

Vorlesung im Rahmen der  
Lehrveranstaltung „Umweltschutz in  
der Forstprodukteindustrie“

# **Kontamination und biologischer Nachweis**

Dr. Christian Schöpfer

Tel: 0551 - 39 9745

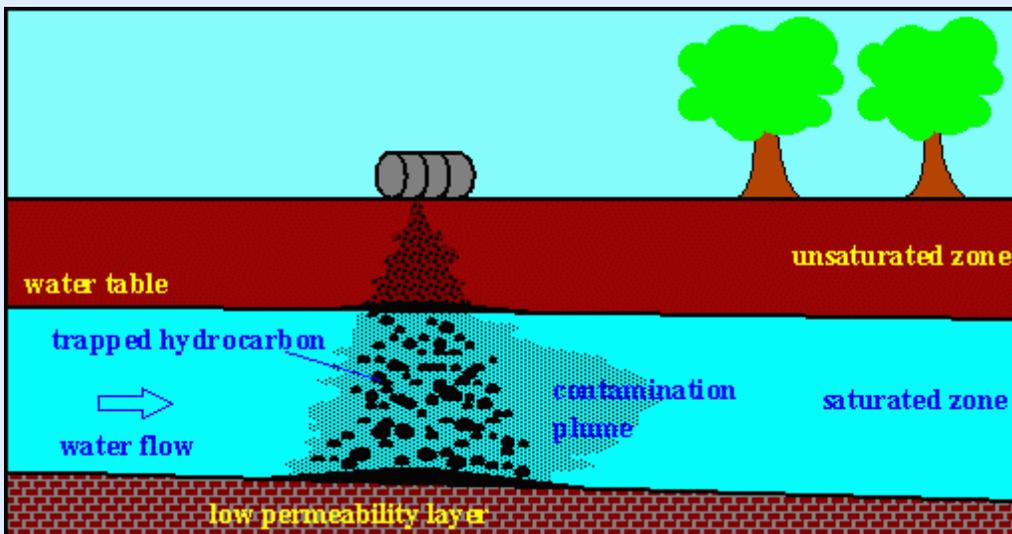
mailto: [cschoep@gwdg.de](mailto:cschoep@gwdg.de)

# **Kontaminationen in der Umwelt und ihr biologischer Nachweis**

# Kontaminationen

- ✓ **Boden**
- ✓ **Luft**
- ✓ **Wasser**
- ✓ **Erfolgt ein Transfer zwischen den Medien**
- ✓ **Schwermetalle**
- ✓ **Schwefel, Stickstoff**
- ✓ **Organische Substanzen**

- ✓ **Wasserlöslich**
- ✓ **Wasserunlöslich – fettlöslich**
- ✓ **Volatile Organic Compounds (VOC's)**



# Akkumulation

Anhäufung, Anreicherung, in **biotischen** und **abiotischen** Bereichen der Umwelt.

**Persistente** Stoffe (z.B. **PCB**) in **Klärschlämmen** können bei Ausbringung in der Landwirtschaft über die Jahre zur Akkumulation im Boden führen und reichern sich dann auch über die **Nahrungskette** beim Menschen an.

Die Akkumulation erfolgt in vielen Fällen in lebendigen Organismen und wird daher in diesem Fall als **Bioakkumulation** bezeichnet.

# Kontaminationen - Nachweis

## Chemisch

- **Oft Aufwandreich**
- **Oft an spezifische komplexe Feinanalysegeräte gebunden**
- **Oft teuer**
- **Kann langwierig sein**
- **Identifikation unbekannter Substanzen ist schwierig oder gar nicht möglich**

## Biologisch

- **Relativ einfach**
- **Sensitiv**
- **Nicht zwingend an kompliziertes Gerät gebunden**
- **Spezifisch**
- **Vergleichsweise schnell**
- **Reaktionen auf unbekannte Substanzen**
- **Negativer Effekt auf Organismen ist feststellbar**

# Bioindikatoren I

Sind **Organismen**, die wegen ihrer Lebensweise für den Nachweis von Schadstoffen geeignet sind

**Wirkungsindikatoren** sind Organismen, die auf Luft-, Wasser-, oder Bodenschadstoffe spezielle Reaktionen zeigen wie verzögertes Wachstum, Verminderung der Vermehrungspotenz oder Absterben der Indikatororganismen (Reaktionsindikatoren)

**Akkumulationsindikatoren:** Schadstoffe werden quantitativ ermittelt, z.B. bestimmte Schwermetalle und Kohlenwasserstoffe in Fettgewebe, Leber oder Knochen

# Bioindikatoren II

**Passive:** Bereits in der Umwelt vorhandene Saprobien (Beispiel: Saprobien-Index)

**Aktive:** Ausgewählte Indikatoren werden an Untersuchungsstellen ausgesetzt (Beispiel: Miesmuscheln werden ausgesetzt zur Überwachung der Wasserqualität der Meeresküsten)

# Bioindikatoren des Bodens

- **Typischerweise Pflanzen – Standortsanzeiger**
- **Wachstum oder Nicht-Wachstum kann auf Kontaminationen hinweisen**
- **Veränderungen (Chlorosen, Nekrosen, eventuell Schädlingsbefall)**
- **Andere Möglichkeit ist, Pflanzenteile wie z.B. Blätter zu analysieren**

# Regenwürmer (*Lumbricus terrestris* und *Aporrectodea longa*)

**Weitverbreitete, tief grabende Arten**

**Einzigste Destruenten in terrestrischen Ökosystemen, die über genug Biomasse verfügen**

**Ernähren sich von toter organischer Substanz und nehmen auch Mineralboden auf**

**Aus den Regenwurm-Analysen kann abgeleitet werden, ob Schadstoffe Eingang in die Nahrungskette finden**

**Einzigster Bioindikator für die bodenverfügbare Belastungssituation des Bodens**



# Honig als Bioindikator!?



**Schwermetallgehalte** lassen sich in Honig messen

Gibt einen Überblick über ein **relativ großes Gebiet**, dass von den Bienen angefliegen wird

Beispiele für **Bleibelastung**:

- ✓ **745,4 µg/kg** Honig aus Industriearial
- ✓ **189,4 µg/kg** am Leonberger Autobahndreieck
  
- ✓ **170,1 µg/kg** am Stuttgarter Flughafen
- ✓ **52,1 µg/kg** Rapsfeld vor Düngung und
- ✓ **117,6 µg/kg** nach Düngung mit Klärschlamm



# Flechtenbewuchs an Eschen



**Sehr  
hoch  
belastet**



**Hoch  
belastet**



**Mäßig  
belastet**



**Gering  
belastet**

# Technische Luftmessung vs. Flechtenkartierung I

**In der Regel liegen bereits technische Luftmessungen vor. Wozu benötigt man dann noch eine Flechtenkartierung?**

**Die Gegenüberstellung beider Verfahren zeigt, dass Flechtenkartierungen und technische Luftmessungen sich gegenseitig ergänzen.**

**Da Flechtenkartierungen flächendeckende Ergebnisse liefern, können sie z.B. Hinweise geben, wo technische Messungen am sinnvollsten wären.**



Flechtenkartierung  
Erfassung der Baumflechten nach den Vorschriften des  
VDI (Verein Deutscher Ingenieure)

Technische Messung  
[Mess-Station des Bayer. LfU in Trostberg](#)



# Technische Luftmessung vs. Flechtenkartierung II

## Flechtenkartierung

- Messung der biologisch wirksamen Gesamtbelastung (Wirkungserhebung)
- Flächendeckende Darstellung der Luftgüte durch ein dichtes Messnetz; dies ermöglicht die Ausweisung lufthygienischer Vorrangflächen und Defizitbereiche
- Relative Abstufung der Luftgüte innerhalb des Untersuchungsgebietes
- Gebiete für Kaltluftbildung und –abfluss sowie Frischluftschneisen können festgestellt werden
- Erfassung der langjährigen Belastung
- Geringer finanzieller Aufwand

