

# Schwermetalle in P-Düngemitteln

Sylvia Kratz

1. Einleitung
2. Belastung von P-Düngemitteln mit Schwermetallen
3. Risikoregulierung
4. Schlussfolgerung

„Schwermetalle in P-Düngemitteln“

Die Mehrzahl der Elemente des Periodensystems sind Schwermetalle.

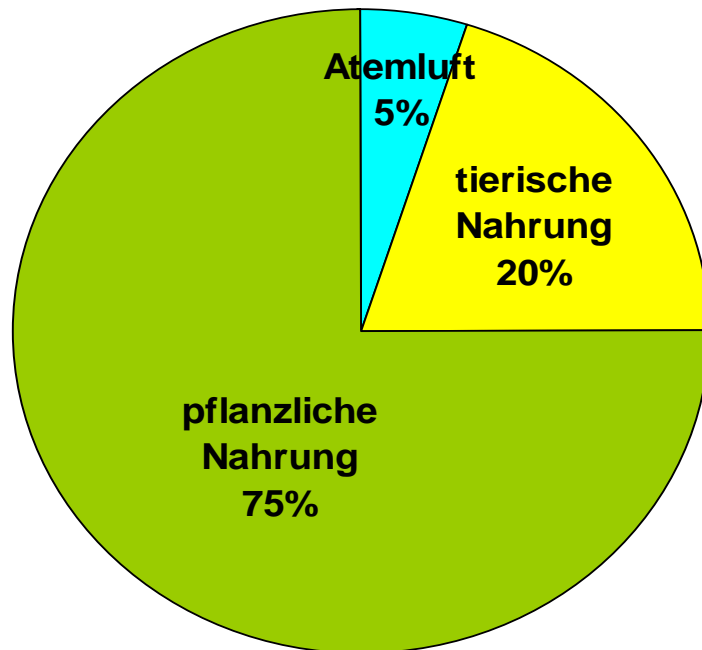
| Gruppe        | IA              | IIA             |    | IIIB             | IVB              | VB               | VIB              | VIIB             | VIII B           |                  |                  | IB              | IIB             | IIIA            | IVA              | VA               | VIA              | VIIA            | VIIIA           |
|---------------|-----------------|-----------------|----|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|
|               | 1               | 2               |    | 3                | 4                | 5                | 6                | 7                | 8                | 9                | 10               | 11              | 12              | 13              | 14               | 15               | 16               | 17              | 18              |
| Periode       |                 |                 |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                 |                 |
| 1             | 1<br><b>H</b>   |                 |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                 | 2<br><b>He</b>  |
| 2             | 3<br><b>Li</b>  | 4<br><b>Be</b>  |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                 | 5<br><b>B</b>   | 6<br><b>C</b>   | 7<br><b>N</b>    | 8<br><b>O</b>    | 9<br><b>F</b>    | 10<br><b>Ne</b> |                 |
| 3             | 11<br><b>Na</b> | 12<br><b>Mg</b> |    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                 | 13<br><b>Al</b> | 14<br><b>Si</b> | 15<br><b>P</b>   | 16<br><b>S</b>   | 17<br><b>Cl</b>  | 18<br><b>Ar</b> |                 |
