

**Sachbereich: Waldlandschaftsökologie**  
*(Forest Landscape Ecology)*

**Abgeschlossene Vorhaben:**



**Projekt:** „Die Intersektstichprobe: Ein effizientes Verfahren zur Erfassung von liegendem Totholz“

*(Intersect sampling: an efficient method for the inventory of coarse woody debris)*

*(in Zusammenarbeit mit / in co-operation with: PROF. DR. E. KENNEL, DR. HABIL. T. KNOKE, A. ROTH, Fachgebiet für Waldinventur und Forstbetriebsplanung, Wissenschaftszentrum Weihenstephan der TU München)*

Totholz, sowohl in stehender als auch in liegender Form, ist ein gut geeigneter Indikator für die Bewertung der Naturnähe von Wäldern. Für besonders dringlich wird die **Erfassung des liegenden Totholzes** erachtet, weil sich unbewirtschaftete von bewirtschafteten Flächen nach bisherigem Kenntnisstand vor allem in der Menge und Qualität des liegenden Totholzes unterscheiden. Bisher wird liegendes Totholz überwiegend im Rahmen von Mehrzweckinventuren wie etwa der Landeswaldinventur in regelmäßig angeordneten Probekreisen erfasst. Dieses Verfahren führt speziell bei liegendem Totholz aufgrund der Klumpung zu verzerrten Ergebnissen. Zudem werden jeweils nur jene Totholzstücke aufgenommen, die inner-

halb der Probekreise liegen. **Ziel des Projektes war es, in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Forsteinrichtung der TU München im Rahmen einer Diplomarbeit ein geeignetes Stichprobenverfahren zur Erfassung von liegendem Totholz auf großen Flächen zu entwickeln.**

Als geeigneter Ansatz wird die Methode des „Line Intersect Sampling“ verwendet. Dieses Verfahren geht von der Überlegung aus, dass eine zufällig auf eine Fläche geworfene Nadel mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit eine dort gezogene Linie trifft (s. Abb. E 7).