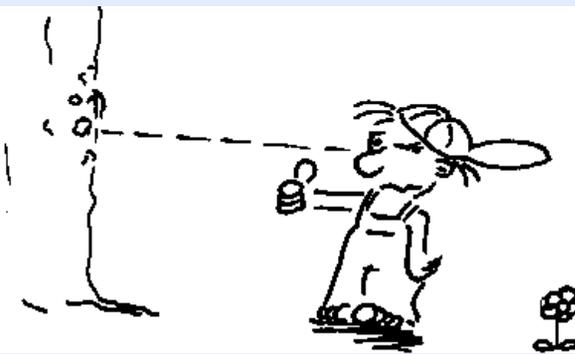
## Technische Messungen

- Messung einzelner Immissionskomponenten (Immissionserhebung)
- Datenerhebungen beschränken sich auf einige wenige Messpunkte
- Absolute Messwerte ermöglichen einen Vergleich mit Grenzwerten
- Zusätzliche Klimamessungen notwendig
- Erfassung des Momentzustandes
- Relativ hoher finanzieller Aufwand

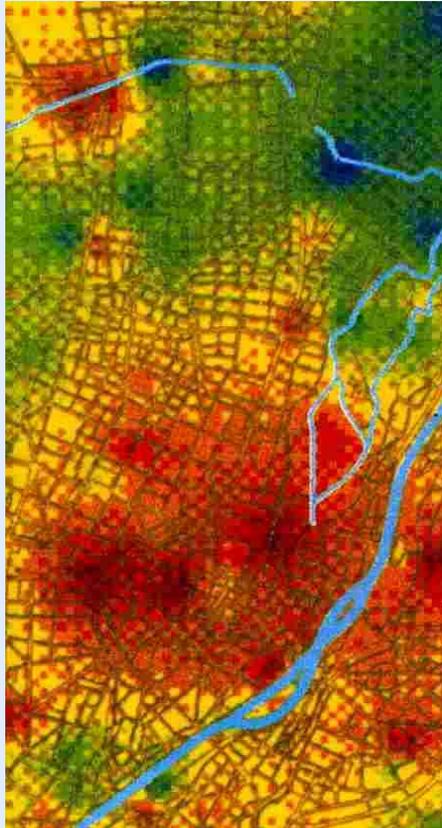
# Flechten als Nachhaltigkeitsindikatoren im Rahmen der lokalen Agenda 21

Als Indikator für die Luftbelastung wird die Flechtenkartierung in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3799 empfohlen.

In Bayern und Hessen können Kommunen ihre ermittelten Luftgütwerte anhand der landesweiten Flechtenkartierungen im großräumigen Zusammenhang sehen.



# Flechtenkartierung als Planungsgrundlage



Ausschnitt einer Luftgütekarte,  
basierend auf einer  
Flechtenuntersuchung

Die Flechtenkartierung ist eine wichtige Planungsgrundlage für Länder, Landkreise, Städte und Gemeinden.

Flechten haben sich als gute Zeigerorganismen für die Gesamtbelastung der Luft bewährt. Sie reagieren langfristig auf die Gesamtheit der Immissionen, denen auch der Mensch ausgesetzt ist.

Im Gegensatz dazu können mit technischen Messungen nur einzelne Immissionskomponenten über relativ kurze Zeiträume erfasst werden.

Die Flechtenkartierung findet Anwendung

- in landesweiten Bioindikationsmessnetzen
- in Wirkungskatastern von Luftreinhalteplänen
- bei der Erfassung der lufthygienischen Situation von Städten und Gemeinden
- als Nachhaltigkeitsindikatoren im Rahmen der lokalen Agenda 21

# Fischttest

**Verfahren, bei dem in Testbecken gehaltene Fische (Forellen, Nilhechte, Goldorfen) toxische Schadstoffe im Trinkwasser dadurch anzeigen, dass sie ihr Verhalten ändern bzw. Sterben.**

**Das Testbecken wird auch Fischttestanlage genannt.**

# Golddorftest

Häufig angewandter **Fischttest** zur Bestimmung der nicht akut giftigen Wirkung von **Abwasser** über Verdünnungsstufen gegenüber Fischen innerhalb von 48 Stunden (DIN 38412 L31).

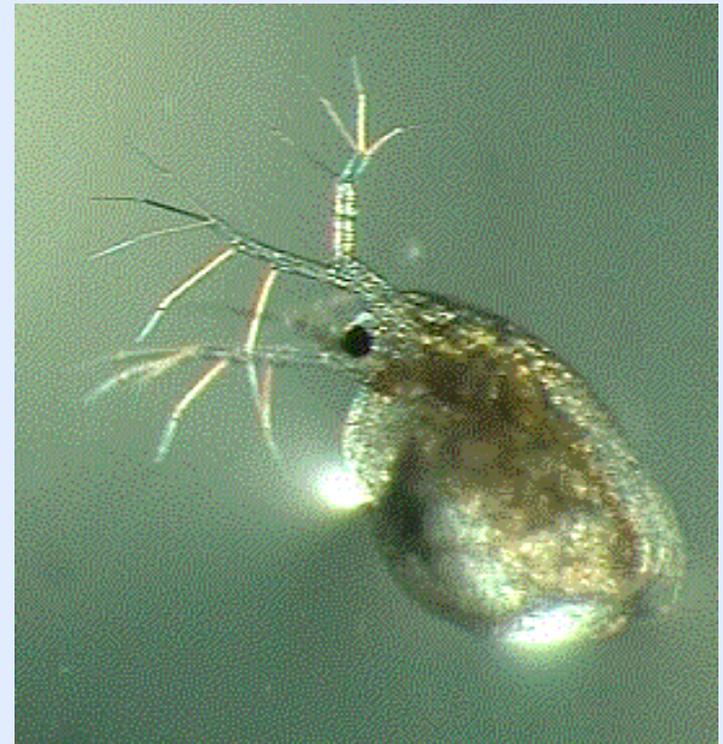
Testfisch ist die Goldorfe (*Leuciscus idus* L.).

Als Ergebnis wird der kleinste ganzzahlige Wert für die Verdünnungsstufe **G** (GF-Wert), bei der alle Fische überleben, angegeben.

Mit Hilfe des Goldorfen-Tests wird die **Fischtoxizität** von Abwässern im Sinne des **Abwasserabgabengesetzes** bestimmt.

# Daphnientest

Erfasst wird bei diesem Test die **Bewegungsfähigkeit** der Wasserflöhe als Maß für den Verschmutzungsgrad nach DIN 38 412



*Daphnia magna* ca. 100-fache Vergrößerung, Quelle: [www.graf-gartenbau.ch](http://www.graf-gartenbau.ch)

# Biologische Gewässerklassifikation

Die biologische Gewässergüteklassifikation (**Saprobien**system) ist die älteste Gewässergüteklassifikation und wird als Biologische Gewässergütekarte der Bundesrepublik Deutschland seit 1975 alle 5 Jahre von der **Länderarbeitsgemeinschaft Wasser und Abwasser** (LAWA) publiziert.

Sie beschreibt anhand **biologischer Indikatoren** (Makrozoobenthos = wirbellose Tiere, die den Gewässerboden besiedeln) den Sauerstoffhaushalt der Fließgewässer, der entscheidend durch die Belastung mit organischen, unter Sauerstoffzehrung biologisch abbaubaren Wasserinhaltsstoffen geprägt wird.

In der Gütekarte von 1995 wurden dabei erstmals Sondersignaturen eingesetzt, um Gewässerabschnitte zu kennzeichnen, bei denen eine Bewertung über die **Saprobien**einstufung durch weitere Beeinträchtigungen behindert oder unmöglich ist (z.B. Salzbelastung, Versäuerung, Algenmassenentwicklung).

# Gewässergüteklasse

Der Zustand der **Gewässer** wird im Rahmen der **biologischen Gewässerklassifikation** meist durch 7 Gewässergüteklassen, bestehend aus 4 Hauptgüteklassen und 3 Zwischenstufen, klassifiziert. Die 3 Zwischenstufen haben im Laufe der Zeit den Charakter vollwertiger Gewässergüteklassen erhalten.

Zur Beschreibung der Güteklassen dienen typische biologische Merkmale, die nach dem **Saprobien**system klassifiziert sind oder aber nach anderen speziellen Verfahren eingestuft werden.

