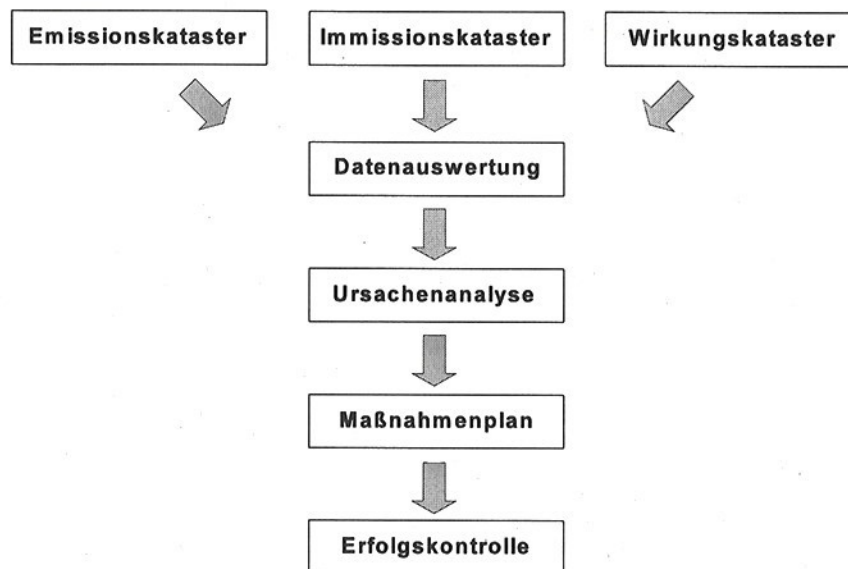


2. Biomonitoring - Ein Instrument der Umweltüberwachung

L. Grünhage & H.-J. Jäger

Institut für Pflanzenökologie der Justus-Liebig-Universität Gießen

Wirkungskataster und Biomonitoring sind wesentliche Bestandteile der landesweiten gebietsbezogenen Immissionsüberwachung in Hessen. Die nachfolgende Darstellung verdeutlicht die Stellung von Wirkungsuntersuchungen auf der Erhebungsebene in der Hierarchie der Luftreinhalteplanung.



Während die **Anzeige** von biotischen oder abiotischen Umwelt-/Standortfaktoren durch den Einsatz geeigneter biologischer Systeme (Organismen, Population, Lebensgemeinschaft) als **Bioindikation** bezeichnet wird, wird unter **Biomonitoring** die zeitlich wiederholte **Erfassung** der Reaktionen biologischer Systeme (Organismen, Population, Lebensgemeinschaft) auf biotische oder abiotische Umwelt-/Standortfaktoren nach definierten Vorgaben verstanden. Der Gedanke hierzu geht auf Untersuchungen im vorigen Jahrhundert zurück. NYLANDER (1866) verwendete die Artenzusammensetzung des natürlichen Flechtenbewuchses als ein Kriterium für eine Belastung mit Luftverunreinigungen. Das Konzept des Fangpflanzenverfahrens zur Indikation von Luftverunreinigungen geht auf SORAUER & RAMANN (1899) zurück.

Nach SCHUBERT (1991) sind **Bioindikatoren** "Organismen oder Organismengemeinschaften, deren Lebensfunktionen sich mit bestimmten Umweltfaktoren so eng korrelieren lassen, daß sie als Zeiger dafür verwendet werden können". Die Indikation der natürlichen Standortverhältnisse wird hierbei bewußt eingeschlossen. Eine Übersicht über mögliche Stressoren der wirksamen Umwelt von Organismen gibt Abb. 1.

