

# 3. BAFU

## Umweltbeobachtungskonferenz

Thema:

Bilanzen als Instrument für Umweltbeobachtung  
und Ressourcenmanagement

Thema 1. Tag:

Raumbezogene Umwelt- und Stoffflussbilanzen

Organisation:

IKUB: Informations- und Koordinationsorgan  
Umweltbeobachtung Schweiz

SANW: Schweizer Akademie der Naturwissenschaften

EOBC : Umweltbeobachtungsrat für Europa

# Stoffflüsse aus der Anthroposphäre

Hans-Peter Bader

EAWAG, Überlandstrasse 133, CH-8600 Dübendorf, Schweiz

1. Kernfragen des Tages
2. Cd in australischen Böden
3. Flammschutzmittel in der Schweiz
4. Schlussfolgerungen

# 1. Kernfragen des Tages

Welche Bedeutung haben raumbezogene Umwelt- und Stoffbilanzen für die Umweltbeobachtung ?

Welche Umweltveränderungen werden durch den anthropogenen Stoffhaushalt und den natürlichen Stoffhaushalt verursacht ?

Wie lassen sich wichtige von unwichtigen Stoffflüssen unterscheiden ?

Beantwortung der Fragen an 2 Beispielen.

## 2. Beispiel: Cadmium in Australischen Böden:<sup>1</sup>

### Relevanz

#### Toleranzschwelle für Cd :

60-70  $\mu\text{g}/\text{Person} \cdot \text{Tag}$   
( 1  $\mu\text{g}/\text{Tag} \cdot \text{kg}$  Körpergewicht)

#### Typische Konzentrationen

Gemüse:  $\sim 30 \mu\text{g}/\text{kg}$

Kartoffeln:  $\sim 25 \mu\text{g}/\text{kg}$

Getreide:  $\sim 60 \mu\text{g}/\text{kg}$

Grosse Schwankungsbereiche, je nach Herkunft, z.B.

**Weizen Australien 13  $\mu\text{g}/\text{kg}$  – 120  $\mu\text{g}/\text{kg}$**

#### Wirkung:

Anlagerung in Niere bei Menschen und Tieren (Schafe, Kühe, Schweine)

→ Nierenversagen

→ Brüchige Knochen

Cd ist auch toxisch für Algen etc. bei Konzentrationen von ca. 20  $\mu\text{g}/\text{l}$  (entspricht ca. 100ng/l freien Cd Ionen)

---

<sup>1</sup> Erweiterung der Diss von Suphaphat Kwonpongsagoon: Kwonpongsagoon (2007), Kwonpongsagoon et al (2007)

## Kurzer Abriss:

Ca 1985: Feststellung hoher Cd-Gehalte in australischen Feldfrüchten wie Kartoffeln, Getreide, Gemüse,...

Umfangreiche Messprogramme :  
Messung Cd Konzentration im Boden  
65000 Proben  
8500 analysiert

