

Forstliches Umwelt- monitoring in Deutschland

Durchführungskonzept Forstliches Umweltmonitoring



„Die Erhebungen des forstlichen Umweltmonitorings zeigen uns, wie es unseren Wäldern geht. Sie helfen uns zu verstehen, wie Waldökosysteme funktionieren.“

Liebe Leserinnen und Leser,

das forstliche Umweltmonitoring kann auf eine mehr als dreißigjährige Geschichte zurückblicken. Eingeführt wurde es im Zuge der hohen Säureeinträge in den Wäldern der achtziger Jahre. Heute geht es um weit mehr als nur um die Stoffeinträge.

Die Erhebungen zeigen uns, wie es unseren Wäldern geht. Sie helfen uns zu verstehen, wie Waldökosysteme funktionieren, und sie erlauben uns, langfristige Entwicklungen abzuschätzen. Das forstliche Umweltmonitoring leistet auch einen Beitrag zum besseren Verständnis der Rolle des Waldes als Klimaschützer, als Rohstofflieferant und als Erholungsraum.

Der Wald, die nachhaltige Waldbewirtschaftung und die Verwendung von Holzprodukten leisten einen ganz entscheidenden Beitrag zur Minderung der Treibhausgase und tragen nennenswert dazu bei, die ambitionierten Klimaziele der Bundesregierung zu erreichen. Aber unser Wald ist nicht nur ein großer Klimaschützer. Er bietet gleichzeitig Arbeit und Einkommen, insbesondere in den ländlichen Regionen. Er ist Heimat für viele geschützte Tiere und Pflanzen und gleichzeitig wichtiger Erholungsraum.

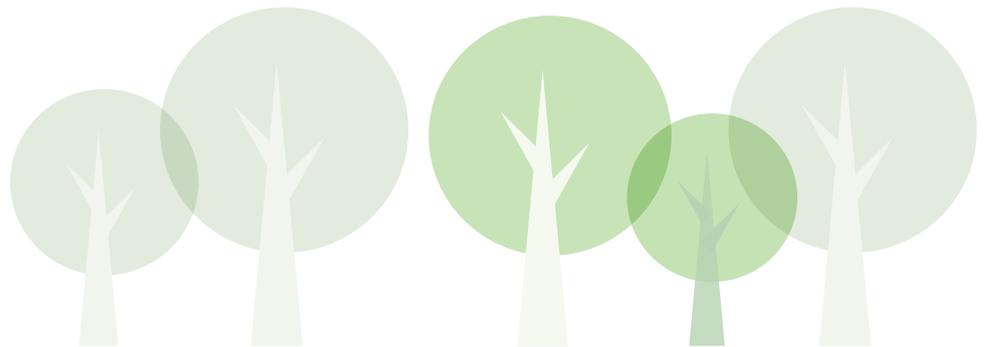
Nicht nur die Ansprüche an die Funktionen des Waldes haben sich weiter entwickelt, sondern auch sein Gesundheitszustand. Die heutigen Daten belegen eine Abnahme der versauernden Einträge von Luftschadstoffen und eine Erholung der Waldböden. Die Anpassungsfähigkeit der Wälder hat sich durch ein verändertes Waldmanagement deutlich verbessert. Dem deutschen Wald geht es gut!

Damit es so bleibt, ist die ganzheitliche forstliche Datenerfassung und Auswertung eine unverzichtbare Informationsquelle auch für künftige forst- und umweltpolitische sowie betriebliche Entscheidungen geworden und unterstützt die Strategien der nachhaltigen Waldbewirtschaftung des Bundes und der Länder.

Christian Schmidt MdB
*Bundesminister für Ernährung
 und Landwirtschaft*



Abbildung 1: Fläche des intensiven forstlichen Umweltmonitorings mit Streufall- und Depositionssammlern



Inhaltsverzeichnis

1.	Ausgangslage	7
2.	Rechtliche Grundlagen, Organisation und Zusammenarbeit zwischen Bund und Ländern	9
2.1	Rechtliche Grundlagen	9
2.2	Walderhebungen gem. § 41a BWaldG	9
2.3	Durchführungskonzept und Leitfaden zum ForUm	10
2.4	Zusammenarbeit von Bund und Ländern	10
2.5	Dateninfrastruktur und Datennutzung	11
3.	Ziele und Aufgaben	12
3.1	Übergeordnete Ziele des forstlichen Umweltmonitorings	12
3.2	Beiträge zur Erfüllung gesellschaftlicher Ziele und Aufgaben	13
3.3	Beiträge zur Erfüllung forstbetrieblicher Ziele und Aufgaben	13
4.	Kooperationen mit anderen Programmen	14
4.1	Kooperationen auf politisch-rechtlicher Grundlage: Erfüllung von nationalen und internationalen Berichtspflichten	14
4.2	Weitere nationale und internationale Kooperationen	16
4.3	Kooperationen mit Einrichtungen in den Ländern	16
4.4	Kooperationen mit wissenschaftlichen Einrichtungen	16
5.	Das forstliche Umweltmonitoring: Aufbau und Struktur	17
5.1	Grundlagen	17
5.2	Forstliches Umweltmonitoring auf systematischen Stichprobennetzen	18
5.2.1	<i>Waldzustandserhebung (Kronenzustandserhebung)</i>	18
5.2.2	<i>Bodenzustandserhebung</i>	18
5.3	Intensives forstliches Umweltmonitoring	18
6.	Begriffserläuterungen zum nationalen forstlichen Umweltmonitoring	23
7.	Literatur	26
8.	Anlagen	27
	Anlage 1: Übersicht über Erhebungsmerkmale des forstlichen Umweltmonitorings	27
	Anlage 2: Liste der Beobachtungsflächen des intensiven forstlichen Umweltmonitorings	32
	Abbildungsverzeichnis	39

Präambel

Das forstliche Umweltmonitoring¹ liefert belastbare Daten und Erkenntnisse über Zustand und Entwicklung der Wälder.

Es leistet Beiträge zum Schutz und zur Erhaltung und Anpassung von Waldökosystemen an sich verändernde Umweltbedingungen.

Das forstliche Umweltmonitoring erarbeitet fachliche Grundlagen für forst- und umweltpolitische sowie für forstbetriebliche Entscheidungen im Sinne einer nachhaltigen Waldentwicklung und -bewirtschaftung. Es unterstützt hiermit Strategien des Bundes und der Länder.

Das forstliche Umweltmonitoring nutzt die Daten für eigene wissenschaftliche Arbeiten und stellt die Daten zur Verfügung. Die Infrastruktur des forstlichen Umweltmonitorings kann für weiterführende Forschung zum Verständnis von Waldökosystemen genutzt werden. Die Akteure des forstlichen Umweltmonitorings bieten dazu Kooperationen an.



¹ „Forstliches Umweltmonitoring“ steht sowohl für die Untersuchungen und ihre Ergebnisse als auch für die Einrichtungen und die beteiligten Personen.



1.

Ausgangslage

Das **forstliche Umweltmonitoring (ForUm)** geht auf die Waldschadensforschung der 80er Jahre zurück. 1982 begann in Deutschland die Erfassung der „neuartigen Waldschäden“. 1984 wurde die Waldzustandserhebung (Kronenzustandserhebung) erstmalig im gesamten damaligen Bundesgebiet und Westberlin als Stichprobenerhebung durchgeführt. Dabei werden der Kronen- und der Baumzustand als Weiser für die Vitalität der Bäume erfasst. Kronenverlichtungen sind quantitative Hinweise auf Belastungen der Waldökosysteme. Die jährliche Waldzustandserhebung auf dem systematischen Stichprobennetz

wurde um das intensive forstliche Umweltmonitoring auf ausgewählten Beobachtungsflächen ergänzt. Es dient der zeitnahen Erfassung von Belastungen und Risiken und der Aufklärung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen. Dazu zählen Einflüsse auf den Waldzustand wie auch Reaktionsmuster der Wälder. Das intensive forstliche Umweltmonitoring baut auf Forschungsstandorten, Messungen und Methoden aus der Waldökosystemforschung auf, so dass die längsten Zeitreihen des deutschen forstlichen Umweltmonitorings mit den Untersuchungen im Solling bis in die 1960er Jahre zurückreichen.

Abbildung 2 (oben): Gewinnung von Proben für die Blattanalyse

Zeitgleich zum forstlichen Umweltmonitoring in Deutschland wurde ein europäisches Waldmonitoring aufgebaut. 1979 war unter dem Eindruck der großräumig aufgetretenen Schwefel- und Säureeinträge mit Folgen u. a. für Seen in Skandinavien und für Wälder in Mitteleuropa („neuartige Waldschäden; Waldsterben“) das Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigungen (CLRTAP²) der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE) gezeichnet worden. Das auch als Genfer Luftreinhaltekonvention bekannte Übereinkommen trat 1983 als völkerrechtlicher Vertrag zur Luftreinhaltung in Kraft. Unter seinem Dach bildete sich 1985 das Internationale Kooperationsprogramm zur Erfassung und Überwachung der Auswirkungen von Luftverunreinigungen auf Wälder (ICP Forests). Wesentliche Impulse hierzu gingen von Deutschland aus. Deutschland führt bis heute den Vorsitz und beherbergt am Thünen-Institut für Waldökosysteme das internationale Programmzentrum. 1986 erließ die Europäische Gemeinschaft die Verordnung (EWG) 3528/86 zum Schutz der Wälder gegen Luftverschmutzung. Neben Vorschriften zum Monitoring, die die in Deutschland und bei ICP Forests entwickelten Erhebungsverfahren aufgriffen, sah sie auch eine Kofinanzierung vor. Ihr folgten mehrere Nachfolgeregelungen, zuletzt die Verordnung (EG) Nr. 2152/2003 für das Monitoring von Wäldern und Umweltwechselwirkungen in der Gemeinschaft (Forest Focus). Seit deren Auslaufen und dem damit verbundenem Wegfall der Kofinanzierung ist die Verantwortung für das forstliche Umweltmonitoring weitgehend auf die Mitgliedstaaten übergegangen.

Die Anfangszeit des deutschen wie des europäischen Programms stand im Zeichen hoher Säure- und Schwefeleinträge sowie entsprechender Schädigungsmuster betroffener Wälder. Auf Grundlage der Daten des forstlichen Umweltmonitorings konnte durch nationale wie internationale umweltpolitische Maßnahmen der Eintrag von Schwefel in die Wälder wirksam reduziert werden. Die Anpassungsfähigkeit der Wälder wurde durch ein verändertes Waldmanagement wesentlich gesteigert. Mit der Zeit traten durch anhaltend hohe Stickstoffeinträge und durch den Klimawandel neue Herausforderungen auf.

Ursachen der sich verändernden Umweltbedingungen in Wäldern sind heute insbesondere:

- Veränderungen von Klima und Witterung (sowohl hinsichtlich mittelfristiger Trends als auch hinsichtlich des Auftretens von Extremereignissen wie Sturm und Trockenheit),
- langfristig hohe Einträge von Stickstoff,
- Spätfolgen hoher Säurebelastungen, aktuelle Säurebelastungen,
- erhöhte Ozonkonzentrationen in der bodennahen (troposphärischen) Luftschicht,
- Veränderungen in der Häufung und in der Intensität des Auftretens von biotischen Schaderregern.

Zudem ändern sich die Ansprüche an die Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen der Wälder. Beispiele hierfür sind

- die vermehrte Nutzung von Holz als Energieträger und Substitut für nicht erneuerbare Materialien,
- die zunehmende Nutzung von Wasser aus Waldgebieten,
- die Inanspruchnahme von Waldgebieten als Standorte für Windenergienutzung,
- neue Erholungs- und Freizeitgewohnheiten der Bevölkerung sowie
- die Bedeutung der Biodiversität.

Das forstliche Umweltmonitoring stellt sich methodisch zukunftsgerichtet auf neue Themen ein, ohne bestehende Kern-Zeitreihen zu gefährden. Mit der Festschreibung des forstlichen Umweltmonitorings im Bundeswaldgesetz wurde diese Aufgabe verbindlich festgelegt und die Vorgehensweise zwischen Bund und Ländern geregelt.

2 http://www.unece.org/env/lrtap/lrtap_h1.html



2.

Rechtliche Grundlagen, Organisation und Zusammenarbeit zwischen Bund und Ländern

2.1 Rechtliche Grundlagen

Die rechtliche Grundlage zur Durchführung von Walderhebungen in Deutschland stellt § 41a des Gesetzes zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft (Bundeswaldgesetz – BWaldG) dar. Gestützt auf § 41a Absatz 6 BWaldG erließ das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft mit Zustimmung des Bundesrates die „Verordnung über Erhebungen zum forstlichen Umweltmonitoring (ForUmV)“ vom 20. Dezember 2013 (BGBl. I S. 4384). Sie trat zum 01.01.2014 in Kraft und stellt die kontinuierliche Datenerhebung und Datenlieferung im Rahmen des forstlichen Umweltmonitorings sicher. Die Bundesratsdrucksache 754/13 vom 05.11.2013 enthält neben dem Verordnungstext auch die Begründung zur Verordnung.

2.2 Walderhebungen gem. § 41a BWaldG

Die jährliche Waldzustandserhebung (WZE) und die periodischen Bodenzustandserhebungen im Wald (BZE) erfolgen auf einem systematischen Stichprobenetz. Sie werden als Übersichtserhebungen des forstlichen Umweltmonitorings (Level I) verstanden. Das intensive forstliche Umweltmonitoring untersucht mit erhöhter Messintensität ausgewählte Waldflächen (Level II).

Die Bundeswaldinventur liefert demgegenüber alle zehn Jahre einen Überblick über die großräumigen Waldverhältnisse und die forstlichen Produktionsmöglichkeiten. Bundeswaldinventur und forstliches Umweltmonitoring haben unterschiedliche Aufgaben und ergänzen einander (Tabelle 1).

Tabelle 1: Walderhebungen

	Forstliches Umweltmonitoring	Bundeswaldinventur
Systematische Stichprobennetze	Waldzustandserhebung (WZE) Bodenzustandserhebung (BZE) ³	Bundeswaldinventur (BWI)
Ausgewählte Beobachtungsflächen	Intensives Monitoring	

Nachfolgend liegt entsprechend der Verordnung ForUmV das Augenmerk auf dem Konzept des forstlichen Umweltmonitorings.

