

P-Rückgewinnung: Technisch möglich - wirtschaftlich sinnvoll?



BMU/UxBA-Tagung, Bonn
09. Oktober 2013

Prof. Dr. Johannes Pinnekamp
Dr.-Ing. David Montag
Wibke Everding

Institut für Siedlungswasserwirtschaft
der RWTH Aachen University

RWTHAACHEN
UNIVERSITY

Gliederung

- Phosphor in der Abwasserreinigung
- Verfahren zur Phosphorrückgewinnung
- Kosten der Phosphorrückgewinnung
- Schadstoffgehalte von Recyclaten
- Resümee

Phosphormengen bei der Abwasserreinigung

→ Rückgewinnungspotential bei kommunalen Kläranlagen

→ 66.000 Mg P/a

- 75 Millionen Einwohner mit 2,0 g P/(E·d)
- 50 Millionen Einwohnergleichwerte mit 1,0 g P/(E·d)
- mittlere P-Elimination: 90%

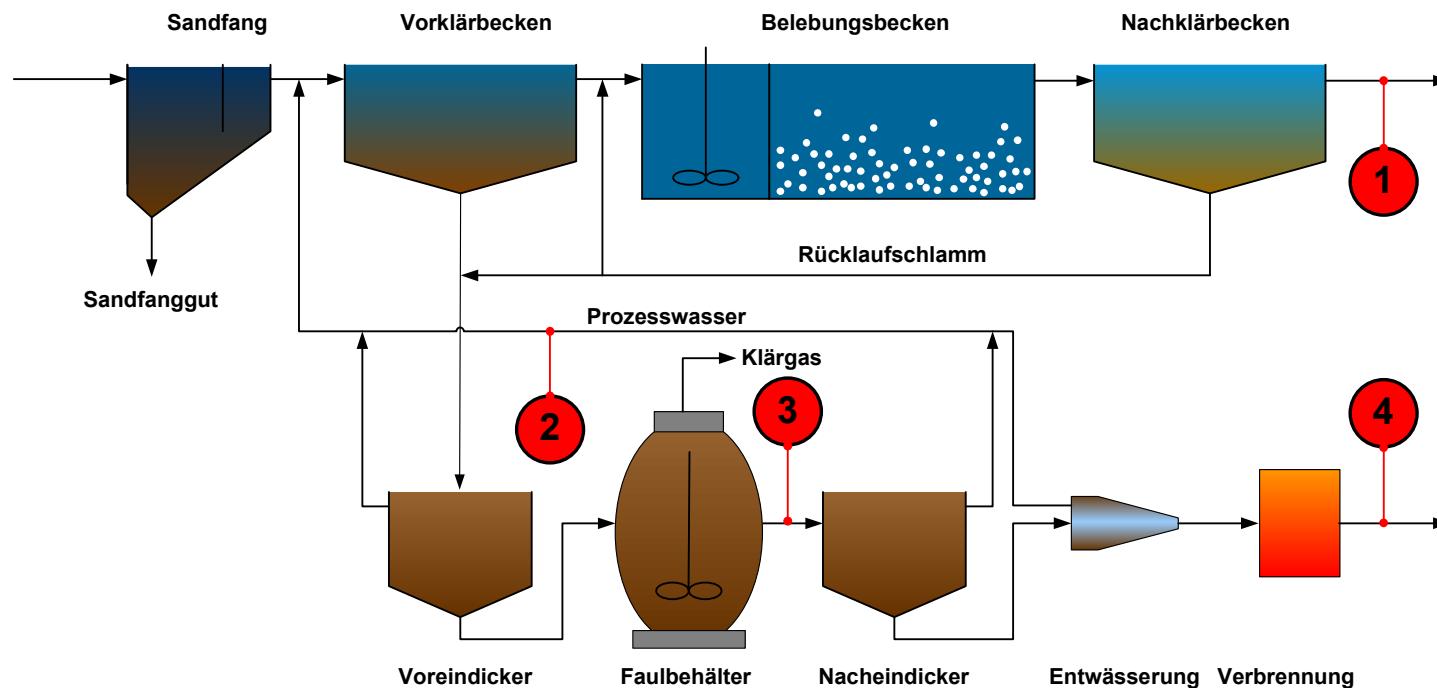
→ Mittlerer Düngemittelabsatz in Deutschland

→ 110.000 bis 120.000 Mg P/a

→ Substitution von ca. 40% durch P-Rückgewinnung aus Abwasser

P-Rückgewinnung bei der Abwasserreinigung

mögliche Einsatzstellen zur Phosphorrückgewinnung in kommunalen Kläranlagen



① Ablauf der Nachklärung

② Schlammwasser

③ Faulschlamm

④ Klärschlammasche

Bekannte Verfahren zur Phosphorrückgewinnung

Ausgangsstoff Abwasser und Prozesswässer	Ausgangsstoff Klärschlamm	Ausgangsstoff Klärschlammasche
<p>Kristallisierungs- und Fällungsverfahren</p> <p>Phostrip DHV Crystalactor® Ostara PEARL® Unitika Phosnix® Nishihara NuReBas NuReSys Kurita Festbettreaktor Ebara MAP Kristallisation Treviso CSIR Wirbelschichtreaktor REPHOS® P-RoC Sydney Waterboard Reaktor</p> <p>Ionentauschverfahren</p> <p>REM NUT® PHOSIEDI</p> <p>Kombinations- und Sonerverfahren</p> <p>RECYPHOS Magnetseparatator</p>	<p>Kristallisierungsverfahren</p> <p>AirPrex-MAP-Verfahren PECO-Verfahren (mikrobielle Oxid.) PRISA-Verfahren</p> <p>Adsorptionsverfahren</p> <p>FIX Phos</p> <p>Säureaufschluss</p> <p>Stuttgarter Verfahren Seaborne-Verfahren Gifhorner Verfahren</p> <p>Hydrothermaler Aufschluss/ Oxidation</p> <p>Cambi-Prozess (mit ...) Kemira KREPRO® LOPROX-Verfahren (mit Nanofiltration) Aqua-Reci</p> <p>Thermochemischer Aufschluss</p> <p>Mephrec ATZ-Eisenbadreaktor RecoPhos</p>	<p>Nasschemischer Aufschluss</p> <p>RÜPA-/PASCH-Verfahren (erweitertes) SEPHOS-Verfahren SESALE-PHOS BioCon LEACHPHOS Eberhard Verfahren</p> <p>Thermochemischer Aufschluss</p> <p>AshDec-Verfahren Mephrec ATZ-Eisenbadreaktor RecoPhos (thermo-chemische fraktionierte Extraktion)</p> <p>Elektrokinese</p> <p>EPHOS</p> <p>Bioleaching</p> <p>Inocre</p>