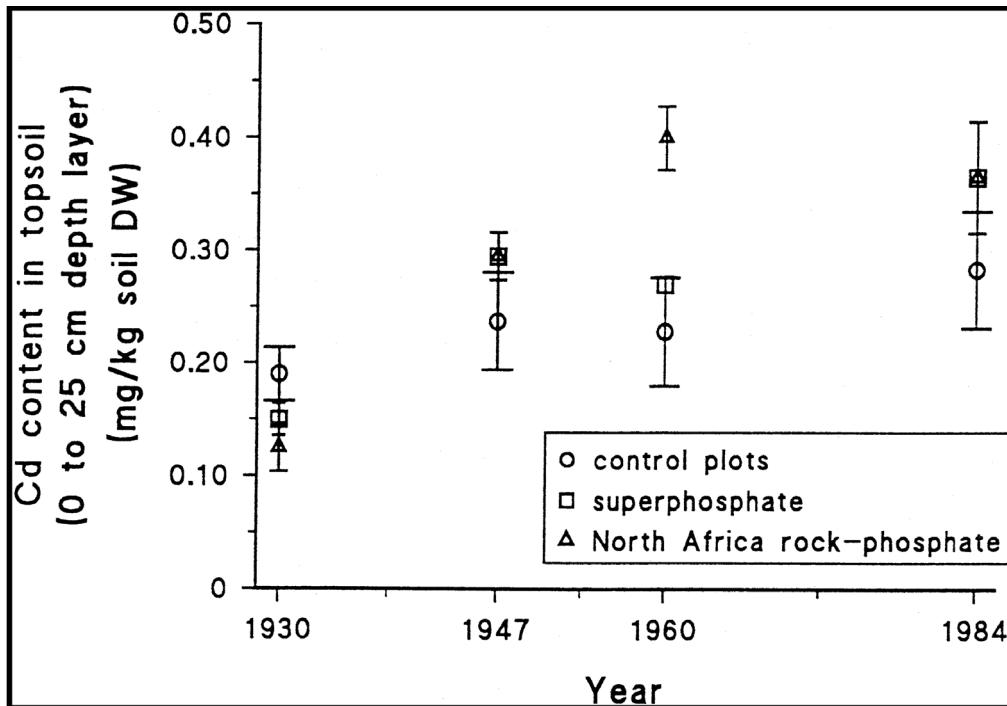
Resultat <sup>2</sup>: Cd Konzentrationen im Boden (Pflugschicht)

Konzentration	Anzahl Proben
$\leq 0.1$ mg/kg	5570
0.1 ..... 0.5	2600
0.5 ..... 1.0	150
1.0 ..... 10	180
10 ..... 100	22
>100	7

---

<sup>2</sup> Australian Government: Information about Cadmium in Australia, Dec. 2005

## Vergleich mit anderen Ländern



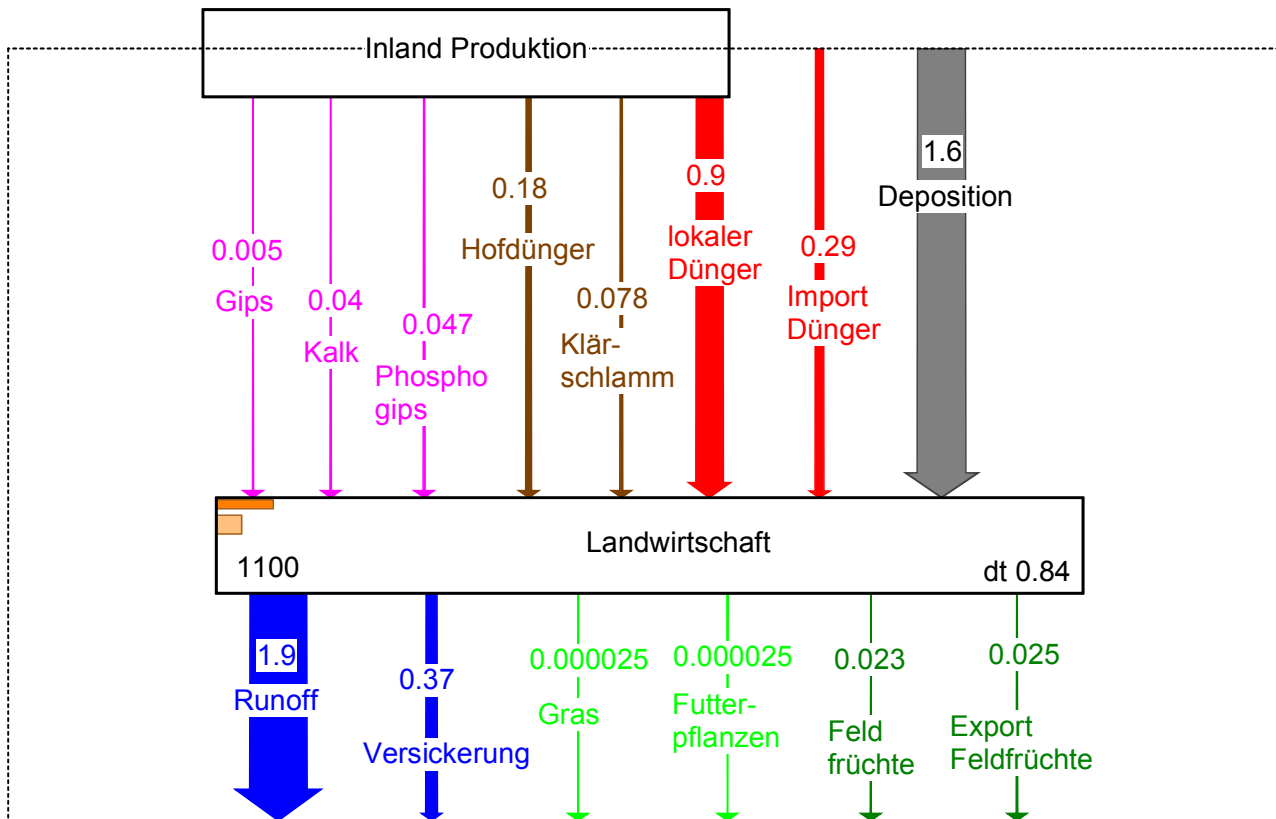
Aus Mench (1998): Changes in Cd concentration in the plough layer of soils at INRA Versailles, France from 1930 to 1984 \_Juste and Tauzin, 1986.