2.3 Durchführungskonzept und Leitfaden zum ForUm

Das Durchführungskonzept (ForUm-DK) stellt das forstliche Umweltmonitoring vor und charakterisiert seine Eigenschaften. Das Durchführungskonzept konkretisiert Vorgaben der Verordnung und behandelt die Erhebung, Bereitstellung und Auswertung von Daten. Es nimmt Bezug zum ICP Forests-Manual (<http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>). Es strukturiert die Zusammenarbeit zwischen Bund und Ländern und setzt einen Rahmen für die Gestaltung und Nutzung der bundesweit erhobenen Datenbasis.

Der Leitfaden (ForUm-LF) ist die interne Arbeitsanweisung für das deutsche forstliche Umweltmonitoring. Der ForUm-LF konkretisiert das ForUm-DK. Die Erhebung und Verwendung von Parametern⁴ und Indikatoren⁵ richtet sich grundsätzlich nach dem ICP Forests-Manual. Es wird insbesondere festgelegt, welche Merkmale auf Bundesebene verpflichtend bzw.

fakultativ zu erheben sind, wo methodische Abweichungen vom ICP Forests-Manual bestehen und wie die Qualität der Daten sichergestellt werden kann. Bei den nationalen Anpassungen und Ergänzungen der Datenerhebung wird eine Kompatibilität zu den internationalen Spezifikationen durch ICP Forests stets gewährleistet.

Der ForUm-LF unterliegt einer regelmäßigen und anlassbezogenen Aktualisierung. Zur Fortschreibung wird ein fünfjähriger Turnus empfohlen.

2.4 Zusammenarbeit von Bund und Ländern

Nach § 41a Absatz 2 BWaldG erheben die Länder die Grunddaten, das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) stellt sie zusammen und wertet sie auf der Bundesebene aus. Die Ermittlung und Bereitstellung von Grunddaten des forstlichen Umweltmonitorings im Rahmen der Walderhebungen werden von den Bundesländern durchgeführt und finanziert. Das BMEL beauftragt das Thünen-Institut für Waldökosysteme mit dem bundesweiten Datenmanagement des forstlichen Umweltmonitorings und mit bestimmten

3 **Bodenzustandserhebung:** Die Bodenzustandserhebung ist nicht Regelungsgegenstand der Verordnung über Erhebungen zum Forstlichen Umweltmonitoring (ForUmV) i.d.F. v. 20.12.2013. Sie wird im Interesse der besseren Verständlichkeit des Gesamtzusammenhangs an dieser Stelle nachrichtlich dargestellt.

4 **Parameter:** ein Merkmal, eine konkrete und definierte Messgröße des forstlichen Umweltmonitorings.

5 **Indikator:** aus einem oder mehreren erhobenen Parametern abgeleitetes Merkmal oder Symptom, welches eine (höhere) Aussagekraft für eine oft nicht direkt messbare Zielgröße hat z. B. Konzentrationen von Ozon als Leitkomponente für Ozonschäden. Indikatoren zum Forstlichen Umweltmonitoring fassen empirische Daten aus den Monitoringprogrammen zusammen, um Zustände und Veränderungen von Wald- und Offenlandökosystemen sowie Einwirkungen auf die betreffenden Ökosysteme (Belastungen, Maßnahmen des Managements) in verständlicher Form abzubilden. Die Aussagen der Indikatoren dienen insbesondere dazu, Erfolge und Misserfolge bei der Erreichung zuvor festgelegter Ziele für die Wald- und Umweltentwicklung zu bewerten und dienen damit auch der Politikberatung.

bundesweiten Auswertungen und Berichten. Hierunter werden folgende Punkte verstanden:

- Zusammenführung der Daten in einer einheitlichen Datenbasis,
- die Qualitätsprüfung dieser Datenbasis,
- die Übermittlung der Datenbasis an das internationale Monitoring ICP Forests,
- die standardisierte Bereitstellung der Datenbasis nach Bundesrecht (aktuell GeoZG Bund) und
- Auswertungen für die nationale Berichterstattung und Politikberatung.

Weitere Auswertungen und Berichte von bundesweitem Interesse erfolgen in fachlicher Zusammenarbeit mit der Bund-Länder-AG zur Umsetzung der ForUmV. Die Vertreter von Bund und Ländern agieren vertrauensvoll in der gemeinsamen Erarbeitung von Ergebnissen und deren Veröffentlichung sowie informieren einander frühzeitig über Auswertungs- und Veröffentlichungsprojekte. Bei wissenschaftlichen Veröffentlichungen wird den Wissenschaftlern der datenerhebenden Institutionen in der Regel eine Mitarbeit angeboten.

Die Koordination und Umsetzung des forstlichen Umweltmonitorings wird von einer **Bund-Länder-Arbeitsgruppe zur Umsetzung der ForUmV** (BL AG ForUmV) geleistet.

Die BL AG ForUmV wird durch das BMEL geleitet. Ihr gehören Vertreter des Thünen-Instituts, der forstlichen Versuchsanstalten der Länder, ein Vertreter der Waldbaureferenten der Länder, des Bundesamtes für Naturschutz, des Umweltbundesamtes, die/der Vorsitzende des Gutachterausschuss forstliche Analytik (GAFA) sowie die deutschen Vertreter in Expertengremien von ICP Forests an.

Die BL AG ForUmV hat die Aufgabe,

- das ForUM-DK und den ForUm-LF zu erarbeiten,
- regelmäßige Aktualisierungen des ForUm-LF zu neuen Fragestellungen, Erhebungsverfahren und Methoden vorzunehmen,
- die Arbeitsteilung und Zusammenarbeit zwischen Bund und Ländern im forstlichen

Umweltmonitoring in Abstimmung mit den existierenden BL-AG (z. B. WZE oder BZE) zu organisieren,

- bundesweite und länderübergreifende Auswertungsansätze zum Monitoring zu beraten,
- Informationen über Auswertungen der Länder auszutauschen, den Informationstransfer und die fachliche Abstimmung bei forst- und umweltpolitisch relevanten Themen zu leisten,
- Erkenntnisdefizite aufzuzeigen, Projekte und Veröffentlichungen zu initiieren,
- Möglichkeiten aufzeigen, wie Ergebnisse des forstlichen Umweltmonitorings in der Waldbewirtschaftung nutzbar sind,
- eine Informationsbereitstellung mit den Ministerien und Betrieben von Bund und Ländern zu leisten,
- deutsche Positionen in den ICP Forests-Gremien abzustimmen sowie
- das BMEL in der Benennung von deutschen Vertretern in ICP Forests-Expertengruppen zu beraten.

2.5 Dateninfrastruktur und Datennutzung

Die Daten des forstlichen Umweltmonitorings werden von den durch die Bundesländer beauftragten Institutionen erhoben und auf Landesebene zusammengeführt.

Am Thünen-Institut für Waldökosysteme werden die Erhebungsdaten in einer zentralen Dateninfrastruktur bundesweit einheitlich zusammengeführt, ausgewertet und bereitgestellt.

Die Datenlieferung der Länder erfolgt in standardisierten Formaten. Die nationalen Daten werden über eine Schnittstelle durch das Thünen-Institut zentral an ICP Forests geliefert.

Darüber hinaus werden die Daten durch das Thünen-Institut über standardisierte Schnittstellen und Formate gemäß dem Geodatenzugangsgesetz Bund (GeoZG Bund) beschrieben und veröffentlicht.



3.

Ziele und Aufgaben

3.1 Übergeordnete Ziele des forstlichen Umweltmonitorings

Das forstliche Umweltmonitoring liefert belastbare Daten und Erkenntnisse über Zustand und Entwicklung der Wälder.

Es leistet hiermit Beiträge zum Schutz und zur Erhaltung und Anpassung von Waldökosystemen an sich verändernde Umweltbedingungen.

Das forstliche Umweltmonitoring erarbeitet fachliche Grundlagen für forst- und umweltpolitische sowie für forstbetriebliche Entscheidungen im Sinne einer nachhaltigen Waldentwicklung und -bewirtschaftung. Es unterstützt hiermit Strategien des Bundes und der Länder.

Das forstliche Umweltmonitoring nutzt die Daten für eigene wissenschaftliche Arbeiten und stellt die Daten zur Verfügung. Die Infrastruktur des forstlichen Umweltmonitorings kann für weiterführende Forschung zum Verständnis von Waldökosystemen genutzt werden. Die Akteure des forstlichen Umweltmonitorings bieten dazu Kooperationen an.

Die Dynamik der Umweltbedingungen hat eine wesentliche Wirkung auf forstliche Standorte und ökologische Prozesse in Wäldern, auf ökonomische Leistungen und somit auf die Erfüllung heutiger und zukünftiger Waldfunktionen insgesamt. Das forstliche Umweltmonitoring dient der allgemeinen Daseinsvorsorge (gesellschaftliche Aufgaben) ebenso wie der Bewirtschaftung der Wälder. Beide Leistungsbereiche werden nachfolgend im Sinne einer Konkretisierung der übergeordneten Ziele näher erläutert.

Abbildung 3 (oben): automatische Messung des Baumumfangs mittels Dendrometer (obere Messeinrichtung) und zusätzlich mit Umfangmessband (untere Messeinrichtung)

3.2 Beiträge zur Erfüllung gesellschaftlicher Ziele und Aufgaben⁶

Ansprüche der Gesellschaft an den Wald sind weit gefächert und unterliegen starken Veränderungen mit der Zeit. Waldfunktionen als Ausdruck der gesellschaftlichen Erwartungen können objektiv gesichert und weiterentwickelt werden, wenn sie in ihrem Zustand und in ihrer Veränderung zahlenmäßig abbildbar sind. Dazu trägt das forstliche Umweltmonitoring bei.

Das forstliche Umweltmonitoring

- bewertet Stabilität, Resilienz und Nutzungsfähigkeit von Waldökosystemen als Voraussetzung für die Erfüllung der Waldfunktionen. Es benennt und bewertet Risiken auf der Grundlage von Referenzzuständen⁷ und erstellt ein Warnsystem für Belastungen und berücksichtigt Folgewirkungen. Damit liefert es Informationen zur Kontrolle von Maßnahmen der Umweltpolitik, z. B. der Luftreinhaltepolitik und Klimaanpassung.
- berät Verwaltungen und Politik mit Beiträgen zur nachhaltigen Forstwirtschaft und zur Daseinsvorsorge, insbesondere zu Fragen der Waldressourcen, Waldgesundheit und Vitalität, produktiver Waldfunktionen, biologischer Diversität in Wäldern, sowie zu Schutzfunktionen. Es steht damit im Einklang mit den Zielen der Waldstrategie 2020 und den Kriterien des Forest Europe-Konzeptes⁸ (2003). Konkret betrifft dies beispielsweise die Themen Stickstoffeinträge, kritische Belastungsgrenzen, Bodenschutz, Nährstoffmanagement sowie Klimaschutz und Klimaanpassung im Wald. Weitere Dienstleistungen des Waldes wie bioklimatische Funktionen – beispielsweise Frischluftzufuhr für sich erwärmende Ballungszentren – gewinnen insbesondere durch die Klimaerwärmung an Bedeutung. Dies ist auch wichtig für Tourismus und Erholung.
- trägt zur Erfüllung nationaler und internationaler Berichtspflichten bei und

→ liefert wichtige Daten für wissenschaftliche Auswertungen im Rahmen der wirkungsbezogenen Ökosystemforschung.

Damit ist es möglich, einen „sicheren Handlungsraum“ (Walker & Salt, 2006; SRU, 2015) für die nachhaltige Entwicklung der Wälder zu beschreiben. Ausschlaggebendes Kriterium dafür ist der Erhalt der Resilienz der Wälder gegenüber Störungen und Belastungen.

3.3 Beiträge zur Erfüllung forstbetrieblicher Ziele und Aufgaben

Das forstliche Umweltmonitoring stellt Forstbetriebe aller Besitzarten fachlich anwendbare Informationen und Entscheidungshilfen für die betriebliche Planung und Umsetzung von Bewirtschaftungsmaßnahmen zur Verfügung. Dazu zählen

- Informationen zu Risiken für Waldbestände und forstliche Standorte (zum Beispiel mit Bezug auf Klimawandel einschließl. Extremereignisse, Wasserhaushalt, Schadstoffeinträge),
- Entscheidungshilfen für das Risikomanagement in Forstbetrieben durch waldbauliche Maßnahmen (z. B. Baumartenwahl, Pflege- und Nutzungskonzepte) oder für Maßnahmen des Bodenschutzes (z. B. Bodenschutzkalkung),
- Instrumente zur Kontrolle der Wirksamkeit von Maßnahmen,
- Grundlagen für die Weiterentwicklung der forstlichen Standortserkundung (z. B.: Homogenisierung der Länderverfahren, zahlenmäßige Definition von erfahrungsbezogenen Verfahren der Standortsklassifizierung, Ermöglichung einer Berücksichtigung dynamischer Veränderungen von Standortseigenschaften).

Die Information aus dem forstlichen Umweltmonitoring leistet somit Beiträge zur forstlichen Planung auf allen betrieblichen Ebenen.

6 „Beiträge“: Für die Beantwortung von komplexen forst- und umweltpolitischen Zielen und Aufgaben sind Vernetzungen mit weiteren Informationen, etwa aus der Bundeswaldinventur, anderen Umweltmessnetzen oder betrieblicher Information, zweckmäßig.

7 Referenzzustände sind durch Fachveröffentlichungen beschrieben; beispielsweise in dem Band „Forstliche Standortsaufnahme des Arbeitskreises Standortskartierung“ in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, (1996) oder dem Manual ICP Forests (2016).

8 Forest Europe (<http://www.foresteuropa.org>). Bei Ministerkonferenzen treffen die für Wald zuständigen Minister in Europa Entscheidungen zu gemeinsamen Fragen von politischer Bedeutung im Bereich Wald und Forstwirtschaft.