Bestehende P-Rückgewinnungsanlagen

Großtechnische Rückgewinnungsanlagen (Deutschland)

- ➔ Berliner Verfahren (Berlin Waßmannsdorf)
- ➔ AirPrex MAP-Kristallisationsverfahren (Mönchengladbach)
- ➔ REPHOS® Remondis (Altentreptow)
- ➔ Gifhorner / Seaborne Verfahren (Gifhorn)



Quelle: KIT

Pilotanlagen

- ➔ Stuttgarter Verfahren (Offenburg)
- ➔ P-RoC-Verfahren (Neuburg)
- ➔ Fix-Phos (Hildesheim)

Übersicht zur Förderinitiative

→ Kreislaufwirtschaft für Pflanzennährstoffe, insbesondere Phosphor

→ initiiert 2005



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

→ Gutachtergremium

Koordination/Abwicklung

→ PTKA - Projektträger Karlsruhe

→ Umweltbundesamt

→ Laufzeit der Projekte: 2006 – 2011

Geförderte Forschungsprojekte

Technische Vorhaben

- PASCH
- PHOXNAN
- ProPhos
- RECYPHOS
- PHOSIEDI



Quelle: MEAB

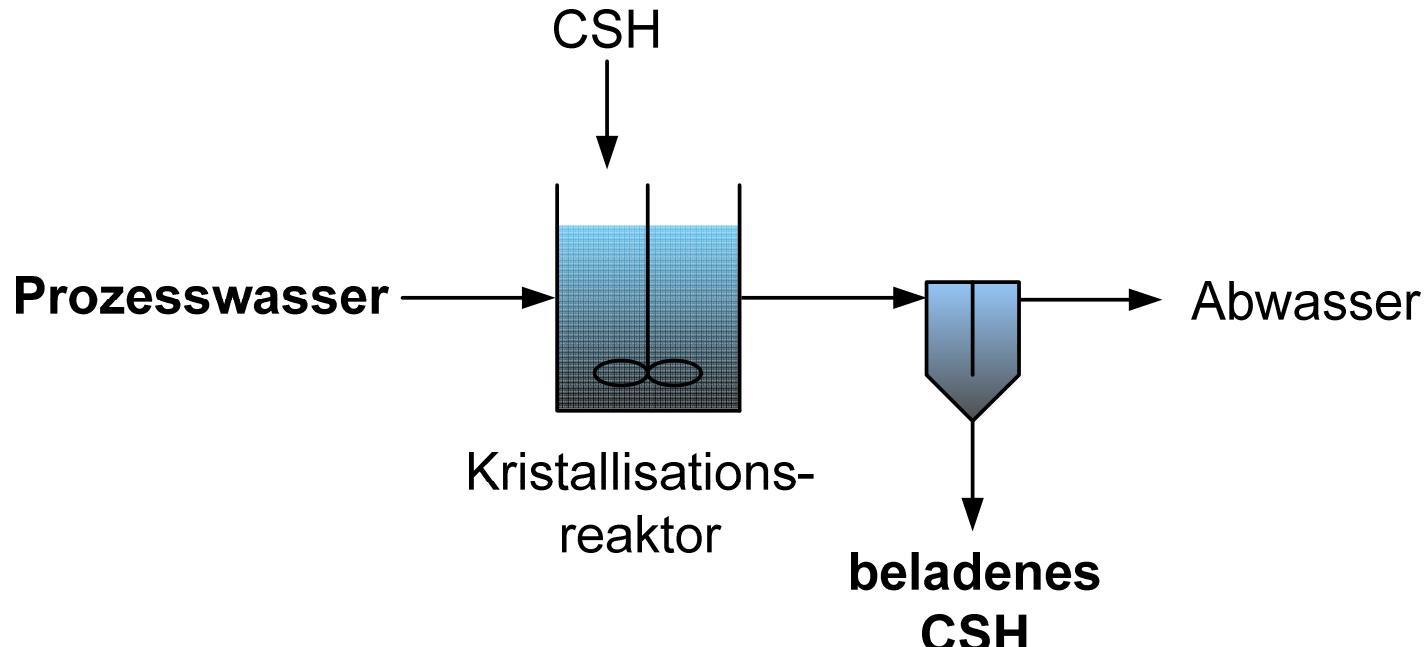
Begleitprojekte

- Charakterisierung der Düngewirkung recycelter Phosphatdünger in Feld- und Gefäßversuchen
- PhoBe „Phosphorrecycling - Ökologische und wirtschaftliche Bewertung verschiedener Verfahren und Entwicklung eines strategischen Verwertungskonzeptes für Deutschland“

