

Umweltbeobachtung in Wäldern und Forsten auf der Grundlage von Ökosystemtypen

1 Einleitung

Die Lebensäußerungen von Wäldern und Forsten sind Ausdruck vielfältiger Prozesse, die auf sehr unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen ablaufen. Dabei werden die gerichteten Abläufe natürlicher struktureller Entwicklung und ungerichtete natürliche Schwankungen überlagert von anthropogen induzierter Dynamik, die in der Regel sowohl durch die jeweilige Entstehungs- und Nutzungsgeschichte der Wälder und Forsten als auch durch veränderliche Umweltbedingungen infolge von Luftverunreinigungen bedingt ist. Ein wissenschaftlich fundiertes Management von Schutz und Nutzung der Naturressource Wald erfordert es zwingend, über derartige Veränderungen wichtiger Lebensäußerungen informiert zu sein. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit zur Entwicklung von Verfahren und zur Einrichtung von Netzen eines ökosystemaren Waldmonitoring.

HABER (1997) weist darauf hin, daß Zustand und Entwicklung ökologischer Systeme nicht aus einem einfachen Satz von Parametern abgeleitet werden können, sondern sich immer wieder neu aus der Gesamtheit der im System jeweils ablaufenden Lebensprozesse, ihren Wechselwirkungen und gegenseitigen Abhängigkeiten ergeben. Bestehende Monitoringprogramme im Wald, wie die als „Waldschadenserhebung“ bekannte Kronenzustandserfassung, die bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald oder spezielle Programme zum Artenmonitoring, beziehen sich jedoch nicht auf die Ökosysteme als wechselwirkende Einheit von Standortbedingungen und biozönotischen Strukturen. Ein ökosystemares Monitoring soll über langfristig kontinuierlich erhobene Komplexe von Schlüsselmerkmalen wesentliche Aspekte des Systemzustandes in seiner zeitlichen Veränderung beschreiben und wird damit vielseitig nutzbar auch im Hinblick auf unterschiedlichste, möglicherweise erst in Zukunft auftretende Fragestellungen. Voraussetzung hierfür ist die Vereinbarung einer allgemeingültigen, auf Dauer tragfähigen Ordnungsvorstellung über die in Wäldern vorhandenen Strukturen und ablaufenden Prozesse (MEYER 1997). Eine solche Ordnungsvorstellung darf keine willkürliche Gedankenkonstruktion sein, sondern muß die tatsächlich beobachtbaren Strukturmuster und die an diese gebundenen Prozeßabläufe widerspiegeln. Dies führt zu der Konzeption, die Vielfalt der Lebensäußerungen von Wäldern und Forsten über eine Typisierung der verschiedenen Ausbildungen der Ökosysteme überschaubar einzugrenzen, ohne dabei die wesentlichen Wirkungszusammenhänge aus dem Blickfeld zu verlieren (JENSSEN, ANDERS et HOFMANN 1994).

2 Das Eberswalder Ökosystemtypenkonzept als wissenschaftliche Grundlage einer ökosystemaren Waldzustandserfassung

Wald- und Forstökosystemtypen kennzeichnen ökologische Elementareinheiten des Waldes, die über Wirkungszusammenhänge von biotischen und abiotischen Faktoren in Raum und Zeit durch ökologisch bzw. ökologisch-ökonomisch determinierte „Fahrinnen“ geführt werden (HOFMANN 1997). Bei einer im Rahmen der Waldformation einmaligen Merkmalskonfiguration sind sie (über Schlüsselfaktoren quantifizierbar) in sich weitgehend homogen

- in wesentlichen strukturellen Merkmalen, wie
 - Zusammensetzung und Mengenanteil der Baumarten
 - Schichtung, Schichtenaufbau
 - Folge und Zeitdauer der internen Stadien
 - Arten- bzw. Artengruppenzusammensetzung der Bodenvegetation und deren Mengenfaltung
 - durchschnittliche Anzahl der jeweils in den Stadien beteiligten Pflanzenarten
- in Qualität und Quantität wuchsbestimmender ökologischer Faktoren, wie
 - Bodennährkraft
 - Luft- und Bodenfeuchte
 - Strahlungsgewinn und Wärme
- in wesentlichen Prozeßabläufen, wie
 - geochemischen Stoffflüssen (C, N, H₂O, u. a.)
 - Nettoprimärproduktion
 - inter- und intraspezifischer Konkurrenz
 - Regeneration

und grenzen sich von anderen Wald- bzw. Forstökosystemen durch qualitative und quantitative Unterschiede im Zustand und der Ausprägung dieser Merkmale ab.

Bei der Abgrenzung und Namensgebung der Ökosystemtypen in Wäldern wird der Bedeutung der Entstehungsgeschichte für Strukturbildung und für Prozesse der internen Regulation und Regeneration der Ökosysteme durch die Unterscheidung von folgenden Hauptgruppen Rechnung getragen:

● Wald-Ökosystemtypen

Baumbeherrschte Ökosystemeinheiten, die im Ergebnis waldgeschichtlicher Entwicklungsprozesse im ständigen Wechselspiel zwischen Klima, Boden und Vegetation (vor allem im letzten Jahrtausend auch in zunehmender Interferenz mit menschlicher Siedlungs- und Wirtschaftstätigkeit) die Fähigkeit erlangt haben, aus sich selbst heraus eine Stabilität ihrer Lebensfunktionen unter Einschluß der eigenen Reproduktion zu entwickeln, und zwar in einem bestimmten Bereich von Umweltbedingungen von diesen unabhängig, jedoch auf eben diesen Bereich angepaßt. Wir bezeichnen sie als *natürlich*, wenn keine direkten anthropo- bzw. anthropozoogenen Eingriffe in den Strukturbildungsprozeß stattfinden und als *naturnah*, wenn solche Eingriffe stattfinden, dabei jedoch wesentliche Eigenschaften des Vegetations- und Standortzustandes und damit insbesondere auch die Fähigkeit zu selbstorganisierter Entwicklung erhalten bleiben.

● Forst-Ökosystemtypen

Durch Anbau standortfremder Baumarten begründete Ökosystemeinheiten, die nicht die Fähigkeit zu Selbstregulation und Selbstregeneration besitzen. Zur Stabilisierung ihrer Lebensfunktionen sind forstliche Regelaufwände erforderlich, da Naturkräfte ständig auf ihre Auf- und Ablösung gerichtet sind. Im Wechselspiel zwischen Standort, künstlich eingebrachter Baumart und sich einstellender Bodenflora bilden sich sekundäre Vegetationsstrukturen aus, die ihre Identifizierung und Abgrenzung erlauben.

● Halbforst-Ökosystemtypen

Ökosystemeinheiten, die durch Mischung standortsheimischer und standortfremder Baumarten gekennzeichnet sind und die Fähigkeit besitzen, sich aus endogenen Kräften heraus über den Anteil der standortsheimischen Baumarten ohne

längere Sukzessionsfolgen wieder zu Wäldern mit natürlichen Strukturen und Prozessen zu entwickeln.