4

Kooperationen mit anderen Programmen

4.1 Kooperationen auf politisch-rechtlicher Grundlage: Erfüllung von nationalen und internationalen Berichtspflichten

Anforderungen an Waldinformationen entstehen für die Bundesrepublik Deutschland aus internationalen Übereinkommen und daran geknüpfte Berichtspflichten, europäischem Recht sowie aus nationalen Vorgaben und Strategien (Beschlüsse des Deutschen Bundestages, Regierungsstrategien) (Tabelle 2).



Tabelle 2: Nationale und internationale Berichtspflichten der Bundesrepublik Deutschland mit Beiträgen des forstlichen Umweltmonitorings (Auswahl)

Rechtsgrundlagen bzw. politische Initiativen	Themen
Genfer Luftreinhalteabkommen der UNECE	Internationale Luftreinhaltepolitik, Emissionsminderung, Nachweis grenzüberschreitender Luftschadstoffeinträge und Begrenzung schädlicher Wirkungen auf die Umwelt; ICP Forests erfasst Wirkungen auf Wälder
Klimarahmenkonvention (UNFCCC) und Kyotoprotokoll (KP) sowie Verordnung (EU) Nr. 525/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2013 über ein System für die Überwachung von Treibhausgasemissionen und BESCHLUSS Nr. 529/2013/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 21. Mai 2013 über die Anrechnung und Verbuchung von Emissionen und des Abbaus von Treibhausgasen infolge von Tätigkeiten im Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft und über Informationen zu Maßnahmen in Zusammenhang mit derartigen Tätigkeiten	Minderung von Treibhausgasemissionen Wirkung von Klimaveränderungen, Anpassung der Waldökosysteme und Klimafolgenabschätzung, Kohlenstoffspeicherung und Änderung der Kohlenstoffvorräte
Übereinkommen über die biologische Vielfalt (CBD) und Pan-European SEBI initiative	Status und Entwicklung der biologischen Vielfalt in den Wäldern
FAO-Weltwalderhebung	Weltweite Waldentwicklung
Forest Europe (Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa, MCPFE)	Nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder in Europa; Schutzfunktionen der Wälder
Berichtspflichten aus EU Rechtsnormen: außer Klima und Treibhausgase (siehe oben) z.Z. keine; aber Entwurf der NERC-Richtlinie sieht Monitoring vor.	NERC-RL (Entwurf): Deposition, Boden- und Nadel-/Blattchemie, Nitratauswaschung, Ozon, Critical Loads&Level-Überschreitungen
Deutsche Anpassungsstrategie (DAS)	Behördenkooperation Klimaanpassung mit (1) Indikatorenbericht: Zurückschauende Bewertung der Entwicklung von Einflüssen des Klimawandels auf Wälder und von Anpassungsmaßnahmen (2) Netzwerk Vulnerabilität: Abschätzungen zur zukünftigen Entwicklung von Einflüssen des Klimawandels und von Anpassungsmaßnahmen
Richtlinie 2007/2/EC des Europäischen Parlaments und des Rates (2007): Entwicklung einer Infrastruktur für räumliche Information in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE); Gesetz über den Zugang zu digitalen Geodaten (Geodatenzugangsgesetz – GeoZG) (2009)	Gesetz dient dem Aufbau einer nationalen Geodateninfrastruktur auf der Grundlage der europäischen INSPIRE Richtlinie. Es schafft den rechtlichen Rahmen für die Bereitstellung von Information durch das forstliche Umweltmonitoring.
Beschluss des Deutschen Bundestags vom 8.11.2007 (Drucksache 16/5421), Neuordnung des Berichtswesens: Waldbericht , Veröffentlichung von Waldzustandsdaten	„einmal in der Legislaturperiode Bericht über den Zustand der Wälder, Forst- und Holzwirtschaft“ (die von den Ländern jährlich erhobenen und an den Bund übermittelten Daten) „sollen zeitnah über das Internet veröffentlicht werden“

Bedarfe an ökologischer Information zum Wald in Deutschland ergeben sich zudem aus Nachfragen durch politische Institutionen, Waldeigentümer, Verwaltungen und Betriebe sowie weiterer bundesweiter Organisationen, Verbände, Facheinrichtungen und Programme.

4.2 Weitere nationale und internationale Kooperationen

Das forstliche Umweltmonitoring ist fachlich eng verbunden mit weiteren nationalen und internationalen Programmen. Zu nennen sind insbesondere:

- BDF: Bodendauerbeobachtungsflächen-Programm,
- Depositionsmessnetz Umweltbundesamt (<https://www.umweltbundesamt.de/tags/depositionsmessnetz>),
- Umweltprobenbank des Bundes (<https://www.umweltprobenbank.de/de>),
- International Cooperative Programmes (ICP Integrated Monitoring, ICP Modelling & Mapping),
- European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP),
- International Carbon Observation System (ICOS),
- LTER: Long Term Ecological Research network (<http://www.lternet.edu>).

4.3 Kooperationen mit Einrichtungen in den Ländern

Das forstliche Umweltmonitoring ist in den Bundesländern verzahnt mit diversen Forschungs- und Verwaltungseinrichtungen. Aufgrund unterschiedlicher Organisationsformen in den Bundesländern entfällt an dieser Stelle eine abschließende Aufzählung. Beispielhaft zu nennen sind:

- Landesforstbetriebe, Forstbetriebe verschiedener Eigentumsarten,
- Einrichtungen der forstlichen Planung und Standortskunde,
- Landesämter für Umwelt, für Geologie, für Bodenkunde, für Raumordnung,
- Verwaltungseinrichtungen verschiedener Verwaltungsebenen.

4.4 Kooperationen mit wissenschaftlichen Einrichtungen

Das forstliche Umweltmonitoring stellt durch standardisierte wissenschaftliche Methoden, langjährige Datenreihen und fachwissenschaftliche Kenntnisse eine einzigartige Information und Infrastruktur für die Bearbeitung wissenschaftlicher Fragestellungen zur Verfügung. Dauerbeobachtungsflächen des forstlichen Umweltmonitorings fungieren als Plattform für Forschungsvorhaben auf nationaler und internationaler Ebene.

Die Einrichtungen des forstlichen Umweltmonitorings streben eine partnerschaftliche Zusammenarbeit mit weiteren wissenschaftlichen Einrichtungen an und begrüßen eine weitergehende in-Wertstellung der gewonnenen Daten und Informationen.

Als Partner sind zu nennen:

- Universitäten und Fachhochschulen, insbesondere mit Fachrichtungen Forstwirtschaft, Umweltwissenschaften, Geographie, Hydrologie, Naturschutz,
- Forschungsverbünde (z. B. Institute der Helmholtz-Gemeinschaft).



5.

Das forstliche Umweltmonitoring: Aufbau und Struktur

5.1 Grundlagen

Das forstliche Umweltmonitoring stützt sich auf zwei Säulen:

- die Erhebung des Wald- und des Bodenzustandes auf einem systematischen und repräsentativen Stichprobennetz (Level I mit den Übersichtserhebungen WZE und BZE) und
- ein intensives Monitoring mit Erhebungen zu den maßgeblichen Umwelteinflüssen und Wirkungen auf ausgewählten Beobachtungsflächen (Level II).

Das europaweite und das bundesweite Netz der Übersichtserhebungen hat eine Rasterweite von 16 km × 16 km. Die Länder haben das Netz abhängig von der Landesfläche und ihrem Informationsbedarf verdichtet. Im systematischen Netz werden die Waldzustandserhebung (WZE) auf rund 430 Probepunkten im 16 km × 16 km Raster und die Bodenzustandserhebung (BZE) im Raster 8 km × 8 km auf etwa 2000 Flächen durchgeführt.⁹

Das intensive forstliche Umweltmonitoring ist in Deutschland als fortlaufende und langfristige Beobachtung an 68¹⁰ Beispielstandorten angelegt.

Übersichtserhebungen und intensives forstliches Umweltmonitoring bilden zusammen das integrierte System des forstlichen Umweltmonitorings. Die Verknüpfung und Kombination beider Ebenen eröffnet die Möglichkeit der Übertragung von Ergebnissen aus dem forstlichen Umweltmonitoring auf Waldflächen ohne Beobachtungen (Regionalisierung).

Das forstliche Umweltmonitoring

- bezieht sich bei Auswertungen in erster Linie auf gegenwärtig eigens erhobene Daten, schließt aber Betrachtungen der Waldhistorie mit ein und erlaubt Projektionen zukünftiger Entwicklungen,
- ist methodisch konservativ und sichert bestehende Zeitreihen,
- verwendet harmonisierte und qualitätsgesicherte Methodenstandards,
- nutzt Modelle in der Herleitung und Bewertung von Indikatoren,
- ist offen für neue fachliche Herausforderungen.

⁹ An dieser Stelle wird die ForUmV zitiert, im Interesse der Verständlichkeit des ForUm-DK wird diese Redundanz bewusst verwendet.

¹⁰ Auswahl von 68 Standorte, die von besonderem Interesse für das bundesweite Monitoring sind, durch Beschluss der Forstchefs am 14./15.11.2012; daneben existieren weitere Standorte, die aus spezifischem Landesinteresse betrieben werden.

5.2 Forstliches Umweltmonitoring auf systematischen Stichprobennetzen

5.2.1 Waldzustandserhebung (Kronenzustandserhebung)

Die bundesweite **Waldzustandserhebung (WZE)** liefert als eine jährliche, flächenrepräsentative Erhebung statistisch gesicherte Daten zum Kronen- und Baumzustand von Waldbäumen. Die WZE wurde erstmalig im Jahr 1984 in allen alten Bundesländern durchgeführt. In den neuen Bundesländern fand von 1986 bis 1990 die Ökologische Waldzustandskontrolle (ÖWK) statt. Seit 1990 wird die WZE im gesamten heutigen Bundesgebiet durchgeführt.

Anhand der jährlichen Kronen- und Baumzustandsdaten kann die Vitalität des Waldes in der Bundesrepublik Deutschland eingeschätzt und ihre Entwicklung langfristig überwacht werden.

Zu wesentlichen Merkmalen des Kronen- und Baumzustandes siehe **Anlage 1**¹¹.

5.2.2 Bodenzustandserhebung

Die Bodenzustandserhebung (BZE) dient der regelmäßigen Erfassung des Bodenzustandes. Die BZE wird als eine systematische Stichprobeninventur auf einem Raster von 8 km x 8 km durchgeführt. Ziel ist es, die Veränderung von Waldböden, aber auch der darauf stockenden Vegetation einschließlich der Waldernährung zu beobachten. Dieses geschieht an ca. 2.000 Wald-Stichprobenpunkten in Deutschland. Mit Stichjahr 1990 fand die erste BZE im Wald (BZE I Wald) statt; in den Jahren 2006 bis 2008 erfolgte eine Wiederholungsaufnahme (BZE II Wald). Untersucht werden insbesondere bodenmorphologische, bodenphysikalische und bodenchemische Eigenschaften, die Ernährung der Waldbäume, ertragskundliche Kenngrößen und die Zusammensetzung der Bodenvegetation und, im Zusammenspiel mit der WZE, der Kronenzustand. Einzelheiten werden in der Aufnahmeanleitung zur BZE festgelegt.

5.3 Intensives forstliches Umweltmonitoring

An den Mess- und Beobachtungsflächen des intensiven forstlichen Umweltmonitorings werden Zustandsgrößen der Waldökosysteme, Einflüsse von Umweltveränderungen und Reaktionen der Bäume und Bestände erfasst. In der Regel liegen langjährige Zeitreihen der Messdaten vor. Die Daten sind geeignet, mit statistischen Verfahren Ursache-Wirkungsbeziehungen zu analysieren und bilden die Grundlage für Modellierungen.

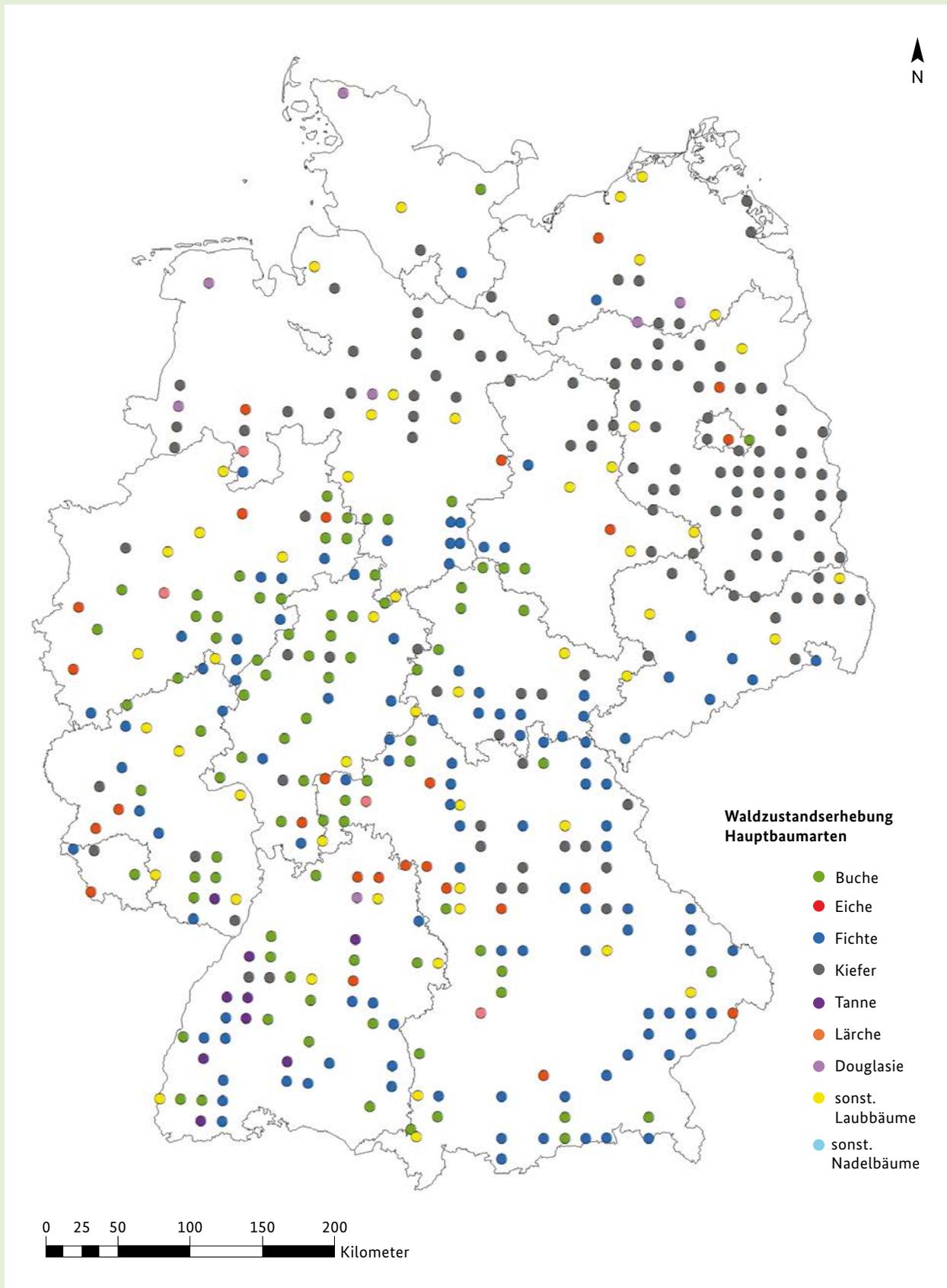
- Die erhobenen Daten ermöglichen es, waldökologische Prozesse abzubilden und in mathematische Modelle zu übersetzen. Diese können auf weiteren Standorten oder Flächen mit vergleichbaren Bedingungen überprüft bzw. angewendet werden.
- Die Verknüpfung der Daten des intensiven forstlichen Umweltmonitorings mit den Ergebnissen der Wald- und Bodenzustandserhebung eröffnet Potenziale für die Extrapolation von Daten und Erkenntnissen in die Fläche (Regionalisierung).
- Die Daten sind Grundlage für die Bewertung von Umweltzustand bzw. Umweltwirkungen, einschließlich der Definition von kritischen Belastungsgrenzen und ihrer Überschreitungsrisiken, sowie für die Formulierung von forstwirtschaftlichen Zielstellungen.