Entwickelte und untersuchte Phosphorrückgewinnungsverfahren

P-RoC-Verfahren

Einsatzstelle: Prozesswasser



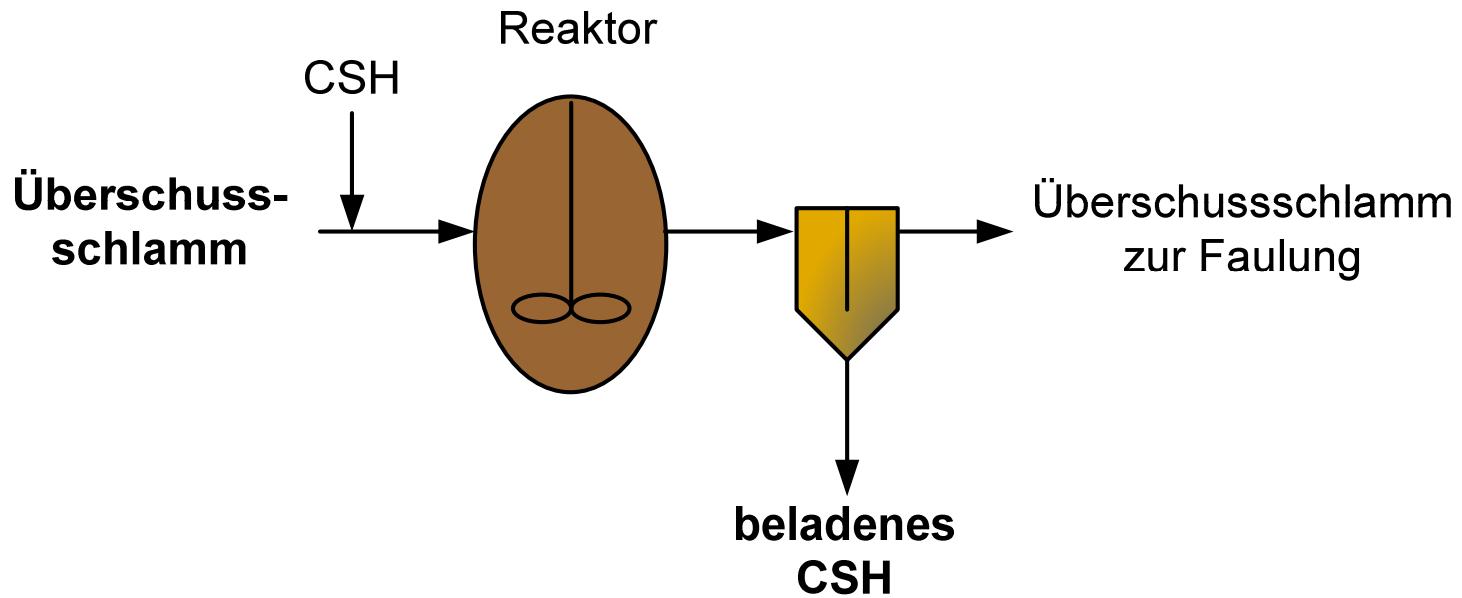
$$\eta_P, \text{Verfahren} \sim 90\%$$

$$\eta_P, \text{KA Zulauf} \sim 9\%$$

nach Schuhmann, 2010

FIX-Phos-Verfahren

Einsatzstelle: Rohschlamm



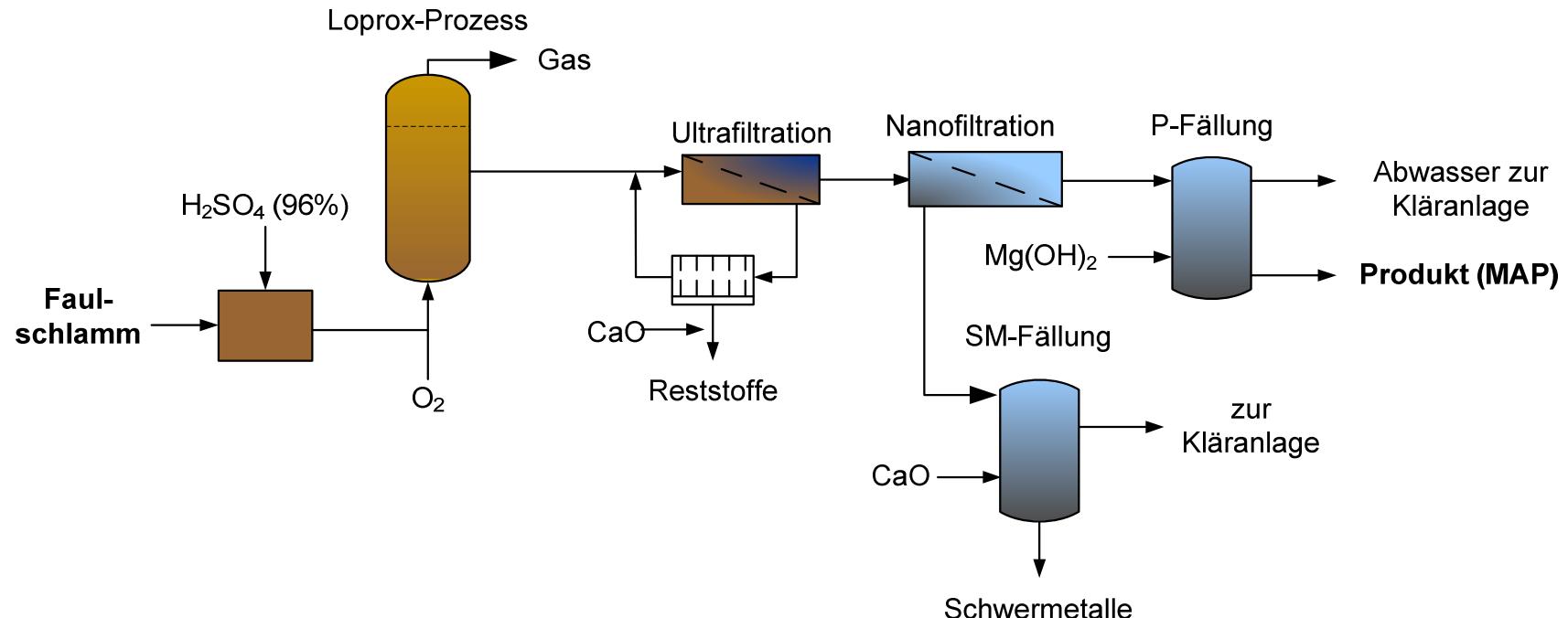
