

UC-01

Prof. Dr. habil. Gert Bernhard

Professor (em.) Radiochemie/Radioökologie TU Dresden

und

Institut für Ressourcenökologie (ehemals Institut für Radiochemie)

Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf

Vorlesung:

„Umweltchemie“

Diese Vorlesung wurde im Mastermodul Umwelt- und Radiochemie an der Technischen Universität Dresden, Fachbereich Chemie- und Lebensmittelchemie gehalten.

Die Kopien von Vorlesungsfolien sind nur für den internen Gebrauch und nicht zur Weitergabe bestimmt, da insbesondere das Copyright von einzelnen Abbildungen diese Einschränkungen bedingt.

Die verwendeten Referenzen sind in der Regel nur allgemein zusammengestellt, siehe Folie Literatur .

Seminare / Praktikum / Prüfung

Modul „Umwelt- und Radiochemie“:

- **Thematische Seminare (je 0,5 h)**
 - * **Strahlenschutz und Radioaktivitätsmessung**
 - * **Sorption von Uran an mineralischen Systemen**
 - * **Bestimmung der Bindungsform (Speziation) von Actiniden/Lanthaniden mittels spektroskopischer Methoden**
 - * **Wechselwirkung von Metallen in Biosystemen**
- **Experimentelles Praktikum (5 Tage):**
 - * **Radioaktivitätsmessung**
 - * **Sorption von Metallen an verschiedenen Mineralen**
 - * **Spektroskopie von Metallkomplexen**
 - * **Interaktion von Bakterien mit Metallverbindungen**
- **Prüfung Modul:**
 - * **Klausur (2h)**
- **Prüfung nur „Umweltchemie“**
 - * **Klausur (1h)**

Literatur:

- 1.) C. Bliefert Umweltchemie
VCH Verlag, 1995, ISBN 3-527-28692-6
- 2.) V. Koß Umweltchemie, Eine Einführung für Studium und Praxis
Springer Verlag, 1997, ISBN 3-540-61830-9
- 3.) S. Holler, C. Schäfers, J. Sonnenberg Umweltanalytik und Ökotoxikologie
Springer Verlag, 1996, ISBN 3-540-58718-7
- 4.) U. Förstner Umweltschutz Technik
Springer Verlag, 1995, ISBN 3-540-58536-2
- 5.) G. Schwedt Taschenatlas der Umweltchemie
Georg Thieme Verlag, 1996, ISBN 3-13-103111-5
- 6.) G. Schwedt Taschenatlas der Analytik
Georg Thieme Verlag, 1996, ISBN 3-13-759302 6
- 7.) I.L. Marr, M.S., et al. Umweltanalytik,
Georg Thieme Verlag, 1988, ISBN 3-13672101-2
- 8.) Folienserie des Fonds der Chemischen Industrie (Umweltbereich Wasser, Boden, Luft)
Fonds der Chemischen Industrie, Karlstraße 21
Frankfurt am Main
- 9.) R.N. Reeve Introduction to Environmental Analysis,
John Wiley & Sons LTD, 2002, ISBN 0-471-49295-7
- HZDR Bilder aus Forschungsberichten und Publikationsentwürfen

Vermittlung von umweltchemischem Wissen und ökologischer Zusammenhänge. Dabei wird ein holistischer Ansatz versucht, der eben ganzheitlich solche Stichworte wie Entstehung und Veränderung der Natur; Grüne Chemie; Klimawandel und Stoffkreisläufe; Energie- und Rohstoffproblematik; Globalismus und Protektionismus; Technischer Fortschritt und Nachhaltigkeit; Produktion, Konsumtion und Entsorgung; Grenzwerte, Stabilitätskriterien; Prozesse; Umweltanalytik; Umweltpolitik betrachtet.

Vorlesung:

Umweltchemie

Gliederung:

0.0 Einleitung

0.1 Innovation - Chemie - Umwelt

0.2 Definition Umweltchemie

1.0 Entstehung der Umwelt

1.1 Bildung der Elemente/der Erde

1.2 Aufbau der Erde

1.3 Entstehung und Aufbau der Atmosphäre

1.3.1 Bildung des atmosphärischen Sauerstoffs

1.3.2 Photosynthese, Atmung, Gärung

1.4 Natursynthese von Stoffen (Miller'sches Experiment)

2.0 Umweltkompartiment Luft

2.1 Funktion der Atmosphäre

2.2 Zusammensetzung der Luft

2.3 Chemie der Atmosphäre

2.3.1 Treibhauseffekt

2.3.2 Ozon

2.3.3 Spurengase und Fluorchlorkohlenwasserstoffe

2.4 Luftreinhaltung – Emissionssenkung

2.4.1 Rauchgasentschwefelung

2.4.2 Abgasreinigung durch Katalysator

2.5 Klimawandel

3.0 Umweltkompartiment Wasser

3.1 Wasserressourcen

3.2 Bedeutung und Funktion

3.3 Trinkwasseraufbereitung und Qualität

3.4 Belastung des Wassers

3.4.1 Anorganika

3.4.2 Organika

3.5 Abwasserreinigung

4.0 Umweltkompartiment Boden

4.1 Bestandteile des Bodens

4.2 Verwitterungsprozesse

4.3 Huminstoffe

4.4 Bodenkontaminationen

4.4.1 Einträge in Böden

4.4.2 Reinigung von Böden

4.4.3 Sanierung kontaminierter Gebiete

5.0 Stoffe in der Umwelt

5.1 Risiko, Grenzwerte, Stabilitätskriterien

5.2 Umweltschadstoffe

5.2.1 Beispiele

5.2.2 Merkmale, Wirkung

5.3 Transportprozesse

5.3.1 Stoffkreisläufe

5.3.2 Natürlicher Abbau von Chemikalien

6.0 Metalle und Biosysteme

- 6.1 Nahrungspfad
- 6.2 Aufnahme in Organismus
- 6.3 Transfer in Pflanzen
- 6.4 Wechselwirkung mit Bakterien

7.0 Umweltanalytik Grundlage des Umweltschutzes

- 7.1 Messtechnische Schwerpunkte
- 7.2 Umweltanalytischer Prozess
 - 7.2.1 Voraussetzungen
 - 7.2.2 Arbeitsschritte der Analyse
- 7.3 Schadstoffanalytik (Beispiele)

8.0 Umweltauswirkungen bei Stoffgewinnung

- 8.1 Mengenströme
- 8.2 Chemischer Unfall

9.0 Entsorgung

- 9.1 Recycling
- 9.2 Deponie
- 9.3 Müllverbrennung
- 9.4 Vergärung

10.0 Umweltbezogenes Handeln

10.1 Einfluss des Gesetzgebers

10.2 Wirkung von Umweltschutzzielen auf die Stoffproduktion

10.3 Persönlicher Einfluss

0.0 Einleitung

0.1 Innovation - Chemie - Umwelt

Innovation - Chemie - Umwelt I

Wieviel Umwelt riskieren wir für Innovationen?

Auch innovative chemische Prozesse beeinflussen die Umwelt, die Chemie aber, kann heute schon viele Umweltprozesse erklären.

Umweltaspekte einbeziehen bei?