Im Gegensatz zu Fließgewässern können stehende Gewässer nicht allein nach den Saprobien beurteilt werden, da stehende Gewässer unterschiedliche Zonen, wie Ufer- und Badezonen, Tiefen-, Mittel- und Oberflächenwasser haben. Deshalb werden stehende Gewässer nach dem Grad ihrer Trophierung in **Trophiestufen** gemessen.

# Trophiestufe, Trophiegrad

Der Trophiegrad quantifiziert das Ausmaß der **Trophierung** in einem Gewässer.

Ist sie niedrig, dann spricht man von **oligotroph** Gewässern, ein mittlerer Trophiegrad wird als **mesotroph** bezeichnet, hohe als **eutroph** bzw. **hypertroph**. Der Anstieg des Trophiegrades wird als **Eutrophierung** bezeichnet.

Dazu nimmt man die Jahresdurchschnittswerte nach Chlorophyll und den Gesamtphosphorgehalt. Darüber hinaus werden Sichttiefe, **Sauerstoffsättigung** (gemessen am Ende der Sommerstagnation im Tiefenwasser) sowie die Farbe des Gewässergrunds zur Einstufung herangezogen.

mehr unter: [www.wasser-wissen.de](http://www.wasser-wissen.de)

# **Biochemischer Sauerstoffbedarf, BSB<sub>5</sub>**

**Dient zur Abschätzung des biologisch leicht abbaubaren Anteils der gesamten organischen Wasserinhaltsstoffe.**

**Die Menge an Sauerstoff über 5 Tage gemessen, die Mikroorganismen zum Abbau der organischen Wasserinhaltsstoffe benötigen, dient als Maß für die organische Kontamination.**

# Güteklasse I (dunkelblau)

**Unbelastet bis sehr gering belastet, Gewässerabschnitte mit reinem, stets annähernd sauerstoffgesättigtem und nährstoffarmen Wasser, geringer Bakteriengehalt, mäßig dicht besiedelt, vorwiegend mit Algen, Moosen, Strudelwürmer und Insektenlarven, sofern sommerkühl Laichgewässer für Salmoniden (Oligosaprobe Zone)**

**Diese Güteklassen weisen nur Quellbäche und sehr gering belastete Oberläufe von Fließgewässern in von Menschen unbeeinträchtigten Gebieten der Alpen und der Mittelgebirge auf**

**Saprobien-Index < 1,5**

**Sauerstoffgehalt** liegt nahe dem Sättigungswert (ca. 95 bis 105 % der Sättigung) und **nicht > 8 mg/l**, der **biochemische Sauerstoffbedarf (BSB<sub>5</sub>)** bewegt sich meist um **1,0 mg/l**, **Ammoniumstickstoff (NH<sub>4</sub>-N)** ist höchstens **in Spuren** vorhanden

# Güteklasse I – II (hellblau)

**Gering belastet, Gewässerabschnitte mit geringer anorganischer Nährstoffzufuhr und organischer Belastung ohne nennenswerte Sauerstoffzehrung, dicht und meist in großer Artenvielfalt besiedelt, sofern sommerkühl, Salmonidengewässer**

**Auch bei diesen Gewässern handelt es sich in den meisten Fällen um die Oberläufe von Gebirgs- und Mittelgebirgsbächen. Vereinzelt lassen sich jedoch auch so saubere Gewässerstrecken im Flachland in Quellbereichen finden**

**Saprobien-Index** liegt zwischen **1,5 - 1,8**

Der **Sauerstoffgehalt** ist noch hoch (in der Regel **über 8 mg/l**), zeigt jedoch oft schon ein feststellbares Defizit (ca. 85 bis 95 % der Sättigung), der **BSB<sub>5</sub>** liegt in der Regel zwischen **1 – 2 mg/l**, **NH<sub>4</sub>-N** liegt nur in geringer Konzentration vor (**~ 0,1 mg/l**)

# Güteklasse II (grün)

Mäßig belastet, Gewässerabschnitte mit mäßiger Verunreinigung und guter Sauerstoffversorgung, sehr große Artenvielfalt und Individuendichte von Algen, Schnecken, Kleinkrebsen, Insektenlarven, Wasserpflanzenbestände können größere Flächen bedecken, artenreiche Fischgewässer

Hierzu gehören Gewässerabschnitte vor allem in den Mittel- und Unterläufen der großen Flüsse und die von Natur aus sommerwarmen Bäche des Flachlandes

**Saprobien-Index** liegt zwischen **1,8 - 2,3**

Der **Sauerstoffgehalt** zeigt infolge von Abwasserbelastung und Algenentwicklung stärkere Schwankungen (Defizite und Übersättigungen), ist jedoch so hoch, dass Fischsterben noch nicht auftritt, d.h. er liegt **durchweg über 6,0 mg/l**, der **BSB<sub>5</sub>** beträgt häufig **2,0 – 6,0 mg/l**, **NH<sub>4</sub>-N** liegt in der Regel **< 0,3 mg/l**

# Güteklasse II – III (gelbgrün)

Kritisch belastet, Gewässerabschnitte, deren Belastung mit organischen Sauerstoffzehrenden Stoffen einen kritischen Zustand bewirkt, Fischsterben infolge Sauerstoffmangels möglich, Rückgang der Artenzahl bei Makroorganismen, gewisse Arten neigen zu Massenentwicklung, fadenförmige Algen bilden häufig größere flächendeckende Bestände, die Unterseiten der Steine sind aufgrund von Sauerstoffmangelerscheinungen schwarz

**Saprobien-Index** liegt zwischen **2,3 - 2,7**

Der **Sauerstoffgehalt** sinkt oft auf die  **Hälfte des Sättigungswertes**  ab. Er kann jedoch auch starke Übersättigung erreichen, z.B. in gestauten Flussabschnitten, häufig beträgt der **BSB<sub>5</sub> 5,0 – 10,0 mg/l**, **NH<sub>4</sub>-N** liegt meist **< 1,0 mg/l**

# Güteklasse III (gelb)

**Stark verschmutzt, Gewässerabschnitte mit starker organischer, Sauerstoffzehrender Verschmutzung und meist niedrigem Sauerstoffgehalt, örtlich Faulschlammablagerungen, Kolonien von fadenförmigen Abwasserbakterien und festsitzenden Wimpertieren übertreffen das Vorkommen von Algen und höheren Pflanzen, nur wenige gegen Sauerstoffmangel unempfindliche tierische Makroorganismen wie Egel und Wasserasseln kommen bisweilen massenhaft vor, mit periodischen Fischsterben ist zu rechnen, Diese Verhältnisse deuten auf Abwassereinleitungen hin**

**Saprobien-Index** liegt zwischen **2,7 - 3,2**

**Sauerstoff** ist noch stets vorhanden, kann jedoch zeitweise auf Werte um etwa **2 mg/l** absinken, häufig beträgt der **BSB<sub>5</sub> 7,0 – 13,0 mg/l**, **NH<sub>4</sub>-N** liegt meist **> 0,5 mg/l** und erreicht oft einige Milligramm je Liter.