$$\eta_P, \text{ Verfahren} \sim 37\%$$

$$\eta_P, \text{ KA Zulauf} \sim 31\%$$

nach Petzet und Cornel, 2009a

PHOXNAN-Verfahren

Einsatzstelle: Faulschlamm



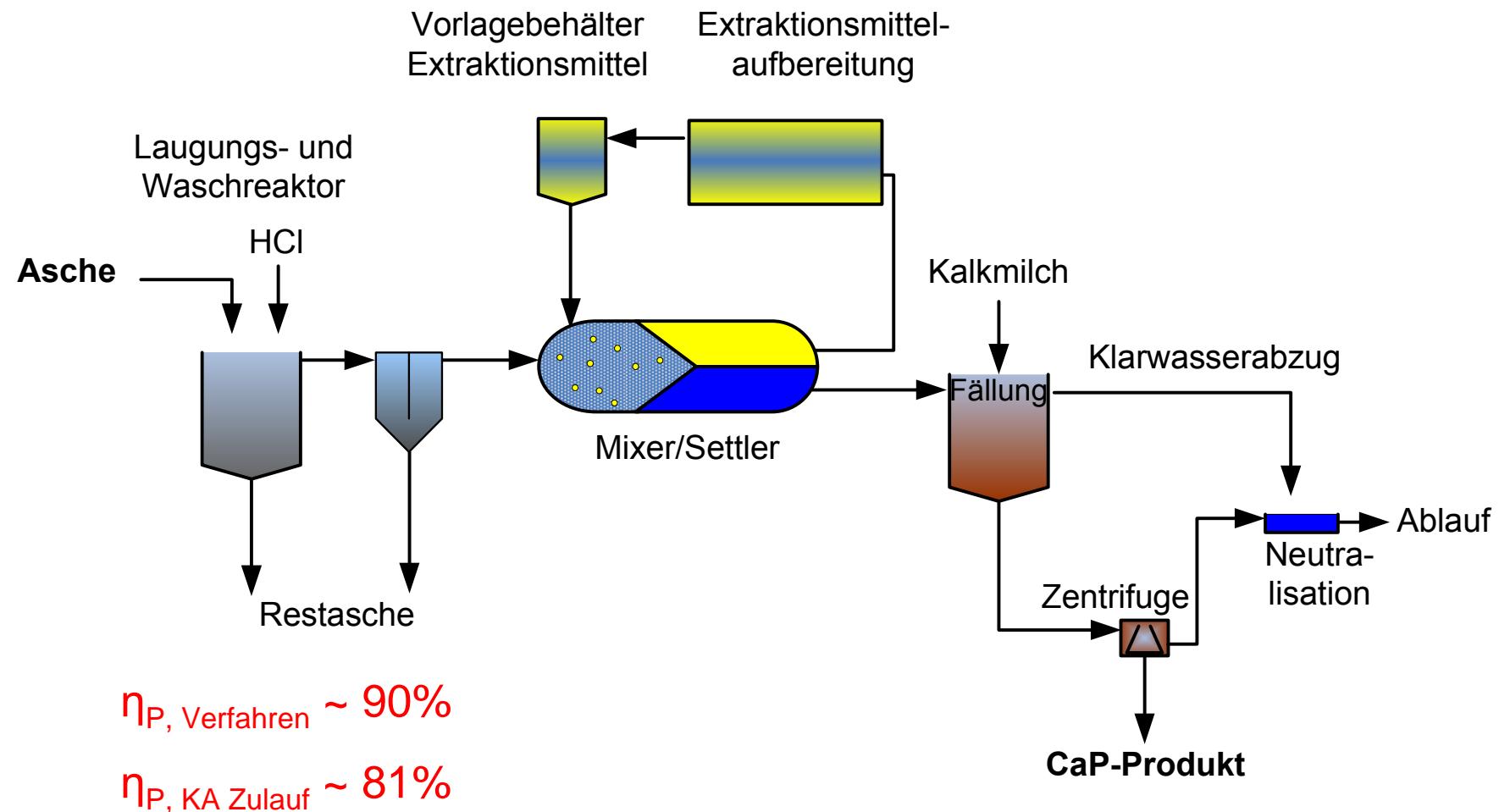
η_P , Verfahren ~ 51%

η_P , KA Zulauf ~ 46%

nach BTS, 2009

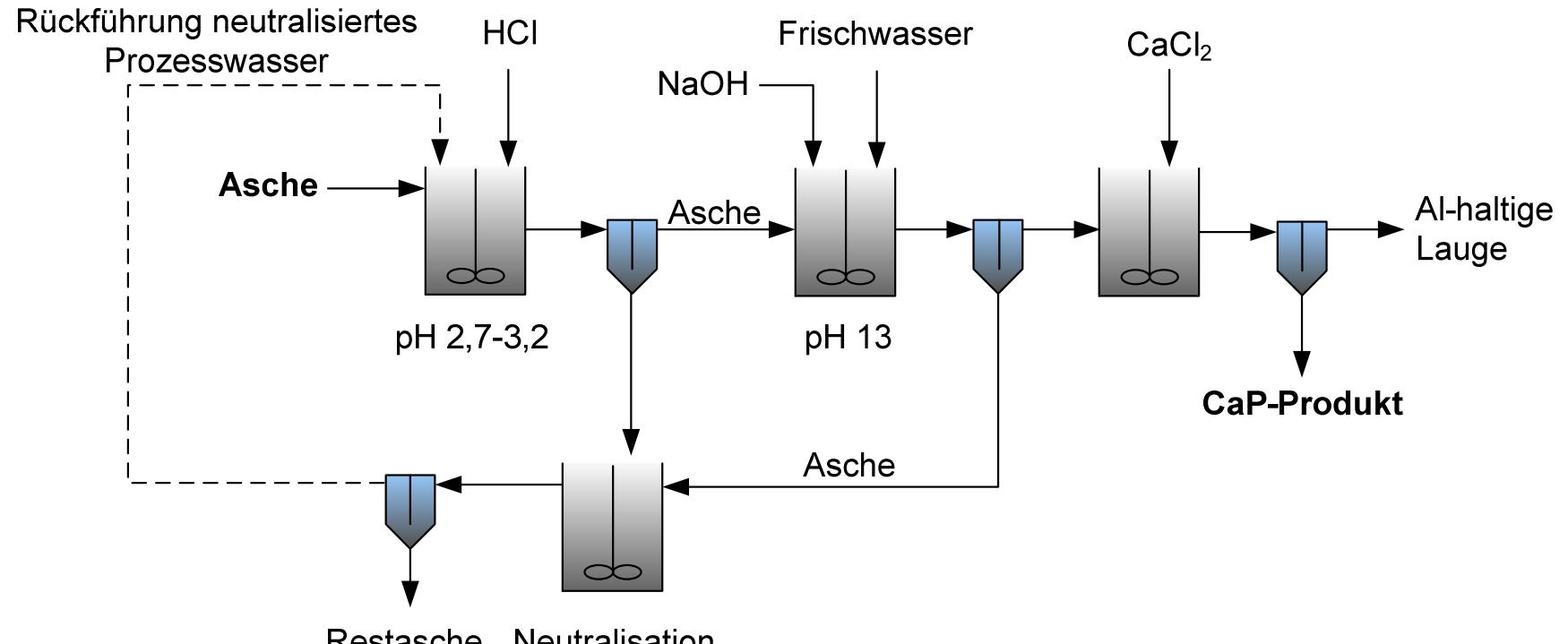
PASCH-Verfahren

Einsatzstelle: Klärschlammmasche