1: Miniaturisierte Diagnostik

(Bio-chip, persönliche Medizin, Wirksamkeit individueller therapeutischer Medikation, neue Arzneimittel)

2: Nanomaterialien, Funktionsschichten aus Nanopartikeln

(superschnelle Computer, schmutzabweisende Oberflächen, kratzfeste Lacke, hochwirksame Katalysatoren, Nanopartikel nicht nur chemische Zusammensetzung bestimmt die Eigenschaften, sondern auch Größe und Form der Partikel)

3: Energieerzeugung und Speicherung

(mobile Elektronik erfordert z.B. Brennstoffzellen, Batteriesysteme, innovative Funktionsmaterialien)

4: Neue (polymere) Werkstoffe

(für potentielle Anwendung in der Kommunikationstechnik, Sensorik, Polymerlaser, Speicher auf atomarer Ebene, "intelligente" Kleidungsstücke, Bauwesen)

5: Neue Aufbereitungsverfahren

(effektive Gewinnung metallhaltiger Ressourcen „Zukunftsmetalle“)

6: Wirkung von Chemikalien

(chemische Stabilitätskriterien für Biosysteme, Umweltanalytik, Produktersatz)

Innovation - Chemie - Umwelt II

- *Wandlung der chemischen Forschung:*

- **verstärkte Erforschung der anwendungstechnischen Effekte**
(Hochdurchsatz-Screening, um "Zufall" herbeizuführen...)
- **Chemische Methoden in, Chemikalien durch Biotechnologie**
(maßgeschneiderte Produkte auch aus nachwachsenden Rohstoffen...)
- **Ersatz bekannter chemischer Technologien durch neue mit geringsten Umweltbelastungen**
(Ersatz veralteter Prozesse, effiziente Katalysatoren...)
- **Entwicklung neuer innovativer Produktionsprozesse mit geringsten Umweltbelastungen**
(neue Verfahren, Austausch von Chemikalien, Suche nach effizienten Katalysatoren...)
- **Holistischer Ansatz bei der Ermittlung von chemisch dominierten Grenzwerten**
(spezifische Analytik, Umweltwirkungen ganzheitlich betrachten...)

Natur und Chemie I

Chemische Prozesse bestimmen die Natur, die Chemie lernt von der Natur (Analytik, Eigenschaften, Prozesse), auch natürlich produzierte Chemikalien können schädlich sein

Natur nicht nachbauen, Prinzipien erkennen, diese technisch nachempfinden



Sandfisch

Elektronenableitung,
kein Festkleben von
Sandkörnern

- Minimierung der Reibung



Lotusblume

Winzigste Strukturen
Abperlen von Wassertropfen

- Anstriche, Fassaden



Gerfalke

Greifvogelflug
minimiert Reibung und Windgeräusche

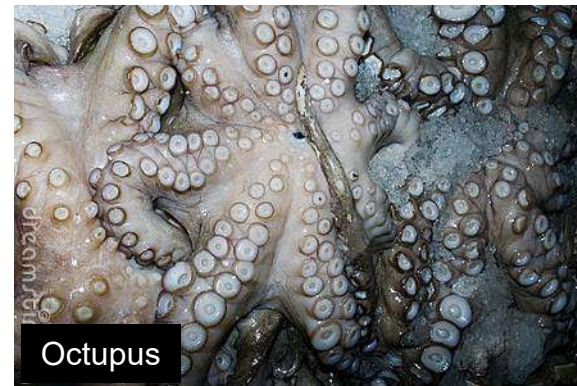
- Windradkonstruktion



Haihaut

Haut muss nicht glatt sein, Mikrometer-Strukturen

- Widerstandsverringern



Octopus

Strukturierte Saugnäpfe

- schwere, raue Teile ansaugen und anheben

Natur und Chemie III

- **Natürliche Bioindikatoren:**

(Diversität von Bewuchs und Lebewesen, Flechten, Moose, Baumringe, Algen, Muscheln...)

* **Terrestische Bioindikatoren**

Moose

Federmoos
Hylocomium splendens



Atmosphärische Verunreinigungen:

- Atmosphärischer Transport zahlreicher **Metalle** über große Distanzen (z. B. Arktis, Norwegen, polare Regionen)
 - Speicherung im Moosgewebe
von z. B. Pb, Cd, V, Zn, Ni, Ba, Bi, Mo, As, Sb)
- Atmosphärische Verunreinigungen durch **PCB***

* **Aquatische Bioindikatoren**

Marine Muscheln

Miesmuschel
Mytilus edulis

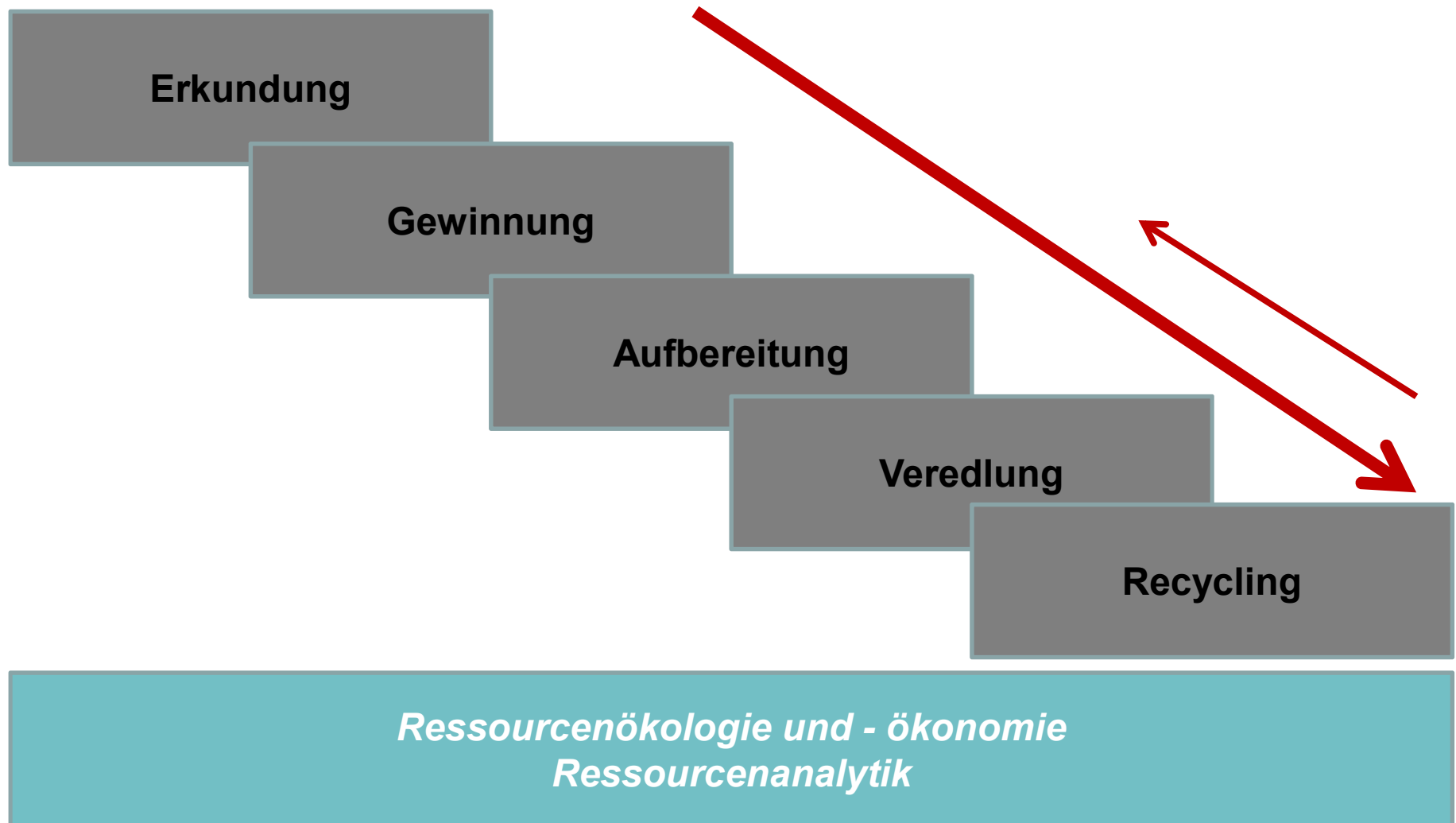


Metallische Verunreinigungen:

- Kontamination von marinen Sedimenten aus örtlichen Quellen durch Transport
- Akkumulation aus Sediment, Wasser und Nahrungsquellen
z. B. Ag, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn

Chemie - Ressourcen - Umwelt

Schwerpunkt muss die ganzheitliche Betrachtung von Prozess und Wirkung sein, hier beispielhaft entlang der **Wertschöpfungskette** für metallhaltige Ressourcen. Es müssen bei der Entwicklung neuer Technologien die Ökologie dieser Prozesse, die klar etwas zu tun hat mit Umweltchemie, beachtet werden.



*„Es darf nur soviel Holz geschlagen werden,
wie im Wald nachwächst!“*

Oberberghauptmann von Carlowitz (1713)

Umwelt und Chemie

- Grundstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen „Green Chemistry“

Kriterien und Prinzipien einer nachhaltigen Chemie

- Materialeffizienz
- Rohstoffwahl (nachhaltige)
- Energieeffizienz
- Abbaubarkeit
- Toxizität und Umweltgefährlichkeit

- Chemie des Klimas

- Chemie der Umweltkompartimente

- Chemie in /von Produktionsprozessen

- Chemie der Energieerzeugung

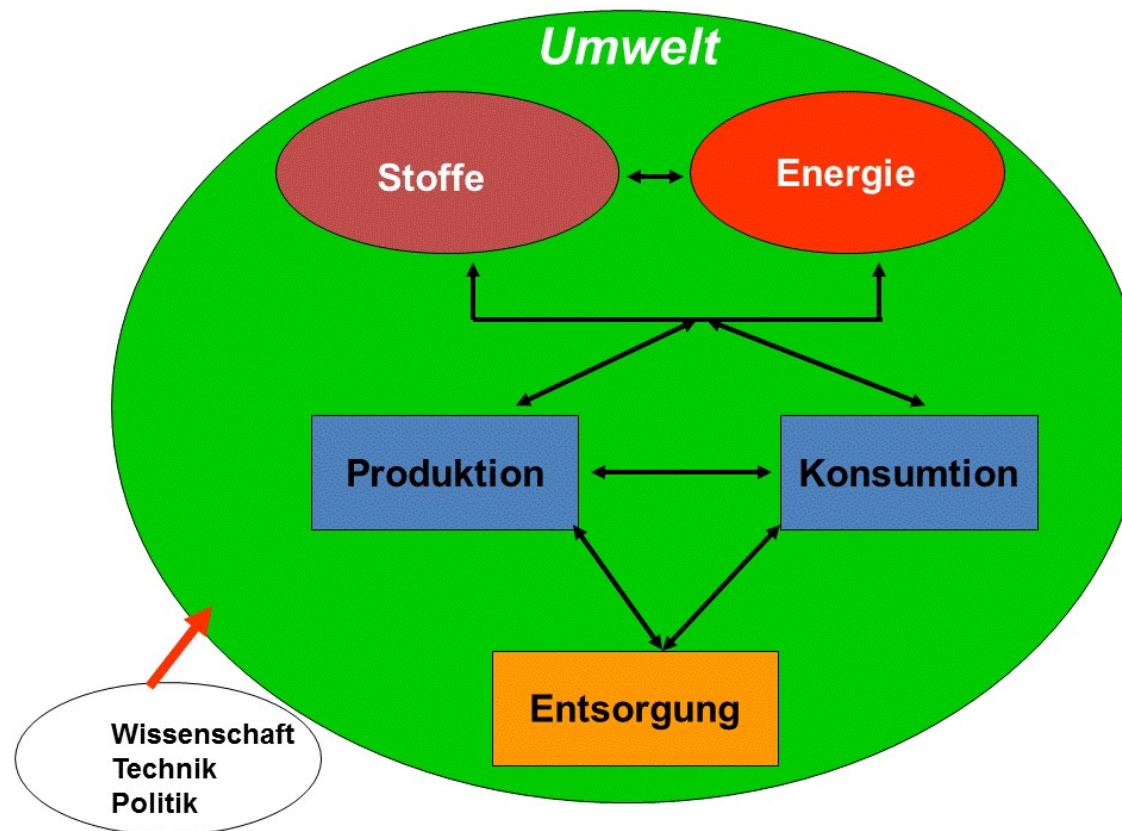
- Chemie der Entsorgung

Zusammenhang

Umwelt - Produktion - Konsumtion - Entsorgung

Die Produktion, Konsumtion und Entsorgung von Stoffen und Energie greift in umweltchemische Prozesse ein.

Wissenschaft muss diese Prozesse und Zusammenhänge aufklären.



0.2 Definition Umweltchemie

*Die Fachwissenschaft Chemie wird wenig positiv hinsichtlich der Umwelt betrachtet, sondern eher mit ihrer Ausbeutung und Belastung.
Zum Verständnis der Umweltprozesse ist die Chemie aber unabdingbar.*

Umwelt I

Bezeichnung für die Gesamtheit aller Erscheinungen, mit denen ein Organismus in seinem artspezifischen Lebensraum in Wechselbeziehungen steht und denen er sich in entwicklungsgeschichtlichen Zeiträumen so angepaßt hat, daß ein ökologisches Gleichgewicht entstehen kann.

P.Borsch, H.J. Wagner, Energie und Umweltbelastung, Springer, 1992

Umwelt II

**Umwelt bezieht alle Gebiete ein, die das Wohlbefinden der lebenden Organismen beeinflussen,
(Atmosphäre, Hydrosphäre, Geosphäre)**

