TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Der Wissenschaftsfonds.

Austrian Science Fund (FWF): I 549-N21

Senken als Beschränkung für den anthropogenen Stoffumsatz?

Ein neuer Indikator zur Bewertung regionaler Stoffflüsse.

Ulrich KRAL

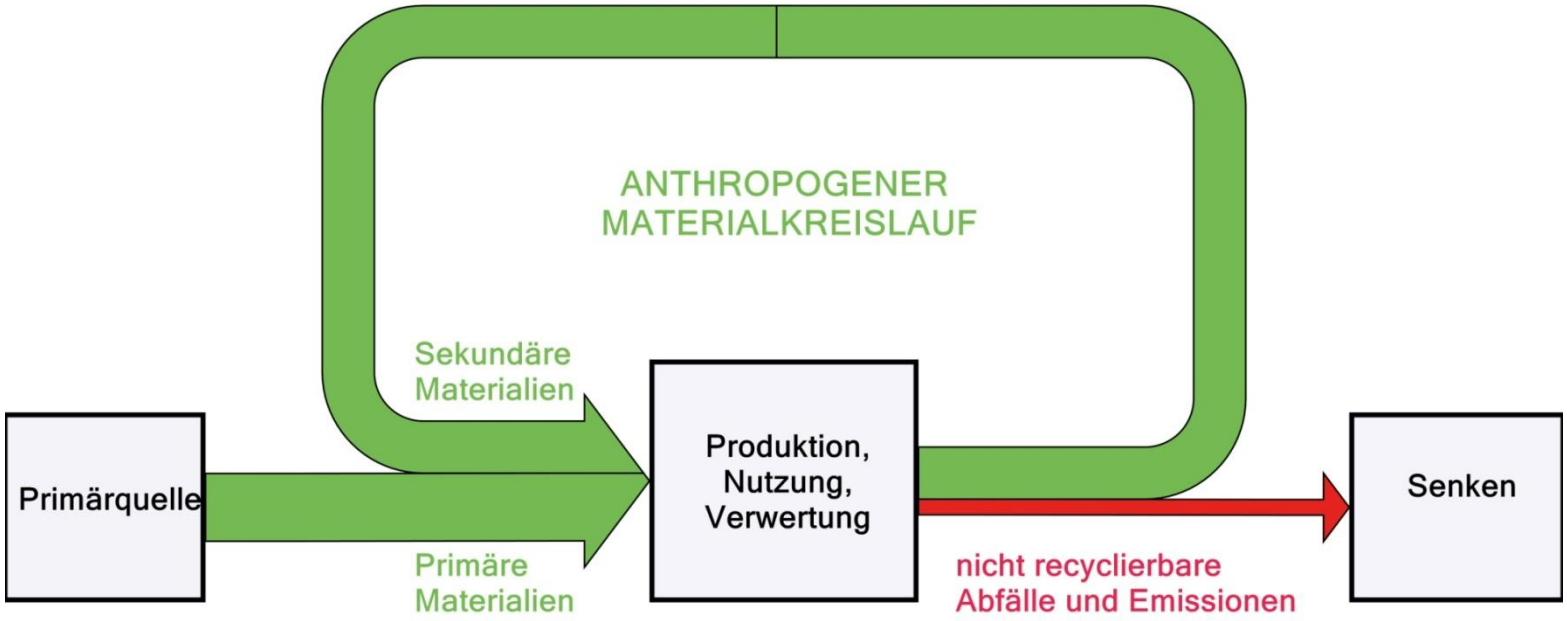
Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft

Diplomanden- und Dissertantenseminar

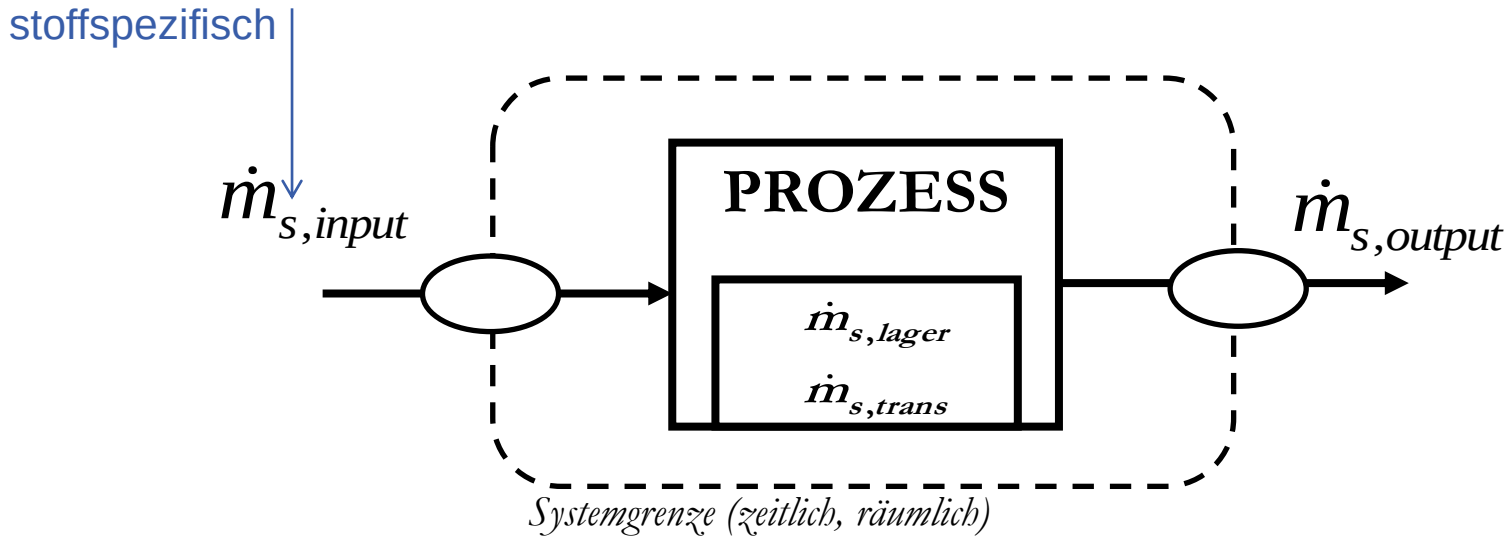
21. Oktober 2013

Motivation
Methode
Fallstudien
Zusammenfassung

Anthropogener Stoffumsatz



Was ist eine Senke?

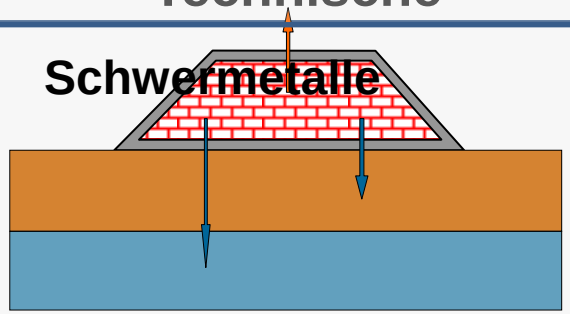


Senke: $$\frac{\dot{m}_{s,input}}{\dot{m}_{s,output}} > 1$$

Akkumulation oder **Transformation** eines Stoffes *s* innerhalb eines Prozesses

Welche Senken gibt es?

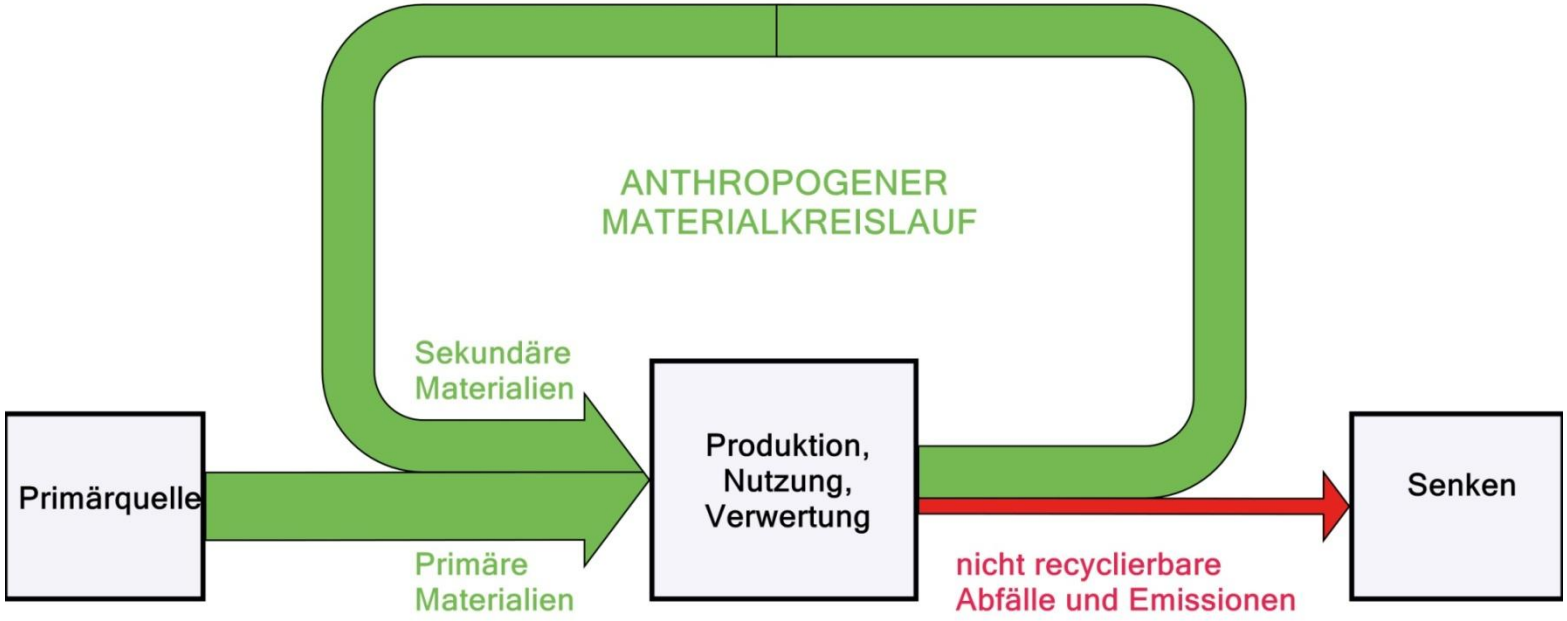
Technische



Natürliche

Wann sind Senken eine beschränkte Ressource?