Cd Konzentrationen in australischen Böden sind vergleichbar zu Werten in anderen Ländern.

Frage bleibt: **woher kommt das Cadmium?**

Vermutung : Dünger und Deposition, aber **wie viel aus welcher Quelle?**

# Stoffflussanalyse kann Antwort geben<sup>3</sup>



Cadmiumflüsse des australischen Durchschnittfeldes: Flüsse in g/(ha Jahr), Lager Pflugschicht in g/ha<sup>4</sup>

## Diskussion:

- Analyse zeigt Größenordnung
- Kritische Flüsse sind Deposition und Import+lokaler Kunstdünger
- Lagerzuwachs  $\approx \frac{1}{1000} \text{ Lager}$
- Lagerwerte haben geogenen Ursprung

<sup>3</sup> in diesem Beispiel traditionelle Stoffflussanalyse: Systemanalyse, Datenbeschaffung, Interpretation

<sup>4</sup> Kwongpongsagoon et al (2008)

## Fazit: Stoffflussanalyse zeigt: (Durchschnittsfeld)

1. **Woher** kommt das **Cadmium**? (Kunstdünger und Emission)
2. Unterscheidung **anthropogene** und **natürliche** Einträge (nur Teil der Deposition ist natürlich)
3. Relative Wichtigkeit der Einträge (1. Deposition, 2. Kunstdünger)
4. Wo müsste in einem Monitoringprogramm gemessen werden: **Input**, nicht nur Konzentrationsmessungen
5. Wo reduzieren falls nötig:  
Reduktion des **Cd-Gehaltes im Kunstdünger**  
Reduktion der **Emissionen** (70% ist „hausgemacht“, Smelters,...)

### Von Cd-Bilanzen für ein Durchschnittsfeld zu lokalen (geographisch referenzierten) Bilanzen:

- Cd-Bilanz für das Durchschnittsfeld: geben einen ersten Überblick, zeigen wo zu suchen.
- **Lokale Bilanzen sind nötig für “hot spots”:**
  - Orte mit grossen Depositionen (from smelters, factories)
  - Orte mit Applikation von Kunstdünger mit hohem Cd-Gehalt.

### Weshalb ist die Konzentration im Weizen, .... So hoch?

Viele Gründe, z. B. lokale Deposition und Bodeneigenschaften, Kulturwechsel etc...