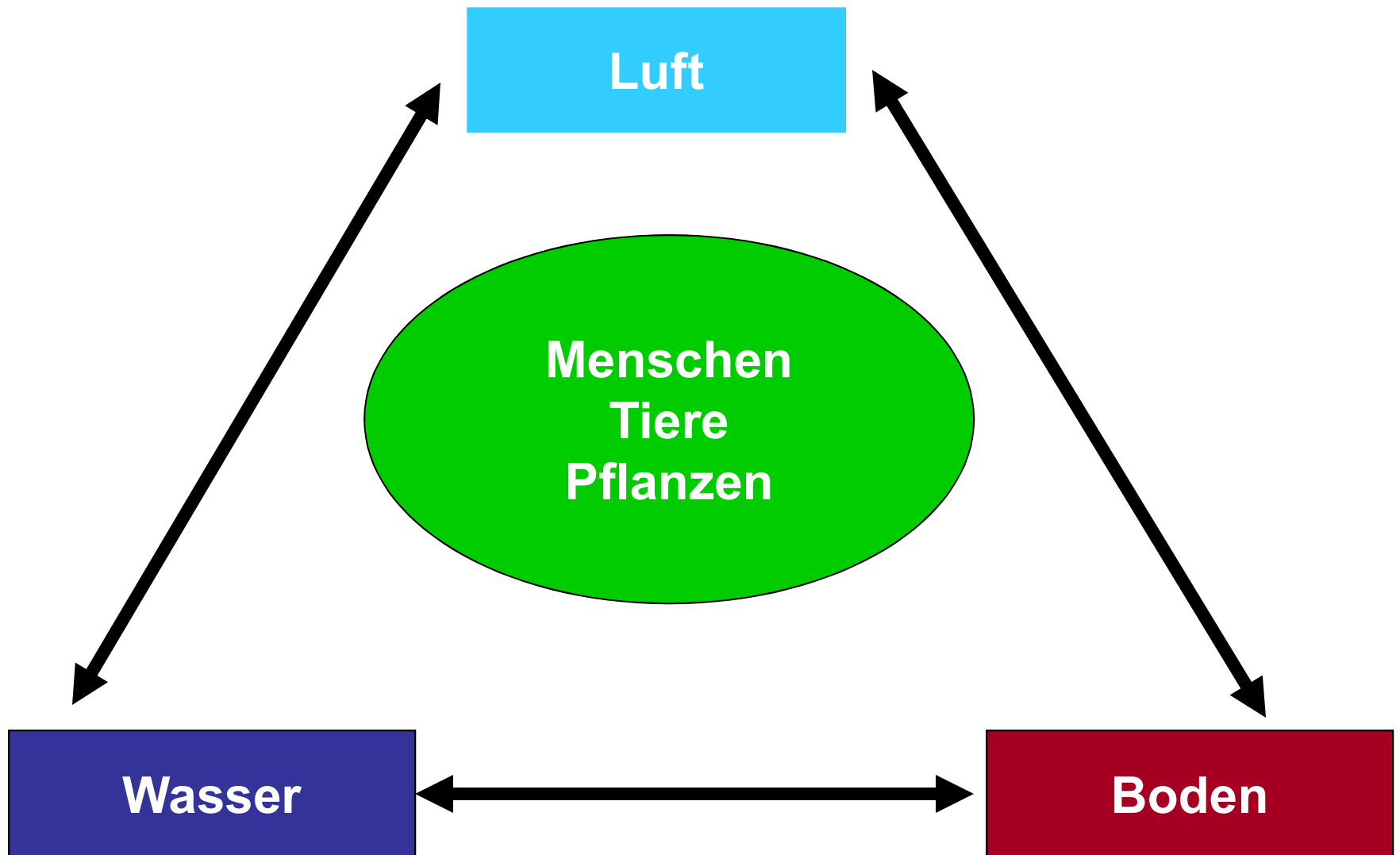
- Platz wo wir leben und arbeiten
- Luft, die wir atmen, Wasser was wir trinken, Nahrung die wir essen
- unberührte Natur
- Teile der Atmosphäre, die uns vor gefährliche Strahlung schützen

Die Auswirkung von Umweltverschmutzungen können sich in Prozessen ausdrücken, die Einfluss auf das Wohlbefinden haben:

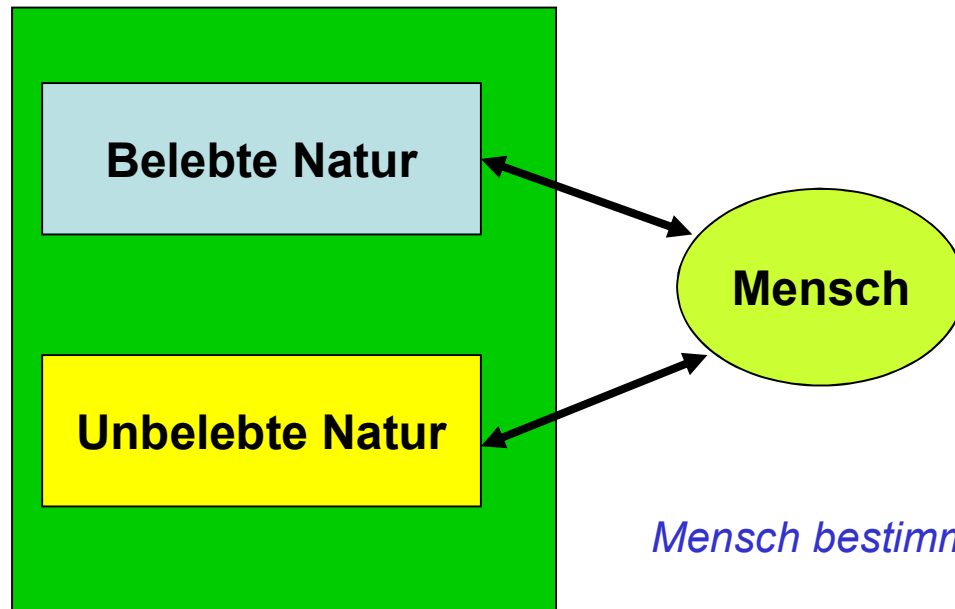
- | | |
|------------------------|------------------------------|
| ★ physikalische Effekt | ☛ globale Erwärmung |
| ★ chemischer Effekt | ☛ Ozonabreicherung |
| ★ biologischer Effekt | ☛ Zerstörung des Regenwaldes |