Die „Breite“ der die stadiale Entwicklung eines Ökosystemtyps beschreibenden, ökologisch-ökonomisch determinierten „Fahrinnen“ kennzeichnet die Variabilität oder Vielfalt wichtiger Lebensäußerungen. Diese Variabilität ändert sich im Verlauf der stadialen Entwicklung und besitzt in Zerfalls- und Regenerationsstadien natürlicher Waldökosysteme ein ausgeprägtes Maximum (JENSSEN et HOFMANN 1996). Aus der Kenntnis der für jeden Typ spezifischen „Fahrinne“ kann mit entsprechenden Kenndaten im Rahmen von Zustandserfassungen über Vergleiche eine Einschätzung von „Normalität“, Veränderung oder Schaden abgeleitet werden. Mit der Feststellung des Ökosystemtyps wird gewissermaßen die „ökologische Koordinate“ der betreffenden Waldausbildung bestimmt, deren Kenntnis für eine Wertung der erhobenen Zustandsparameter unabdingbar ist. Es wird die Möglichkeit eröffnet, Flächenanteile ökologisch-waldstrukturell ähnlicher Bereiche zu bestimmen, Rangfolgen für die Flächenauswahl festzulegen und schließlich erzielte Monitoringergebnisse auf weite Teile der Waldfläche zu übertragen.

3 Programm und Methodik eines ökosystembezogenen Waldmonitorings

3.1 Auswahl und Einrichtung der Beobachtungsflächen

Die Auswahl der Monitoringflächen muß unter dem Aspekt einer hinreichenden Repräsentanz flächenmäßig verbreiteter Wald- und Forstökosystemtypen erfolgen. Dies bedeutet, daß die wichtigsten Hauptbaumarten in Einheit mit den vorherrschenden Standortformen (Klimastufe, Nährkraftstufe und Feuchtestufe) und Vegetationsformen erfaßt werden. Im Idealfall sollten die Entwicklungsstadien vom Jungwuchs- bis zum Altbaumstadium, und wo vorhanden die natürlichen Zerfallsstadien, erfaßt werden, mindestens jedoch das Baumholzstadium. Neben einer hinreichenden Repräsentanz der aktuell verbreiteten Ökosystemtypen in ihrer stadialen Verteilung sollten auch unterschiedliche Entwicklungsrichtungen desselben Typs angemessen berücksichtigt werden. Solche unterschiedlichen Entwicklungsrichtungen ergeben sich z. B. aus der Art und Intensität forstlicher Eingriffe. Von hoher Bedeutung für die Entwicklungsdynamik ist ferner die Nutzungsgeschichte sowie die stattgehabte und aktuelle Immissions-situation.

Die in einer ökosystembezogenen Dauerbeobachtung zu erfassenden Prozesse haben sehr unterschiedliche raum-zeitliche Dimensionen. Die Gesamtgröße einer Beobachtungsfläche, auf der die wesentlichen Lebensäußerungen in ihren gegenseitigen Wirkungszusammenhängen erfaßt werden sollen, muß sich am Minimalareal des Ökosystems orientieren. Als *Minimalareal des Ökosystems* betrachten wir dabei die Fläche, innerhalb derer die Wechselwirkungen zwischen den Strukturelementen die relative Stabilität jener Strukturmuster gewährleisten, welche die Identifizierung und Abgrenzung des jeweiligen Ökosystemtyps erlauben. In Wäldern und Forsten als baumbeherrschten Ökosystemeinheiten ist dabei nach den vorliegenden Erfahrungswerten mindestens eine Flächen-größe vorzusehen, die dem Quadrat der 1,5fachen Baumhöhe entspricht. In jüngeren Beständen ist ein Umfassungstreifen für spätere Erweiterungen vorzusehen, der sich an den potentiellen Baumhöhen orientiert. Zu beachten ist jedoch, daß insbesondere in natürlichen Zerfalls- und Regenerationsstadien über längere Zeiträume vermittelte, langreichweitige Wechselwirkungen innerhalb der Ausbildung eines Ökosystemtyps auftreten können, die zu typischen Struktur-mustern auf Flächen von mehreren Hektar führen (ein Beispiel ist in JENSSEN et HOFMANN 1999 dargestellt). Die Erfassung solcher Muster muß aufgrund ihrer räumlichen Dimension über die Beobachtungsflächen hinausgehend mit üblichen Methoden des Landschaftsmonitoring, z. B. mit Fernerkun-

dungsverfahren, erfolgen, obwohl sie inhaltlich dem Ökosystemmonitoring zuzuordnen ist.

Die Monitoringflächen müssen sowohl hinsichtlich ihrer internen Struktur als auch im Hinblick auf ihre unmittelbare Umgebung eine hohe Merkmals-homogenität aufweisen. Innerhalb dieser homogenen Ökosystem-Ausschnitte erfolgt die Beobachtung der ökosystemaren Prozesse über die Erfassung von Merkmalen als Stichproben auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalen (Abb. 1). Zu unterscheiden sind hierbei zum einen Flächenstichproben wie die Vegetationsaufnahme, die Ermittlung von Tierabundanz, die Bodenproben, Streufall- oder Depositionsmessungen sowie Individuen-Stichproben aus Populationen wie Messungen an Bäumen und Indikator-pflanzen der Bodenvegetation oder chemische Analysen von Pflanzenteilen. Wie am Beispiel der Vegetation im folgenden Abschnitt demonstriert wird, erfordert dabei der Nachweis bereits kleinerer Bewegungen in der Merkmalsausprägung über kürzere Zeitintervalle, wie er z. B. für Frühwarn-Indikationen erforderlich ist, eine höhere räumliche Auflösung der entsprechenden Untersuchungen bei gleichzeitiger Erhöhung der Stichprobenanzahl. Die Einrichtung der Beobachtungsflächen innerhalb des Minimalareals hat weiter so zu erfolgen, daß gegenseitige Beeinflussungen der Stichproben durch die Be-probung weitgehend ausgeschlossen werden können.

Es wird deutlich, daß sich die verschiedenen genannten Anforderungen, also hohe Repräsentativität des Beobachtungs-flächennetzes, Auswahl merkmals-homogener Flächen von Minimalareal-Größe, Erfassung von Komplexen aussagekräftiger Schlüsselmerkmale, hohe raum-zeitliche Auflösung zur Gewährleistung der Frühwarnfunktion, sowie Minimierung der Rückwirkung der Beobachtungsmethoden auf das Ökosystem, nicht zuletzt aber auch die Forderung nach Minimierung der Kosten, zueinander weitgehend komplementär verhalten. Dieser Umstand zwingt dazu, bei der Auswahl der zu beobachtenden Ökosystemtypen, der zu erhebenden Parameter in ihrer raum-zeitlichen Auflösung, sowie bei der Verteilung von Parameterkomplexen unterschiedlicher Intensität auf die verschiedenen Monitoringflächen Auswahlentscheidungen zu treffen.