Kriterien zur Auswahl der Mess- und Beobachtungsflächen des intensiven forstlichen Umweltmonitorings waren insbesondere:

- Abbildung der wichtigsten, in Deutschland auftretenden Umwelt- und Belastungsgradienten mit jeweils maximalen, mittleren und minimalen Ausprägungsstufen.
- Möglichst gleichmäßige Abbildung des Bundesgebietes, charakteristisch für typische Bestände und Standorte; daher soll auf zehn Rasterpunkte des Stichprobenverfahrens (16 km × 16 km-Raster) mindestens eine Beobachtungsfläche des intensiven forstlichen Umweltmonitorings kommen.
- Einbeziehung langfristig betriebener Forschungsstandorte mit der jeweils besten Datenbasis.

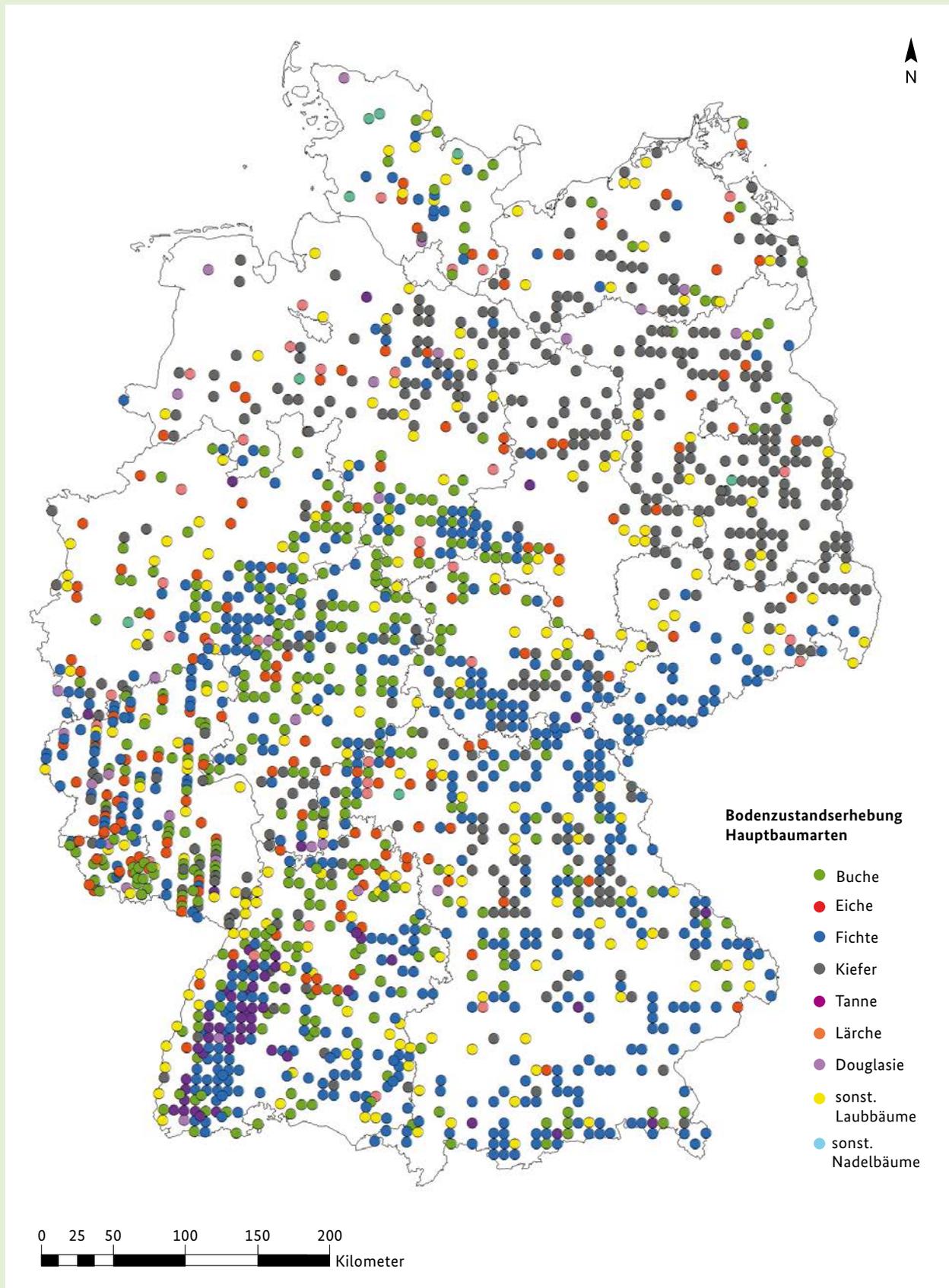
¹¹ Die Übersicht ist nach dem Manual von ICP Forests gegliedert und gibt einen Überblick über die Erhebungsmerkmale, ihre Relevanz für wissenschaftliche, forst- und umweltpolitische sowie forstbetriebliche Fragestellungen und über die Verpflichtung zur Aufnahme.

Abbildung 4: Stichprobenpunkte der Waldzustandserhebung (16 km × 16 km-Netz)



Quelle: Thünen-Institut für Waldökosysteme, Eberswalde; Lutz Hilbrig, Nicole Wellbrock, Nadine Eickenscheidt 2016

Abbildung 5: BZE II-Flächen (überwiegend 8 km × 8 km-Netz, z. T. mit Verdichtungen)



Quelle: Thünen-Institut für Waldökosysteme, Eberswalde; Lutz Hilbrig, Nicole Wellbrock, Nadine Eickenscheidt 2016

- Zusätzlich zu den vier Hauptbaumarten (Fichte, Kiefer, Buche, Eiche) sollen weitere forstwirtschaftlich oder ökologisch bedeutsame Baumarten und Waldformen wie z. B. die Douglasie einbezogen werden.
- Mess- und Beobachtungsflächen sollen in der Regel im Interesse einer Übertragbarkeit in bewirtschafteten Beständen liegen.

Um diese Anforderungen zu erfüllen, sind bundesweit 68 Beobachtungsflächen für das intensive forstliche Umweltmonitorings ausgewählt worden¹² (Abbildung 3 und Anlage 2).

Auf Grundlage der ForUmV werden Umweltdaten zu den folgenden Bereichen erhoben:

- Kronen- und Baumzustand,
- Baumwachstum,
- Waldernährung (Nadel- und Blattanalysen),
- Bodenvegetation,
- atmosphärische Stoffeinträge,
- Streufall und Belaubung,
- Bodenwasser nach Menge und chemischer Zusammensetzung,
- Bodenzustand,
- Meteorologie,
- Phänologie,
- Luftqualität und Ozonschadensrisiko.

Zu wesentlichen Parametern und Indikatoren der Bereiche des intensiven forstlichen Umweltmonitorings siehe Anlage 1. Mess- und Erhebungsintervalle sind je nach Art der Messung oder Erhebung unterschiedlich. Sie reichen von kontinuierlichen Messungen schnell veränderlicher Parameter wie z. B. Witterungskenngrößen bis hin zu periodischen Untersuchungen im Abstand von mehreren Jahren (z. B. Bodenzustand). Unterschieden werden sog. „Standard-Flächen“ mit einfacherer Ausstattung und „Schwerpunkt-Flächen“



Abbildung 6: Beobachtungsfläche des intensiven forstlichen Umweltmonitorings mit Streufallsammlern, Depositionssammlern und Sammler für den Stammablauf

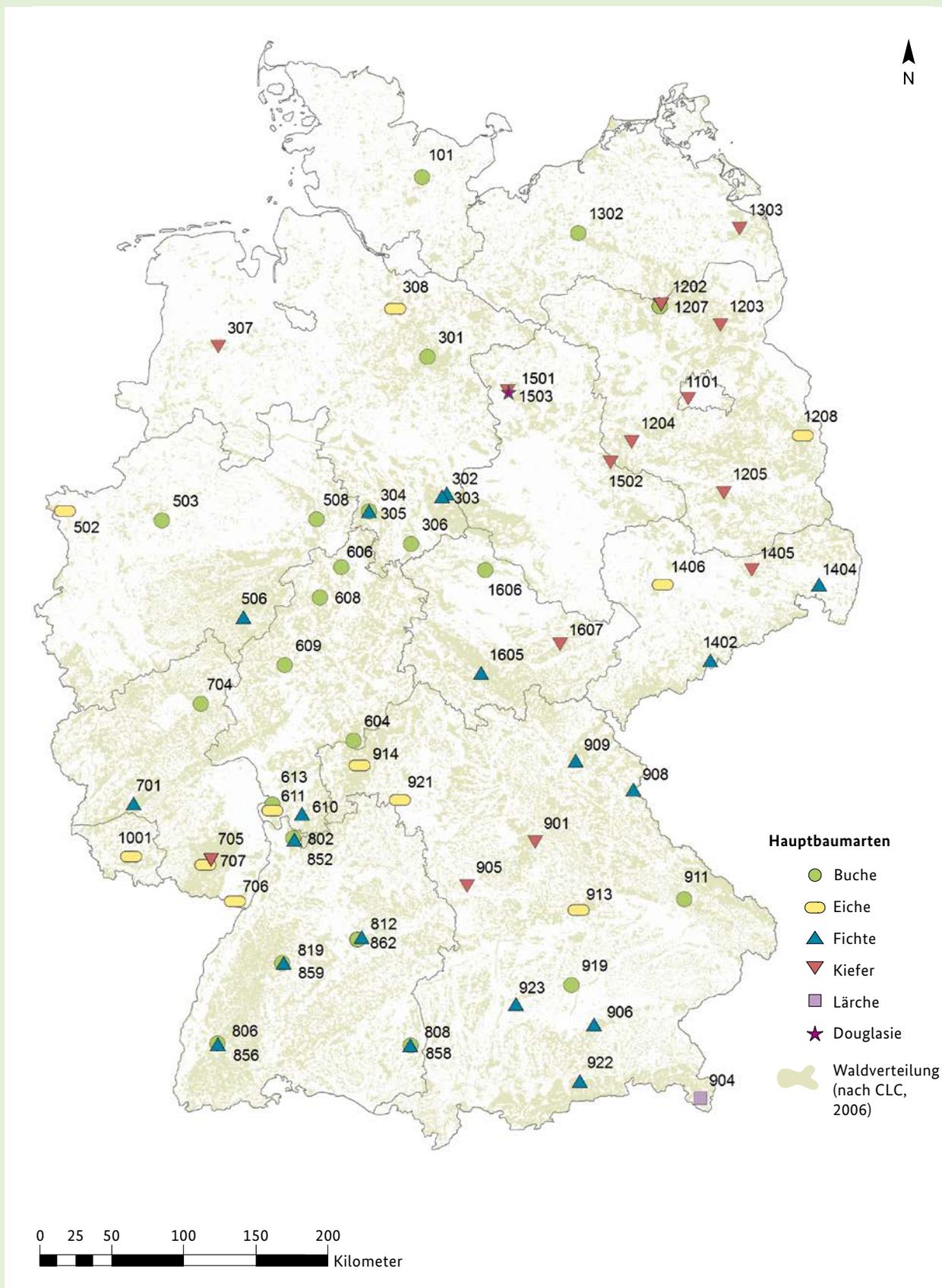
(Core plots) mit zusätzlichen Untersuchungsbereichen und zum Teil kürzeren Beprobungsintervallen (siehe Anlage 1).

Die Einrichtung von Flächen des intensiven forstlichen Umweltmonitorings folgt den Vorgaben im ICP Forests Manual (<http://www.icp-forests.net/page/icp-forests-manual>). Danach sind Level II-Flächen in möglichst homogenen Waldgebieten anzulegen. Als minimale Größe der Messparzelle sind 0,25 ha innerhalb eines größeren Forschungsbestandes vorzusehen. Generell sollte die Fläche groß genug sein, um alle verbindlichen Messungen und Beobachtungen einzurichten und vorzunehmen. Es ist anzustreben, dass die Messungen so konzipiert sind, dass sie als im statistischen Sinne repräsentativ für die Fläche des Plots und als indikativ für die jeweilige Standortseinheit gelten können. Für bestimmte Messungen und Beobachtungen kann die Einrichtung von Unterflächen erforderlich sein. Die Fläche ist von einer Pufferzone umgeben. Sie soll die Fläche gegenüber äußeren Einflüssen schützen. Ihre Größe ist von den konkreten Bedingungen vor Ort abhängig. Beobachtungsflächen bleiben möglichst erhalten, auch wenn sich der Zustand der Bestände etwa altersbedingt ändert.