Hauptkomponenten der Umwelt

- belebte Natur
- unbelebte Natur



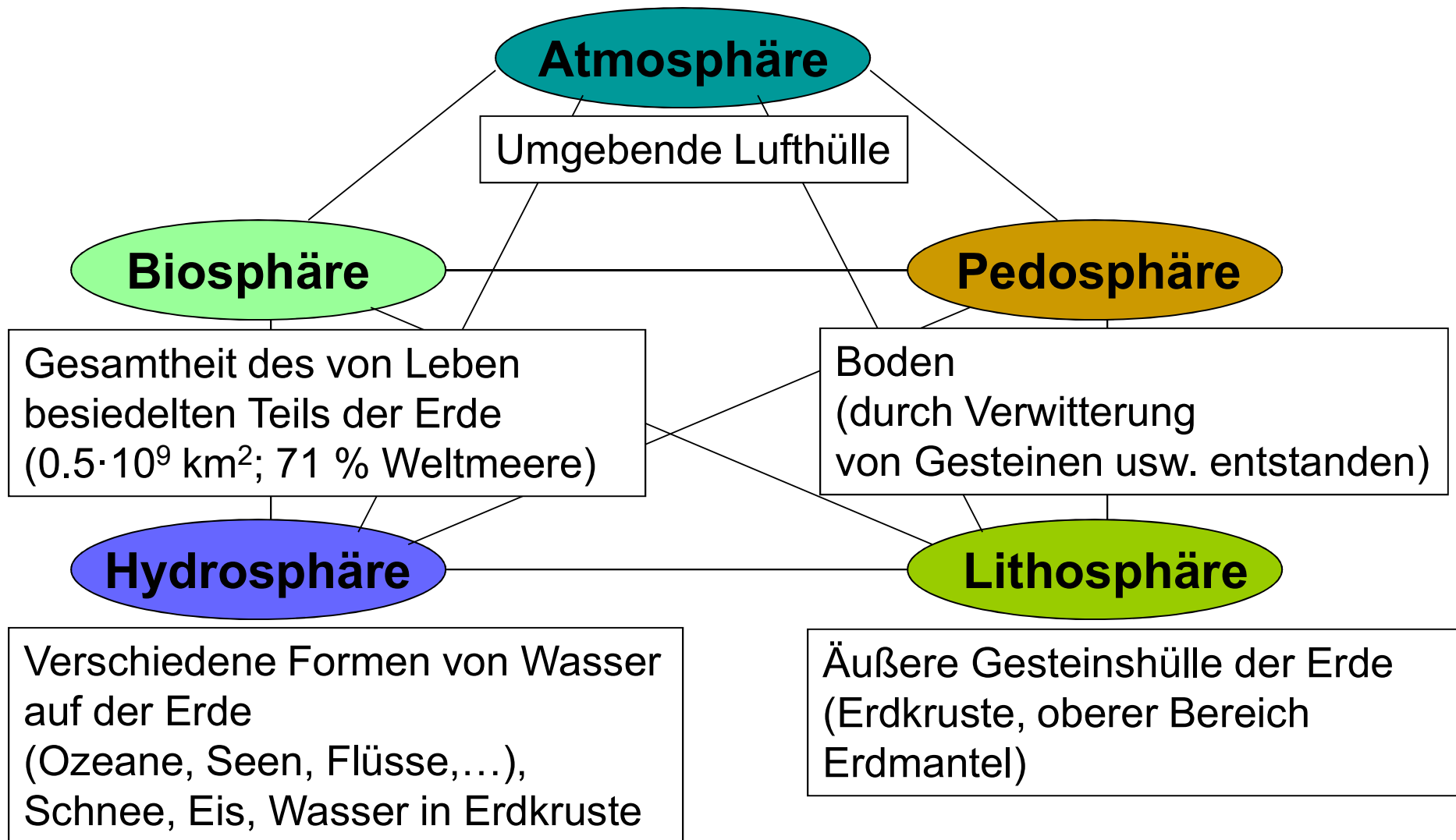
Natur - Umwelt - Biosphäre



Mensch bestimmende Größe im Ökosystem?!

Biosphäre: ca. 25 km Atmosphäre
 10 km Ozeane
 3 km Erdkruste

Verschiedene Sphären der Erde



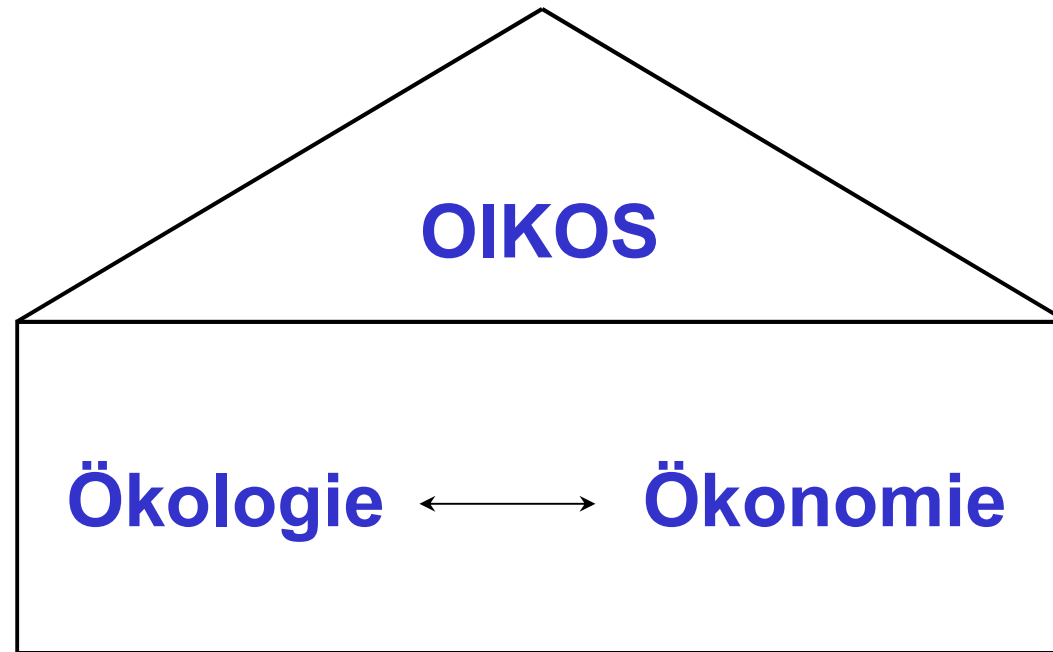
Umwelt

Jakob von Uexküll (deutscher Biologe) 1909:

**Umwelt ist die Summe aller Faktoren,
die ein Lebewesen umgeben und auf die es reagiert**

1924 Gründer des „Institut für Umweltforschung“ in Hamburg

Ökologie - Umwelt



OIKOS – griechisch: **Haus, Heim, Herd** = Ort des sparsamsten Umganges mit knappen Gütern

Was ist Umweltchemie?

Hauptthemen der Umweltchemie:

- Wechselbeziehung Mensch und Umwelt
- Chemisch dominierte Prozesse in der Umwelt

Modebegriff:

Umwelttechnik, Umweltchemie, Umweltsicherheit, Umweltschutz, Umweltprobleme, Umweltanalytik...



Umweltchemie:

Aufklärung des Verhalten (Vorkommen, Wirkung, Verteilung, Einfluss, Veränderung...)
von Chemikalien in der Umwelt

Umweltchemie = Globale Chemie

Umweltpolitik

Umweltpolitik ist die Gesamtheit von Maßnahmen, die notwendig sind, um:

- dem Menschen eine Umwelt zu sichern, wie er sie für seine Gesundheit und für eine menschenwürdiges Dasein braucht,**
- Boden, Luft, Wasser, Pflanzenwelt und Tierwelt von nachteiligen Wirkungen menschlicher Eingriffe zu schützen,**
- Schäden oder Nachteile aus menschlichen Eingriffen zu beseitigen**

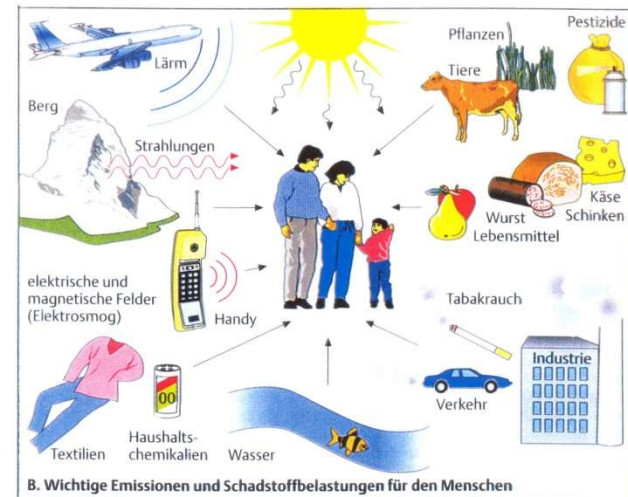
Umweltprobleme/Schadstoffe führen zu Umweltbelastungen.

