Unsicherheit als Risikoindikator

Erfahrungen mit der Risikoanalyse von Antifouling-Bioziden

Systemwissenschaftliches Kolloquium

30.10.2003

Dr. Johannes Ranke

jranke@uni-bremen.de

UFT

Zentrum für Umweltforschung und Umwelttechnologie

Überblick

- Was sind Risiken von Chemikalien?

Überblick

- Was sind Risiken von Chemikalien?
- Die klassische Risikoanalyse

Überblick

- Was sind Risiken von Chemikalien?
- Die klassische Risikoanalyse
- Vorsorgeorientierte Risikoindikatoren

Überblick

- Was sind Risiken von Chemikalien?
- Die klassische Risikoanalyse
- Vorsorgeorientierte Risikoindikatoren
- Vergleichende Risikoanalysen

Was sind Risiken von Chemikalien?

Risiko

- Relevanz von zukünftigen Schäden

Risiko

- Relevanz von zukünftigen Schäden
- Zurechnung zu einer bewussten Entscheidung

Risiko

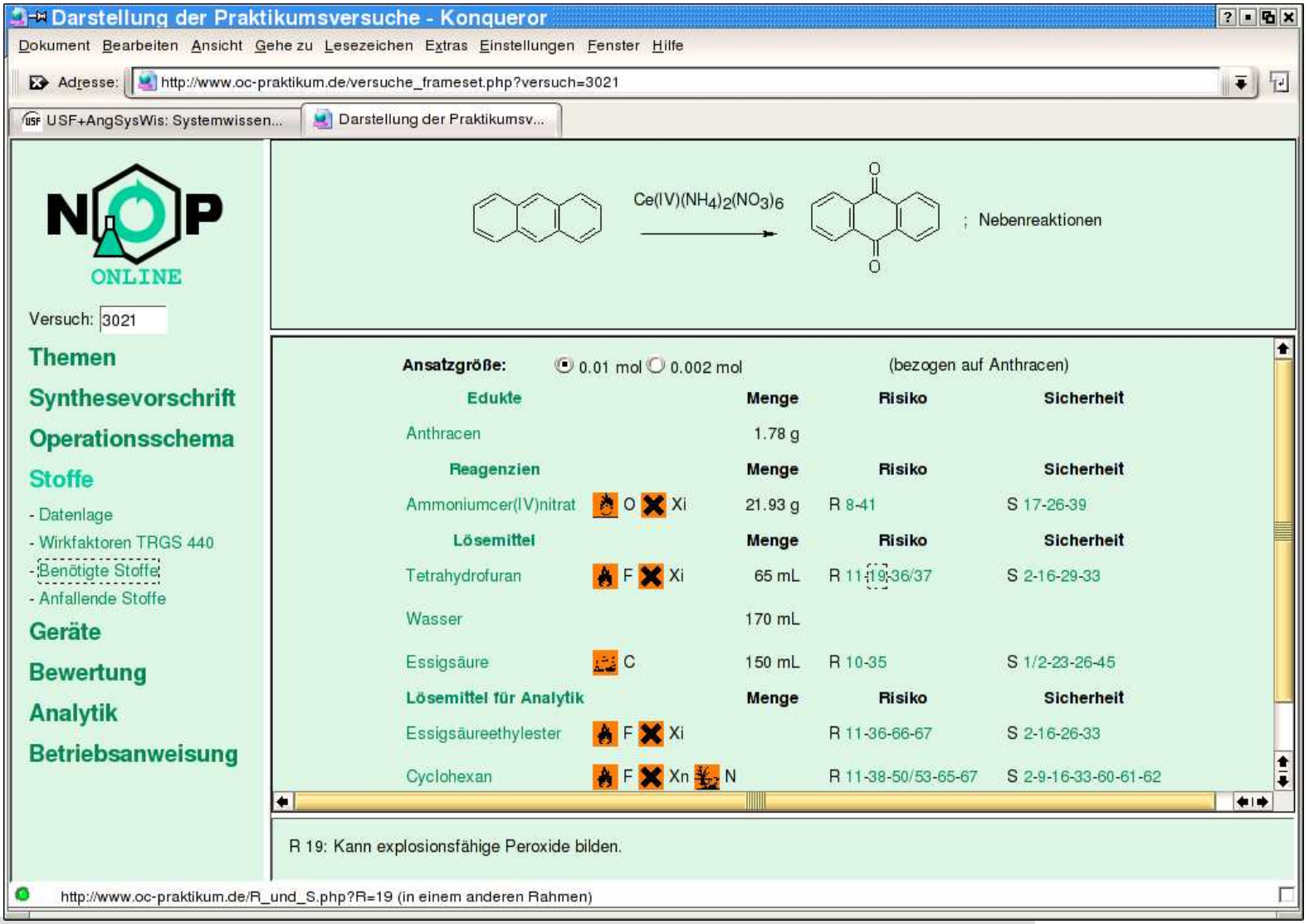
- Relevanz von zukünftigen Schäden
- Zurechnung zu einer bewussten Entscheidung

vgl. Gefahr: potentielle zukünftige Schäden, aber nicht zurechenbar auf eine Entscheidung

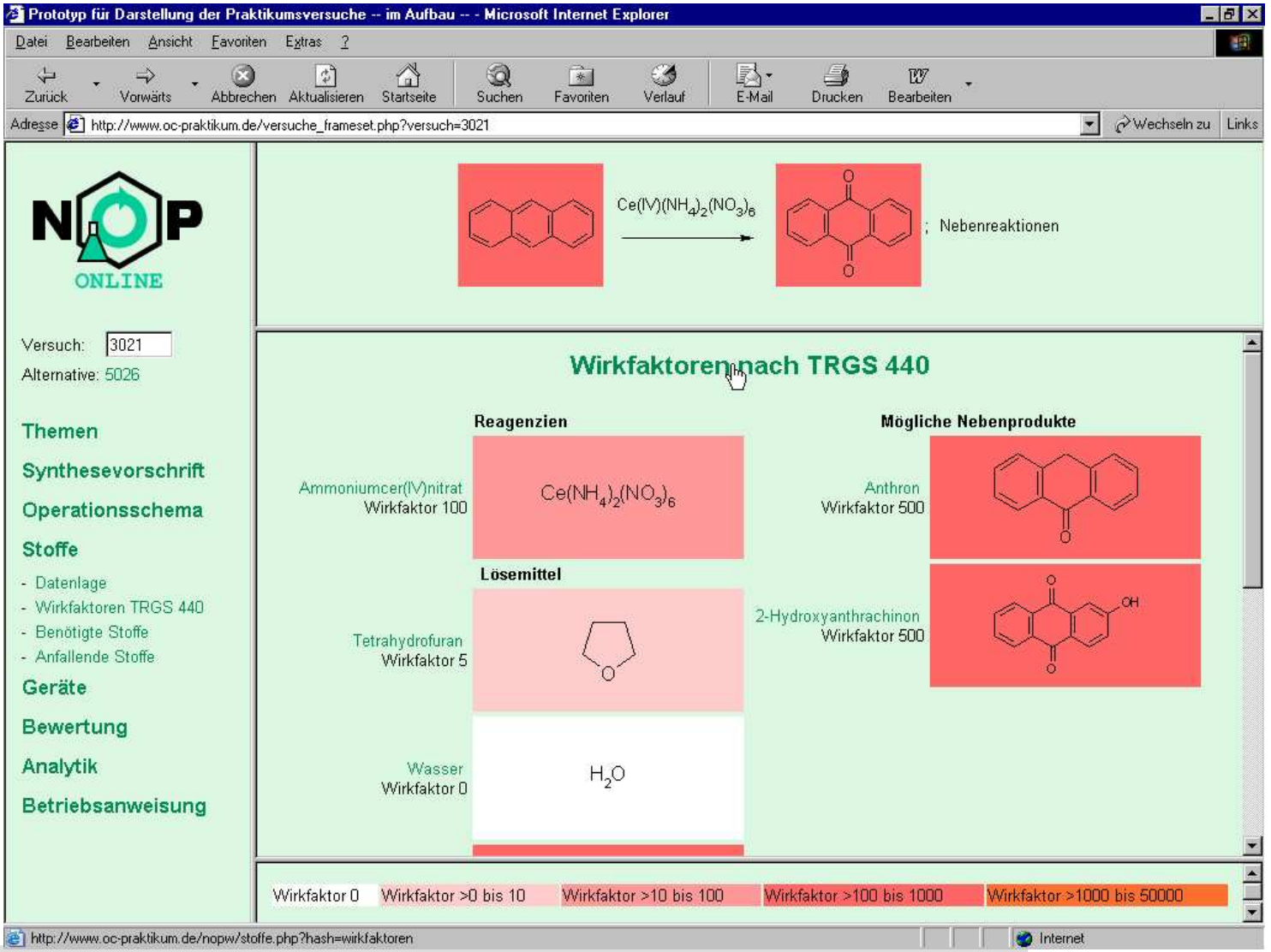
Chemikalienrisiken

Entscheidung	Akteur	Risikoinformation
Umgang im Labor	Schüler	R-Sätze
Einschränkung	Staat	Risikoanalysen
Vermarktung	Firma	?

NOP - www.oc-praktikum.de



NOP - Wirkfaktoren



Risikoanalyse

- Technical Guidance Documents (2003)

Risikoanalyse

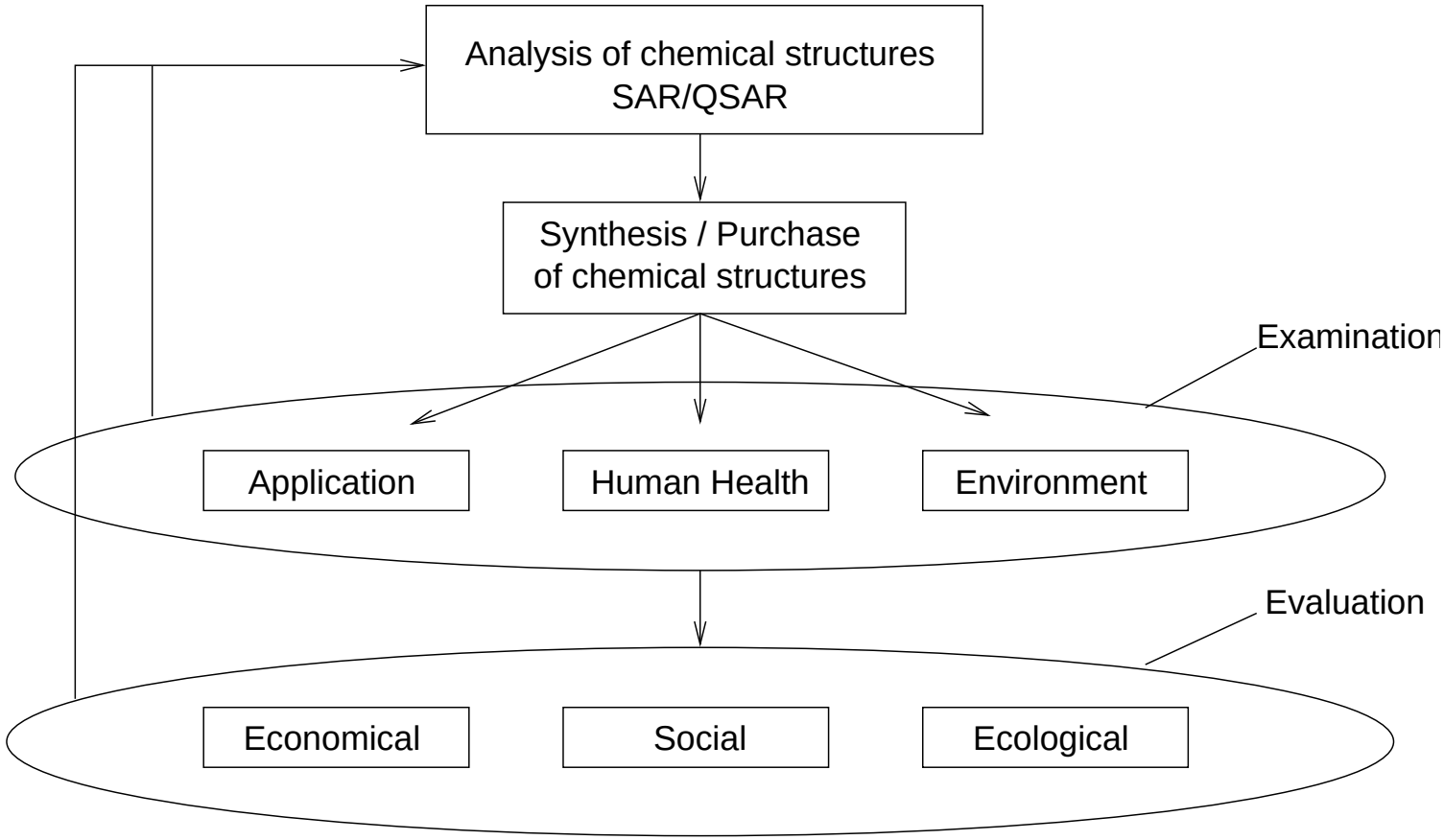
- Technical Guidance Documents (2003)
- EUSES 3.0

Risikoanalyse

- Technical Guidance Documents (2003)
- EUSES 3.0

$$R = \frac{PEC}{PNEC}$$

Sustainable Product Design

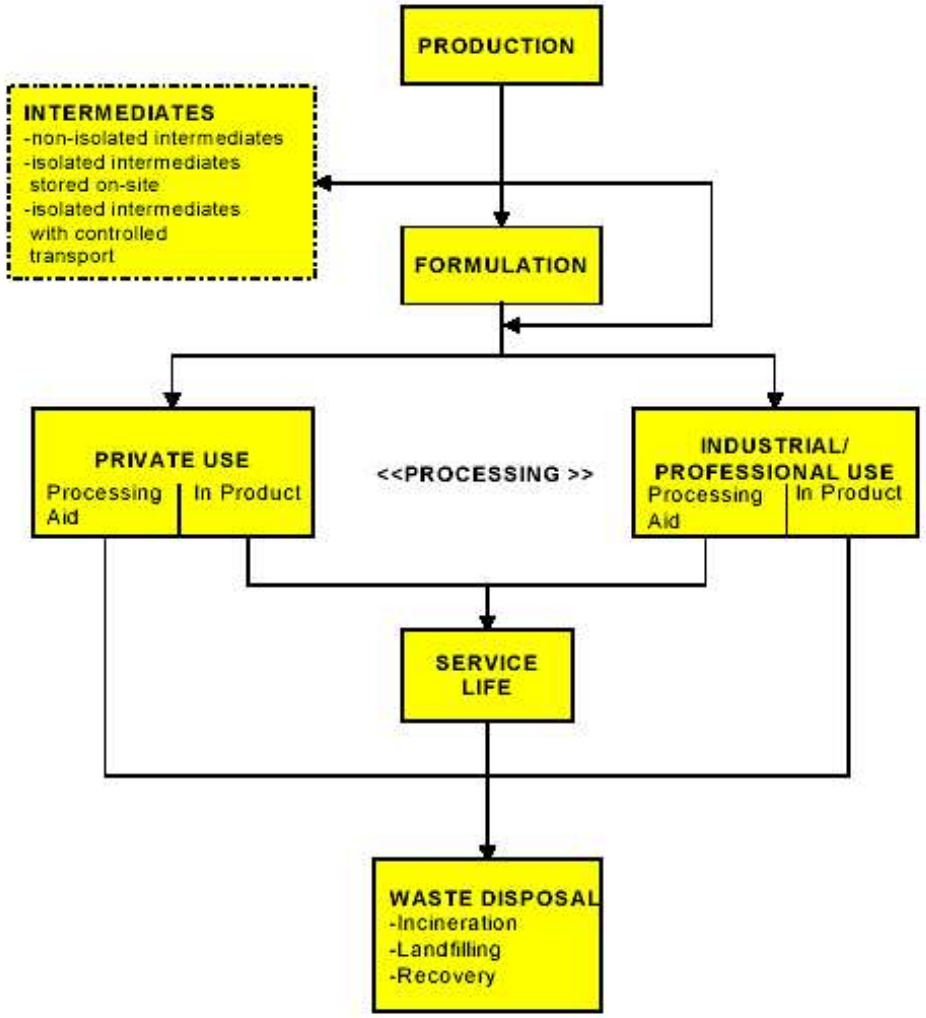


Die klassische Risikoanalyse

Risikoanalyse nach TGD

1. Assessment of effects, comprising
   - Hazard identification: adverse effects which a substance has an inherent capacity to cause
   - Dose (concentration) - response (effects) assessment $\rightarrow$ *PNEC*
2. Exposure assessment (aquatic, terrestrial, air) $\rightarrow$ *PEC*
3. Risk characterization *R*

