

# Beitragsserie: Projekt „Angewandte Ökologie“: Ökotoxikologie

Hrsg.: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Projekt „Angewandte Ökologie“ (PAÖ), Griesbachstraße 3, D-W-7500 Karlsruhe 21

Die Beitragsserie aus der Ausgabe 5/92 wird hier fortgesetzt.

## Ökologische Zustandserfassung der Umwelt

in Baden-Württemberg

Kurt Kreimes (Dipl.-Biol.)

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Griesbachstraße 3, D-W-7500 Karlsruhe

**Zusammenfassung.** Das ökologische Wirkungskataster Baden-Württemberg besteht seit 1984. Die Untersuchungen haben das Ziel, Wirkungen von Umweltchemikalien zu erfassen und die damit verbundenen Risiken zu bewerten. **Bioindikatoren** werden dabei in verschiedenen landesweiten Meßnetzen eingesetzt, um die Grundbelastung der Natur zu ermitteln. Die Einzelergebnisse werden in einer **ökotoxikologischen Datenbank** zusammengefaßt, um einen Gesamtüberblick über die Belastungssituation von Baden-Württemberg zu erhalten. Im Rahmen von ökotoxikologischen Untersuchungen soll geprüft werden, inwieweit es möglich ist, Luft über eine Pumpe anzusaugen und über ein Adsorbens zu leiten, im Labor die Schadstoffe zu eluieren und geeigneten Biotests zuzuführen.

Vielzahl von möglichen Einzelstoffen und der sich daraus ergebenden Kombinationsmöglichkeiten ist es nicht möglich, mit Hilfe von Meßwerten auf Schädwirkungen zu schließen. Vorhandene Beurteilungskriterien von Schadstoffgehalten wie Richt- und Grenzwerte orientieren sich nur in Ausnahmefällen an Wirkungen.

Vorhersagen der Schadstoffanreicherung in Ökosystemen können bei der Betrachtung von Schadstoffkonzentrationen im Hinblick auf Schädwirkungen und Anreicherungs-faktoren nicht gemacht werden.

### 1 Einleitung und Problemstellung

Durch die zunehmende Industrialisierung ist ein System von vernetzten Ursache-Wirkung-Zusammenhängen entstanden. In der BRD wurden 1980 die ersten Waldschäden dokumentiert, 1985 ist bereits die Hälfte des Waldes geschädigt, 1992 ist jeder dritte Baum erkrankt. Als Schadensursache müssen Luftschadstoffe verantwortlich gemacht werden, die zur Schädigung des Ökosystems „Wald“ und anderer Ökosysteme führen (→ Abb. 1). Aufgrund der

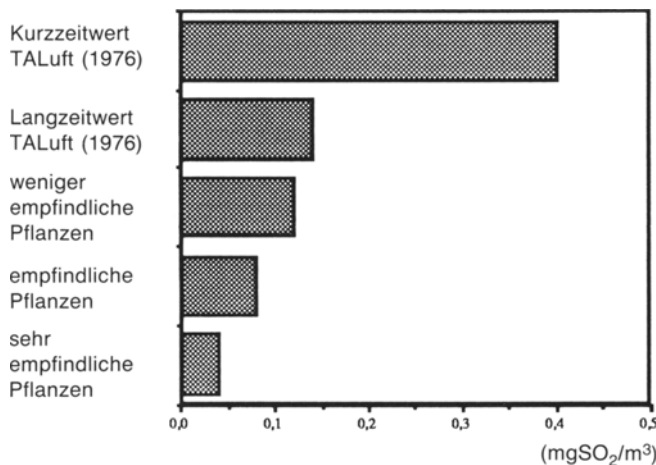


Abb. 1: Schwefeldioxid (mgSO<sub>2</sub>m<sup>-3</sup>)-Schadsschwellen (verändert nach BOSSEL 1990)

### 2 Ökologisches Wirkungskataster Baden-Württemberg

Um den genannten Sachverhalten gerecht zu werden, wurde 1983 bei der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg mit dem Aufbau eines Ökologischen Wirkungskatasters begonnen. Ziel ist es, Wirkungen von Umweltschadstoffen auf natürliche Systeme zu erfassen und zu bewerten. Eine räumliche Differenzierung der Belastungssituation von Baden-Württemberg steht im Vordergrund. Das ökologische Wirkungskataster dient als **Frühwarnsystem** für unerkannte anthropogene Schadstoffe und Schadstoffgemische, bzw. deren Langzeitwirkungen, und als **Kontrollsystem** für durchgeführte Maßnahmen.

Die Hauptkomponenten des ökologischen Wirkungskatasters Baden-Württemberg sind verschiedene Einzelmeßnetze, die sich gegenseitig ergänzen. Dabei werden zwei unterschiedliche Verfahrensansätze zur Ermittlung der Schädwirkung luftgetragener Schadstoffe eingesetzt:

#### 2.1 Aktives Monitoring

Hier werden Bioindikatoren an ausgewählten Beobachtungsstandorten exponiert und nach einem vorgegebenen Zeitraum der Zustand bewertet. Es handelt sich um standardisierte Verfahren. Im Rahmen des ökologischen Wirkungskatasters werden zwei landesweite Meßnetze im aktiven Monitoring betrieben.

1. Klon-Fichten-Meßprogramm

Die Fichten sind durch Stecklingsvermehrung aus einer einzigen Mutterpflanze aufgezogen. Durch dieses Klonen wird erreicht, daß alle Indikatorpflanzen genetisch identisch sind. Die Klon-Fichten werden in Containern exponiert und jährlich im Herbst beprobt, auf sichtbare Schäden untersucht. Die Proben von 30 Untersuchungsstellen werden auf Schad- und Nährstoffgehalte analysiert (ZIMMERMANN & RUDOLPH 1986).

2. Photooxidantien-Indikatorprogramm

Viele Pflanzen reagieren mit charakteristischen Blattflecken auf Photooxidantien, deren Leitsubstanz Ozon ist. Die Empfindlichkeit der Pflanzen ist sehr stark von den herrschenden klimatischen Gegebenheiten abhängig. Bei Trockenheit und Hitze ist der Gasaustausch stark reduziert. Das Schädigungsniveau ist gering. Der Sachverhalt wird deutlich, daß zwischen gemessenen Konzentrationen und den daraus resultierenden Schäden kein linearer Zusammenhang besteht. Bei den routinemäßigen Untersuchungen werden Buschbohne, kleine Brennessel und Klee an 20 Untersuchungsstellen exponiert (ARNDT et al., 1985). Der Anteil an Blattschäden wird als Maß für die Photooxidantienbelastung angegeben.

2.2 Passives Monitoring

Ziel ist es, Schadstoffwirkungen an unterschiedlichen Ökosystemen zu erfassen und über einen längeren Zeitraum zu beachten. Die Auswahl der Untersuchungsflächen erfolgte auf der Basis der naturräumlichen Gliederung von Baden-Württemberg.

1. Dauerbeobachtungsflächen „Grünland“

Bestimmte Grünlandflächen, z.B. nährstoffarme Halbtrockenrasen, reagieren empfindlich auf Schadstoffeinträge. Hier ist besonders Stickstoff hervorzuheben, der aufgrund seiner Düngewirkung tiefgreifende Veränderungen von nährstoffarmen Ökosystemen bewirkt. Das Meßnetz besteht aus 15 Dauerbeobachtungsflächen.

2. Dauerbeobachtungsstellen „Fließgewässeroberläufe“

Hier werden Ökosysteme integriert, die durch den Chemismus der Wassereinzugsgebiete stark beeinflusst werden. Mit zunehmender Versauerung gehen Metalle in Lösung und werden in Fließgewässer eingeschwemmt. Hervorzuheben ist hierbei Aluminium, das als Aluminiumhydroxid toxisch auf Entwicklungsstadien von Amphibien und Fische wirkt (LINNENBACH & GEBHARDT 1987). Im Rahmen des Ökologischen Wirkungskatasters wurden 38 Dauerbeobachtungsstellen eingerichtet.

3. Dauerbeobachtungsflächen „Wald“

Das Ökosystem „Wald“ stellt in Baden-Württemberg den Biotoptyp mit dem größten Flächenanteil dar, wobei Buchenwälder mit Ausnahme der Höhenlagen ursprünglich typisch sind. Die Auswahl der Flächen (UMLAUF-

ZIMMERMANN & KREIMES 1987) erfolgte auf der Basis der naturräumlichen Gliederung. Für jeden Naturraum wurde eine typische und möglichst naturnahe Fläche ausgewiesen. Das Meßnetz besteht aus 60 Dauerbeobachtungsflächen. Die Untersuchungsparameter sind der Tabelle (→ Tabelle) zu entnehmen.

Tabelle: Untersuchungsparameter an den Dauerbeobachtungsflächen „Wald“ des Ökologischen Wirkungskatasters Baden-Württemberg

	Kompartiment	Parameter
<b>Abiotik</b>	Klima Boden	Mikroklima Feuchte, Temperatur Gesamtuntersuchung
<b>Akkumulationsindikator</b>	Moose Krautschicht Baumschicht Lumbriciden (Regenwürmer) Rehe	Schadstoffe Schad- und Nährstoffe Schad- und Nährstoffe Schadstoffe  Schadstoffe
<b>Reaktionsindikator</b>	epiphytische Flechten Moose Krautschicht Baumschicht Lumbriciden (Regenwürmer) Gastropoden (Schnecken) Collembolen (Springschwänze)	Artabundanzen  Artabundanzen Artabundanzen, Vitalität Vitalität Artabundanzen, Biomasse Artabundanzen  Artabundanzen

3 Ergebnisse

Die Daten zu den verschiedenen landesweiten Meßnetzen wurden bislang projektbezogen ausgewertet. Dabei wurden die Einzelergebnisse der verschiedenen Untersuchungsparameter, bezogen auf Beurteilungsräume, ausgewertet, bewertet und graphisch dargestellt. Die räumliche Ergebnisdarstellung erfolgt auf der Basis einer geometrischen Flächenaufteilung nach dem Prinzip der Abstandshalbierung (Dauerbeobachtungsflächen „Wald“) und der naturräumlichen Gliederung von Baden-Württemberg (→ Abb. 2 – 5). Nachfolgend werden einige Ergebnisse der Dauerbeobachtungsflächen „Wald“ exemplarisch aufgezeigt. Eine Gesamtdarstellung der Ergebnisse findet sich in den Jahresberichten (LfU 1985, 1986, 1987, 1988, 1989) zu dem Ökologischen Wirkungskataster.

Die Vitalität der Krautschicht weist Gebiete mit hohen Schäden aus. Die Bestandesbonitur, ein Maß für die Vitalität der Bäume, läßt den Schwarzwald als eine Region mit hohen Waldschäden erkennen. Die Anreicherung von Schwermetallen in der Krautschicht ist immissionsbedingt und weist einen Nord-Süd-Gradienten auf mit einem Belastungsschwerpunkt in der nördlichen Oberrheinebene.

Diese und andere Ergebnisse lassen zwei verschiedene Gefährdungstypen für Ökosysteme in Baden-Württemberg erkennen, die nicht unmittelbar emittentenbeeinflusst sind:



Abb. 2: Vitalität der Krautschicht

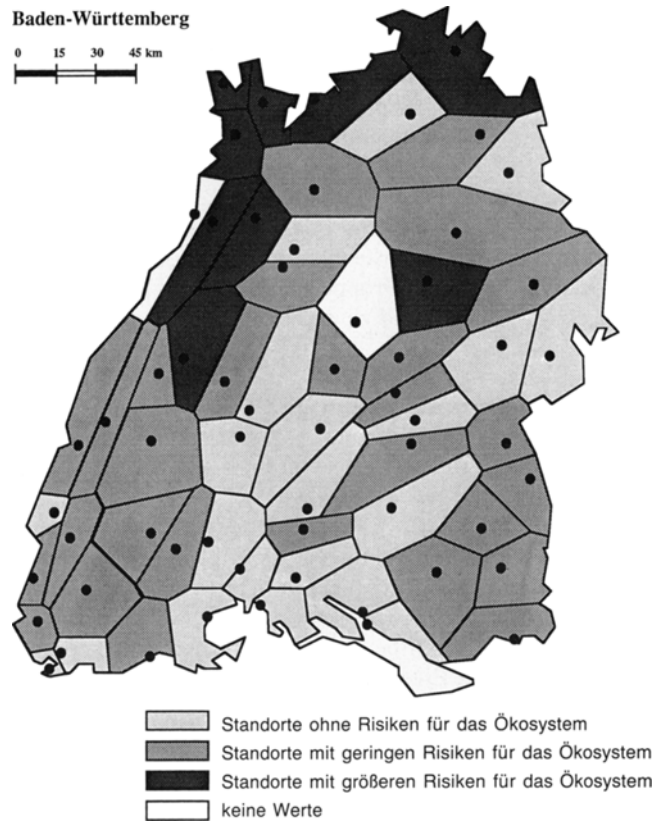


Abb. 4: Akkumulation von Schadstoffen (Pb, Cd) in der Krautschicht

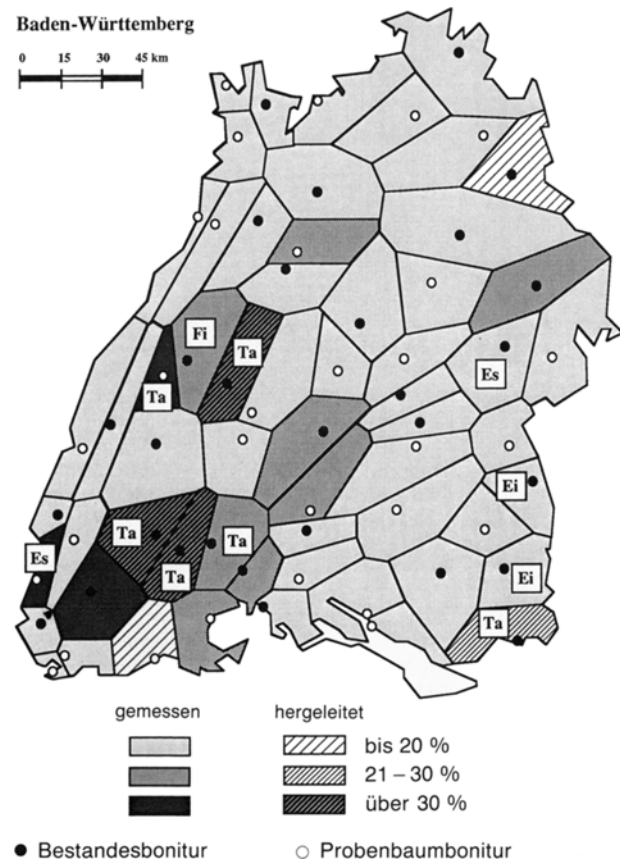


Abb. 3: Bestandsbonitur

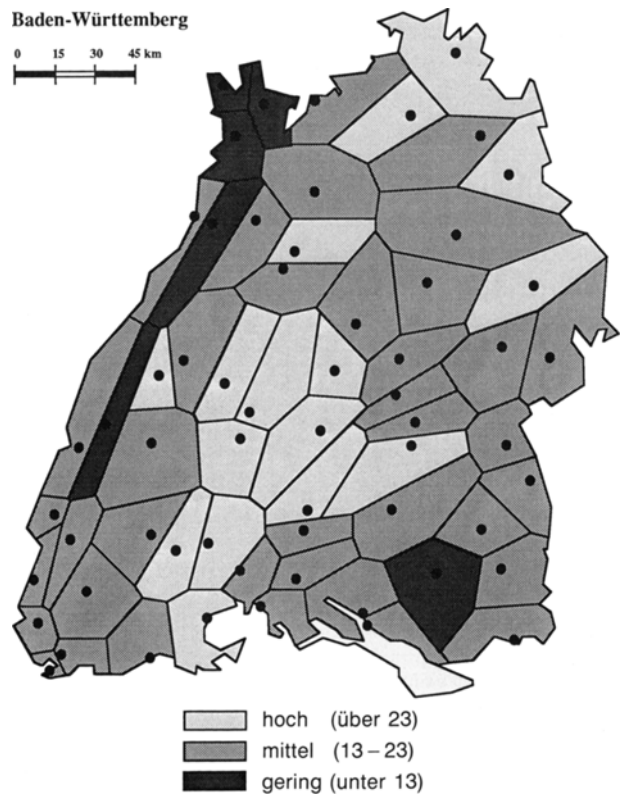


Abb. 5: Artenzahl der Collembolen (Springschwänze)

1. Gebiete mit hohen Schadstoffeinträgen aus der Luft, die auch unter günstigen natürlichen Voraussetzungen zu Störungen des ökologischen Gleichgewichts führen; dies betrifft in erster Linie die nördliche Oberrheinebene mit den Verdichtungsräumen Mannheim und Karlsruhe.

2. Gebiete mit hoher Störanfälligkeit aufgrund geringer Pufferkapazität der Böden. Hier können bereits geringe Schadstoffeinträge zu erheblichen Wirkungen im Ökosystem führen. Zu dieser Gruppe sind besonders der Schwarzwald und der Odenwald zu rechnen.

#### 4 Tendenzen und zukünftige Entwicklungen

Die Auswertung der Ergebnisse auf der dargestellten Parameterebene kann nicht als befriedigend angesehen werden, weil dadurch keine abschließenden Bewertungen einzelner Räume gemacht werden können. Es ist geplant, über einen Auswertalgorithmus, der nicht nur statistisch belegte Fakten, sondern auch Expertenwissen zulässt, die Einzelparameter zu einer Gesamtbewertung zu verrechnen.

Ziel ist es weiter, Einzelparameter, die stoffgruppenspezifisch reagieren, zu thematischen Aussagen zusammenzuführen. Hierdurch könnte z.B. eine Übersicht über den Einfluß von Schwermetallen auf natürliche Ökosysteme erstellt werden. Aus solchen stoffgruppenspezifischen Übersichten kann dann ein Handlungsbedarf hinsichtlich der Reduktion von bestimmten Schadstoffkomponenten eingeleitet werden.

Eine Meßnetzoptimierung kann dahingehend erfolgen, daß Untersuchungsparameter, die keinen Einfluß auf die Endbewertung haben, aus dem Untersuchungsprogramm gestrichen werden. Derzeit wird bei den Akkumulationsindikatoren die Schadstoffpalette mit *organischen Parame-*

*tern* erweitert. Erste Untersuchungen zeigen, daß aufgrund der PCB- und PAK-Gehalte von Buchenblättern eine räumliche Differenzierung möglich ist (HÖPKER 1991). Für einen routinemäßigen Einsatz von Bioindikatoren zum Nachweis organischer Schadstoffe ist jedoch eine *Standardisierung der Probenahme und Analytik* erforderlich.

#### 5 Literatur

- ARNDT, U.; W. ERHARDT; A. KEITEL; K. MICHENFELDER; W. NOBEL; C. SCHLÜTER: Standardisierte Exposition von pflanzlichen Reaktionsindikatoren. Staub-Reinh. Luft 45 (10), 481–482 (1985)
- BOSSEL, H.: Umweltwissen. – Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, S. 167 (1990)
- HÖPKER, R. K.: Bioindikation organischer Luftschadstoffe – Erste Erfahrungen im Ökologischen Wirkungskataster Baden-Württemberg. VDI Berichte 901 (1991)
- LFU – Landesanstalt für Umweltschutz (Hrsg.): Immissionsökologisches Wirkungskataster Baden-Württemberg. Jahresbericht 1984 der Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe 1985, 209 S.
- Jahresbericht 1985 der Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe 1986, 281 S.
- Jahresbericht 1986 der Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe 1987, 264 S.
- Jahresbericht 1987 der Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe (1988), 257 S.
- Jahresbericht 1988 der Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe 154 S. (1989)
- LINNENBACH, M.; H. GEBHARDT: Untersuchungen zu den Auswirkungen der Gewässerversauerung auf die Ei- und Larvalstadien von *Rana temporaria* (LINNAEUS 1958) (Anura: Ranidae). Salamandra 3 (2/3), 153–158 (1987)
- UMLAUFF, R.; R.-D. ZIMMERMANN; K. KREIMES: Passives Monitoring in Wald-Ökosystemen. Verh. Ges. f. Ökologie Bd. XVI, 16. Jahrestagung Gießen 1986, 85–90 (1987)
- ZIMMERMANN, R.-D.; P. RUDOLPH: Klon-Fichten – Ein neuer Bioindikator im aktiven Monitoring. Allg. Forstzeitschr. 1/2, 13–14 (1986)

### Kurznachrichten

#### EG-Projekt „Waldbrand-Monitoring“

##### – SATELLITEN IM EINSATZ GEGEN WALDBRÄNDE

Jährlich – so schätzen Experten des United Nations Environmental Program (UNEP) – verodet eine Fläche von 60 000 km<sup>2</sup>, das entspricht drei Viertel der Fläche Österreichs (so Univ.-Doz. Dr. Manfred BUCHROITHNER, Joanneum Research). In Europa sind es vor allem die Mittelmeerländer, die unter den Folgen der Bodenerosion zu leiden haben. Ein Hauptgrund: Waldbrände, deren Ursachen von Brandstiftung auf Grund von Grundstücksspekulationen bis zur Selbstentzündung reichen. So gehen in Frankreich, Spanien, Italien und Portugal pro Jahr 5 350 km<sup>2</sup> Wald, also halb Oberösterreich, in Flammen auf. Alarmiert von diesen Zahlen, initiierte die Europäische Gemeinschaft im Rahmen des Schwer-

punktes UMWELT im 3. EG-Rahmenprogramm ein Forschungsprojekt, das der Bodenerosion als Folge von Waldbränden einen Riegel vorschoben soll:

Fernerkundungsexperten der JOANNEUM RESEARCH werden mit Partnern aus Großbritannien (University of Surrey) und Griechenland (Technische Universität Athen) ein Expertensystem entwickeln, das auf der Basis von 1. Satellitendaten und 2. einem Geographischen Informationssystem die Gefahr von Waldbränden erkennen kann.

1. Die Basis für das wissenschaftliche System bilden die Satellitendaten des
  - amerikanischen Satelliten LANDSAT
  - französischen Satelliten SPOT
  - Radarsatelliten ERS-1 der Europäischen Weltraumbehörde.
2. Mit dem von Wissenschaftler der JOANNEUM RESEARCH entwickelten „Remote Sensing Software Package Graz (RSG)“ können die Daten dieser Satelliten geometrisch entzerrt und überlagert werden. Das Resultat ist ein hochgenaues Geländemodell, das auch wichtige topographische Informationen (Neigungswinkel, Hangorientierung und -steil-

heit) beinhaltet. BUCHROITHNER: „Die digitale Reliefinformation bietet die Grundlage für ein geographisches Informationssystem, das weitere Daten über das beobachtete Gebiet gespeichert hat: Häufigkeit von Waldbränden, Bodenarten und -feuchte, Baumbestand, Bodenbedeckung, Temperaturen und Niederschlagsmengen, um nur einige zu nennen.“

Eine Unmenge von Daten wird also in digitaler Form zur Verfügung stehen: die Regeln, welche Daten wie verknüpft werden müssen, um relevante Aussagen über die Gefahr von Waldbränden zu erhalten, werden in einem wissenschaftlichen System zusammengefaßt. Bei der Eingabe neuer Meßdaten soll das System dann automatisch die aktuell besonders stark gefährdeten Bereiche ausweisen – die Forstbehörden können gezielte Maßnahmen treffen und damit verhindern, daß die Mittelmeerländer bald zu den ersten ariden Wüstengebieten Europas zählen.

Univ.-Doz. Dr. Manfred Buchroithner,  
DI Dieter Strobl  
A-8010 Graz, Wastiangasse 6  
Tel. (0316) 8020–735  
Fax (0316) 8020–720