Umweltprobleme werden durchaus subjektiv (auch medien-beeinflusst) beurteilt.

Fragen zu den aktuellen Umweltproblemen sind durchaus von Jahr zu Jahr im Ranking unterschiedlich.

Aktuelle Umweltprobleme?

- Globale Erwärmung (CO₂)
- Treibhauseffekt
- Ozonloch
- Saurer Regen
- Waldsterben, Abnahme der Artenvielfalt
- Kernenergie
- Bevölkerungswachstum
- Massentierhaltung/Fleischverzehr
- Chemikalieneintrag
- ???



8.)

Umweltbelastung

Allgemeine Beeinflussung und Veränderung der natürlichen Umwelt durch physikalische, chemische, biologische und technische Eingriffe, Verunreinigungen (z.B. durch Staub, Mikroorganismen, Chemikalien oder Strahlen) können zur Umweltverschmutzung führen, wenn sie über die natürliche Regenerationskraft der verschmutzten Medien (z.B. Boden, Wasser, Luft) hinausgehen.

P. Borsch, H.J. Wagner, Energie und Umweltbelastung, Springer, 1992

*Wir setzen uns Schadstoffen/Chemikalien freiwillig und unfreiwillig aus,
aber nur der unfreiwillig aufgenommene Schadstoff wird in der Regel subjektiv
als schädlich betrachtet..*

Schadstoff

**In der Umwelt vorkommender Stoff, von dem
schädliche Wirkungen auf Lebewesen und
Sachgüter ausgehen können und dem der
einzelne Mensch unfreiwillig ausgesetzt ist.**

Aufgabe der Umweltchemie u.a.

Schadstoffverhalten bei

- Stoffproduktion und Anwendung**
- Energieproduktion**
- Ressourcengewinnung**

bei Normalbetrieb, aber auch bei Störfällen aufklären.

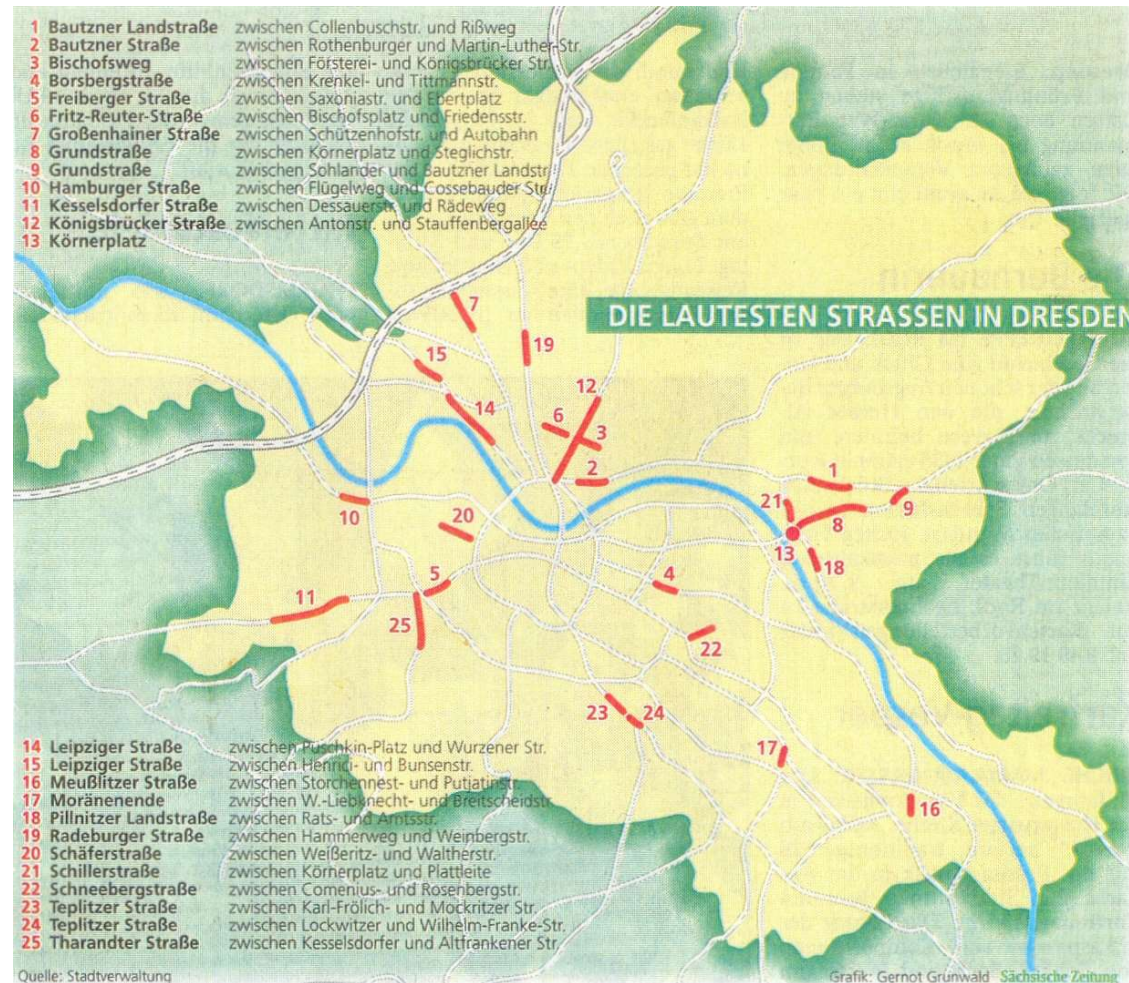
Aber auch Strahlung und Lärm sind Umweltbelastungen.

- Lärm

- Lärmquellen:

- ★ Industrieanlagen
- ★ Windkraftwerke
- ★ Verkehrslärm

Sächsische Zeitung, Dresden



- zum Ausschluss von gesundheitlichen Schäden Schallpegel nachts unter 30 (45 auf Straße) Dezibel, tags unter 35 (50 auf Straße) Dezibel
z.B. in Dresden-Stadt an 70 % der Straßen Lärmpegel über 55 Dezibel

Stoffe

Schadstoffe / Umweltchemikalien

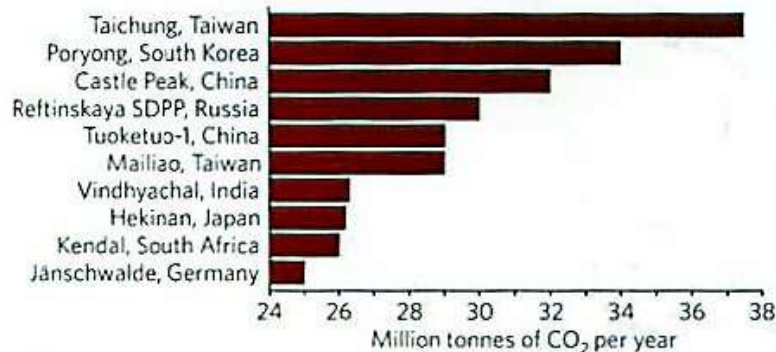
- **Schwermetalle und deren Verbindungen**
Pb, Hg, Cd, Cu, Cr, Ni
- **Halbmetalle / Leichtmetalle und deren Verbindungen**
As, Sb, Se, Te / Al, Be, Ti, Zn
- **Gase**
 SO_x , NO_x , O_3 , X_2 , HX, FCKW
- **Organika (natürliche wie anthropogene)**
polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)
polychlorierte Biphenyle (PCB)
Tenside

Länder mit den höchsten CO₂-Ausstößen (in Tonnen pro Jahr)

GRAPHIC DETAIL COUNTRIES WITH HIGHEST CO₂-EMITTING POWER SECTORS (TONNES PER YEAR)



HIGHEST CO₂-EMITTING POWER PLANTS WORLDWIDE



The city of Taichung in Taiwan is home to a power plant that emits more than 37 million tonnes of carbon dioxide into the atmosphere each year, the highest of any plant in the world. Australia produces more carbon dioxide per capita through electricity generation than any other nation. But the US power sector still produces the most carbon dioxide in terms of sheer volume.