Zu jeder Beobachtungsfläche des intensiven forstlichen Umweltmonitorings gehört auch eine Freilandfläche. Auf ihr werden meteorologische Parameter, Schadstoffkonzentrationen in der Luft, die Freilanddeposition und sonstige Parameter, die ihrem Wesen nach nicht im Wald gemessen werden können, gemessen.

¹² Forstchefbeschluss vom 14./15.11.2012; ohne Berücksichtigung länderspezifischer Verdichtungen.

Abbildung 7: Flächen des intensiven forstlichen Umweltmonitorings (Level II)¹³



Quelle: Thünen-Institut für Waldökosysteme (AG Level II)

13 Forstchefbeschluss vom 14./15.11.2012; ohne Berücksichtigung länderspezifischer Verdichtungen.



6.

Begriffserläuterungen zum nationalen forstlichen Umweltmonitoring¹⁴

Abiotische Umwelteinflüsse: Physikalische und/oder chemische Einflüsse, die von außen auf die Waldökosysteme einwirken (z. B. Klima und Witterung, Säure- oder Stickstoffeintrag).

Biologische Vielfalt oder Biodiversität: Variabilität aller lebenden Organismen der untersuchten Waldökosysteme. Sie umfasst die Artenvielfalt, die genetische Vielfalt innerhalb der Arten und die Vielfalt der Lebensräume.

Biotische Umwelteinflüsse: Direkte oder indirekte Wirkungen von Organismen in oder auf die Waldökosysteme (z. B. Pilzbefall oder Insektenfraß).

Bodenzustandserhebung (BZE): terrestrische Stichprobeninventur auf einem systematischen 8 km × 8 km Netz, welche auf Bundesebene repräsentative

Ergebnisse für den Zustand und die Veränderung der Waldböden und der Waldvegetation liefert.

Dauerbeobachtungsfläche: Waldfläche oder Vergleichsfläche der offenen Landschaft, auf der an den Bäumen selbst oder an forstlichen Standorten mit Hilfe von Messeinrichtungen Daten zu strukturellen und funktionellen Parametern von Waldökosystemen oder Offenlandökosystemen erfasst werden. Die Flächen werden oft über einen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten beobachtet.

Deposition: Eintrag (Ablagerung) von Nähr- und Schadstoffen aus der Atmosphäre.

Emission: die Freisetzung von Luftverunreinigungen in die Atmosphäre.

¹⁴ Begriffsbestimmungen geben das Verständnis im Rahmen des forstlichen Umweltmonitorings wieder.

Flächenrepräsentative Stichprobe: Eine flächenrepräsentative Stichprobe ermöglicht statistisch abgesicherte Aussagen über bestimmte Merkmale in der Fläche der zugehörigen Grundgesamtheit, aus der die Stichprobe gezogen wurde. Im Fall der Waldzustandserhebung und der Bodenzustandserhebung ist die Grundgesamtheit die gesamte Waldfläche in den Bundesländern. In der Waldzustands- und der Bodenzustandserhebung wird von einer systematischen Stichprobe ausgegangen, deren Ausgangspunkt dem Zufallsprinzip folgend ausgewählt ist.

ForUm: forstliches Umweltmonitoring.

ForUm-DK: Durchführungskonzept forstliches Umweltmonitoring.

ForUm-LF: Leitfaden forstliches Umweltmonitoring.

Indikator: aus einem oder mehreren erhobenen Parametern abgeleitetes Merkmal oder Symptom, welches eine (höhere) Aussagekraft für ein oft nicht direkt messbares Phänomen hat, z. B. werden Ozonkonzentrationen als Indikator für Ozonschäden verwendet. Indikatoren zum forstlichen Umweltmonitoring fassen empirische Daten aus den Monitoringprogrammen zusammen, um Zustände und Veränderungen von Waldökosystemen sowie Einwirkungen auf die betreffenden Ökosysteme (Belastungen, Maßnahmen des Managements) in verständlicher Form abzubilden. Die Aussagen der Indikatoren dienen insbesondere dazu, Erfolge und Misserfolge bei der Erreichung zuvor festgelegter Ziele des Wald-, Umwelt- und Naturschutzes in Waldökosystemen zu bewerten und dienen damit auch der Politikberatung.

Immission: Einwirkung von Luftverunreinigungen auf (Wald-)Ökosysteme.

Klimafolgenabschätzung: Abschätzung von Folgen der Klimaerwärmung (für den Wald).

Level I: Netz der Dauerbeobachtungsflächen aus einer systematischen Stichprobe. Sie dienen der jährlichen Erfassung des Waldzustandes (WZE) und der periodischen Erfassung des Bodenzustands (BZE).

Level II: Dauerbeobachtungsflächen an Referenzstandorten mit umfangreicher Messtechnik. Die Messungen und Beobachtungen ermöglichen es, Zustände und Entwicklungen in Waldökosystemen zu quantifizieren und zum Teil unter Anwendung von Modellen die Ursachen von Veränderungen zu erklären. Unterschieden werden sog. „Standardflächen“ mit einfacherer Ausstattung und „Schwerpunkt-Flächen“ mit weiteren Untersuchungsbereichen und zum Teil kürzeren Beprobungsintervallen.

Manual ICP Forests: Handbuch für europaweit einheitliche Definitionen von Verfahren und Methoden im forstlichen Umweltmonitoring (<http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>).

Merkmal: eine charakteristische und unterscheidende Eigenschaft eines Wald- oder Offenlandökosystems, die erfasst wird, um einen Zustand dieses Ökosystems (vergleichend) zu beschreiben.

Monitoring: Das forstliche Umweltmonitoring erhebt langfristig und regelmäßig Daten (Beobachtungen, Zählungen und Messungen) zu ausgewählten strukturellen und funktionellen Merkmalen von Waldökosystemen unter Anwendung standardisierter wissenschaftlicher Methoden, um verlässliche Aussagen über Zustände und Veränderungen von Waldökosystemen sowie zu Einwirkungen auf die betreffenden Ökosysteme (Belastungen, Maßnahmen des Managements) zu treffen. Das forstliche Umweltmonitoring orientiert sich dabei an Zielvorgaben des Wald-, Umwelt- und Naturschutzes sowie der Forstbetriebe.

Referenzwert: Bezugspunkt einer Bewertung von Zuständen. Referenzflächen stellen Bezugspunkte für charakteristische Ökosystemzustände dar, mit denen weitere Flächen verglichen werden können.



Ökologische Resilienz: Fähigkeit eines (Wald-)Ökosystems, auf Störungen und Schäden zu reagieren und nach einer Störung zum Ausgangszustand zurückzukehren.

Säureeintrag: Eintrag (Deposition) versauernd wirkender Substanzen, insbesondere Schwefel- und Stickstoffverbindungen.

Treibhausgas: Gas, das zum Treibhauseffekt beiträgt, z. B. Kohlendioxid.

Variabilität (www.spektrum.de): Vielfalt - meist im umfassenden Sinne verwendeter Terminus, nämlich sowohl im eigentlichen Wortsinn als Veränderlichkeit, aber auch für die mehr oder minder große Verschiedenheit in der Ausprägung von Merkmalen.

Vitalität: Ausdruck der Lebens- und Überlebensfähigkeit von Waldökosystemen. Wichtige Indikatoren sind der jährlich erhobene Kronenzustand und das Wachstum der Bäume.

Umweltveränderung: Veränderung abiotischer und biotischer Umwelteinflüsse auf Waldökosysteme über die Zeit (z. B. Klima und Witterung, Säure- oder Stickstoffeintrag).

Waldökosystem: gedachte kleinste ökologische Einheit eines Waldes bestehend aus einem Waldbiotop (Summe aller abiotischen Merkmale) und einer Waldbiozönose (Summe aller biotischen Merkmale).

Waldzustandserhebung (WZE): terrestrische Stichprobeninventur auf einem systematischen 16 km × 16 km-Netz, welche auf Länder- bzw. Bundesebene repräsentative Ergebnisse für den Kronenzustand und die Schadursachen für die Hauptbaumarten ermöglicht. Neben der Kronenverlichtung als Kernparameter für den Kronenzustand werden weitere Merkmale wie die Intensität der Fruktifikation, Vergilbung von Blättern oder Nadeln, Insekten- und Pilzbefall sowie Stamm- und Kronenverletzungen erfasst.

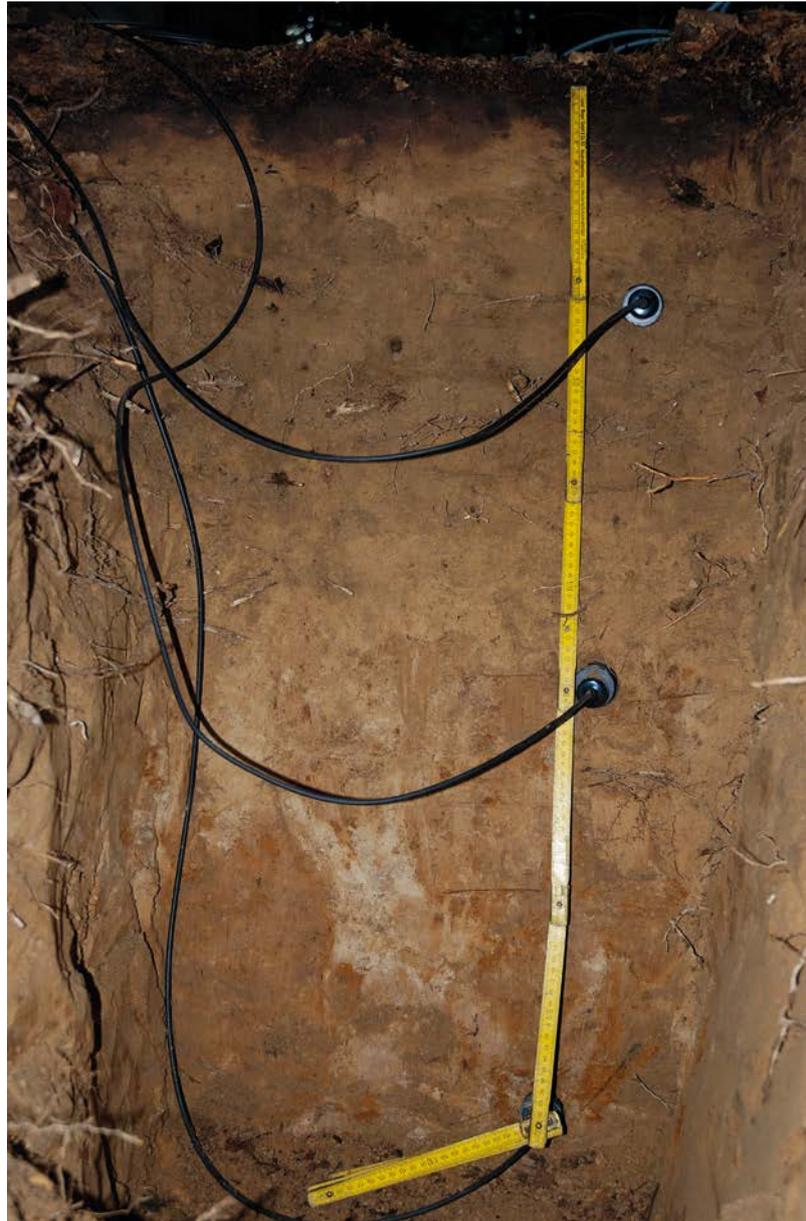


Abbildung 8: Sonden zur Messung der Bodenfeuchte



7.

Literatur

Bund-Länder-Konzeption für das zukünftige Waldmonitoring in Deutschland (2007; unveröffentlicht)

Bundesrat Drucksache 754/13 v. 05.11.13, Verordnung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Verordnung über Erhebungen zum forstlichen Umweltmonitoring (ForUmV)

European Union, Standing Forest Committee, Ad hoc working group on forest information, Interim Report: Discussion paper on EU forest information needs, 120th meeting, 16 Sep 2011

Oslo Ministerbeschluss: Europäische Wälder 2020
http://www.foresteuropa.org/docs/info_idiomas/OsloMinisterbeschlussEuropaischeWalder%202020.pdf