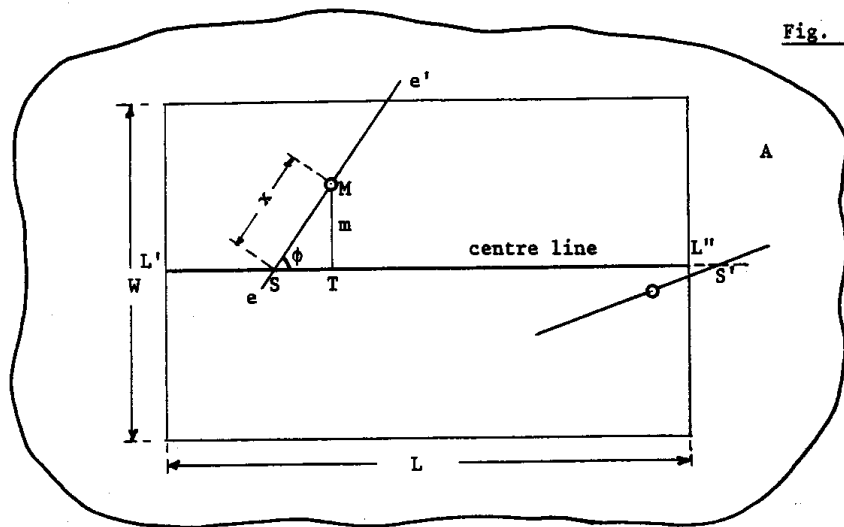


Fig. 1

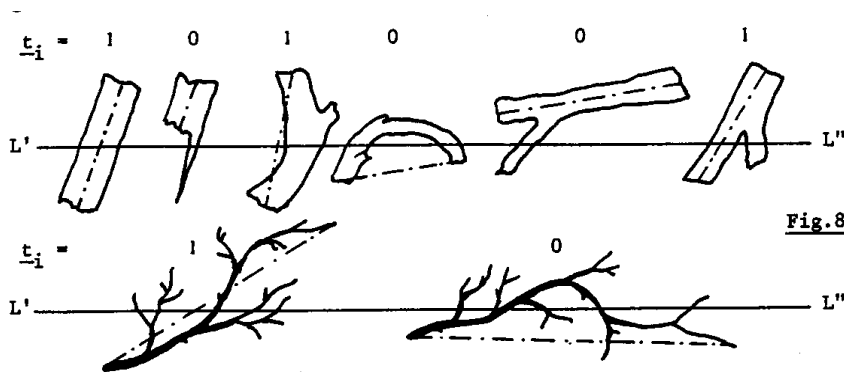


Fig. 8

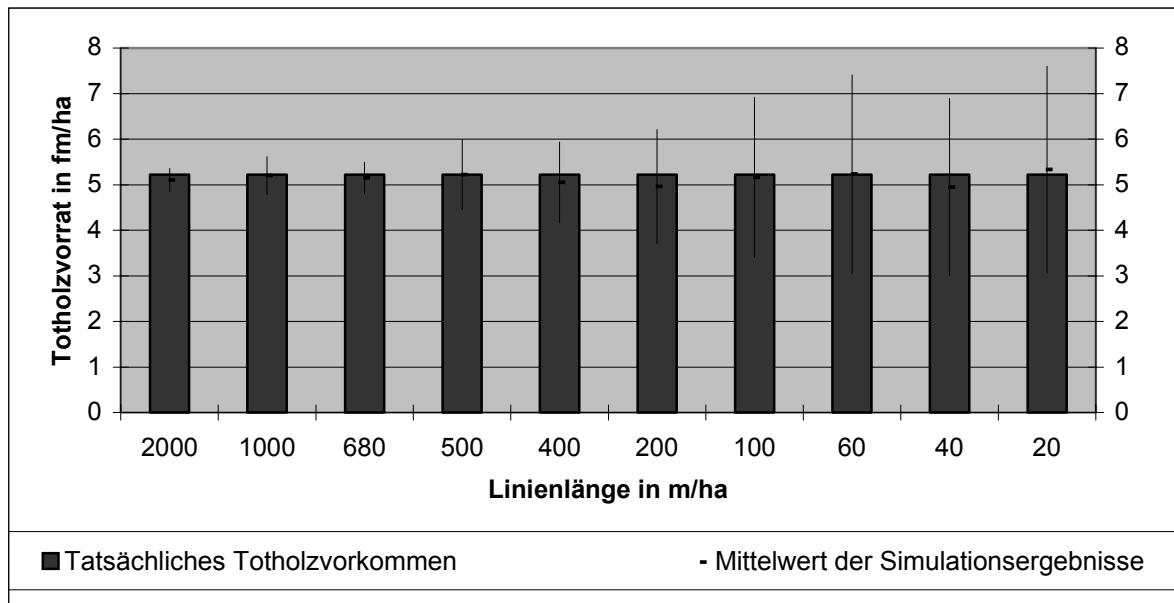
Abb. E7: Methodisches Vorgehen beim Line Intersect sampling; die obere Abbildung zeigt eine Fläche  $L \times W$ , die durch die Linie  $L'-L''$  unterteilt ist; die Totholzstücke ( $e-e'$ ) schneiden die Linie in den Punkten  $S$  und  $S'$ ;  $M$  bezeichnet den zugehörigen Mittendurchmesser,  $\Phi$  ist der Winkel zwischen Totholzstück und Intersektlinie. In der Abbildung unten sind als Treffer ( $=1$ ) gewertete Totholzstücke solchen Stücken gegenübergestellt, die aufgrund der definierten Nadel (Strich-Punkt-Linie) keine Treffer ( $=0$ ) im Sinne von Schnittpunkten mit der Intersektlinie darstellen

Fig. E7: Methodical approach for line intersect sampling; the upper figure shows the test area ( $L \times W$ ) which is separated by the line  $L'-L''$ ; the pieces of lying deadwood ( $e-e'$ ) intersect the line in the points  $S$  and  $S'$ ;  $M$  identifies the mean diameter,  $\Phi$  is the angle between the piece of deadwood and the intersect line. In the lower figure pieces of deadwood which are assessed to be hits with the line ( $=1$ ) are compared to those which are no hits ( $=0$ ) in terms of intersections with the line

Übertragen auf das liegende Totholz im Wald ist zu berücksichtigen, dass Totholz nicht zufällig in alle Richtungen streut, aber auch nicht vollständig gerichtet vorliegt. Auf der Grundlage des „Line Intersect sampling“ wird eine Methode abgeleitet, die sich für die Inventur von Totholz in Großschutzgebieten eignet. Ohne den aufwändigen Weg über Vollaufnahmen im Wald gehen zu müssen, kann das Verfahren mit Hilfe von Computer-Simulationen auf Präzision, Verzerrung und Treffsicherheit getestet werden. Durch Simulation des Probebestandes kann überprüft werden, ob die Grundgesamtheit durch die Stichprobe verzerrungsfrei wiedergegeben wird. Wie die Abb. E 8 erkennen lässt, werden erst ab Linienlängen von

500 m ha<sup>-1</sup> und mehr Ergebnisse mit vertretbaren Standardabweichungen erzielt.

Die Eingangsparameter und Daten für die Simulationen wurden durch Analyse von Inventurergebnissen aus rheinland-pfälzischen Naturwaldreservaten gewonnen. Aus den Ergebnissen der Simulationen wird ein Vorschlag für die Durchführung einer modifizierten Linien-Intersekt-Stichprobe abgeleitet. Das Verfahren hat erste orientierende Praxistests durchlaufen, wobei auch einige Zeitstudien durchgeführt wurden. Darüber hinaus wird in der Untersuchung auf die Durchführbarkeit und Wirtschaftlichkeit des Vorschlags eingegangen.