| 4             | 19<br><b>K</b>  | 20<br><b>Ca</b> |    | 21<br><b>Sc</b>  | 22<br><b>Ti</b>  | 23<br><b>V</b>   | 24<br><b>Cr</b>  | 25<br><b>Mn</b>  | 26<br><b>Fe</b>  | 27<br><b>Co</b>  | 28<br><b>Ni</b>  | 29<br><b>Cu</b> | 30<br><b>Zn</b> | 31<br><b>Ga</b> | 32<br><b>Ge</b>  | 33<br><b>As</b>  | 34<br><b>Se</b>  | 35<br><b>Br</b> | 36<br><b>Kr</b> |
| 5             | 37<br><b>Rb</b> | 38<br><b>Sr</b> |    | 39<br><b>Y</b>   | 40<br><b>Zr</b>  | 41<br><b>Nb</b>  | 42<br><b>Mo</b>  | 43<br><b>Tc</b>  | 44<br><b>Ru</b>  | 45<br><b>Rh</b>  | 46<br><b>Pd</b>  | 47<br><b>Ag</b> | 48<br><b>Cd</b> | 49<br><b>In</b> | 50<br><b>Sn</b>  | 51<br><b>Sb</b>  | 52<br><b>Te</b>  | 53<br><b>I</b>  | 54<br><b>Xe</b> |
| 6             | 55<br><b>Cs</b> | 56<br><b>Ba</b> | *  | 71<br><b>Lu</b>  | 72<br><b>Hf</b>  | 73<br><b>Ta</b>  | 74<br><b>W</b>   | 75<br><b>Re</b>  | 76<br><b>Os</b>  | 77<br><b>Ir</b>  | 78<br><b>Pt</b>  | 79<br><b>Au</b> | 80<br><b>Hg</b> | 81<br><b>Tl</b> | 82<br><b>Pb</b>  | 83<br><b>Bi</b>  | 84<br><b>Po</b>  | 85<br><b>At</b> | 86<br><b>Rn</b> |
| 7             | 87<br><b>Fr</b> | 88<br><b>Ra</b> | ** | 103<br><b>Lr</b> | 104<br><b>Rf</b> | 105<br><b>Db</b> | 106<br><b>Sg</b> | 107<br><b>Bh</b> | 108<br><b>Hs</b> | 109<br><b>Mt</b> | 110<br><b>Ds</b> | 111<br>Uuu      | 112<br>Uub      | 113<br>Uut      | 114<br>Uuq       | 115<br>Uup       | 116<br>Uuh       | 117<br>Uus      | 118<br>Uuo      |
| *Lanthanoiden |                 |                 | *  | 57<br><b>La</b>  | 58<br><b>Ce</b>  | 59<br><b>Pr</b>  | 60<br><b>Nd</b>  | 61<br><b>Pm</b>  | 62<br><b>Sm</b>  | 63<br><b>Eu</b>  | 64<br><b>Gd</b>  | 65<br><b>Tb</b> | 66<br><b>Dy</b> | 67<br><b>Ho</b> | 68<br><b>Er</b>  | 69<br><b>Tm</b>  | 70<br><b>Yb</b>  |                 |                 |
| **Actinoiden  |                 |                 | ** | 89<br><b>Ac</b>  | 90<br><b>Th</b>  | 91<br><b>Pa</b>  | 92<br><b>U</b>   | 93<br><b>Np</b>  | 94<br><b>Pu</b>  | 95<br><b>Am</b>  | 96<br><b>Cm</b>  | 97<br><b>Bk</b> | 98<br><b>Cf</b> | 99<br><b>Es</b> | 100<br><b>Fm</b> | 101<br><b>Md</b> | 102<br><b>No</b> |                 |                 |