Lebenszyklus einer Chemikalie



Expositionsanalyse

- PEC_{local}, $PEC_{regional}$

Expositionsanalyse

- PEC_{local}, $PEC_{regional}$
- Aquatisches Oberflächenwasser, aquatisches Sediment, landw. Boden, Grundwasser, Luft, Kläranlage

Expositionsanalyse

- PEC_{local}, $PEC_{regional}$
- Aquatisches Oberflächenwasser, aquatisches Sediment, landw. Boden, Grundwasser, Luft, Kläranlage
- "Realistic worst case" - Annahmen

Wirkungsanalyse

A PNEC is a regarded as a concentration below which an unacceptable effect will most likely not occur

- Aquatisches Kompartiment, Sediment, Boden, Luft, Kläranlage, Nahrung (Fische, Regenwürmer)

Wirkungsanalyse

A PNEC is a regarded as a concentration below which an unacceptable effect will most likely not occur

- Aquatisches Kompartiment, Sediment, Boden, Luft, Kläranlage, Nahrung (Fische, Regenwürmer)
- EC_{50} and NOEC values

Wirkungsanalyse

A PNEC is a regarded as a concentration below which an unacceptable effect will most likely not occur

- Aquatisches Kompartiment, Sediment, Boden, Luft, Kläranlage, Nahrung (Fische, Regenwürmer)
- EC_{50} and NOEC values
- Assessment factors

Umgang mit Unsicherheiten

- Data selection

Umgang mit Unsicherheiten

- Data selection
- "Realistic worst case" - Annahmen

Umgang mit Unsicherheiten

- Data selection
- "Realistic worst case" - Annahmen
- Assessment factors

Umgang mit Unsicherheiten

- Data selection
- "Realistic worst case" - Annahmen
- Assessment factors
- Probabilistische Risikoanalyse

Umgang mit Unsicherheiten

- Data selection
- "Realistic worst case" - Annahmen
- Assessment factors
- Probabilistische Risikoanalyse

Aus den Endergebnissen, den Risikoquotienten R, ist die Unsicherheit nicht ersichtlich!

Vorsorgeorientierte Risikoindikatoren

Scheringers Ansatz

- Umweltsysteme sind überkomplex

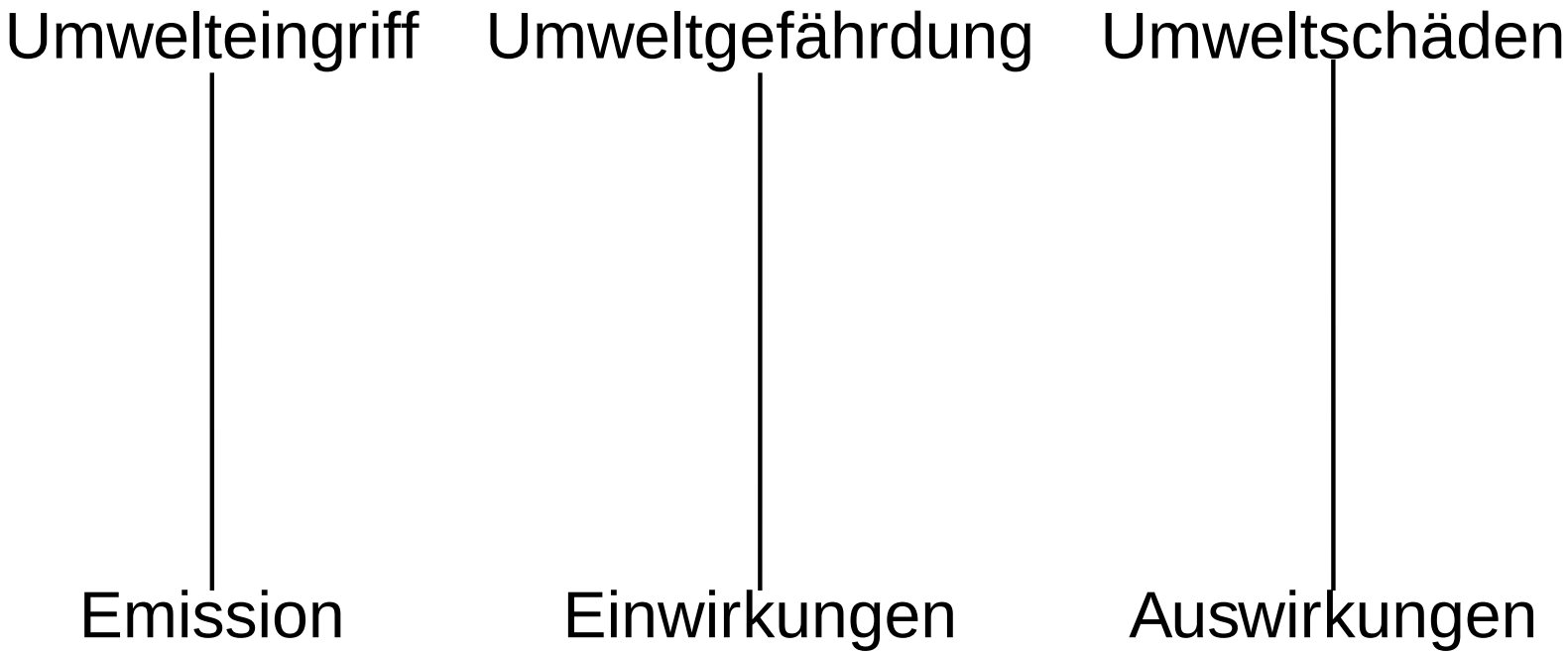
Scheringers Ansatz

- Umweltsysteme sind überkomplex
- Umweltsysteme sind normativ unbestimmt

Scheringers Ansatz

- Umweltsysteme sind überkomplex
- Umweltsysteme sind normativ unbestimmt
- Vorsorgeprinzip

Ereignisablauf



PBT-Stoffe

PBT-Stoffe sind persistent, bioakkumulierend und toxisch

- UNEP Chemicals Program

PBT-Stoffe

PBT-Stoffe sind persistent, bioakkumulierend und toxisch

- UNEP Chemicals Program
- Canadas Toxic Substance Management

PBT-Stoffe

PBT-Stoffe sind persistent, bioakkumulierend und toxisch

- UNEP Chemicals Program
- Canadas Toxic Substance Management
- Marine environmental risk assessment (TGD 2003)

PBT-Stoffe

PBT-Stoffe sind persistent, bioakkumulierend und toxisch

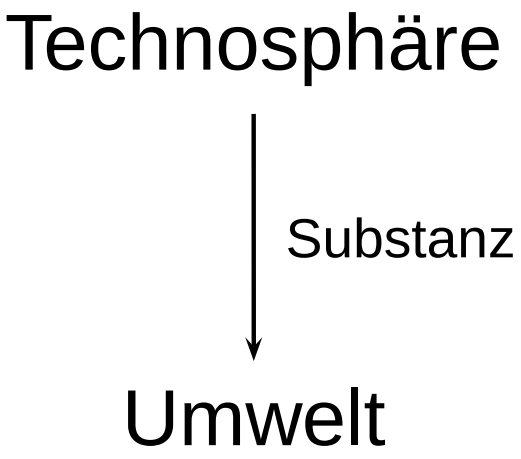
- UNEP Chemicals Program
- Canadas Toxic Substance Management
- Marine environmental risk assessment (TGD 2003)
- Weißbuch der Europäischen Union