**Abb. E8:** Mittelwert und Standardabweichung der Simulationsergebnisse für den Vorrat an liegendem Totholz der Fläche „B“, aufgetragen über der Länge der Intersektlinien  
**Fig. E8:** Mean value and standard deviation of the simulated results for the inventory volume of lying deadwood for the test area “B”, as affected by the length of the intersect lines

Es konnte gezeigt werden, dass der Winkel der Intersektlinien keinen Einfluss auf die Treffsicherheit des Verfahrens hat, wenn eine entsprechende Winkelkorrektur durchgeführt wird. Aus der Untersuchung lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

⇒ Das hier entwickelte Linien-Intersekt-Stichprobenverfahren ist in der Praxis anwendbar, wobei eine Beurteilung des Zeitaufwands

und der Kosten nur unter Einbeziehung der genauen Zielsetzung und der jeweils vorhandenen Handlungsalternativen möglich ist. Allgemein kann festgehalten werden, dass Linien-Stichprobenverfahren effektiv und kostengünstig sind. Möglicherweise könnte aber eine Verbesserung von Sendeleistung und Genauigkeit bei GPS-Empfängern den gesamten Arbeitsablauf bei der Durchführung von Linienstichpro-

benverfahren erheblich vereinfachen und beschleunigen. Grundlegende Aussagen über minimale oder optimale Stichprobengrößen können nicht getroffen werden.

- ⇒ Wie alle Inventurverfahren hat auch diese Methode ganz spezifische Vor- und Nachteile. Bei Mehrzweckinventuren wird es nach wie vor kostengünstiger sein, auf eine eigenständige Totholzinventur zu verzichten. Ist dagegen eine möglichst zuverlässige Inventur des Totholzes geplant, hat die vorgestellte Linien-Transekt-Methode gegenüber anderen Verfahren eindeutig Vorteile.
- ⇒ Um unverzerrte Ergebnisse zu erhalten, hat die hier entwickelte Variante einer Linien-

Stichprobe aufgrund der Winkelkorrektur den besonderen Vorzug, dass die Intersektlinien auch bei gerichtetem Totholzvorkommen aufnahmetechnisch günstig (z.B. hangparallel) ausgelegt werden können. Infolgedessen muss der mit der Winkelkorrektur verbundene höhere Aufwandaufwand nicht zwangsläufig zeit-

- ⇒ Bei den Computersimulationen ergaben sich keine Probeflächen, bei denen die Ergebnisse der Linien-Intersekt-Stichproben durchweg unbrauchbar waren. Lediglich im Falle extrem kurzer, gleich langer Totholzstücke wurde eine systematische Schwäche des Verfahrens ausgemacht.

### Fortzuführende Vorhaben:



**Projekt:** *„Waldbezogenes Monitoringkonzept für das Biosphärenreservat Pfälzerwald“  
(Forest-focussed monitoring concept for the Biosphere Reserve Pfälzerwald)*

Die Generalkonferenz von Sevilla 1995 hat Biosphärenreservate als ideale Standorte u.a. für die Forschung und langfristige Umweltbeobachtung heraus gestellt. Dabei ist sicher zu stellen, dass **alle Zonen des Biosphärenreservates einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung und Forschung leisten.** Das Biosphärenreservat Pfälzerwald repräsentiert unter den Biosphärenreservaten Deutschlands ein Waldökosystem in Mittelgebirgslage. **Aufgabe der waldlandschaftsökologischen Forschung in Rheinland-Pfalz ist es, ein auf das Landschaftselement Wald bezogenes Monitoringkonzept mit begleitender Forschung zu entwickeln.**

Von zentraler Bedeutung ist die Analyse der Umwelteinflüsse auf das Ökosystem Wald, die Reaktion des Waldes auf diese Einflüsse und die Rückwirkungen auf angrenzende Ökosysteme wie Atmosphäre und Hydrosphäre in Abhängigkeit un-

terschiedlicher Bewirtschaftungsweisen (Nutzungszunahmeverzicht in der Kernzone, Pflegestrategien in der Pflegezone, naturnahe Bewirtschaftung in der Entwicklungszone). Das entwickelte Konzept basiert auf zentralen Ursache-Wirkungshypothesen. Für die Formulierung von damit verbundenen Forschungsfragen werden drei sinnvolle, sich ergänzende Zugänge empfohlen:

- ⇒ gesellschaftsorientiert: Mit Blick auf das gestiegene Interesse der Gesellschaft an Umweltbelangen sind verstärkt gesellschaftsrelevante Themen (z.B. Akzeptanz von Wildnisgebieten) aufzugreifen.
- ⇒ problemgeleitet: Im Sinne eines angewandten Monitoring müssen zentrale Umweltprobleme aufgegriffen werden.
- ⇒ datengeleitet: Ziel muss es sein, bereits bestehende Monitoring- und Umweltbeobachtungsaktivitäten gezielt zu integrieren.

