

Forstliches Umweltmonitoring

Aufgaben

Die natürliche zeitliche Veränderung der Waldbestände, Managementmaßnahmen und vor allem biotische und abiotische Einflüsse der Umwelt führen zu Veränderungen in Waldökosystemen. Hinzu kommt, dass die Ansprüche der Gesellschaft an den Wald weit gefächert sind und gesellschaftliche Veränderungen widerspiegeln. Während noch vor wenigen Jahrzehnten der Kohlenstoffspeicherung in Waldböden keine besondere Bedeutung zugemessen wurde, erlangt heute der Kohlenstoffvorrat in Waldböden und seine Veränderung ein zunehmendes wissenschaftliches, politisches und wirtschaftliches Interesse. Waldfunktionen als Ausdruck gesellschaftlicher Erwartungen können nur dann nachhaltig entwickelt, gesichert und bewirtschaftet werden, wenn sie in ihrem Zustand und in ihrer Veränderung zahlenmäßig darstellbar sind.

Das Forstliche Umweltmonitoring leistet dazu einen wesentlichen Beitrag. Es erfasst mittel- bis langfristig Einflüsse der Umwelt auf die Wälder wie auch deren Reaktionen, zeigt Veränderungen von Waldökosystemen auf und bewertet diese auf der Grundlage von Referenzwerten. Die forstliche Umweltkontrolle leistet Beiträge zur Daseinsvorsorge, arbeitet die Informationen bedarfsgerecht auf, erfüllt Berichtspflichten, gibt für die Forstpraxis Entscheidungshilfen und berät die Politik auf fachlicher Grundlage.

Konzept

Grundsätzlich werden im Forstlichen Umweltmonitoring waldfächenrepräsentative Übersichtserhebungen auf Rasterebene (Level I), die intensive Dauerbeobachtung ausgewählter Waldökosysteme im Rahmen verschiedener Beobachtungsprogramme (Bodendauerbeobachtungsprogramm (BDF), Level II, Waldökosystemstudie Hessen (WÖSSH)) sowie Experimentalflächen unterschieden.

Das Konzept umfasst folgende Monitoringprogramme, wobei einzelne Monitoringflächen mehreren Programmen zugeordnet sein können:



Stammablaufmessanlage auf der Level II-Fläche Solling, Buche
Foto: H. Heinemann

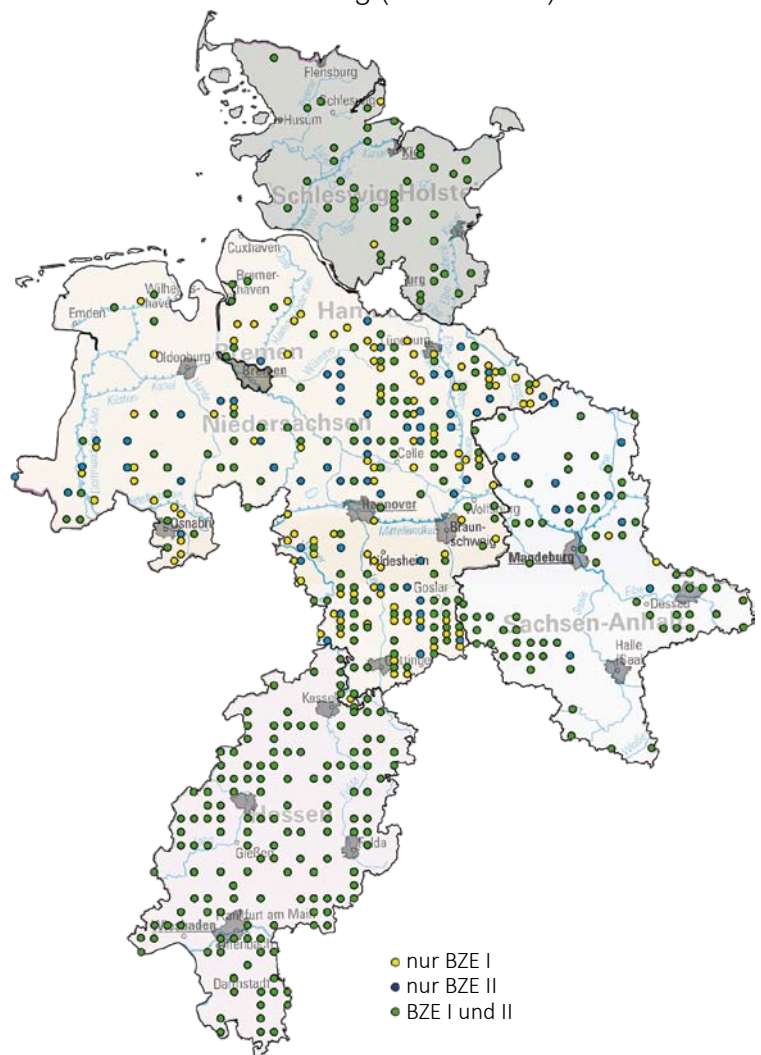
- Level I (Übersichtserhebungen)
- BDF (Bodendauerbeobachtungsprogramm)
- Level II (ICP Forests Intensive Monitoring Plots)
- Level II Core (Level II mit intensivierten Erhebungen)
- WÖSSH (Waldökosystemstudie Hessen)
- Experimentalflächen; dazu zählen:
Forsthydrologische Forschungsgebiete, Flächen zur Bodenschutzkalkung und zur Nährstoffergänzung sowie zur wasser- und stoffhaushaltsbezogenen Bewertung von Nutzungsalternativen.

An den Level I-Plots werden folgende Erhebungen durchgeführt:

- Kronen- und Baumzustand, abiotische und biotische Faktoren (auf allen Stichprobenpunkten der Waldzustandserhebung (WZE) und der Bodenzustandserhebung (BZE)). Auf den BZE-Punkten werden zusätzlich Baumwachstum, Nadel-/Blattnahrung, Bodenvegetation und der morphologische, physikalische und chemische Bodenzustand untersucht. Auf dem BZE-Netz erfolgt zusätzlich in einer fünften Traktecke eine Erhebung von Daten entsprechend dem Verfahren der Bundeswaldinventur.

Auf Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) werden langfristig standorts-, belastungs- und nutzungsspezifische Einflüsse auf Waldböden erfasst. BDF dienen als Eichstelle und der Vorsorge für rechtzeitige Maßnahmen zum Schutz von Böden in ihrer Substanz und ihren Funktionen. Das BDF-

Übersichtserhebung (Level I - BZE)



Forstliches Umweltmonitoring

Programm umfasst für forstlich genutzte Flächen folgende Erhebungen (Höper und Meesenburg 2012):

- Chemischer und physikalischer Bodenzustand, Nadel-/Blatternahrung, Baumwachstum, Bodenvegetation, Kronen- und Baumzustand, abiotische und biotische Faktoren.

Auf Intensiv-BDF werden zusätzlich Erhebungen zum Wasser- und Stoffhaushalt von Waldböden durchgeführt:

- Deposition, Bodenlösung, Streufall, Meteorologie und Bodenhydrologie.

Auf den Flächen der Waldökosystemstudie Hessen werden auf repräsentativen Standorten Waldökosystemzustände und -prozesse beobachtet, um Veränderungen von Waldfunktionen durch Umwelteinflüsse festzustellen. Die Erhebungen auf WÖSSH-Flächen beinhalten folgende Indikatoren:

- Deposition, Bodenlösung, Nadel-/Blatternahrung, Baumwachstum, Kronen- und Baumzustand, abiotische und biotische Faktoren, chemischer und physikalischer Bodenzustand sowie Bodenvegetation.