Umweltrisiken von Chemikalien

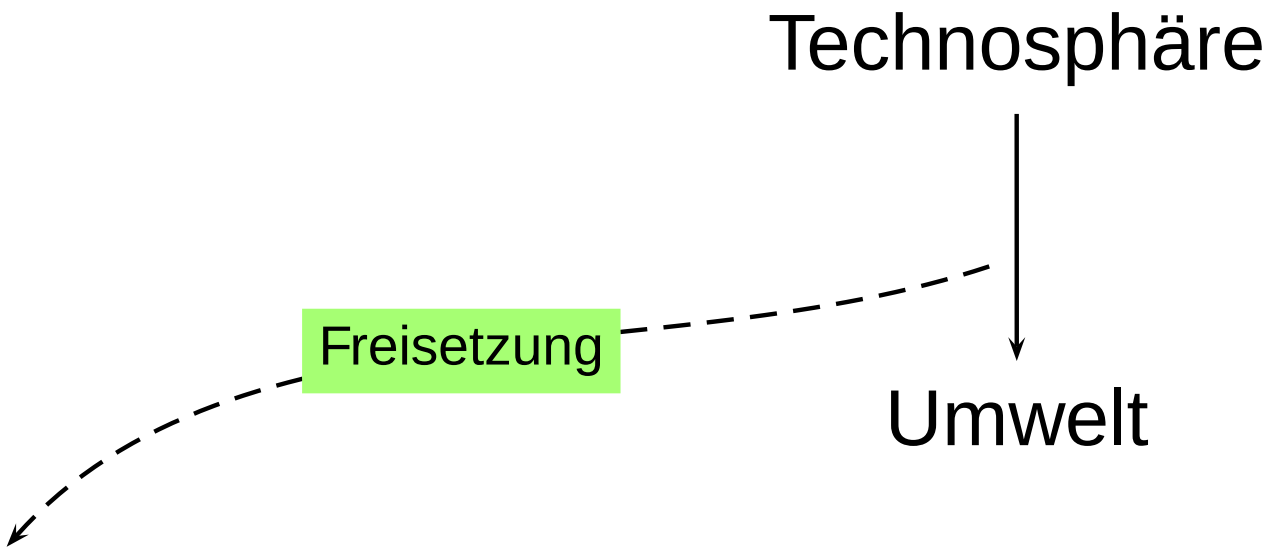
Technosphäre

Umwelt

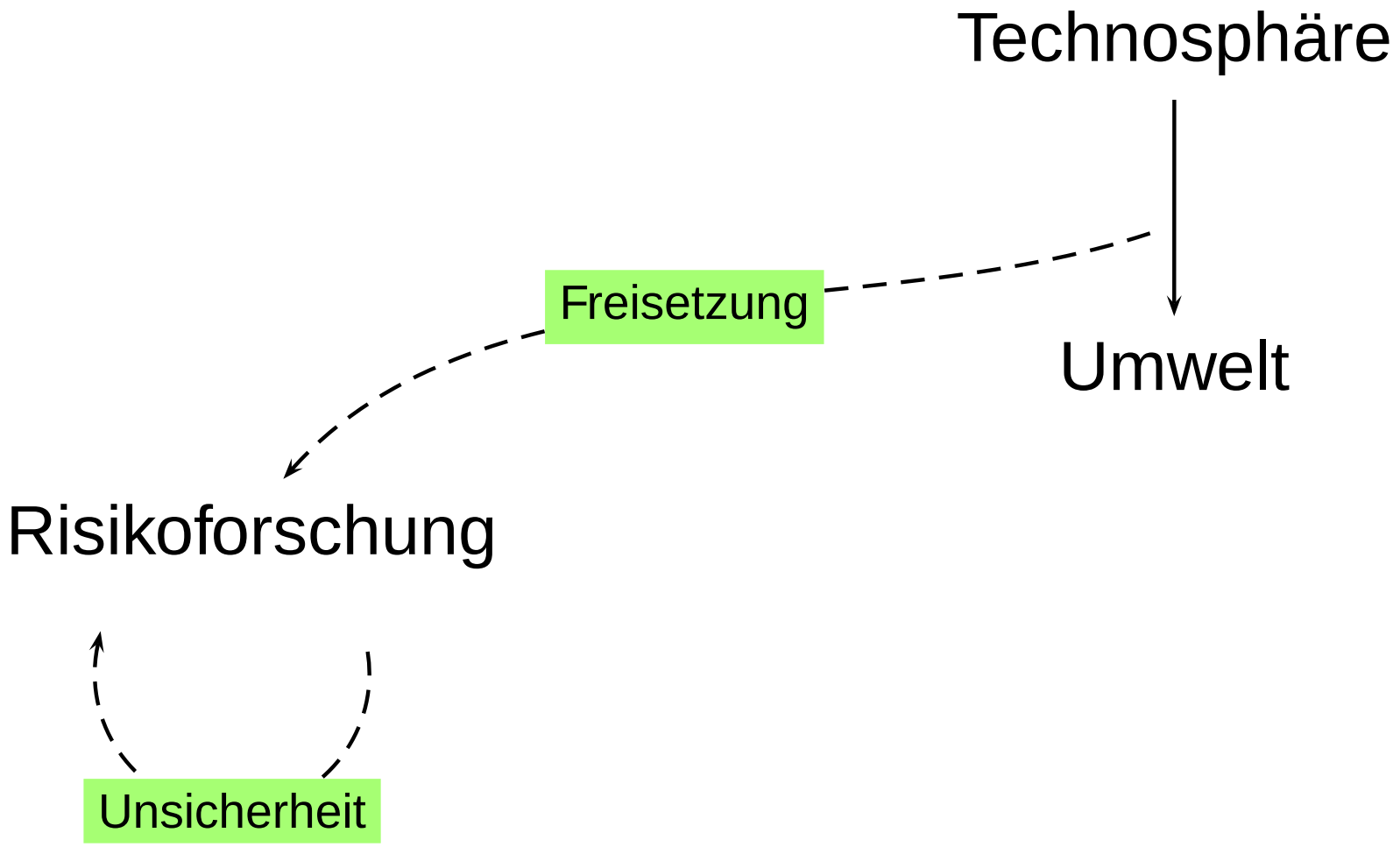
Umweltrisiken von Chemikalien



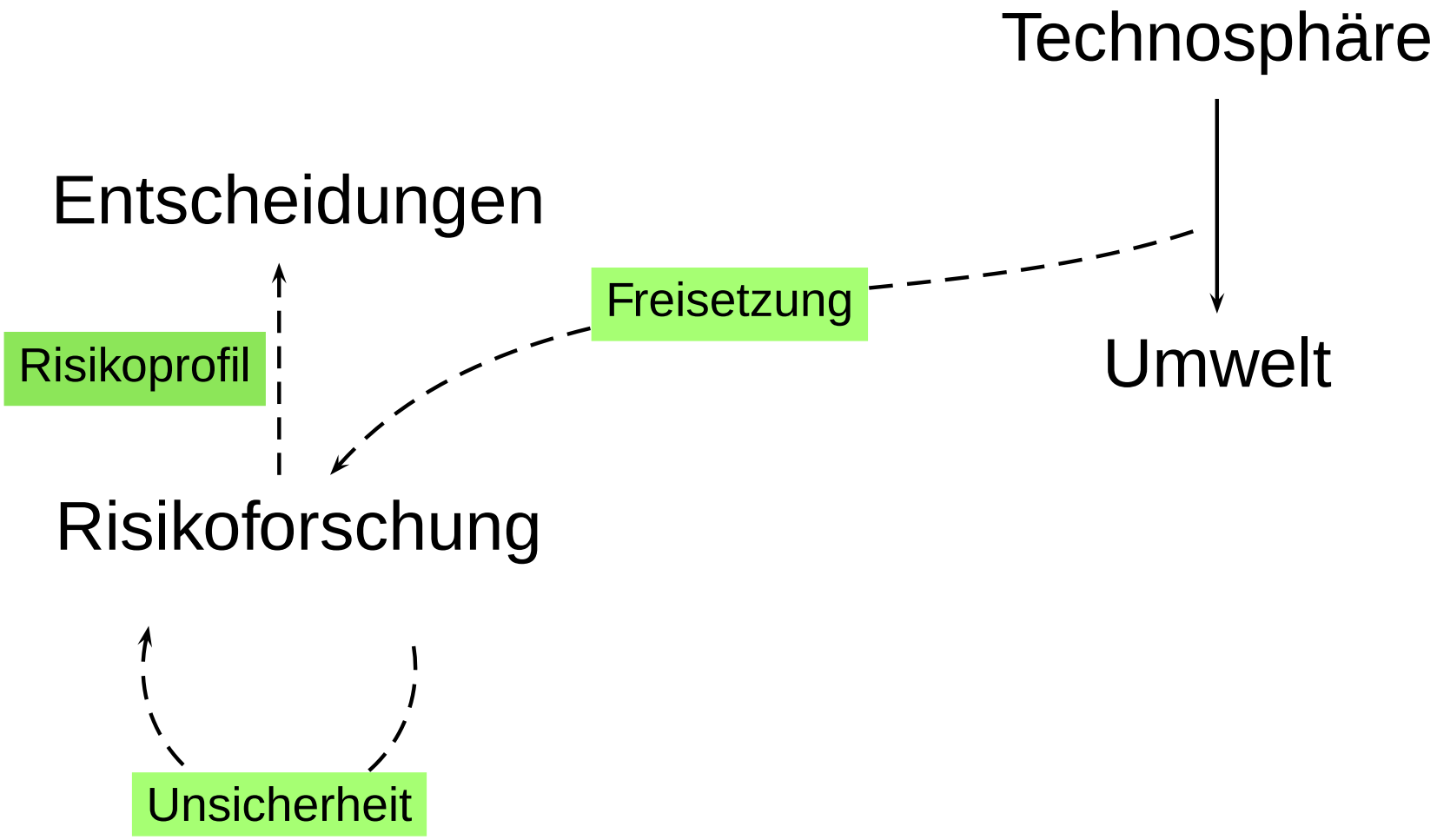
Umweltrisiken von Chemikalien



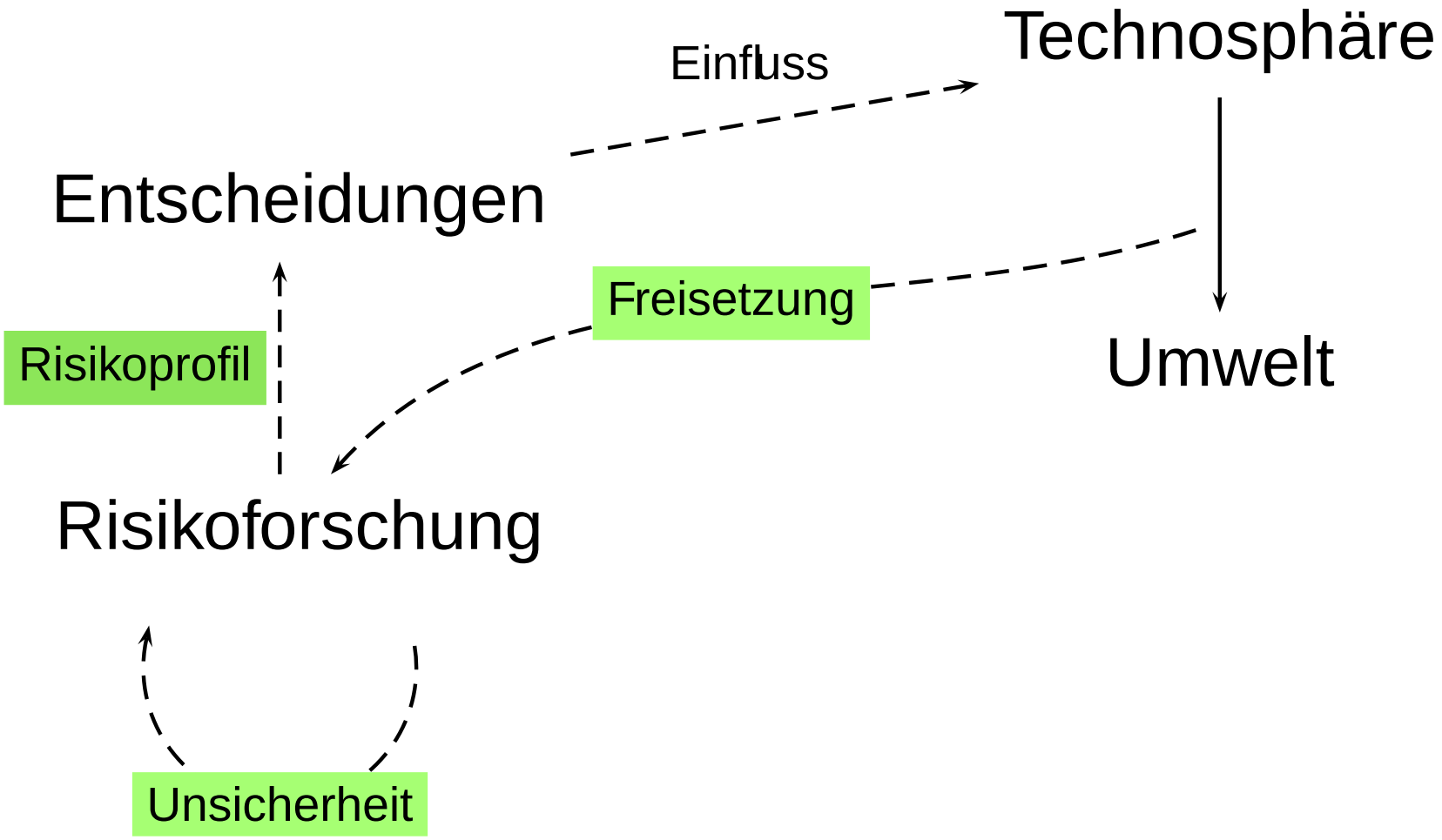
Umweltrisiken von Chemikalien



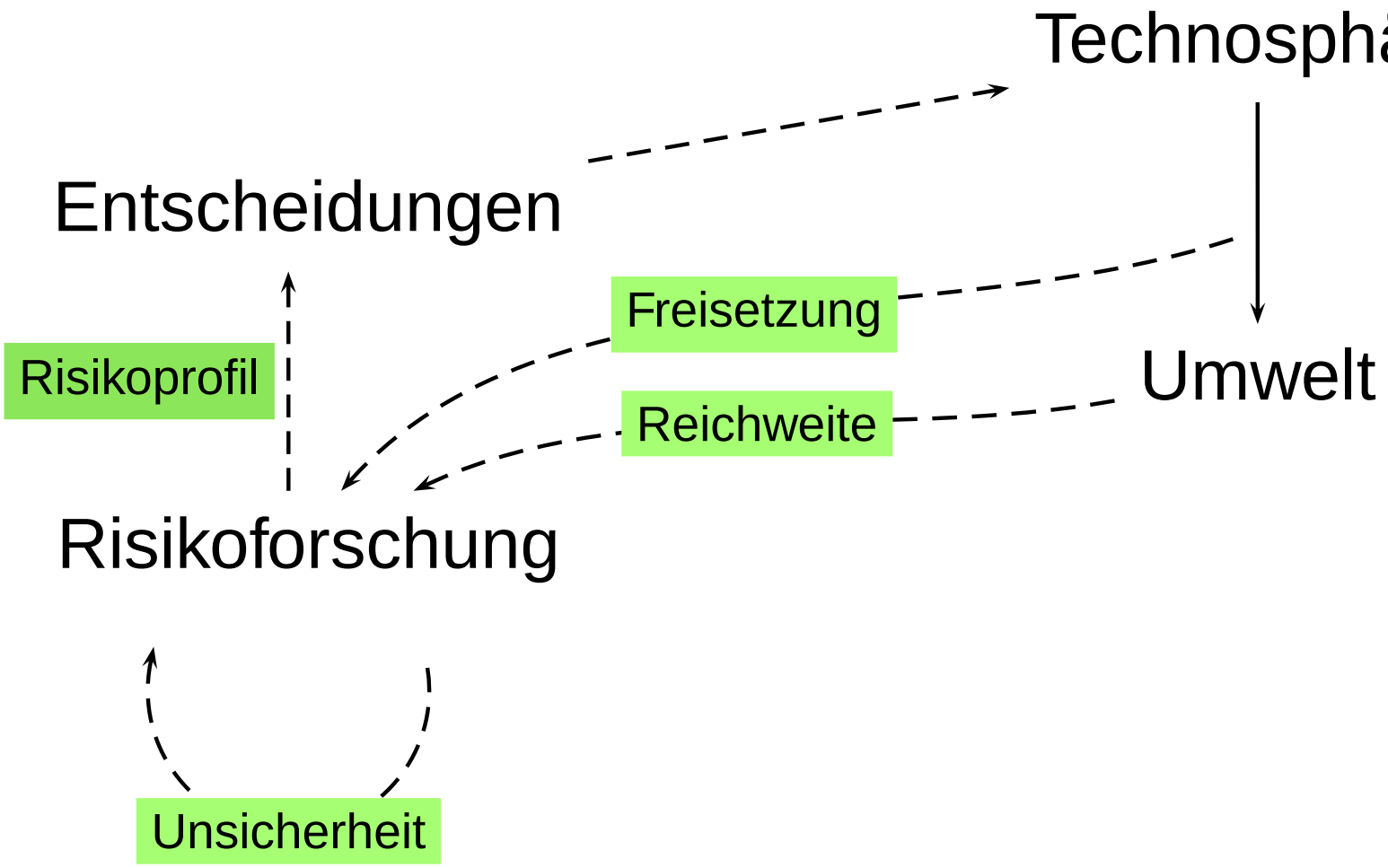
Umweltrisiken von Chemikalien