Unter Berücksichtigung dieser Aspekte wurden zentrale Fragen für ein Monitoring und für eine begleitende Forschung formuliert, die derzeit anhand eines Fragebogens innerhalb der Landesforsten auf forstpolitische Relevanz und Dringlichkeit geprüft werden. Beispielhaft werden zwei zentrale Forschungsfragen herausgegriffen, deren Beantwortung aus heutiger Sicht in besonderem Maße relevant und dringlich erscheint.

⇒ Welche Entwicklung nehmen wichtige Indikatoren für die Biodiversität auf Landschaftsebene (z.B. Anzahl und Typen von Lebensräumen, Habitatverbund, Fragmentierung) in Abhängigkeit unterschiedlicher Schutz- und Nutzungskonzepte sowie in Abhängigkeit der bestehenden Waldökosystemtypen?

⇒ Wie verändert sich der natürliche Standort unter der Einwirkung von eutrophierenden Stickstoffeinträgen in Abhängigkeit der mit der Zonierung verbundenen Schutz- und Nutzungskonzepte sowie der derzeit vorherrschenden Waldökosystemtypen?

Die Beantwortung der aufgeworfenen Monitoringfragen stützt sich auf drei wesentliche methodische Komponenten mit unterschiedlichem Raumbezug (s. Abb. E 6):

1) Kernstück der Untersuchungen ist ein über die gesamte Reservatsfläche ausgelegtes Stichprobennetz, das entsprechend der Zielsetzung und der räumlichen Straten, für die Aussagen ge-

troffen werden sollen, unterschiedlich stark verdichtet wird, wobei bestehende Inventuren (z.B. Landeswaldinventur) gezielt genutzt werden.

2) Auf Landschaftsebene gewinnen raumbezogene Informationstechnologien wie z.B. die Auswertung von Satelliten- und Luftbildern an Bedeutung. Zum einen können Lebensraumtypen abgegrenzt werden sowie Fragen zur Lebensraumfragmentierung und zu flächigen Waldstrukturen (z.B. Lücken) beantwortet werden, zum anderen dient der Einsatz von Fernerkundungsmethoden der Vorstratifizierung von Landschaftselementen für die anschließende terrestrische Überprüfung von Biotop- und Nutzungstypen bzw. horizontalen und vertikalen Waldstrukturen.

3) In insgesamt neun, jeweils 1 km<sup>2</sup> großen Untersuchungsschwerpunkten, die die derzeit vorherrschenden Waldökosystemtypen Buche, Eiche und Kiefer in Kombination mit den drei Zonen des Reservates repräsentieren, sollen im Anhalt an die bundesweite ökologische Flächenstichprobe (ÖFS) detaillierte Erhebungen zur Waldstruktur sowie floristische und faunistische Sonderuntersuchungen durchgeführt werden.

4) In einem vierten Schritt ist es Ziel, die Ergebnisse aus Naturwaldreservaten und Dauerbeobachtungsflächen durch Regionalisierung auf höhere räumliche Skalen zu übertragen.



**Abb. E6: Methodische Komponenten für ein waldbezogenes Monitoring und eine begleitende Forschung im Biosphärenreservat Pfälzerwald**  
**Fig. E6: Methodical tools for a forest-focussed monitoring and a concomitant applied research in the Biosphere Reserve Pfälzerwald**

Voraussetzung für die Beantwortung der Monitoring-Fragen sind geeignete Indikatoren. Das im Folgenden dargestellte Projekt widmet sich der

Entwicklung eines waldlandschaftsökologischen Indikatorensatzes.

**Projekt:** *„Entwicklung eines Indikatorensatzes für ein waldbezogenes Monitoring im Biosphärenreservat Pfälzerwald“*  
*(Elaboration a set of indicators for a forest-focussed monitoring in the Biosphere Reserve Pfälzerwald)*

Im Rahmen der Umweltberichterstattung und der Erfassung, Analyse und Bewertung einer nachhaltigen Entwicklung sind Indikatoren zu einem unverzichtbaren Instrumentarium geworden. Vor diesem Hintergrund ist es Ziel der vorliegenden Untersuchung, als integrativen Bestandteil eines waldlandschaftsökologischen Monitoring ein Indikatorensystem zu erarbeiten. Auf dieser Basis sollen Handlungsempfehlungen für eine nachhaltige, landschaftsbezogene und multifunktionelle Waldnutzung abgeleitet werden, die auch Grundlage für die umweltpolitische Entscheidungsfindung und die Erfüllung nationaler und internationaler Be-

richtspflichten sind.

Neben allgemeinen Anforderungen an aussagefähige Indikatoren, wie z.B. leichte Messbarkeit, Kommunizierbarkeit oder Politikrelevanz, werden Indikatoren benötigt, die auf der räumlichen Skala der Landschaft anwendbar sind und mit deren Hilfe die formulierten Monitoringfragen beantwortet werden können.