3.2 Auswahl der Beobachtungsparameter: Verzicht auf Mannigfaltigkeit und Konzentration auf Wesentliches

Die Routineüberwachung von Waldzuständen dient nicht der zielgerichteten Aufklärung ökosystemarer Wirkungszusammenhänge. Vielmehr soll sie sich in den auszuwählenden Monitoring-Kennwerten und Methoden ausschließlich auf solche beziehen, die nachgewiesen bio- und geoindikative Schlüsselreaktionen in den Ökosystemen parametrisieren und die – unter Kenntnis des systeminternen Wirkungszusammenhanges – bei einer Bewertung aller erhobenen Informationen im Komplex hinreichende Aussagen über Zustand und Veränderung des Gesamtsystems erlauben. Die anzuwendenden Verfahren müssen sich wegen der Langlebigkeit der Waldbestände einer Methodik bedienen, die weitgehend zerstörungsfrei arbeitet und kaum Veränderungen am Untersuchungsobjekt hinterläßt. Damit ist die Palette möglicher Untersuchungsmethoden im Vergleich zu anderen Monitoring-Verfahren von vornherein stark eingeschränkt. Unter den verbleibenden Methoden ist die Auswahl so zu treffen, daß eine möglichst zeitgleiche Anwendung mit vertretbarem Aufwand auf allen vorgesehenen Monitoring-Flächen möglich ist und daß die ausgewählten Parameter in der Sachaussage keine Wiederholung in sich darstellen. Auch dürfen an Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kenntnisse des Aufnahme-personals keine überhöhten Anforderungen gestellt werden, weil die Vergleichbarkeit der Aufnahmeergebnisse im gesamten Monitoring-Gebiet über den Wert und die Aussagekraft des Verfahrens entscheidet. Der derzeitige Wissenstand der Ökosystemforschung erlaubt es, eine ganze Reihe von Parametern mit Weiserwert für Ökosystemzustand und Ökosystem-Dynamik auszuweisen. Die

Übersicht 1 zeigt die getroffene Auswahl aus dem möglichen Spektrum. Die Übersicht enthält unter den Punkten 1–8 spezielle Inhalte, wobei die Kürzungen folgende Bedeutung haben:

1. Monitoring-Parameter

2. Methodik der Erfassung

3. Erhebungstermin

- s = zu Beginn des Monitoring (Ersterhebung)
- a = jährlich, 5a = 5jähriger Turnus
- m = monatlich

4. Intensitätsstufe

- M1 = geringere Untersuchungsintensität
- M2 = mittlere Untersuchungsintensität
- M3 = höhere Untersuchungsintensität
- GW = nur im grundwassernahen Standortsbereich

5. Zuordnung zu den Variablen aus dem Kerndatensatz von SCHÖNTHALER et al. 1994

6. Begründung der ausgewählten Parameter und Aussagewert

- A notwendig für die Kennzeichnung der „ökologischen Koordinate“ der Monitoringfläche (Standort, Vegetation, Entstehungsgeschichte)
- B Schlüsselparameter zur Erfassung der Vegetationsstruktur und Artenzusammensetzung, notwendig für das Erkennen von Veränderungen in der Vegetation als Indikator für ökologische Veränderungen (Quantifizierung von Veränderungen und zugleich Frühwarnparameter)
- C Schlüsselparameter zur Erfassung und Bewertung des Vitalitätszustandes strukturbestimmender Pflanzen der Ökosysteme (Frühwarnparameter)
- D Schlüsselparameter zur Kennzeichnung des Ernährungszustandes von strukturbestimmenden Pflanzen der Ökosysteme, des Nährstoffangebotes und zur Aufdeckung von Disharmonien im Nährstoffpool (zugleich Frühwarnparameter)
- E Schlüsselparameter zur Erfassung und Bewertung von Veränderungen im Kohlenstoffhaushalt der Ökosysteme (Frühwarnparameter)
- F Schlüsselparameter zur Erfassung und Bewertung von Veränderungen im Stickstoffhaushalt der Ökosysteme (Frühwarnparameter)
- G Schlüsselparameter zur Kennzeichnung der Aziditätsverhältnisse in Boden und Wasser, zugleich Grundlage zur Bewertung von Aziditätsveränderungen (Frühwarnparameter)
- H Schlüsselparameter zur Quantifizierung der aktuellen Nettoprimärproduktion an Pflanzenmasse als Grundlage für Bewertungen der NPP-Potentiale, gleichzeitig Schlüsselparameter zur Erfassung und Quantifizierungen von Schäden und Verlusten
- K Parameter zur Abschätzung von Gefährdungen (in Stabilität und Stoffkreislauf), zugleich Frühwarnparameter
- L Parameter zur Erfassung und Bewertung natur-schutzfachlich wichtiger Lebensraumqualitäten
- M Kenngrößen zur Bewertung des Wasserhaushaltes

7. Wichtung

- ze = zwingend erforderlich
- e = erforderlich für „Frühwarnsystem“
- f = fakultativ

Im Rahmen der langfristigen Ökosystembeobachtung kommt der Vegetation der Wald- und Forstbestände eine zentrale Rolle zu. Sie ist integrierter und spezifischer Ausdruck aller Lebensprozesse des Ökosystems in ihrer wechselseitigen Abhängigkeit. Die Erfassung ihrer strukturellen Hauptmerkmale erfolgt bei minimiertem technischen und personellen Aufwand weitgehend zerstörungsfrei. Die Struktur der Vegetationsdecke

ist die Hauptdeterminante für die Bestimmung des Ökosystemtyps als der „ökologischen Koordinate“ der betreffenden Waldausbildung. Ihre Quantifizierung erlaubt den Nachweis bereits geringfügiger Veränderungen im Prozeßgeschehen des Ökosystems auf einer Zeitskala von nur wenigen Jahren. Voraussetzung hierfür ist die Anwendung eines Verfahrens der Vegetationsaufnahme, das sowohl das Minimalareal der jeweiligen Ökosystemeinheit erfaßt als auch gleichzeitig sehr detaillierte Angaben über das Verhalten von Einzelarten erlaubt.

Das von uns angewandte Verfahren besteht aus einer Kombination von Großflächen- und Kleinparzellenanalyse, deren Notwendigkeit sich aus den sehr unterschiedlichen Größenverhältnissen der Waldarten ergibt. Die Großfläche ist dabei identisch mit der Monitoringfläche, die einen vegetationsstrukturell und standörtlich homogenen Geländebereich in der Größenordnung des Minimalareals des Ökosystems umfaßt. Auf dieser Fläche erfolgt die Quantifizierung der Schichtendeckungen (in %) sowie die detaillierte Bestimmung des Deckungsgrades für die Baum- und Straucharten innerhalb der einzelnen Schichten. Prozesse auf wesentlich kleineren räumlichen Skalen, nämlich die zeitliche Entwicklung einzelner Arten der Feld- und Mooschichten sowie der Baum- und Straucharten-Keimlinge, können auf der Ebene des Minimalareals jedoch nicht mit hinreichender Genauigkeit quantifiziert werden. Dies ist nach den vorliegenden Erfahrungen möglich auf Teilflächen von jeweils 10 m² (3,16 × 3,16 m). Diese Teilflächen müssen als systematische Stichprobe so verteilt werden, daß sie für die Gesamtfläche und damit für das Minimalareal repräsentativ sind. Hierfür bietet sich die Anordnung einer variablen Anzahl von Teilflächen in H-Form an, wobei eine Anzahl von 18 Teilflächen (180 m²) nicht unterschritten werden sollte (Abb. 1, 2). In artenarmen Vegetationsformen, z. B. in bodensauren Simsen-Buchenwäldern, oder auch in reifen Entwicklungsstadien, die durch eine hohe räumliche Variabilität der Vegetationsmuster gekennzeichnet sind, sollten 24 oder 30 Teilflächen à 10 m² in H-Form innerhalb der Monitoringfläche angeordnet werden. Nach der Einmessung werden die Teilflächen in geeigneter Weise dauerhaft verpflockt (Abb. 3). Auf Monitoringflächen, die keine hinreichende Isotropie aufweisen, z. B. in Rabattenkulturen, kann u. U. die Anordnung in parallelen, quer zu den Gräben verlaufenden Linien günstiger sein. Für die Erfassung von Moosdecken aus verschiedenen Arten sollte zusätzlich eine Linientaxation mit 100 Punkten je Teilfläche durchgeführt werden. Während der Vegetationsaufnahme erfolgt die Aufteilung der Teilfläche durch Anlage von Hilfslinien.