# Güteklasse III – IV (orange)

Sehr stark verschmutzt, Gewässerabschnitte mit weitgehend eingeschränkten Lebensbedingungen durch sehr starke Verschmutzung mit organischen Sauerstoffzehrenden Stoffen, oft durch toxische Einflüsse verstärkt, zeitweilig totaler Sauerstoffschwund, Trübung durch Abwasserschwebstoffe, ausgedehnte Faulschlammablagerungen, durch Wimpertierchen, rote Zuckmückenlarven oder Schlammröhrenwürmer dicht besiedelt, Rückgang fadenförmiger Abwasserbakterien, »Abwasserpilz« kann den Gewässergrund völlig bedecken, das Wasser riecht deutlich nach Abwasser, bisweilen auch nach Schwefelwasserstoff, Fische nicht auf Dauer und nur ausnahmsweise anzutreffen, Hinweis auf massive Abwassereinleitungen

**Saprobien-Index** liegt zwischen **3,2 - 3,5**

Der **Sauerstoffgehalt** liegt manchmal **< 1 mg/l** und erreicht oft nur wenige Milligramm je Liter, häufig beträgt der **BSB<sub>5</sub> 10 - 20 mg/l**, **NH<sub>4</sub>-N** ist meist in **mehreren Milligramm je Liter** vorhanden. Auch toxische Einflüsse können bei sonst günstigen chemischen Befunden Ursachen gravierender Verarmungen der Biozönose sein

# Güteklasse IV (rot)

Übermäßig verschmutzt, Gewässerabschnitte mit übermäßiger Verschmutzung durch organische Sauerstoffzehrende Abwässer, Fäulnisprozesse herrschen vor, Sauerstoff über lange Zeit in sehr niedrigen Konzentrationen vorhanden oder gänzlich fehlend, Besiedlung vorwiegend durch Bakterien, Geißeltierchen und freilebende Wimpertierchen, Fische fehlen, bei starker toxischer Belastung biologische Verödung

Hier handelt es sich um völlig mit Abwasser verunreinigte Gewässerabschnitte, bzw. um Gräben oder Bäche, die erst mit der Einleitung von Abwasser beginnen, das ganze Gewässer erscheint durch die Massenentwicklung des »Abwasserpilzes« und von Schwefelbakterien weiß, es kommt zu erheblichen Geruchsbeeinträchtigungen

**Saprobien-Index** liegt > 3,5

Der **Sauerstoffgehalt** im Wasser weist **sehr niedrige Konzentrationen** auf oder **verschwindet gänzlich**, Fäulnisprozesse überwiegen meist, der **BSB<sub>5</sub>** liegt häufig > **15 mg/l**, **NH<sub>4</sub>-N** beträgt durchweg **mehrere Milligramm je Liter**, bei starker toxischer Belastung kann biologische Verödung eintreten.

# Flusskrebs



Der Edelkrebs ist die größte und bekannteste unter den einheimischen Krebsarten. Die Männchen können bis zu 20 cm groß werden, die Weibchen bleiben etwas kleiner.

Noch in der Mitte des vorletzten Jahrhunderts besiedelte der Flusskrebs in rauen Mengen die Bäche.

Die **Krebspest** seit Ende des 19. Jahrhunderts, aber auch die **Begradigung** und **Verschmutzung** unser Gewässer im 20. Jahrhundert haben ihn stark dezimiert.

**Wild lebende Flusskrebse sind geschützt, denn man findet sie nur noch an wenigen naturnahen, sauberen Bächen mit überhängenden Ufern und steinigem Grund.**

# Bachforelle

Bachforellen sind Bioindikatoren, die mit Hilfe der Elektrofischung gefangen werden.

Zahl, Gewicht und Länge werden bestimmt, und bei einigen Exemplaren wird auch untersucht, ob sich Schwermetalle im Gewebe angereichert haben.

Weitere Zeigerarten sind Steinfliegenlarven, Eintags- und Köcherfliegenlarven.



Das ein Bioindikator den anderen frisst (hier die Köcherfliegenlarve eine Eintagsfliegenlarve), gehört zum Alltag unter Wasser. Dies ist ein Zeichen für die intakte Lebensgemeinschaft eines Baches

# Wimperntierchen (*Epistylis plicatilis*)

Viele Wimpertierchen haben relativ hohe Ansprüche an ihre Umwelt.

Das Vorkommen der abgebildeten Art *Epistylis plicatilis* deutet auf eine ausreichende Versorgung des Belebtschlammes mit Sauerstoff hin.



# Bioindikatoren in der Luft I



Wanderfalke

Wie an feinen Filtern haften an **Falkenfedern** Schwermetalle wie Blei und Zink.

Die Gehalte werden durch Laboranalysen bestimmt.

Aus den Bleigehalten der Nestfunde ließ sich eine weiträumige Verdriftung der Schadstoffe ableiten.

Biologe sammelt Federn im Falkennest



# Bioindikatoren in der Luft II



Graskultur als Bioindikator  
in Industrienähe



Erst mit Hilfe von Bioindikatoren, wie zum Beispiel Gräsern, ist es möglich die Wirkung von Schwermetallen (Blei, Arsen) auf die Umwelt festzustellen.

Je mehr Schwermetalle das Gras anreichert, desto größer ist das Risiko, dass Nahrungspflanzen und damit Menschen vergiftet werden.

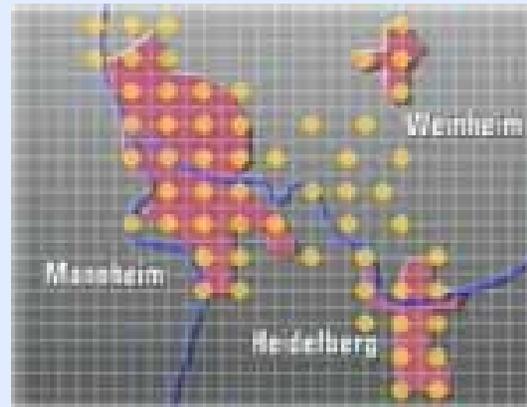


# Bioindikatoren in der Luft III

Der **Großraum Mannheim-Heidelberg**: Messungen erfolgen an allen Gitterpunkten, an den gelben sind zusätzlich Bioindikatoren aufgestellt.



Stationäre Luftmessstation



Netz von Messstationen im  
Großraum Mannheim



Luftbelastung durch Autoverkehr

# Bioindikatoren in der Luft IV

Blutprobe gibt Auskunft über die Art und Menge der Schadstoffe, der ein Mensch ausgesetzt war.



Luftbelastungen wirken sich auch auf die Menschen aus.

Welche Umwelt der Mensch verträgt, diese Frage kann nur er selbst beantworten. **Schadstoffe** erreichen den Menschen nicht nur über die **Luft**, er nimmt sie auch mit dem **Wasser** und der **Nahrung** auf. Wie sich das auf seine Gesundheit auswirkt, können weder pflanzliche noch tierische Bioindikatoren korrekt wiedergeben. Ein **Bioindikator** ist also auch der **Mensch** selbst.

# Bioindikator Mensch



## Politische Initiative:

### BI Mensch gegen die Giftmüll- Verbrennungsanlage Iserlohn

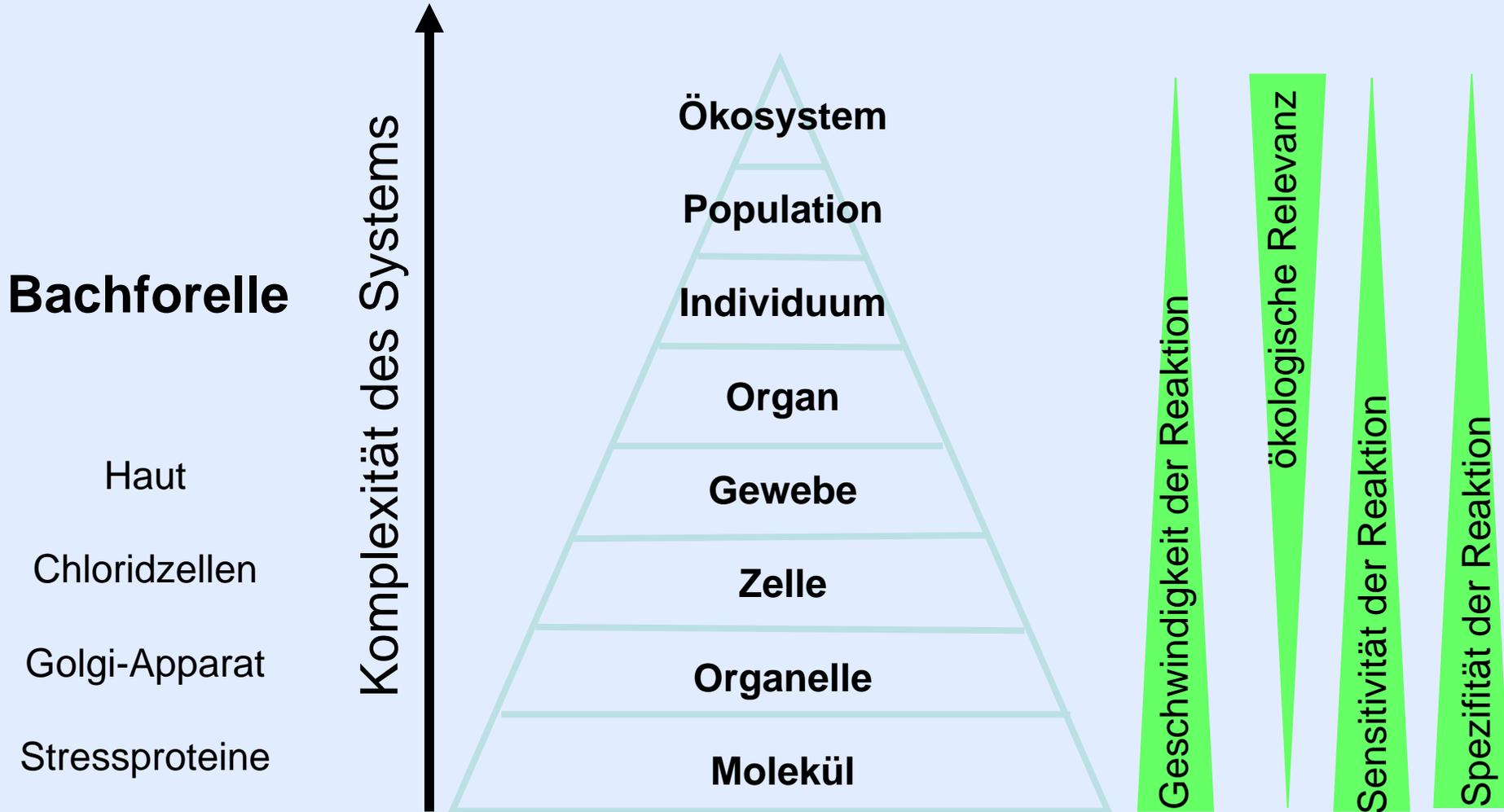
Untersuchung zur Immissionswirkung der Müllverbrennungsanlage (MVA) Iserlohn durch den Bioindikator Mensch **Suchworte:** Müllverbrennung, Abgasreinigung, Immissionsschutz, Umweltgifte, Dioxine, Furane, Nitrose-Verbindungen, Bioindikatoren, Allergie, MCS, Schuppenflechte, Hautschäden, Asthma, Innere Unruhe, Krebs