Das Monitoring auf Level II-Flächen (Standard) umfasst nach der Modifizierung im Rahmen der ICP Forests Manual revision 2010 folgende Erhebungen:

- Kronen- und Baumzustand, abiotische und biotische Faktoren, Baumwachstum, Nadel-/Blatternahrung, Bodenvegetation, Deposition, Bodenzustand.

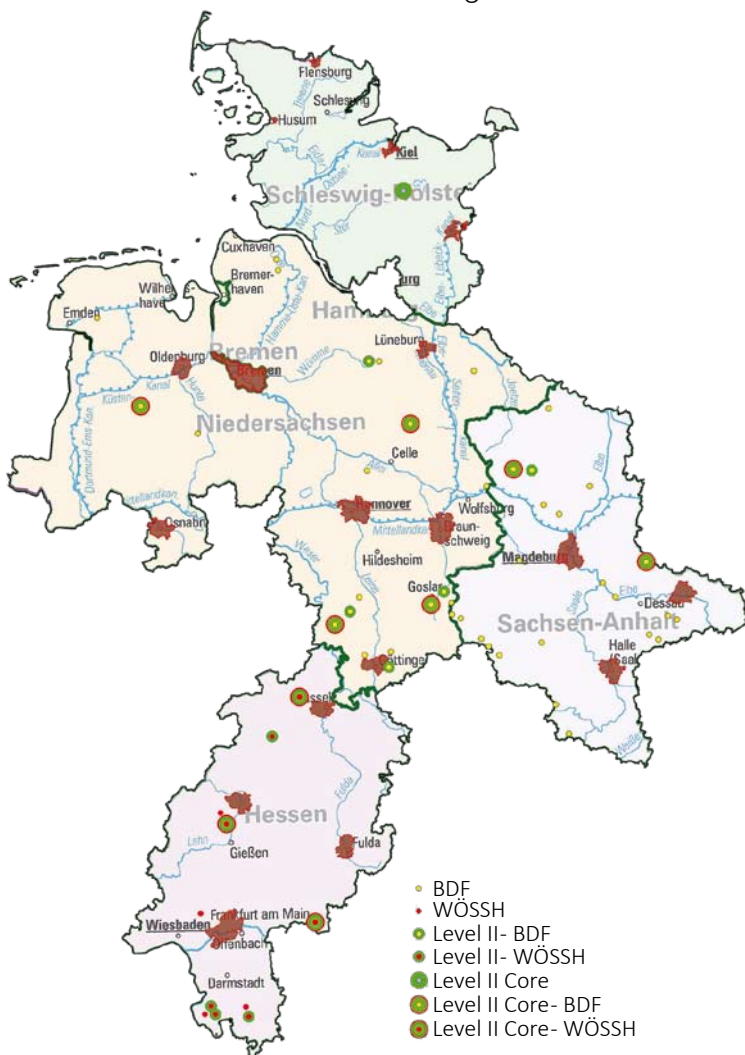
Level II Core-Flächen sind eine Unterstichprobe der Level II-Flächen. Sie haben die Zielsetzung einer möglichst umfassenden Beobachtung. Neben den Erhebungen auf Level II-Standardflächen sind hier folgende Erhebungen verpflichtend durchzuführen (ICP Forests 2010):

- Streufall, Baumphänologie, Baumwachstum (intensiviert), Bodenlösung, Bodenfeuchte, Luftqualität, Meteorologie.

Die im Forstlichen Umweltmonitoring verwendeten Instrumente der Ökosystemüberwachung stehen europaweit harmonisiert nach den Grundsätzen des ICP Forests (Wellbrock et al. 2006) sowie dem Handbuch Forstliche Analytik (BMELV (Hrsg.) 2005) zur Verfügung. Qualitätssichernde und -prüfende Maßnahmen sind danach verbindlich vorgeschrieben. Sie bestätigen die Qualität und die Nutzbarkeit der Ergebnisse. Das Untersuchungsdesign der forstlichen Umweltkontrolle für die Bereiche Level I, intensives forstliches Umweltmonitoring und Experimentalfächen für die Länder Hessen, Niedersachsen, Bremen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein zeigen die Abbildungen unten.