Auch SEIDLING (1998) weist nachdrücklich auf die Notwendigkeit der Kleinparzellenanalyse bei Dauerbeobachtungen im Wald hin, bevorzugt jedoch „genestete“ Teilflächen, indem er einen Quadranten eines quadratischen Minimalareals vollständig mit Teilflächen auslegt, so daß die Mehrzahl der Teilflächen in allen Richtungen wieder von anderen Teilflächen umgeben ist. Da benachbarte Flächen immer autokorrelative Elemente enthalten, kann mit dieser Anordnung die raumzeitliche Dynamik kleinräumiger Muster in der Verteilung einzelner Pflanzenarten besser erfaßt werden als mit der von uns gewählten Anordnung, bei der die meisten Teilflächen jeweils nur zwei benachbarte Teilflächen in einer Richtung besitzen. Ein von SEIDLING diskutierter Nachteil besteht jedoch in der Störung der Vegetationsdecke durch das unvermeidliche Betreten bei der Aufnahme. Ein weiteres grundsätzliches Problem besteht aus unserer Sicht darin, daß mit dieser Anordnung i. allg. nicht das Minimalareal hinreichend repräsentiert wird, da aus Aufwandsgründen nicht die gesamte Probestfläche in „genestete“ Teilflächen unterteilt werden kann. Den Forderungen nach Repräsentativität der Anordnung für das Minimalareal und weitgehend zerstörungsfreier Methodik einerseits und nach Erfassung räumlicher populationsbezogener Muster andererseits ist gerade auch unter dem Gesichtspunkt der Aufwandsminimierung nicht gleichermaßen zu entsprechen. Die vorgeschlagene H-Geometrie stellt daher einen auf

Übersicht 1: Beobachtungsparameter einer ökologischen Umweltbeobachtung in Wäldern und Forsten. Erläuterungen sowie die Bedeutung der Kürzel sind dem Text zu entnehmen.

1	2	3	4	5	6	7	
1 Bio- und geostrukturelle Parameter							
1.1 Vegetationsstrukturelle Parameter							
1.1.1	● Schichtung, Deckungsprozent und Soziabilität der Pflanzenarten	– markierte 10-m ² -Dauerquadrate in systematischer Verteilung mit mindestens 18facher Wiederholung auf 400 m ² Gesamtfläche – dasselbe Programm, zusätzlich auf Fläche mit wildsicherem Zaun	5a Veg.- periode	M1–2 M3	ARTLPam	B, L, M	ze
1.1.2	● Neophyten-Ankommen	– Kartierung auf o. g. 18 Dauerquadraten	5a	M1–3	ARTLPam Mb2 (5) SCHIB n IMMLx	B, L	ze
1.1.3	● Keimlings- und Jungwuchsinventur	– auf 4 der o.g. Dauerquadrate	5a	M1–3	STRUPZa	B, L	ze
1.1.4	● Epiphytische Flechten und Moose	– fest markierte Flächen (10x30 cm) auf Baumstämmen u. an Stammfüßen, Exposition der Aufnahmeflächen entsprechend Wetterseite und Dimensionen der Bäume nach Bestandesstruktur	5a	M3	ARTLPaq PSTOX6	B, G, L	f
1.1.5	● Totholz liegend und stehend	– Länge bzw. Höhe und Durchmesser (ab 20 cm) und Zersetzungsgrad	5a	M1–3		L	ze
1.1.6	● Vegetationseinheit als struktureller Rahmen des Ökosystemtyps	– vollständige Pflanzen-Artenliste, Ausweisung des Typs	5a	M1–3		A, B, L	ze
1.2 Geostrukturelle und meteorologische Parameter							
1.2.1 – 1.2.5 Daten Standortserkundung							
1.2.1	● Vegetationsgebiet, Wuchsgebiet, Wuchsbezirk, Naturraumtyp	– nach vorliegenden Gliederungen (KOPP/SCHWANECKE 1994)	s	M1–3	MHOE VEGPER	A	ze
1.2.2	● Geländelage	– Höhe NN, Hangrichtung, Neigung, Reliefform nach BZE-Anleitung	s	M1–3	NEIGST TOPON EXPOS	A	ze
1.2.3	● Geologisches Ausgangssubstrat	– Formation (geologische Karte)	s	M1–3	GEOL	A	ze
1.2.4	● Bodentyp, Bodenform, Bodenart	– nach BZE-Anleitung	s	M1–3	PROFIL	A, D, G	ze
1.2.5	● Humusform	– nach BZE-Anleitung	5a	M1–3		A, D, L, F	ze
1.2.6 – 1.2.12 Daten Wetterdienst							
1.2.6	● Niederschlagsmenge	– mm/a und mm Sommerhalbjahr (benachbarte Stationen)	s	M1–3	NG	A	ze
1.2.7	● Lufttemperatur	– Jahresmittel, Jahresschwankung, Extreme, Mittel Mai – September	s	M1–3	LT	A	ze
1.2.8	● N/T-Quotient	– Summe Jahresniederschlag in mm /Juli-Temperatur °C	s	M1–3		A	ze
1.2.9	● Luftfeuchte	– Mittel des Jahres und des Sommerhalbjahres (Mai – Sept.)	s	M1–3	WD/RF	A	
1.2.10	● Bewölkung	– in Zehnteln der Bedeckung, Jahres- und Quartals-Werte	s	M1–3	WOLKEN	A	
1.2.11	● Sonnenscheindauer	– in Tagen des Bezugszeitraums	s	M1–3	SEDIR	A	
1.2.12	● Standortsform und -typ	– nach vorhandenen Aufnahmen und Kartierungen	s	M1–3	STABIL	A	ze
1.2.13	● Mächtigkeit der Moor- und Torfdecken	– Meßstäbe, 4fache Wiederholung, Angaben in cm Mächtigkeit	5a	GW1–3	ORGMAT	A, K, E	ze
1.2.14	● Zersetzungsgrad des Torfes im oberen Bereich der Torfdecke von sauren Mooren	– nach Anspracheschlüssel	5a	GW1–3		I, K, E	ze
1.2.15	● Grundwassertiefe	– Tiefe und Gang (in cm) in Pegelrohren	m bzw. 0,5 m	GW1–3	GWH	M, K, L	ze
1.3 Visuelle Vitalitätsparameter der Vegetation							
1.3.1	● Oberdurchmesser des Bestandes	– Durchmesser der 100 stärksten Bäume/ha, Umfangmessung	5a	M2–3	DNPP SCHIBn	B, C, L	ze
1.3.2	● Oberhöhe des Bestandes	– Höhe der 100 stärksten Bäume/ha	5a	M2–3	DNPP SCHIBn	B, C, L	ze
1.3.3	● Belaubungs- und Benadlungsgrad der Oberbäume	– visuelles Dichtemaß der Baumkrone in 5%-Stufen im Vergleich zu einem definierten Standard (WSE-Verfahren)	1a Jul/Aug	M1–3	DNPP SCHIBn	C, L	ze
1.3.4	● Verzweigungstyp der Baumkronen	– festzulegende Typisierung (4 Stufen, WSE-Verfahren)	5a	M1–3	DNPP SCHIBn	C	ze