Ausgangspunkt für die Entwicklung eines geeigneten Indikatorensystems waren die derzeit auf internationaler und nationaler Ebene definierten

Indikatorsysteme für den Umweltbereich. Eine hohe Akzeptanz, sowohl auf nationaler wie auch auf internationaler Ebene, genießt der D-S-R-Ansatz der OECD. Unter Berücksichtigung weiterer übergeordneter Ansätze (z.B. Umweltindikatorensystem des Umweltbundesamtes) wurden für Waldökosysteme spezielle Indikatorensysteme entwickelt, die richtungweisend auch für das vorliegende waldlandschaftsökologische Indikatorensystem sind. Als zielführend für die Entwicklung eines waldlandschaftsbezogenen Indikatorensystems sind die Vorschläge der Forstministerkonferenz in Helsinki 1993 und das in Kanada entwickelte McGregor Model Forest zu sehen.

Der Helsinki-Ansatz fokussiert auf einem System aus sechs Kriterien und 27 Indikatoren. Im Gegensatz zu diesen sehr hoch aggregierten paneuropäischen Indikatoren ist das Indikatorensystem des McGregor Model Forest mit insgesamt 87 Indikatoren wesentlich stärker differenziert. Das Modell dient insbesondere als Instrument für die Bewertung von Trends hinsichtlich Umweltbedingungen und forstlichen Bewirtschaftungsstrategien sowie als Grundlage für Analyse, Monitoring und Be-

wertung auf dem Weg zu einer nachhaltigen forstlichen Bewirtschaftung.

Über die aufgeführten Ansätze hinaus sind insbesondere für das Monitoring in Biosphärenreservaten Indikatoren zu berücksichtigen, die speziell auf die Biodiversität von Wäldern abzielen. Im Rahmen von BEAR (Biodiversity Evaluation Tools for European Forests) wurden differenziert nach den Schlüsselfaktoren Zusammensetzung, Struktur und Funktionelle Biodiversität für verschiedene räumliche Skalen Indikatoren vorgeschlagen.

Auf der Grundlage der angestellten konzeptionellen Überlegungen wurde ein vorläufiges Indikatorensystem für das waldlandschaftsökologische Monitoring im Biosphärenreservat Pfälzerwald definiert. Tab. E 12 zeigt einen Ausschnitt aus dem Indikatorensystem. Für die Gliederung des Indikatorensystems bieten sich die insgesamt sechs Helsinki-Kriterien an. In Bezug auf die formulierten Monitoringfragen wurden Teilkriterien festgelegt, die wiederum durch Indikatoren und zugehörige Messparameter konkretisiert wurden.

Kriterium	Indikator	Messparameter	Methodisches Verfahren aktuell	Methodisches Verfahren Landschaftsebene Erweiterung/Planung	Turnus	Bezugsfläche (räumliches Stratum)
<b>Erhaltung und angemessene Steigerung der Waldressourcen und ihres Beitrages zu den globalen Kohlenstoffzyklen</b>						
Landschaftsdiversität	Bestandstypen	Flächenanteil, Entwicklungsstadien	-	Luftbild, LWI (verd.), K	10	L, R
	Altersstruktur	Durchschnittsalter (min-max) Bestand	FE, LWI	LWI (verdichtet)	10	L, R
Holzvorrat	Volumen	V <sub>fm</sub>	FE, LWI	LWI (verdichtet)	10	L
Kohlenstoffbilanz	CO <sub>2</sub> -Speicherung	C im Boden, C Biomasse, Dendromasse	BZE, DB, LWI	BZE (verdichtet)	15-20	L, R
<b>Erhalt der Gesundheit und Vitalität des Ökosystems Wald</b>						
Luftschadstoffe	Deposition von Luftschadstoffen	NH <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> , N, SO <sub>2</sub>	DB (Messung)	?	5	DB, R
	Waldzustand	Nadel-, Blattverlust, Vergilbung	TWE, LWE	TWE, LWE (verdichtet), R	2 (-5)	L, Z, R
	Bodenvegetation	Artenspektrum, Zeigerarten, ökolog. Artengruppen	DB	BZE (verdichtet), LWI (verdichtet), R	5	R, L
Abiotische und biotische Schäden	Schäden, ZE-Anfälle	Disponierte Fläche, geschädigte Fläche, Holzvolumen	FE, Sondererhebung, LWI	LWI (verdichtet)	10, n. Anfall	L, Z
	Bodenversauerung	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (Bodenlösung)	BZE, WEE, DB	BZE/WEE (verdichtet)	10	L, Z
	Nährelementstatus	Nadel-/Blattanalysen (Ca, Mg, K)	BZE, WEE, DB	BZE/WEE (verdichtet)	10	L, Z
	Stickstoffsättigung	N-Austrag	DB	?		
<b>Erhaltung und Förderung der Nutzfunktion der Wälder</b>						
Holzproduktion	Nutzung/Zuwachs	Nutzung, Zuwachs	FE, LWI	LWI (verd.), TWE	10	L