**Verschiedene Menschen sind verschieden sensitiv, aber gewöhnlich ist der Mensch nicht sensitiv genug, um schon geringe Konzentrationen an Schadstoffen zu bemerken.**

# Anforderungen an Bioindikatoren

- ✓ Leicht handhabbar sein bei geringer Wartung
- ✓ Standardisierbar
- ✓ Gut bekannt in ihren Reaktionsbedingungen
- ✓ Geringe Kosten verursachen
- ✓ Offensichtliche, auswertbare und quantifizierbare Signale geben
- ✓ Genetisch einheitlich sein

# Pyramide der biologischen Hierarchie



# Tierversuch / Zellkultur

- ✓ **Wenn möglich, ist es zu vermeiden, dass Tierleben beeinträchtigt oder gefährdet wird**
- ✓ **Beispiel Forelle: Zellkulturen aus Fischhaut**
- ✓ **Reagieren auf Schadstoffe wie zum Beispiel Nonylphenol**
- ✓ **Ist die Reaktion standardisierbar?**

# **Rekombinante Reportersysteme (Bioreporter)**

- **Spezifität lässt sich erreichen, wenn man durch Gentechnik sich selbst ein System aufbaut**
- **Als Organismen dienen derzeit meist Bakterien und Hefen**
- **Die Idee: eine in der Umwelt vorhandene Substanz regt die Expression eines Genes an. ein Protein wird produziert, dass leicht quantitativ bestimmbar ist**

# ToxAlert® Systems by Merck

**ToxAlert® 10** the rapid, simple and mobile one  
Designed as a screening tool to detect toxicity  
in aqueous samples using a luminescent  
bacteria-based reagent, the ToxAlert® 10  
system is portable, rapid and simple for  
laboratory or field use.

Ready-to-use reagents (based  
upon freeze-dried bioluminescent  
bacteria *Vibrio fischeri* NRRL  
*B-111 77*) in *single-shot format* to  
*minimize the working steps and*  
*to obtain the toxicity results*  
*within 30 min.*



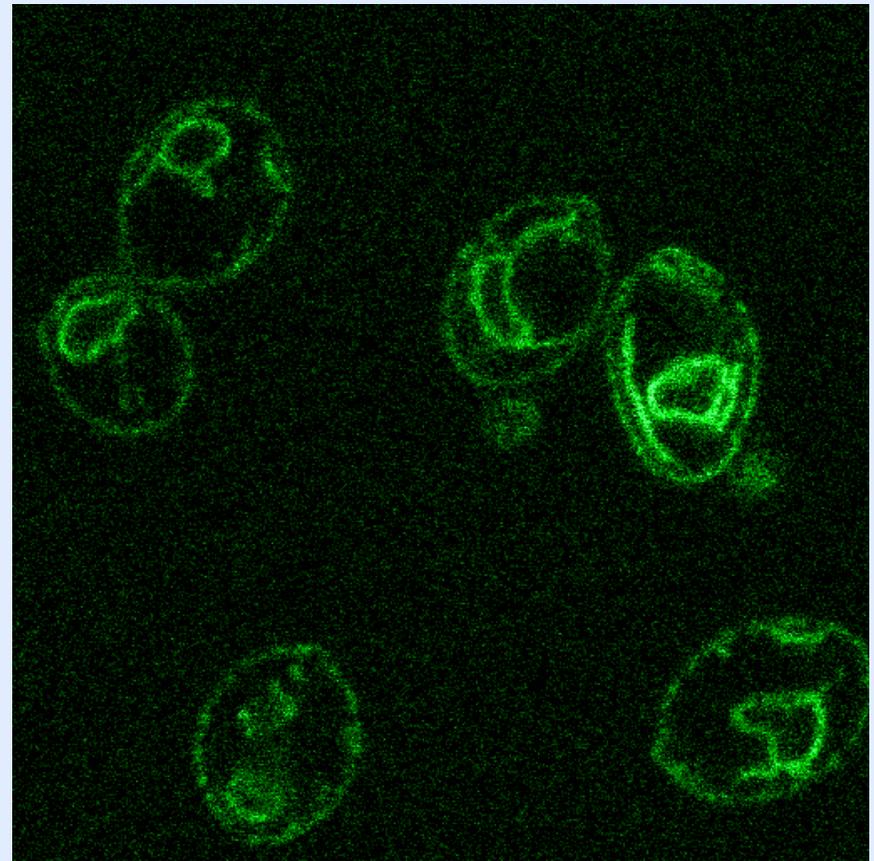
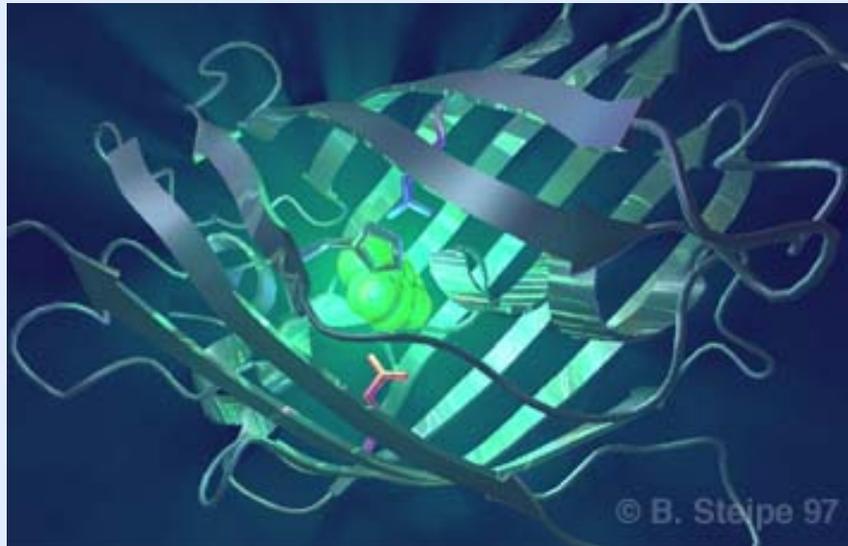
With our **ToxAlert®** Systems the  
determination of toxicity of waste  
water, partial wastewater, river or  
lake water and leachates becomes a  
simple operation. The systems  
consist of the ToxAlert® 10 system  
for rapid and mobile measurements  
according to EN ISO.

