

Cleantech: Neue Ansätze für die Abwasserreinigung

Kai Udert, Verfahrenstechnik
Tove Larsen, Siedlungswasserwirtschaft

Cleantech: die Vision

Die Schweiz verringert ihren Ressourcenverbrauch auf ein naturverträgliches Mass (Fussabdruck "eins").

Sie nimmt im Cleantech-Bereich als Wirtschafts- und Innovationsstandort eine führende Position ein und wird damit weltweit Impulsgeberin für Ressourceneffizienz und Ressourcenökonomie.

www.cleantech.admin.ch/cleantech



Cleantech: die Vision

Die Schweiz verringert ihren Ressourcenverbrauch auf ein naturverträgliches Mass (Fussabdruck "eins").

Sie nimmt im Cleantech-Bereich als Wirtschafts- und Innovationsstandort eine führende Position ein und wird damit weltweit Impulsgeberin für Ressourceneffizienz und Ressourcenökonomie.

www.cleantech.admin.ch/cleantech



Abwasser als Rohstoff – Abwasser als Problem

Ressourcen im Abwasser



Ressourcen für Behandlung



Natürliche Ressourcen

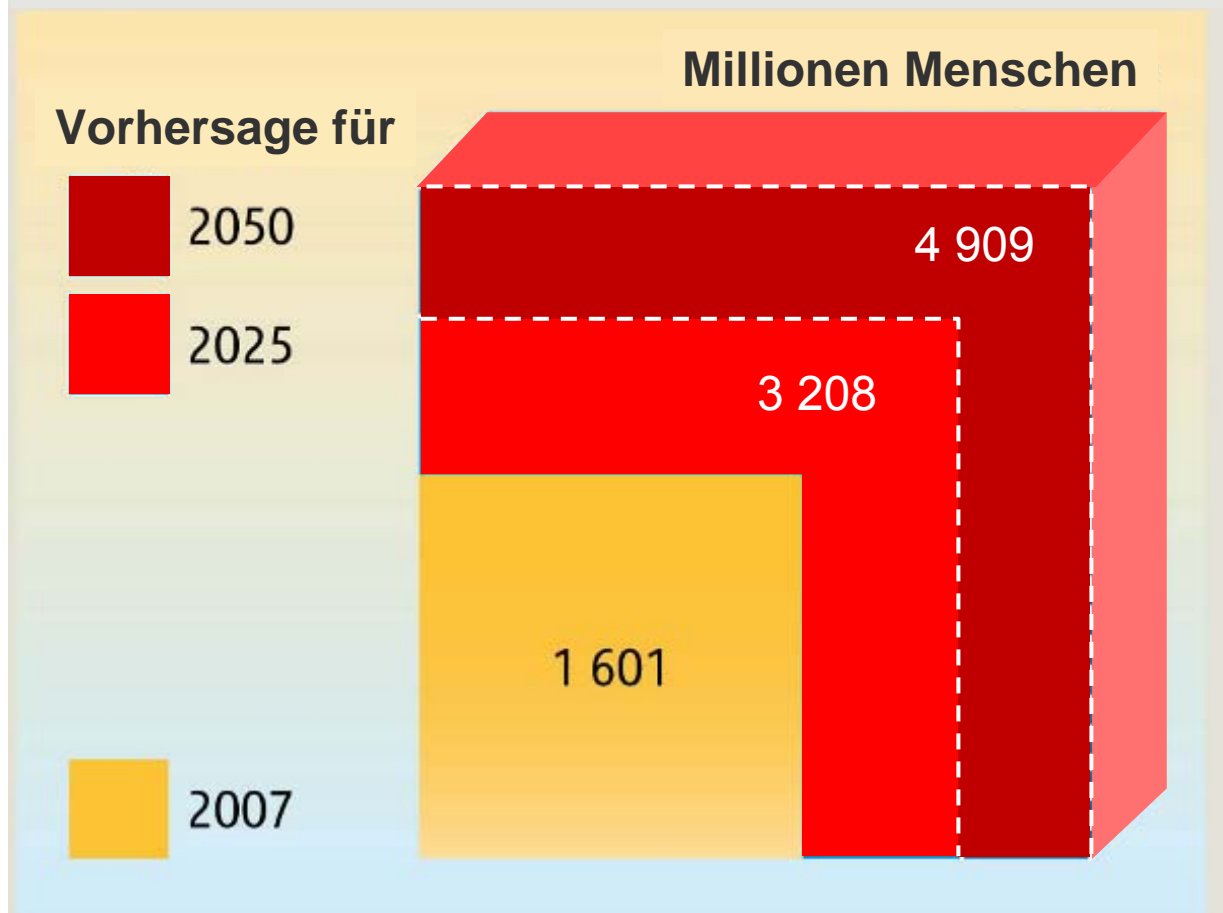


Anthropogene Ressourcen

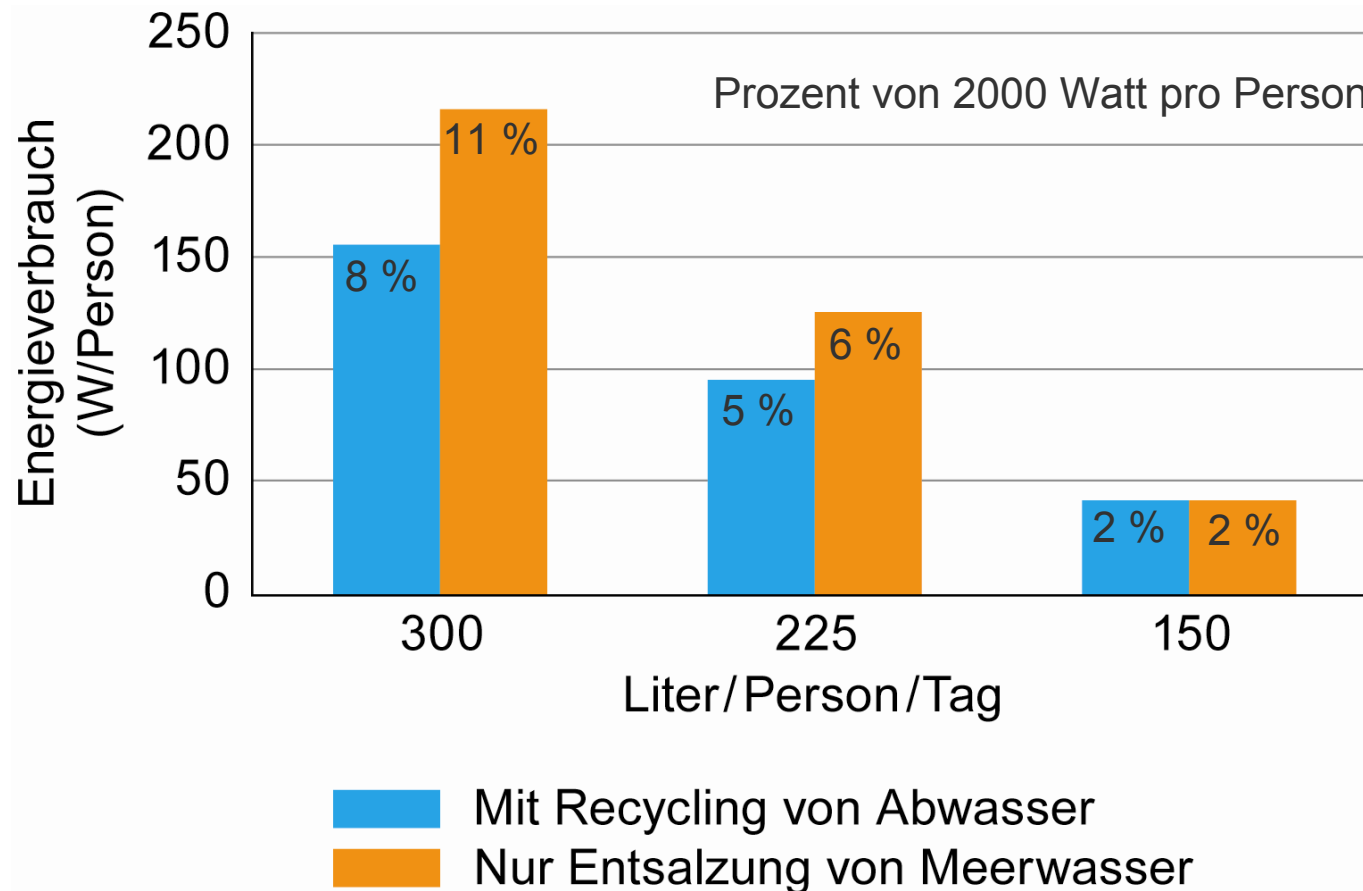
Der globale Wassermangel nimmt zu

Weltbevölkerung in Einzugsgebieten mit
'ernsthaftem Wassermangel' (<1000m³/Pers/Jahr)

Schweiz:
6'500 m³/Person/Jahr

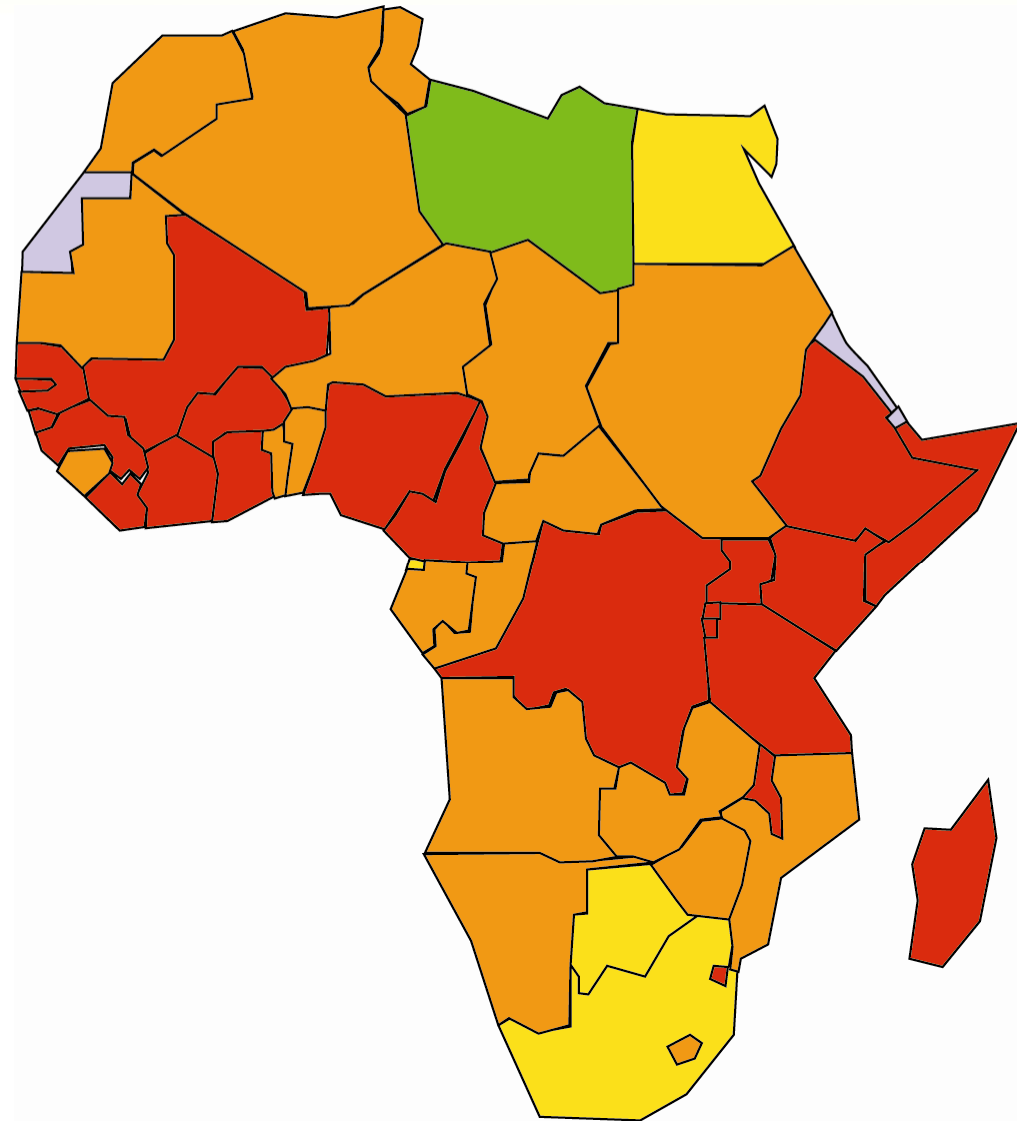
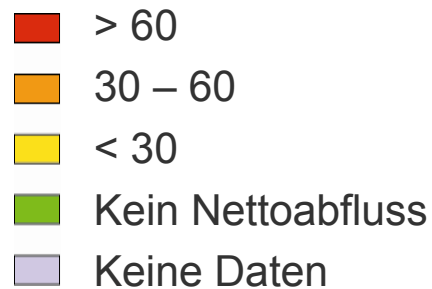