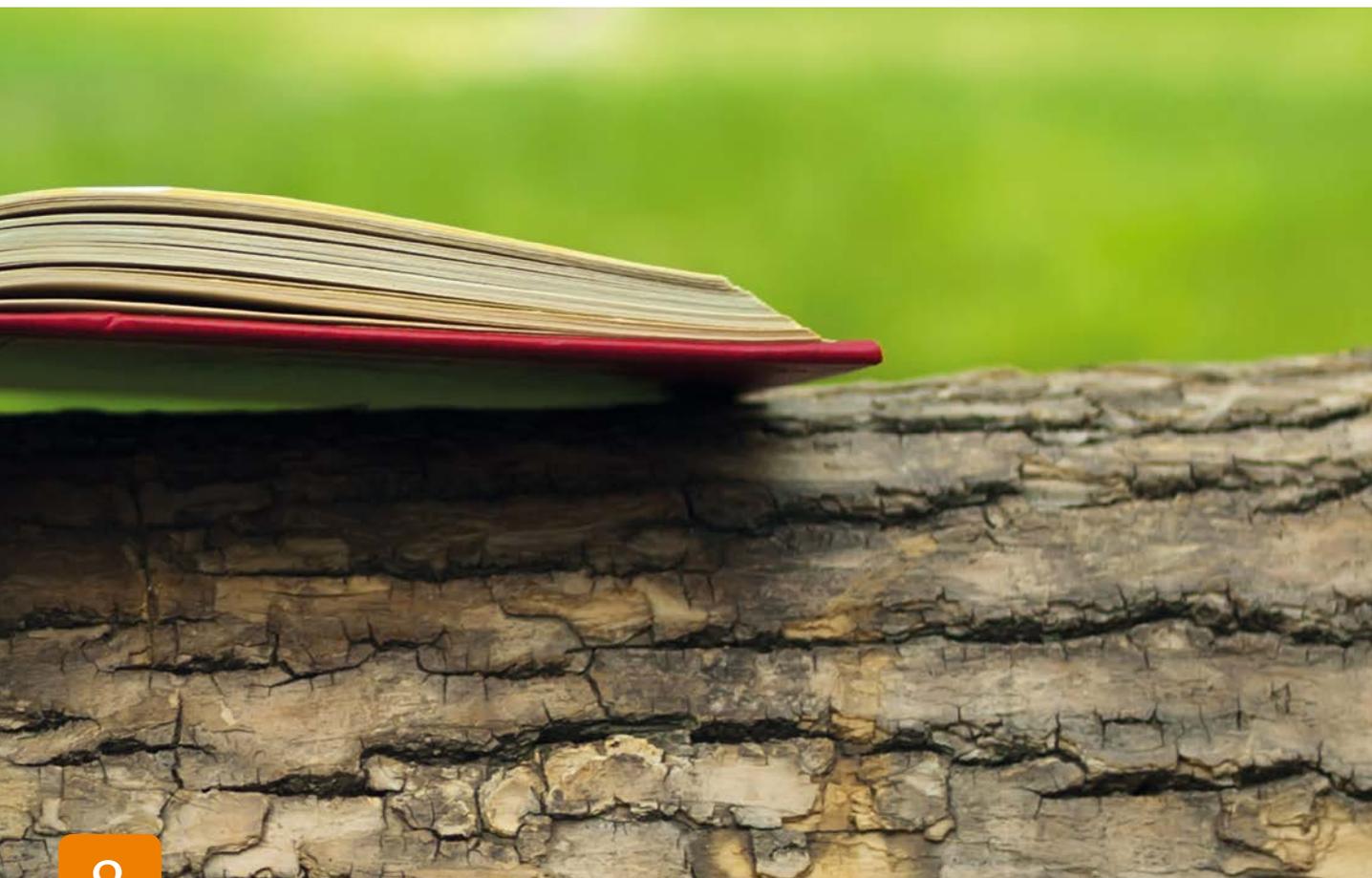
Sachverständigenrat für Umweltfragen (2015): „Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem“. Sondergutachten. 2015, 11 Seiten, 4 Abbildungen

Verordnung (EWG) NR. 3528/1986 des Rates vom 17. Nov. 1986 (abgelaufen 31.12.2002)

Verordnung (EWG) NR. 2157/1992 des Rates vom 31.07.1992 (abgelaufen 31.12.2002)

Verordnung (EG) NR. 2152/2003 des Europäischen Parlaments und der Rats vom 17. Nov. 2003

Walker, B., Salt, D., (2006): Resilience thinking. Sustaining ecosystems and people in a changing world. Islandpress. 173 pp



8.

Anlagen

Anlage 1: Übersicht über Erhebungsmerkmale des forstlichen Umweltmonitorings

Die Übersicht ist gegliedert nach den Kapiteln des Erhebungshandbuchs (Manual) von ICP Forests.

Zeichenerklärung: Verbindlichkeit der Erhebung nach deutschem Erhebungsleitfaden:

- keine Erhebung, (+) optional, + bindend;

stehen unter „Intensives Monitoring“ zwei Angaben, so gilt die erste für Standardflächen, die Angabe nach dem Komma für Schwerpunktfächen.

Zu den Erhebungsmerkmalen sind i.d.R. mehrere oder sogar viele Einzelparameter zu erfassen. „Bindend“ ist angegeben, sobald irgendein Einzelparameter bindend zu erheben ist.



Kronenzustand sowie abiotische und biotische Schadfaktoren (Pilze, Insekten)

(ForUmV, §1, Nr. 1; ICP Forests Manual, Kapitel IV)

Relevanz:

Vor dem Hintergrund des Bestandesalters dienen die Parameter von Kronenzustand, Schadfaktoren und Mortalität dazu, die Vitalität der Bäume und Bestände einzuschätzen, die vorhandenen Risiken zu beurteilen und Kriterien für die Einleitung stabilisierender Managementmaßnahmen (Waldpflege, Bekämpfungsmaßnahmen, Durchforstung, Erntestrategien) abzuleiten. Sie behandeln damit Fragen zur allgemeinen Waldgesundheit, zu den speziellen Risiken für die Waldentwicklung und ihrem Verlauf, sowie zu den Auswirkungen von Managementmaßnahmen auf die Vitalität der Bäume.

Erhebungsmerkmale	Stichproben-netz	Intensives Monitoring
Baum und Kronenzustand	+	+
Mortalität	+	+
Bestandeseigenschaften	+	+
abiotische Schadfaktoren	+	+
biotische Schadfaktoren (z.B. Pilze, Insekten)	+	+

Baumwachstum

(ForUmV, §1, Nr. 2; ICP Forests Manual, Kapitel V)

Relevanz:

Die Parameter des Baumwachstums spiegeln direkt die Leistungsfähigkeit der Waldbestände wider, die in ihrer Abhängigkeit von Standort, Vitalität, Stressfaktoren und Umweltbedingungen beurteilt werden soll, um sie langfristig auch bei veränderten Bedingungen sichern zu können. Zentrale Fragen sind hierbei die standortabhängige Baumartenwahl, die Wachstumsreaktion auf sich verändernde Umweltbedingungen und die Entwicklung angepasster Nutzungsstrategien unter Klimawandelbedingungen.

Erhebungsmerkmale	Stichproben-netz	Intensives Monitoring
Flächengröße und -form, Baumzahl	(+)	+
Baumart	(+)	+
Einzelbaum-Wachstumsdaten	(+)	+

Phänologische Beobachtungen

(ForUmV, §1, Nr. 10; ICP Forests Manual, Kapitel VI)

Relevanz:

Die sichtbaren Lebensäußerungen von Bäumen im Jahreslauf sind ein wichtiges Indiz für ihre Vitalität und die Reaktion auf Umweltbedingungen. Ihre Veränderung unter Klimawandelbedingungen oder bei Schadstoffeintrag, die Auswirkungen auf die Länge der Vegetationszeit und ihre Beeinflussung durch biotische Schadereignisse lassen Rückschlüsse auf viele Bereiche zu: Die Anpassungsfähigkeit von Baumarten, Veränderungen von Produktion und Wassernutzung, die Dynamik von Schädlingsgradationen, die Verjüngungsfähigkeit der Baumarten und das Schadpotenzial allergieauslösender oder humanpathogener Erreger.

Erhebungsmerkmale	Stichproben-netz	Intensives Monitoring
Lebensereignisse auf der Untersuchungsfläche	-	(+), + ¹⁵
Lebensereignisse an Einzelbäumen	-	(+)

Bodenvegetation

(ForUmV, §1, Nr. 4; ICP Forests Manual, Kapitel VII)

Relevanz:

Die Artzusammensetzung der Bodenvegetation in einem Waldbestand charakterisiert die Waldgesellschaft. Sie lässt Rückschlüsse auf Standortseigenschaften und die Nähe zur potentiellen natürlichen Vegetation zu. Artmächtigkeit (z.B. Deckungsgrade) und Artenzusammensetzung, sind ein Maß für die pflanzliche Biodiversität und Habitatfunktionen im jeweiligen Waldökosystem und hängen von den jeweiligen Standortseigenschaften (Bodenazidität, Nährstoffhaushalt, Wasserhaushalt, Lichtgenuss und Klima) ab. Aus der Bodenvegetation abgeleitete ökologische Zeigerwerte liefern Hinweise auf konkrete Umwelteinflüsse, wie z.B., Stickstoff- oder Säurebelastungen, Bodenverdichtung und Salz- bzw. Schwermetallkonzentrationen im Boden. Bodenvegetation und Unterwuchs haben eine wichtige Rolle in der natürlichen Ökosystemdynamik, z.B. bei Aufnahme und Speicherung von Nährstoffen und der Konkurrenz um Licht, Wasser und Nährstoffe.

Erhebungsmerkmale	Stichproben-netz	Intensives Monitoring
Bestandesstruktur	(+)	+
Pflanzenarten und Deckungsgrade	(+)	+

15 Sofern keine Lebensereignisse am Einzelbaum erfasst werden

Ozonschäden

(ICP Forests Manual, Kapitel VIII)

Relevanz:

Die quantitative Erfassung von Ozonschadssymptomen an Blattoorganen von Altbäumen und holzigen Pflanzen lichtexponierter Waldränder dient dem Nachweis von Ozonschadwirkungen, i.d.R. an Orten, an denen zeitgleich die Luftqualität ermittelt wird. Sichtbare Ozonschäden weisen direkt auf die Überschreitung kritischer Belastungsschwellen der Luftqualität hin (Bioindikation). Sie sind gleichzeitig ein Indiz für Vitalitätsverluste und Biomasseeinbußen mit möglichen Auswirkungen auf Holzproduktion, Kohlenstoffsequestrierung oder andere Ökosystemdienstleistungen.

Erhebungsmerkmale	Stichproben-netz	Intensives Monitoring
Ozonschadssymptome an Probestäumen und Bedingungen auf der Untersuchungsfläche	–	(+)
Ozonschadssymptome am lichtexponierten Waldrand (LESS)	–	(+), +

Meteorologie

(ForUmV, §1, Nr. 9; ICP Forests Manual, Kapitel IX)

Relevanz:

Das Wetter ist ein wichtiger Standortsfaktor und physikalische Grundlage für viele Lebensprozesse in einem Waldökosystem. Es beeinflusst den Wasser- und Stoffhaushalt ebenso, wie z.B. Wachstum, Holzproduktion oder die Schädlingsvermehrung. Klimawandel und Wetterextreme verursachen klimatische Risiken wie z.B. Dürre, Waldbrand oder Sturmwurf. Meteorologische Erhebung sind essenziell für die Anwendung von naturwissenschaftlichen Modellen zur Berechnung und Vorhersage dieser Prozesse und Ökosystemdienstleistungen.

Erhebungsmerkmale	Stichproben-netz	Intensives Monitoring
atmosphärische Klimabedingungen	–	+
Bodenklimabedingungen	–	(+), +
Bestandesklimabedingungen	–	(+), +

Bodenprobenahme und -analyse

(ForUmV, §1, Nr. 8; ICP Forests Manual, Kapitel X)

Relevanz:

Der Waldboden liefert die langfristige Produktionsgrundlagen für das Waldwachstum in Form von Nährstoffen, Wurzelraum und Wasser und puffert zugleich atmosphärische Einträge ab, indem er Kohlenstoff, Schwermetalle und Stickstoffverbindungen speichert, bevor sie mit dem Sickerwasser oder gasförmig ausgetragen werden. Die Bodeneigenschaften haben damit grundlegende Bedeutung für Holzproduktion und Waldgesundheit, den Klimaschutz, den Grundwasserschutz, die Nährstoffnachhaltigkeit und -zyklisierung und die Habitatfunktion des Bodens für Bodenlebewesen.

Erhebungsmerkmale	Stichproben-netz	Intensives Monitoring
Physikalische Bodenparameter	+	+
Kohlenstoff und Stickstoff	+	+
weitere Nährstoffe	+	+
Bodenreaktion, austauschbare Ionen	+	+
Schwermetalle	+	+

Bodenlösung

(ForUmV, §1, Nr. 7; ICP Forests Manual, Kapitel XI)

Relevanz:

Für den aktuellen Zustand von Waldernährung und Grundwasserbelastung sind insbesondere die im Bodenwasser gelösten Stoffe ausschlaggebend, weil nur diese direkt in den Baumstoffwechsel oder das Sickerwasser aufgenommen werden. Die stoffliche Qualität der Bodenlösung liefert Aussagen zur Säure- und Aluminiumbelastung, zur Nährstoffverfügbarkeit und Nährstoffverlusten, zur Nitrat- und Schwermetallfreisetzung und kann Hinweise zum Auftreten persistenter organischer Verbindungen liefern.

Erhebungsmerkmale	Stichproben-netz	Intensives Monitoring
Sickerwassermenge ¹⁶	–	(+), +
Chemische Parameter	–	(+), +

Blatt- und Nadelanalysen

(ForUmV, §1, Nr. 3; ICP Forests Manual, Kapitel XII)

Relevanz:

Blatt- und Nadelanalysen geben Auskunft über den Ernährungszustand und die Aufnahme und Anreicherung einzelner Schadstoffe und Schwermetalle in Waldbäumen. Blatt-/Nadelspiegelwerte dienen deshalb als Indikatoren (Bioindikatoren) für die Beurteilung aktueller ökoystemarer Zustände und Prozesse in Bezug auf Baumvitalität (Nährstoffaufnahme und -störung), Bodenfruchtbarkeit (Basenmangel, Säurebelastung) oder Luftqualität (erhöhte Immissionsbelastung von Schwefel-, Stickstoff-, Schwermetallen).

Erhebungsmerkmale	Stichproben-netz	Intensives Monitoring
Blattmenge und -gewicht	(+)	+
Blattchemie (Elementgehalte)	(+)	+

Streuanalyse

(ForUmV, §1, Nr. 6; ICP Forests Manual, Kapitel XIII)

Relevanz:

Die Streu¹⁷ ist eine wichtige Poolgröße im Nährstoffkreislauf eines Waldbestandes und Ausgangsmaterial für die Nährstoffrückführung und Humusbildung im Ökosystem. Die kontinuierliche Erfassung des jährlichen Streufalls nach Menge und Zusammensetzung liefert Kenngrößen zur Biomasseentwicklung, der Nährstoffbilanz oder der Schadstofffilterwirkung des Waldes. Aus Intensität, Zeitpunkt und Zusammensetzung des Streufalls werden Rückschlüsse auf physiologische Entwicklungen und Reaktionen der Waldbäume gezogen, die z.B. im Zusammenhang mit extremen Witterungsereignissen oder Insektenkalamitäten stehen. Informationen zu Mastjahren werden beispielsweise zur Beurteilung des C-Haushalts oder zur Einschätzung des Verjüngungspotentials der Bäume genutzt und unterstützen die Prognose zyklischer Entwicklungen von Tierpopulationen und den damit verbundenen Infektions- oder Schadrissen.

Erhebungsmerkmale	Stichproben-netz	Intensives Monitoring
Streumenge	-	(+), +
Streuchemie (Elementgehalte)	-	(+), +

17 Als Streu wird die abgestorbene oberirdische pflanzliche Biomasse eines Waldbestandes bezeichnet, die jährlich dem Boden wieder zugeführt wird. Sie setzt sich aus Blättern und Nadeln, Blüten und Früchten, Knospenschuppen oder holzigen Materialien (wie Äste und Rinde) zusammen.