In Hessen umfasst das Level I-Netz 139 Inventurpunkte, das intensive Forstliche Umweltmonitoring 11 Monitoringflächen und 27 Experimentalfächen. Das hessische Bodendauerbeobachtungsprogramm fällt in die Zuständigkeit des HLUG (Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie). Die hessischen Bodendauerbeobachtungsflächen sind daher nicht in der Abbildung unten dargestellt.

Intensives Monitoring



Experimentalfächen



Forstliches Umweltmonitoring

Neue rechtliche Grundlage für das Forstliche Umweltmonitoring in Deutschland (ForUm)

Die grundlegenden Verfahren des Forstlichen Umweltmonitorings wurden durch eine Anpassung des Bundeswaldgesetzes gefestigt. Der § 41a stellt erstmalig eine rechtliche Grundlage zur Durchführung von Walderhebungen in Deutschland dar. Gestützt darauf, trat zu Beginn des Jahres 2014 eine Rechtsverordnung zum Forstlichen Umweltmonitoring in Kraft und stellt die kontinuierliche Arbeit im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings sicher.

Angefangen hat das Forstliche Umweltmonitoring aber schon viel früher im Solling in Niedersachsen. Die Waldentwicklung Ende der 1960er Jahre stand im Zeichen hoher Säure- und Schwefeleinträge sowie entsprechender Schädigungsmuster betroffener Wälder. Sichtbare Veränderungen der Wälder waren für Wissenschaftler, aber auch für Förster und für die Öffentlichkeit erkennbar. Als Geburtsstunde des Forstlichen Umweltmonitorings in Deutschland können Untersuchungen von Prof. Dr. Bernhard Ulrich (Universität Göttingen) bezeichnet werden, die Ende der 60er Jahre begannen. Ulrich untersuchte im Solling in Fichten- und Buchenwäldern den Eintrag an Luftschadstoffen und den Austrag an Nährstoffen mit dem Sickerwasser. Mit dem Durchgang durch das Waldökosystem verändert sich die chemische Zusammensetzung des Niederschlags. Aus dem Maß der Veränderung konnte auf einen weitreichenden Säureeintrag in die Wälder geschlossen werden. Mitte der 70er Jahre erreichten die Einträge an Säure, Schwefel und Stickstoff Höchstwerte. Anfang der 80er Jahre wurden die sichtbaren Veränderungen der Wälder immer deutlicher und das Monitoring durch die Waldzustandserhebung erweitert. Die mit Messungen nachweisbare und mit dem Auge an den Waldbäumen sichtbare Wahrnehmung veränderter Umweltbedingungen führte zu einem starken Interesse der Medien und zu politischen Entscheidungen.

Daten des nun entwickelten Forstlichen Umweltmonitorings hatten Einfluss darauf, dass nationale wie internationale umweltpolitische Maßnahmen den Eintrag von Schwefel in die

Wälder wirksam zu reduzieren vermochten. Die Waldbewirtschaftung zog mit. Die Anpassungsfähigkeit der Wälder wurde durch mehr Mischwälder und durch eine Schutzkalkung für Waldböden gesteigert. Mit der Zeit traten allerdings durch unverändert hohe Stickstoffeinträge und den Klimawandel neue Herausforderungen auf.

Auch weitete sich das räumliche Verständnis der Wirkungen von Luftverunreinigungen auf die Wälder aus. Bereits 1979 schuf die Genfer Luftreinhaltekonvention die Grundlage für europaweite umweltpolitische Maßnahmen und für weitere Untersuchungen der Wälder. Ein wesentlicher Erfolg dieser Arbeit sind regelmäßig dem Wissensstand angepasste Handbücher („ICP Forests manual“), die staatenübergreifend genaue Vorgaben für zu verwendende Methoden im Umweltmonitoring leisten.