Energieprognose für Wasserversorgung 2030 in Australien

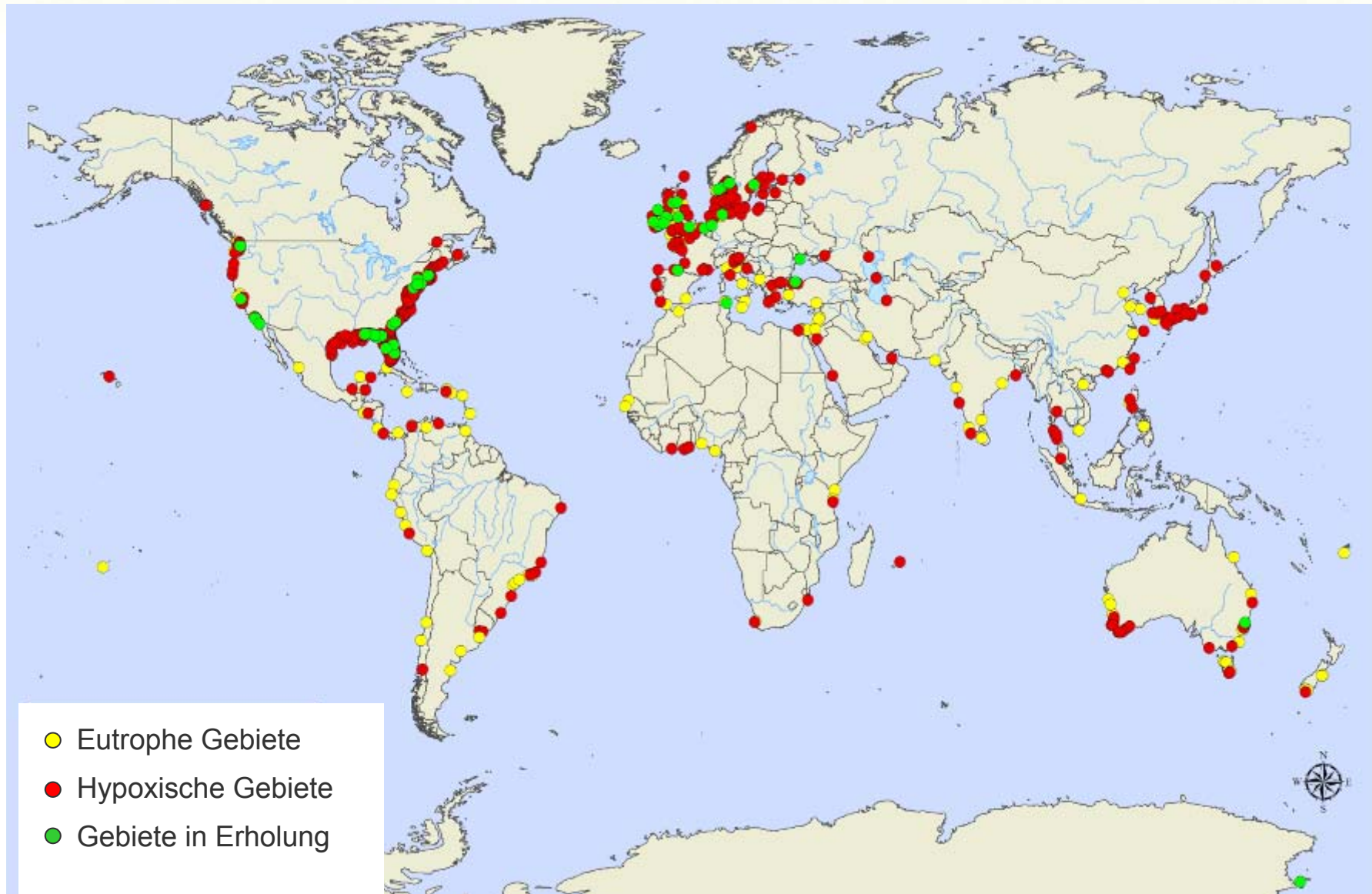


Die Nährstoffe im Abwasser als Ressource

Jährlicher Nettoabfluss von Nährstoffen
(Stickstoff als N, Phosphor als P₂O₅,
Kalium als K₂O)
in kg pro Hektar

