellen Schäden in bestimmten Regionen und für einige Baumarten das damalige Ausmaß. Seit den 1980er Jahren wurden erfolgreich politische Maßnahmen ergriffen, um die versauernden Einträge in die Wälder zu minimieren. Nun stellt sich die Frage, ob wir auch erfolgreich in der Eindämmung des Klimawandels sein werden. Fest steht, dass die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen notwendig ist, um den menschengemachten Klimawandel abzumildern und damit den Zustand des Waldes zu stabilisieren.

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

Grundsätzlich werden im Forstlichen Umweltmonitoring folgende Kategorien unterschieden:

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

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

Die methodischen Instrumente des Forstlichen Umweltmonitorings sind europaweit nach den Grundsätzen des ICP Forests (2016) harmonisiert. Die Waldzustandserhebung (WZE) liefert als Übersichtserhebung Informationen zur Vitalität der Waldbäume unter dem Einfluss sich ändernder Umweltbedingungen. Das Stichprobenraster der Waldzustandserhebung ist darauf ausgelegt, die gegenwärtige Situation des Waldes landesweit repräsentativ abzubilden. Das Ergebnis ist das Gesamtbild des Waldzustandes für das Bundesland. Die Stichprobe der Waldzustandserhebung vermittelt ein zahlenmäßiges Bild zu dem Einfluss von Stürmen, Witterungsextremen sowie Insekten- und Pilzbefall. Lokale Befunde, wie sturmgefallene Bäume oder ein extremer Befall der Kiefer durch Pilze, können allerdings von dem landesweiten Ergebnis abweichen. Verschiedene Auswertungen belegen eine hohe Repräsentativität des Rasternetzes für verschiedene Fragestellungen.



Elektronische Zuwachsmessung

Foto: J. Weymar

## Waldzustandserhebung – Methodik und Durchführung

Die Waldzustandserhebung ist Teil des Forstlichen Umweltmonitorings in Hessen. Sie liefert als Übersichtserhebung Informationen zur Vitalität der Waldbäume unter dem Einfluss sich ändernder Umweltbedingungen. Die Aufnahmen zur Waldzustandserhebung erfolgten im Juli und August 2021. Sie sind mit qualitätssichernden Maßnahmen sorgfältig überprüft.

### Aufnahmeumfang

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

Die Rasterweite des landesweiten Stichprobennetzes beträgt 8 km x 8 km, in der Rhein-Main-Ebene werden zusätzlich Erhebungen im 4 km x 4 km-Raster durchgeführt. Nach einer Rasterüberprüfung im Frühjahr 2020 wurden 6 weitere WZE-Punkte in das 8 km x 8 km-Raster integriert, sodass jetzt 145 Erhebungspunkte zum Stichprobenkollektiv gehören. Die landesweite Auswertung erfolgte 2021 auf der Basis von 130 Erhebungspunkten, für die Rhein-Main-Ebene wurden 47 Erhebungspunkte ausgewertet. Dieser Aufnahmeumfang ermöglicht repräsentative Aussagen zum Waldzustand auf Landesebene und für die Rhein-Main-Ebene.





Kamera zur Erfassung der Phänologie

Foto: M. Spielmann

Für den Parameter mittlere Kronenverlichtung zeigt die Tabelle unten die 95 %-Konfidenzintervalle (= Vertrauensbereiche) für die Baumarten und Altersgruppen der WZE-Stichprobe 2021. Je weiter der Vertrauensbereich, desto unschärfer sind die Aussagen. Die Weite des Vertrauensbereiches wird im Wesentlichen beeinflusst durch die Anzahl der Stichprobenpunkte in der jeweiligen Auswerteeinheit und die Streuung der Kronenverlichtungswerte. Für relativ homogene Auswerteeinheiten mit relativ gering streuenden Kronenverlichtungen sind enge Konfidenzintervalle auch bei einer geringen Stichprobenanzahl sehr viel leichter zu erzielen als für heterogene Auswerteeinheiten, die sowohl in der Altersstruktur als auch in den Kronenverlichtungswerten ein breites Spektrum umfassen.

95 %-Konfidenzintervalle für die Kronenverlichtung der Baumarten- und Altersstufen der Waldzustandserhebung 2021 in Hessen. Das 95 %-Konfidenzintervall (= Vertrauensbereich) gibt den Bereich an, in dem der wahre Mittelwert mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % liegt.