# VOC's aus Holzprodukten

# Sick house / building syndrome

# **Sick house / building syndrome – effects caused by VOC's**

# Reportergene und Proteine



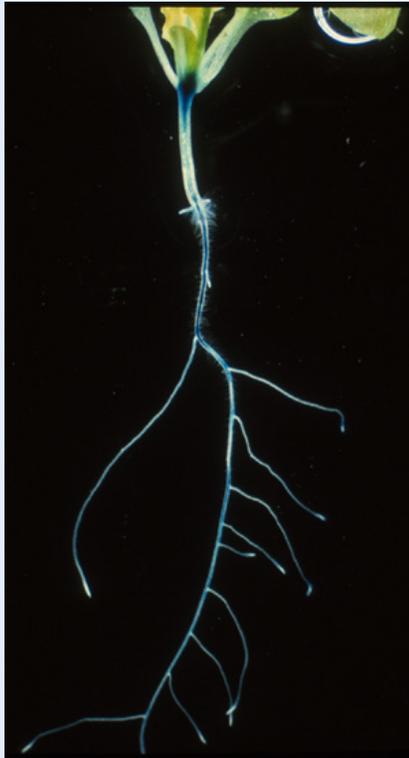
## Green Fluorescent Protein (GFP)

# Reportergene und Proteine II

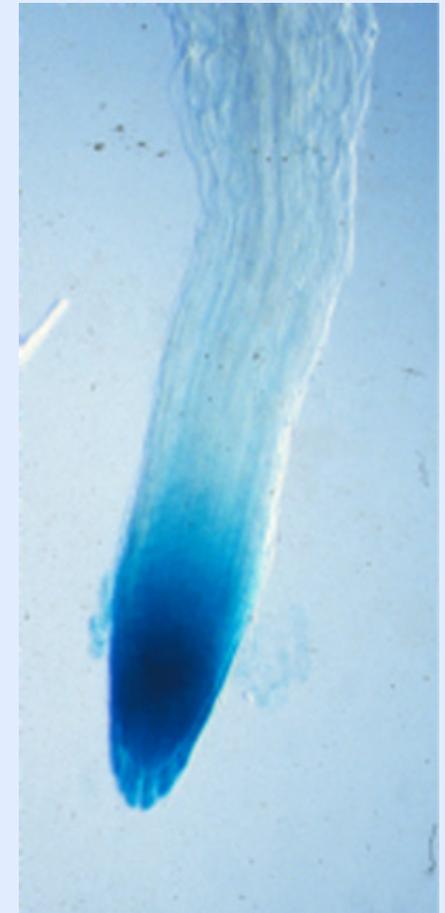
Tabakpflanze mit  
dem **Luziferasegen**  
aus Bakterien



# Reportergene und Proteine III



**Arabidopsis** mit  
**GUS-Gen für  $\beta$ -  
Glucuronidase**



# Reportergene / Proteine - Übersicht

Protein	Advantage	Disadvantage	Equipment
<b><math>\beta</math>-galactosidase</b>	Plate assay (semi-quantitatively) Quantitative liquid enzyme assay	no information on individual cells	Spectrophotometer (only needed in quantitative liquid assay)
<b>GFP</b>	Fluorescence from living cells Information on individual cells	Transient gene expression cannot be visualised readily	Fluorescent microscope
<b><math>\beta</math>-glucuronidase</b>		Transient gene expression cannot be visualised readily	Transiluminator
<b>Luciferase</b>	We can visualise the activity within the living cells	Photon imaging does not provide the resolution	Scintillation counter
<b>Lichenase</b>	thermostable	Cell extracts are needed	Spectrophotometer

# $\beta$ -Galactosidase

- ✓ Catalyses the hydrolysis of lactose



- ✓ But also the artificial colorimetric substrate X-gal (5-bromo-4-chloro-3-indolyl- $\beta$ -D-galactoside)



# Bioreporter

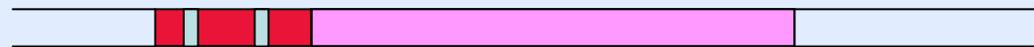
## Stress induziertes Gen in Hefe



## Reporter gen

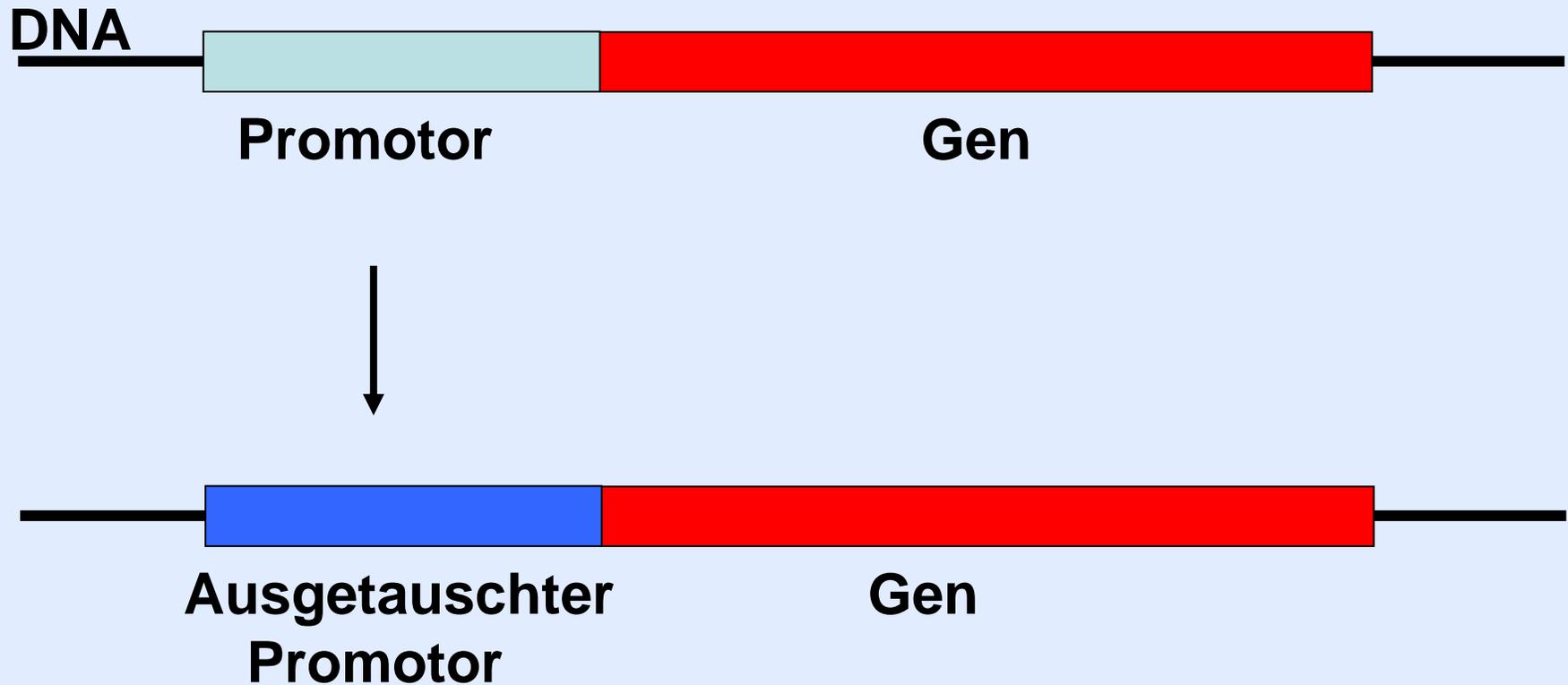


## Fusion von Promoter und Reporter gen



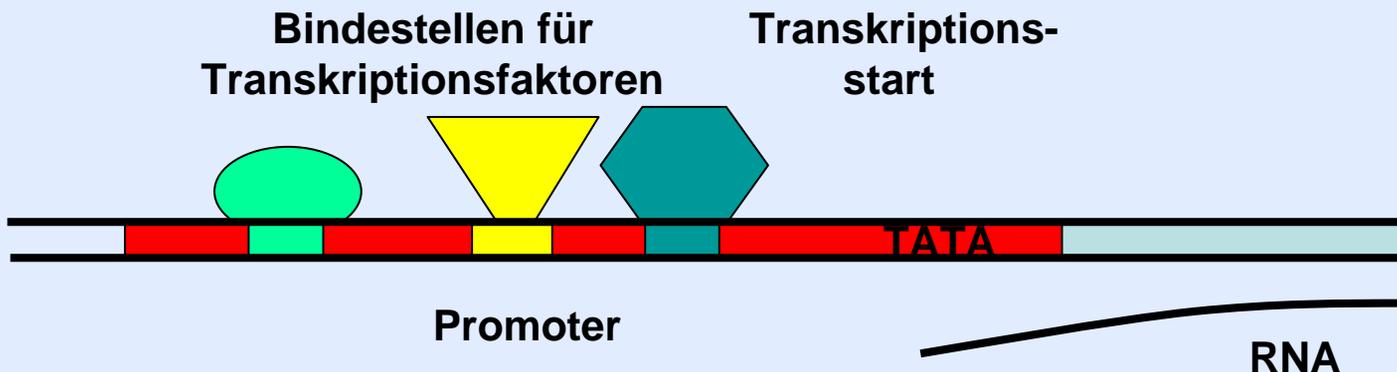
## Rekombiniertes Gen für das Hefereportersystem

# Typisches Gen



# Gen-Regulation an Promotoren über Transkriptionsfaktoren

- ✓ **Transkriptionsfaktoren** sind Proteine, die an Promotoren binden und die Transkription von Genen bestimmen
- ✓ Viele Transkriptionsfaktoren werden in ihrer Aktivität von **Signalen** von außen kontrolliert



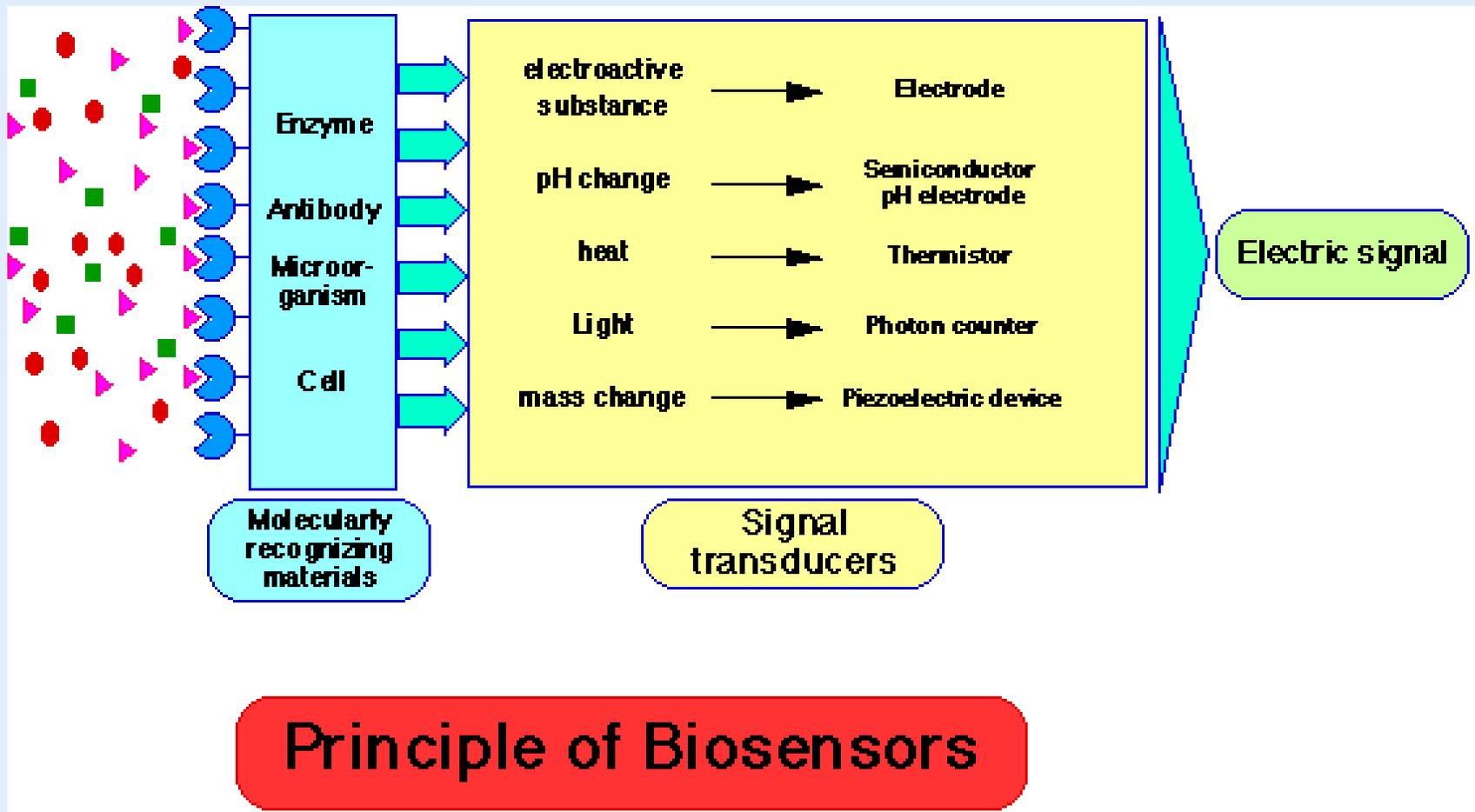
# Biosensoren

**Biosensoren** finden mehr und mehr in der **Umweltmesstechnik** Verwendung.

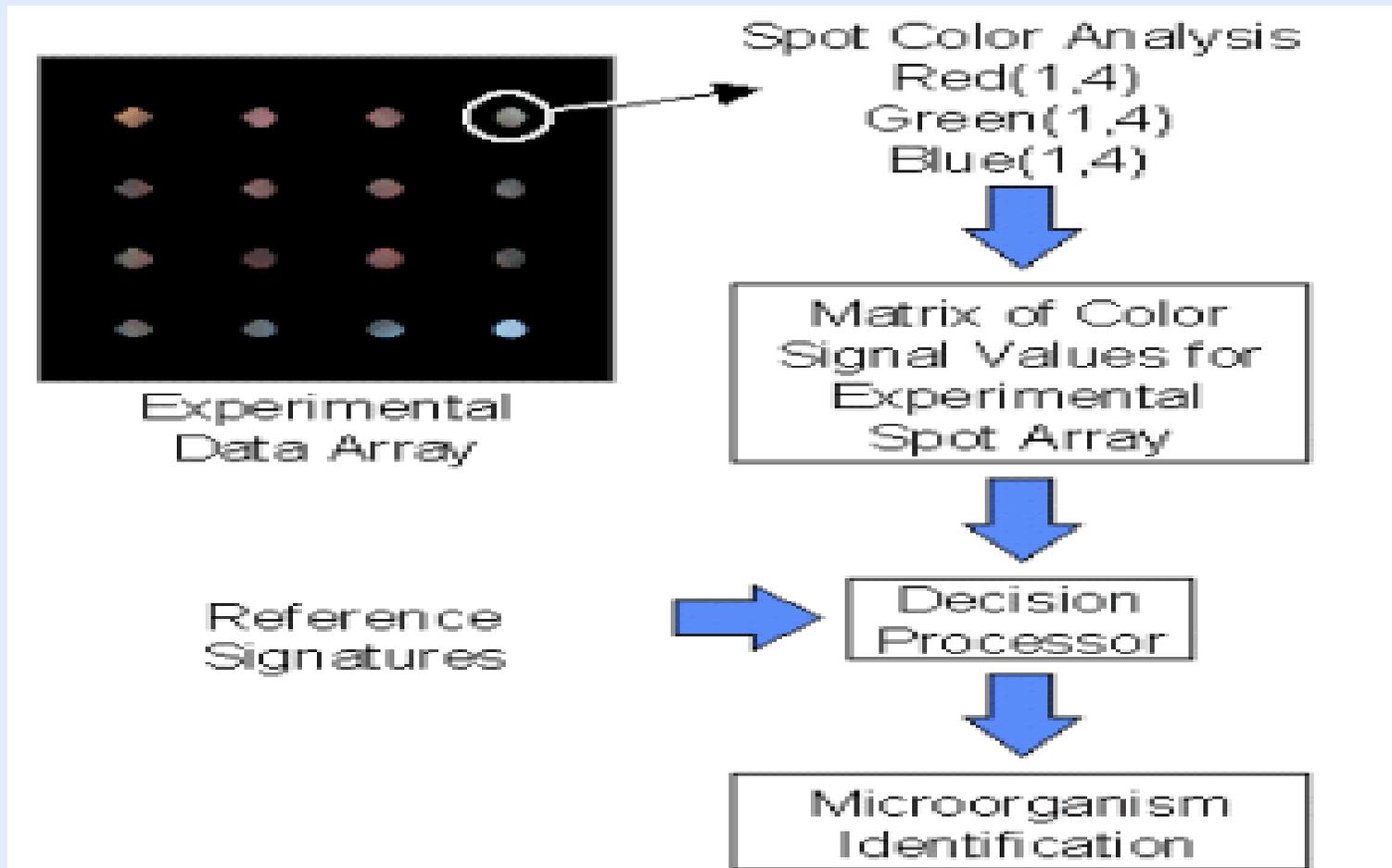
Als wesentliches Element enthalten sie neben dem **elektronischen** einen **biologischen** Bestandteil wie ganze Zellen, Hormone, Antikörper etc., der den zum Beispiel durch **Schadstoffe** ausgelösten Außenreiz aufnimmt und an die Elektronik weiterleitet.