**Tab. E12 :** Ausschnitt aus dem entwickelten Indikatorensystem; die in Spalte 1 aufgeführten Helsinki Kriterien werden durch Indikatoren und Messparameter konkretisiert, anschließend wird das aktuelle methodische Verfahren dem auf Landschaftsebene geplanten Verfahren gegenübergestellt; ergänzt werden die Angaben durch den Erhebungssturnus und die Bezugsfläche, für die der Indikator Aussagen liefert (z.B. „L“ für Landschaft)

**Table E12:** The table shows a small portion of the elaborated indicator system; the Helsinki criteria in column 1 are underpinned by indicators and measurement parameters; the planned methodical approach is subsequently added to the actual one; the information is completed by the rotation period of investigations and the scale, for which the indicator provides reliable information (e.g. “L” for landscape)



**Projekt:** „Verdichtung der Landeswaldinventur in den Kernzonen des Biosphärenreservates“  
(Condensation of the national forest inventory in Rhineland-Palatinate in the core zones of the biosphere reserve Pfälzerwald)

Ein wichtiges Ziel der Umweltbeobachtung in Biosphärenreservaten besteht darin, den Beitrag der in den Zonen verfolgten Nutzungs- und Schutzkonzepte zu einer nachhaltigen Entwicklung getrennt voneinander zu untersuchen. Für die Analyse der raum-zeitlichen Dynamik wichtiger waldökologischer Indikatoren in Abhängigkeit unterschiedlicher Schutz- und Nutzungsstrategien ist es daher unabdingbar, den waldökologischen Ausgangszustand zu Beginn der funktionalen Trennung in der natürlichen Entwicklung überlassene Kernzonen, nach speziellen Vorgaben behandelte Pflegezonen sowie naturnah bewirtschaftete Entwicklungszonen zu dokumentieren.

Die im Jahr 2001 abgeschlossene Landeswaldin-

ventur, deren Raster im Biosphärenreservat auf 2 x 2 km verdichtet wurde, bildet eine wichtige Grundlage für die Zustandserfassung wichtiger waldökologischer Indikatoren auf der Gesamtfläche des Biosphärenreservates. Für die einzelnen Zonen des Reservates können daraus allerdings nur sehr eingeschränkt Aussagen abgeleitet werden. Insbesondere die nur knapp 3% der Gesamtfläche einnehmenden Kernzonen sind nicht ausreichend durch Inventurpunkte repräsentiert. **Es ist daher notwendig, die waldökologische Ausgangssituation in den künftigen Kernzonen durch eine Verdichtung der Landeswaldinventur auf ein Raster von 0,5 x 0,5 km zu erfassen.** Die Stichprobenzahl erhöht sich damit von bislang 9 auf insgesamt 141 Trakte.

Mit den vorbereitenden Arbeiten (u.a. Generierung neuer Koordinaten, Markierung der Aufnahmepunkte in Luftbildern und topografischen Karten) durch die Forsteinrichtung wurde noch in 2002 begonnen. Die Vorbereitungen werden bis Ende Februar abgeschlossen sein, die Außenaufnahmen durch ausgewählte Inventur-Trupps finden im Zeitraum von März bis Juni 2003 statt. Un-

abhängig davon, ob bei Folgeaufnahmen der Landeswaldinventur weitere landschaftsökologische Parameter (z.B. Kleinstrukturen und Biotopbaume) erhoben werden, müssen die zusätzlichen Stichproben für einen Datenquervergleich nach dem selben Verfahren aufgenommen werden wie die bereits erhobenen Inventurpunkte.



**Projekt:** *„Prozessschutz im Wald auf größeren Flächen im Vergleich zur naturnahen Waldbewirtschaftung (mit integriertem Prozessschutz)“  
(Conservation of natural forest processes on larger areas compared to nature oriented forest management by applying integrated elements of conservation of natural forest processes)*

Mit der Verpflichtung der Bundesrepublik Deutschland, die Ergebnisse der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung von 1992 in Rio de Janeiro umzusetzen, ergibt sich die Notwendigkeit der Ausweisung ausreichend großer Schutzgebiete zur Erhaltung von lebensfähigen Populationen in ihren natürlichen Lebensräumen. Eine besondere Bedeutung kommt dem Prozessschutz als neues Werkzeug von Naturschutz und Landschaftsplanung unter Einbeziehung ökonomischer Gesichtspunkte zu.