1	2	3	4	5	6	7	
1.3.5	● Dürrastanteil im lebenden Kronenraum	– skalierte Angaben (4 Stufen: keine, geringe, deutliche, starke Anteile)	1a	M1–3	DNPP SCHIBn	C, L	ze
1.3.6	● Samenanhang bei Buche und Eiche	– skalierte Angaben (ohne Mast, Sprengmast, Halbmast, Vollmast)	1a	M1–3		C, H, L	ze
1.3.7	● Nadel- und Blattgrößen	– Länge und Fläche, gemessen an 100 Exemplaren aus der Lichtkrone	1a	M2–3	LAI	C, D, H	ze
1.3.8	● durchschnittliche Höhe bzw. Länge sowie Fertilität von Indikatorpflanzen der Bodenvegetation	– vegetationspezifische Leitpflanzen, 20 Exemplare nach Stichprobenverfahren	1a	M2–3	ARTLPal	B, C, H, L	ze
1.3.9	● Wildschaden (Verbiß, Schälung)	– nach skaliertem Intensität	1a	M2–3		I, K	ze
1.3.10	● Schädlingsbefall	– nach Art, Intensität, Umfang, Dauer	1a	M2–3		I, K	ze
1.3.11	● Krankheiten	– nach Art, Intensität, Umfang, Dauer	1a	M2–3		I, K	ze
1.3.12	● Wasserreiserbildg. an Bäumen der Baumklassen 1 und 2	– 4 Stufen: keine, einzelne, auch am Stamm vermehrt, starke, sehr starke Wasserreiserbildung	1a	M2–3	ARTLPal	C, I, K	ze
1.4 Strukturelle Parameter der Phytomasse							
1.4.1	● Baumhöhen	– Stichprobe zur Ermittlung der Bestandeshöhenkurve	5a	M2–3	SCHIBn	B, H, E	ze
1.4.2	● Baumdurchmesser	– Umfangmessung in 1,3 m Höhe	5a	M2–3	SCHIBn	B, H, E	ze
1.4.3	● Baumzahl	– Anzahl der Bäume pro ha	5a	M2–3	SCHIBn	B, H, E	ze
1.4.4	● Stammabstände und Kronenfläche	– Kartierung	5a	M3		B, H, E, L	f
1.4.5	● Streufallmenge	– 50 × 50-cm-Auffangtrichter in 12 bzw. 13facher (Kreuz) Wiederholung, getrennt nach Blatt/Nadel, Rinde, Zweigteilen	0,5 a	M3	LAI	H, I, E, F	e
1.4.6	● Blattflächenindex des Baumbestandes	– anhand Streufall ermittelt	1a	M3	LAI	H, L, M	e
1.4.7	● oberirdische Phytomasse der Sträucher	– über Höhen- und Durchmesser messung sowie Streufall ermittelt, Werte pro ha und Jahr	5a	M3	ARTLPab	H	e
1.4.8	● oberirdische Phytomasse der Bodenvegetation	– Beerntung von 12 Flächen 50 × 50 cm in systematischer Verteilung nach phänologischen Terminen der Hauptentfaltung	5a	M3	ARTLPab	H	e
1.4.9	● Phytomasse der Wurzeln	– Tiefengradient, lebende Masse, Nekromasse, bezogen auf Volumeneinheit und Bodenblock pro ha (0–80 cm Tiefe)	5a	M3	ARTLPab DUWUT1	H	f
1.5 Ökosystemrelevante faunistische Parameter							
1.5.1	● Regenwürmer	– Arten, Anzahl pro Fläche u. Tiefenstufe	1a	M2–3	BOBIOa ²¹	D, K	e
2 Biologische und geochemische Prozeßparameter							
2.1 Parameter der oberirdischen Nettoprimärproduktion							
2.1.1	● NPP der Holzmasse	– nach Volumen und Trockenmasse aus Differenzbildung periodischer Aufnahmen 1.4	5a	M2–3	NPPa	H	e
2.1.2	● NPP der Blatt- und Nadelmasse sowie der Knospenschuppen der Bäume und Sträucher	– aus periodischen Streufall-Beprobungen 1.4.5 bzw. aus Modellwerten	5a	M3	NPPa	H	e
2.1.3	● NPP der Bodenvegetation	– Stichprobenerhebung oder über Modelle aus Deckungswerten 1.1.1	5a	M3	NPPa	H	e
2.2 Parameter des Fremdstoffeintrages bzw. der Fremdbelastung							
2.2.1	● Elementgehalte im Freiland und im bodennahen Unterkronen-Niederschlag des Bestandes (Bulk-Deposition)	– Erfassung der Bulk-Deposition in Meßgefäßen in 1 m Höhe (Freiland 6, Bestand 12 Gefäße), monatl. Probenahme, Stabilisierung, 4 Analysen pro Jahr, beginnend 1. Mai, Erfassung von NO ₃ , NH ₄ , Ca, Mg, K, S, P, Na, Cl, pH, Leitfähigkeit	m	M3	DEPOSx	A, D, F, G, K	ze
2.2.2	● Elementgehalte im Stammabfluß (wie 2.2.1)	– bei Rotbuche und Hainbuche an bestandesstrukturell definierten Bäumen	m	M3	DEPOSx	A, D, F, G, K	ze
2.3 Biochemische Parameter							
2.3.1	● Ernährungszustand	– Nadel- und Blattspiegelwerte definierter Bäume mit festgelegter Probenahme-Position, Elementgehalte an N, P, K, Mg, Ca, S	5a	M3	PSTOx6	A, L, D, F, K	ze
2.3.2	● Marker des Energiestoffwechsels	– Photosyntheseaktivitäten, Energiestatus, Pigmentverhältnisse		M3			f
2.3.3	● Marker des Primärstoffwechsels	– Gehalte: Aminosäuren, Zucker, Proteine, Gesamtprotein, Kohlehydrate; Enzymaktivitäten		M3			f