|             |  |
|-------------|--|
| <b>Li</b>   | Metalle                                      |
| <b>Fr</b>   | Metalle mit unbekannter Dichte               |
| <b>B</b>    | Metalloide                                   |
| <b>V Ge</b> | Metall(oid)e mit Dichte > 5g/cm <sup>3</sup> |

|           |               |
|-----------|---------------|
| <b>H</b>  | Nicht-Metalle |
| <b>F</b>  | Halogene      |
| <b>He</b> | Edelgase      |

## Schwermetalle gelangen über Pflanzen in die Nahrungskette.

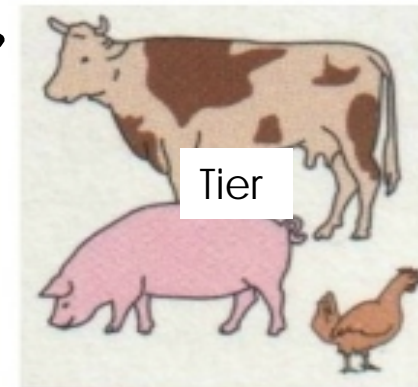
Quellen vom Menschen  
aufgenommener Schwermetalle



Datenquelle: Hirner et al., 2000

Schutzgüter:

Gesundheit von...



Pflanze

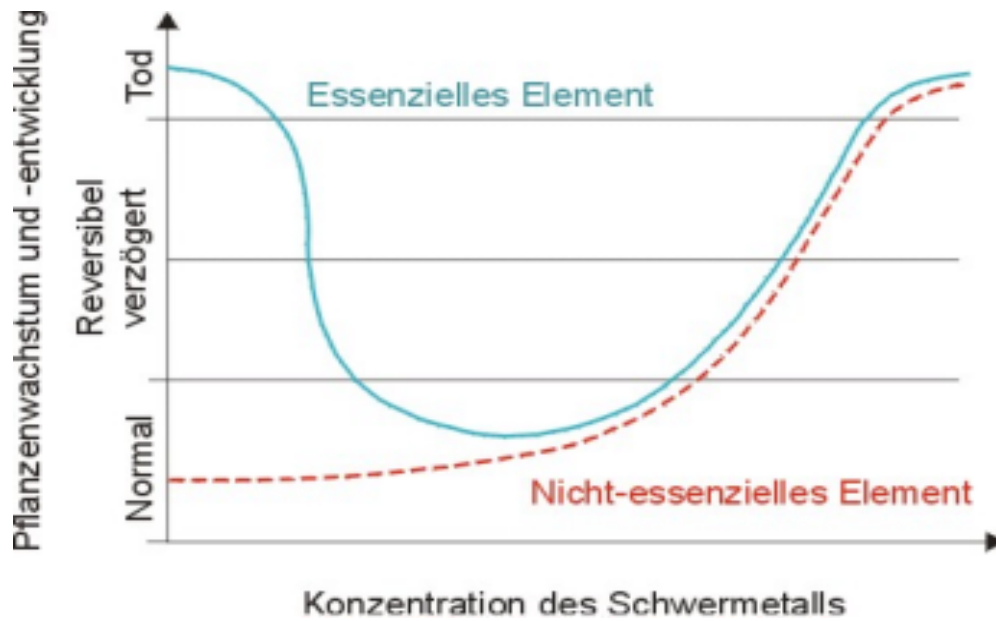


Nahrungs- und Futtermittelqualität

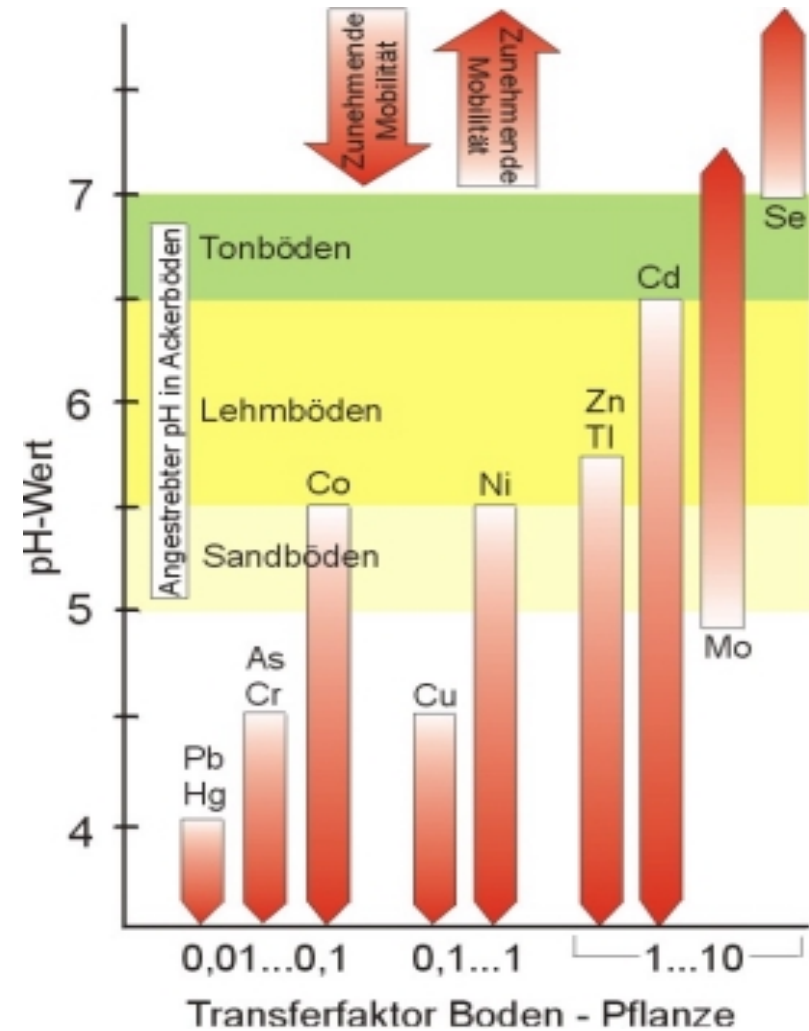
Bodenfruchtbarkeit

„Schwermetalle in P-Düngemitteln“

Schwermetalle sind für Pflanzen essenziell und toxikologisch relevant.