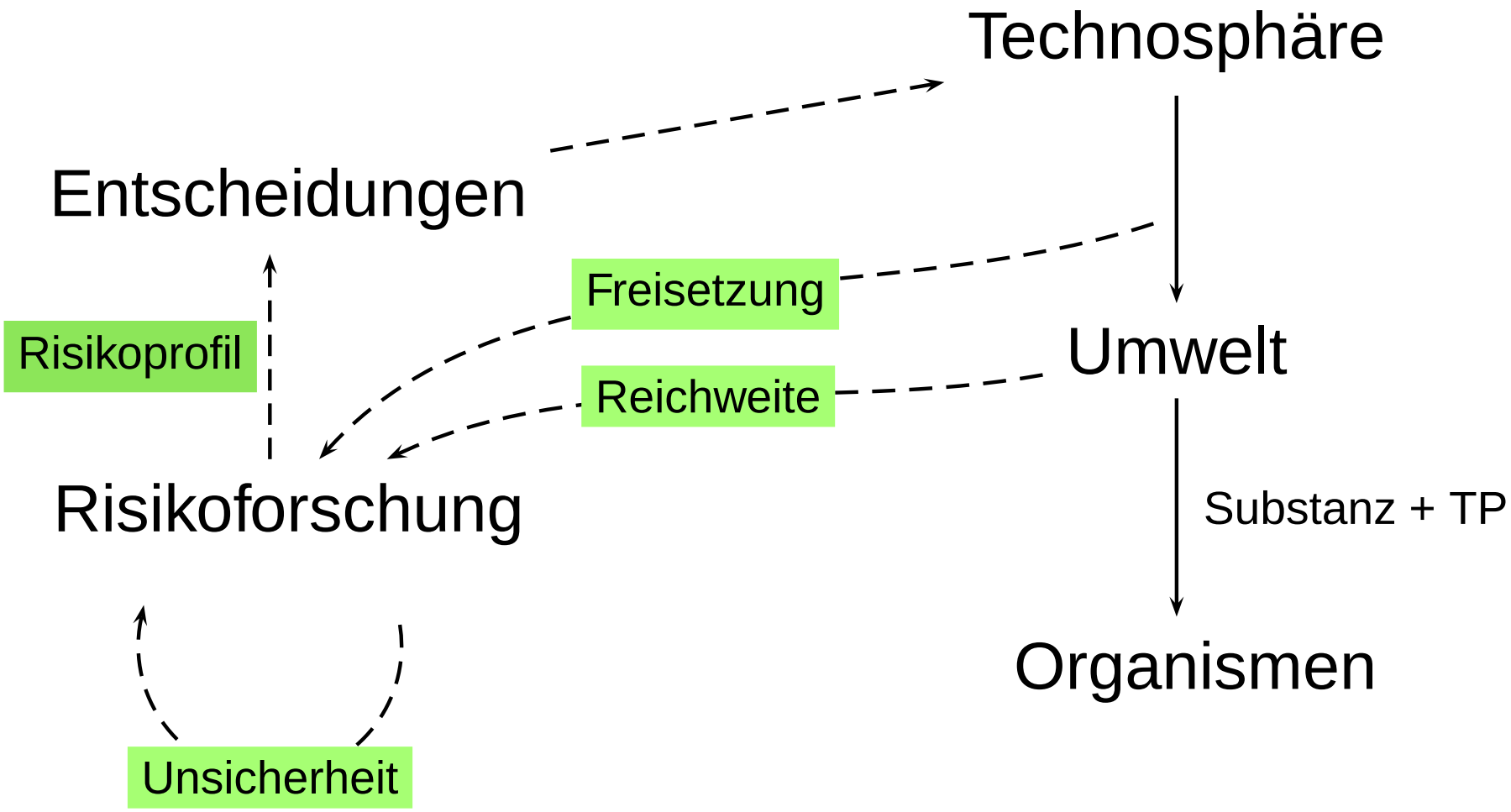
Umweltrisiken von Chemikalien



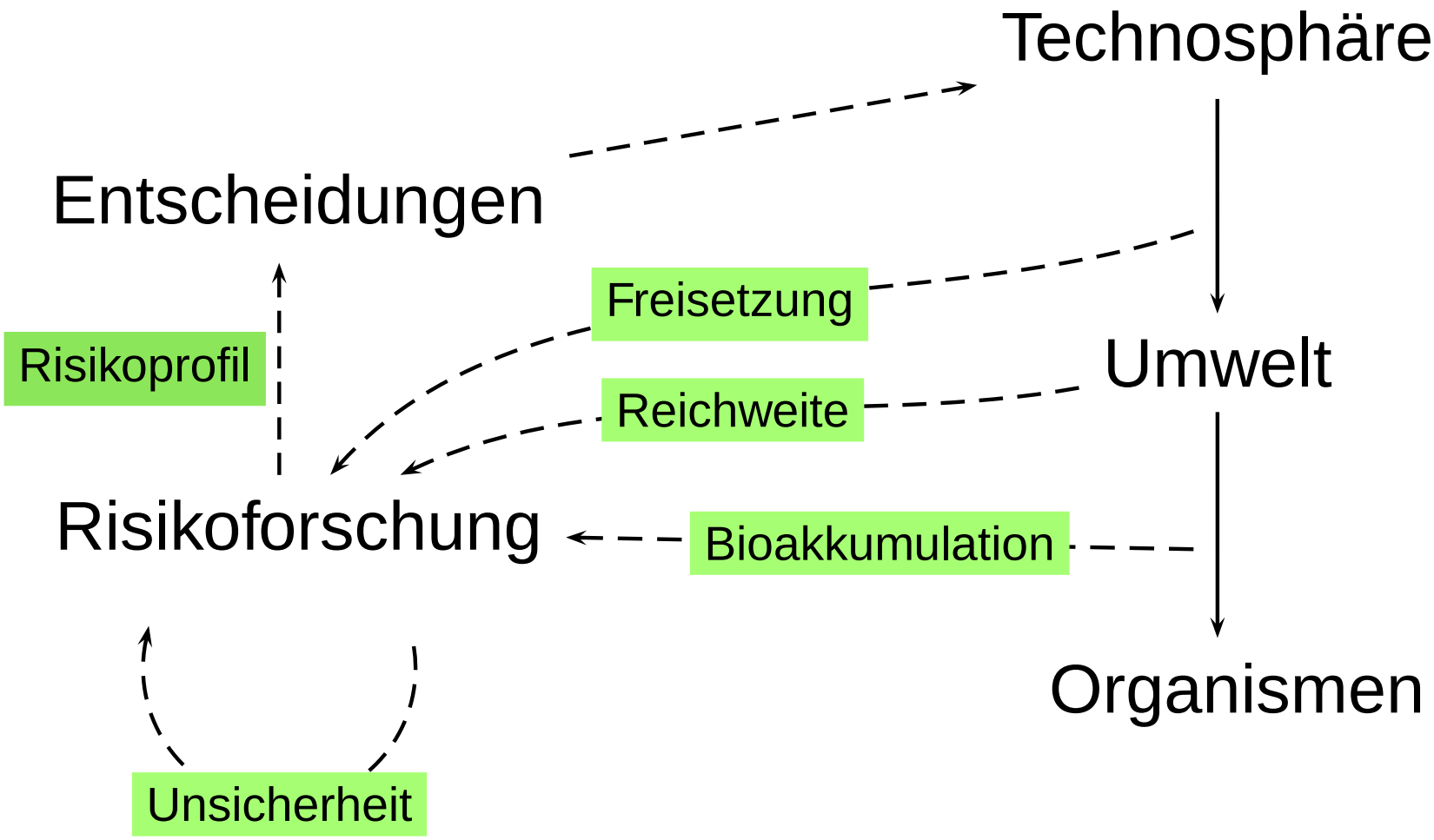
Umweltrisiken von Chemikalien



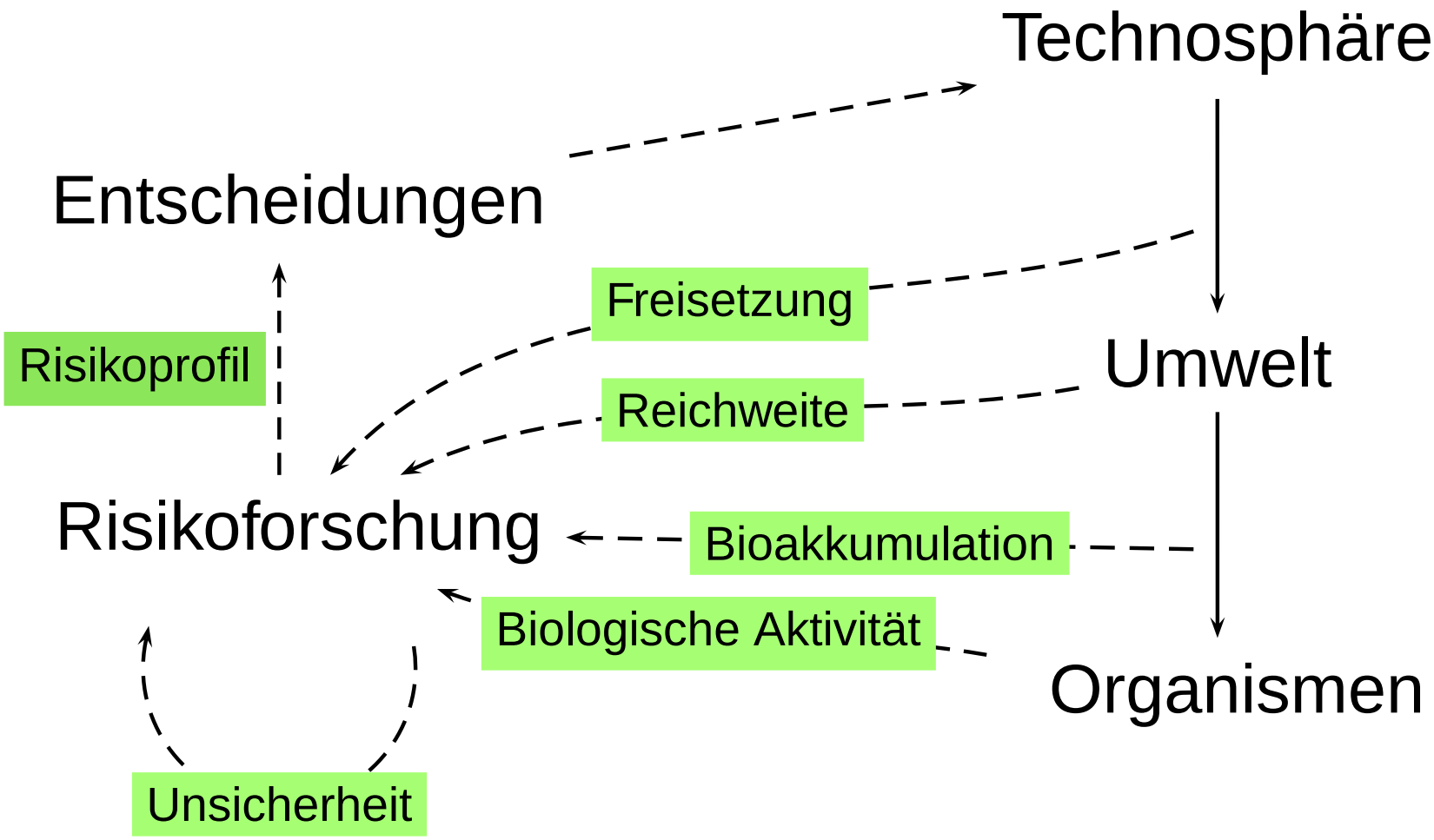
Umweltrisiken von Chemikalien



Umweltrisiken von Chemikalien



Umweltrisiken von Chemikalien



Evaluation

Wert	Ausdruck
1	Sehr niedrig
2	Niedrig
3	Eher niedrig
4	Eher hoch
5	Hoch
6	Sehr hoch