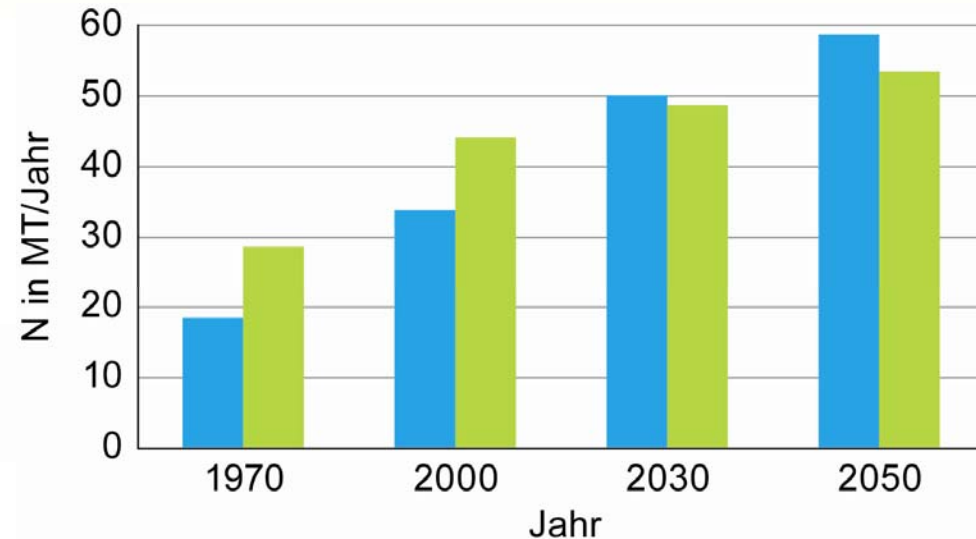
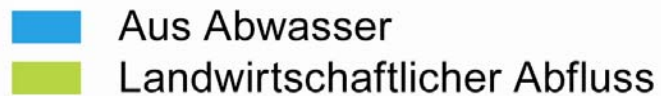


Die Nährstoffe im Abwasser als Schadstoffe

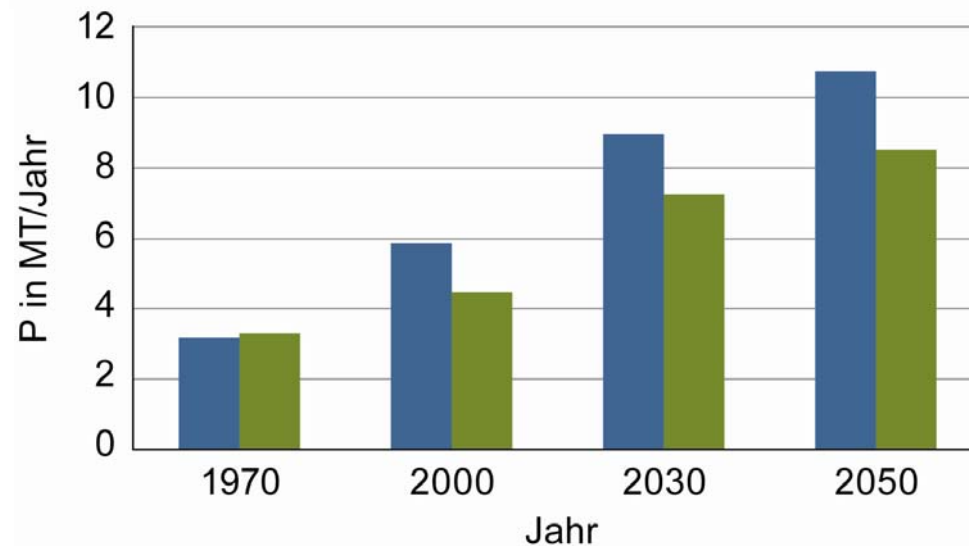
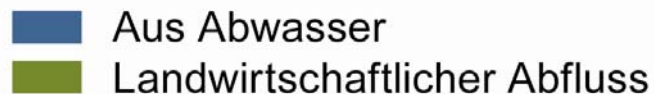


Ist Stickstoff und Phosphor aus Abwasser überhaupt relevant?