### **3. Beispiel: Flammschutzmittel in der Schweiz:<sup>5</sup>**

Projekt von Morf et al (Geopartner und Eawag) im NFP50

#### **Charakteristiken:**

##### **Zweck und Anwendung**

- Zusatzstoffe um die Brennbarkeit von Plastikprodukten, Elektronikgeräten, Autos, Möbel, Textilien, Bau zu vermindern.
- Einbau in Plastikpolymere
- Beschichtung von Textilien

##### **Produktionsdaten:**

- >70 verschiedene kommerziell erhältliche Flammschutzmittel
- Weltmarkt 2001: >270'000 t → ca. 40 g/Person und Jahr

##### **Verhalten in Umwelt:**

- Persistent, bioakkumulativ, toxisch

##### **Effekt bei Menschen:**

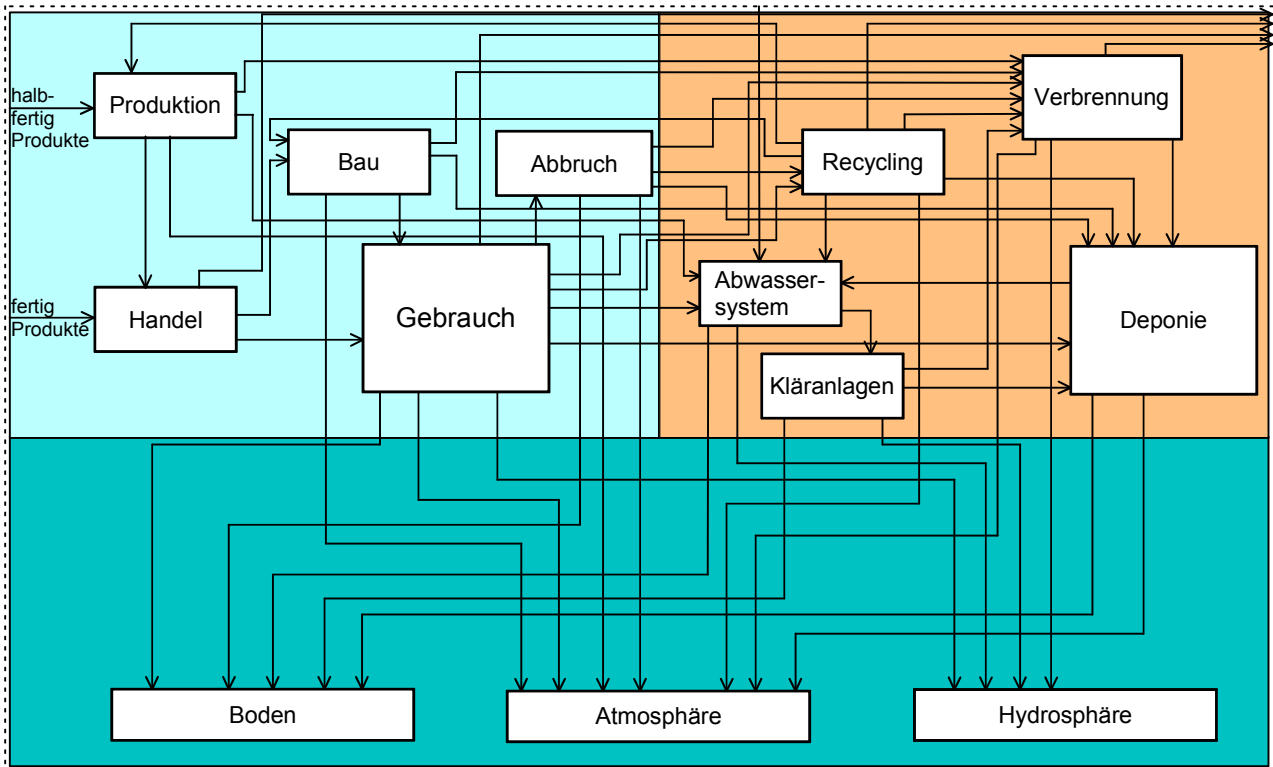
- Kanzerogen, Allergen, endokrine aktive, Fehlfunktionen der Schilddrüse.

---

<sup>5</sup> Morf et al 2008

# Systemanalyse: (Schweiz)

→ Pfade der Substanzen



## Modellansatz:

- Input in Gebrauch gemäss Konsumbedarf
- Aufenthalt in Gebrauch gemäss Lebensdauer-Verteilung
- Emission während Gebrauch gemäss Emissionsfaktoren
- nach Gebrauch Triage in Entsorgungsprozesse und Umwelt gemäss Triagekoeffizienten

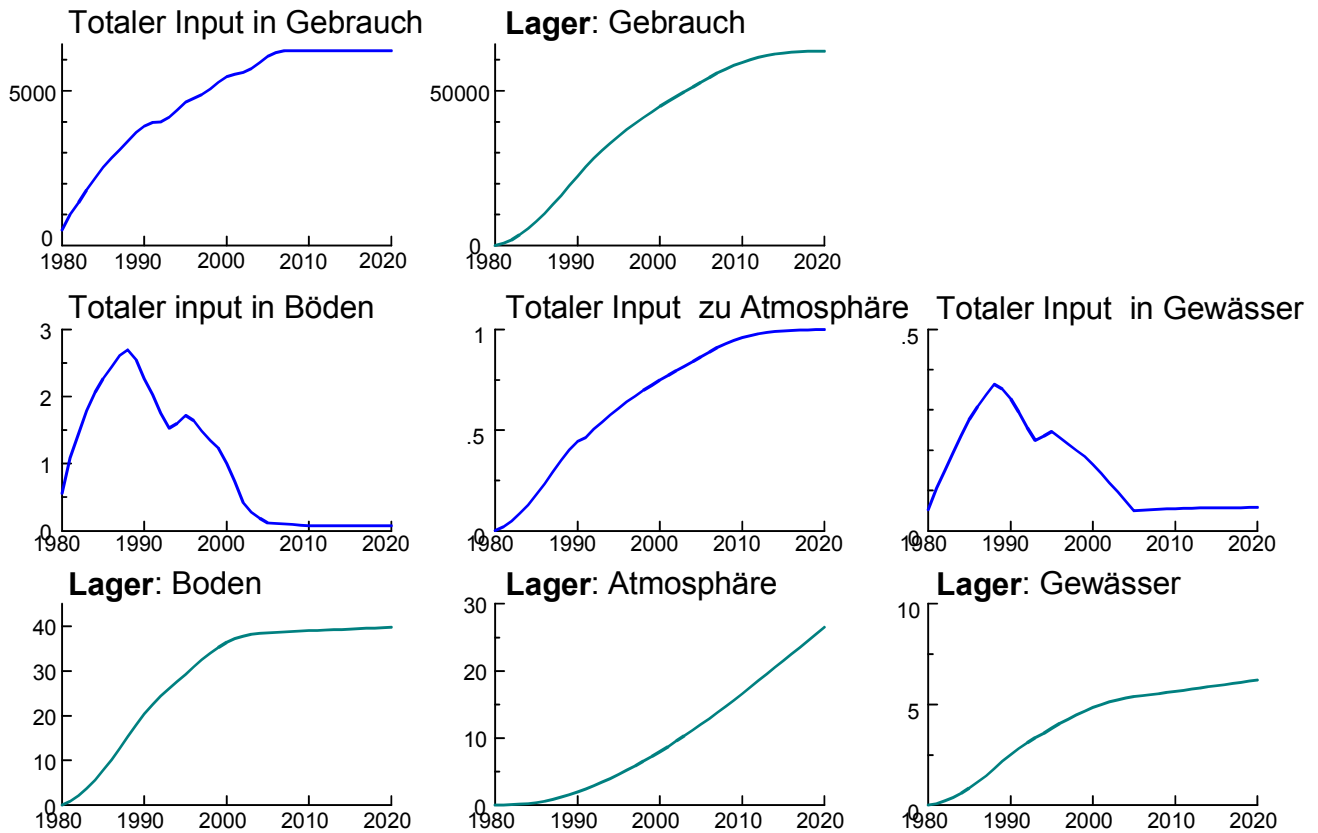
## Datenquellen:

Studien von Morf et al (Geopartner AG)