An diesen Beispielen wird deutlich, dass das forstliche Umweltmonitoring verpflichtet ist, bestehende Kern-Zeitreihen weiterzuführen, sich andererseits flexibel und zukunftsgerichtet auf neue Themen einstellen muss.

Im Bundeswaldgesetz ist geregelt, dass das Forstliche Umweltmonitoring eine gemeinschaftliche Leistung von Bund und Ländern ist. Das nun gesetzlich verankerte Forstliche Umweltmonitoring nutzt die methodische Grundlage des ICP Forests und passt sie an die Gegebenheiten bei uns an. Gegenwärtig wird in einer vom Bundeslandwirtschaftsministerium (BMEL) geleiteten Arbeitsgruppe aus Bund und Ländern das Durchführungskonzept des Forstlichen Umweltmonitorings erarbeitet. An dieses schließen sich die so genannten Leitfäden an, die konkrete Handlungsanweisungen für die zu erhebenden Merkmale definieren.

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..

Aufnahmeumfang

Die Waldzustandserhebung erfolgt auf mathematisch-statistischer Grundlage. Auf einem systematisch über Hessen verteilten Rasternetz werden seit 1984 an jedem Erhebungspunkt Stichprobenbäume begutachtet. In einsehbaren Beständen sind Kreuztrakte mit markierten Stichprobenbäumen angelegt. In dichten, nicht einsehbaren Beständen werden in Quadrattrakten Stichprobenbäume ausgewählt.

Die Rasterweite des landesweiten Stichprobennetzes beträgt 8 km x 8 km, in der Rhein-Main-Ebene werden zusätzliche Erhebungen im 4 km x 4 km-Raster durchgeführt. Die landesweite Auswertung erfolgte 2015 auf der Basis von 131 Punkten, für die Rhein-Main-Ebene wurden insgesamt 49 Punkte ausgewertet. Dieser Aufnahmeumfang ermöglicht repräsentative Aussagen zum Waldzustand auf Landesebene und für die Rhein-Main-Ebene. Für den Parameter mittlere Kronenverlichtung zeigt die Tabelle aus Seite 29 die 95 %-Konfidenzintervalle für die Baumarten und Altersgruppen der WZE-Stichprobe 2015. 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 Auswer-



Foto: R. Steffens

Forstliches Umweltmonitoring

teeinheit 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. Mit dem 8 km x 8 km-Raster werden – mit Abstrichen bei der jüngeren Buche, Eiche und Kiefer, den anderen Laubbäumen (alle Alter, über 60 Jahre) und den anderen Nadelbäumen (über 60 Jahre) – für die Baumartengruppen belastbare Ergebnisse für die Kronenverlichtungswerte erzielt.

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.

95 %-Konfidenzintervalle für die Kronenverlichtung der Baumartengruppen und Altersstufen der Waldzustandserhebung 2015 in Hessen. Das 95 %-Konfidenzintervall (= Vertrauensbereich) gibt den Bereich an, in dem der wahre Mittelwert mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % liegt.