SESAL-PHOS-Verfahren

Einsatzstelle: Klärschlammäsche



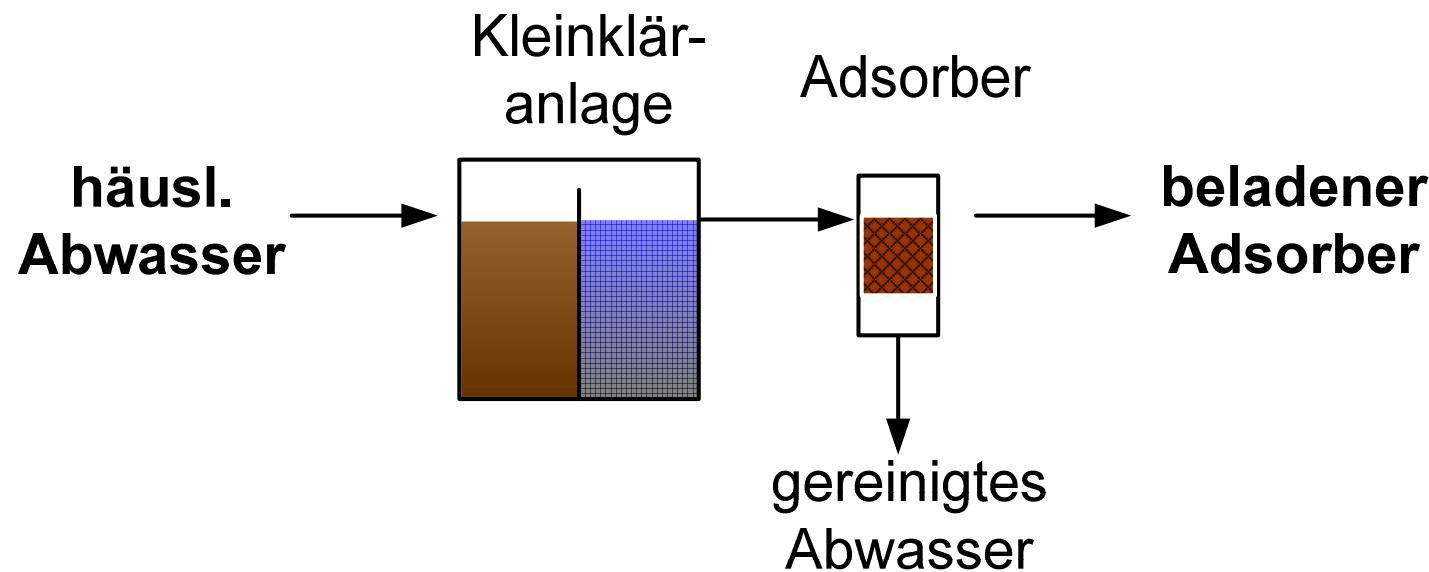
η_P , Verfahren ~ 63%

η_P , KA Zulauf ~ 56%

nach Petzet und Cornel, 2009b

RECYPHOS-Verfahren

Einsatzstelle: Abwasser aus Kleinkläranlagen



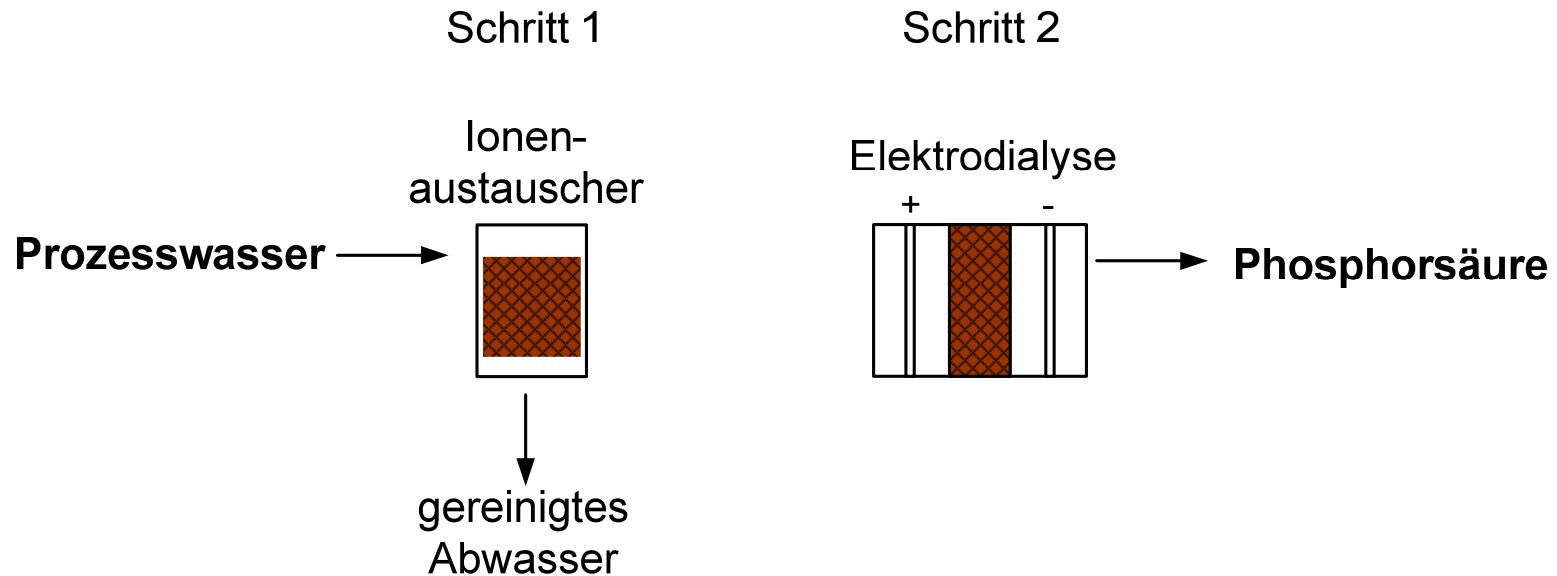
Beladung bis 90% der Zulaufkonzentration

$\eta_{P,\text{regener.}} \sim 90\%^*$

*abhängig von NaOH Konz. (1 mol/l)

PHOSIEDI-Verfahren

Einsatzstelle: Prozesswasser



$n_{P,\text{regener.}} \sim 90\%^*$

*abhängig von der Elektrodialysedauer (25 h)

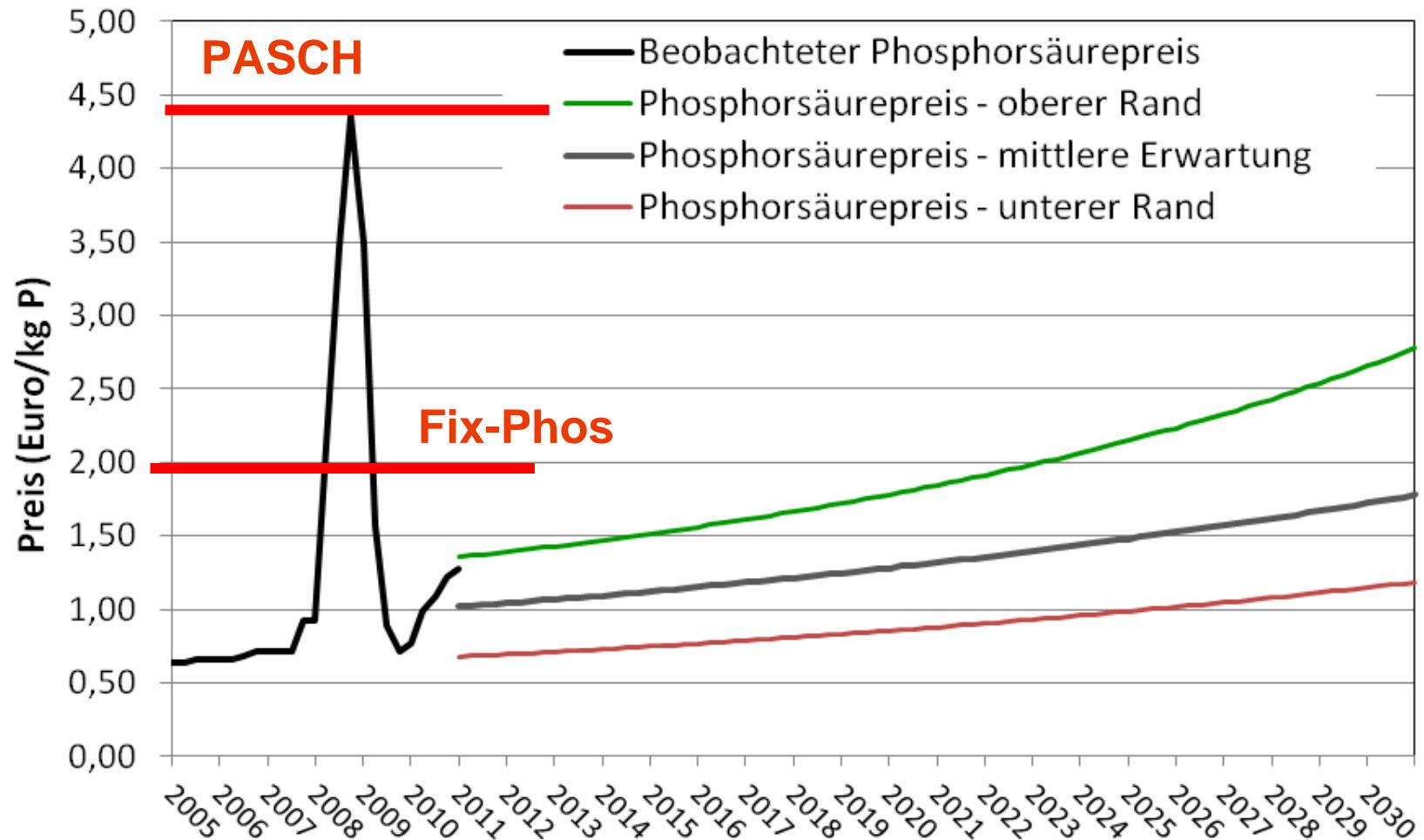
Kosten der Phosphorrückgewinnung

Stoffstrom	Anzahl Verfahren	Produktspez. Kosten	Einwohnerspez. Kosten	Schmutzwasserspez. Kosten^a
		[€/kg P]	[€/(E·a)]	[€/m³]
Schlammwasser	3	9 – 15	1 – 3	0,02 – 0,07
Faulschlamm	4	2 – 25	0,5 – 18	0,01 – 0,40
Klärschlamm- asche	3	2,5 – 7,5	1,5 – 3	0,04 – 0,07

^a Annahme: 120 l/(E·d)

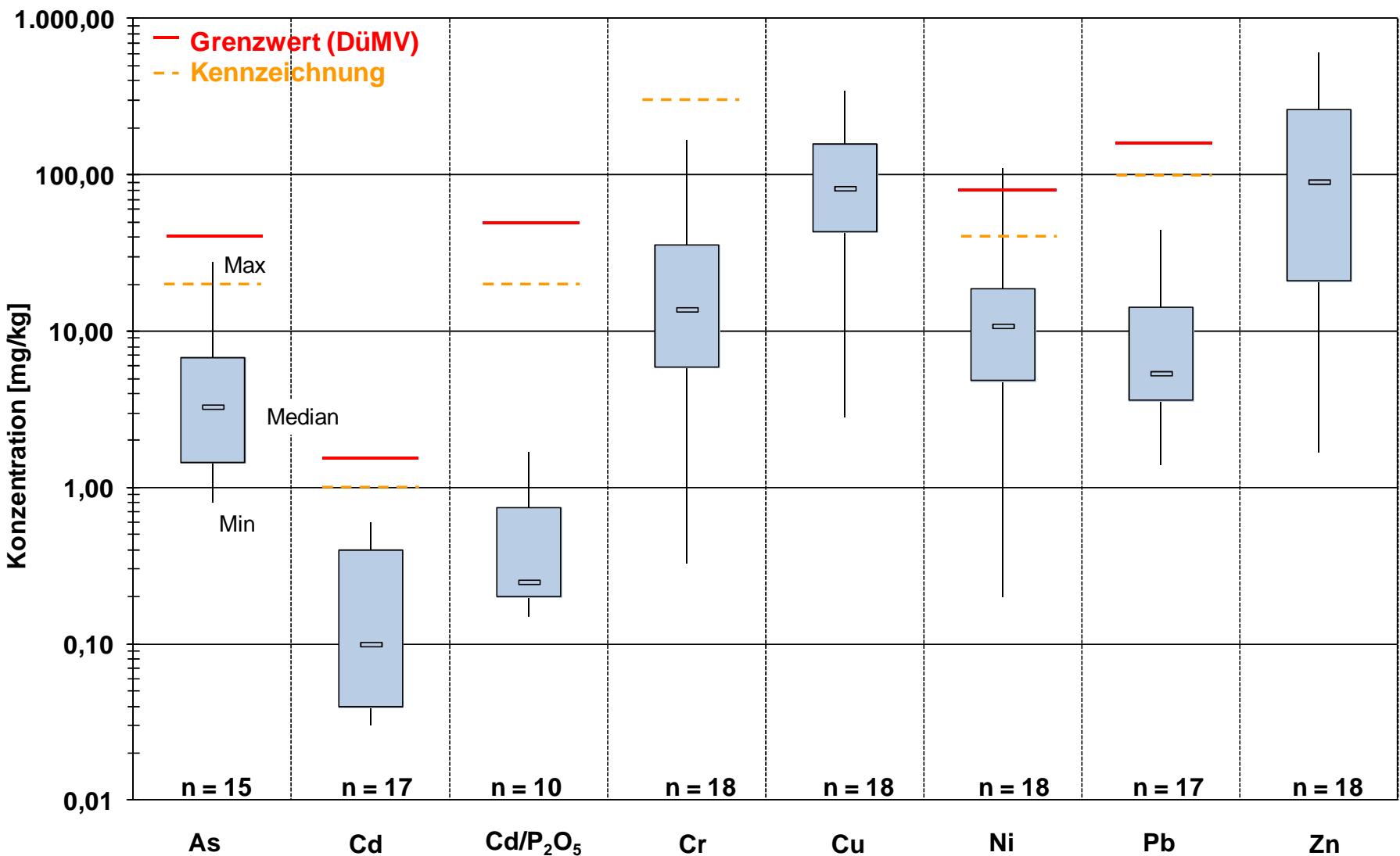
Pinnekamp et al., 2013

Wirtschaftlichkeit



nach Sartorius, 2011

Schadstoffgehalte von Recyclaten



Resümee und Schlussfolgerungen aus den Gesamtergebnissen der Vorhaben der Förderinitiative

Qualität der Produkte

Recycling-Phosphate aus der kommunalen Abwasserbehandlung

→ Schadstoffgehalte

→ Konzentration an relevanten Schwermetallen und organischen Schadstoffen

- geringer als im Ausgangsprodukt, deutliche Entfrachtung
- sehr sichere Einhaltung gültiger Grenzwerte
- deutliche Unterschreitung diskutierter Grenzwerte
- weiter zu senken durch verfahrenstechnische Optimierungen falls gefordert/gewünscht

→ Düngewirksamkeit

→ Bedeutung des Bodens hoch

→ Eher zur Grunddüngung geeignet

→ Wirkung konkurrenzfähig zu Mineraldüngern

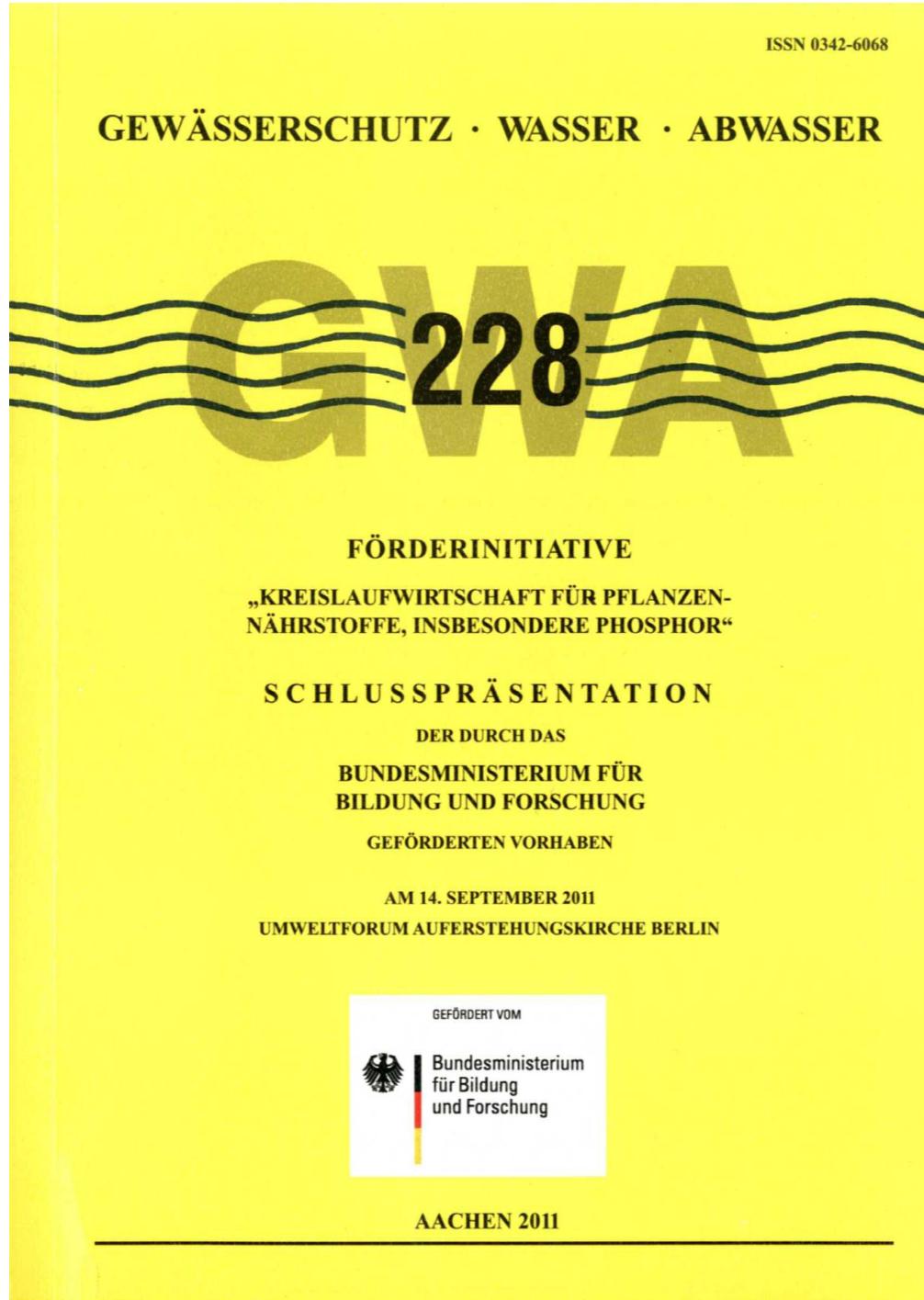
→ Untersuchungsbedarf zur Dauerwirkung (Freilandversuche über mehrere Wachstumsperioden mit unterschiedlichen Pflanzen)

Resümee

- ➔ Technologien
 - ➔ Unterschiedliche Praxisreife, Wirtschaftlichkeit
 - ➔ Einige Technologien sind reif für eine großtechnische Pilotanlage
 - ➔ Weitergehende Fragen sind im Pilotbetrieb zu klären
- ➔ Wirtschaftlicher Betrieb der Anlagen ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich (2 – 25 €/kg P)
 - ➔ Ausnahme: Lösung von Betriebsproblemen
- ➔ Durch Rückgewinnung Deckung der P-Düngemittelimporte bis zu ca. 40% in der BRD möglich
- ➔ Einnahme einer Vorreiterrolle durch den Bau von Rückgewinnungsanlagen

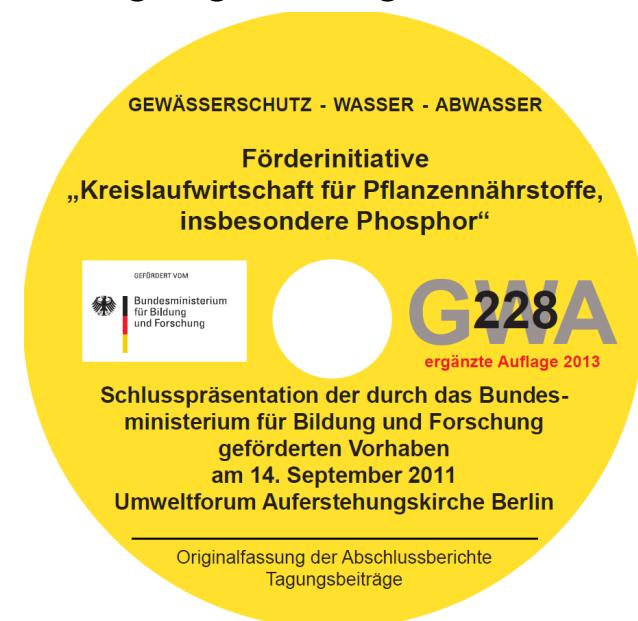
Resümee

- ➔ Zulassung der Sekundärphosphate als Düngemittel
- ➔ Da aktuell keine wirtschaftliche Umsetzbarkeit gegeben ist
 - ➡ Diskussion eines Rückgewinnungsgebotes entsprechend den Wirkungsgraden
 - ➡ Förderung von Demonstrationsanlagen um Know-how nicht zu verlieren (Finanzielle Anreize für Betreiber schaffen)
- ➔ Diskussion eines Mitverbrennungsverbots
 - ➡ Erweiterung / Neubau von Monoklärschlammverbrennungsanlagen notwendig
- ➔ Zwischenlagerung der Klärschlammassen
 - ➡ Schaffung von weiteren gesetzlichen Rahmenbedingungen



CD der Schlusspräsentation
“Kreislaufwirtschaft für
Pflanzennährstoffe,
insbesondere Phosphor” als
aktualisierte Auflage mit
allen:

- Abschlussberichten
- Tagungsbeiträgen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Wir bedanken uns beim BMBF für die Förderung der Projekte im Rahmen der Förderinitiative „Kreislaufwirtschaft für Pflanzennährstoffe, insbesondere Phosphor“.

GEFÖRDERT VOM



**Bundesministerium
für Bildung
und Forschung**

Das diesem Vortrag zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 02WA0805 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.