Stickstoff

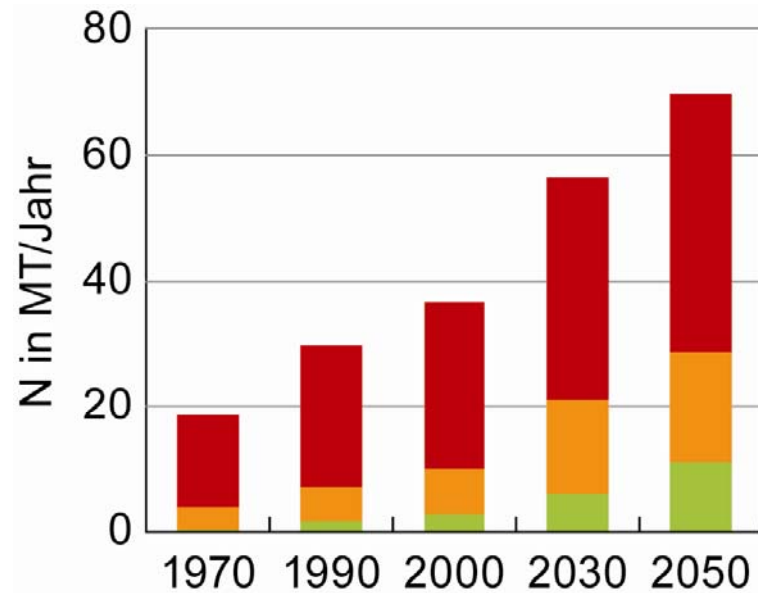


Phosphor

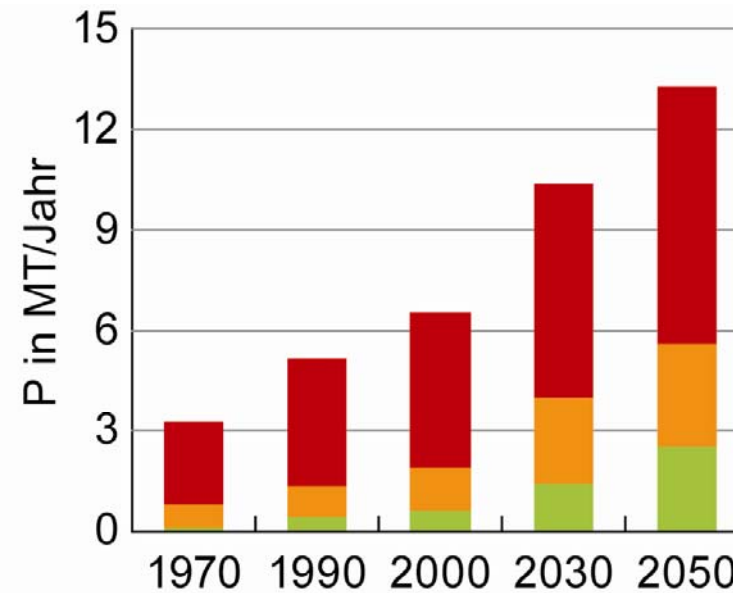


Unvollständige Nährstoffelimination aus dem Abwasser

Stickstoff



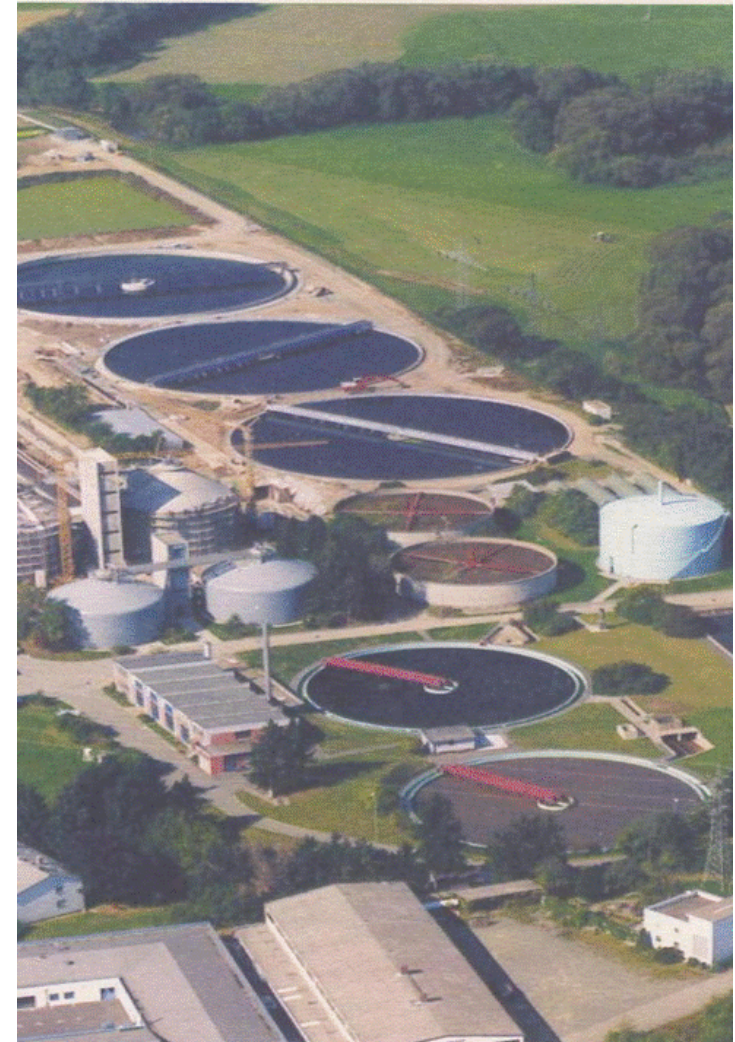
Phosphor



- Nicht zu Kläranlagen
- Emissionen aus Kläranlagen
- Entfernt in Kläranlagen

Zentrale Abwasserreinigung ist erfolgreich, aber...

- nur in einer kleinen Anzahl reicher Länder
- mit viel Wasser
- ohne Energieverbrauch zu beachten
- mit wenig effizientem P-Recycling
- in langsam wachsenden Städten
- über eine Dauer von 150 Jahren



Neue Ansätze für ‚Cleantech‘ im Bereich Abwasser

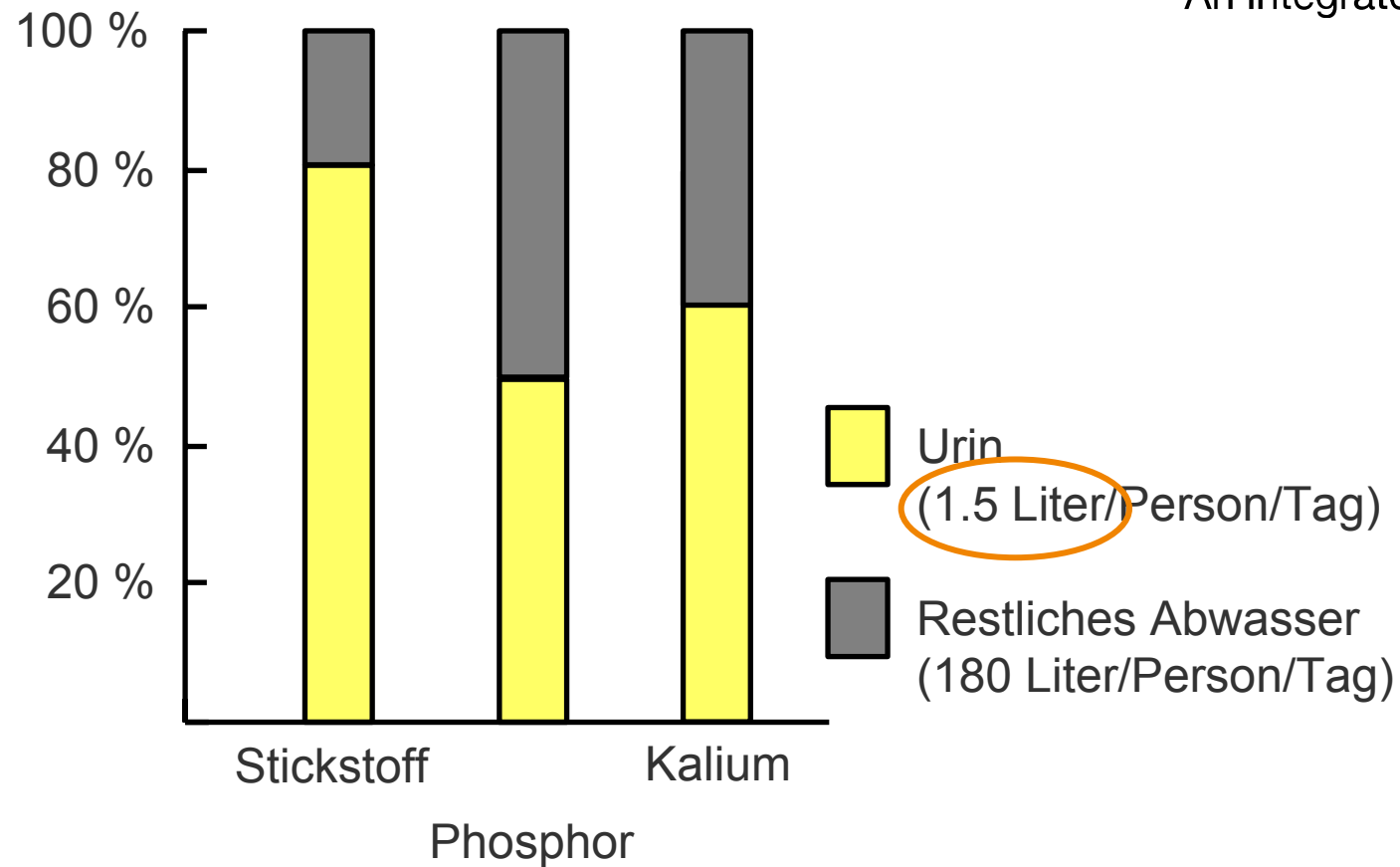
- Wassersparen statt entsalzen und weit transportieren
- ohne Kanalisation auskommen
- Ressourcen wieder gewinnen
- an der Quelle die Ströme trennen
 - ▶ Energie sparen
 - ▶ Freiheitsgrade erhöhen