18 Einzelstandorte sind eingebunden in die lufthygienische Umweltüberwachung.

Deposition

(ForUmV, §1, Nr. 5; ICP Forests Manual, Kapitel XIV)

Relevanz:

Mit der Deposition luftbürtiger Substanzen wird direkt die von den Baumkronen aus der Luft ausgefilterte Stofffracht erfasst. Die Belastung der Wälder mit Säureeinträgen und Stickstoffverbindungen kann damit ebenso beurteilt werden wie die Nachlieferung basischer Kationen für das Waldwachstum. Lösliche organische Substanzen geben einen Hinweis auf das Auftreten persistenter organischer Verbindungen im Waldökosystem.

Erhebungsmerkmale	Stichproben-netz	Intensives Monitoring
Depositionschemie	-	+

Luftqualität

(ForUmV, §1, Nr. 11; ICP Forests Manual, Kapitel XV)

Relevanz:

Säurewirksame oder reaktive Schadgase können empfindliche Pflanzen und Waldökosysteme bei Überschreitung kritischer Belastungsschwellen direkt schädigen. Die Messungen von Stickoxid (NO_x, NO₂), Ammoniak (NH₃), Schwefeldioxid (SO₂) oder Ozon (O₃) im Rahmen des forstlichen Umweltmonitorings ermöglichen eine Abschätzung zu Höhe und zeitlicher Entwicklung waldschädigender Immissionsbelastungen am Wirkort. Neben kontinuierlich registrierenden Messverfahren¹⁸ kommen sogenannte Passivsammler bei den Messungen zum Einsatz.

Erhebungsmerkmale	Stichproben-netz	Intensives Monitoring
Luftchemie (Passivsammler)	-	(+), +
Luftchemie (Aktivmessung)	-	(+)

Gesamtblattfläche (Blattflächenindex)

(Als Hilfsgröße für Bewertungen und Modellierungen mit Bezügen zu mehreren Themen von ForUmV, §1; ICP Forests Manual, Kapitel XVII)

Relevanz:

Die Gesamtblattfläche ist die zentrale Grundlage für den Stoff- und Energiewechsel zwischen Kronendach und Atmosphäre: Aktive CO₂-Aufnahme, Wasserverlust durch Transpiration, VOC-Emission und Aufnahme von Ozon sind mengenmäßig abhängig von dieser Grenzfläche. Gleichzeitig bestimmt die Gesamtblattfläche passiv über Interzeptionsverdunstung, Sturmwurfgefährdung, Schadstoffdeposition und die für die Habitatfunktion des Unterwuchses bedeutende Strahlungsin-terzeption. Als Blattflächenindex ist sie eine wichtige Eingangsgröße für Stoff- und Wasserhaushaltsmodelle.

Erhebungsmerkmale	Stichproben-netz	Intensives Monitoring
Blattmenge bzw.-fläche	–	(+), +
Bestandesstruktur	–	(+), +



Abbildung 9: Sickerwasserproben aus verschiedenen Bodentiefen



Anlage 2: Liste der Beobachtungsflächen des intensiven forstlichen Umweltmonitorings, Stand 2016 (Auswahl entsprechend Abbildung 3)

Flächen-Nr. Bestand	Flächen-name	Land	Einrich-tungs-jahr ¹⁹	Höhe m/ NN ²⁰	T[°C] / N[mm] Jahres-werte ²¹	Bodentyp	Haupt-baumart	Alter (Haupt-bestand, 2016)	Nebenbaum-arten
101	Bornhöved	SH	1988; 1996	48	9,0 / 702	Braunerde	Rotbuche	112	
301	Lüss	NI	1990; 1995	116	8,6 / 899	mäßig podsolige Braunerde	Rotbuche	136	Traubeneiche
302	Lange Bramke Südhang	NI	1977; 1995	597	5,8 / 1395	Braunerde-Podsol	Gemeine Fichte	69	
303	Lange Bramke Kamm	NI	1986; 1995	659	5,8 / 1395	Braunerde-Podsol	Gemeine Fichte	69	
304	Solling Buche	NI	1968; 1993	502	6,6 / 1286	mäßig podsolige Braunerde	Rotbuche	170	
305	Solling Fichte	NI	1968; 1995	506	6,6 / 1286	mäßig podsolige Braunerde	Gemeine Fichte	135	
306	Göttinger Wald	NI	1981; 1995	421	8,4 / 773 ²²	Rendzina-Terra fusca	Rotbuche	137	Bergahorn, Esche
307	Augustendorf	NI	1993; 1994	33	8,7 / 789	Podsol	Gemeine Kiefer	73	Sandbirke, Spätblühende Traubenkirsche
308	Ehrhorn	NI	1979; 1992	109	8,3 / 909	podsolige Braunerde	Stieleiche	135	
502	Tannenbusch	NW	1987; 1995	30	9,6 / 910	Pseudogley-Braunerde, schwach podsolig, lessiviert, kein Grundwasser, physiologische Gründigkeit sehr tief (Durchwurzelbarkeit mehr als 13 dm), schwache Staunässe	Eiche	140	Rotbuche
503	Haard	NW	1981, 1995	70	9,8 / 955	Braunerde-Podsol, pseudovergleyt	Rotbuche	131	

19 Beim Aufbau des intensiven forstlichen Umweltmonitorings ab Mitte der 90er Jahre wurden ältere, schon länger beobachtete Standorte der Waldforschung integriert. In solchen Fällen stehen hier zwei Jahreszahlen. Zwei Jahreszahlen stehen auch, wenn nach der ersten Anlage der Umfang der Messungen wesentlich erweitert wurde.

20 Die Höhenangabe bezieht sich auf die Beobachtungsfläche im Waldbestand; die Höhenlage der zugeordneten Freifläche kann hiervon in einzelnen Fällen abweichen.

21 T = Mittelwert der Lufttemperatur; N = Niederschlagssumme für den Bezugszeitraum 1981–2010. Die auf den Flächen des intensiven forstlichen Umweltmonitorings gemessenen meteorologischen Werte wurden mittels ERA-Interim-Datensatz des European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) harmonisiert und retrospektiv verlängert. Sofern die Angaben in dieser Tabelle aus anderer Quelle stammen, ist dies in einer Fußnote vermerkt.

22 Abweichende Berechnung; Bezugszeitraum 1981–2010.

Flächen-Nr. Bestand	Flächen-name	Land	Einrich-tungs-jahr ¹⁹	Höhe m/ NN ²⁰	T[°C] / N[mm] Jahres-werte ²¹	Bodentyp	Haupt-baumart	Alter (Haupt-bestand, 2016)	Nebenbaum-arten
506	Elberndorf	NW	1982, 1995	675	6,3 / 1635	Pseudogley-Braunerde, schwach podsolig, physiologische Gründigkeit mittel (Durchwurzelbarkeit 4–8 dm), mittlere Stau-nässe, kein Grundwasser	Gemeine Fichte	93	
508	Schwaney	NW	1982, 1995	380	7,7 / 1351	pseudovergleyte Braunerden und Pseudo-gley-Braunerden schwache Hangstau-nässe	Rotbuche	129	Bergahorn, Esche
604	Spessart	HE	1986; 1996	438	7,7 / 759	mäßig podsolige Braunerde	Rotbuche	147	Traubeneiche
606	Zierenberg	HE	1990; 1996	456	7,4 / 798	Braunerde	Rotbuche	172	Spitzahorn
608	Kellerwald	HE	2006; 2006	490	7,4 / 667	Braunerde	Rotbuche	163	
609	Krofdorf	HE	1984; 2009	296	7,4 / 700	Parabraunerde-Pseudogley	Rotbuche	154	
610	Fürth Fichte	HE	1987; 2010	446	8,7 / 972	podsolige Braunerde	Gemeine Fichte	117	
611	Hessisches Ried Eiche	HE	1998; 2010	91	9,9 / 750	reliktisch vergleyte Pseudogley-Braunerde	Stieleiche	111	Rotbuche, Winterlinde

19 Beim Aufbau des intensiven forstlichen Umweltmonitorings ab Mitte der 90er Jahre wurden ältere, schon länger beobachtete Standorte der Waldforschung integriert. In solchen Fällen stehen hier zwei Jahreszahlen. Zwei Jahreszahlen stehen auch, wenn nach der ersten Anlage der Umfang der Messungen wesentlich erweitert wurde.

20 Die Höhenangabe bezieht sich auf die Beobachtungsfläche im Waldbestand; die Höhenlage der zugeordneten Freifläche kann hiervon in einzelnen Fällen abweichen.

21 T = Mittelwert der Lufttemperatur; N = Niederschlagssumme für den Bezugszeitraum 1981–2010. Die auf den Flächen des intensiven forstlichen Umweltmonitorings gemessenen meteorologischen Werte wurden mittels ERA-Interim-Datensatz des European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) harmonisiert und retrospektiv verlängert. Sofern die Angaben in dieser Tabelle aus anderer Quelle stammen, ist dies in einer Fußnote vermerkt.

Flächen-Nr. Bestand	Flächen-name	Land	Einrichtungs-jahr ¹⁹	Höhe m/ NN ²⁰	T[°C] / N[mm] Jahres-werte ²¹	Bodentyp	Haupt-baumart	Alter (Haupt-bestand, 2016)	Nebenbaum-arten
613	Hessisches Ried Buche	HE	1998; 2013	92	9,9 / 750	reliktisch vergleyte Pseudogley-Braunerde	Rotbuche	114	Hainbuche
701	Hermeskeil	RP	1991	635	6,1 / 1312	tiefgründige Braunerde	Gemeine Fichte	92	
704	Neuhäusel	RP	1991	390	7,8 / 1032	tiefgründige Braunerde	Rotbuche	123	
705	Merzalben	RP	1986	550	8,7 / 1041	tiefgründige Braunerde	Trauben-eiche	211	Rotbuche
706	Schaidt	RP	1991	129	10,5 / 824	ausgeprägter Gley	Stieleiche	118	Hainbuche, Rotbuche
707	Johannis-kreuz	RP	1984	550	8,4 / 942	mittel-tiefgründiger Podsol	Gemeine Kiefer	141	Rotbuche
802	Heidelberg Fichte	BW	1983	510	6,9 / 1144	podsolierte Braunerde bis Parabraunerde	Gemeine Fichte	105	Rotbuche
806	Convent-wald Fichte	BW	1994	840	7,9 / 1395	Braunerde	Gemeine Fichte	96	Weißtanne, Rotbuche (Douglasie, Europ. Lärche)
808	Ochsen-hausen-Fichte	BW	1994	680	8,4 / 1114	Parabraunerde	Gemeine Fichte	98	Rotbuche, Europ. Lärche
812	Esslingen Fichte	BW	1998	350	7,6 / 969	Pseudogley-Parabraunerde	Gemeine Fichte	108	Douglasie, Weißtanne (Rotbuche, Gemeine Kiefer)
819	Altensteig Fichte	BW	2009	512	7,5 / 914	Braunerde	Gemeine Fichte	107	Weißtanne, Gemeine Kiefer
852	Heidelberg Buche	BW	2009	390	6,9 / 1294	Pseudogley-Braunerde	Rotbuche	81	Gemeine Fichte, Europ. Lärche

19 Beim Aufbau des intensiven forstlichen Umweltmonitorings ab Mitte der 90er Jahre wurden ältere, schon länger beobachtete Standorte der Waldforschung integriert. In solchen Fällen stehen hier zwei Jahreszahlen. Zwei Jahreszahlen stehen auch, wenn nach der ersten Anlage der Umfang der Messungen wesentlich erweitert wurde.

20 Die Höhenangabe bezieht sich auf die Beobachtungsfläche im Waldbestand; die Höhenlage der zugeordneten Freifläche kann hiervon in einzelnen Fällen abweichen.

21 T = Mittelwert der Lufttemperatur; N = Niederschlagssumme für den Bezugszeitraum 1981–2010. Die auf den Flächen des intensiven forstlichen Umweltmonitorings gemessenen meteorologischen Werte wurden mittels ERA-Interim-Datensatz des European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) harmonisiert und retrospektiv verlängert. Sofern die Angaben in dieser Tabelle aus anderer Quelle stammen, ist dies in einer Fußnote vermerkt.

Flächen-Nr. Bestand	Flächen-name	Land	Einrich-tungs-jahr ¹⁹	Höhe m/ NN ²⁰	T[°C] / N[mm] Jahres-werte ²¹	Bodentyp	Haupt-baumart	Alter (Haupt-bestand, 2016)	Nebenbaum-arten
856	Convent-wald Buche	BW	2009	809	8,0 / 1459	Braunerde	Rotbuche	136	Weißtanne
858	Ochsen-hausen Buche	BW	2009	696	7,9 / 1083	Parabraunerde- Pseudogley	Rotbuche	136	Gemeine Fichte, Weißtanne (Douglasie, Europ. Lärche)
859	Altensteig Buche	BW	2009	492	7,5 / 914	Braunerde- Pseudogley	Rotbuche	136	Gemeine Fichte, Weißtanne, Gem. Kiefer, Europ. Lärche, Birke
862	Esslingen Buche	BW	2010	336	7,6 / 970	Braunerde- Pseudogley	Rotbuche	136	Gemeine Fichte, Gemeine Kiefer
901	Altdorf	BY	1990	406	7,7 / 859	Eisen- Humus- Podsol	Gemeine Kiefer	86 (76–114)	
904	Berchtes-gaden	BY	1991	1500	4,5 / 1985	Braunerde- Rendzina	Europ. Lärche	191 (182–269)	Gemeine Fichte
905	Dinkelsbühl	BY	1990	568	7,3 / 776	Podsol- Braunerde	Gemeine Kiefer	95 (83–110)	
906	Ebersberg	BY	1990	540	7,2 / 1076	Parabraun- erde großer Entwicklungs- tiefe	Gemeine Fichte	88 (73–94)	
908	Flossenbürg	BY	1993	840	5,7 / 1034	Braunerde- Podsol	Gemeine Fichte	91 (77–126)	
909	Gold-kronach	BY	1993	800	4,9 / 1414	Podsolige Braunerde	Gemeine Fichte	110 (87–128)	

19 Beim Aufbau des intensiven forstlichen Umweltmonitorings ab Mitte der 90er Jahre wurden ältere, schon länger beobachtete Standorte der Waldforschung integriert. In solchen Fällen stehen hier zwei Jahreszahlen. Zwei Jahreszahlen stehen auch, wenn nach der ersten Anlage der Umfang der Messungen wesentlich erweitert wurde.