**Im Rahmen eines Gutachtens wird anhand einer umfassenden Literaturstudie der Frage nachgegangen, welche ökologischen und sozio-ökonomischen Auswirkungen des Prozessschutzes auf größeren Flächen im Vergleich zur naturnahen Waldbewirtschaftung (bzw. naturnahen Waldbewirtschaftung mit integriertem Prozessschutz) gegeben sind.**

Die Untersuchung orientiert sich an den folgenden Leitfragen:

- Inwieweit kann der naturnahe Waldbau mit integrierten Prozessschutzflächen den Anforderungen des Prozessschutzgedankens gerecht werden?
- Was sind die ökologischen und sozioökonomischen Auswirkungen des Prozessschutzes auf größeren Flächen?
- Wie sind die Prozessschutzflächen im Hinblick auf die Erhaltung der Gesundheit der Wälder zu beurteilen?
- Welche Erkenntnisse liegen zur ökonomischen Wirkung von Prozessschutzflächen vor?
- Welche Rolle spielt der Prozessschutz bei der CO<sub>2</sub>-Speicherung von Wäldern?
- Welche Anforderungen ergeben sich in Bezug auf Größe und Umfang von Prozessschutzflächen?
- Können die unterschiedlichen Wirkungen des Prozessschutzes und des naturnahen Waldbaus quantifiziert werden?



**Projekt:** „Entwicklung eines Verfahrens zur Bewertung von Windenergieanlagen auf Waldstandorten“

*(Developing a method for the assessment of the effects of wind energy constructions on forest sites)*

*(in Zusammenarbeit mit / in co-operation with: DR. M. FALLEN, AG Windenergie im FB Maschinenbau und Verfahrenstechnik, TU Kaiserslautern, PROF. DR. K. TOBIAS, Lehrstuhl Ökologische Planung und Umweltverträglichkeitsprüfung, TU Kaiserslautern)*

Als besonders umweltfreundliche und dauerhafte Energiequelle nimmt die Bedeutung der Windenergie insbesondere im Zusammenhang mit den Diskussionen um eine Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes stetig zu. Für die in jüngster Zeit stark gestiegene Nachfrage nach Windenergieanlagen (WEA) im Wald können vor allem zwei sich ergänzende Aspekte angeführt werden: Wälder bedecken überwiegend höher gelegene und exponierte Standorte, die über ein höheres Windpotenzial (sog. Windhöffigkeit) verfügen. Bislang schieden Wälder als Standorte für Windkraftstandorte auch deshalb aus, weil die Anlagen nicht hoch genug waren, um die Abbremsung des Windfeldes durch den Waldbestand zu vermeiden. Mit den modernen, über 100 m Nabenhöhe erreichenden Anlagen und der in der Regel vergleichsweise größeren Windhöffigkeit höher gelegener Waldstandorte steigt das Interesse an Windkraftanlagen im Wald.

Rheinland-Pfalz gehört mit 40% Waldanteil und einem hohen Anteil von Mittelgebirgslagen sowie reliefierten Lagen zu jenen Bundesländern, die sich in besonderem Maße mit Fragen der Windkraftnutzung im Wald befassen müssen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Wälder auf Landschaftsebene eine Reihe unterschiedlicher Funktionen zu erfüllen haben, die möglicherweise mit einer Nutzung als Windenergiestandort in Konflikt stehen. Um den Anforderungen des Natur- und Umweltschutzes und einer nachhaltigen Entwicklung gerecht zu werden, müssen Windenergiestandorte

deshalb sehr sorgfältig geplant und ausgewählt werden.

**Zur Gewinnung von grundlegenden Erkenntnissen über die Wirkungen von Windkraftanlagen auf Waldstandorte wurde an die Universität Kaiserslautern (AG Windenergie und Lehrstuhl Ökologische Planung und Umweltverträglichkeitsprüfung) ein Forschungsauftrag vergeben, mit dem Ziel, ein Verfahren zur Bewertung von Windenergieanlagen auf Waldstandorten zu entwickeln. Am Beispiel eines potenziellen Standortes für eine Windenergieanlage in der Verbandsgemeinde Dahn werden die methodischen Schritte erläutert.**

In einem ersten Teil werden technische Aspekte geprüft, in einem zweiten Teil werden die Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Naturhaushalt und Landschaftsbild untersucht.

### Technische Aspekte

Der technische Part der Untersuchungen wurde von der AG Windenergie im FB Maschinenbau und Verfahrenstechnik übernommen (Dr. Fallen). Bei der technisch relevanten Planung ist besonderes Augenmerk auf die Windhöffigkeit, die Netzanbindung und die Zuwegung zu richten. In einer Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden anschließend die voraussichtlichen Investitionskosten, Investitionsnebenkosten (z.B. Trafostation) sowie Betriebskosten (u.a. Wartung, Versicherung) ermittelt. Auf der Erlösseite wurden vier verschiede-

ne Varianten durchgespielt, deren Energieerträge 70 bis 100% eines unterstellten Referenzertrages ausmachen.

Am Beispiel der Verbandsgemeinde Dahn wurden Wirtschaftlichkeitsberechnungen für eine Einzelanlage und für einen Park mit fünf Windenergieanlagen durchgeführt. Unter den gegebenen Rahmenbedingungen ist ein wirtschaftlicher Betrieb sowohl bei der Einzelanlage wie auch beim Windpark bei allen vier Energieertragsvarianten möglich.

### **Auswirkungen auf den Naturhaushalt und das Landschaftsbild**

Da große Waldflächen im Allgemeinen auch eine besondere Bedeutung als Erholungsflächen aufweisen, ist dem Thema Landschaftsbild bzw. Erholung eine besondere Bedeutung beizumessen. Diesbezüglich ist bei der Planung einer Windenergieanlage zu überprüfen, inwiefern typische Landschaftsbildeinheiten mit hoher Eigenart, Vielfalt und deshalb hoher Wertschätzung durch die Bevölkerung durch die optischen Veränderungen mit dem Bau einer Windkraftanlage beeinflusst sein werden.

Drei grundsätzliche methodische Schritte werden vorgeschlagen:

Auf der Grundlage der überarbeiteten „Hinweise zur Beurteilung der Zulässigkeit von Windenergieanlagen“ wird zunächst eine Empfindlichkeitsanalyse des gewählten Standortes durchgeführt. Unter Anwendung moderner Verfahren der EDV dient eine Sichtbarkeitsanalyse dazu, die Sichtbarkeit der WEA in der Landschaft bzw. von markanten Geländepunkten aus zu analysieren. Eine abschließende zusammenfassende Bewertung schließt Aspekte der sozioempirischen Akzeptanz mit ein.

Analog zu den technischen Aspekten wurden die o.g. methodischen Schritte im südwestlich von

Dahn gelegenen Modellgebiet „Großer Mückenkopf“ angewandt. Der entwickelte methodische Ansatz hat sich in der Praxis bewährt. Grundsätzlich sollten im Vorfeld der Errichtung von WEA im Wald folgende Arbeitsschritte durchlaufen werden:

- ⇒ Auswahl geeigneter Waldstandorte unter Verwendung der „Hinweise zur Beurteilung der Zulässigkeit von Windenergieanlagen“
- ⇒ Selektion vorbelasteter Wälder
- ⇒ Auswahl ausreichend windhöffiger Gebiete
- ⇒ Ermittlung grundsätzlich geeigneter Waldstandorte
- ⇒ Prioritätenbildung aufgrund der aktuellen Erschließung der ausgewählten Standorte

### **Wirkungen auf Wildtiere**

Ein dritter Teil befasst sich mit den Wirkungen von Windkraftanlagen auf Wildtiere. Anhand einer Literaturstudie werden die Wirkungen von Windkraftanlagen auf Wildtiere analysiert. Die bislang vorliegenden Befunde zeigen, dass nicht jede Aktivität des Menschen im Lebensraum des Wildes unweigerlich eine Störquelle ist oder zur Beunruhigung des Wildes führt. Denkbare Störwirkungen können die Aufgabe des Einstandsgebietes, Änderungen im Raum-Zeit-Rhythmus, Barrierewirkung mit Verlust von Nahrungs- und Rastflächen sowie allgemein Veränderungen auf den Ebenen Physiologie, Verhalten, Kondition, Population und Fitness sein.

Eine dreijährige Studie am Institut für Wildtierforschung der Tierärztlichen Hochschule Hannover kommt zu dem Ergebnis, dass Windturbinen keine gravierenden Störwirkungen auf Vorkommen und Verhalten von Tieren wie Feldhase, Rehwild, Rotfuchs, Rebhuhn und Rabenkrähe haben. Die bislang durchgeführten wissenschaftlichen Untersuchungen zu den Auswirkungen von Windkraftanlagen auf die Avifauna konzentrierten sich zwangsläufig auf den Offenlandbereich und die hier vorkommenden Vogelarten.

Zur Gewinnung von grundlegenden Erkenntnissen über die Wirkung von Windkraftanlagen auf empfindliche, waldbewohnende Wildtierarten sind Pilotvorhaben notwendig. Dabei sind folgende Vorgaben zu beachten:

- ⇒ Aus wissenschaftlicher Sicht sind über einen Zeitraum von mindestens zwei Jahren intensive Voruntersuchungen durchzuführen, die als Basis für ein Monitoring während der Bau- und Betriebsphase dienen und auch einen Vorher-/Nachher-Vergleich ermöglichen. Das Monitoring sollte mindestens einen Zeitraum von drei Jahren in Anspruch nehmen.
- ⇒ Weiterer Forschungsbedarf resultiert darüber hinaus aus der Tatsache, dass bislang keine Daten für scheue Wildarten wie für das Rotwild oder potenzielle Auswirkungen auf physiologischer Ebene von Wildtieren vorliegen.
- ⇒ Vor der Ausweisung von Windenergiestandorten sind systematische Freilanduntersuchungen durchzuführen.
- ⇒ Durch eine sorgfältige Standort-Planung lassen sich Auswirkungen von Windturbinen auf die Lebensräume von Vögeln und Wildtieren vermeiden oder zumindest auf ein Minimum beschränken.