Photo: Roediger Vacuum GmbH

Die Nährstoffe sind im Urin

NOVAQUATIS
An integrated research project



Larsen and Gujer (1996) Wat. Sci. Techn.

Das Eawag Projekt *VUNA* („Ernte“ auf Zulu)

- Zusammenarbeit mit Behörden in Durban und Universitäten in Durban und in CH
- Urinseparierende Trockentoiletten
- Heute: Versickerung von Urin
→ Gefährdung von Trinkwasser
- Prinzip von *VUNA*:
Düngerproduktion aus Urin als Anreiz, die Toiletten zu benutzen
- Behandlung:
Struvit-Ausfällung
Nitrifikation/Eindampfung



Photo: Linda Strande

Nitrifikation von Urin

Hydrolyse von Harnstoff:

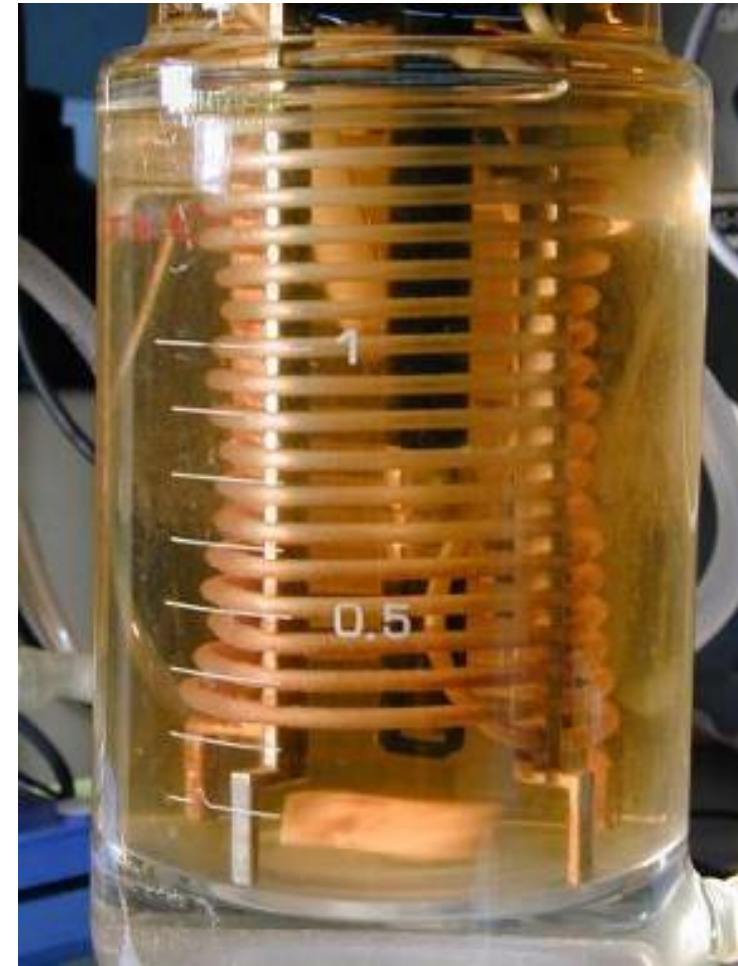
Harnstoff + Wasser \rightarrow CO₂ + **Ammoniak**

Oxidation von Ammoniak:

Ammoniak + Sauerstoff \rightarrow Nitrat + **Säure**

In Novaquatis wurden die grundlegenden **biologischen Prozesse** erforscht

In VUNA geht es um geeignete **Reaktoren** und die **Praxistauglichkeit**
(Dissertation Alexandra Hug)



Nitrifikationsreaktor *Photo: Kai Udert*

Aus Ammoniak wird Ammoniumnitrat (NH_4NO_3)