Vergleichende Risikoanalysen

Antifouling-Biozide

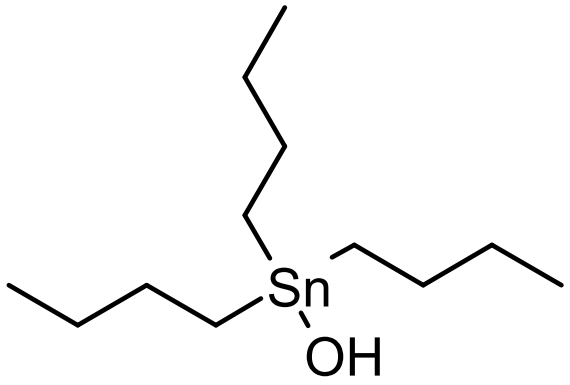
Cu^{2+}

Kupfer

Antifouling-Biozide

Cu^{2+}

Kupfer

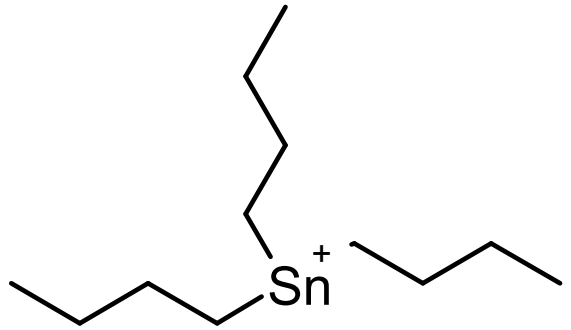


TBT

Antifouling-Biozide

Cu^{2+}

Kupfer

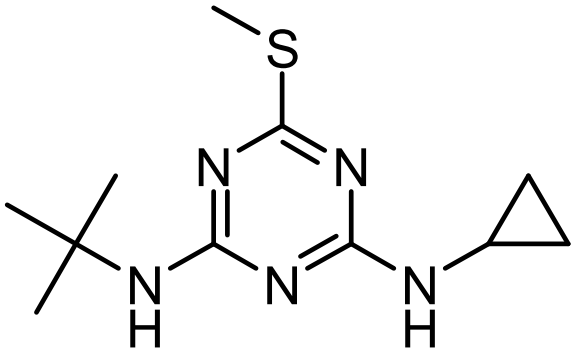


TBT

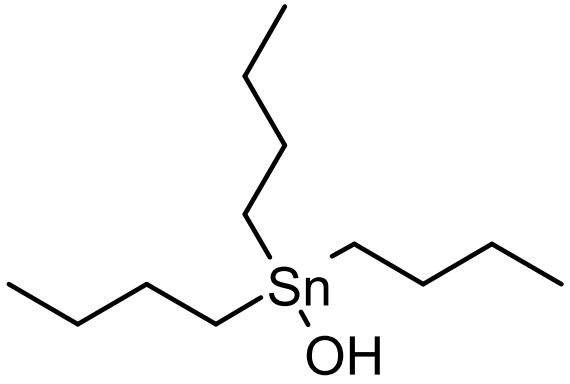
Antifouling-Biozide

Cu^{2+}

Kupfer



Irgarol

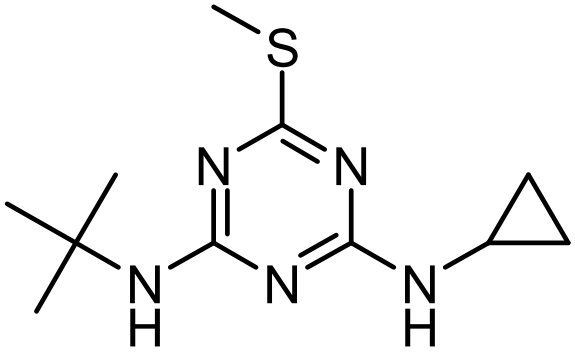


TBT

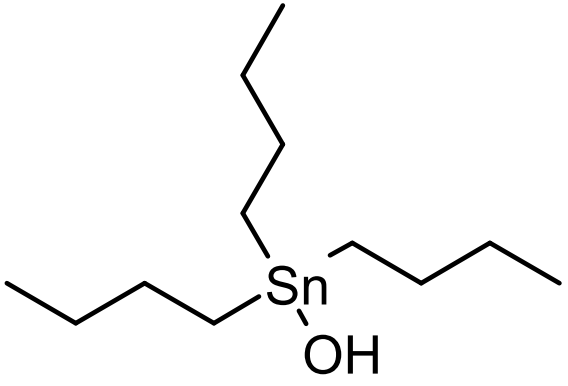
Antifouling-Biozide

Cu^{2+}

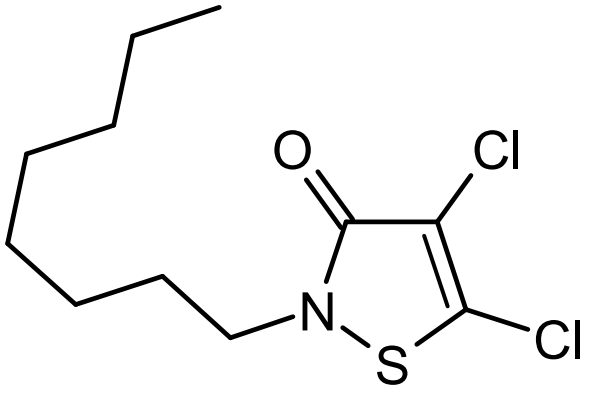
Kupfer



Irgarol



TBT

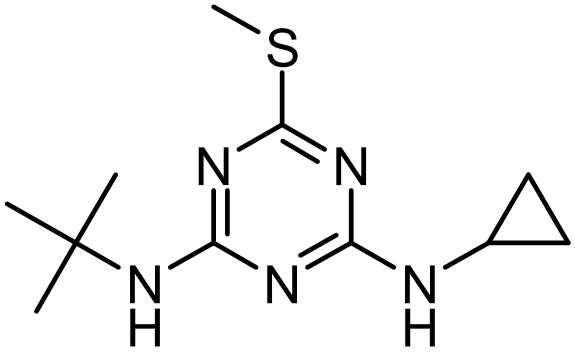


Sea-Nine

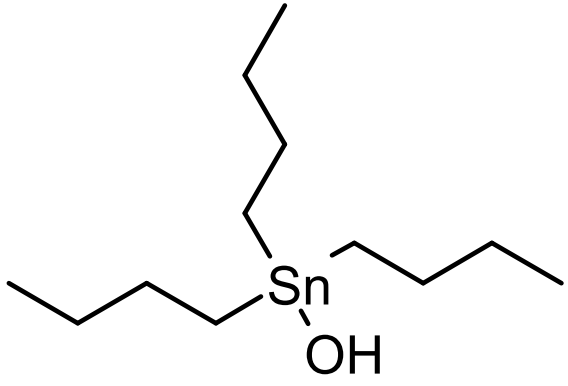
Antifouling-Biozide

Cu^{2+}

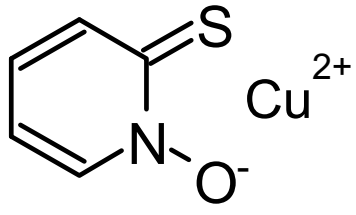
Kupfer



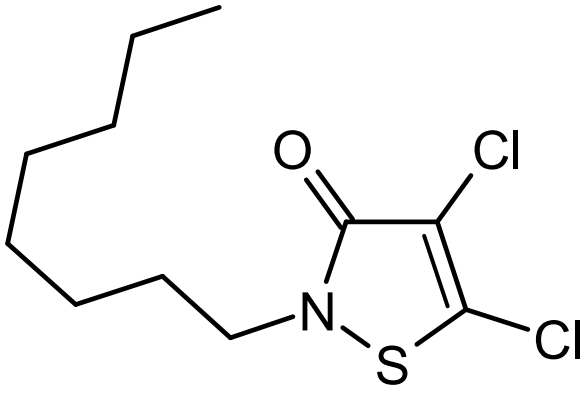
Irgarol



TBT

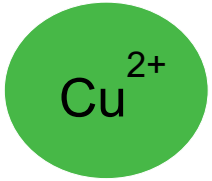


Pyrithionat

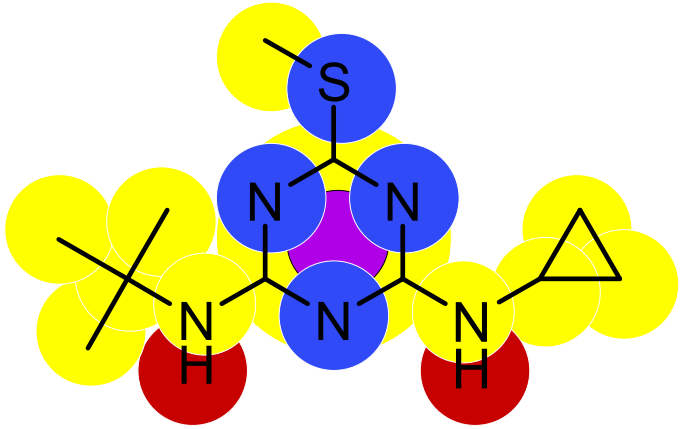


Sea-Nine

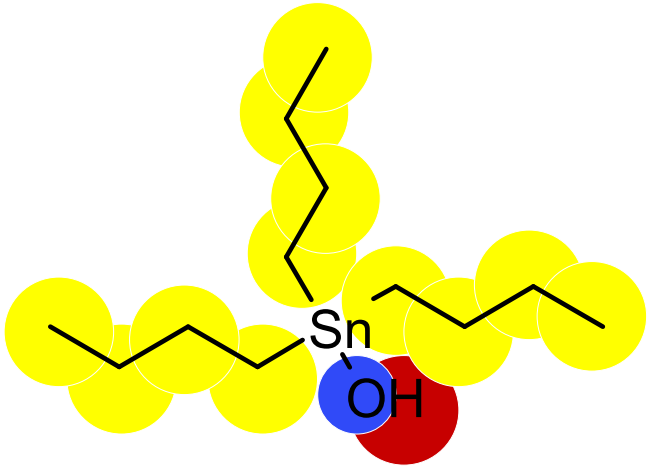
Auswahl der Substanzen



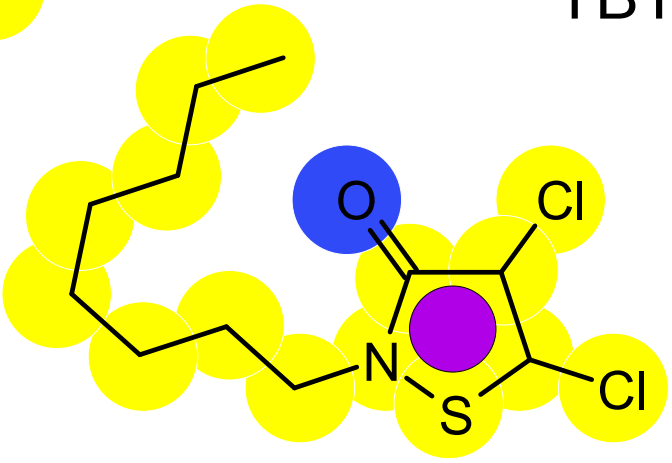
Kupfer



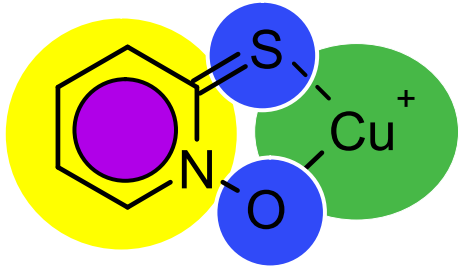
Irgarol®



TBT



Sea-Nine®



Pyrithionat

Input *I* in die Umwelt

$$I = \sum_{p} f_p \cdot P_p$$

I	Input in Tonnen pro Jahr
p	Index für relevante Prozesse
P_p	Umsatz bei Prozess p
f_p	Freigesetzte Fraktion für Prozess p

Systemgrenzen sowie Im- und Export beachten!

Dibutylphtalat Deutschland

Prozess	Umsatz [t/y]	*f* [-]	*I* [t/y]	Ort
Produktion	20 000	0.001 %	0.2	W
Verarbeitung	10 000	1 %	100	W, L
Verwendung	10 000	4 %	400	L
			500	W, L

Freisetzungsindikator R

$$R \propto \log_{10} I$$

I Input in Tonnen pro Jahr

Reichweitenindikator S

$$S \propto \log_{10} \frac{M_{env}}{I} = \log_{10} t_{env}$$

M_{env}	Masse in der Umwelt bei "steady-state"
I	Input in Tonnen pro Jahr
t_{env}	Aufenthaltszeit in der Umwelt (Gesamtpersistenz)

Erhebung von S

- Systemgrenzen festlegen

Erhebung von S

- Systemgrenzen festlegen
- Ausbreitungsmodell formulieren

Erhebung von S

- Systemgrenzen festlegen
- Ausbreitungsmodell formulieren
- Ausbreitungsmodell evaluieren

Erhebung von S

- Systemgrenzen festlegen
- Ausbreitungsmodell formulieren
- Ausbreitungsmodell evaluieren
- Ausbeitungsparameter berechnen

Datenerhebung

Artikel, Monographien, administrative Berichte:

- Abbaukinetik

Datenerhebung

Artikel, Monographien, administrative Berichte:

- Abbaukinetik
- Verteilung zwischen Wasser und Partikeln

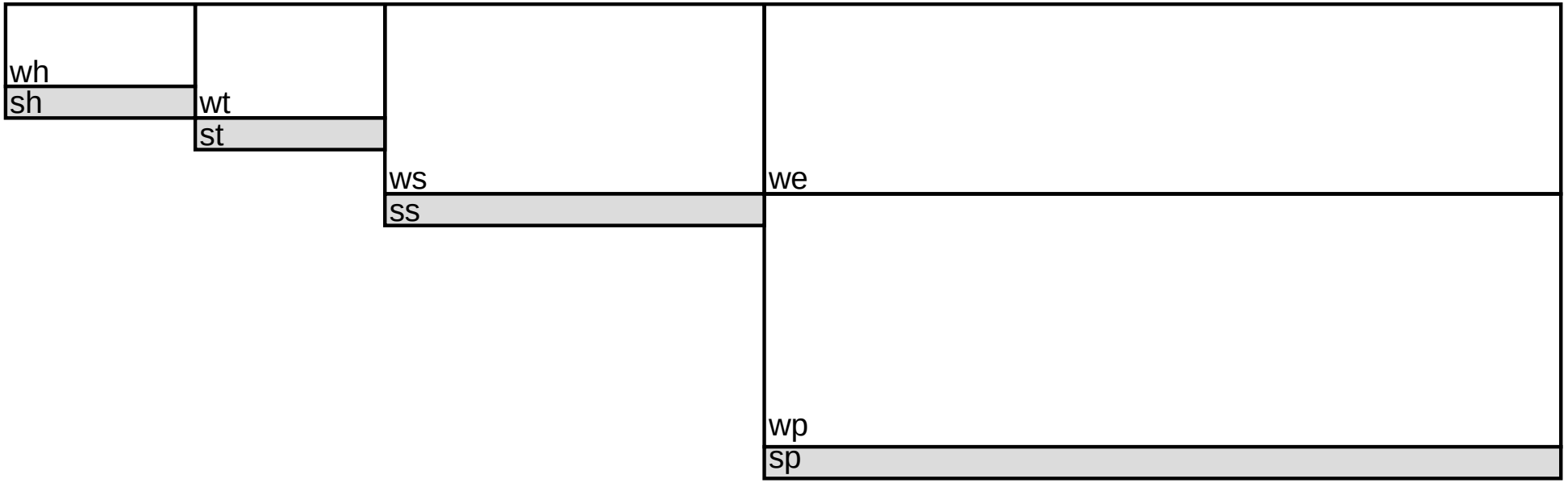
Datenerhebung

Artikel, Monographien, administrative Berichte:

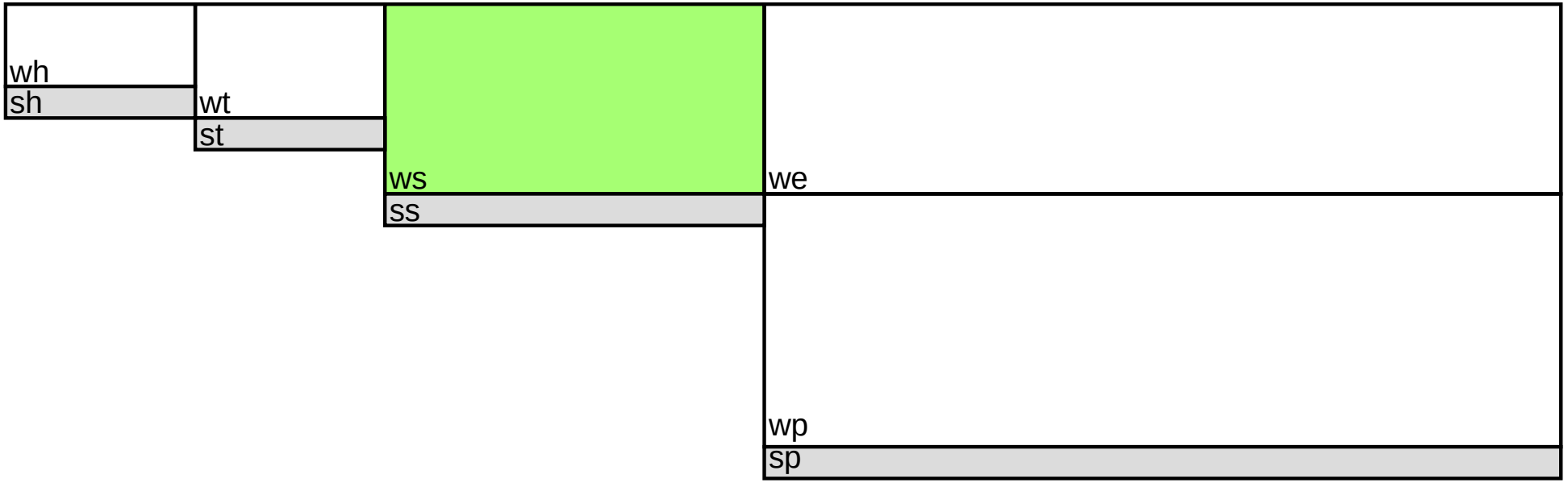
- Abbaukinetik
- Verteilung zwischen Wasser und Partikeln

Ermittlung von Verteilungen für k_w, k_s und K_{pw}

Modellbildung

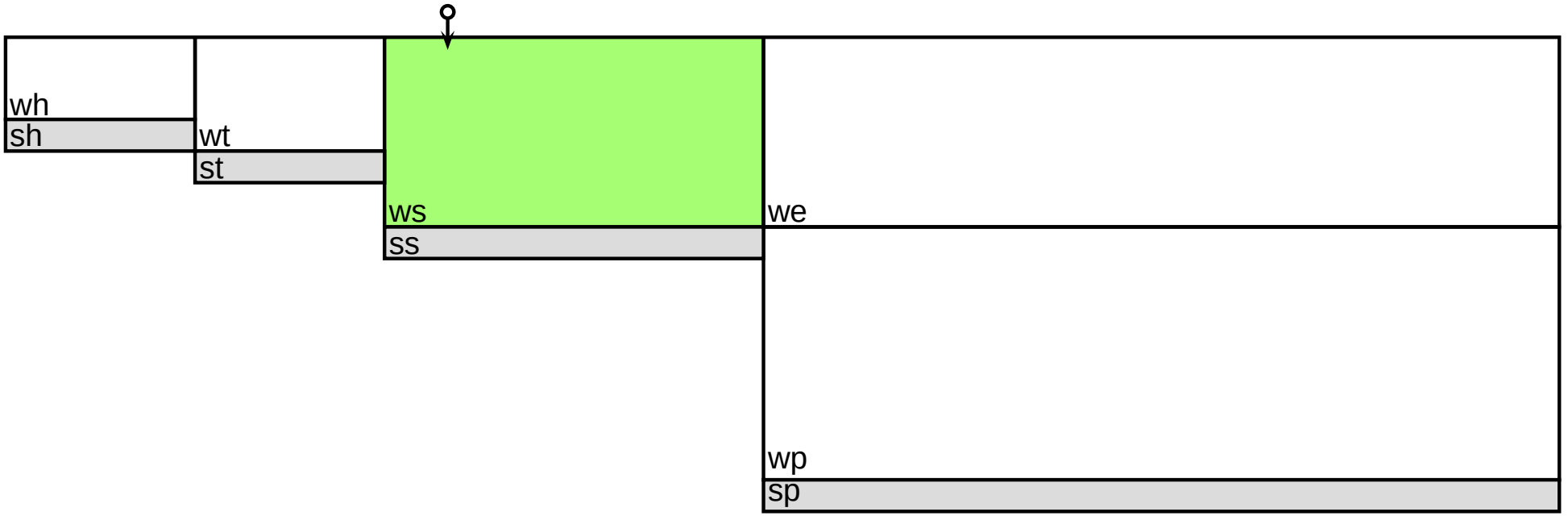


Modellbildung



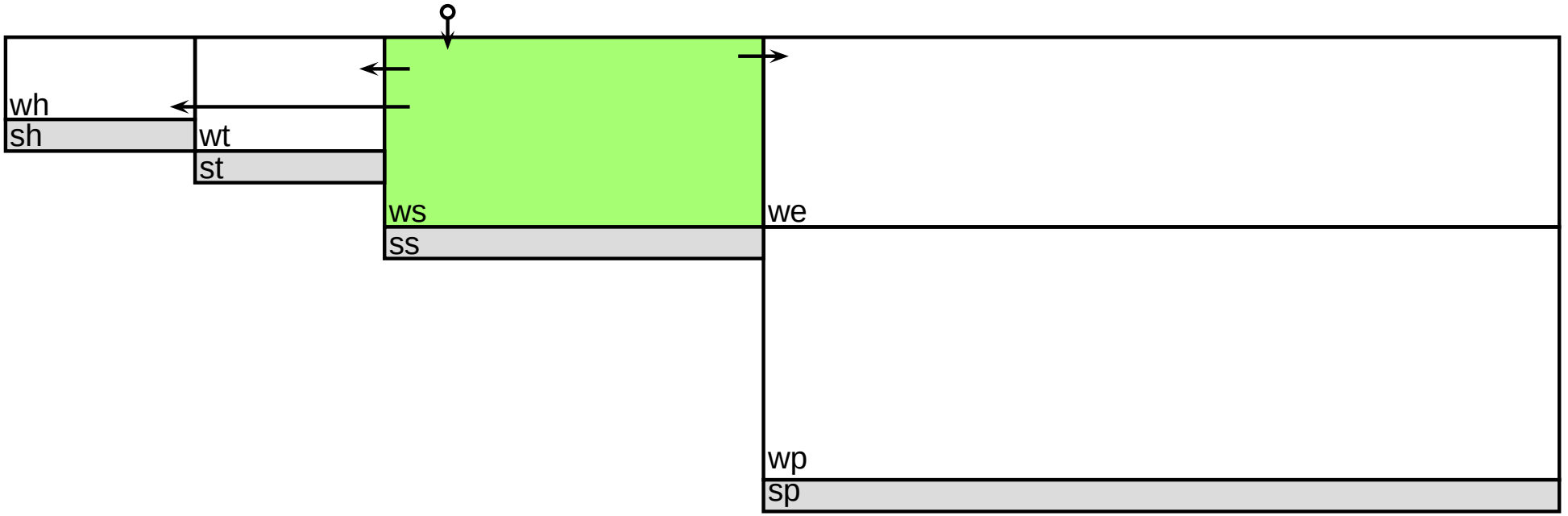
$$\dot{M}^{ws} = 0$$

Modellbildung



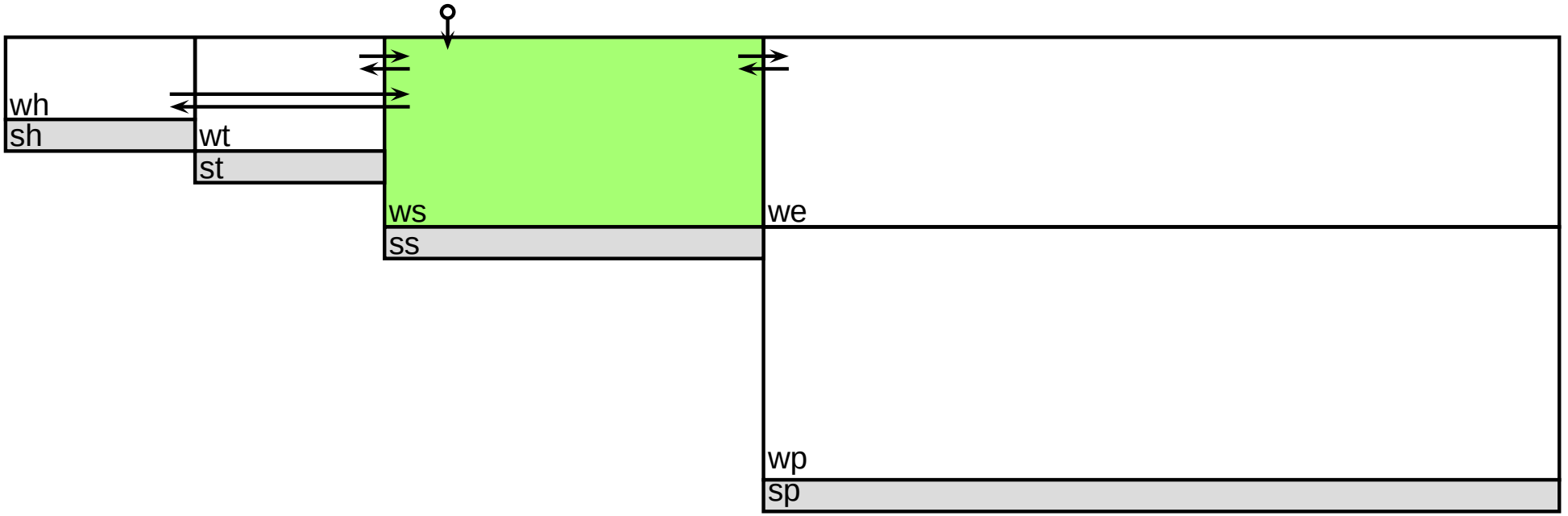
$$\dot{M}^{ws} = \quad S_{ws}$$

Modellbildung



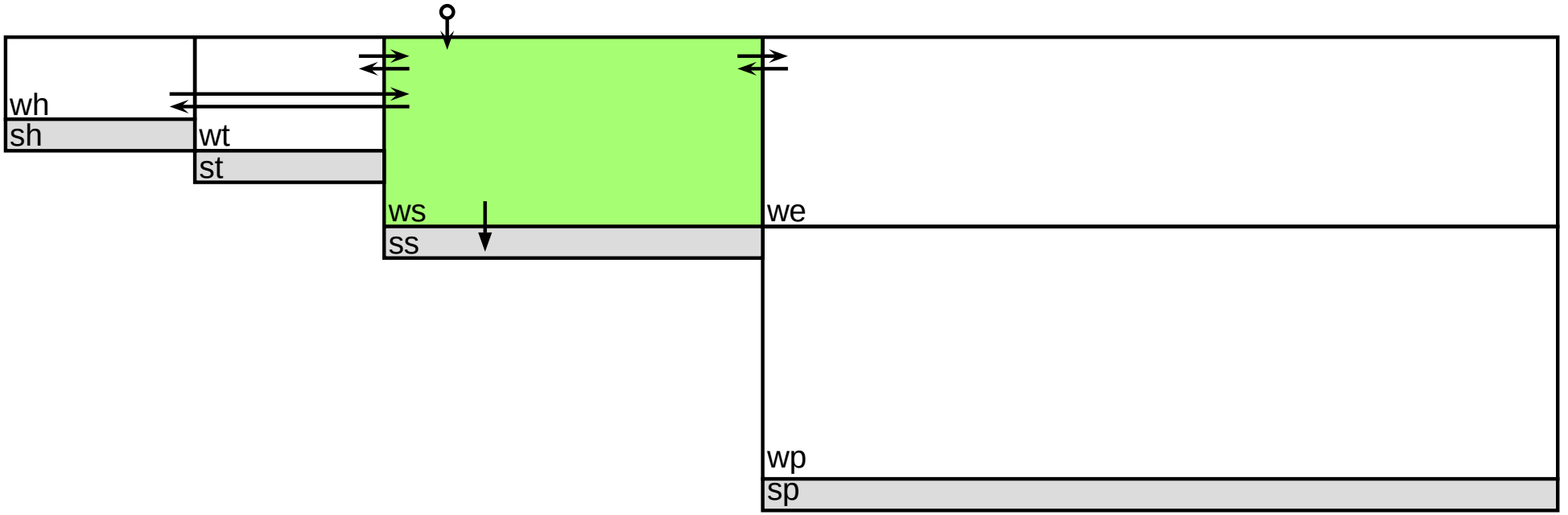
$$\dot{M}^{ws} = S_{ws} - \left(\frac{F_w^{s\to h} + F_w^{s\to t} + F_w^{s\to e}}{V_{ws}}\right) M^{ws}$$

Modellbildung



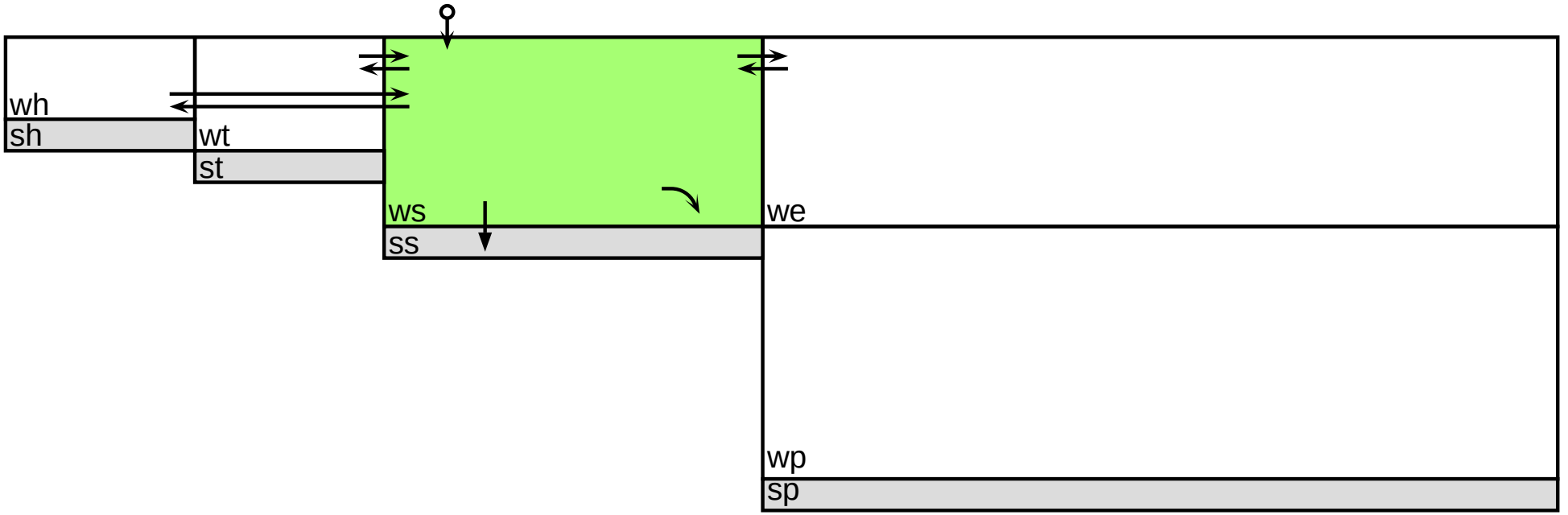
$$\dot{M}^{ws} = S_{ws} - \left(\frac{F_w^{s\to h} + F_w^{s\to t} + F_w^{s\to e}}{V_{ws}}\right) M^{ws} + \frac{F_w^{h\to s}}{V_{wh}} M^{wh} + \frac{F_w^{t\to s}}{V_{wt}} M^{wt} + \frac{F_w^{e\to s}}{V_{we}} M^{we}$$

Modellbildung



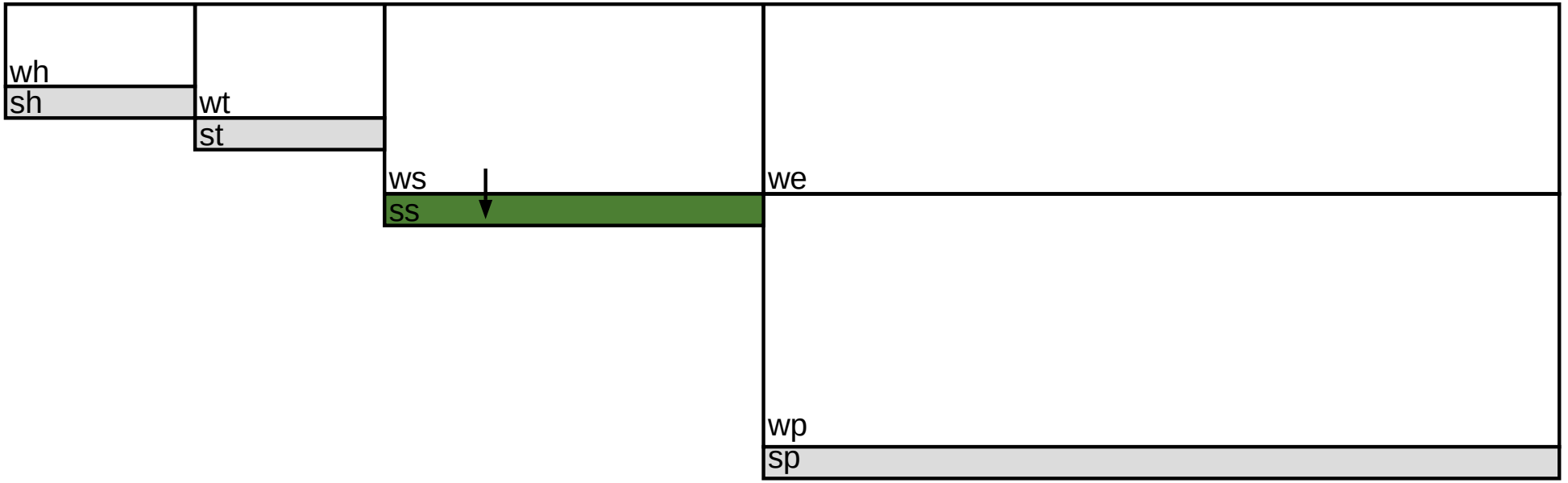
$$\dot{M}^{ws} = S_{ws} - \left(\frac{F_w^{s\to h} + F_w^{s\to t} + F_w^{s\to e} + f_{diss} K_{pw} F_p^{ws\to ss}}{V_{ws}}\right) M^{ws}$$
$$+ \frac{F_w^{h\to s}}{V_{wh}} M^{wh} + \frac{F_w^{t\to s}}{V_{wt}} M^{wt} + \frac{F_w^{e\to s}}{V_{we}} M^{we}$$

Modellbildung



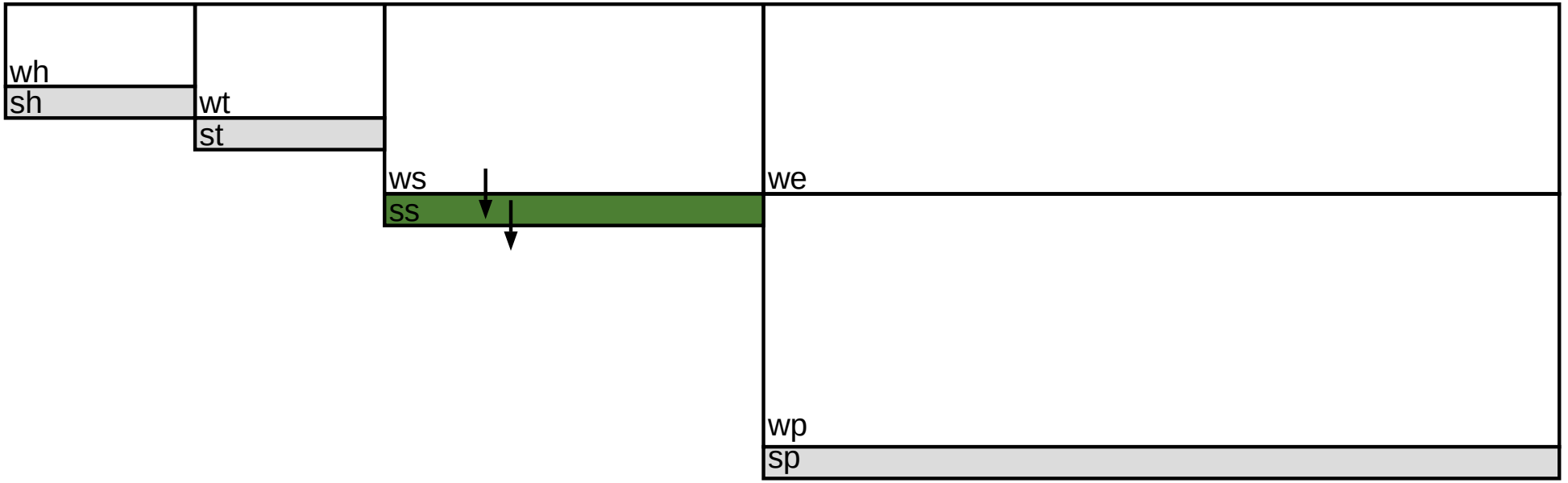
$$\dot{M}^{ws} = S_{ws} - \left(\frac{F_w^{s\to h} + F_w^{s\to t} + F_w^{s\to e} + f_{diss} K_{pw} F_p^{ws\to ss}}{V_{ws}}\right) M^{ws}$$
$$+ \frac{F_w^{h\to s}}{V_{wh}} M^{wh} + \frac{F_w^{t\to s}}{V_{wt}} M^{wt} + \frac{F_w^{e\to s}}{V_{we}} M^{we} + k_w M^{ws}$$

Modellbildung



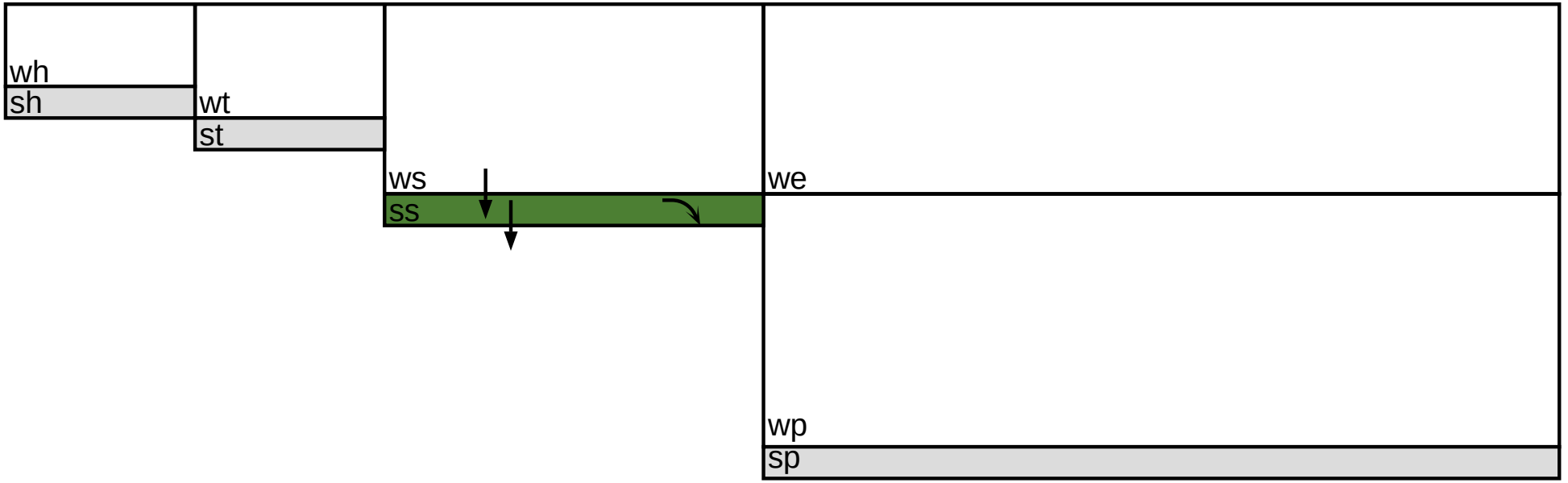
$$\dot{M}^{ss} = f_{diss} K_{pw} F_p^{ws \rightarrow ss} \frac{M_{ws}}{V_{ws}}$$

Modellbildung



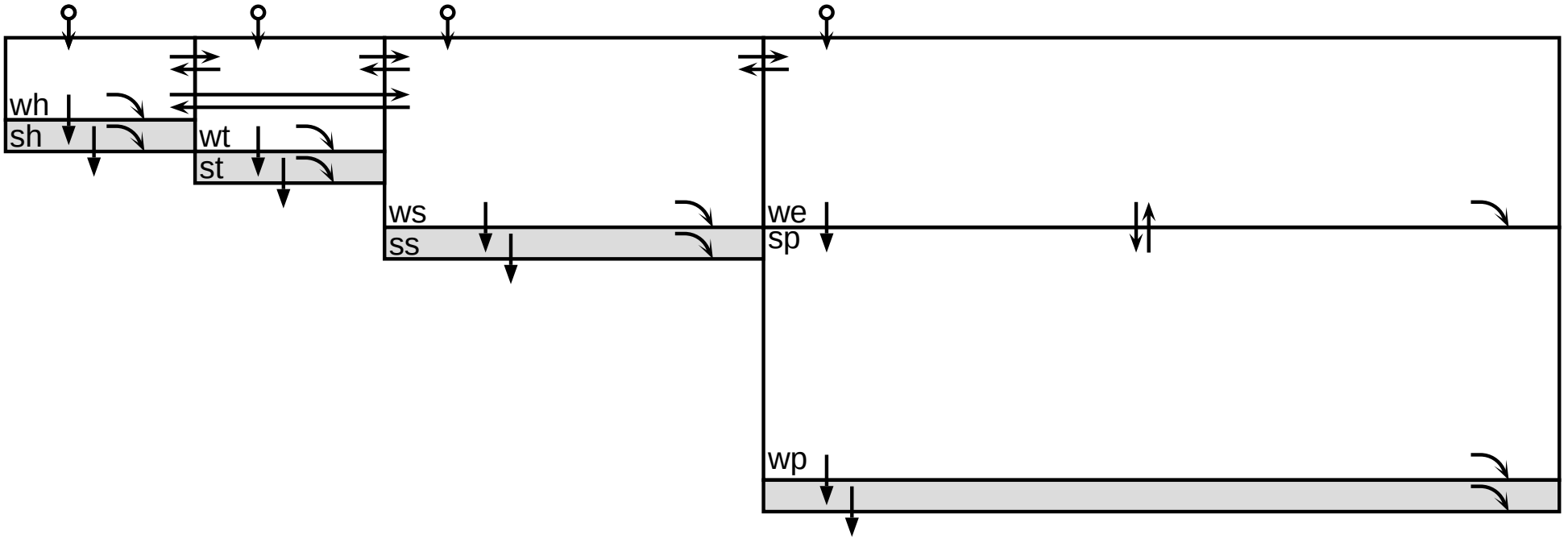
$$\dot{M}^{ss} = f_{diss} K_{pw} F_p^{ws \rightarrow ss} \frac{M_{ws}}{V_{ws}} - \frac{B^{sh}}{z} M^{ss}$$

Modellbildung

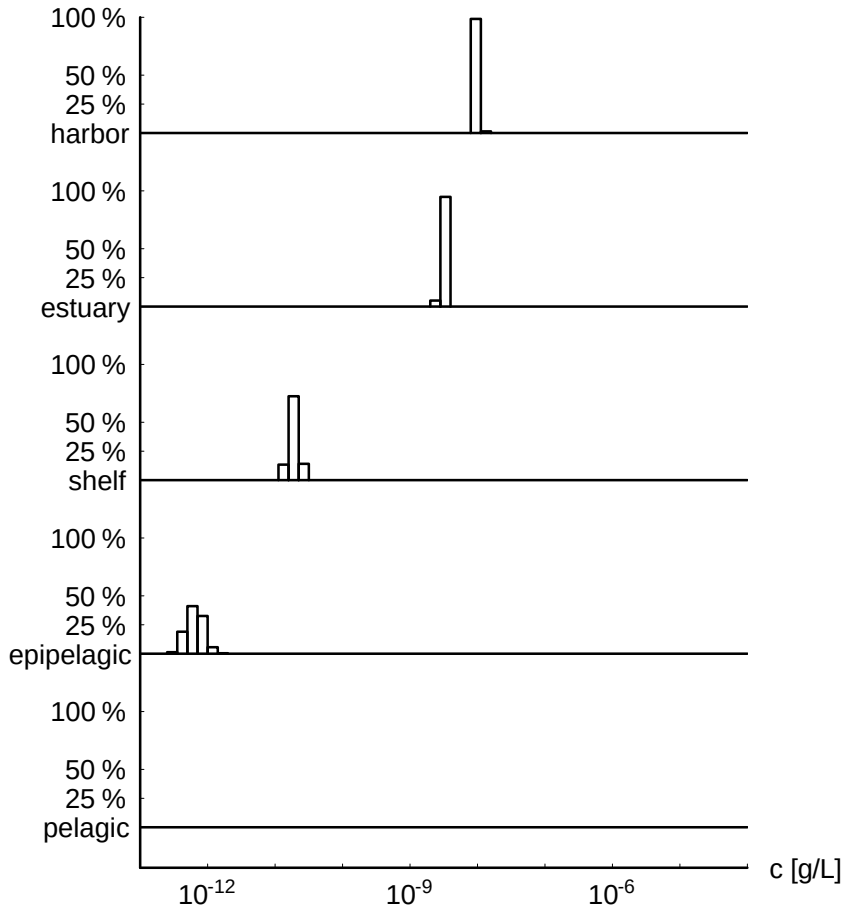


$$\dot{M}^{ss} = f_{diss} K_{pw} F_p^{ws \rightarrow ss} \frac{M_{ws}}{V_{ws}} - \left(\frac{B^{sh}}{z} + k_S\right) M^{ss}$$