	1	2	3	4	5	6	7
2.3.4	● Marker des Sekundärstoffwechsels	– Abwehrsubstanzen, Phenole		M3			f
2.3.5	● Streßzustandsdaten	– Prolingehalt, Streßproteine, Radikalfänger		M3			f
2.3.6	● Keimfähigkeit von Baumsamen	– Keimproben unter definierten Bedingungen, Keimprozente		M3			f
2.3.7	● Elementgehalte ausgewählter Indikatorpflanzen der Bodenvegetation sowie der Astmoose	– Stichprobenverfahren, Elementgehalte N, P, K, Mg, Ca, S	5a	M3	PSTOx6		f
2.4 Geochemische Parameter der Bodenfestphase							
2.4.1	● Gesamtgehalte an Corg, N, P, K, Mg, Ca, Al, Fe, S, Mn, Zn, Na	– Probeentnahme und Bestimmung nach BZE-Anleitung, volumengerecht, H, 0–5, 20–40, 80–100 cm Bodentiefe	5a	M2–3	ORGMAT SORPKAPx	A, D, E, F	ze
2.4.2	● Austauschbare Kationen und totale Kationen-Austauschkapazität (S-, T-, V-Wert)	– Probeentnahme und Bestimmung nach BZE-Anleitung, wie 2.4.1	5a	M2–3	SORPx SORPx1 SORPx6	G, K	ze
2.4.3	● Verwitterungsraten für Ca, Mg, K	– BZE-Anleitung	10a	M3	MINRATx	D	f
2.4.4	● C/N-Verhältnis	– horizontweise H, A..0–5 cm	5a	M1	ORGMAT	A, D, E, F, L	ze
2.5 Geochemische Parameter der Bodenlösung							
2.5.1	● pH-Wert	– Messung in n/10 KCL und Wasser	5a	M1–3	PHB	G	ze
2.5.2	● Ionen-Gehalte	– nach BZE-Anleitung	5a	M2–3	SICKWx2	D, G	ze
2.5.3	● Ionen-Verhältnisse	– nach BZE-Anleitung	5a	M2–3		D, G	ze
2.5.4	● elektrische Leitfähigkeit	– nach BZE-Anleitung	5a	M2–3		G	ze
2.6 Parameter der Grundwasserbeschaffenheit							
2.6.1	● Ionengehalte des Grundwassers: NO ₃ , NH ₄ , SO ₄ , Al, Ca, Mg, K, Fe, Mn, Cl	– mg/l, Standardanalysen nach BZE-Anleitung, monatl. Entnahme, stabilisieren, 4× jährlich Analyse	m	GW3	GWSTx1 GWSTx2 GWSTx6	D, G, F	ze
2.6.2	● Sauerstoffgehalt des Grundwassers	– BZE-Anleitung	m	GW3	O2GW	C, K	e
2.6.3	● Leitfähigkeit des Grundwassers	– BZE-Anleitung	m	GW3	GWSTOx	D, G	ze
2.6.4	● pH-Wert	– siehe 2.5.1	m	GW3	PHGW	G	ze
3 Bilddokumente							
3.1	● Panoramabilder der Bestände von fixierten Punkten aus	– Bild und Dia	5a	M1–3		A	ze
3.2	● Aufsichtsfotos von ausgewählten Dauerquadraten	– Bild und Dia	5a	M2–3		A	ze

den Zweck des ökosystemaren Monitoring ausgerichteten Kompromiß zwischen diesen zueinander komplementären Forderungen dar.

Der Turnus der Vegetationsaufnahme beträgt 5 Jahre, die Aufnahme erfolgt im Frühjahr (wenn Frühjahrsaspekt vorhanden) und im Sommer zum Zeitpunkt der Hauptentfaltung der massenbildenden Bodenpflanzen. Der Aufnahmevorgang enthält

- die vollständige Erfassung des Florenbestandes, getrennt nach Art und Schicht
- die Bestimmung des Deckungswertes der Einzelarten in % (bei Teilflächen 100 % = 10 m², 10 % = 1 m², Feldbuchrahmen-Fläche = 1 %, angefertigte Vergleichsschablonen für 0,1 und 0,01 %)
- die Ermittlung von Anzahl und Höhe der auf der Fläche bzw. Teilfläche vorkommenden Baumartenjungwüchse, Sträucher und Keimlinge
- die Anlage von Flächen- und Teilflächenskizzen für
 - diagnostisch wichtige Einzelarten
 - Herden- und Gruppenbildungen von Pflanzen
- die Einschätzung der
 - Beeinflussung durch Schaderreger und Wildtiere
 - Veränderungen und Besonderheiten in der Umgebung
- fotografische Aufnahmen von der Fläche (Standpunkt und Richtung definiert).

Die Auswertung der Probeflächenaufnahme der Vegetation führt zur

- Bestimmung des Vegetationstyps
- Erstellung der Artenliste mit Artendeckungswerten in %, Auswertung getrennt nach Art und Schichten

- Liste der Anzahl der Bäume und Sträucher, getrennt nach Art und Schichtung
- vergleichende Auswertung mit vorherigen Aufnahmeergebnissen
- Bewertung der Aufnahmeergebnisse (Zeigerwert, Typwandel usw.)

Die Erhebung der übrigen in Übersicht 1 aufgelisteten Parameter erfolgt nach den üblichen und weitgehend standardisierten Verfahren [13–15].

3.3 Begrenzung des Untersuchungsaufwandes über ein Flächennetz mit gestaffelter Untersuchungsintensität

Die Anwendung des Ökosystemtypenkonzepts eröffnet die Möglichkeit, den Untersuchungsaufwand über ein Flächennetz mit gestaffelter Untersuchungsintensität zu begrenzen. Da innerhalb eines Ökosystemtyps gesetzmäßige Beziehungen zwischen Strukturen und Prozessen bestehen, die sich zwischen den Typen entlang der „ökologischen Koordinaten“ systematisch verändern, wird es möglich, anhand der auf Probeflächen höherer Intensität festgestellten Zusammenhänge zwischen verschiedenen Parametern Zustände auf Probeflächen geringeren Untersuchungsumfanges hinreichend genau zu beschreiben. Voraussetzung hierfür ist, daß auf den intensiv beprobten Flächen alle Parameter aufgenommen werden, die auch auf den weniger intensiv beprobten Flächen erhoben werden, und zwar nach derselben Methodik und möglichst zeitgleich.

duzierte, gerichtete Veränderungen über mehrere Jahrzehnte und schließlich gerichtete natürliche Abläufe auf Zeitskalen von mehreren hundert Jahren. Am Beispiel der Fluktuationen von Laubmassen und Belaubungsdichten in Buchenwäldern wurde nachgewiesen, daß eine ökologisch begründete Abgrenzung von Normalität und Schaden, die u. E. mit dem gegenwärtig europaweit durchgeführten Verfahren der Waldzustandserfassung [13] nicht zu leisten ist, im Rahmen eines Waldmonitorings auf der Basis von Ökosystemtypen möglich wird. Als ein Beispiel anthropogen induzierter Dynamik wurde der seit den siebziger Jahren nachgewiesene Ökosystemtypwandel von Kiefernforsten angeführt, der ein Ausdruck gerichteter Veränderungen des Stickstoffhaushalts der Landschaft ist. Und schließlich wurden Möglichkeiten und Grenzen diskutiert, über ein Waldmonitoring in Schutzgebieten unter dem Aspekt des Lernens von der Natur forstpraktisch verwertbare Ansätze für eine naturnahe Waldbewirtschaftung zu erarbeiten.

In den brandenburgischen Biosphärenreservaten „Schorfheide-Chorin“ und „Spreewald“ wurde mit dem Aufbau eines der hier dargestellten Konzeption folgenden Waldmonitoring-Netztes begonnen. Ausgehend von den in diesen Modellregionen zu erwartenden Erfahrungen, sollte die ökosystemare Umweltbeobachtung auf der Grundlage der Wald- und Forstökosystemtypen möglichst bald auch auf größeren Teilen der Waldfläche eingeführt werden. Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang die große Flexibilität des Verfahrens, die eine Anpassung an die ökologisch-ökonomischen Besonderheiten, z. B. die jeweilige Nutzungsstruktur der Landschaft, ermöglicht. So wurde das Flächennetz in den genannten Schutzgebieten so konzipiert, daß im Ausgangszustand vergleichbare Ökosystemtypen bei unterschiedlicher Art und Weise forstlicher Eingriffe in ihrer Entwicklung verglichen werden können. Unterschieden wurden hier vor allem Wälder ohne jegliche Eingriffe; Wälder und Forsten, in denen forstliche Eingriffe die Bestandesstrukturen in absehbarer Zeit nicht qualitativ verändern werden und schließlich Forsten, in denen Eingriffe z. B. über Unter- und Voranbau auf qualitativ neue Strukturen der Waldvegetation zielen. In anderen Landschaftsausschnitten, z. B. in Bergbaufolgelandschaften oder in stärker immissionsbeeinflussten Gebieten, würde sich die Flächenauswahl sinnvoller Weise an anderen Kriterien orientieren.

Abschließend sei nochmals betont, daß Monitoringverfahren nicht der zielgerichteten Aufklärung ökosystemarer Wirkungszusammenhänge dienen, die forschungsseitige Aufklärung dieser Zusammenhänge jedoch Voraussetzung für die Interpretation der Monitoringergebnisse darstellt. Insofern ist eine Verknüpfung von Monitoring- und Forschungsflächennetzen erstrebenswert. Das ökosystemare Monitoring muß auch von anderen Monitoringprogrammen, wie z. B. dem Artenmonitoring oder dem Landschaftsmonitoring, inhaltlich klar abgegrenzt werden. Das ökosystemare Monitoring soll sich auf die Erhebung derjenigen Schlüsselfaktoren konzentrieren, die mit den wesentlichen Lebensfunktionen des Ökosystems in unmittelbarem und wechselseitigem Zusammenhang stehen und darüber hinaus als integrativer und typspezifischer Ausdruck systeminterner Wirkungszusammenhänge in der topischen Dimension interpretierbar sind. Dies trifft nicht zu für die Abundanzen der meisten Tierarten, die über Nahrungsketten auf nachgeordneten trophischen Ebenen an die Primärproduzenten gebunden sind und/oder bestimmte Waldstrukturelemente als Lebensraum nutzen. So ist z. B. das Vorkommen oder Fehlen vieler thermophiler Insekten und Spinnenarten hauptsächlich an die Mikrostrukturen der Kronenoberflächen gebunden, die jedoch weitgehend unspezifisch im Hinblick auf Zustand und Typ des Ökosystems sind (DETSCH et AMMER 1999). Ein anderes Beispiel sind die Großvogelarten, die als Kronenbrüter im Wald leben und ihre Nahrung außerhalb des Waldes, z. B. in Flußtäälern oder Offenlandschaften, suchen. Deren Fehlen oder Vorkommen hat offensichtlich ebenfalls keinen Indikatorwert für den internen Zustand des Waldöko-

Übersicht 2: Verteilung der Beobachtungsparameter (Übersicht 1) über die drei verschiedenen Intensitätsstufen des Monitoringnetzes.

Parameter bzw. Parameterkomplex	Intensitätsstufe der Probestfläche		
	M1	M2	M3
Monitoringfläche mit mindestens 18 Dauerquadraten markiert	X	X	X
1.1.1 – 1.1.3	X	X	X
1.1.5 – 1.1.6	X	X	X
1.2.1 – 1.2.15	X	X	X
1.3.3 – 1.3.6	X	X	X
2.4.4	X	X	X
2.5.1	X	X	X
3.1	X	X	X
1.3.1 – 1.3.2		X	X
1.3.7 – 1.3.12		X	X
1.4.1 – 1.4.3		X	X
1.5.1		X	X
2.1.1		X	X
2.4.1 – 2.4.2		X	X
2.5.2 – 2.5.4		X	X
3.2		X	X
Flächenpaar, gezäunt und ungezäunt, jeweils mit 18 Dauerquadraten markiert			X
1.1.4			X
1.4.4 – 1.4.9			X
2.1.2 – 2.1.3			X
2.2.1 – 2.2.2			X
2.3.1 – 2.3.7			X
2.4.3			X
2.6.1 – 2.6.4			X

systems, wohl aber für die räumlichen Wechselwirkungen verschiedener Ökosysteme im Landschaftsverbund. Diese sind jedoch der chorischen und nicht der topischen Dimension und damit auch nicht dem ökosystemaren Monitoring zuzuordnen. Andererseits sind z. B. die Regenwürmer als saprophage Artengruppe ein unverzichtbares und wesentliches Glied im Detrituskreislauf vieler Wälder. Deren Abundanzen hängen in ganz sensibler Weise sowohl vom Typ als auch vom Zustand des jeweiligen Ökosystems ab, so daß ihre Erfassung Bestandteil des Ökosystemmonitorings sein sollte. So notwendig die inhaltlich-begriffliche Abgrenzung der verschiedenen Monitoringprogramme ist, so wünschenswert und sinnvoll ist der Versuch, diese Programme in ergänzender Weise aufeinander abzustimmen, die Flächenauswahl zu koordinieren und die Ergebnisse in gemeinsame Auswertungen einfließen zu lassen.

Zusammenfassung

Die ökosystemare Umweltbeobachtung in Wäldern und Forsten erfordert zur Gewährleistung von Interpretierbarkeit, Vergleichbarkeit und Flächenübertragbarkeit ihrer Ergebnisse die Vereinbarung einer allgemeingültigen, auf Dauer tragfähigen Ordnungsvorstellung über die zu beobachtenden Strukturen und die an diese gebundenen Prozeßabläufe. Eine solche Vereinbarung wird mit dem Bezug zu den als ökologische Elementareinheiten des Waldes definierten Wald- und Forstökosystemtypen getroffen, die durch eine im Rahmen der Waldformation einmalige Merkmalskonfiguration gekennzeichnet sind. Die Kenntnis des Ökosystemtyps als der „ökologischen Koordinate“ einer im Rahmen des Monitorings zu be-