These are just a few of the facts and figures available on a new database containing emissions and energy data

from more than 4,000 power companies and 50,000 power plants around the globe. The Carbon Monitoring for Action website was set to be launched this week by the Center for Global Development, an independent think-tank in Washington DC.

With some 8,000 power plants emitting 2.5 billion tonnes of carbon dioxide annually, the United States accounts for a quarter of global emissions, according to the site. China comes a close second at 2.4 billion tonnes,

although its per-capita emissions are less than a quarter of those of the United States. Russia comes a distant third, with 600 million tonnes of carbon dioxide emissions.

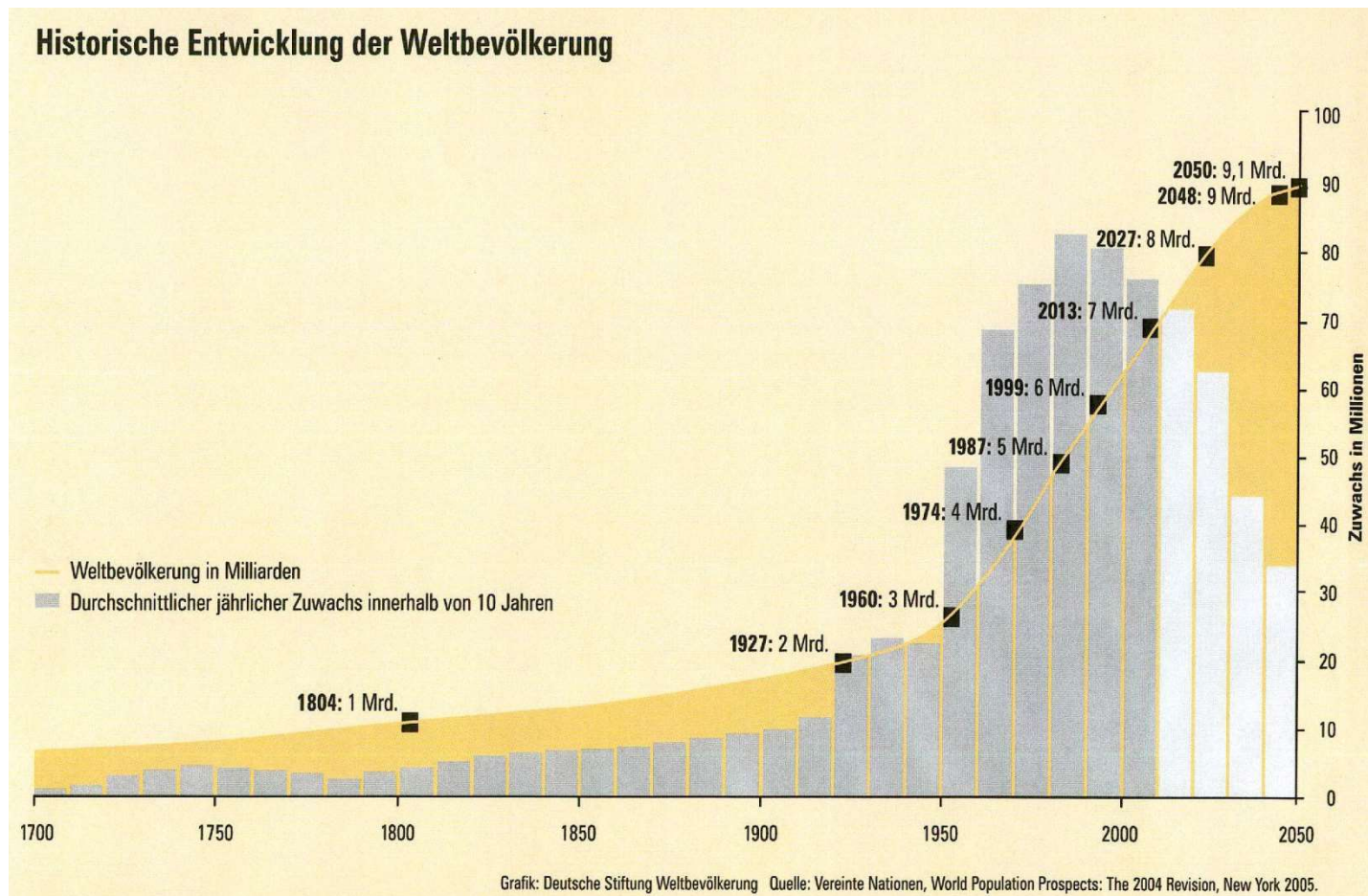
The centre describes the database as a public tool that can be used to shed light on the power sector, and hopes it will "speed the shift to less carbon-intensive power generation".

Jeff Tollefson

www.carma.org

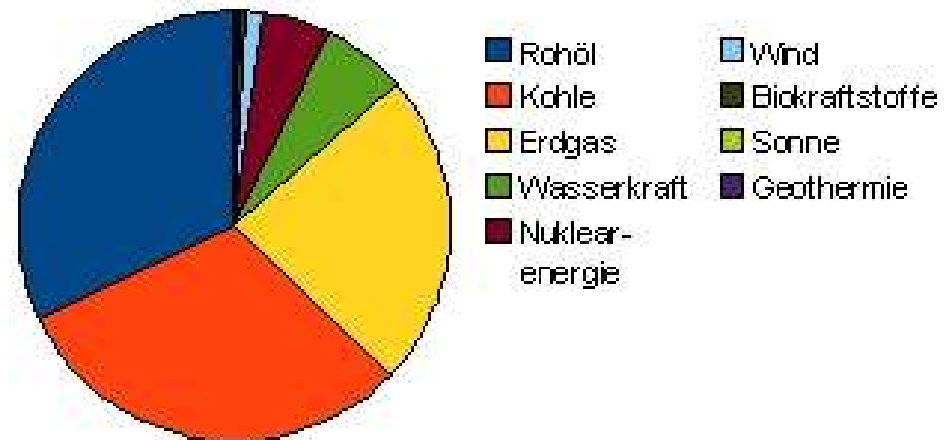
Weltbevölkerung - Energie - Umwelt

Anzahl der Weltbevölkerung steht über Energie- und Stoffproduktion in direktem Zusammenhang mit der Emission von Schadstoffen,
Energie zum Heizen bzw. zum Kühlen!
Stoff- und Energieverbrauch weltweit ungleichmäßig verteilt,
Beachte Lebensstandard, Klimatische Verhältnisse...