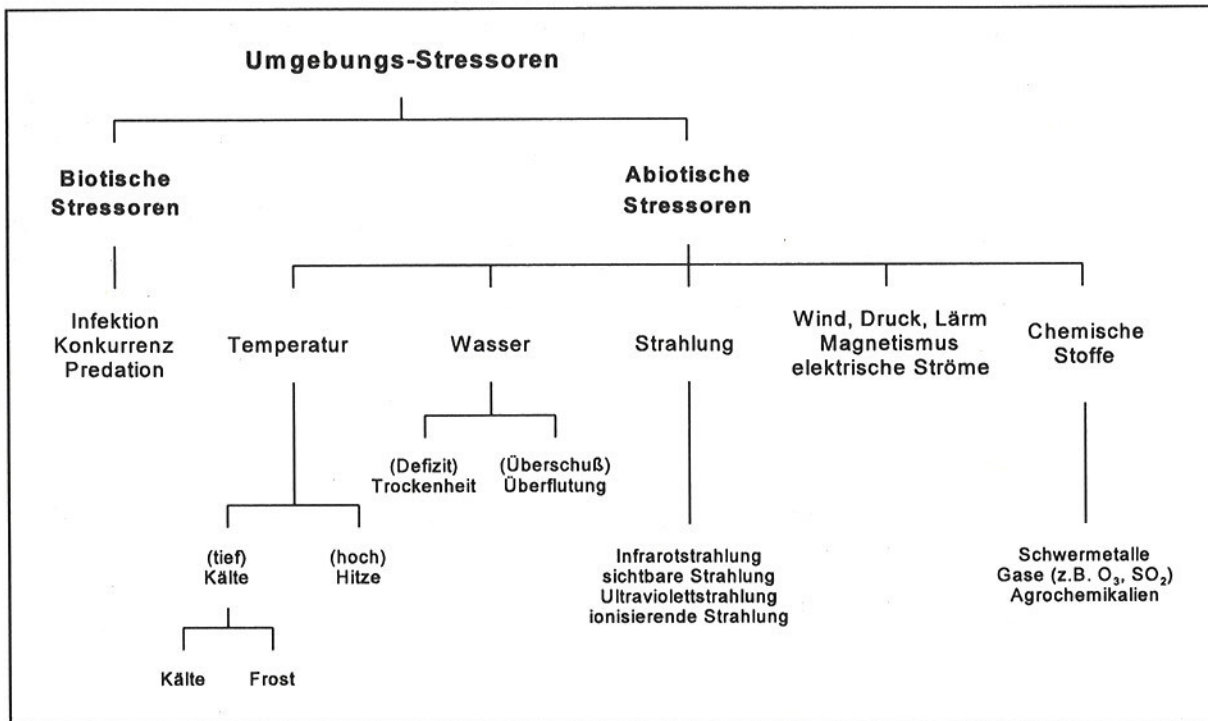


Abb. 1: Übersicht über mögliche Stressoren der wirksamen Umwelt von Organismen (nach SCHUBERT 1991)

ARNDT et al. (1987) fassen den Begriff "Bioindikatoren" enger. Die Indikation der natürlichen Standortverhältnisse wird dabei ausgeschlossen. Als Bioindikatoren werden von den Autoren "Organismen oder Organismengemeinschaften verstanden, die auf Schadstoffbelastungen mit Veränderungen ihrer Lebensfunktionen antworten bzw. den Schadstoff akkumulieren". Es wird also zwischen **Reaktionsindikatoren** bzw. **sensitiven Bioindikatoren** und **Akkumulationsindikatoren** bzw. **Bioakkumulatoren** unterschieden. Reaktionsindikatoren zeigen schon nach der Aufnahme einer geringen Schadstoffmenge sehr frühzeitig und deutlich durch Veränderungen ihres Stoffwechsels eine Wirkung an, z.B. durch eindeutig auf einen Schadstoff zurückführbare sichtbare Schädigungssymptome. Akkumulationsindikatoren reichern dagegen die Schadstoffe an, reagieren aber erst spät mit nachweisbaren Veränderungen bzw. sichtbaren Schadsymptomen. Das biologische Monitoring kann mittels **Zeiger-Organismen**, **Test-Organismen** oder **Monitor-Organismen** erfolgen (vgl. Abb. 2). Das Monitoring kann **passiv**, d.h. mittels der im Ökosystem vorhandenen Organismen, oder **aktiv**, d.h. mittels in standardisierter Form ins Ökosystem eingebrachter Organismen, erfolgen.

GRÜNHAGE et al. (1995) gehen über die hier angeführten und erläuterten Definitionen von Bioindikation und Biomonitoring hinaus. Sie bezeichnen als **integriertes ökologisches Monitoring terrestrischer Ökosysteme**

- die Erfassung von biotischen, edaphischen und klimatischen Einflußfaktoren,
- die Erfassung der Reaktionen der Systeme auf diese Faktoren sowie
- die Erfassung möglicher Wechselwirkungen/Rückkopplungen innerhalb und zwischen den Kompartimenten Atmosphäre, Vegetation und Boden/Bodenwasser des Systems.

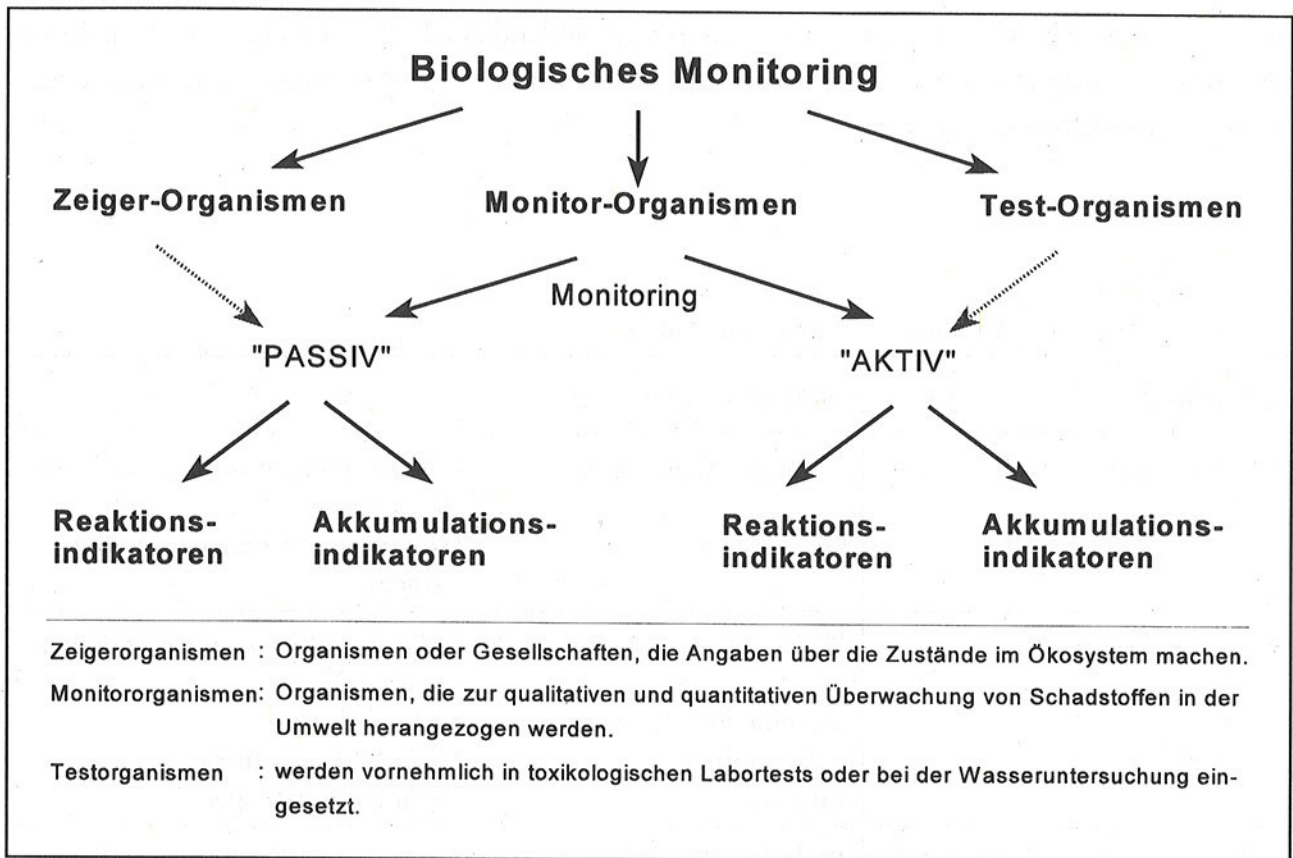


Abb. 2: Übersicht zur Benennung unterschiedlicher Indikationsverfahren (nach ARNDT et al. 1987)

In Anlehnung an SCHUBERT (1991) lassen sich analog zu den unterschiedlichen Organisationsstufen der biologischen Symptome folgende Ebenen des Biomonitorings unterscheiden:

- Erfassung biochemischer und physiologischer Reaktionen auf anthropogene Stressoren,
- Erfassung der durch anthropogene Stressoren ausgelösten anatomischen, morphologischen, biorhythmischen und verhaltensbiologischen Abweichungen von der Norm bei Organismen,
- Erfassung chorologischer¹ und populationsdynamischer Änderungen durch anthropogene Stressoren,
- Erfassung der Wirkung anthropogener Stressoren auf die Dynamik von Lebensgemeinschaften,
- Erfassung anthropogener Einwirkungen auf die Landschaft.

¹ Chorologie: Wissenschaft von den Standorten und der Verbreitung von Pflanzen und Tieren

In Tab. 1 sind die in Monitoringprogrammen in Deutschland zur Indikation einzelner Schadstoffe eingesetzten Akkumulationsindikatoren, in Tab. 2 die zur Schadstoffindikation eingesetzten sensitiven Indikatoren angeführt.

Tab. 1: Beispiele für Akkumulationsindikatoren

Schadstoff	Indikatororganismus	
Fluorwasserstoff (HF)	Welsches Weidelgras Gladiole	<i>Lolium multiflorum ssp. italicum</i> cv. Lema <i>Gladiolus communis</i> cv. Snow Princes
Schwefeldioxid (SO ₂)	Welsches Weidelgras verschiedene Koniferen Ackerbohne Luzerne	<i>Lolium multiflorum ssp. italicum</i> cv. Lema z. B. <i>Picea abies</i> <i>Vicia faba</i> cv. Herra <i>Medicago sativa</i> spec.
Schwermetalle (Cd, Pb, ...)	Welsches Weidelgras verschiedene Koniferen Torfmoose Strauchflechten	<i>Lolium multiflorum ssp. italicum</i> cv. Lema z. B. <i>Picea abies</i>
Organische Verbindungen	Grünkohl	<i>Brassica oleracea</i> cv. acephala

Literatur

- Arndt, U., Nobel, W. & Schweizer, B. (1987): *Bioindikatoren. Möglichkeiten, Grenzen und neue Erkenntnisse*. Stuttgart: Ulmer.
- Grünhage, L., Jäger, H.-J., Hanewald, K. & Ott, W. (1995): Integriertes ökologisches Monitoring der Auswirkungen dynamischer Veränderungen der Luftzusammensetzung und des Klimas auf terrestrische Ökosysteme in Hessen - Untersuchungsansätze und Meßkonzept. *Angewandte Botanik* (in Vorbereitung).
- Nylander, M.W. (1866): Les lichens du Jardin du Luxembourg. *Bull. Soc. Bot. France* 13, 364-371.
- Schubert, R. (1991): *Bioindikation in terrestrischen Ökosystemen*. Jena: Fischer.
- Sorauer, P. & Ramann, E. (1899): Sogenannte unsichtbare Rauchbeschädigungen. *Botanisches Centralblatt* 80, 251-262.

Tab. 2: Beispiele für sensitive Bioindikatoren (nach ARNDT et al. 1987)

Schadstoff	Indikatororganismus
Fluorwasserstoff (HF)	Gladiole <i>Gladiolus communis</i> cv. Snow Princess Blattrandnekrosen, die an der Blattspitze beginnen und sich mit zunehmender Belastung zur Blattbasis hin vergrößern. Die Farbe des toten Gewebes ist hellbraun, nach längeren Regenfällen auch beige-grau und zeigt ein deutlich rotbraunes, schmales Trennungsgewebe zu den gesunden Blatteilen.
Ozon (O ₃)	Tabak <i>Nicotiana tabacum</i> cv. Bel-W3 punktförmige dunkle, blaugüne bis blauschwarze, wasserdurchtränkte Flecken, die innerhalb einiger Stunden hell, weißlich oder elfenbeinfarben werden. Schwache Einwirkung von O ₃ rufen grauweiße bis gelbbraune Flecken hervor, die über die Blattoberseite gleichmäßig verteilt sind. Bei stärkerer O ₃ -Einwirkung treten pergamentartige elfenbeinfarbene Interkostalnekrosen auf. Buschbohne <i>Phaseolus vulgaris</i> cv. Pinto oder cv. Oregon helle, zunächst silbrige, später gelbgrüne, schließlich braune bis rötliche Flecken und Nekrosen auf der Blattoberseite
Peroxyacetylnitrat (PAN)	Kleine Brennessel <i>Urtica urens</i> sehr helle, bronzefarbene, bandförmige Nekrosen an der Blattunterseite. Am empfindlichsten reagieren das dritte und vierte, gerade voll entwickelte Blattpaar. (Da die PAN-Konzentrationen in Mitteleuropa in der Regel deutlich geringer als die Ozon-Werte sind, werden die Schadsymptome in der Praxis eher auf O ₃ als auf PAN zurückgeführt.) Einjähriges Rispengras <i>Poa annua</i> heller Querstreifen, der sich in der Zone des Blattes entwickelt, in der die Zellen gerade ihre maximale Größe erreichen. Ohne Zerstörung schrumpfen die Mesophyllzellen, so daß ein Hohlraum entsteht. Buschbohne <i>Phaseolus vulgaris</i> cv. Provider silbrig metallischer Glanz, dessen Schrägbänderung bis zur bifazialen Nekrose führen kann, an der Blattunterseite jüngerer Blätter. ('Provider' ist dabei gegenüber O ₃ unempfindlich.)
Schwefeldioxid (SO ₂)	Ackerbohne <i>Vicia faba</i> cv. Herra Chlorosen und Nekrosen Luzerne <i>Medicago sativa</i> cv. Du Puit oder Orca Nekrosen, reduzierte Anzahl der Blätter, geringere Wuchshöhe
Stickstoffoxid (NO _x)	Buschbohne <i>Phaseolus vulgaris</i> großflächige, silbrig glänzende Interkostalnekrosen. Diese Schadsymptome werden allerdings erst durch extrem hohe Konzentrationen ausgelöst.