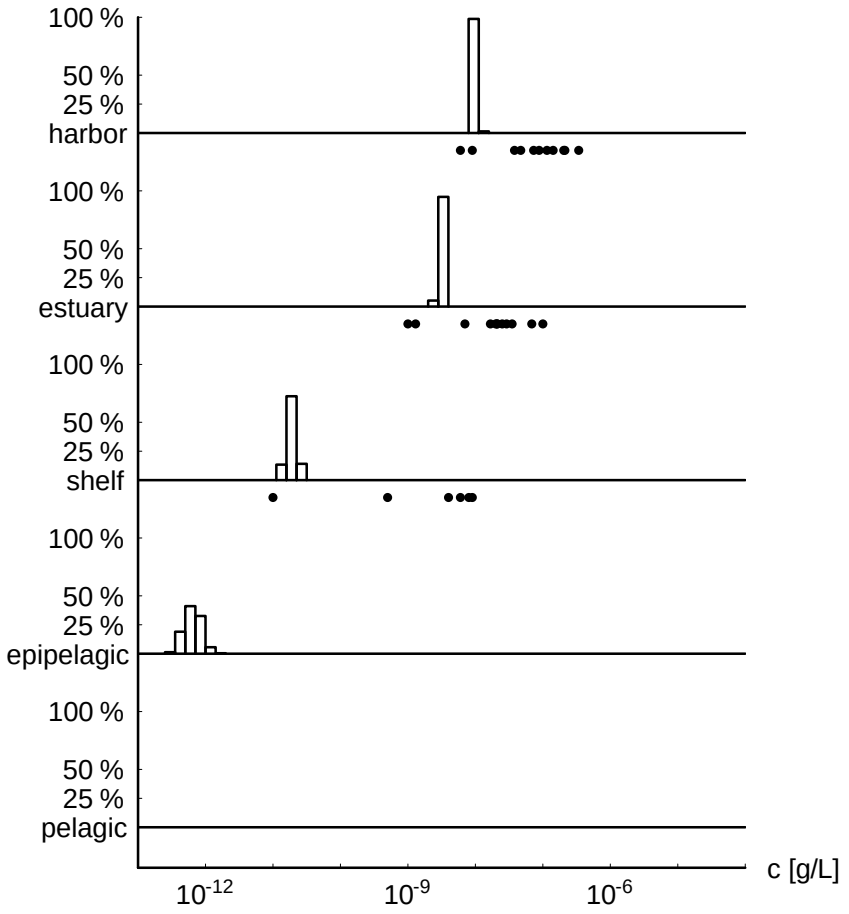
Modellbildung



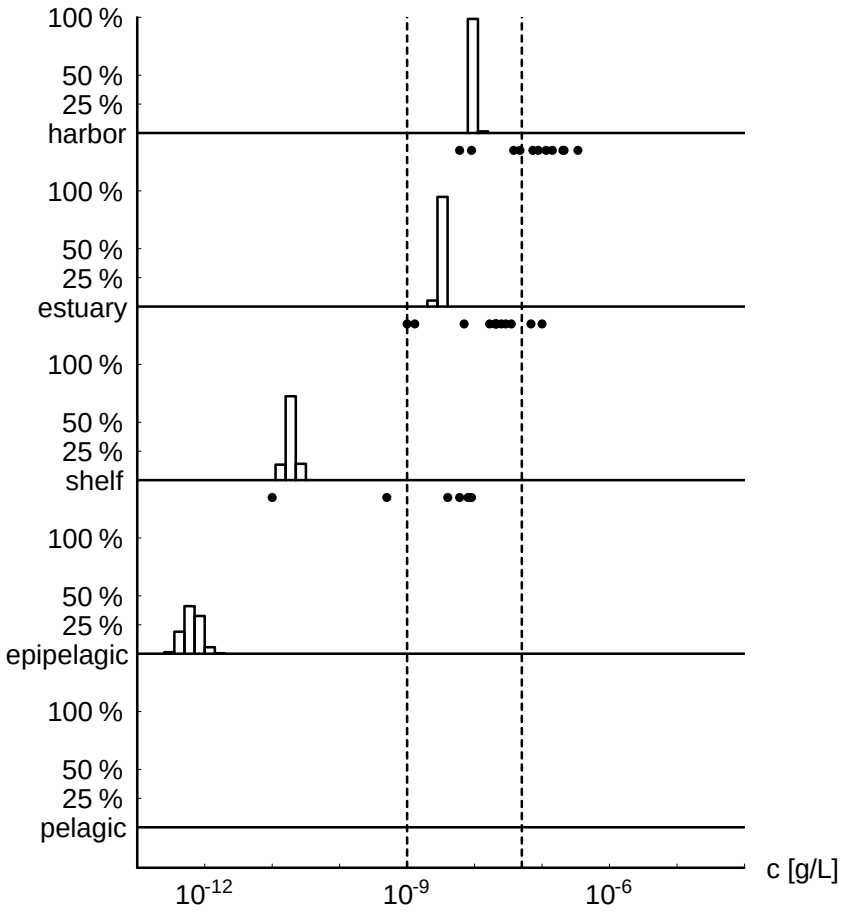
TBT in Wasser-Kompartimenten



TBT in Wasser-Kompartimenten



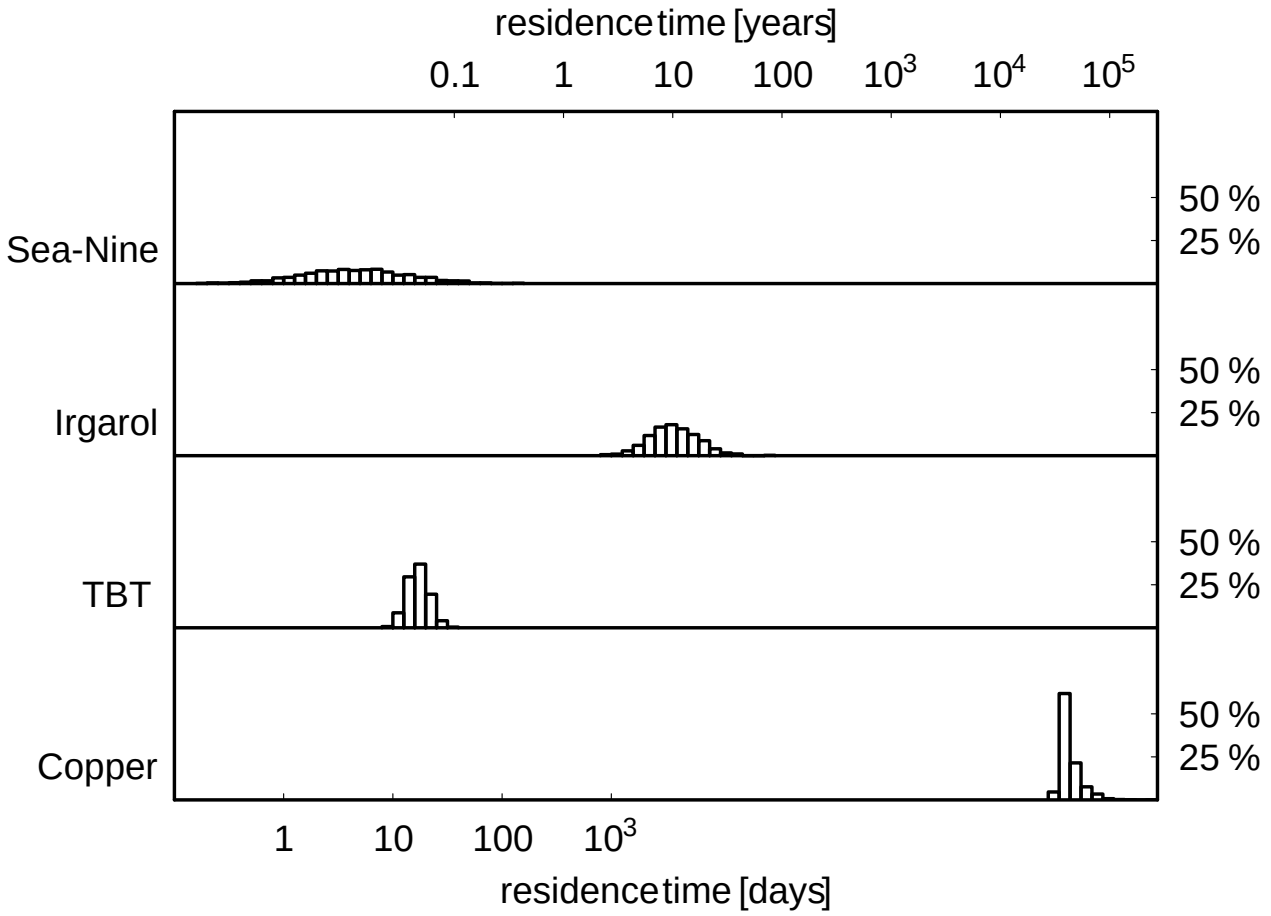
TBT in Wasser-Kompartimenten



Errechnete Aufenthaltszeiten

	τ^w	τ	
Sea-Nine	4.55	4.76	Tage
TBT	16.5	16.9	Tage
Irgarol	10.2	10.2	Jahre
Cu^{2+}	8350	42700	Jahre

Errechnete Aufenthaltszeiten



Bioakkumulation B

Die Fraktion einer Substanz inklusive ihrer relevanten Transformationsprodukte, die von Organismen aufgenommen wird.

$$B \propto \log_{10} \frac{M_{bio}}{M_{env}}$$

M_{env} Masse in der Umwelt bei "steady-state"

M_{bio} Bioakkumulierte Masse

Erhebung von B

- log K_{ow}

Erhebung von B

- log K_{ow}
- BCF

Erhebung von B

- log K_{ow}
- BCF
- BAF

Erhebung von B

- log K_{ow}
- BCF
- BAF
- Einbeziehen der Metaboliten

Erhebung von A

- Möglichst unabhängig von der Bioakkumulation, deshalb idealerweise interne Effekt-Konzentrationen

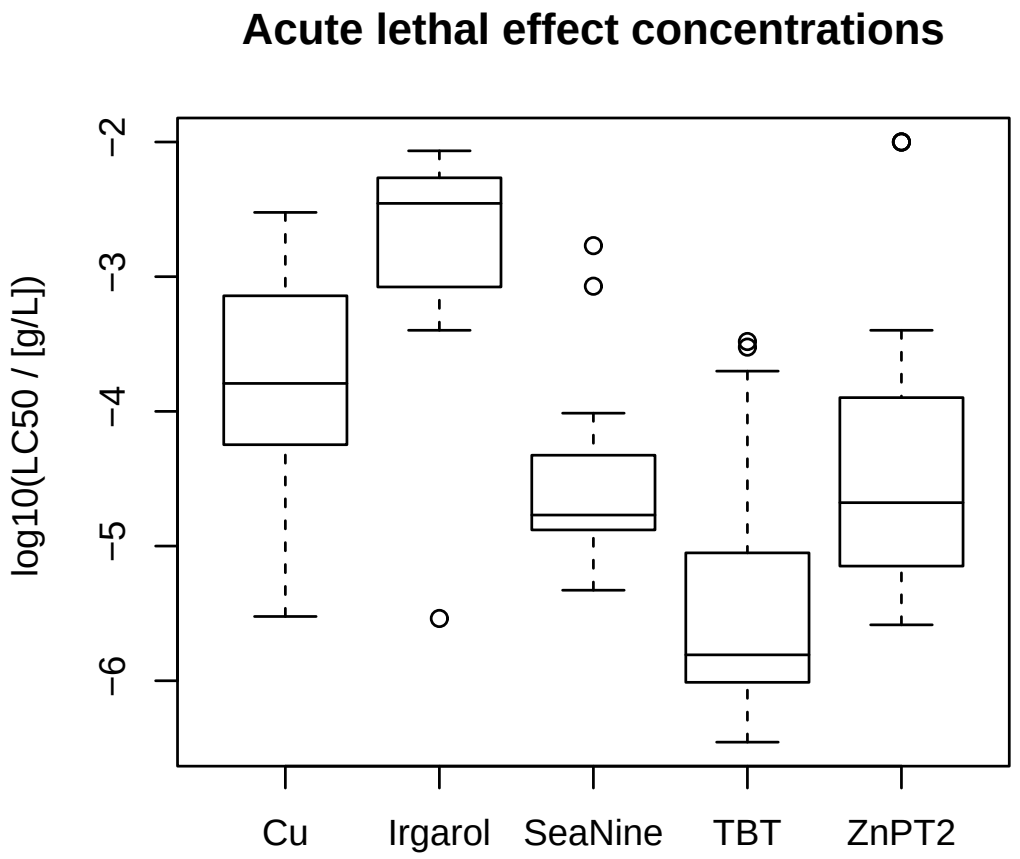
Erhebung von A

- Möglichst unabhängig von der Bioakkumulation, deshalb idealerweise interne Effekt-Konzentrationen
- Realistisch: EC_{50}-Werte, LD_{50}-Werte, Korrekturmöglichkeit über BCF

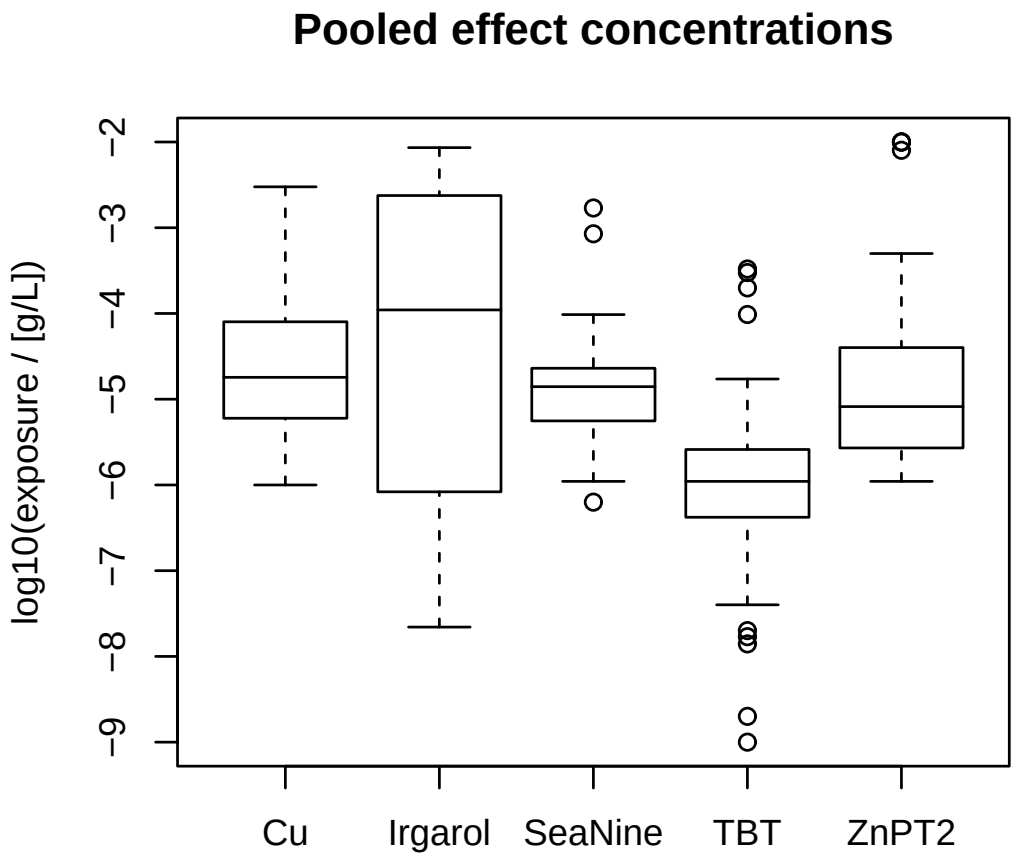
Erhebung von A

- Möglichst unabhängig von der Bioakkumulation, deshalb idealerweise interne Effekt-Konzentrationen
- Realistisch: EC_{50}-Werte, LD_{50}-Werte, Korrekturmöglichkeit über BCF
- Einbeziehen von Kenntnissen über Mechanismus, Zelltests, Monospezies-Tests, Ökosystem-Beobachtungen

A: Beispiel AFB



A: Beispiel AFB



Erhebung von U

Gesamtunsicherheit aus Unsicherheit der einzelnen Indikatoren

- Variabilität

Erhebung von U

Gesamtunsicherheit aus Unsicherheit der einzelnen Indikatoren

- Variabilität
- Datenmenge

Erhebung von U

Gesamtunsicherheit aus Unsicherheit der einzelnen Indikatoren

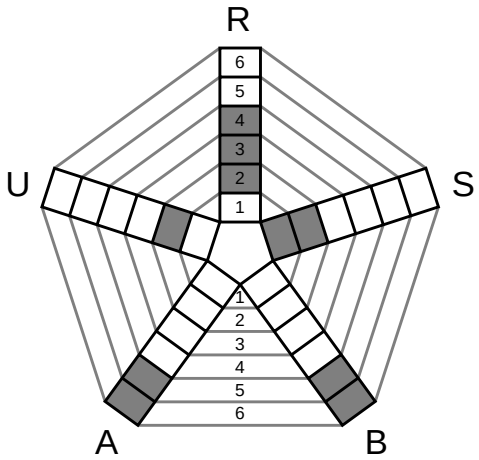
- Variabilität
- Datenmenge
- Datenqualität

Erhebung von U

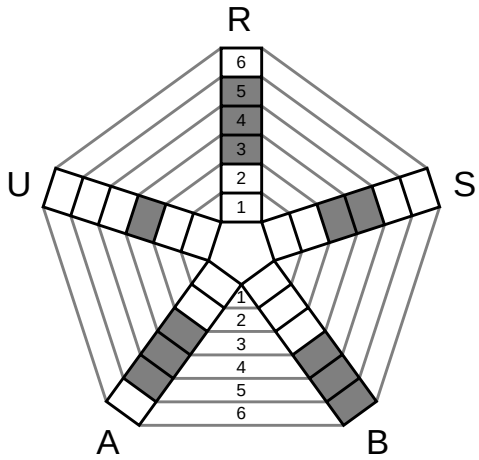
Gesamtunsicherheit aus Unsicherheit der einzelnen Indikatoren

- Variabilität
- Datenmenge
- Datenqualität
- Relevanz der Daten

Risikoprofile



TBT



Irgarol® 1051

F = Freisetzung

R = Reichweite

B = Bioakkumulation

A = Biologische Aktivität

U = Unsicherheit

Schlussfolgerungen

- Unsicherheiten sind eigenständige Forschungsergebnisse beim Risikovergleich von Chemikalien

Schlussfolgerungen

- Unsicherheiten sind eigenständige Forschungsergebnisse beim Risikovergleich von Chemikalien
- Es gibt keine einfache Formel für deren Abschätzung

Schlussfolgerungen

- Unsicherheiten sind eigenständige Forschungsergebnisse beim Risikovergleich von Chemikalien
- Es gibt keine einfache Formel für deren Abschätzung
- Risikoprofile sind ein flexibles Werkzeug für eine nachhaltige Produktentwicklung

Schlussfolgerungen

- Unsicherheiten sind eigenständige Forschungsergebnisse beim Risikovergleich von Chemikalien
- Es gibt keine einfache Formel für deren Abschätzung
- Risikoprofile sind ein flexibles Werkzeug für eine nachhaltige Produktentwicklung
- Besonderes Augenmerk auf Transparenz und Nachvollziehbarkeit!