Verteilung Energieaufkommen

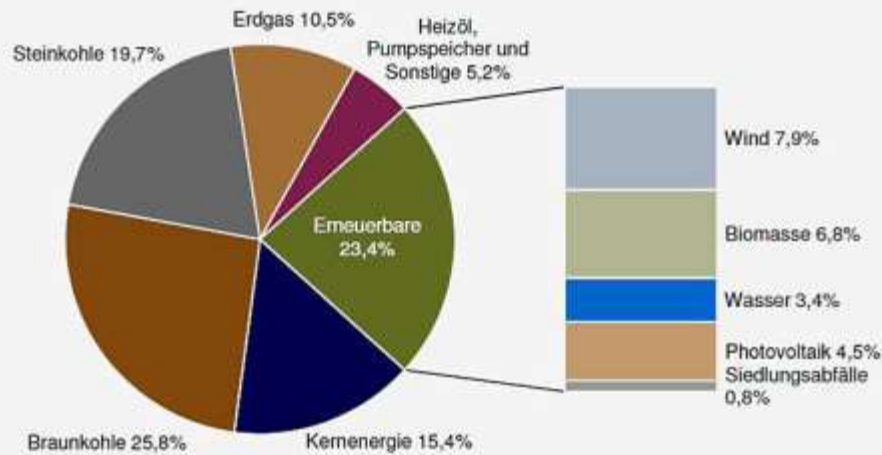
Energieproduktion weltweit
YTD, Stand 1.2.2012



Brutto-Stromerzeugung nach Energieträgern 2013

bdeu
Energie. Wasser. Leben.

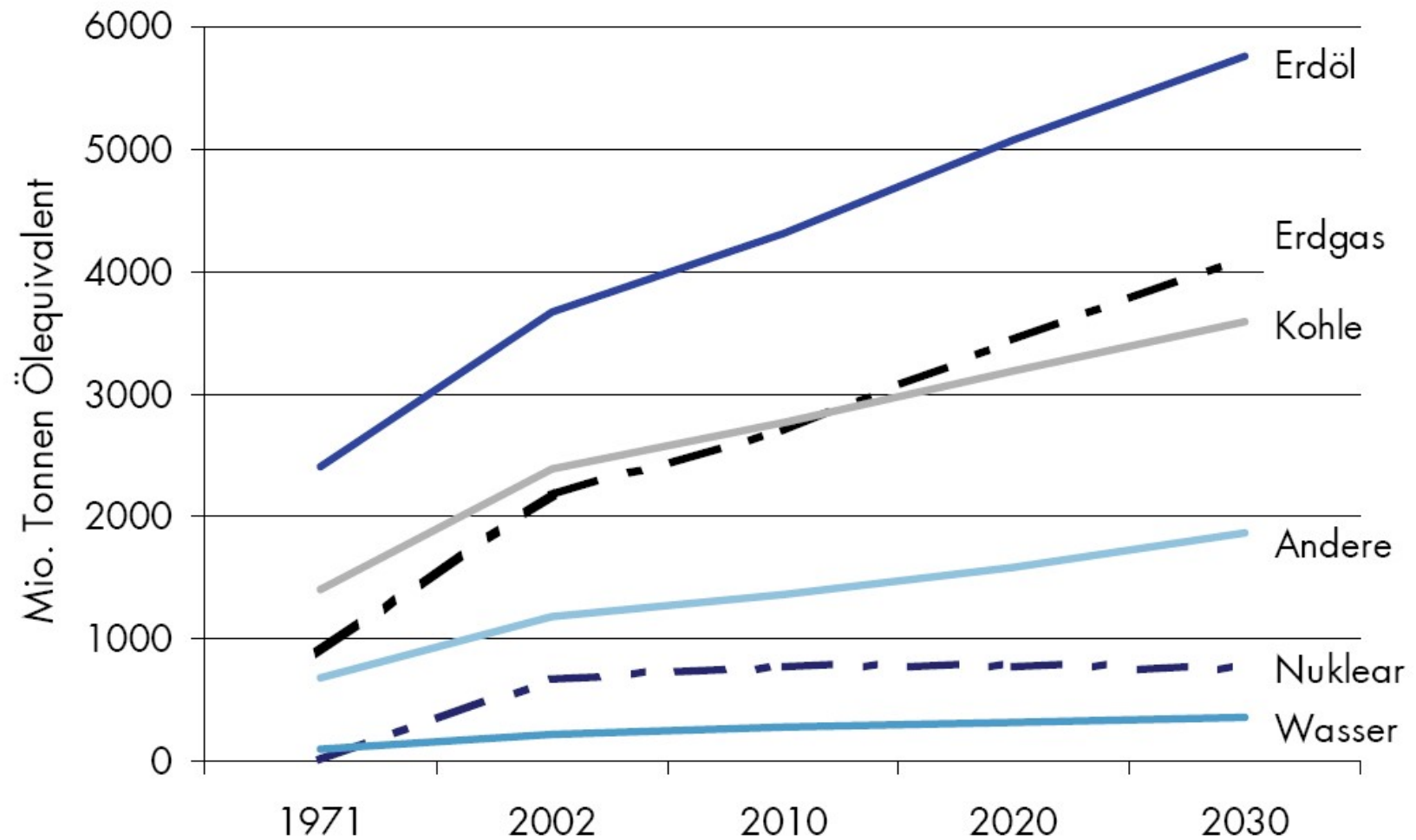
Brutto-Stromerzeugung 2013 in Deutschland: 629 Mrd. Kilowattstunden*



Quellen: BDEW, AG Energiebilanzen Stand: 12/2013

* vorläufig, teilweise geschätzt

Prognose Weltenergieverbrauch

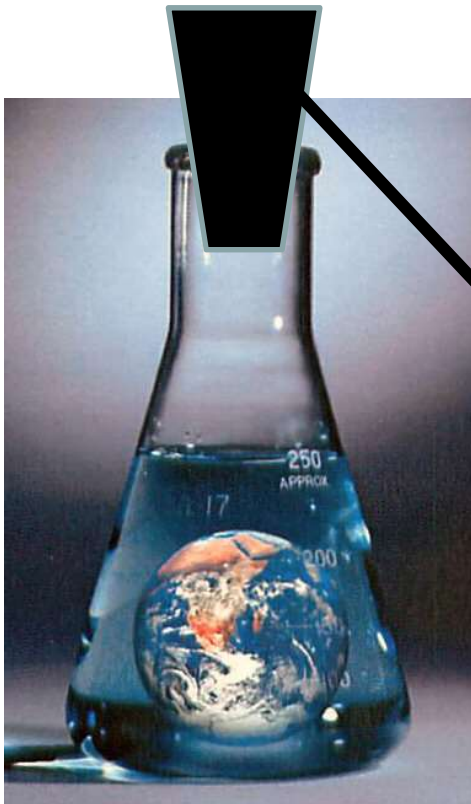


Quelle: World Energy Outlook 2004

Chemie im globalen System Erde

Frage ist zu diskutieren:

Ist nun unsere Erde chemisch ein offenes oder eher ein geschlossenes System?



Erde

Physikalisch:

*ein offenes System im Weltall,
siehe u.a. Strahlungswirkung*

Chemisch:

*ein eher geschlossenes System im Weltall,
siehe u.a. erzeugte Schadstoffe wirken bis zur
Zersetzung innerhalb der Kompartimente*