20 Die Höhenangabe bezieht sich auf die Beobachtungsfäche im Waldbestand; die Höhenlage der zugeordneten Freifläche kann hiervon in einzelnen Fällen abweichen.

21 T = Mittelwert der Lufttemperatur; N = Niederschlagssumme für den Bezugszeitraum 1981–2010. Die auf den Flächen des intensiven forstlichen Umweltmonitorings gemessenen meteorologischen Werte wurden mittels ERA-Interim-Datensatz des European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) harmonisiert und retrospektiv verlängert. Sofern die Angaben in dieser Tabelle aus anderer Quelle stammen, ist dies in einer Fußnote vermerkt.

Flächen-Nr. Bestand	Flächen-name	Land	Einrichtungs-jahr ¹⁹	Höhe m/ NN ²⁰	T[°C] / N[mm] Jahres-werte ²¹	Bodentyp	Haupt-baumart	Alter (Haupt-bestand, 2016)	Nebenbaum-arten
911	Mitterfels	BY	1990	1025	5,0 / 1634	podsolige Braunerde	Rotbuche	135 (117–151)	Gemeine Fichte, Weißtanne
913	Riedenburg	BY	1990	475	7,6 / 773	schwach pseudovergleyte Parabraunerde ü. Terra Fusca	Eiche	122 (103–135)	Rotbuche
914	Rothenbuch	BY	1993	470	6,8 / 1097	pseudovergleyte Braunerde	Eiche	113 (98–119)	Rotbuche, Hainbuche
919	Freising	BY	1994	508	7,7 / 917	Braunerde-Parabraunerde	Rotbuche	119 (103–131)	Eiche
921	Würzburg	BY	1995	330	8,6 / 681	Braunerde-Pseudogley	Eiche	115 (103–124)	Hainbuche, Rotbuche
922	Kreuth	BY	1995	1100	6,1 / 2099	Braunerde-Hangley	Gemeine Fichte	117 (105–128)	Rotbuche, Weißtanne
923	Höglwald	BY	1983; 2009	540	8,4 / 935 ²³	schwach podsolige, schwach pseudovergleyte Parabraunerde	Gemeine Fichte	91 (82–96)	
1001	Fischbach	SL	1989	345	10,4 / 1005	Pseudogley-Braunerde	Traubeneiche	140	Rotbuche
1101	Grunewald	BE	1987	54	9,1 / 642	schwach podsoliierte Rostbraunerde	Gemeine Kiefer	150	Traubeneiche, Spätblühende Traubenkirsche
1202	Beerenbusch Kiefer	BB	1996	79	8,1 / 686	Braunerde	Gemeine Kiefer	83	Rotbuche, Traubeneiche
1203	Kienhorst	BB	1995	70	8,3 / 602	Podsol HsS Haselberger Sand-Rostpodsol	Gemeine Kiefer	111	
1204	Weitzgrund	BB	1995	105	8,8 / 592	Braunerde NeS Nedlitzer-Sand-Braunerde	Gemeine Kiefer	103	

19 Beim Aufbau des intensiven forstlichen Umweltmonitorings ab Mitte der 90er Jahre wurden ältere, schon länger beobachtete Standorte der Waldforschung integriert. In solchen Fällen stehen hier zwei Jahreszahlen. Zwei Jahreszahlen stehen auch, wenn nach der ersten Anlage der Umfang der Messungen wesentlich erweitert wurde.

20 Die Höhenangabe bezieht sich auf die Beobachtungsfläche im Waldbestand; die Höhenlage der zugeordneten Freifläche kann hiervon in einzelnen Fällen abweichen.

21 T = Mittelwert der Lufttemperatur; N = Niederschlagssumme für den Bezugszeitraum 1981–2010. Die auf den Flächen des intensiven forstlichen Umweltmonitorings gemessenen meteorologischen Werte wurden mittels ERA-Interim-Datensatz des European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) harmonisiert und retrospektiv verlängert. Sofern die Angaben in dieser Tabelle aus anderer Quelle stammen, ist dies in einer Fußnote vermerkt.

23 DWD Rasterdaten 1 km² (1981–2010).

Flächen-Nr. Bestand	Flächen-name	Land	Einrich-tungs-jahr ¹⁹	Höhe m/ NN ²⁰	T[°C] / N[mm] Jahres-werte ²¹	Bodentyp	Haupt-baumart	Alter (Haupt-bestand, 2016)	Nebenbaum-arten
1205	Neusorge-feld	BB	1995	133	8,2 / 660	schwach-pod-solige Braunerde BäS Bären-thorener Sand-Braunerde	Gemeine Kiefer	91	Traubeneiche
1207	Beeren-busch Buche	BB	2001	90	8,1 / 686	schwach pod-solige Sand-Braunerde TdS Tasdorfer Sand-Braunerde	Rotbuche	127	
1208	Fünfeichen	BB	2003	124	9,3 / 566 ²⁴	DobsB Doberitzer Bänder-Sandbraunerde	Trauben-eiche	86	
1302	Sandhof	MV	ab 1986 ÖWK-Basis-fläche, ab 1996 Level-II-Fläche	63	9,4 / 631 ²⁵	Bodenseichener Sandbraunerde	Rotbuche	90	
1303	Rothemühl	MV	ab 1986 ÖWK-Fläche, ab 1996 Level-II	15	9,3 / 535	Brunkauer Sand-Humus-rostpodsol	Gemeine Kiefer	83	
1402	Olbernhau	SN	1994	710	5,5 / 1027	stark podsolige Braunerde	Gemeine Fichte	99	
1404	Bautzen	SN	1995	435	7,4 / 814	mäßig podsolige Braunerde	Gemeine Fichte	103	
1405	Laußnitz	SN	1994	170	8,5 / 757	stark podsolige Braunerde	Gemeine Kiefer	110	

19 Beim Aufbau des intensiven forstlichen Umweltmonitorings ab Mitte der 90er Jahre wurden ältere, schon länger beobachtete Standorte der Waldforschung integriert. In solchen Fällen stehen hier zwei Jahreszahlen. Zwei Jahreszahlen stehen auch, wenn nach der ersten Anlage der Umfang der Messungen wesentlich erweitert wurde.

20 Die Höhenangabe bezieht sich auf die Beobachtungsfläche im Waldbestand; die Höhenlage der zugeordneten Freifläche kann hiervon in einzelnen Fällen abweichen.

21 T = Mittelwert der Lufttemperatur; N = Niederschlagssumme für den Bezugszeitraum 1981–2010. Die auf den Flächen des intensiven forstlichen Umweltmonitorings gemessenen meteorologischen Werte wurden mittels ERA-Interim-Datensatz des European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) harmonisiert und retrospektiv verlängert. Sofern die Angaben in dieser Tabelle aus anderer Quelle stammen, ist dies in einer Fußnote vermerkt.

22 Abweichende Berechnung; Bezugszeitraum 1981–2010.

23 DWD Rasterdaten 1 km² (1981–2010).

24 Klimakennwerte aus 30jährigen Mitteln (1980–2010) von interpolierten Werte umliegender DWD-Stationen (1981 bis zur Aufnahme eigener Messungen (i.d.R. 1996).

25 Flächen 1302 und 1303: Klimawerte für Zeitraum 1981–2010, abgeleitet von Tageswerten mittels linearer Regression der umliegenden DWD-Stationen.

Flächen-Nr. Bestand	Flächen-name	Land	Einrichtungs-jahr ¹⁹	Höhe m/ NN ²⁰	T[°C] / N[mm] Jahres-werte ²¹	Bodentyp	Haupt-baumart	Alter (Haupt-bestand, 2016)	Nebenbaum-arten
1406	Colditz	SN	1995	200	8,8 / 674	Pseudogley	Trauben-eiche	65	
1501	Klötze Kiefer	ST	1997; 1998	86	9,1 / 533	Braunerde	Gemeine Kiefer	99	Gemeine Fichte
1502	Nedlitz	ST	1997; 1998	114	8,7 / 639	Braunerde	Gemeine Kiefer	66	
1503	Klötze Douglasie	ST	2012; 2012	98	9,1 / 533	Braunerde	Douglasie	48	
1605	Großer Eisenberg	TH	1994	875	4,9 / 1150	Braunerde	Gemeine Fichte	81	
1606	Possen	TH	1995/ 1996	420	7,4 / 671	Parabraunerde	Rotbuche	78	
1607	Holzland	TH	1999/ 2000	350	8,1 / 714	Podsol	Gemeine Kiefer	59	Gemeine Fichte

19 Beim Aufbau des intensiven forstlichen Umweltmonitorings ab Mitte der 90er Jahre wurden ältere, schon länger beobachtete Standorte der Waldforschung integriert. In solchen Fällen stehen hier zwei Jahreszahlen. Zwei Jahreszahlen stehen auch, wenn nach der ersten Anlage der Umfang der Messungen wesentlich erweitert wurde.

20 Die Höhenangabe bezieht sich auf die Beobachtungsfläche im Waldbestand; die Höhenlage der zugeordneten Freifläche kann hiervon in einzelnen Fällen abweichen.

21 T = Mittelwert der Lufttemperatur; N = Niederschlagssumme für den Bezugszeitraum 1981 – 2010. Die auf den Flächen des intensiven forstlichen Umweltmonitorings gemessenen meteorologischen Werte wurden mittels ERA-Interim-Datensatz des European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) harmonisiert und retrospektiv verlängert. Sofern die Angaben in dieser Tabelle aus anderer Quelle stammen, ist dies in einer Fußnote vermerkt.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Fläche des intensiven forstlichen Umweltmonitorings mit Streufall- und Depositionssammlern	4
Abbildung 2: Gewinnung von Proben aus für die Blattanalyse	7
Abbildung 3: automatische Messung des Baumumfangs mittels Dendrometer (obere Messeinrichtung) und zusätzlich mit Umfangmessband (untere Messeinrichtung)	12
Abbildung 4: Stichprobenpunkte der Waldzustandserhebung (16 km × 16 km-Netz)	19
Abbildung 5: BZE II-Flächen (überwiegend 8 km × 8 km-Netz, z. T. mit Verdichtungen)	20
Abbildung 6: Beobachtungsfläche des intensiven forstlichen Umweltmonitorings	21
Abbildung 7: Flächen des intensiven forstlichen Umweltmonitorings (Level II)	22
Abbildung 8: Sonden zur Messung der Bodenfeuchte	25
Abbildung 9: Sickerwasserproben aus verschiedenen Bodentiefen	31

HERAUSGEBER

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)
Wilhelmstraße 54, 10117 Berlin

STAND

Oktober 2016

GESTALTUNG

design.idee, Büro für Gestaltung, Erfurt

TEXT

Bund-Länder-AG zur Umsetzung der Verordnung über Erhebungen
zum forstlichen Umweltmonitoring (ForUmV-AG)

Vorbereitet durch

J. Eichhorn; A. Bolte, I. Chmara, H.-P. Dietrich, S. Fleck, J. Gehrman,
T. Kirchner, N. König, H. Meesenburg, S. Raspe, H. Schmidtke, G.
Schütze, S. Strich, U. Sukopp

Angenommen durch die Waldbaureferenten im schriftlichen

Verfahren am 30.09.2016

Angenommen durch die Forstchefs am 18.10.2016

Der ForUmV-AG gehören an (Stand August 2016):

Dr. Henning Andreae, Dr. Joachim Block, Prof. Dr. Andreas Bolte, Ines
Chmara, Hans-Peter Dietrich, Prof. Dr. Johannes Eichhorn, Dr. Stefan
Fleck, Dr. Joachim Gehrman, Martin Haßdenteufel, Andrea Hölscher,
Dr. Reinhard Kallweit, Nils König, Jan Martin, Dr. Henning Meesen-
burg, Dr. Heike Puhlmann, Dr. Stephan Raspe, Hans-Werner Schröck,
Gudrun Schütze, Dorothea Steinhauser, Sigrid Strich, Dr. Ulrich
Sukopp, Peter Wendt, Prof. Dr. Willy Werner

Thünen-Institut für Waldökosysteme: Dr. Nadine Eickenscheidt,
Uwe Fischer (bis Februar 2016), Till Kirchner, Tanja Sanders, Andreas
Schmitz, Dr. Walter Seidling, Dr. Nicole Wellbrock

DRUCK

BMEL

BESTELLINFORMATIONEN

Diese und weitere Publikationen können Sie kostenlos bestellen:

Internet: www.bmel.de/publikationen

E-Mail: publikationen@bundesregierung.de

Fax: 01805-77 80 94

Telefon: 01805-77 80 90

(Festpreis 14 ct/Min., abweichende Preise a. d. Mobilfunknetzen mgl.)

Schriftlich:

Publikationsversand der Bundesregierung

Postfach 48 10 09, 18132 Rostock

BILDNACHWEIS

Seite 1: konzeptm/Fotolia.com; Seite 3: BMEL/photothek.net/
Michael Gottschalk; Seite 4: Tanja Sanders, Thünen-Institut; Seite 7:
LUA Saarland; Seite 9: Carola Vahldiek/Fotolia.com; Seite 12: Horst
Sprossmann, Thüringenforst; Seite 14: pbardocz/Fotolia.com; Seite
17: John Smith/Fotolia.com; Seite 21: Joachim Gehrman, LANUV,
NRW; Seite 23: Henry Czauderna/Fotolia.com; Seite 25: Joachim
Gehrman, LANUV, NRW; Seite 26: zhukovvlad/Fotolia.com;
Seite 31: Joachim Gehrman, LANUV, NRW

**Diese Publikation wird vom BMEL kostenlos herausgegeben.
Sie darf nicht im Rahmen von Wahlwerbung politischer Parteien
oder Gruppen eingesetzt werden.**

Weitere Informationen unter

www.bmel.de