| Baumarten-<br>gruppe | Alters-<br>gruppe | Anzahl<br>Bäume | Anzahl<br>Plots | Raster | 95%-Konfidenz-<br>intervall (+/-) |
|----------------------|-------------------|-----------------|-----------------|--------|-----------------------------------|
| Buche                | alle Alter        | 1213            | 99              | 8x8 km | 3,7                               |
|                      | bis 60 Jahre      | 156             | 24              | 8x8 km | 3,2                               |
|                      | über 60 Jahre     | 1057            | 78              | 8x8 km | 3,7                               |
| Eiche                | alle Alter        | 351             | 57              | 8x8 km | 3,3                               |
|                      | bis 60 Jahre      | 45              | 9               | 8x8 km | 5,2                               |
|                      | über 60 Jahre     | 306             | 48              | 8x8 km | 3,3                               |
| Fichte               | alle Alter        | 335             | 45              | 8x8 km | 9,5                               |
|                      | bis 60 Jahre      | 164             | 21              | 8x8 km | 7,3                               |
|                      | über 60 Jahre     | 171             | 26              | 8x8 km | 12,3                              |
| Kiefer               | alle Alter        | 559             | 51              | 8x8 km | 3,7                               |
|                      | bis 60 Jahre      | 34              | 6               | 8x8 km | 24,1                              |
|                      | über 60 Jahre     | 525             | 45              | 8x8 km | 3,8                               |
| andere<br>Laubbäume  | alle Alter        | 397             | 47              | 8x8 km | 4,7                               |
|                      | bis 60 Jahre      | 284             | 28              | 8x8 km | 5,1                               |
|                      | über 60 Jahre     | 113             | 22              | 8x8 km | 10,9                              |
| andere<br>Nadelbäume | alle Alter        | 241             | 41              | 8x8 km | 5,8                               |
|                      | bis 60 Jahre      | 128             | 20              | 8x8 km | 9,3                               |
|                      | über 60 Jahre     | 113             | 21              | 8x8 km | 10,9                              |
| alle<br>Baumarten    | alle Alter        | 3096            | 129             | 8x8 km | 2,4                               |
|                      | bis 60 Jahre      | 811             | 43              | 8x8 km | 3,6                               |
|                      | über 60 Jahre     | 2285            | 100             | 8x8 km | 2,5                               |

## Aufnahmeparameter

Bei der Waldzustandserhebung erfolgt eine visuelle Beurteilung des Kronenzustandes der Waldbäume, denn Bäume reagieren auf Umwelteinflüsse u. a. mit Änderungen in der Belaubungsdichte und der Verzweigungsstruktur. Wichtigstes Merkmal ist die Kronenverlichtung der Waldbäume, deren Grad in 5 %-Stufen für jeden Stichprobenbaum erfasst wird. Die Kronenverlichtung wird unabhängig von den Ursachen bewertet, lediglich mechanische Schäden (z. B. das Abbrechen von Kronenteilen durch Wind) gehen nicht in die Berechnung der Ergebnisse der Waldzustandserhebung ein. Die Kronenverlichtung ist ein unspezifisches Merkmal, aus dem nicht unmittelbar auf die Wirkung von einzelnen Stressfaktoren geschlossen werden kann. Sie ist daher geeignet, allgemeine Belastungsfaktoren der Wälder aufzuzeigen. Bei der Bewertung der Ergebnisse stehen nicht die absoluten Verlichtungswerte im Vordergrund, sondern die mittel- und langfristigen Trends der Kronenentwicklung. Zusätzlich zur Kronenverlichtung werden weitere sichtbare Merkmale an den Probestämmen wie der Vergilbungsgrad der Nadeln und Blätter, die aktuelle Fruchtbildung sowie Insekten- und Pilzbefall erfasst.

## Mittlere Kronenverlichtung

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

## Starke Schäden

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



Niederschlagsmessgerät

Foto: H. Heinemann



# Forstliches Umweltmonitoring und Integrierter Klimaschutzplan Hessen 2025

## Absterberate

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

## Ausfallrate

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

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

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

## Integrierter Klimaschutzplan Hessen

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

Zum Konzept des Klimaschutzplans tragen verschiedene forstliche Projekte bei. Eines der als prioritär eingestuften Projekte ist: „Klimarisikokarten Forst – Verbesserte Beratungsgrundlagen für neue Herausforderungen an hessische Waldbesitzer“. Eine wichtige Herausforderung ist die Baumartenwahl auf gestörten Waldflächen. Um einen vielgestaltigen Wald der Zukunft aufbauen zu können, sind flächendeckend Informationen zu forstlichen Standorten zu erheben. Dazu werden im Verbund zwischen der NW-FVA, Hessen-Forst und dem Hessischen Waldbesitzerverband in der ersten Phase unterschiedliche Informationen zu Waldböden zusammengeführt und in Karten dargestellt. Auf der Grundlage der Daten sowie bestehender und neuer Modellentwicklungen der NW-FVA werden Anpassungsstrategien für den Waldbau unter den veränderten Rahmenbedingungen entwickelt. Für die Projektion werden die vom ReKliEs-Projekt (Regionale Klimaprojektionen Ensemble) erstellten Klimaszenarien in Form von Ensembles verwendet. Es wird ein Entscheidungsunterstützungssystem für Waldbesitzer aller Besitzarten entwickelt.

Ein weiteres laufendes Projekt des Integrierten Klimaschutzplans Hessen hat zum Ziel, häufige und weniger häufige Baumarten auf ihre Eignung für Wälder im Klimawandel zu überprüfen. Es wird insbesondere Wert auf eine standortgerechte Baumartenwahl und Bestandesbehandlung unter Berücksichtigung des Standorts-/Leistungsbezuges, aber auch mit Blick auf biotische oder abiotische Risiken gelegt. Dazu ist eine Analyse der Waldentwicklung in Hessen vorgesehen. Insgesamt haben die Maßnahmen zum Ziel, dazu beizutragen, gut durchmischte, artenreiche Wälder langfristig zu sichern, die klimaangepasst und klimaresilient sind.

## Literatur

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



WZE-Aufnahmeteams bei der Schulung im Juli 2021

Foto: M. Spielmann