Literatur

Interviews mit Experten

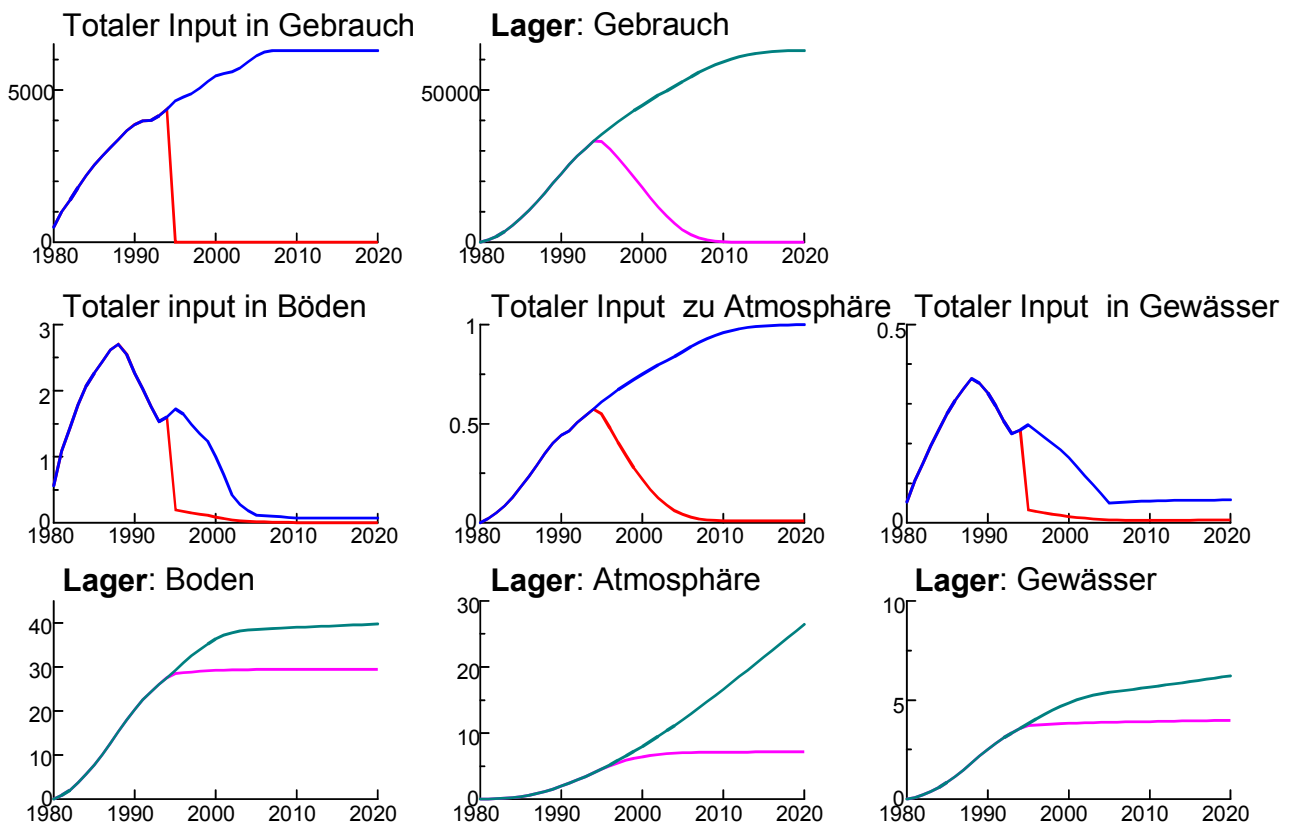
# Resultate Flammschutz in Textilien:



## Dynamische Stoffflussanalyse zeigt:

- ca. 5000 kg/Jahr der **oben gezeigten Substanz** (Decabromodiphenylether) gelangt in Gebrauch.
- Lager wächst in betrachteter Zeitperiode auf ca. 50000kg.
- ca. 5 kg/Jahr gelangt in Umweltkompartimente ( d.h. ca. 1/1000 des Inputs gelangt **verzögert** in Umwelt).
- Bis 2000 ca. 60 kg abgelagert in Umwelt.
- Abnahme des Inputs in Böden und Gewässern nach ca. 1985 wegen Produktionsbedingter Verringerungen der Emissionen.