Baumarten- gruppe	Altersgruppe	Anzahl Bäume	Anzahl Plots	Raster	95%-Konfidenz- intervall (+/-)
Buche	alle Alter	1113	92	8x8 km	3,0
	bis 60 Jahre	108	17	8x8 km	6,0
	über 60 Jahre	1005	76	8x8 km	2,8
Eiche	alle Alter	322	55	8x8 km	2,9
	bis 60 Jahre	44	10	8x8 km	14,1
	über 60 Jahre	278	46	8x8 km	2,9
Fichte	alle Alter	626	57	8x8 km	4,1
	bis 60 Jahre	280	23	8x8 km	1,7
	über 60 Jahre	346	35	8x8 km	4,0
Kiefer	alle Alter	584	49	8x8 km	2,2
	bis 60 Jahre	26	6	8x8 km	11,7
	über 60 Jahre	558	43	8x8 km	2,2
andere Laubbäume	alle Alter	275	40	8x8 km	5,5
	bis 60 Jahre	163	21	8x8 km	3,7
	über 60 Jahre	112	22	8x8 km	8,9
andere Nadelbäume	alle Alter	224	39	8x8 km	4,5
	bis 60 Jahre	127	22	8x8 km	3,3
	über 60 Jahre	97	19	8x8 km	5,4
alle Baumarten	alle Alter	3144	131	8x8 km	1,9
	bis 60 Jahre	748	40	8x8 km	2,4
	über 60 Jahre	2396	103	8x8 km	1,7

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 % sowie Bäume mittlerer Verlichtung (30-60 %), die zusätzlich Vergilbungen über 25 % aufweisen, zusammengefasst.

Durchführungsoptimierung und Qualitätssicherung durch spezifische Datenbankapplikation

Die datentechnische Verarbeitung der jährlichen Waldzustands-Aufnahmen wird an der NW-FVA in allen Teil-Arbeitsschritten seit über 10 Jahren durch eine spezifische Datenbank-Anwendung gesteuert. Die Gesamt-Datenbestände der vier Partnerländer liegen seit dem jeweiligen Messbeginn zeitübergreifend einheitlich und vollständig in dieser auf der Datenbank ECO basierenden Umgebung vor. Im Vordergrund stehen dabei

- die lückenlose, fehlerfreie und harmonisierte Erfassung aller Einzelinformationen und
- deren zeitübergreifende Verfügbarkeit einschließlich der Dokumentation methodischer Modifikationen.

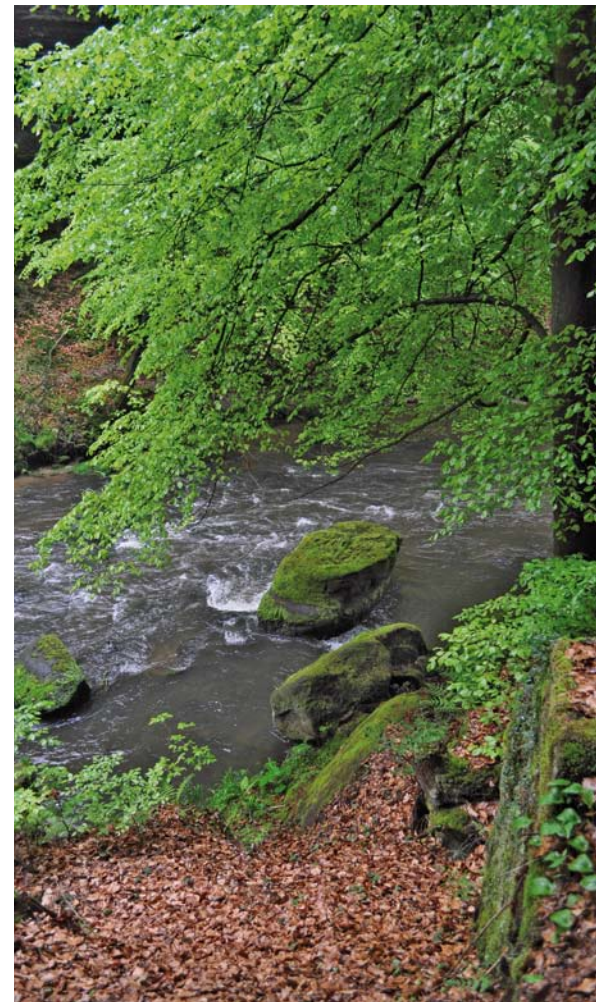


Foto: J. Evers

Forstliches Umweltmonitoring

Dazu wurden die erforderlichen Verfahrensschritte und Prüfroutinen in einer Endbenutzer-Applikation implementiert, mit der auch Standard-Auswertungen und -Datenexporte automatisiert durchgeführt werden können.