Aus: Kabata-Pendias, 2001



Aus: Hintermaier-Erhard & Zech, 1997

## Schwermetalle können toxisch für Tier und Mensch sein.

**Akute Toxizität:** Schädwirkung ausgelöst durch die Aufnahme einer einmaligen hohen Dosis

**Chronische Toxizität:** schädliche Wirkung bei wiederholter Aufnahme kleiner (nicht akut toxischer) Dosen über längere Zeit (Monate, Jahre)

- durch Anreicherung eines Stoffes im Organismus oder
- durch Summierung toxischer Einzelereignisse im Zielorgan

## Chronische Schäden beim Menschen durch Schwermetalltoxizität:

Funktionsstörungen des Magen-Darm-Traktes (generell)

Funktionsstörungen der Leber: As, Bi, Cr, Cu, Fe, Mn, Sb

Funktionsstörungen der Niere: Au, Cd, Hg, Pb, U

Störungen des blutbildenden Systems: As, Pb

Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems: As, Bi, Pb

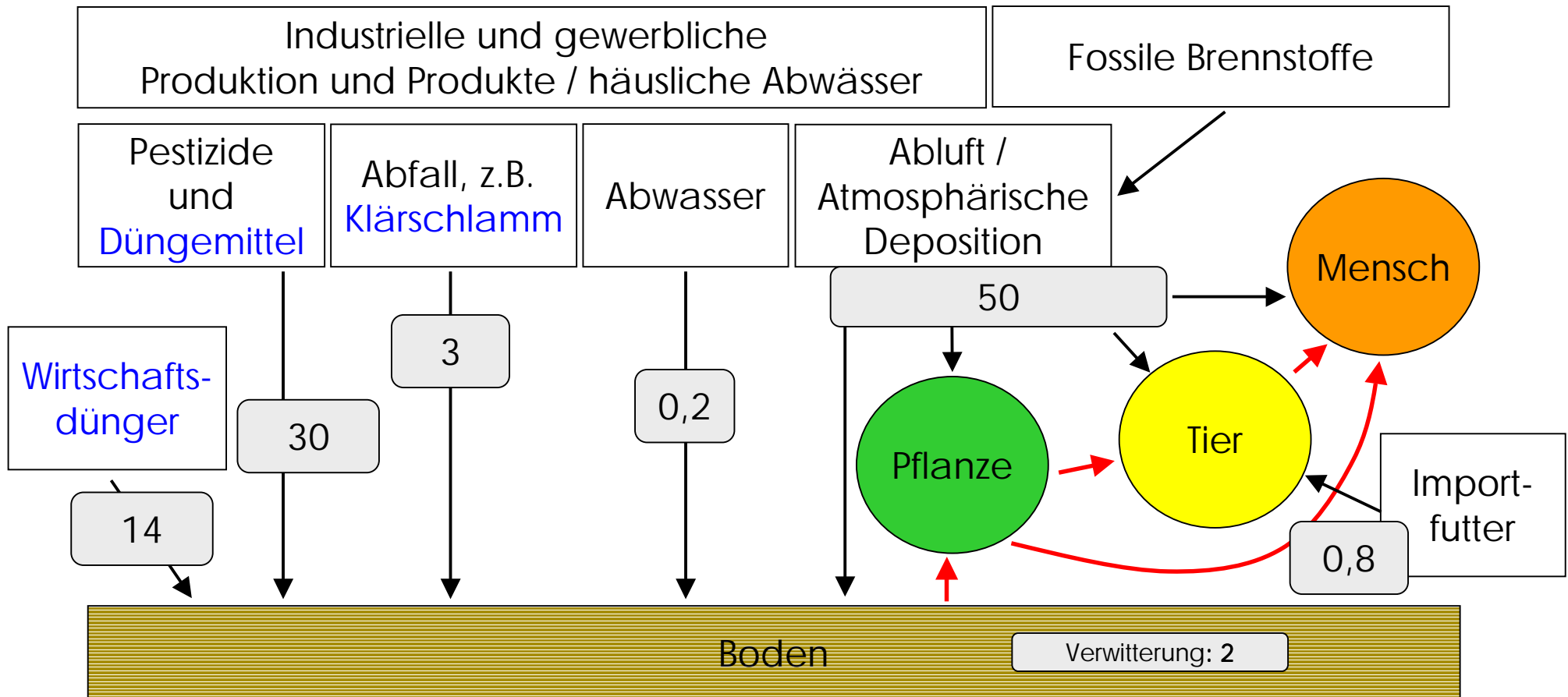
Schäden des zentralen und peripheren Nervensystems: As, Hg, Mn, Pb, Tl,  
Organozinnverbindungen

Mutagenität: As, Cr, Hg

Teratogenität: Hg, Pb

Kanzerogenität: As, Be, Cd, Cr, Ni, U

Schwermetalle in der Nahrung kommen aus vielfältigen Quellen.



Einträge Cd (% Gesamteintrag) in das System Boden-Pflanze-Tier/Mensch

nach Sauerbeck, 1985 (verändert), Daten Cd: Wilcke & Döhler, 1995



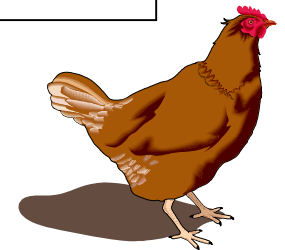
Alle P-Düngemittel enthalten Schwermetalle.

Sedimentäre und mag-  
matische Rohphosphate  
Ag, As, Cd, Mo, Pb, Sr, U, V,  
Zn, Seltene Erden



Futtermittelzusätze als  
Wachstums-förderer  
in der Mast (As), Cu,  
Zn

Häusliche und industrielle Abwässer  
Ag, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Tl, Pb, V, Zn, u. v.m.



Mineralischer  
P-Dünger

Klärschlamm

Wirtschaftsdünger  
insbes. Schweine-  
und Hühnergülle

**Schwermetallgehalte in Rohphosphaten hängen stark von deren Herkunft ab.**

| mg/kg     | <i>Rohphosphate</i> |      |         |      |                   |      | <i>Hintergrundwerte für Böden (LABO)</i> |      |                 |      |                             |      |
|-----------|---------------------|------|---------|------|-------------------|------|--|------|-----------------|------|-----------------------------|------|
|           | <i>sedimentär</i>   |      |         |      | <i>magmatisch</i> |      | Sand                                     | Löss |                 |      |                             |      |
|           | USA                 |      | Marokko |      | China             |      |  |      | Mittlerer Osten |      | Russland (Kola)             |      |
| von       | bis                 | von  | bis     | von  | bis               | von  | bis                                      | von  | bis             |      |                             |      |
| <b>As</b> | 7                   | 24   | 9,2     | 13   | 9                 | 26   | 2,1                                      | 35   | 1               | 10   | 2                           | 8    |
| <b>Cd</b> | 6,1                 | 92   | 15      | 38   | <2                | 2,5  | 1,5                                      | 35   | 0,1             | 1,3  | <0,3                        | <0,3 |
| <b>Cr</b> | 60                  | 637  | 75      | 279  | 18                | 33   | 25                                       | 230  | 13              |      | 17                          | 120  |
| <b>Cu</b> | 9,6                 | 23   | 1       | 22   |                   |      | 5  | 31   | 15              | 30   | 7                           | 18   |
| <b>Hg</b> | 0,05                | 0,29 | 0,04    | 0,86 | 0,005             | 0,21 | 0,002                                    | 0,02 | 0,004           | 0,01 | 0,05                        | 0,12 |
| <b>Ni</b> | 17                  | 37   |         | 26   |                   |      | 20                                       | 80   | 2               | 15   | 4                           | 28   |
| <b>Pb</b> | 4,6                 | 17   | 7       | 14   | 1,5               | 6    | 1  | 33   | 1,8             | 33   | 20                          | 43   |
| <b>V</b>  | 23                  | 769  | 87      | 200  | 8                 | 80   | 59                                       | 303  | 100             |      | 23                          | 69   |
| <b>Zn</b> | 204                 | 382  |         | 261  |                   |      | 29                                       | 630  | 19              | 23   | 25                          | 73   |
| <b>U</b>  | 65                  | 180  | 75      | 155  | 23                | 31   | 40                                       | 170  | 10              | 28   | Böden weltweit:<br>0,8 - 11 |      |

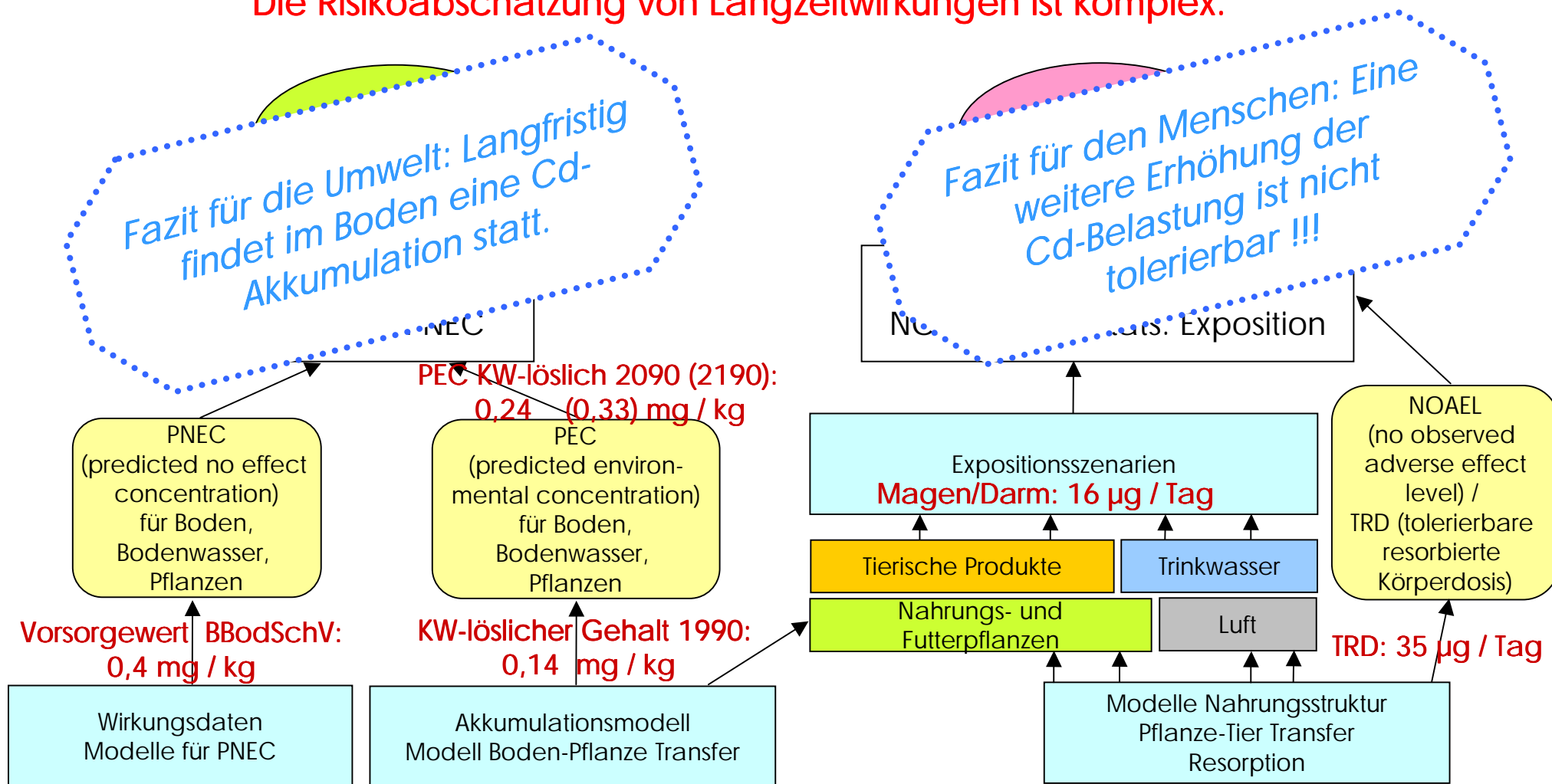
Die Zufuhr von Schwermetallen je kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> hängt von der Art des P-Düngers ab.

|                  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | As                                  | Cd | Cr   | Cu   | Hg    | Ni  | Pb   | Tl   | Zn    | U    |
|------------------|-------------------------------|-------------------------------------|----|------|------|-------|-----|------|------|-------|------|
|                  | % TM                          | mg/kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |    |      |      |       |     |      |      |       |      |
| Superphosphat    | 46                            | k.D.                                | 33 | 1006 | 125  | k.D.  | 81  | <6   | k.D. | 767   | 313  |
| TSP              | 18                            | 12                                  | 67 | 652  | 50   | 0,09  | 67  | <2   | 5    | 974   | 504  |
| Weicherdiges RP  | 28,5                          | k.D.                                | 40 | 561  | 56   | k.D.  | 54  | 6    | k.D. | 751   | 316  |
| NP (DAP)         | 46                            | 7                                   | 26 | 307  | 48   | <0,02 | 55  | <2   | 2,1  | 439   | 430  |
| Klärschlamm      | 4,4                           | 30                                  | 25 | 868  | 8820 | 19    | 560 | 1089 | 33   | 18450 | 306  |
| Schweinegülle    | 5,2                           | 63                                  | 7  | 113  | 5499 | 0,5   | 185 | 140  | 0,4  | 18998 | k.D. |
| Hühnerfestmist   | 5                             | 7                                   | 6  | 192  | 1536 | 5     | 202 | 79   | k.D. | 8204  | k.D. |
| Hühnertrockenkot | 3,6                           | k.D.                                | 6  | 157  | 2210 | 1     | 133 | 72   | k.D. | 10553 | k.D. |
| Rindergülle      | 1,9                           | 29                                  | 16 | 259  | 2533 | 2     | 275 | 291  | 2    | 12286 | k.D. |

Daten für Mineraldünger aus Boysen, 1992, Heiland, 1986, Raven & Loeppert, 1997, Severin et al., 1990, UBA-Texte 59/01, P-Gehalte in Mineraldüngern nach Schilling, 2000; Daten für organische Dünger aus Datenbank FAL-PB (zahlreiche Quellen);

k.D. = keine Daten verfügbar

Die Risikoabschätzung von Langzeitwirkungen ist komplex.



Ablaufschema einer Risikoabschätzung am Beispiel Cd, nach Schütze et al., 2003

## Handlungsoptionen zur Begrenzung von Schadstoffeinträgen nach LABO (1995):

1. **Vermeidung** von Stoffeinträgen („Null-Option“)
2. **Erhaltung des Status quo**,
  - a) **systemorientiert („Eintrag gleich Austrag“)**: Begrenzung der Schadstoffeinträge auf ein Gleichgewicht mit tolerierbaren Austrägen
  - b) **produktorientiert („Gleiches zu Gleichem“)**: Begrenzung der Schadstoffeinträge auf ein Gehaltsniveau, das dem des Aufbringungsstandortes entspricht
3. **Aufstellung von Konventionen über vorläufig tolerierbare Anreicherungen und Schadstoffeinträge unter definierten Randbedingungen**

Beschluss der gemeinsamen Agrar- und Umweltministerkonferenz am  
13. Juni 2001 in Potsdam:

„Wegen der besonderen Bedeutung der landwirtschaftlichen Böden für die Produktion gesunder Nahrungsmittel (ist) **aus Vorsorgegründen** sicher zu stellen, dass es durch Bewirtschaftungsmaßnahmen (insbesondere durch Aufbringung von Klärschlamm, Gülle und anderen Wirtschaftsdüngern, mineralischem Dünger und Kompost) zu **keiner Anreicherung von Schadstoffen** im Boden kommt.“

Von der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (Brundtland-Report, 1987) wurde der Begriff der „nachhaltigen Entwicklung“ geprägt:

„Sustainable development meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.“

Nachhaltig ist eine Entwicklung, „die den **Bedürfnissen der heutigen Generation** entspricht, ohne die **Möglichkeiten künftiger Generationen** zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen.“

Übersetzt nach  
<http://www.nachhaltigkeit.aachener-stiftung.de>

Foto: <http://www.kurberatung.de>



## Schlussfolgerung

Die einzig konsequente Umsetzung des Vorsorgeprinzips im Sinne einer nachhaltigen landwirtschaftlichen Praxis liegt darin, betriebliche Nährstoff- um Schadstoffbilanzen zu erweitern und das Düngemanagement künftig qualitativ (Wahl des Düngemittels) wie quantitativ (Aufbringungsmengen) an die Handlungsoption „Erhaltung des Status quo“ anzupassen.