Wenn Auswirkungen auf Schutzziele nicht akzeptabel sind.



Schutzziele

Ziel

Entwicklung einer Bewertungsmethode,

mit folgenden Anforderungen:

a) stoffspezifisch

b) regionale Ebene

c) Abfälle und Emissionen

d) technische und natürliche Senken

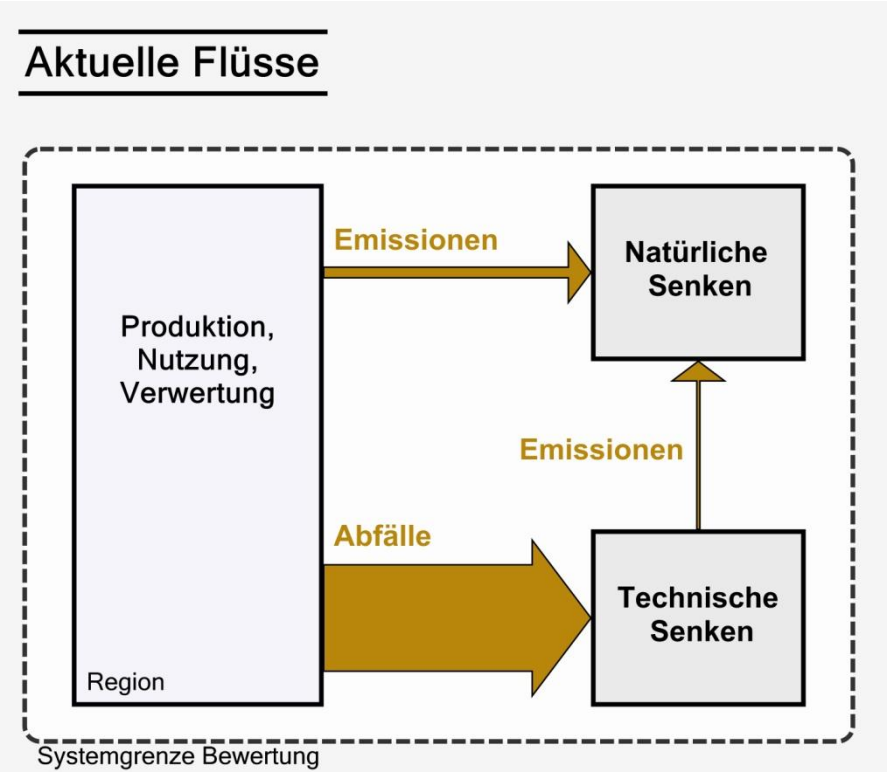
e) normative Kriterien in Hinblick auf Schutzziele

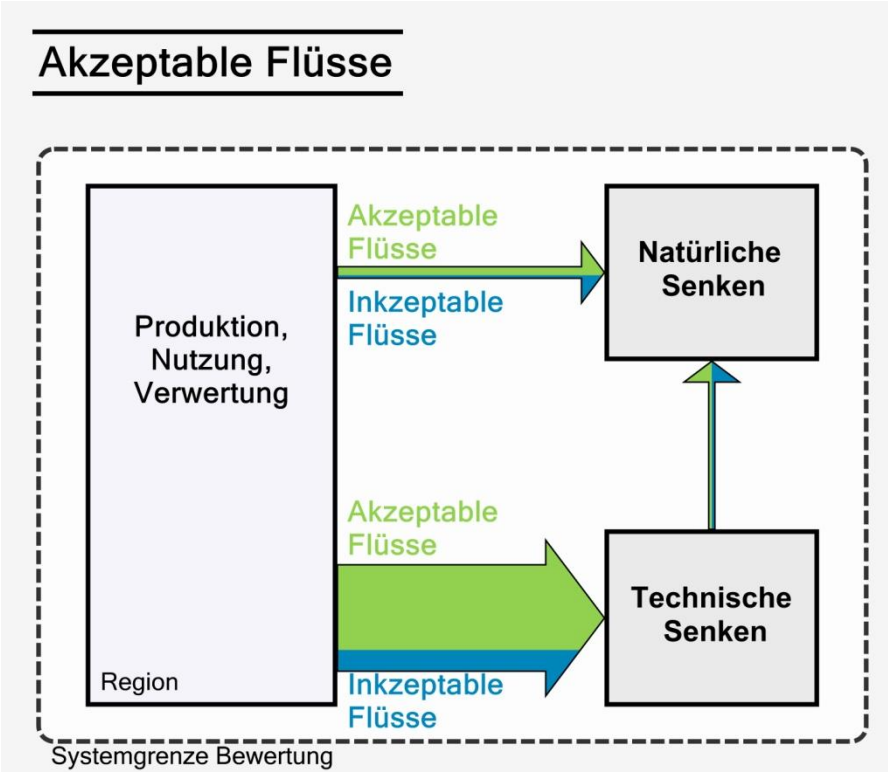
f) quantifizierbarer, ein-dimensionaler Indikator als Ergebnis

Methode

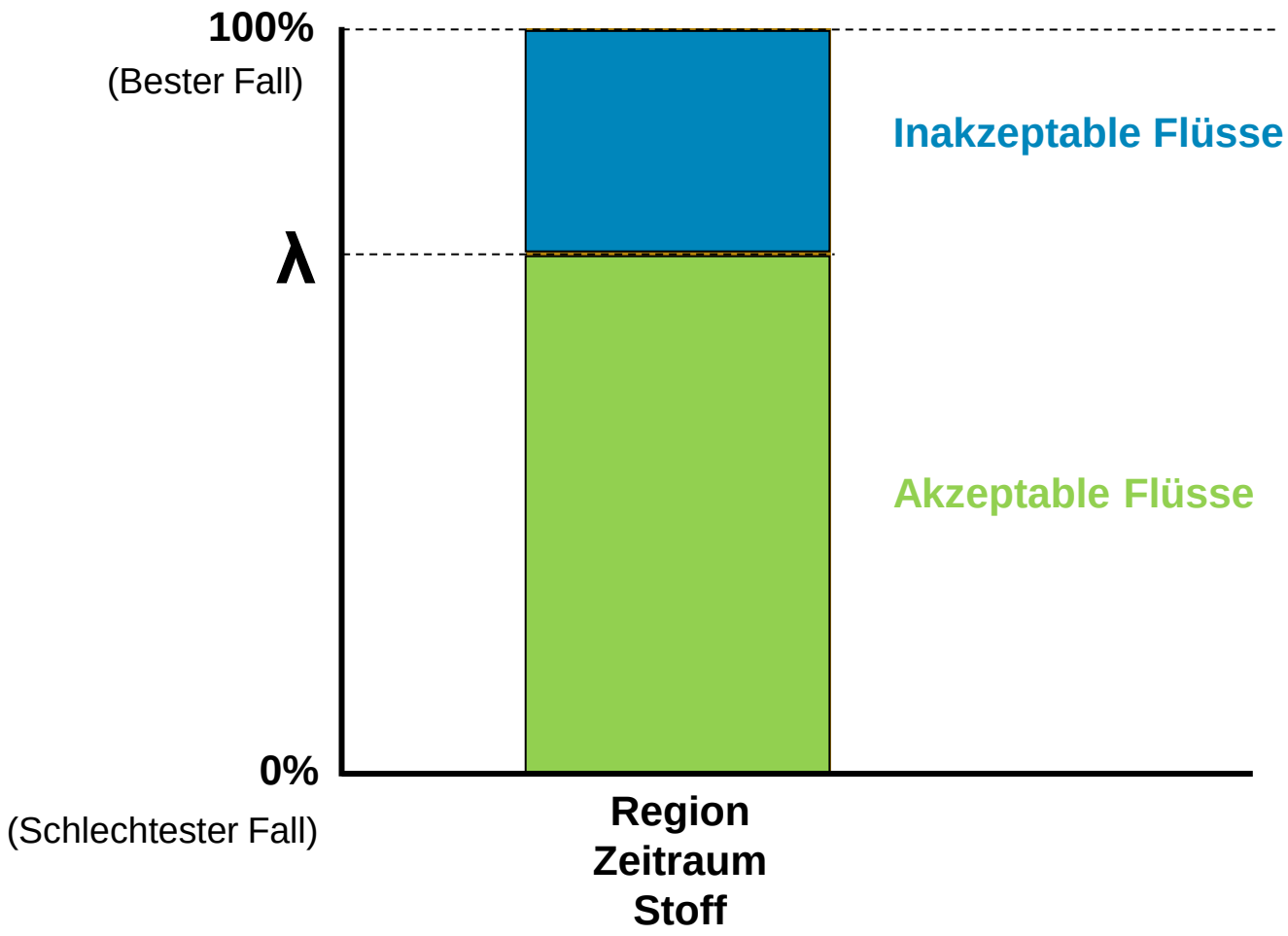
Indikator zur Bewertung regionaler Stoffflüsse

$$\text{Indikator} = \frac{\sum \text{der akzeptablen Flüsse}}{\sum \text{der aktuellen Flüsse}} \times 100$$





Indikator


100%
(Bester Fall)
λ
0%
(Schlechtester Fall)
Inakzeptable Flüsse
Akzeptable Flüsse
Region
Zeitraum
Stoff

Stoffflussanalyse

Systemgrenzen

1: Region, Zeitraum und Stoff

Modell

2: Modelentwicklung:
Identifizierung von Prozessen und Flüssen

3: Modelgleichungen:
Inputparameter, Datenakquise, Unsicherheiten

4: Bilanzgleichungen:
Datenausgleich mit STAN

Sankey-Diagramm

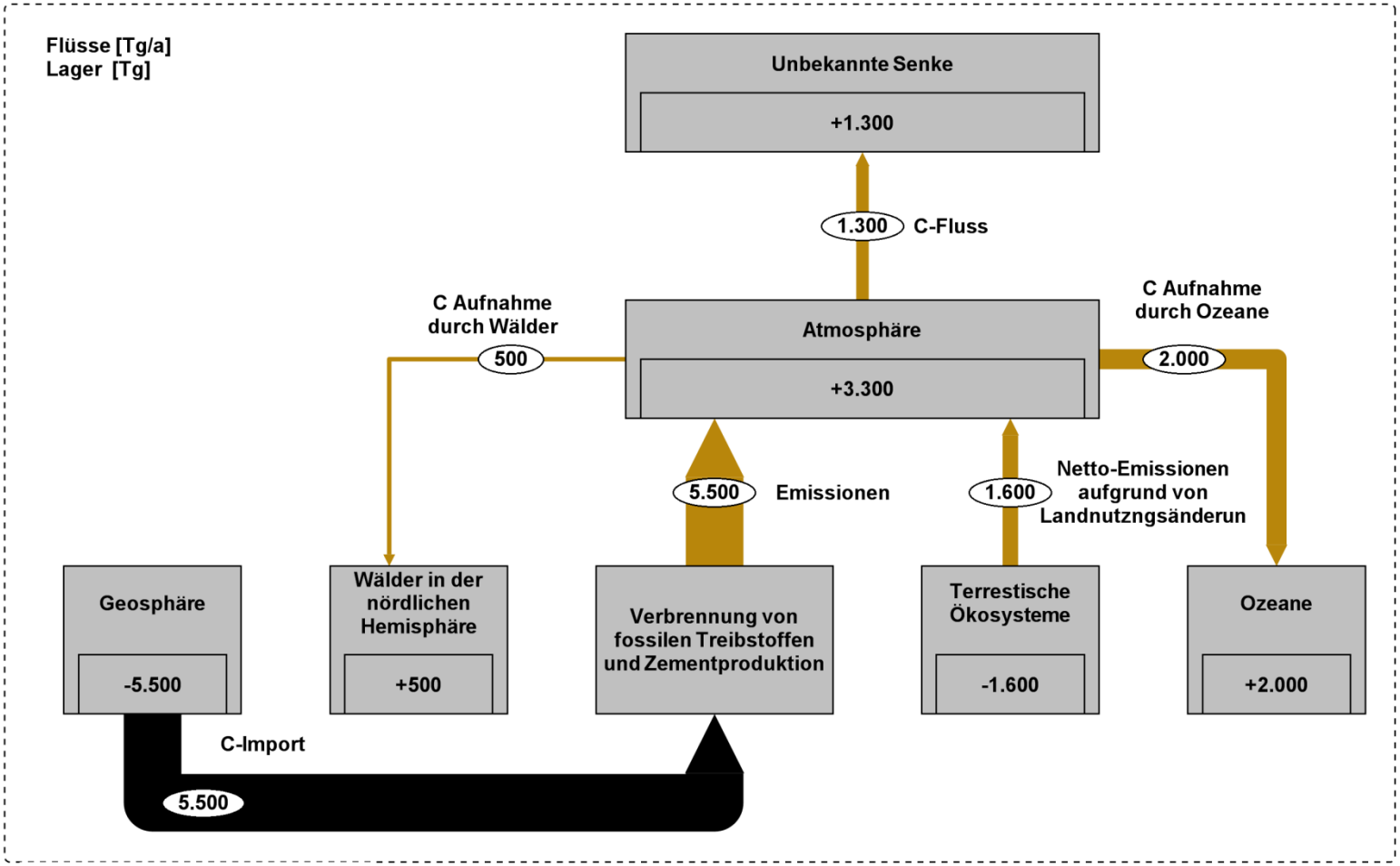
Auswertung

5: Quellen-Senken Diagramm

6: ∑ der aktuellen Flüsse

Sankey-Diagramm

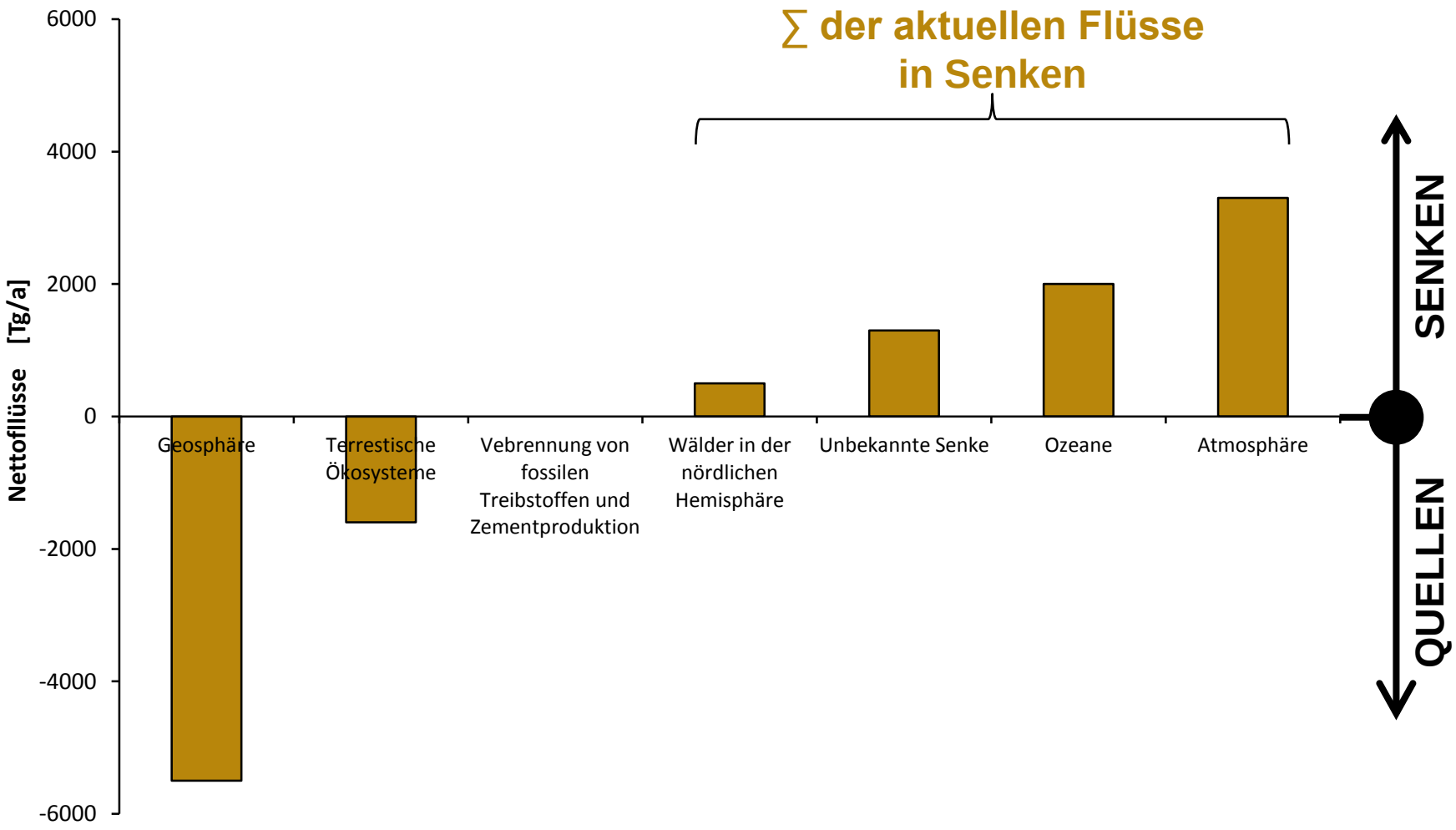
Welt, 1980-1989, Kohlenstoff



Welt, 1980-1989

Datenquelle: Schimmel et. al.1995, zitiert in Ayres, R.U., Ayres, L.W., 2002. A Handbook of Industrial Ecology.

Quellen-Senken-Diagramm



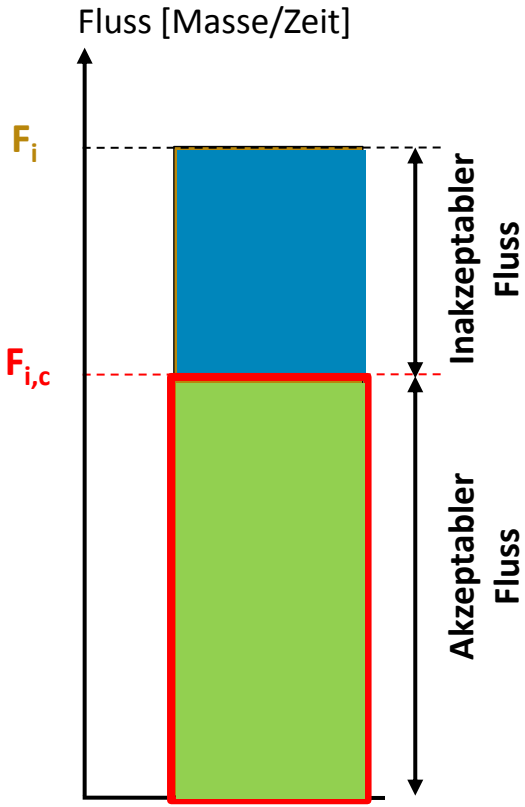
∑ der akzeptablen Flüsse

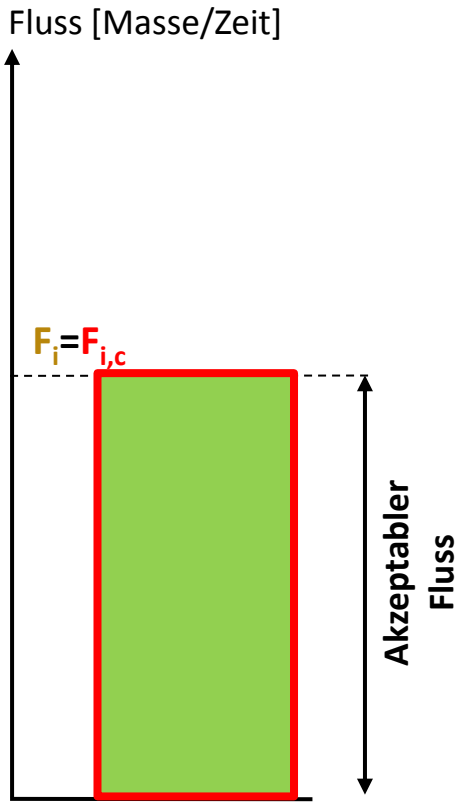
F_i Aktueller Fluss

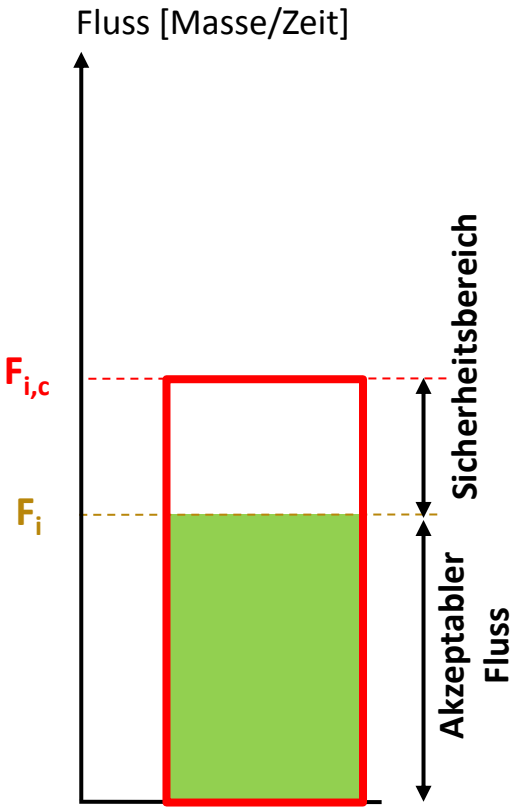
$F_{i,c}$ Kritischer Fluss

} 3 mögliche Fälle

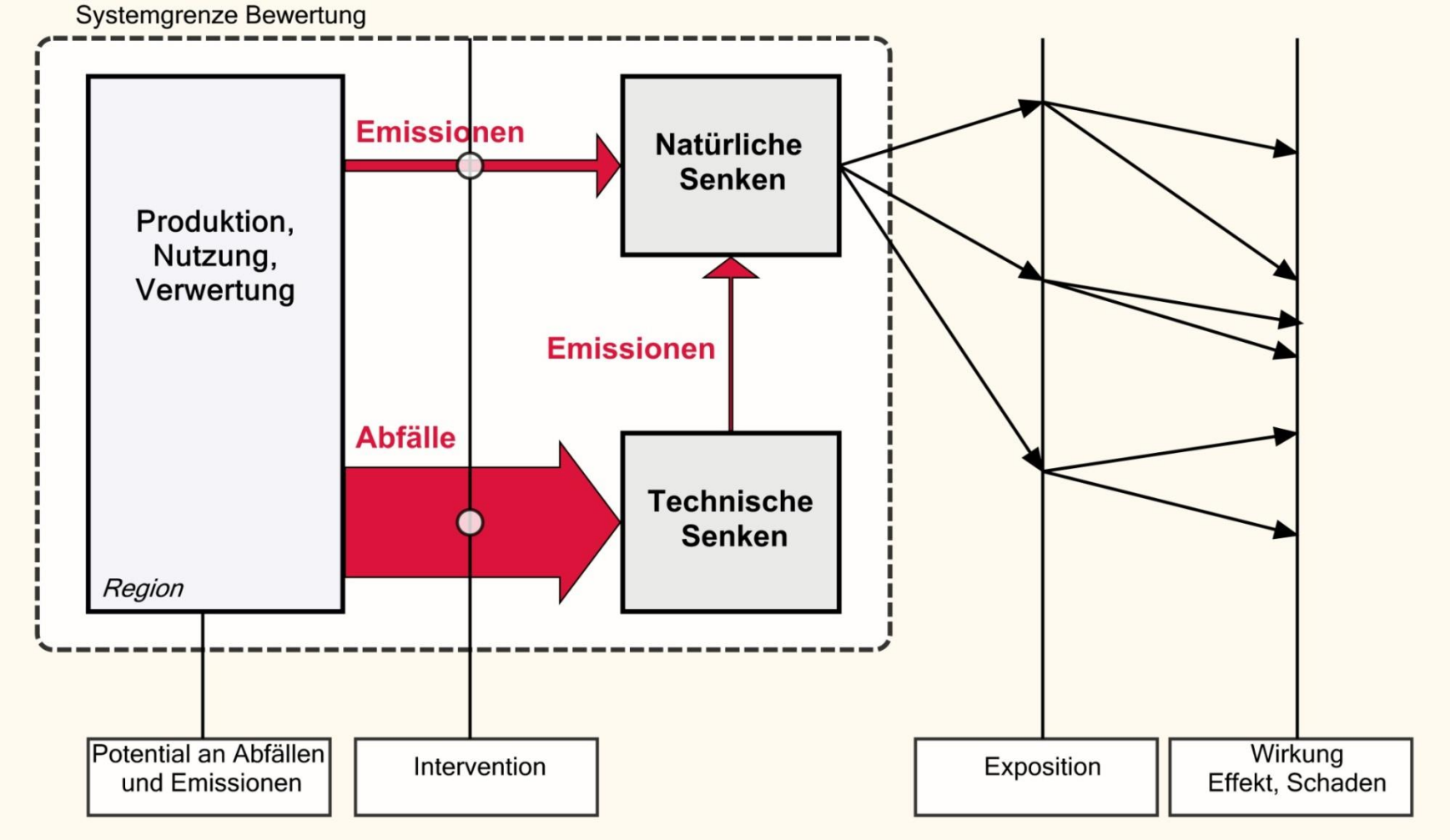
$F_i > F_{i,c}$	$F_i = F_{i,c}$	$F_i < F_{i,c}$







Proxy-Kriterien & Wirkungs-Kriterien



Fallstudien

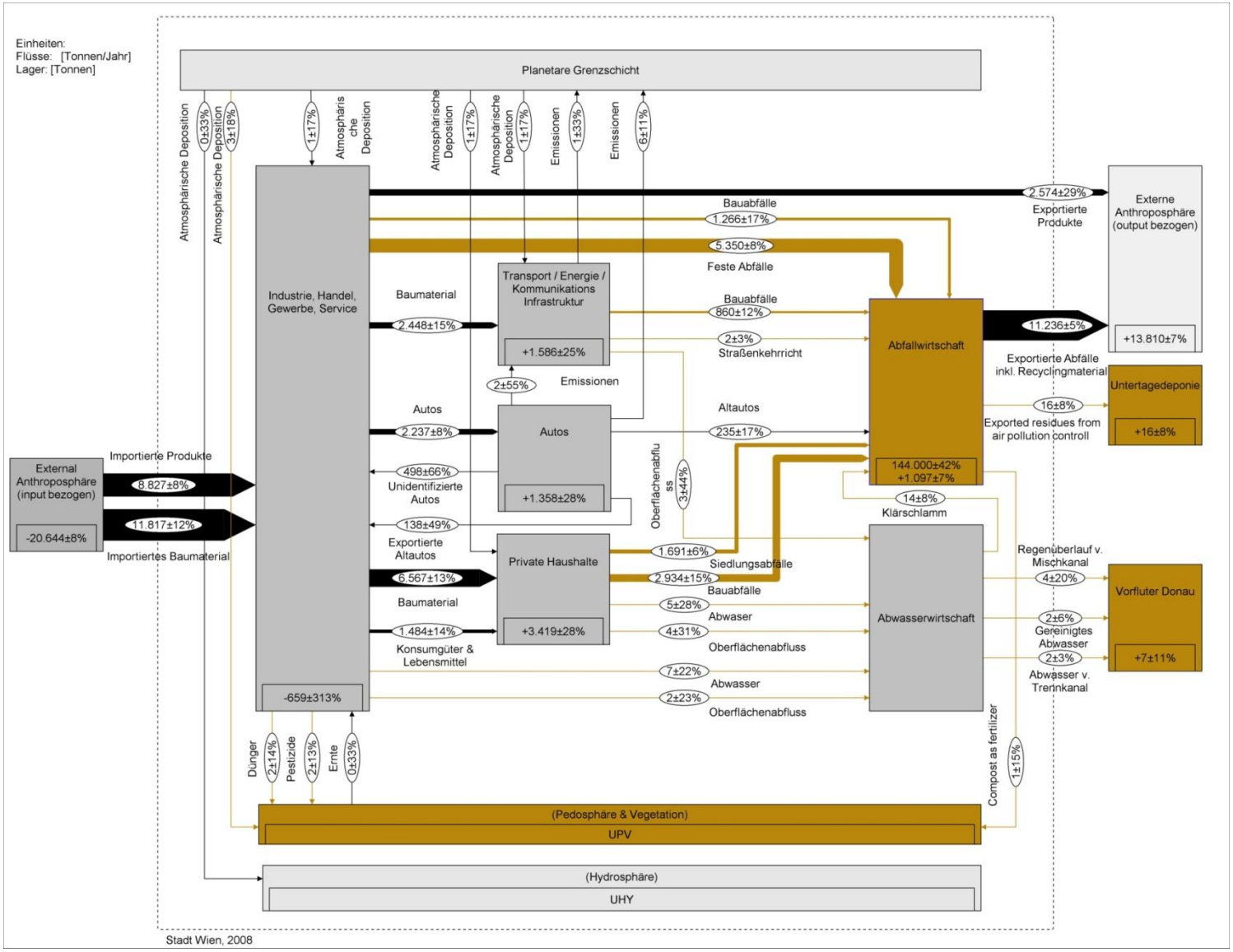
Kupfer in Wien

- Städte sind Hotspots für Cu Umsatz

- Von der Nutzung in die Deponie

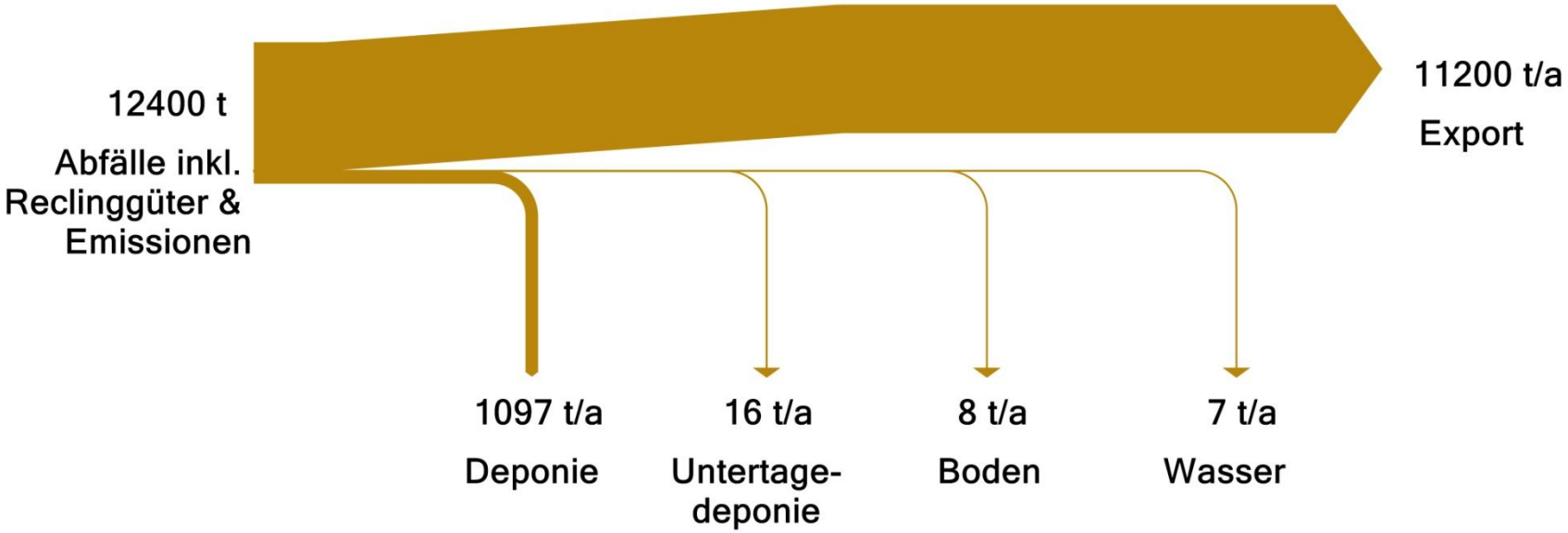
- Tracer für städtische Emissionen
  - Grenzwerte im Abwasser knapp unterschritten
  - Konzentrationen im Klärschlamm höher als am Land
  - Konzentrationen im Stadtboden höher als in der Umgebung

Sankey-Diagramm

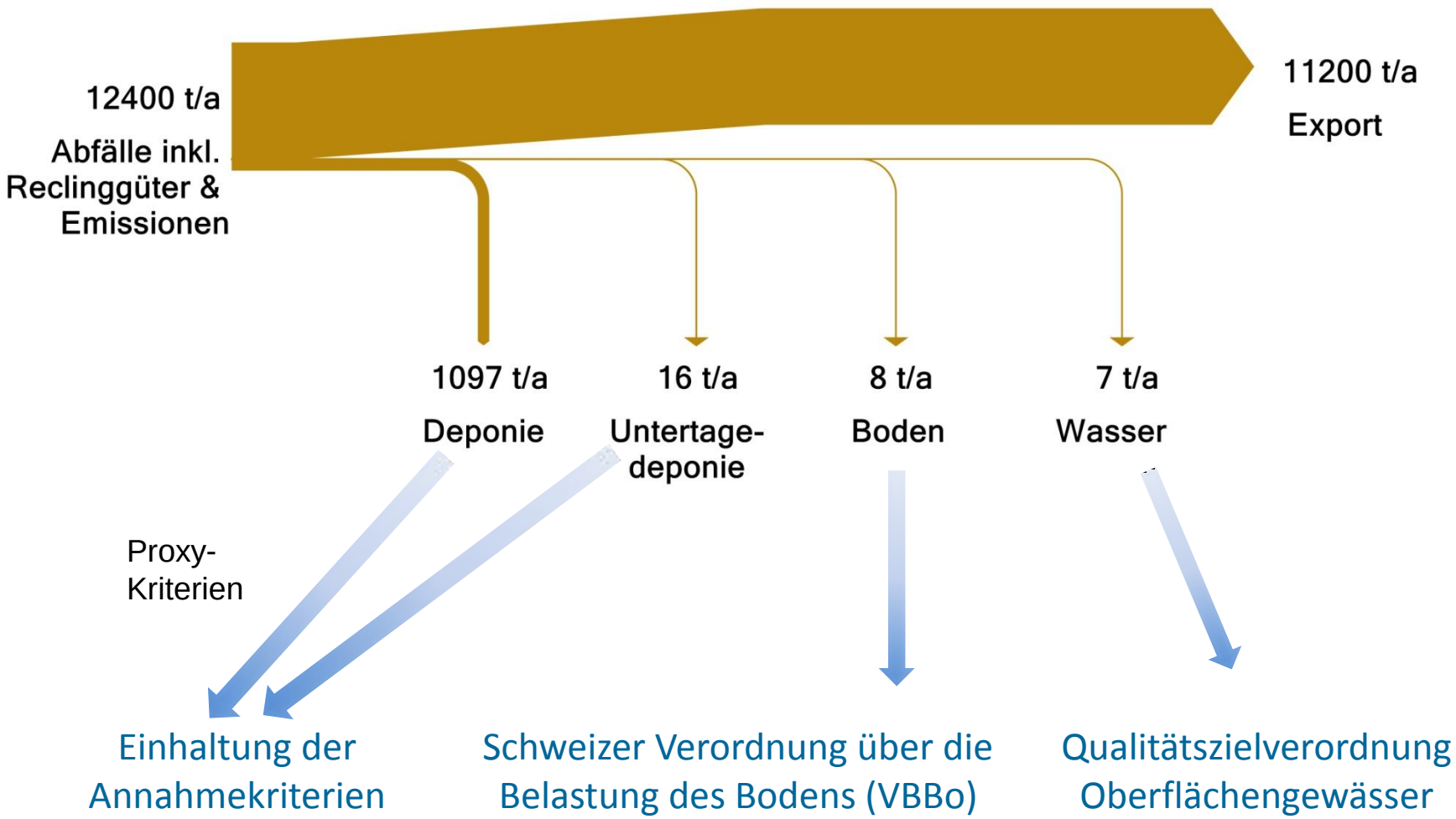


Kral, U., et al. (2013). "The copper balance of cities: Exploratory insights into a European and an Asian city." Journal of Industrial Ecology, accepted for publication.

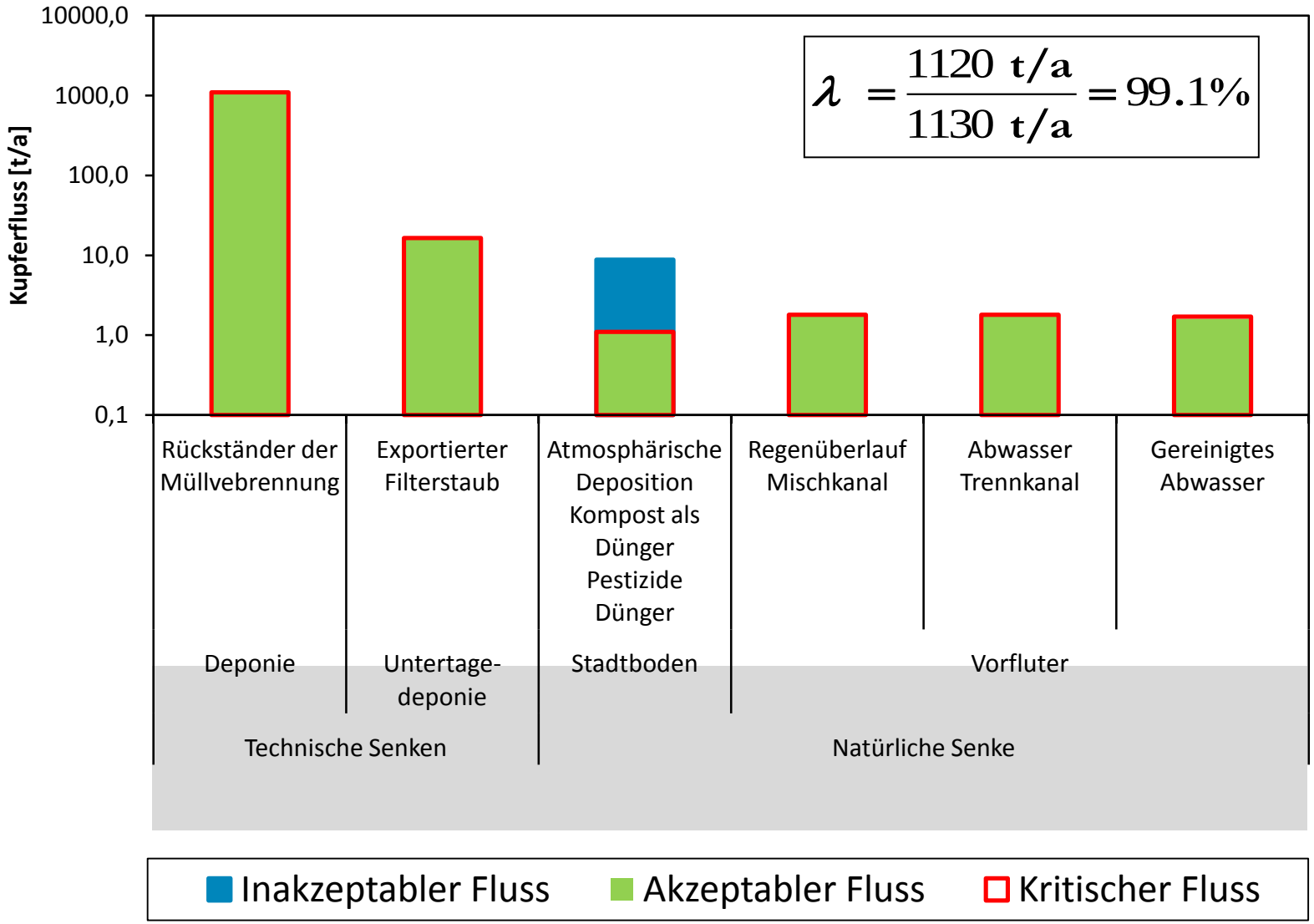
Aktuelle Flüsse in Senken



Normative Kriterien



Resultat


$\lambda = \frac{1120\ t/a}{1130\ t/a} = 99.1\%$
Kupferfluss [t/a]
10000,0
1000,0
100,0
10,0
1,0
0,1
Rückständer der Müllvebrennung
Exportierter Filterstaub
Atmosphärische Deposition
Kompost als Dünger
Pestizide
Dünger
Regenüberlauf Mischkanal
Abwasser Trennkanal
Gereinigtes Abwasser
Deponie
Untertage-deponie
Stadtboden
Vorfluter
Technische Senken
Natürliche Senke
Inakzeptabler Fluss
Akzeptabler Fluss
Kritischer Fluss

Cu in den Stadtboden

IST-Situation

- 13 % der aktuellen Flüsse sind akzeptabel.
- „Einfache“ Bestimmung des kritischen Flusses mangels Daten.

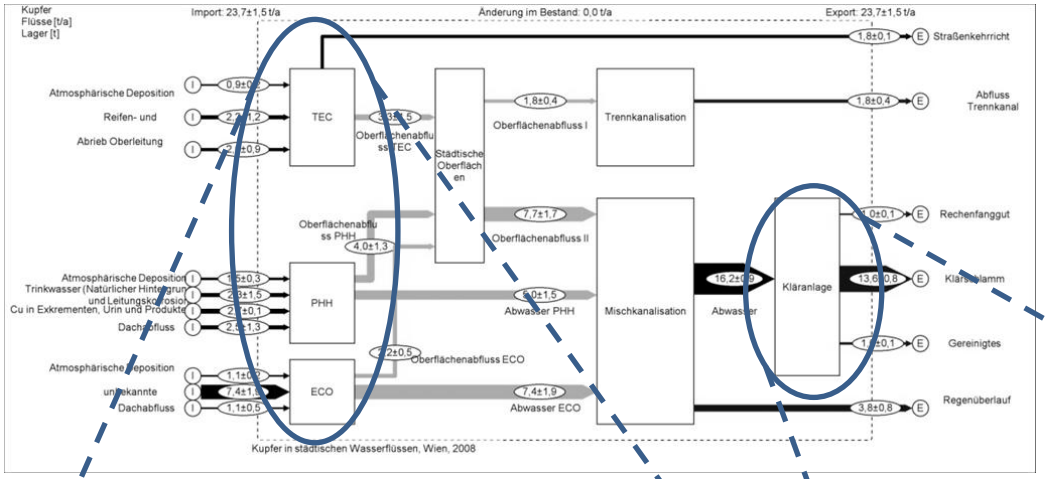
Schlussfolgerungen:

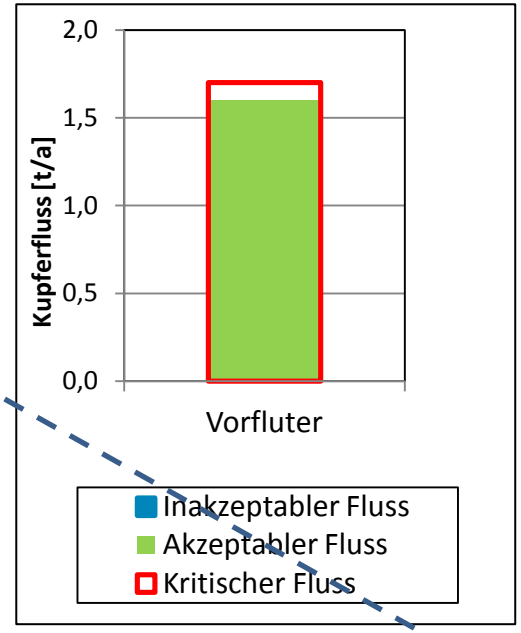
Verbesserung der Datenlage/Bewertung durch

- Monitoringsystem (Wiener Bodenbericht)
- Gesetzliche Grenzwerte

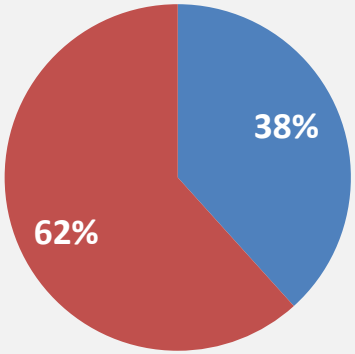
Gereinigtes Abwasser

Wassergetragene Kupferflüsse

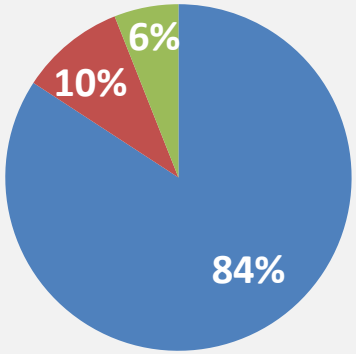




Einträge in den Mischwasserkanal



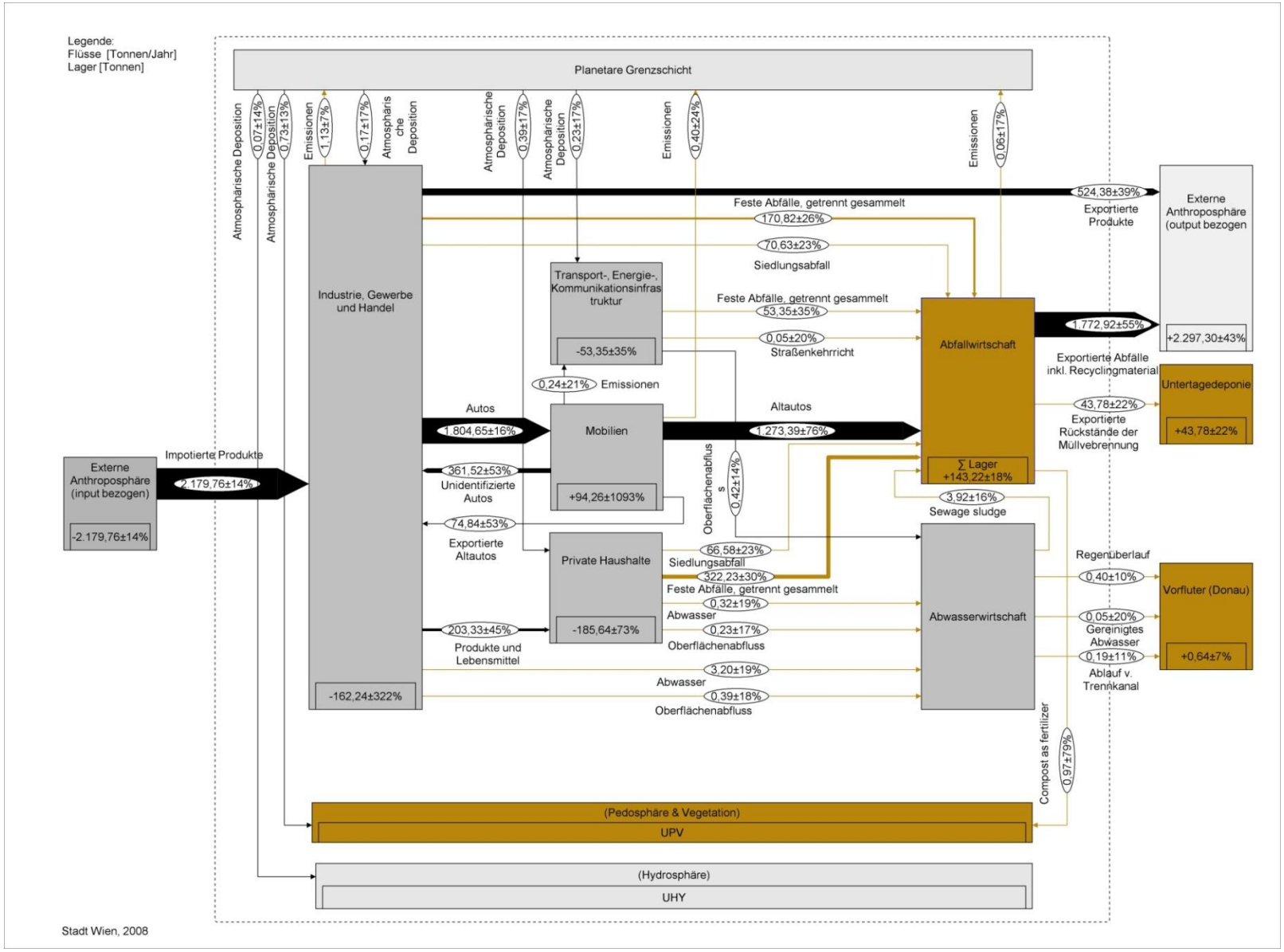
Transferkoeffizient Kläranlage



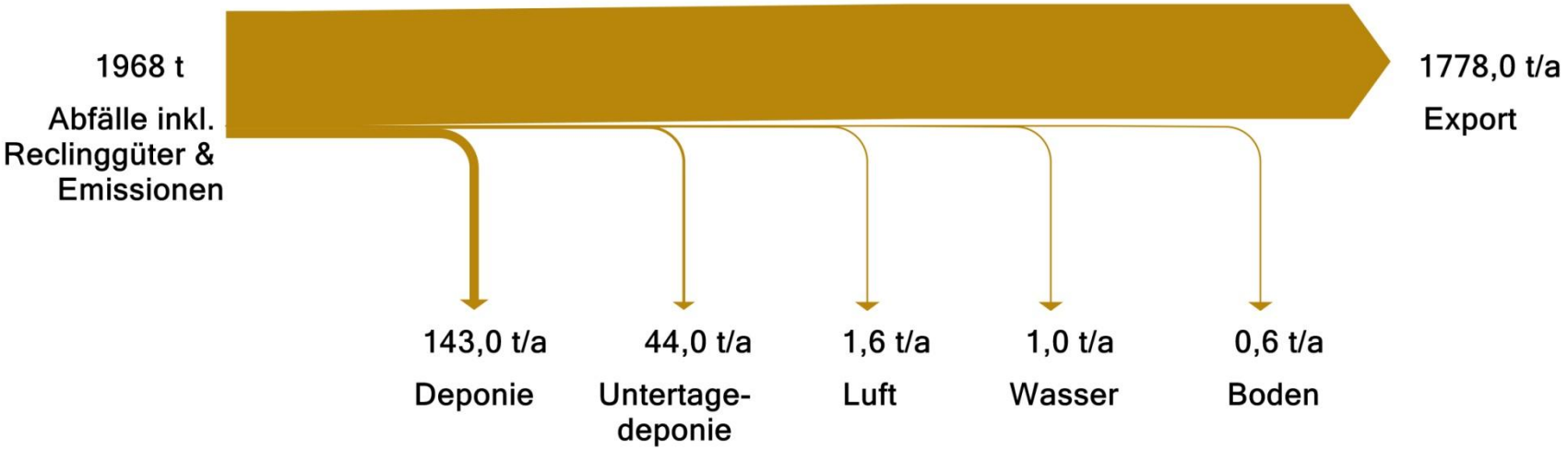
Blei in Wien

- Potentielle negative Auswirkungen auf menschliche Gesundheit
- In Batterien, Baumaterialien und Reifen
- Bleifreies Benzin
- Konzentrationen im Boden nehmen ab

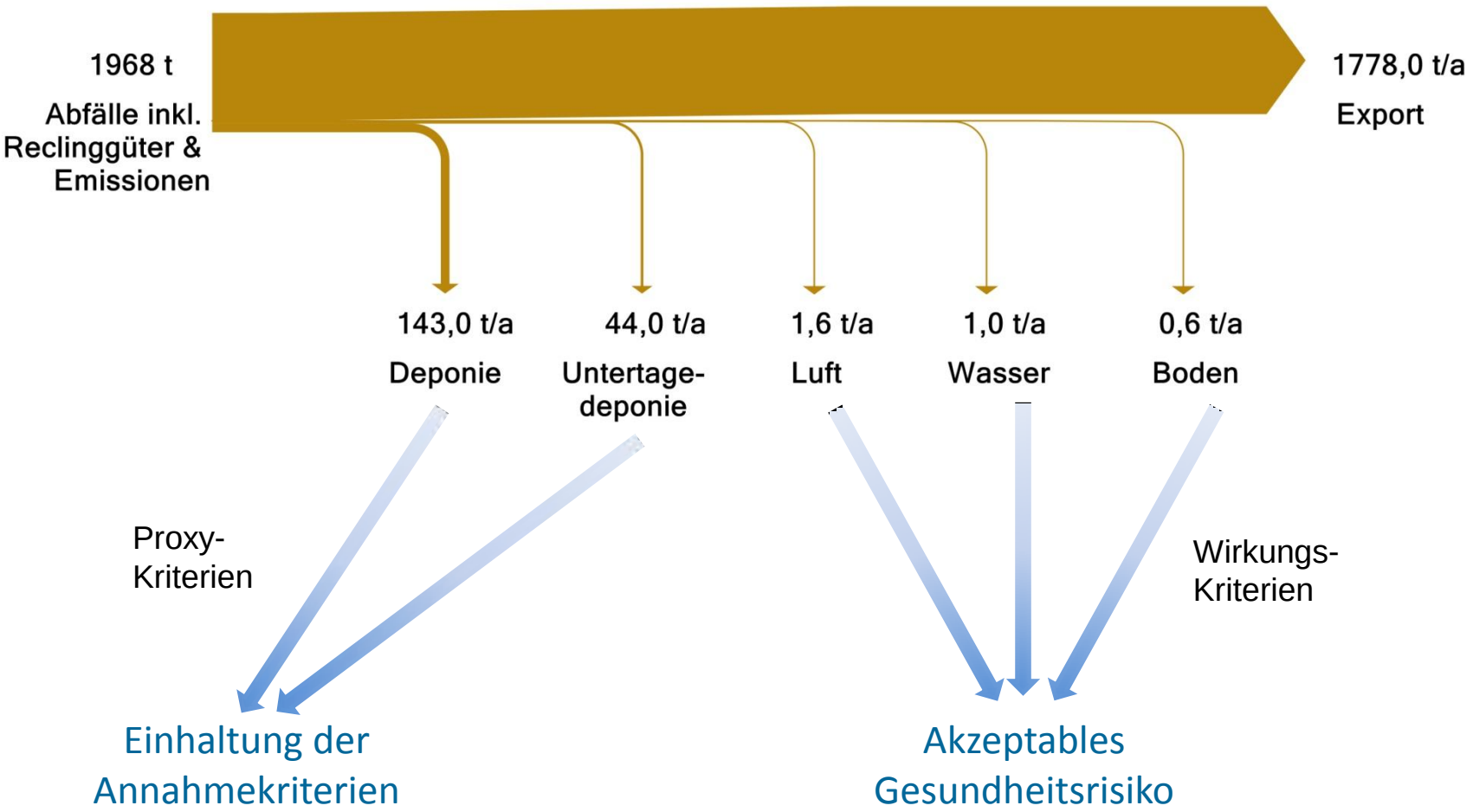
Sankey-Diagramm



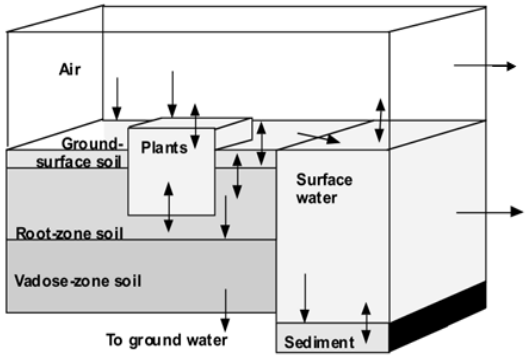
Aktuelle Flüsse in Senken

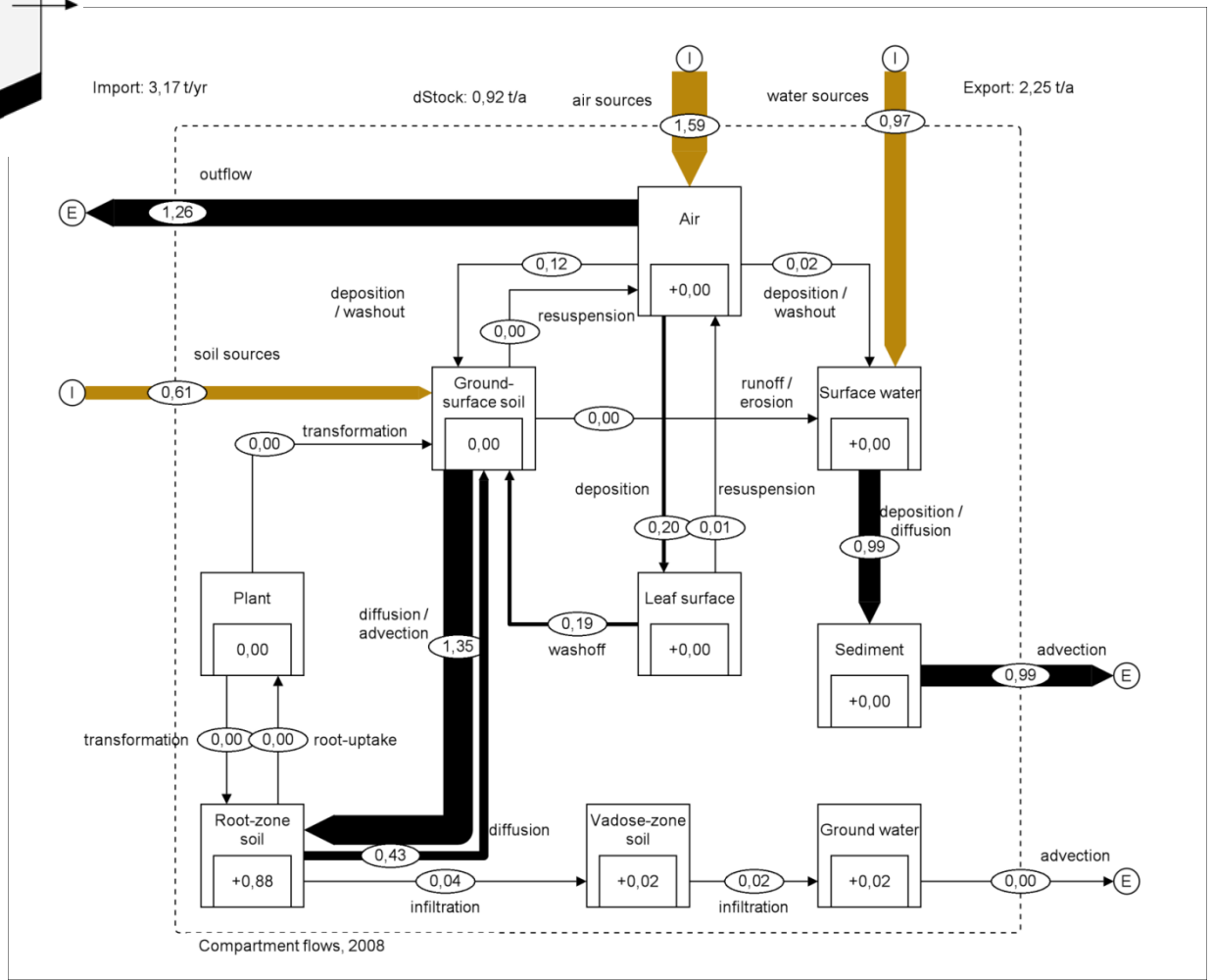


Normative Kriterien



Flüsse in der Umwelt





Exposition & Risiko

Exposition: Pb Aufnahme je Tag

$$ADD_{i,j,k} = \left[\frac{c_i}{c_k}\right] * \left[\frac{IU_{i,j}}{BW}\right] * \frac{EF * ED}{AT} * c_k$$

Gesundheitsrisiko (kanzerogen)

$7*10^{-8} < 1*10^{-6}$

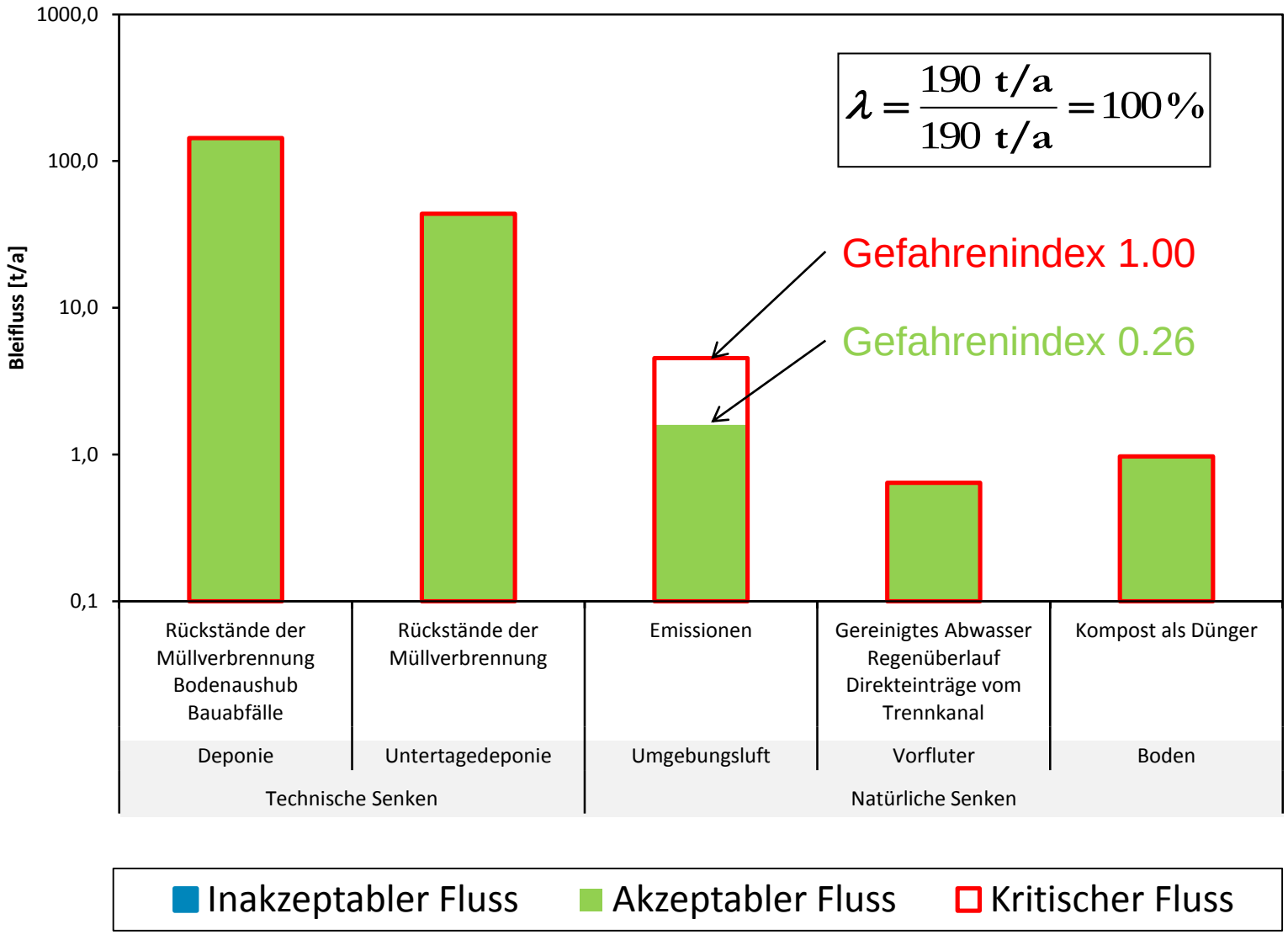
$$\text{Risk} = \sum_{i,j,k} ADD_{i,j,k} * \frac{30(year) * 365(\frac{\text{day}}{\text{year}})}{27959\ (\text{day})} * potencies_{i,j,k}$$

Gesundheitsrisiko (nicht-kanzerogen)

$0{,}26 < 1$

$$\text{HQ} = \sum_{i,j,k} \text{HI}_{i,j,k} = \sum_{i,j,k} \frac{ADD_{i,j,k}}{ADIs_{i,j,k}}$$

Resultat

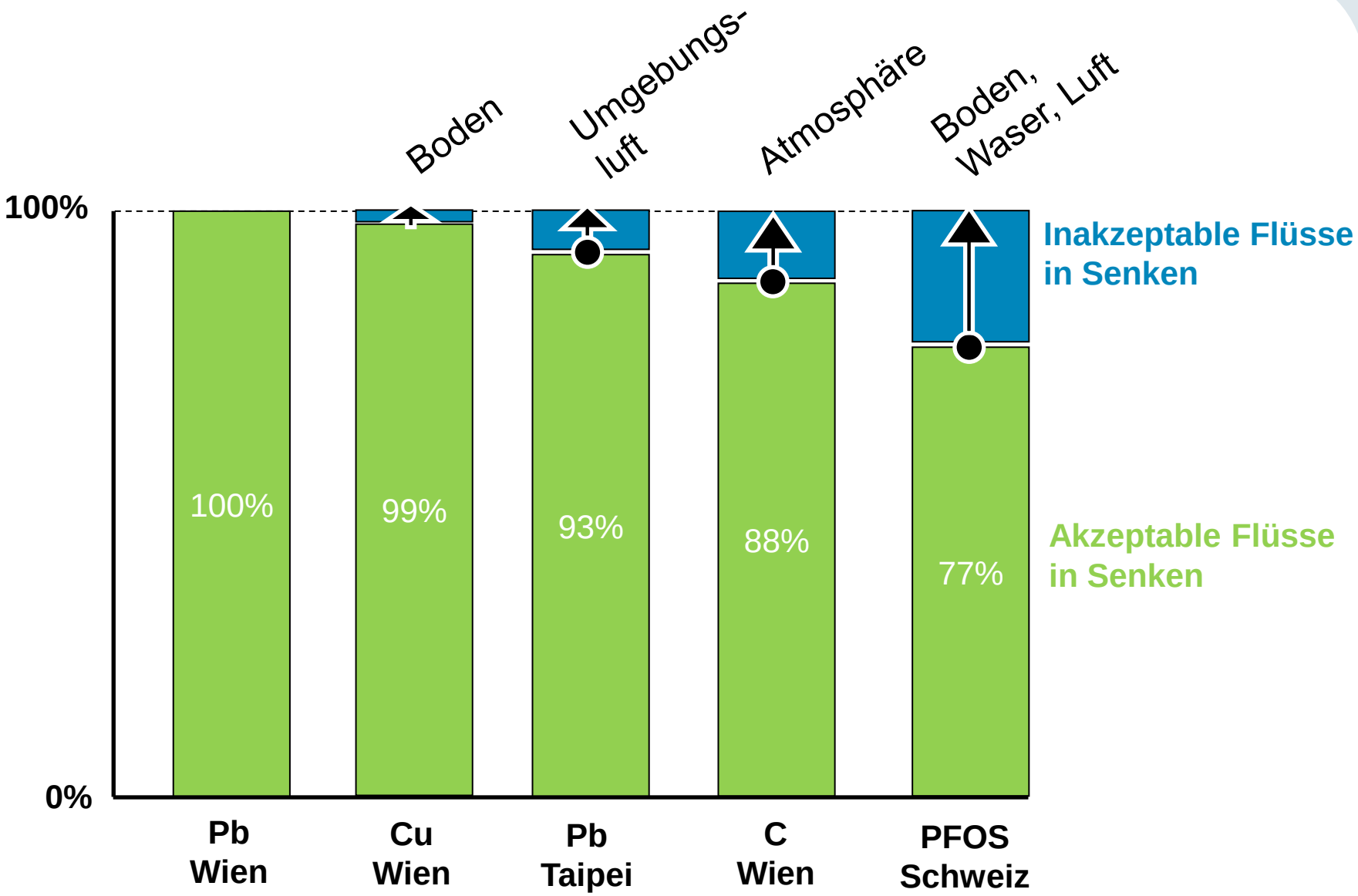

1000,0
100,0
10,0
1,0
0,1
Bleifluss [t/a]
$\lambda = \frac{190\ t/a}{190\ t/a} = 100\%$
Gefahrenindex 1.00
Gefahrenindex 0.26
Rückstände der Müllverbrennung Bodenaushub Bauabfälle
Rückstände der Müllverbrennung
Emissionen
Gereinigtes Abwasser Regenüberlauf Direkteinträge vom Trennkanal
Kompost als Dünger
Deponie
Untertagedeponie
Umgebungsluft
Vorfluter
Boden
Technische Senken
Natürliche Senken
Inakzeptabler Fluss
Akzeptabler Fluss
Kritischer Fluss

Schlussfolgerungen

- 100% der Pb Flüsse sind akzeptabel
- „Kompliziertes“ Bewertungsverfahren mit vielen Modellannahmen
- Lediglich ein Schutzziel abgedeckt: Menschliche Gesundheit

Zusammenfassung

Indikator


Boden
Umgebungs-luft
Atmosphäre
Boden, Waser, Luft
100%
0%
100%
99%
93%
88%
77%
Inakzeptable Flüsse in Senken
Akzeptable Flüsse in Senken
Pb Wien
Cu Wien
Pb Taipei
C Wien
PFOS Schweiz

Zusammenfassung

Motivation

- Anthropogene Aktivitäten produzieren Abstoffe mit Senkenbedarf.
- Sind Senken eine beschränkte Ressource?

Indikator

- Zeigt auf, ob aktuelle Flüsse in Senken akzeptabel sind. Falls die aktuellen Flüsse inakzeptabel sind, gilt die Senke als beschränkte Ressource.

- Natürliche Senken sind (zum Teil) eine beschränkte Ressource; Technische Senken schaffen Abhilfe.

- vergleicht verschiedenen Stoffe in verschiedenen Regionen

- Keine Aggregation mehrerer Stoffe

Ende