Eine solche Lösung kann eingedampft werden



Photo: Michael Wächter

Offene Fragen zur Eindampfung

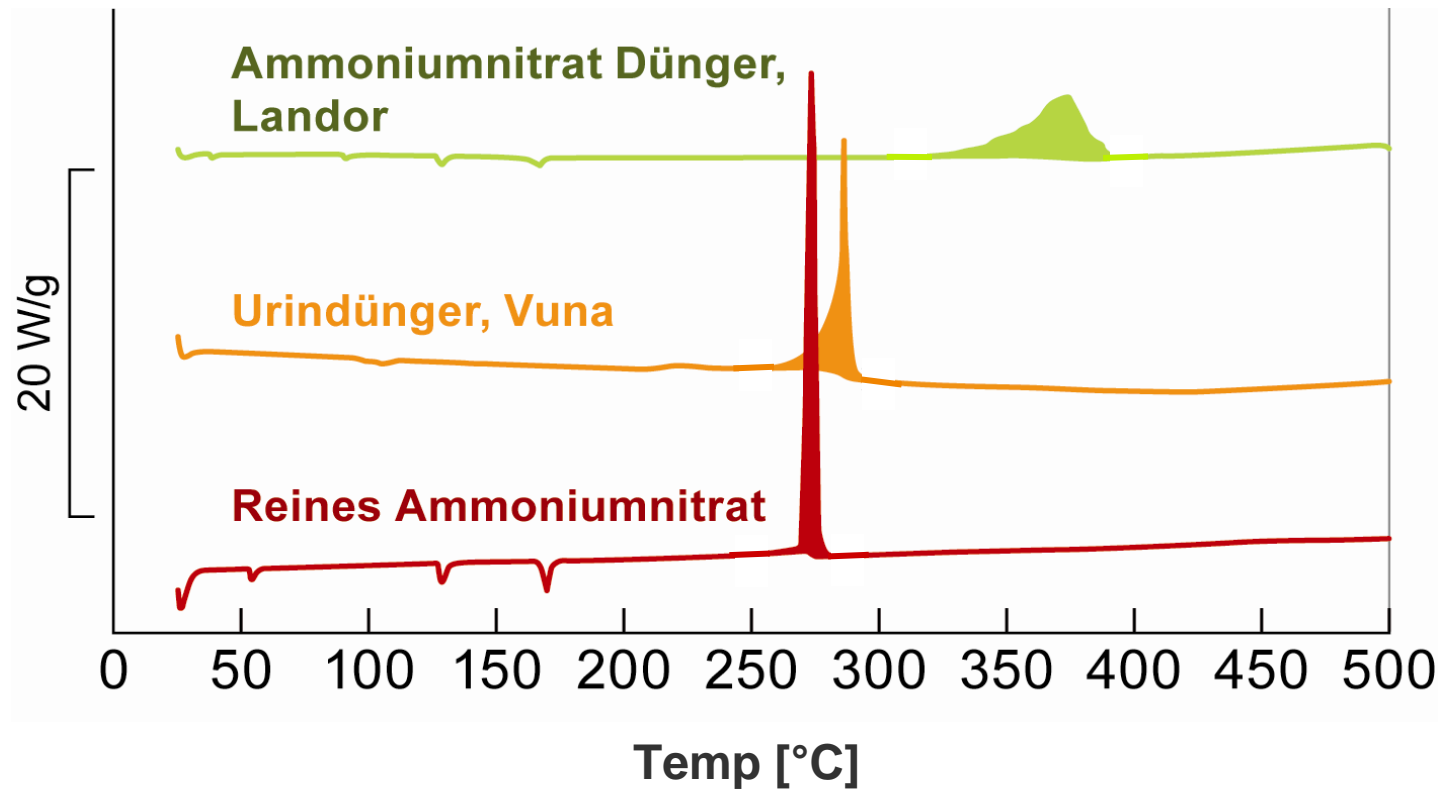
- NH_4NO_3 ist thermisch instabil
- Kochsalz und Medikamente im Urin
- Energieverbrauch
- Wirtschaftlichkeit
- Zusammenarbeit mit der Industrie



Durban, 2010

*Photos:
Thomas Hug*

Ammoniumnitrat ist thermisch instabil



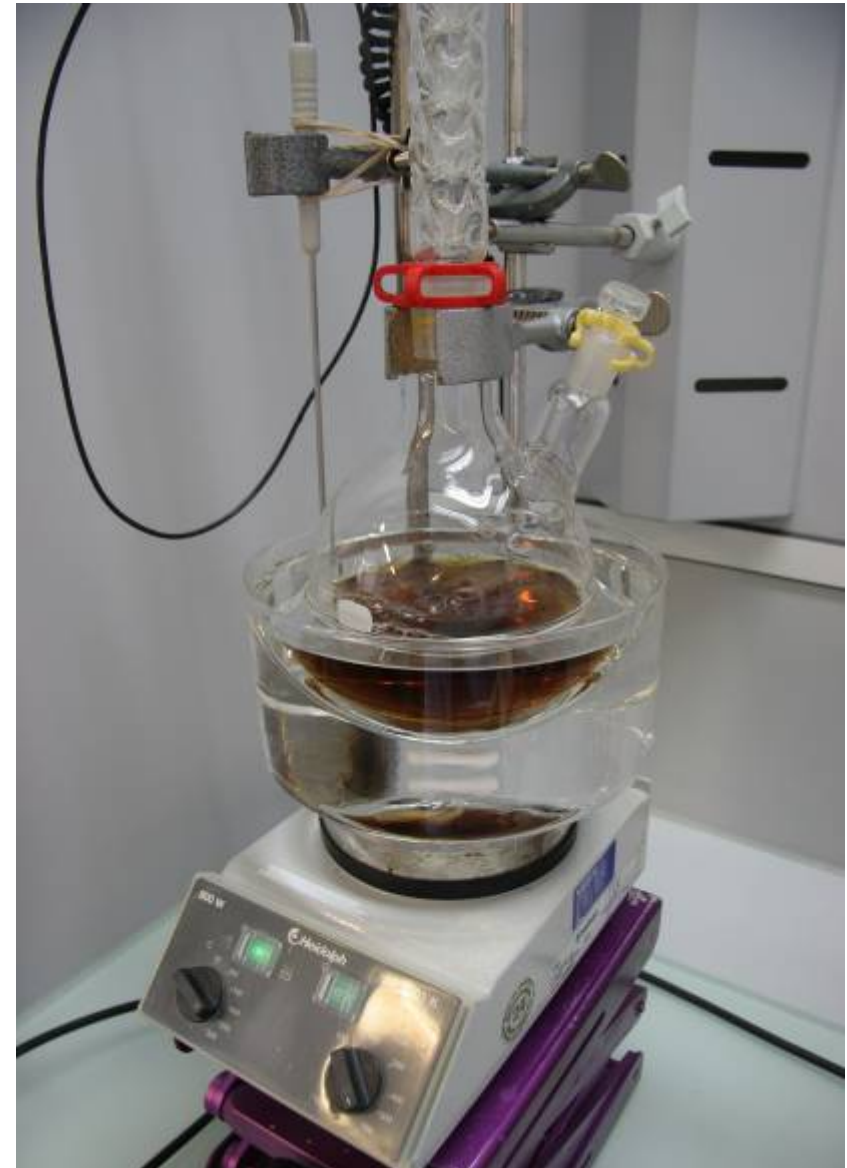
*Erste Resultate: Differential Scanning Calorimetry (DSC)
Udert and Wächter, Water Research, eingereicht*

