



Quelle: Florida Institute of Phosphate Research



Eutrophierungserscheinungen im nördlichen Bereich des Kaspischen Meeres östlich der Wolgamündung, Algenblüte durch hohe Düngierzufuhr (Satellitenaufnahme von 2003)

Phosphor

Eine lebenswichtige Ressource für Mensch und Umwelt

Dr. Leo Morf

Dr.L.Morf

Inhalt

- **Charakterisierung des Phosphors als ein lebenswichtiges Element**
- **Indikatoren für Ressourcenknappheit**
- **Der Fall des Phosphors**
- **Gesamtsystembetrachtungen als Basis für Ressourcenmanagement**
- **Handlungsbedarf bei Phosphor**



Hennig Brand entdeckt den Phosphor,
Joseph Wright (1734-1797), Bildausschnitt

Charakterisierung des Phosphors als ein lebenswichtiges Element

Charakterisierung:

- Phosphor ist ein Nichtmetall
- Wichtigste P-Verbindungen:
Säuren (Phosphorsäure) – Salze (Phosphate)- Polymere (Polyphosphorsäure)
- Kommt in der Natur nicht elementar sondern in stabilen Formen von phosphathaltigen Mineralien (Apatit, Phosphorit und Guano) vor
- Formen des elementaren P:
Weisser (gelblicher) –Roter –Violetter –Schwarzer
- Seit Ende 19.Jh. wird P nicht mehr aus Urin (0.14% Phosphat), sondern elektrochem. aus Phosphaten hergestellt
- Weltproduktion P: ca. 1 Mio. t (davon 1% Rot)



Apatit: $\text{Ca}_5[(\text{F},\text{Cl},\text{OH})](\text{PO}_4)_3$



Weisser Phosphor



Roter Phosphor



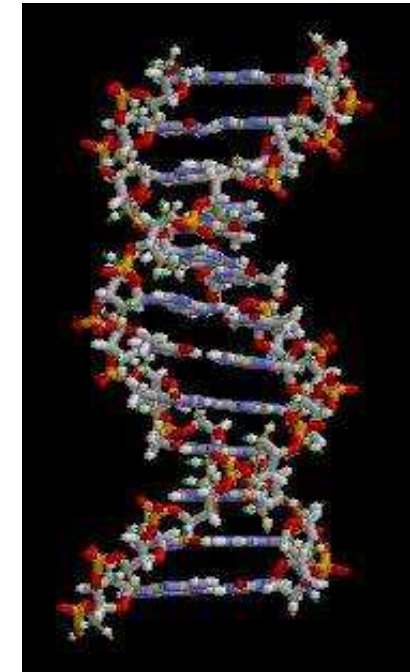
Guano

Lebenswichtigkeit:

- Phosphor ist für Mensch, Tier und Pflanze ein essentieller Nährstoff (Tagesbedarf Erw.: 1.2-1.4 g/Tag)
- In lebenden Systemen
 - als Phosphorester und Phosphate als Bausteine für Knochen (80%) , Zähne/Horn (20%) in Form von $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (total im Menschen ca. 3.5 kg Calciumphosphat)
 - im Energiestoffwechsel: ATP (Adenosin-triphosphat)
 - Bestandteil der DNA und RNA und der Zellmembrane

P-Aufnahme vor allem aus proteinhaltigen Lebensmitteln (Milchprodukte, Fleisch, Fisch)

P-Zufuhr in D/CH: Normalerweise 2x die benötigte Menge

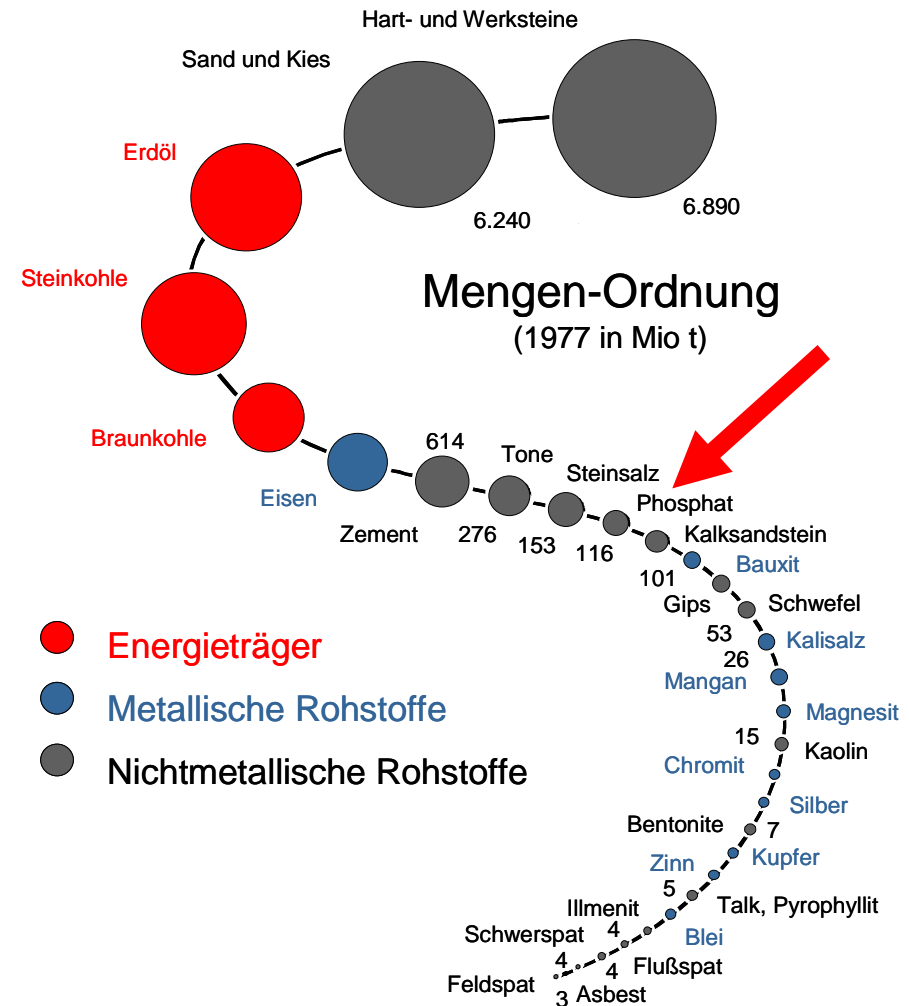


Phosphormangel:

- Schlechte Knochen/Zähne und Rachitis (Hunger-Knochenerweichung)
- Nierensteine (P-Ca Gleichgewicht)
- Gewichtsverlust, Müdigkeit

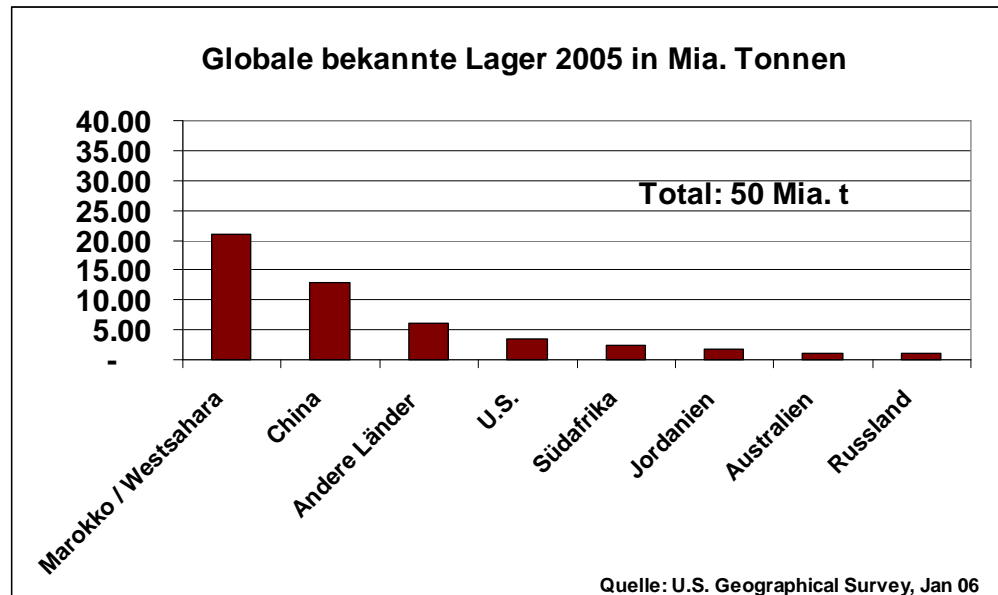
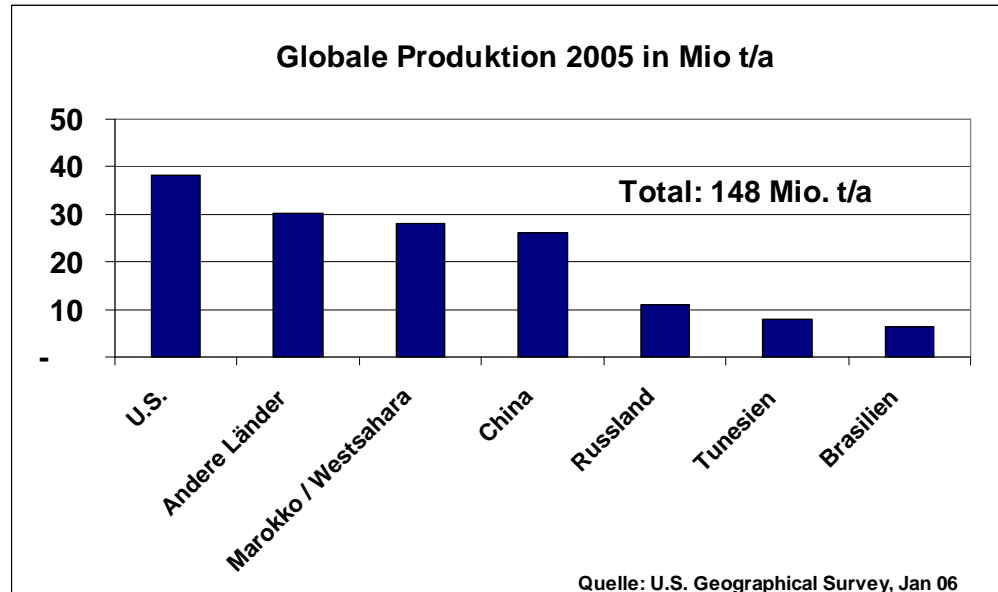
Globale Bedeutung der Ressource Phosphat:

- Phosphor steht an der 14. Stelle der Elementhäufigkeit in der Erdrinde (0.07 - 0.12 Gew.-%)
- Phosphat steht an der 10. Stelle der Bedarfsliste der wichtigsten Rohstoffe (116 Mio. t/Jahr)

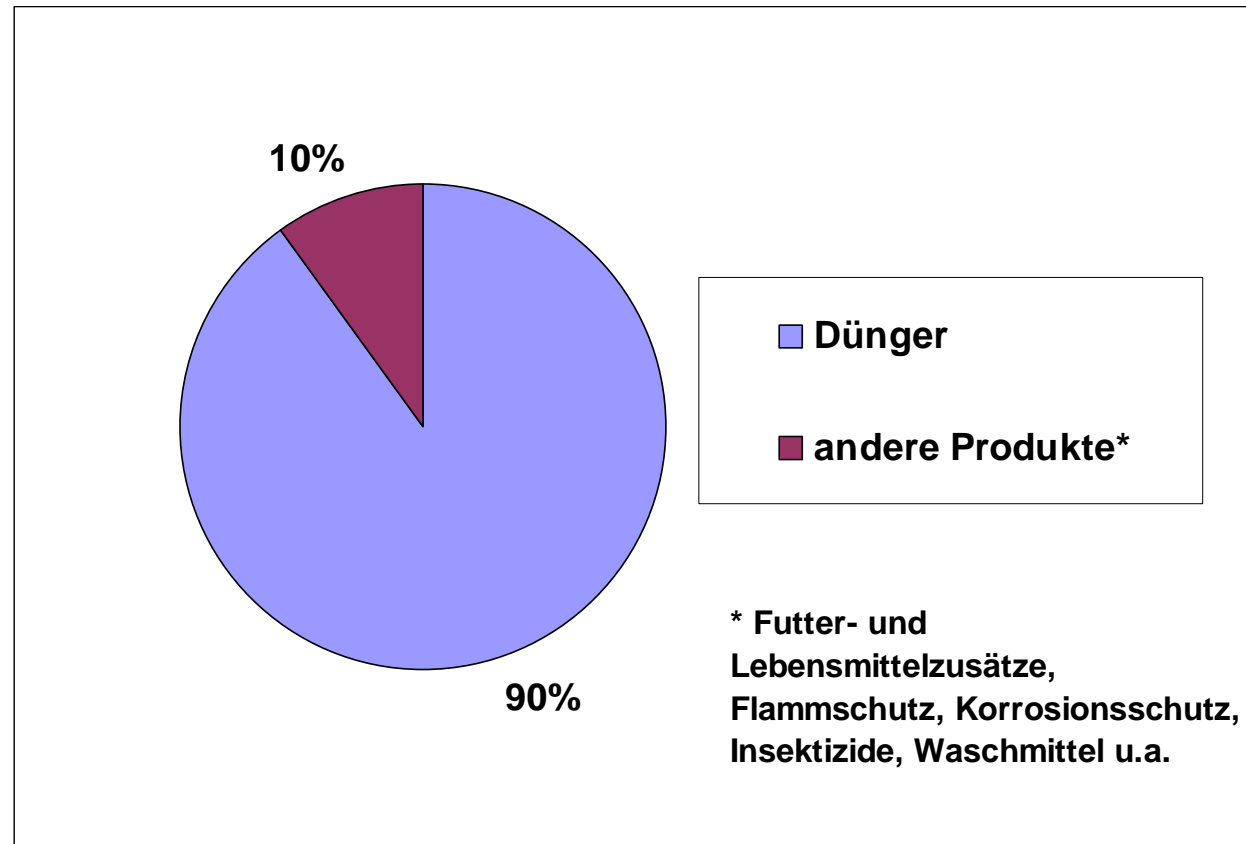


Quelle: unbekannt

Herkunft/Reserven:



Anwendungsgebiete von Phosphor:



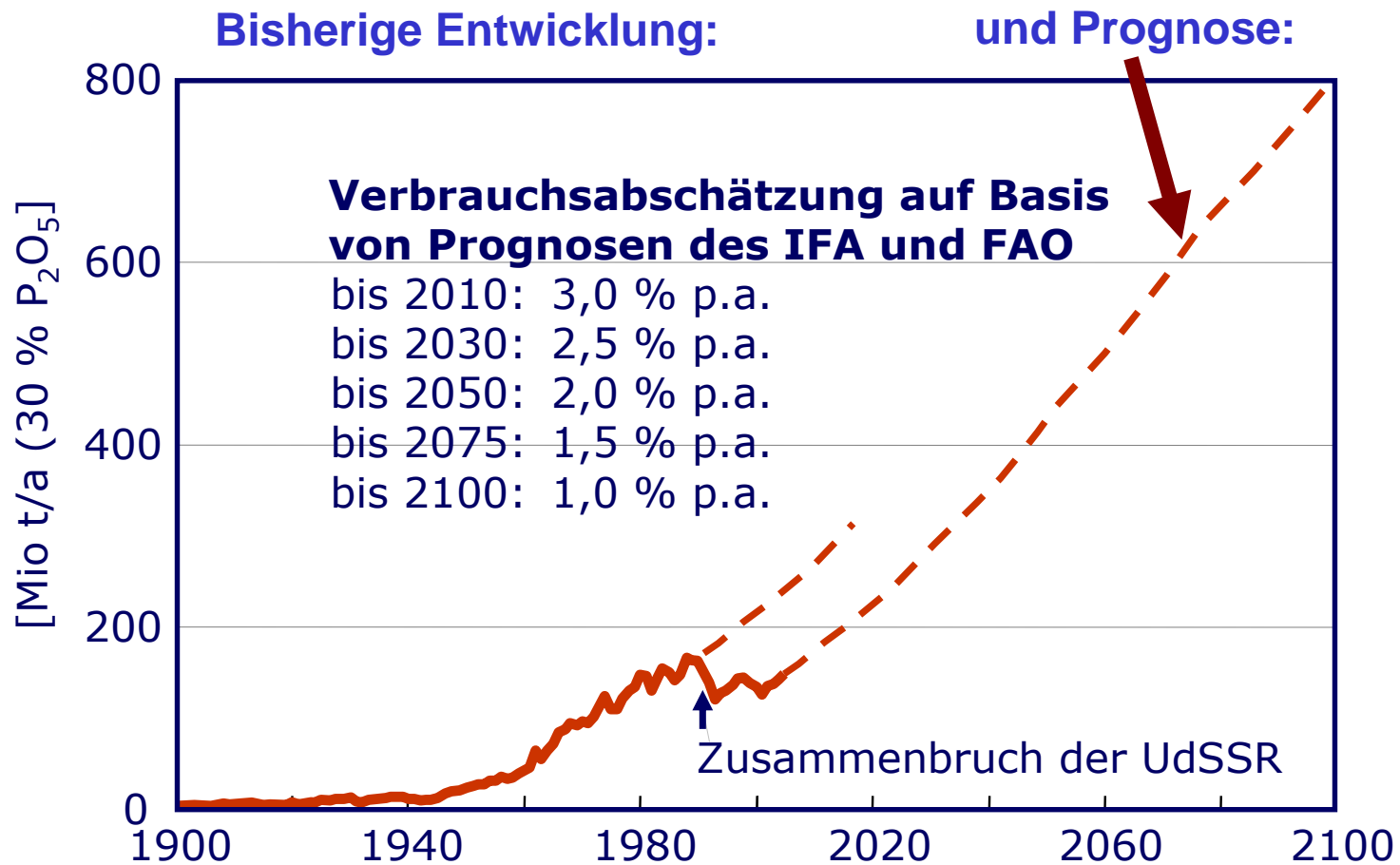
Quelle: U.S. Geographical Survey, Jan 06 und andere.