B. simulieren die Reaktion eines lebenden Organismus auf Umwelteinflüsse häufig besser als rein elektronisch arbeitende Messinstrumente.

# Biosensoren II



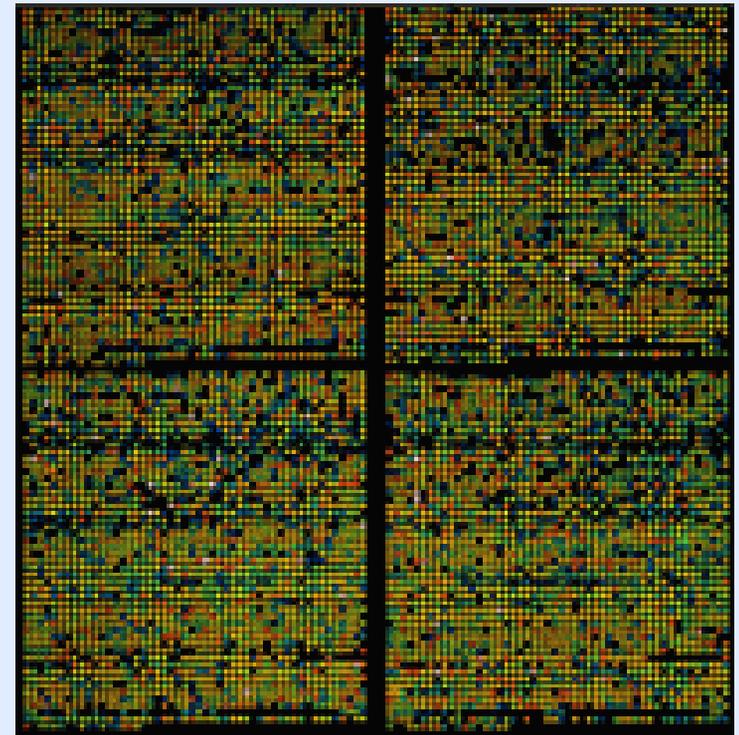
# Biosensoren III



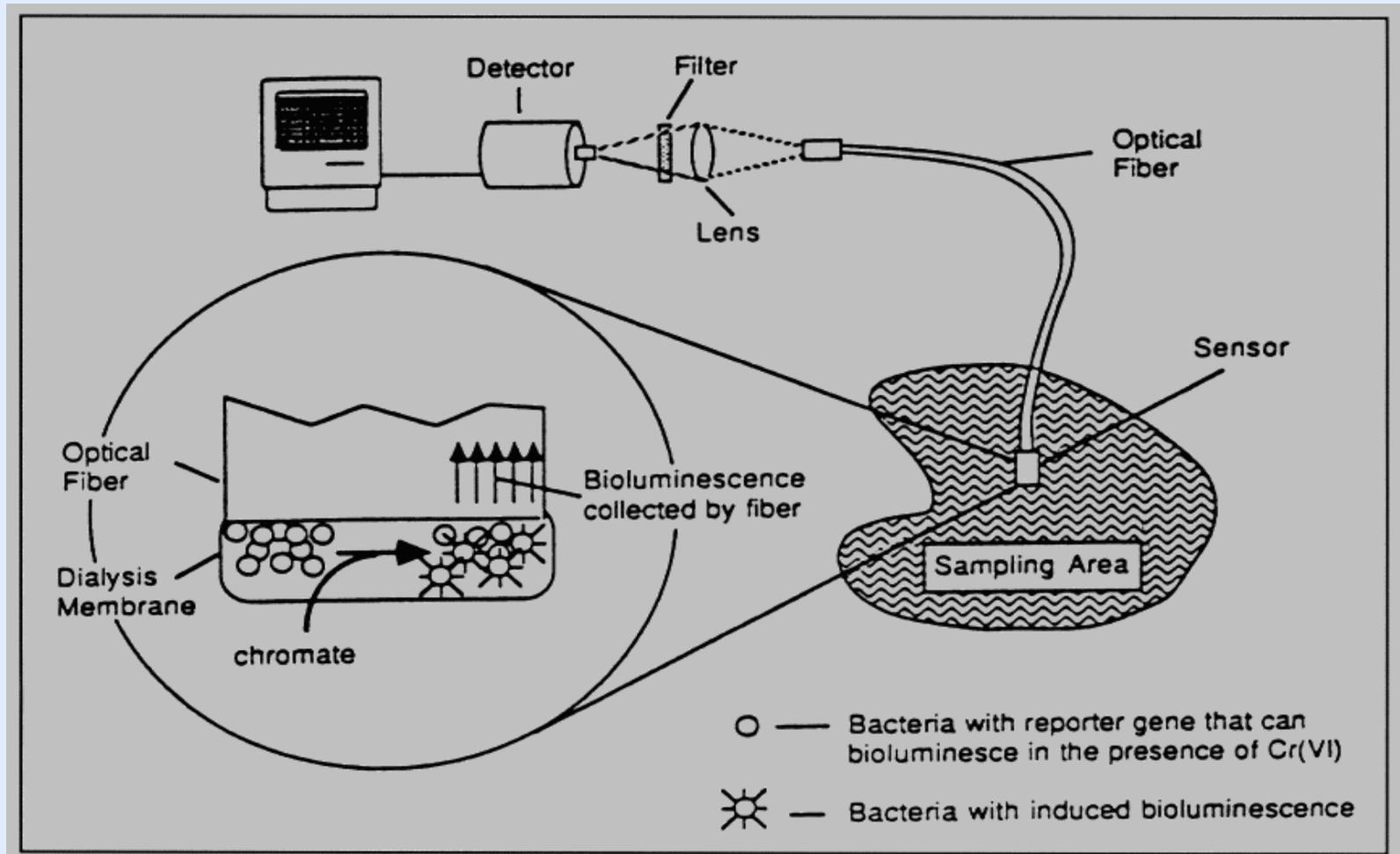
# Biosensoren IV



Fully automated microarray production system based on TopSpot technology (TopSpot /P) and operated at GeneScan Europe AG



# Biosensoren V



# Knoblauch-Biosensor



Bildquelle: Forschungszentrum Jülich

*Knoblauch,  
Frühlingszwiebeln, Schalotten*

*Der Knoblauch-Biosensor kann  
die wertvollen Inhaltsstoffe des  
Knoblauchs in den  
verschiedensten Pflanzen  
aufspüren.*

*Er basiert auf dem Enzym  
Alliinase, das die spezifischen  
Knoblauchgeruchsstoffe aus  
Cysteinsulfoxid produziert.*