Das Datenmanagement unterstützt dabei folgende Bereiche:

■ Arbeitsorganisation

Grundsätzlich besteht eine rechteabhängige Zugriffssteuerung, d. h. der Personenkreis, der bestimmte Teilarbeiten im WZE-Kontext durchführen kann, wird auf entsprechend geschultes Personal eingeschränkt.

Es lässt sich jederzeit ein Überblick über bereits durchgeführte und noch ausstehende Arbeitsschritte generieren.

■ Erstellen flächenspezifischer Erfassungsformulare

Die Erhebungen erfolgen auf jahresaktuell automatisiert generierten Feldbelegen, die wichtige Vorab-Informationen enthalten und die Teams bei der Auffindung der Versuchsflächen und der Identifizierung der WZE-Bäume unterstützen. Pflichteinträge sind baumartenspezifisch hervorgehoben. Nicht in Frage kommende Angaben werden baumartenspezifisch gestrichen. Auf Sondersituationen wie z. B. die abweichende Lage von Satelliten wird hingewiesen.

■ Datenerfassung

Nach Abschluss der Felderhebungen werden zunächst etwaige strukturelle Veränderungen auf den Versuchsflächen in die Datenbank übernommen. Dies umfasst die Ersatzbaumthematik, etwaige methodische Änderungen wie Traktwechsel, oder Änderungen des Flächen-Status (z. B. ruhend, temporär stillgelegt, endgültig ausgeschieden). Im Anschluss erfolgt die Eingabe der eigentlichen Erhebungsdaten. Diese unterliegt einer mehrstufigen Prüfung auf Vollständigkeit, zulässige Parameterwerte und korrekten Baumartenbezug. Weiterhin werden Interparameter-Abgleiche (z. B. Absterbegrund vs. Kronenverlichtung) und die Analyse zeitlicher Parameter-Verläufe (z. B. zunehmender Baumumfang, Folgewerte nach 100 % Kronenverlichtung) durchgeführt. Für die Kernparameter Kronenverlichtung und Vergilbung erfolgen zwingend unabhängige Doppeleingaben zur Aufdeckung etwaiger Eingabefehler.

■ Übergeordnete Prüf- und Kontrollroutinen

Die inhaltliche Plausibilität und Vollständigkeit kann jederzeit isoliert von der aktuellen Datenerfassung mit einer Vielzahl von Funktionen geprüft und sichergestellt werden. So können u. a. auffällige Wertesprünge (unwahrscheinliche Verläufe) oder heterogene Begründungsjahre einer Baumart auf einem Plot detektiert werden. Zur Wahrung der strukturellen Integrität lassen sich z. B. die Baumzahlen oder die Traktarten und abhängige, konventionsgebundene Bezeichnungen analysieren.

■ Standardverrechnungen

Die Schadstufen, die mittlere Kronenverlichtung, die Mortalität und Fruktifikationsklassen können für beliebige Plotkollektive Einzelbaum-bezogen, Baumarten-bezogen oder Hauptbaumartengruppen-bezogen automatisiert abgeleitet und graphisch dargestellt werden. Es bestehen weitere Filter- und Eingrenzungsmöglichkeiten, wie z. B. Traktarten, Mindestbaumartenanteil, frei definierbare Alterstufen oder die Flächenrepräsentanz in verschiedenen Erhebungssubnetzen (z. B. Haupttraster und Verdich-

tungen). Diese Standard-Auswertungsergebnisse sowie die Urdaten lassen sich zu weiteren Analysen jeweils in standardisierter Form als Datei exportieren. Sie sind auch unmittelbar in der Form von Zeitreihen produzierbar.

■ Datenexport Bund / EU

Ein definierter Teil-Datensatz wird jährlich den Fachbehörden des Bundes und der EU zur übergreifenden Auswertung zur Verfügung gestellt. Auch hierzu existieren Prozeduren, die die erforderlichen technisch-strukturellen und inhaltlichen Anpassungen, die recht aufwändig und fehlerträchtig sind, automatisiert durchführen (z. B. Zuordnung abweichender Plotidentifikatoren bei Bund und EU, Übersetzung der intern verwendeten Begriffe der sog. „Nationalen Liste“ von Schadmerkmalen auf die formalen Parameter des ICP Forests, Zuweisung abweichender kategorialer Bezeichnungen).

Der initial erhebliche Aufwand für die Erstellung der Programmvorgaben und für die Programmierung wurde mittelfristig durch die Standardisierung von Benennungen und Verfahren sowie den dadurch bedingten Wegfall sonst jährlich wiederkehrender Kontroll- und Auswertungsarbeiten mehr als kompensiert. Die datenbankgestützte Verwaltung der WZE-Daten stellt sich als zentrales Werkzeug der Qualitätssicherung und Aufwandsminimierung dar.

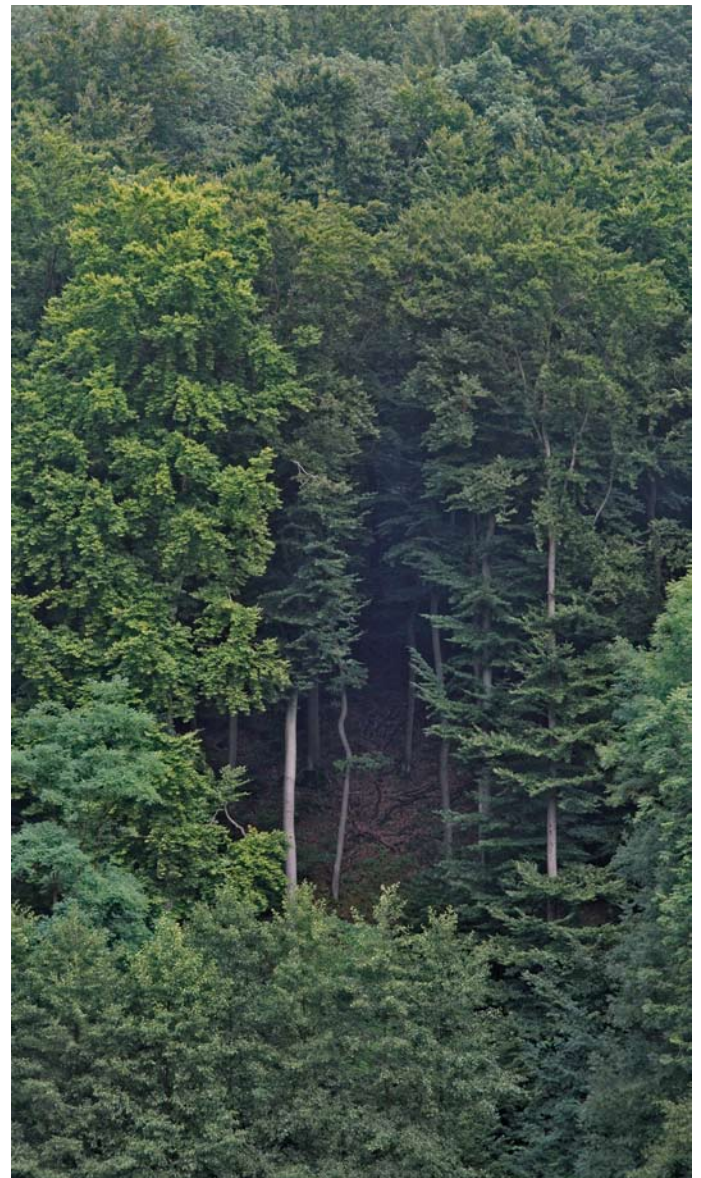


Foto: R. Steffens