# Flammschutz in Textilien: Import Verbot ab 1995



- Importverbot um 1995 in Atmosphäre bewirkt erst **10Jahre** später eine Lagerstabilisierung ( $\approx$ Aufenthaltszeit).
- In Böden und Gewässern ist dieser Effekt nicht so deutlich, (Überlagerung Produktionsbedingte Verringerungen der Emissionen seit 1985).
- Messung: gemessen werden die Konzentrationen in Umweltkompartimenten: **proportional zum Lager**. deshalb können mit Konzentrationsmessungen Veränderungen im Eintrag nicht oder erst verzögert erfasst werden.

## Fazit:

1. Dynamische Stoffflussanalyse zeigt **woher** und **wann** Beiträge kommen.
2. Beitrag zur **Früherkennung**: zum voraus kann simuliert werden, was wäre, wenn...
3. **Reine Messung** der Konzentrationen in Umweltkompartimenten kann Massnahmen erst **stark verzögert** erfassen.

## Wichtige Beiträge der Modellierung

(basierend auf aktuellem System- und Datenwissen):

1. **Bestimmung der Unsicherheit für Flüsse und Lager**  
(wichtig für die Beurteilung der Resultate)
2. **Verbesserung der Genauigkeit der Resultate**  
(Welche Parameter müssten genauer bestimmt werden?)
3. **Evaluation von potentiellen Massnahmen**  
(Bestimmung der sensitivsten Parameter)
4. **Systemveränderungen aufzeigen**  
(Wo sieht man zuerst Veränderungen, die über natürliche Schwankungen hinausgehen.)
5. ...

## 4. Schlussfolgerungen

SFA ist **entscheidend** für die Evaluation möglicher Massnahmen.

Ausserdem kann SFA **Monitoring** folgendermassen unterstützen:

Antwort zu den Kernfragen:

### 1. Bedeutung raumbezogener Stoffbilanzen für die Umweltbeobachtung?

Erfassung der **Inputflüsse** ist entscheidend um Veränderungen in der Umwelt frühzeitig zu erfassen. Nur **Konzentrationsmessungen** in den Umweltkompartimenten zeigt Veränderungen sehr **spät**.

### 2. Umweltveränderungen verursacht durch Stoffflüsse?

- Ein Effektmodell resp. Studie zeigt die Effekte auf Ökosysteme und Menschen, ....
- Für die **Beurteilung** eines möglichen Problems bietet die SFA eine Grundlage.

### 3. Unterscheidung wichtige/unwichtige Stoffflüsse?

In welcher Beziehung wichtig?

Ressourcenbezogen, ökotoxikologisch, ...?

**Stoffflussanalyse ist Grundlage für diese Fragen.**

## Literatur:

- S. Kwonpongsagoon, H.-P. Bader, R. Scheidegger, *Clean Technologies and Environmental Policies* 9 (2007) 313-323. Cadmium Flow in Australia, based on Substance Flow Analysis.
- L. Morf, A. Buser, R. Taverna, H.-P. Bader and R. Scheidegger, *CHIMIA* 62,5 (2008) 424-431. Dynamic Substance Flow Analysis as a Valuable Risk Evaluation Tool - A case study for Brominated Flame Retardants as an Example of Potential Endocrine Disrupters.
- S. Kwonpongsagoon, H.-P. Bader, R. Scheidegger in J. Wittmann, H.-P. Bader and R. Scheidegger, *Simulation in Umwelt- und Geowissenschaften*, Workshop Dübendorf Shaker Verlag Aachen, 2008, 17-26. Woher kommen die Cd-Einträge in die Landwirtschaft in Australien.
- M. J. Mench (1998) Cadmium availability to plants in relation to Major long-term changes in agronomy systems, *Agriculture, Ecosystems & Environment* 67:175-187
- S. Kwonpongsagoon, (2007a), *Integration of Substance Flow Analysis, transport and fate of materials in the environment, and environmental risk assessment for provision of information for regional environmental management: cadmium as a case study in Australia*, PhD thesis, School of Civil and Environmental Engineering, University of New South Wales, Sydney.