Indikatoren für Ressourcenknappheit



Was sind Indikationen für Ressourcenknappheit?

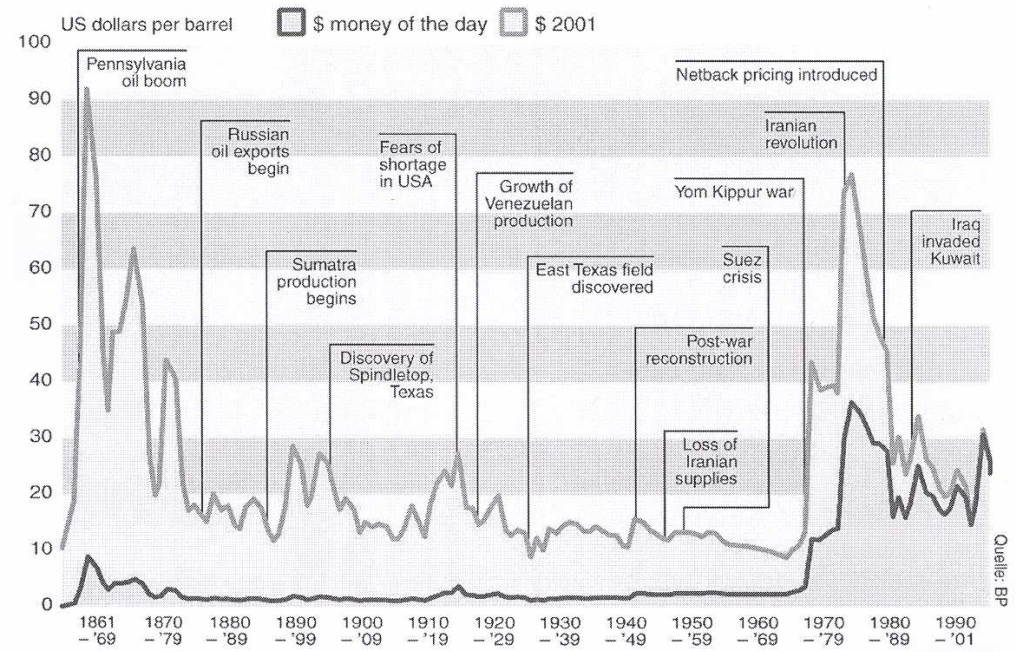
Bedarfsanstieg:



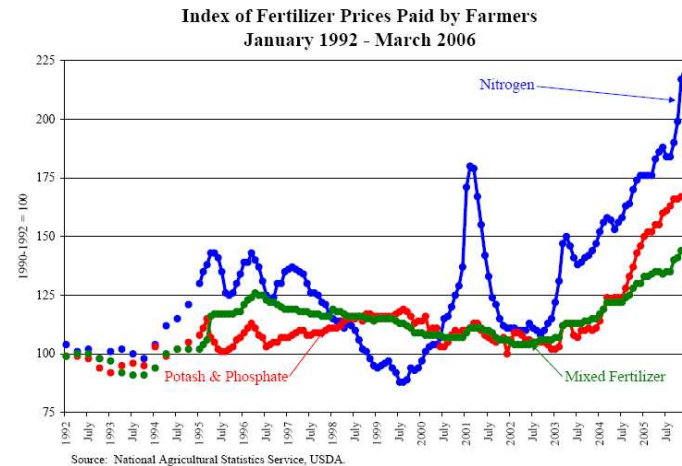
Quelle: IWA, TU Wien

Preisentwicklung:

- **Prominentestes Beispiel: Erdöl**

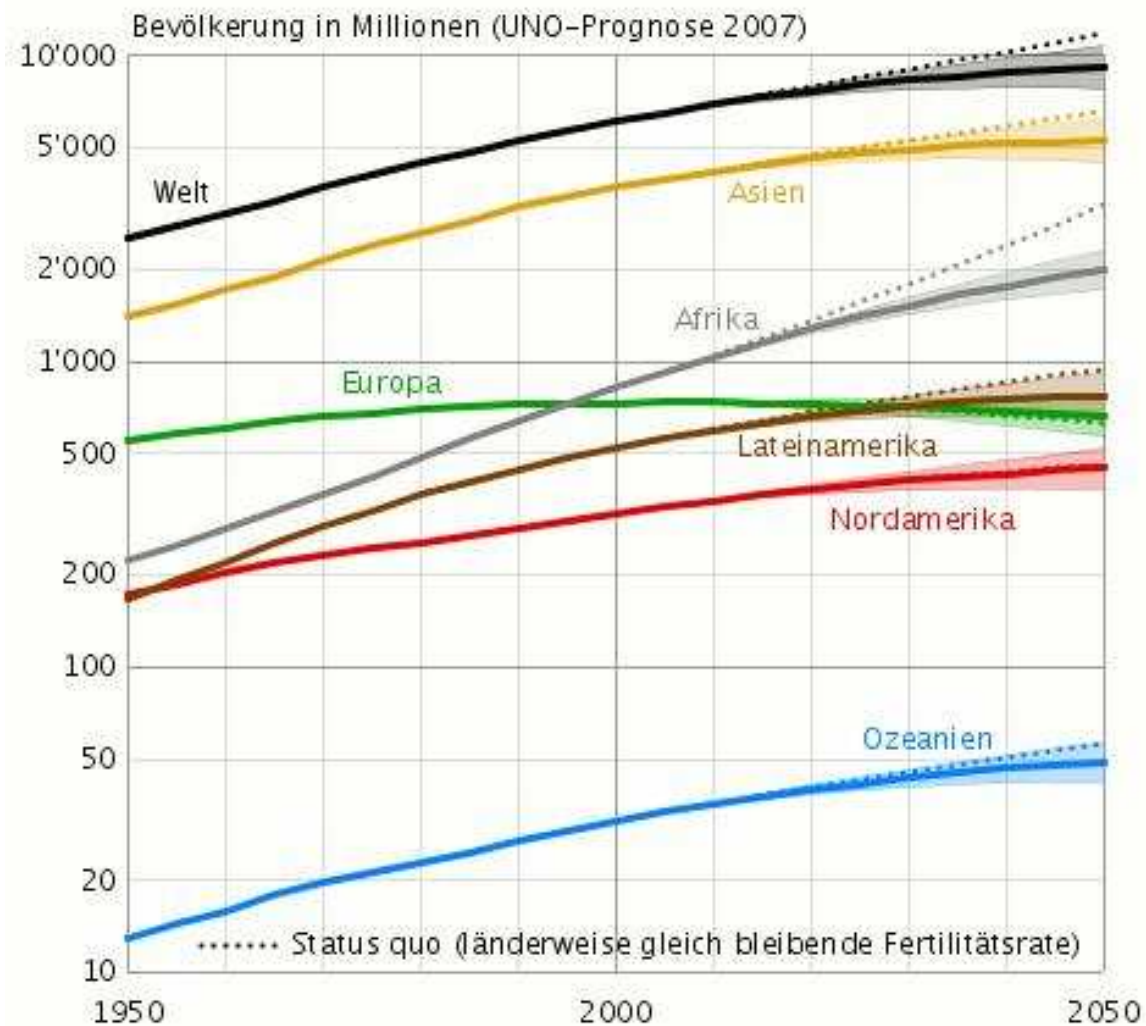


- **Phosphatdüngerpreisentwicklung:**



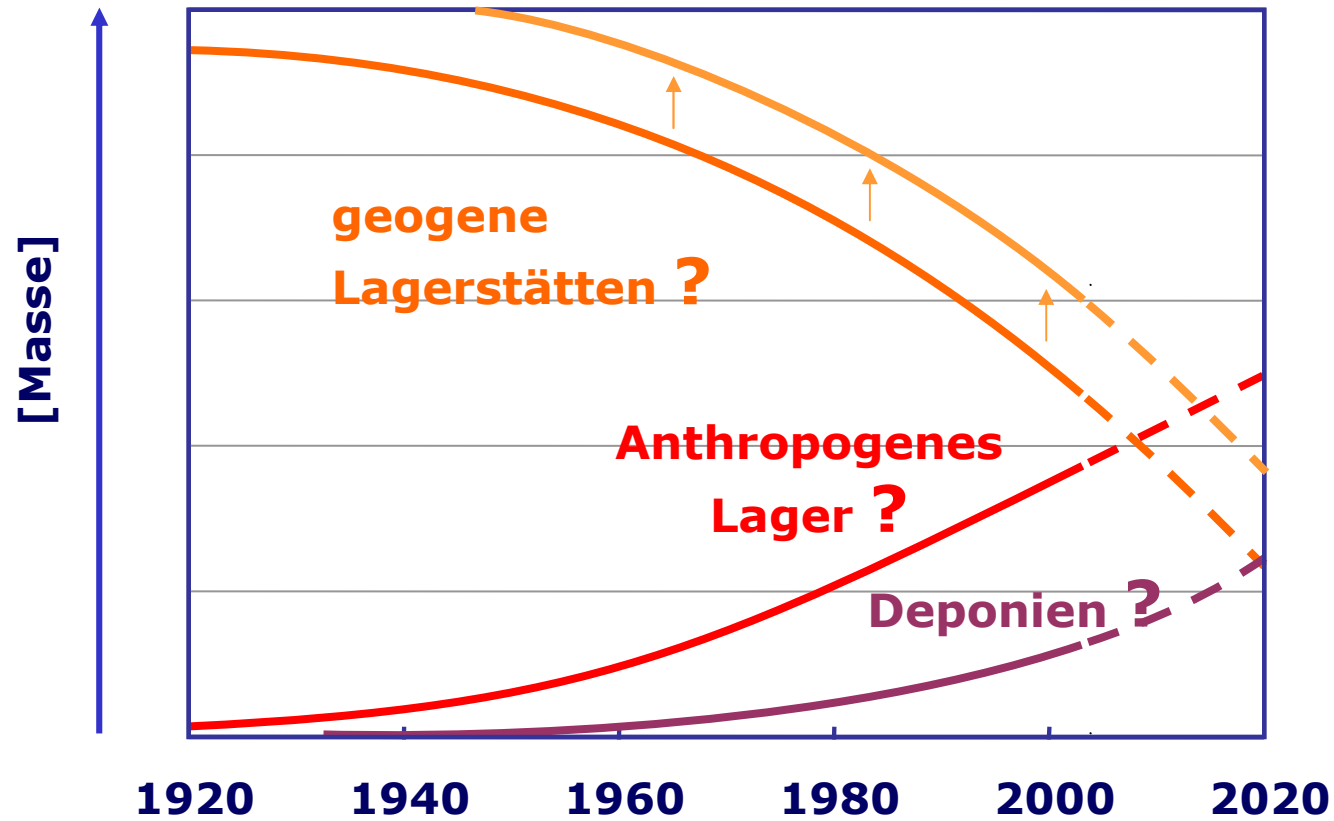
Dr.L.Morf

Bevölkerungswachstum:



Lagerentwicklung:

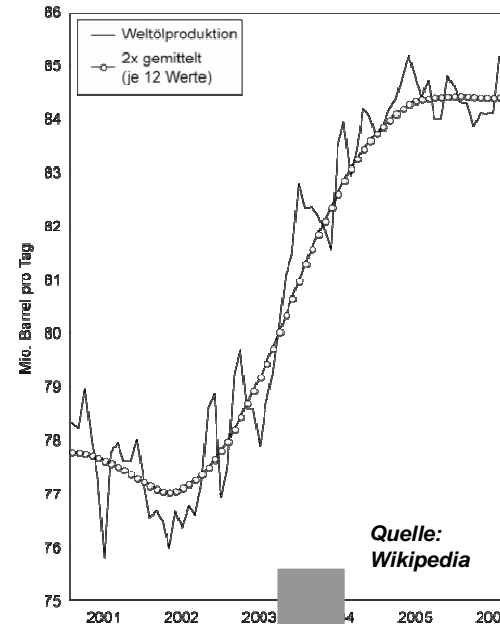
Globale Lager



Quelle: IWA, TU Wien

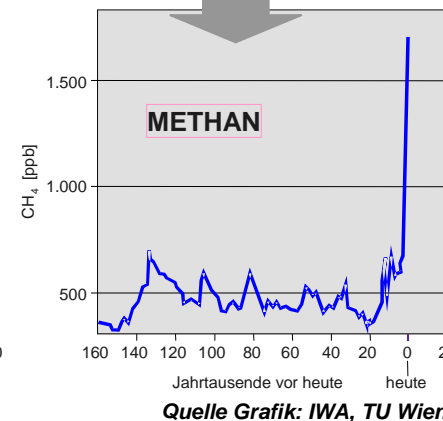
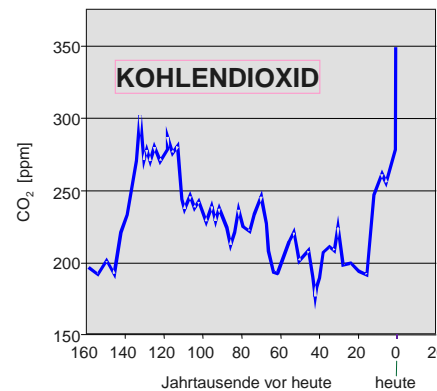
Umweltprobleme: Ressourcen Input (Quellen)- oder output (Senken)limitiert?

Prominentes Beispiel:
fossile Brennstoffe
(Kohlenstoff)



INPUT=
Rohstoff

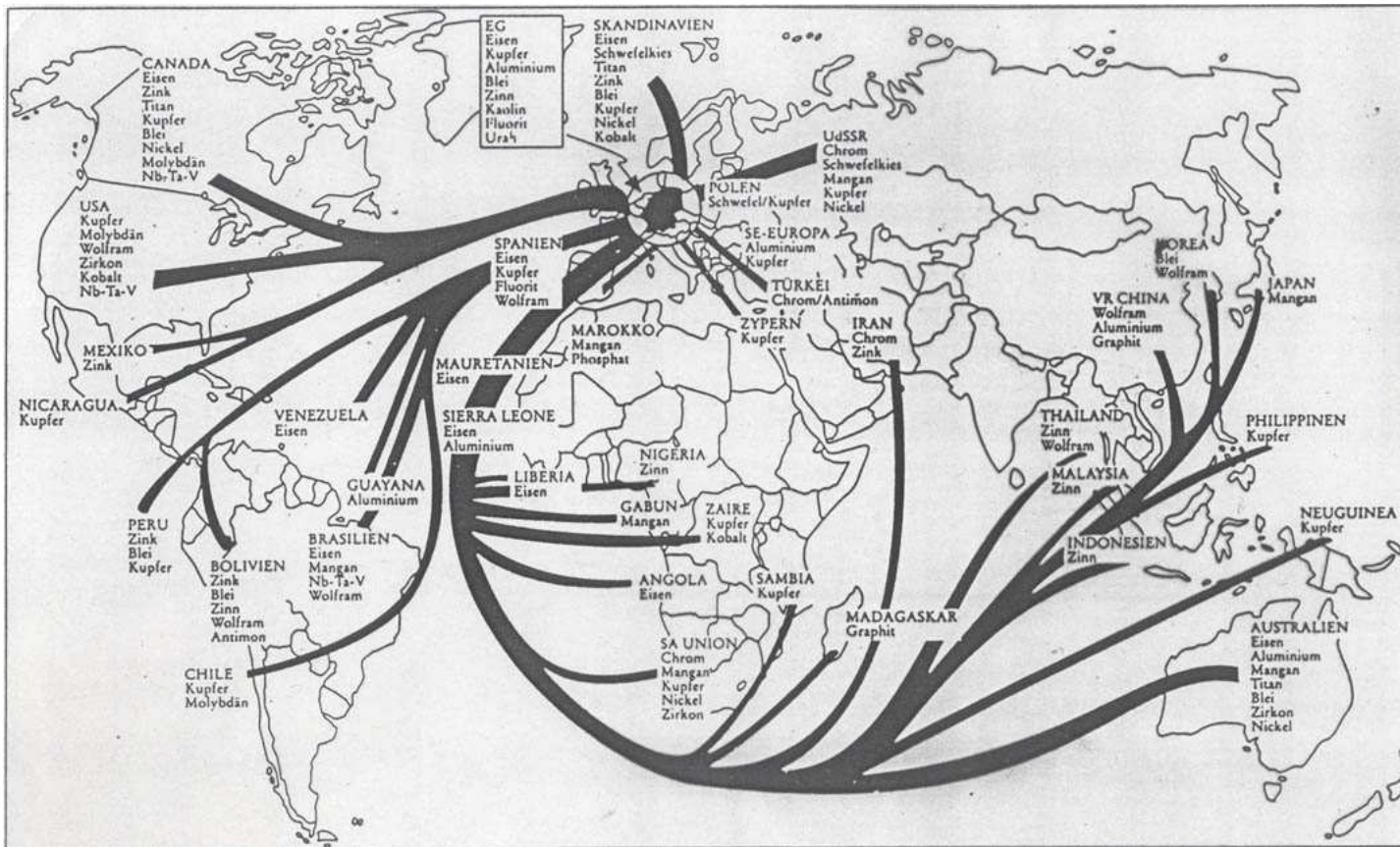
Anthroposphäre



OUTPUT=
Emission

Dr.L.Morf

Aussenhandelsbeziehungen/Abhängigkeiten:



Quelle: unbekannt

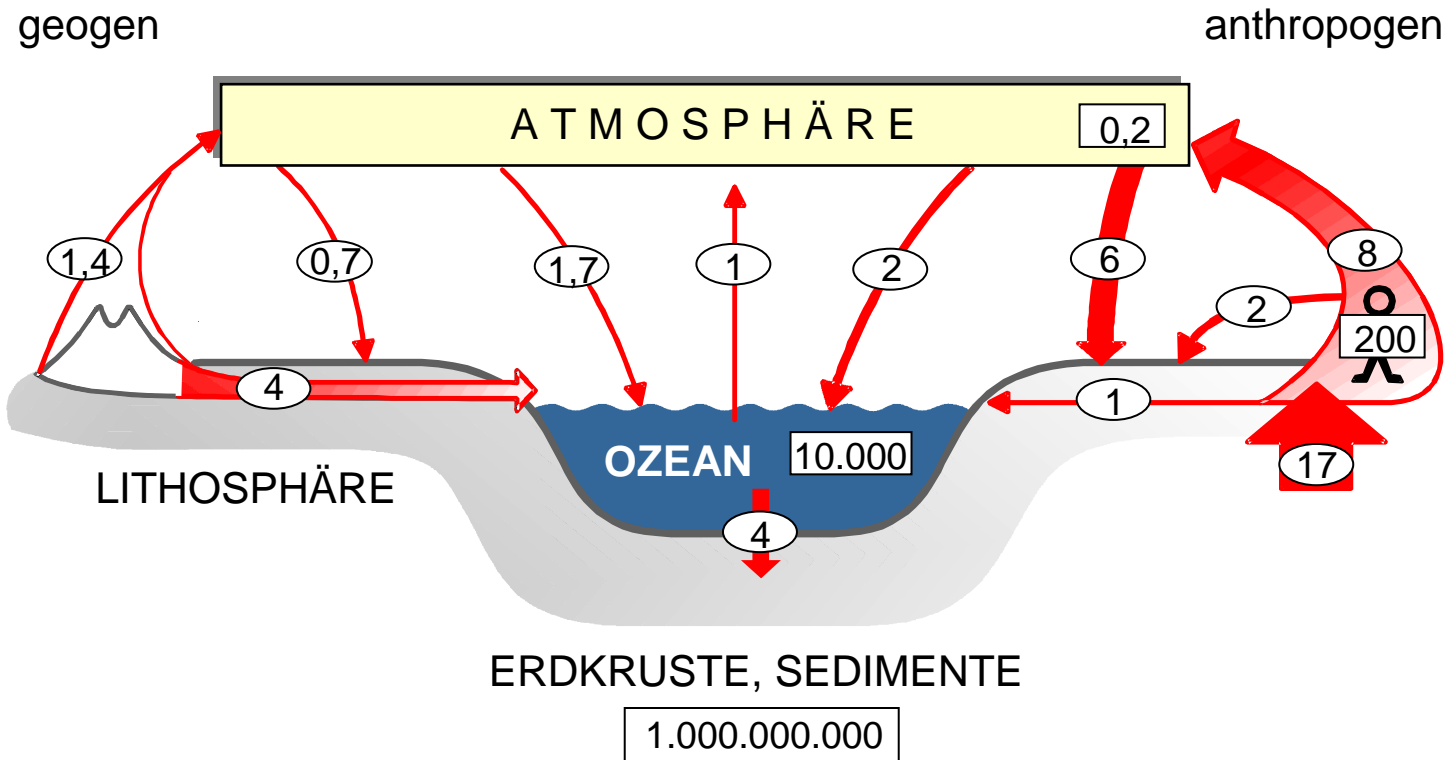
Der Fall des Phosphors

Indikationen von Ressourcenknappheit:

- **Steigender Bedarf** ✓
- **Positive Preisentwicklung** ✓
- **Bevölkerungswachstum** ✓
- **Lagerentwicklung starker Abbau
(Vorrat noch ca. 100- 240 Jahre)** ✓
- **Umweltprobleme: Input (Quellen)-
oder output (Senken)limitiert?** ✓ (lokal verschieden)
- **Abhängigkeit vom Ausland (CH)** ✓
- **Andere (z.B. ineffiziente Märkte)** ?

Lokale und globale Stoffflüsse verstehen lernen (Gesamtsystemverständnis)

Quellen mit Senken verknüpfen am Bsp. Cd

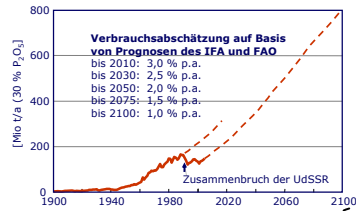


○ Flüsse 10³ t/a
 □ Reservoir 10³ t

Quelle: Baccini&Brunner, 1991
 Grafik, IWA, TU Wien.

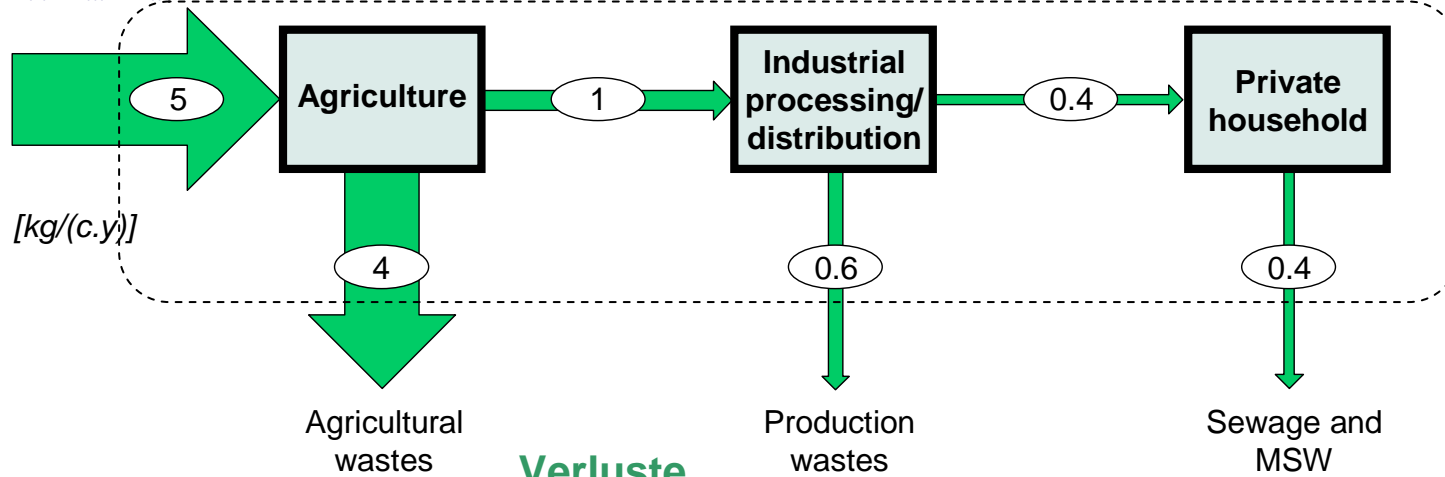
Phosphor: Verbrauchsentwicklung, Hauptprozesse, Verluste, letzte Senken für die Aktivität Ernähren

Verbrauchsentwicklung



Geogene und anthropogene Quellen?

Hauptprozesse

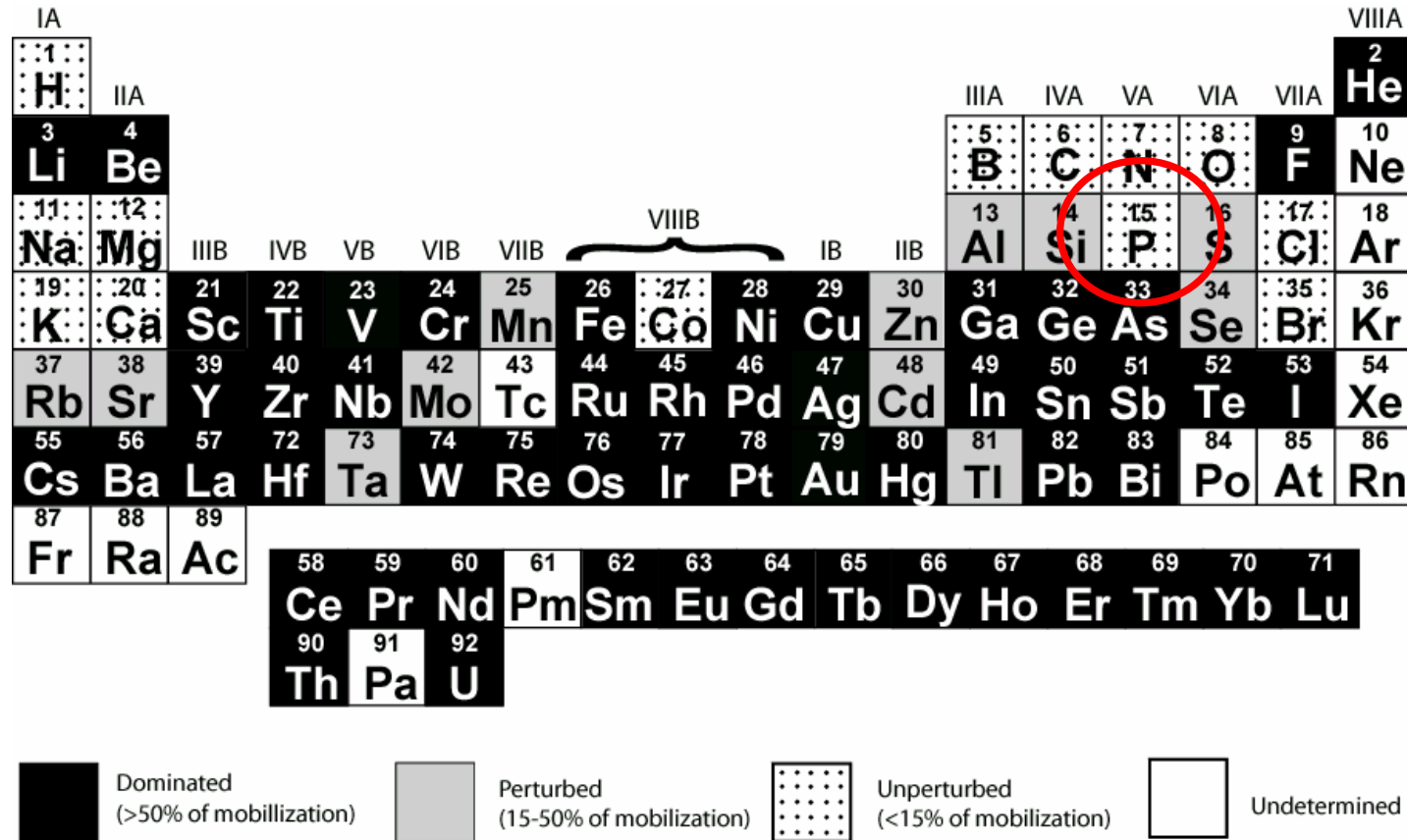


Verluste

Letzte Senken ?

In Anlehnung an Bsp. für Österreich
Quelle: Rechberger H. (TU Wien).

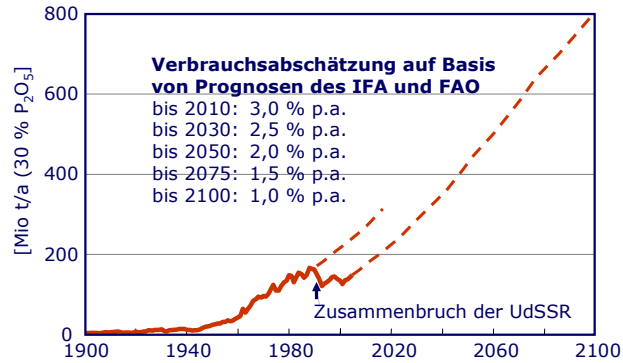
Anthropogene Flüsse im Vergleich zu den geogenen Flüssen



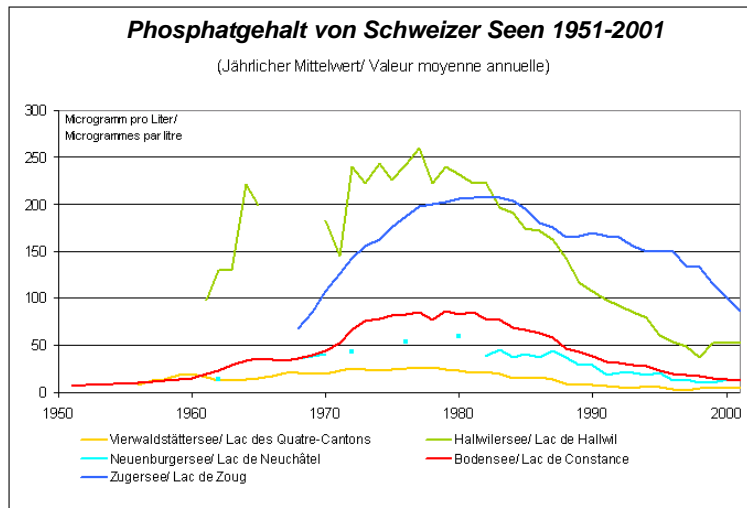
Quelle: Klee & Graedel, 2004

Ressourcen input- oder outputlimitiert?:

Input



Output

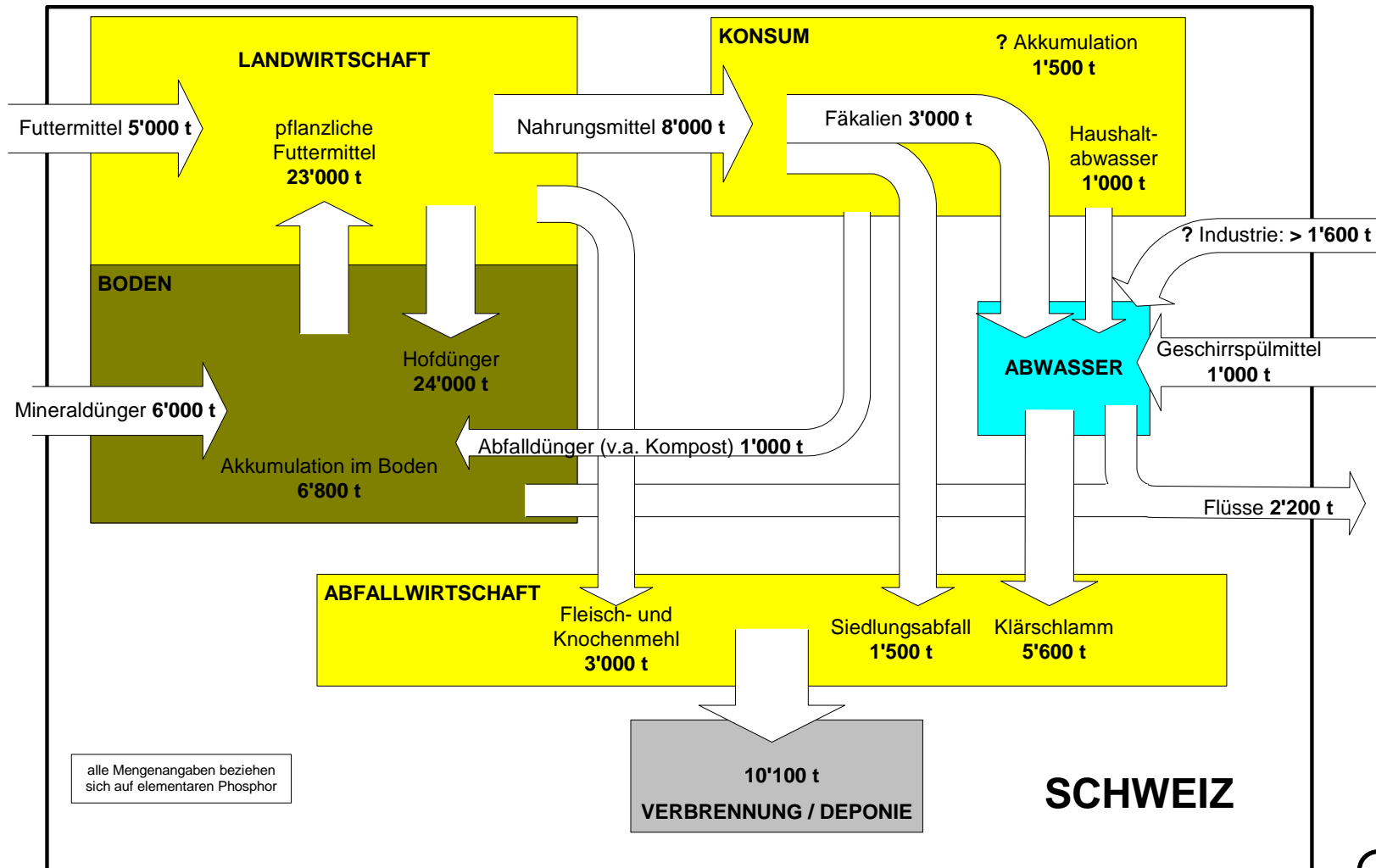


Eutrophierungserscheinungen im nördlichen Bereich des Kaspischen Meeres östlich der Wolgamündung, Algenblüte durch hohe Düngerezufuhr (Satellitenaufnahme von 2003)

Phosphor-Bilanz Schweiz: Wo sind die Potenziale?

BUWAL / Abt. Abfall

Jährlicher Stofffluss von Phosphor in der Schweiz



Dr.L.Morf

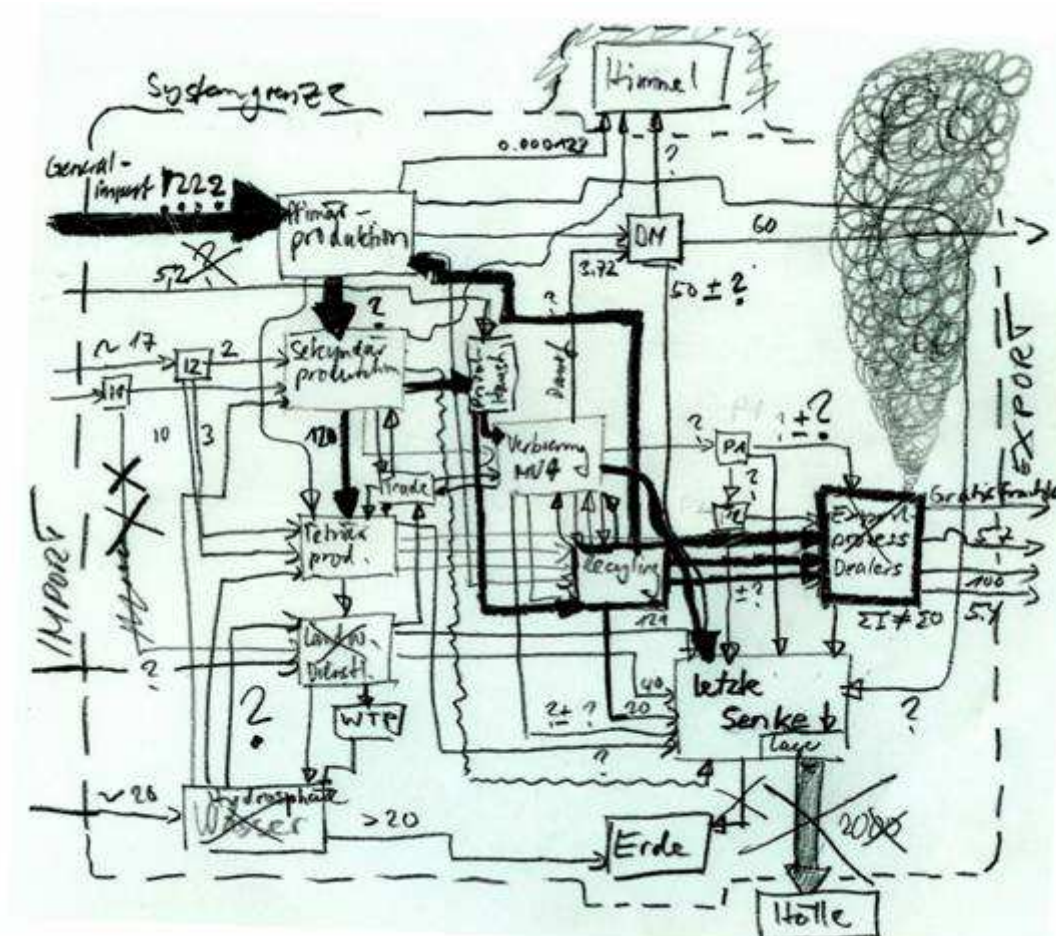
Potenzial anthropogener P-Ressourcen (Anthropogene Ressourcen/Lager)

Abfallart	Menge [t/a]	Konzentration P [kg/t]	Fracht P [t/a]
Siedlungsabfall	2'500'000	0.6	1'500
Klärschlamm (TS)	200'000	27.9	5'580
Knochenmehl	20'000	80.0	1'600
Fleischmehl	45'000	30.0	1'350
Kompost (TS)	208'000	3.5	728

**Total jährliche Phosphorfracht im Abfall:
ca. 10'800 (9300) Tonnen**

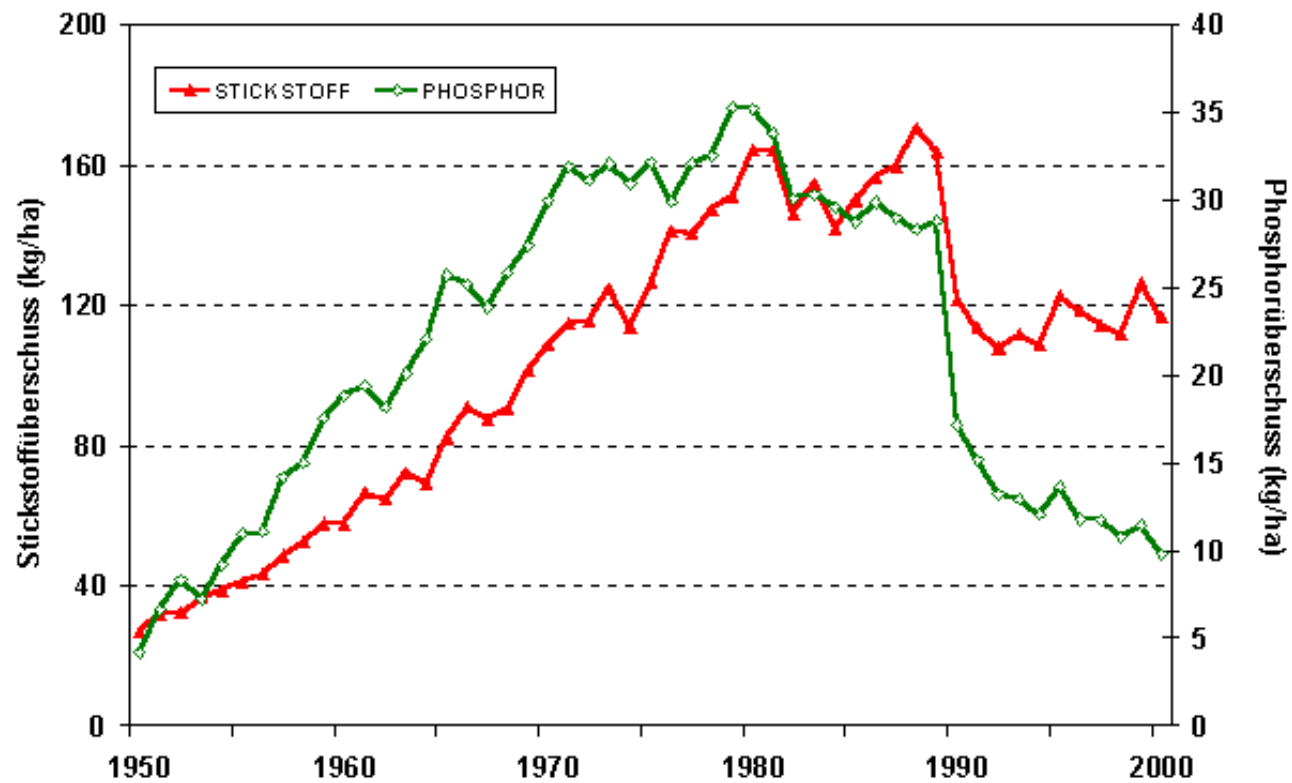
Handlungsbedarf bei Phosphor

1. Wissensbasis verbessern



2. Bessere Nutzung der Ressource (Effizienz)

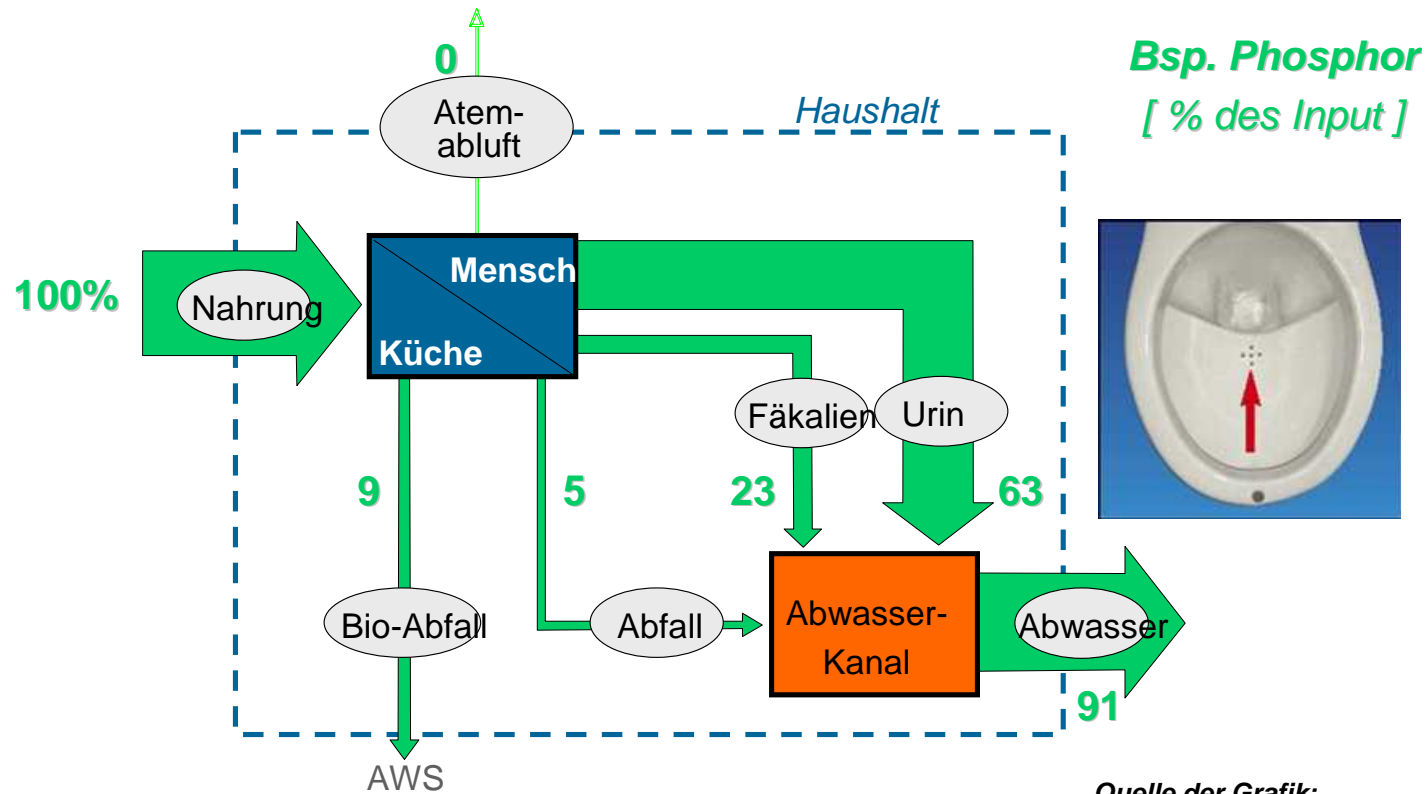
Entwicklung des Nährstoffüberschusses auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Deutschland 1950 - 2000 (Hoftorbilanz);



Quelle: Umweltbundesamt Dessau

3. Neue Strategien zur Ressourcennutzung








z.B. NoMix-konzept der Novaquatis



Quelle der Grafik:
Brunner P.H. (TU Wien).

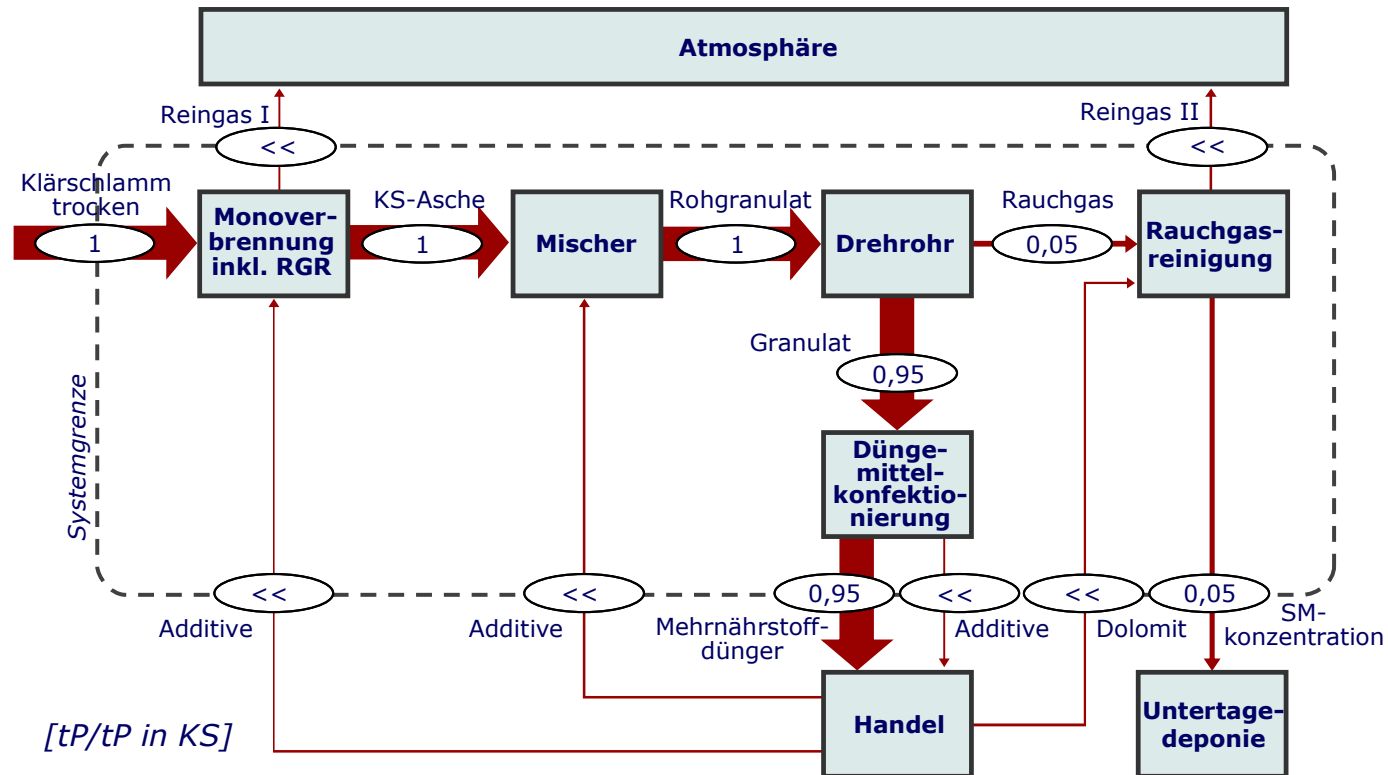
4. Dissipation vermeiden

Trend Klärschlamm Entsorgung Schweiz:

	Jahr 2000	Jahr 2002	Jahr 2004	Tendenz
KS-Gesamtmenge	203'000 t TS	200'000 t TS	205'000 t TS	
Landwirtschaft	38	21	13	
SVA Schlammverbrennungsanlagen	31	39	43	
KVA Fabrikverbrennungsanlagen	11	13	18	
ZW Zementwerke	17	19	21	
Deponierung	2	2	1	
Export	1	6	4	

5. Neue (Recycling-)Prozesse entwickeln

P – Rückgewinnung aus Klärschlammmaschen (z.B. Düngerproduktion ASH DEC)

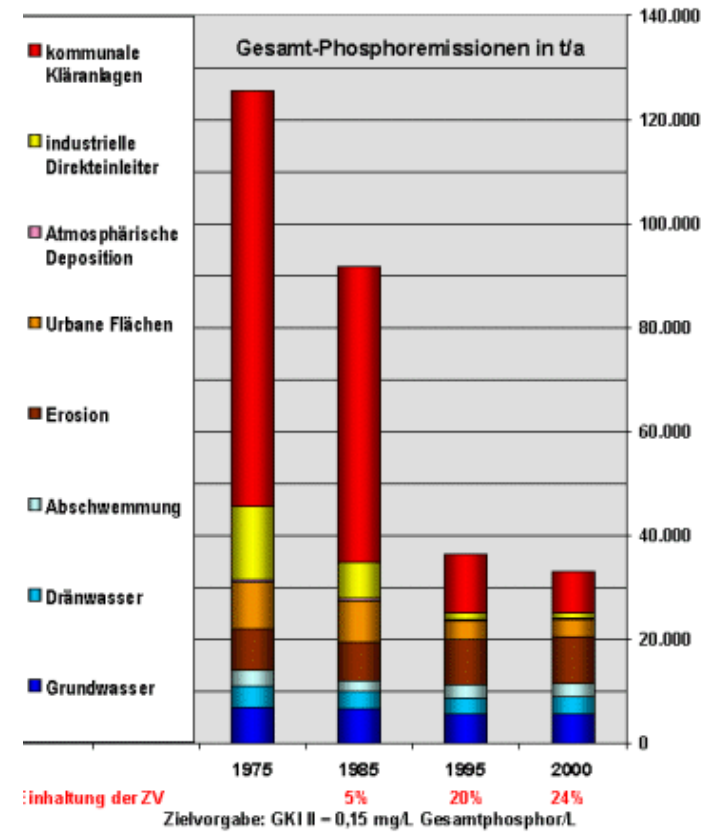


Quelle: Rechberger H. (TU Wien).

6. Langfristig umweltverträgliche letzte Senken



Phosphoremissionen aus Punkt- und diffusen Quellen in die Oberflächengewässer (Deutschland)



Quelle: Umweltbundesamt Dessau.

Und..... Reduktion des menschlichen Bedarfs?



Dr.L.Morf



**Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit
und Ihr Interesse**

Dr. Leo Morf
www.geopartner.ch