obachtenden Waldausbildung erlaubt es, über die periodische Erhebung eines Komplexes von Schlüsselmerkmalen eine Einschätzung von Typstabilität oder Typwandel, von reversiblen oder irreversiblen Veränderungen vorzunehmen und erzielte Monitoringergebnisse auf weite Teile der Waldfläche zu übertragen. Die Zustandserfassung erfolgt über Stichproben auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalen innerhalb von merkmals-homogenen Beobachtungsflächen, deren Größe das Minimalareal des jeweiligen Ökosystems umfaßt. Die ausgewählten Monitoring-Kenngrößen parametrisieren ökosystemare Schlüsselfaktoren, deren Bewertung im Komplex bei Kenntnis der systeminternen Wirkungszusammenhänge Aussagen über Zustand und Veränderung des Gesamtsystems erlauben und die eine Frühwarnfunktion besitzen. Die Methodik der Parametererhebung verursacht nur geringe Veränderungen am Untersuchungsobjekt und kann mit vertretbarem Aufwand zeitnah im gesamten Monitoring-Gebiet angewandt werden. Zur Erfassung der raum-zeitlichen Dynamik der Waldvegetation wird ein Verfahren eingeführt, das aus einer Kombination von Großflächen- und Kleinparzellenanalyse besteht. Der Untersuchungsaufwand im Monitoring-Gebiet wird über ein Flächennetz mit 3 Stufen unterschiedlicher Untersuchungsintensität begrenzt, wobei Informations-Übertragungsschritte zwischen den Intensitätsstufen aus der Kenntnis intrasystemarer Wirkungszusammenhänge heraus möglich werden. Diese Zusammenhänge müssen auf Untersuchungsflächen der Ökosystemforschung erarbeitet werden, die quasi als höchste Intensitätsstufe das Monitoring-Netz erklärend ergänzen. In den brandenburgischen Biosphärenreservaten „Schorfheide-Chorin“ und „Spreewald“ wurde mit dem Aufbau eines der vorgestellten Konzeption folgenden Waldmonitoring-Netzes begonnen. Ausgehend von den in diesen Modellregionen zu erwartenden Erfahrungen, sollte die Umweltbeobachtung auf der Grundlage von Wald- und Forstökosystemtypen bald auch auf größeren Teilen der Waldfläche eingeführt werden.

Summary

The environmental monitoring of forests requires an agreement on a universal and long-term valid idea about the order of observed structures and processes to ensure interpretability, comparability and transferability of the results to larger areas. This is obtained by referring to forest-ecosystem types which are defined as elementary ecological units of the forest, and which are characterised by a unique configuration of features. The knowledge of the ecosystem type serving as the „ecological co-ordinate“ of a certain forest stand enables an estimation of type stability or type change, and of reversibility or irreversibility of the observed changes, as well as the transfer of obtained results to larger forest areas by a periodic record of a complex set of key parameters. The state of the forests is investigated by samples obtained on different spatial and temporal scales within homogeneous investigation plots covering the minimum area of the respective ecosystem. The chosen parameters characterise key factors of the ecosystem. Provided a profound knowledge of the internal mechanisms of the ecosystem, these parameters allow for evaluations of the state and the development of the total system if they are considered as a complex. Furthermore, they prove to be early indicators for damages. The measuring methods have a negligible effect on the investigation object and can be applied at the same time in the total monitoring area with low costs. For the investigation of the spatio-temporal dynamics of forest vegetation a method is introduced that combines records of different sample size. The costs of the monitoring are reduced by the establishment of a net of observation plots containing 3 levels of different investigation intensity. The knowledge of internal mechanisms of the ecosystem enables the transfer of information between these levels. This knowledge has to be obtained from investigation plots of the ecosystem research complementing the monitoring

net. A forest-monitoring net following the presented lines is being established in the North-East German biosphere reserves „Schorfheide-Chorin“ and „Spreewald“. Taking into account the experiences to be expected in these model regions the environmental monitoring on the basis of ecosystem types should be implemented in more extended forested areas in the near future.

Literatur

- [1] DETSCH, R.; AMMER, U.: Waldökologischer Vergleich von Naturwaldreservaten und Wirtschaftswäldern. AFZ/Der Wald, Berlin 8 (1999), S. 394
- [2] HABER, W.: Tragende Elemente des Naturhaushalts. In: Ökologie – Grundlage einer nachhaltigen Entwicklung in Deutschland. BMU, Bonn 1997, S. 11
- [3] HOFMANN, G.: Mitteleuropäische Wald- und Forstökosystemtypen in Wort und Bild. AFZ/Der Wald; a.a.O. 1997, Sonderheft, S. 4
- [4] JEDICKE, E.: Raum-Zeit-Dynamik in Ökosystemen und Landschaften. Naturschutz und Landschaftsplanung, Berlin 30 (1998) 8/9, S. 229
- [5] JENSSEN, M.; HOFMANN, G.: Der natürliche Entwicklungszyklus des baltischen Perlgras-Buchenwaldes (Melico-Fagetum). Beitr. Forstwirtsch. u. Landsch.ökol., Berlin 30 (1996) 3, S. 114
- [6] JENSSEN, M.; HOFMANN, G.: Ökosystemare Umweltbeobachtung in bewaldeten Schutzgebieten. In: Bericht der Fachtagung „Chaos Natur? – Prozeßschutz in Großschutzgebieten“ vom 07.–09. 10. 1998 in Kröchlendorff (im Druck). Hg.: Umweltstiftung WWF-Deutschland
- [7] JENSSEN, M.; ANDERS, S.; HOFMANN, G.: Neue Wege der Waldökosystemmodellierung. In: Wenkel, K.-O.; Schulz, A. und Lutze, G. (Hrsg.), Landschaftsmodellierung. Berichte des Zentrums für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) Müncheberg 13 (1994), S. 84
- [8] KOPP, D.; SCHWANECKE, W.: Standortlich-naturräumliche Grundlagen ökologischer Forstwirtschaft. Berlin 1995
- [9] LUTHARDT, V.; VAHRSON, W.-G.; DREGER, F.: Konzeption und Aufbau der Ökosystemaren Umweltbeobachtung für die Biosphärenreservate Brandenburgs. Natur und Landschaft 74 (1999) 4, S. 135
- [10] MEYER, P.: Probleme und Perspektiven der Naturwaldforschung am Beispiel Niedersachsens. Forstarchiv, Hannover 68 (1997), S. 87
- [11] SCHÖNTHALER, K. et al.: Konzeption für eine Ökosystemare Umweltbeobachtung – Pilotprojekt für Biosphärenreservate. Bd. 2, UBA-Berlin 1994
- [12] SEIDLING, W.: Genestete Dauerbeobachtungsflächen im Wald: Ansatz zur Untersuchung von Vegetationsmustern und deren Entwicklung in der Zeit. Ber.Inst. Landschafts-Pflanzenökologie Univ. Hohenheim, Beiheft 5 (1998), S. 31
- [13] UN/ECE: Manual on Methodologies and criteria for Harmonized Sampling, Assessment, Monitoring and Analysis of the Effects of Air pollution on Forests. 4. edition, Hamburg 1997 (WSE-Anleitung)
- [14] Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Aufl., Hannover 1994
- [15] Bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE). Arbeitsanleitung, BML Bonn 1990

Autorenanschriften:

Prof. Dr. habil. Gerhard Hofmann, Dr. Martin Jenssen
Waldkunde-Institut Eberswalde
Walther-Rathenau-Straße 6a
16225 Eberswalde

Dir. u. Prof. Dr. habil. Siegfried Anders
Institut für Forstökologie und Walderfassung der BFH
Alfred-Möller-Straße 1
16225 Eberswalde

FDK 180: 182.5: 187