Energiehaushalt Urin (in Watt pro Person)

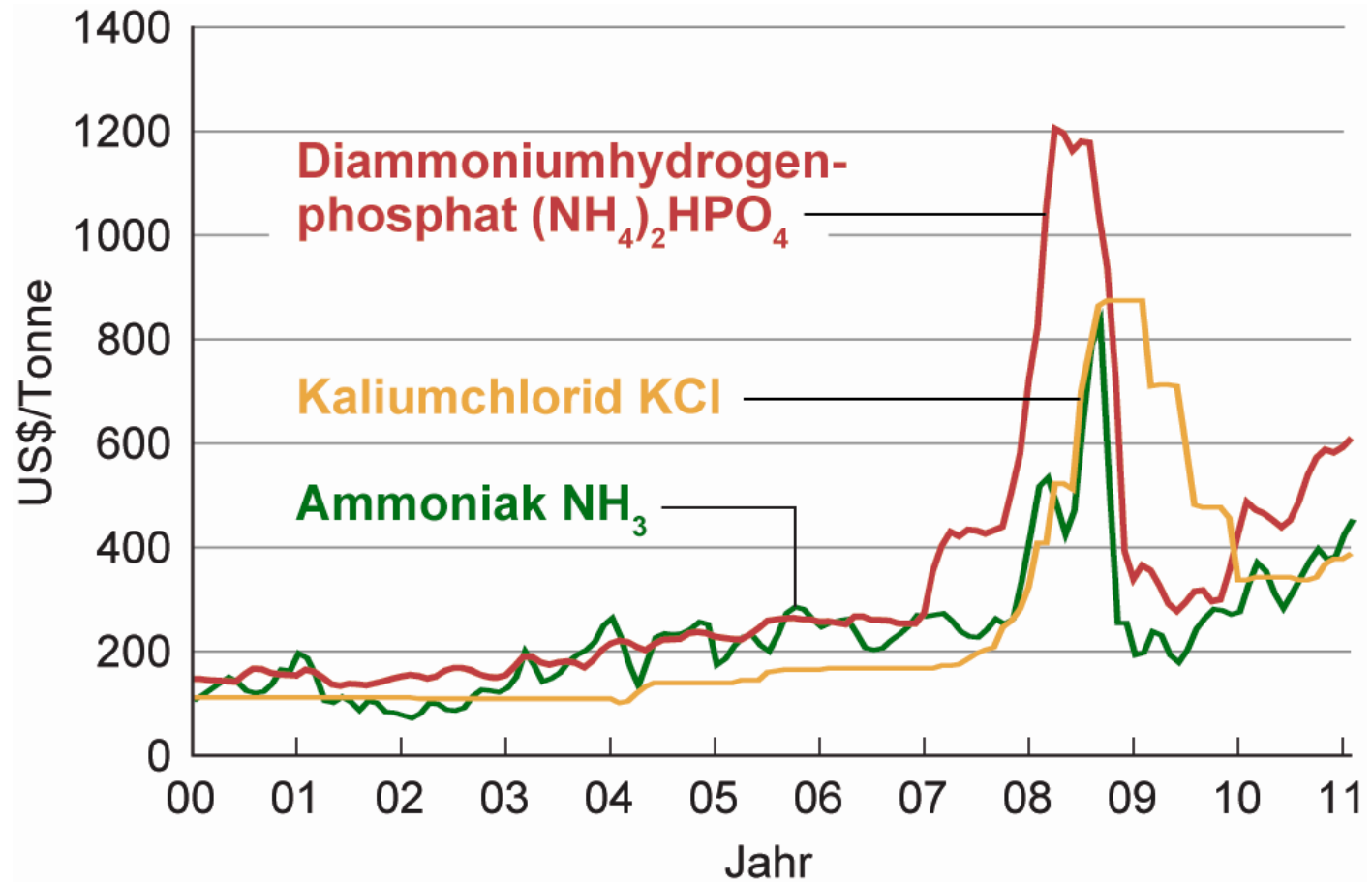
	W/pers
Energiewert Dünger (NH ₃ + P)	6
Energie Abwasserreinigung (grosse Anlage)	6
Energie Nitrifikation von Urin (kleine Anlage)	9
Energie Verdampfung (85 % Energierückgewinnung)	20
Summe	17

*Daten aus Maurer et al. (2003);
Udert und Wächter (subm.); Hofstetter (2010)*

Photo: Michael Wächter



Die Düngerpreise sind kaum vorhersehbar



Quelle: Fertecon

Wirtschaftlichkeit: *Abschätzung* des Nährstoffwertes im Urin

(in US\$-Cents/Person/Tag in Afrika)

	2000 (Tief)	2011 (1. Quartal)	2008 (Maximal)
Stickstoff, N	0.79	2.3	5.8
Phosphor, P	0.16	0.58	1.0
Kalium, K	0.14	0.51	1.1
Total	1.3	3.4	8.0



Vergleich: Typische Kosten für Toilette/Abwasser in Entwicklungsländern
5 US\$-Cents/Person/Tag

VUNA: Dissertation von Elizabeth Tilley (Sandec/ETHZ)

Zusammenfassung

- Die Ressourcen werden knapp
- Innovative Lösungen sind nötig, wo es an Wasser und Nährstoffen fehlt
- Innovation beginnt beim WC
- Cleantech kann für Exportmärkte entwickelt...
- ... aber mit der Zeit auch bei uns eingesetzt werden



Photo: Stefan Kubli



*Verdampfungsreaktor , Watersolutions AG
Photo: Michael Wächter*

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !