

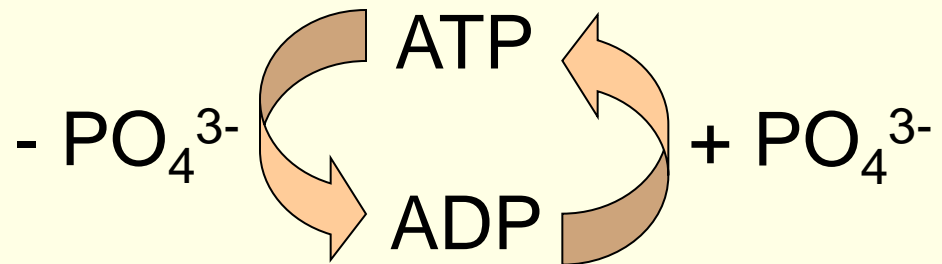
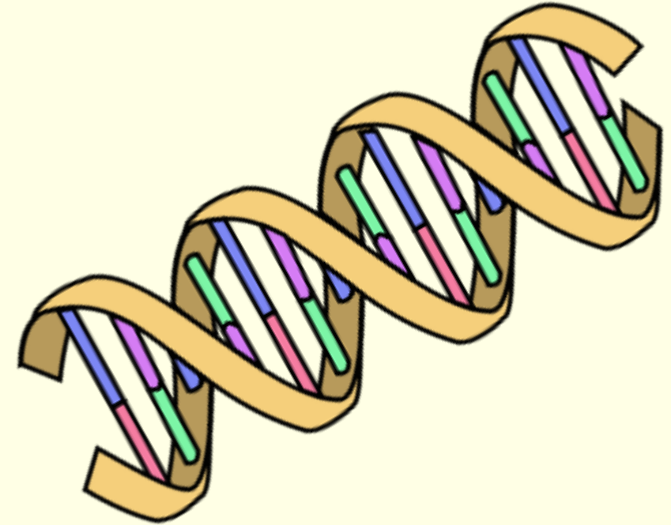
# Überblick über Phosphorrecyclingverfahren

O. Krüger, C. Adam  
BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

# P-Recycling - warum?

P ist essentiell für  
alle Lebewesen

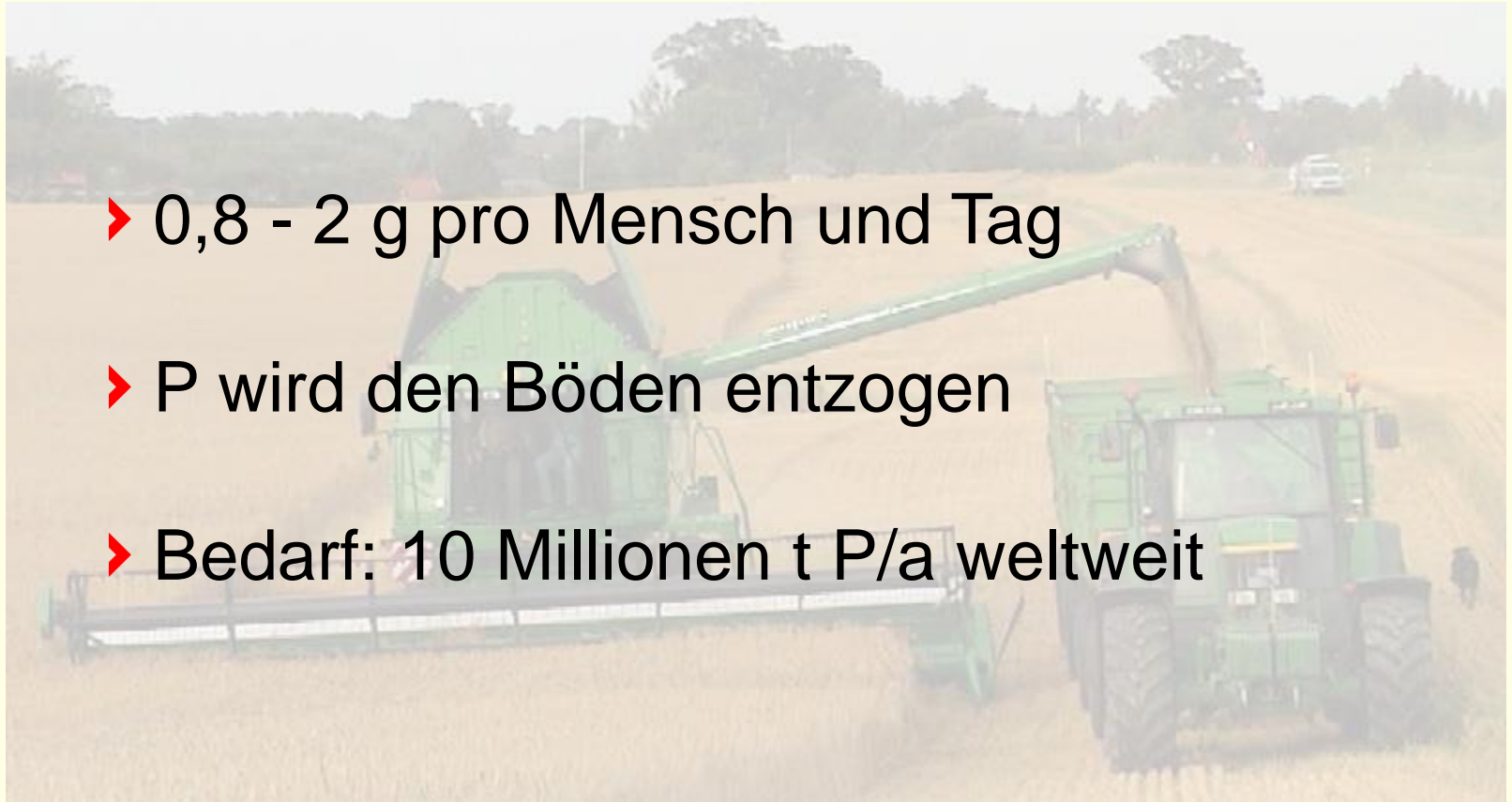
- Knochenbau
- genetische Information  
(DNA, RNA)
- Energiehaushalt  
(ATP, ADP)



# P-Recycling - warum?

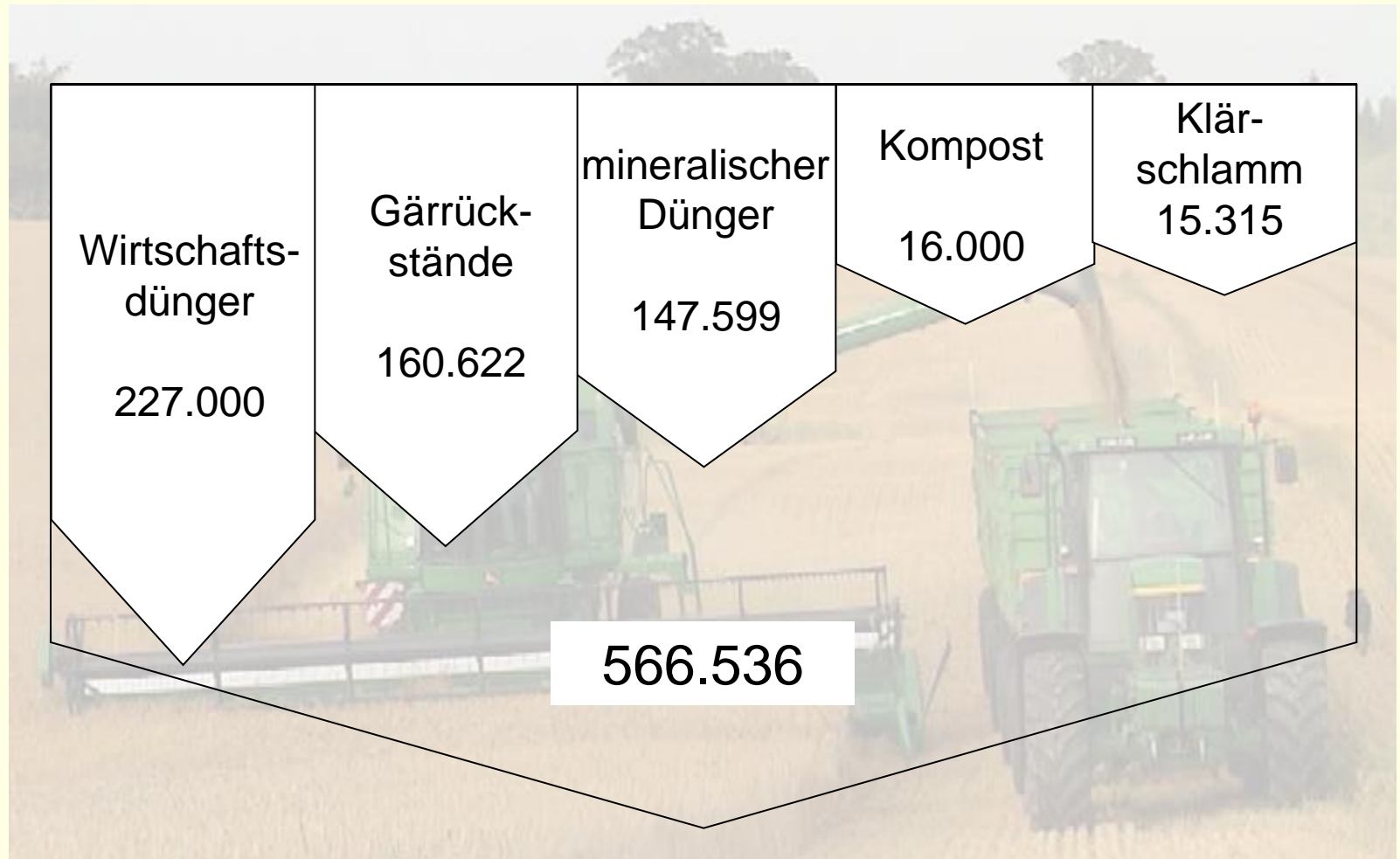


- 0,8 - 2 g pro Mensch und Tag
- P wird den Böden entzogen
- Bedarf: 10 Millionen t P/a weltweit



# P-Recycling - warum?

Phosphoreintrag in die Landwirtschaft (Deutschland; Mengen in t/a)



(nach: Gethke 2012)

Wirtschaftsdünger, Gärrückstand, Kompost

- gute Bioverfügbarkeit des Phosphors
- Schadstoffbelastung möglich (Cu aus Klauenbädern, organische Schadstoffe)
- Produktion und Bedarf oft ungleich verteilt

## Klärschlamm

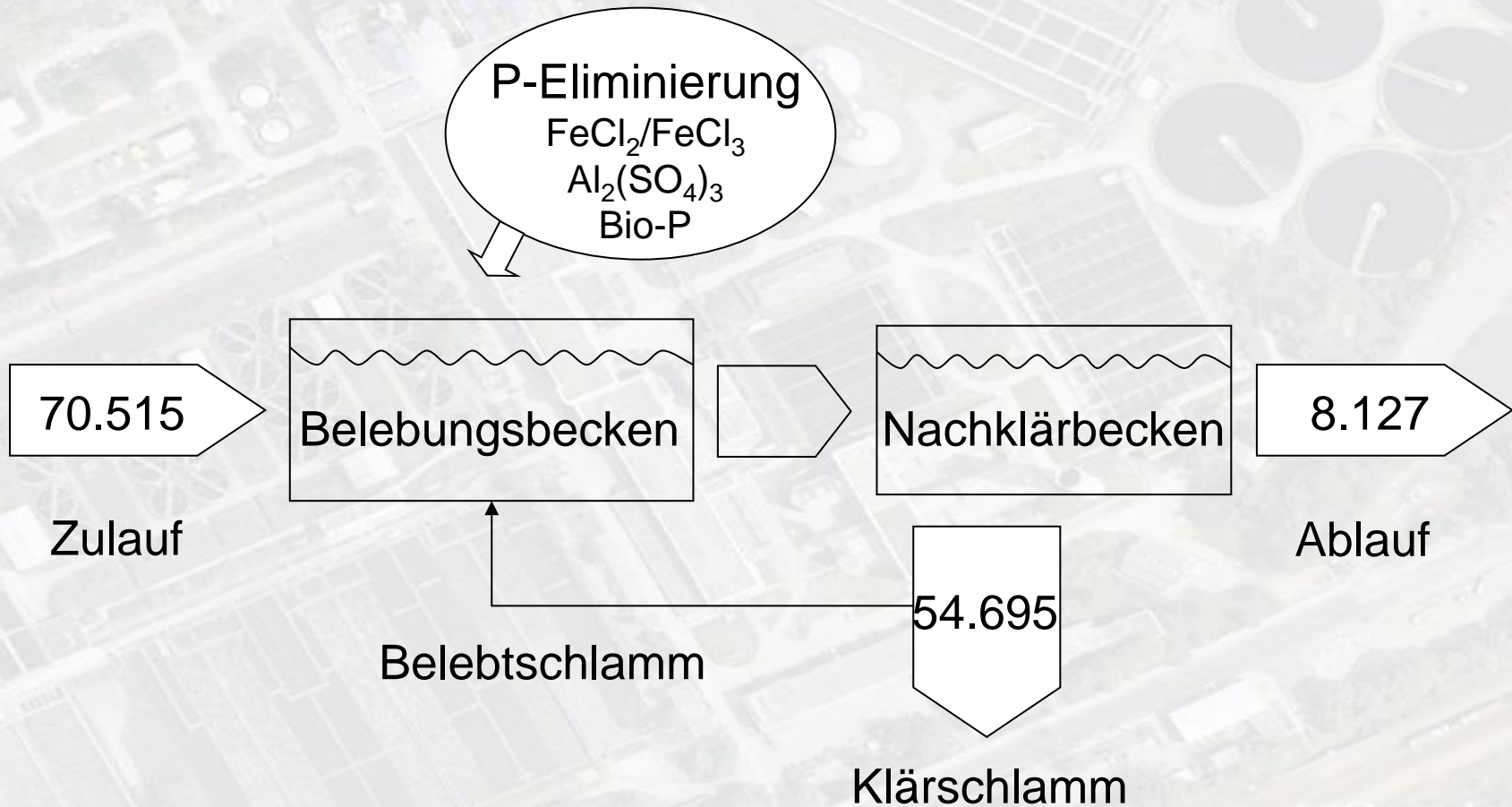
- ▶ Bioverfügbarkeit des Phosphors unklar (Eisenfällung)
- ▶ Geringe Phosphorkonzentration
- ▶ Schwermetallbelastung
- ▶ Organische Schadstoffe (EMPOC, PPCP)

## Mineraldünger aus Rohphosphat

- ▶ Fossile und endliche Ressource
- ▶ Schwermetallbelastung (Uran, Cadmium)
- ▶ Produktion und Bedarf ungleich verteilt

# P-Recycling - wo?

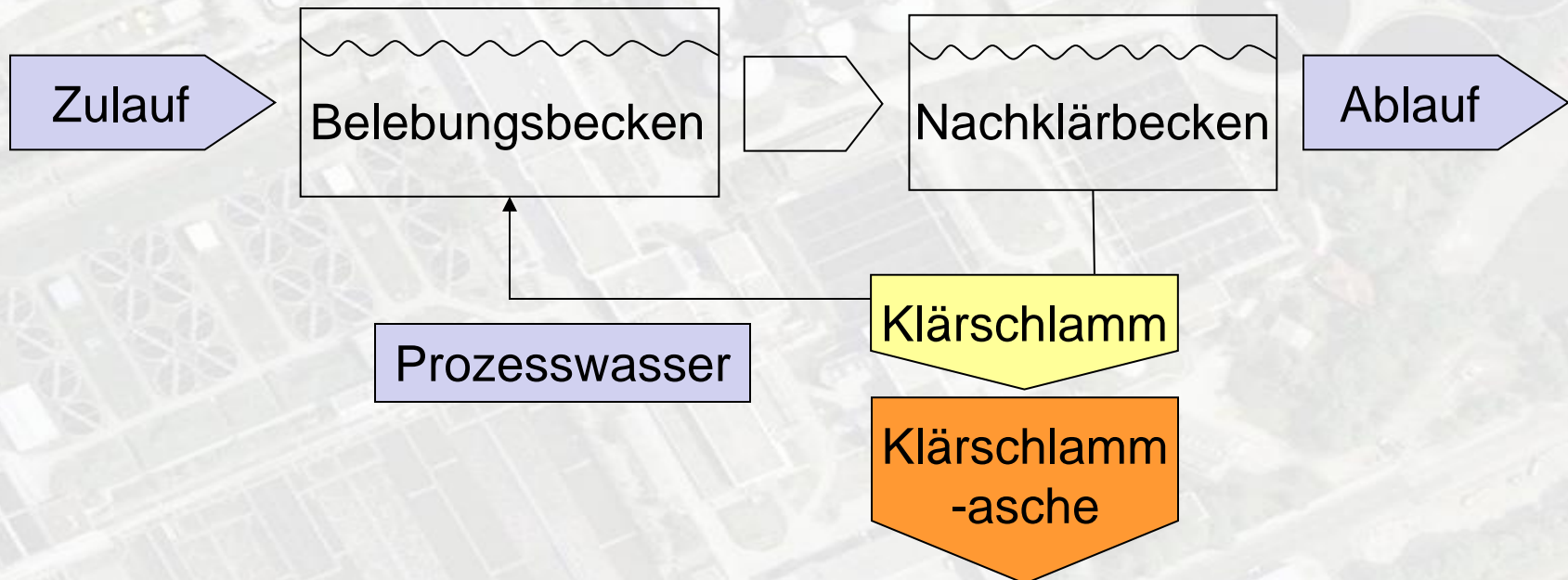
Phosphorströme in Kläranlagen (Deutschland; Mengen in t/a)





# P-Recycling - wo?

## Möglichkeiten der P-Rückgewinnung



# P-Recycling - wo?



P-Recycling	Volumen- / Massenstrom	Relativer Volumen- / Massenstrom	P- Konzentration	P-Rück- gewinnungs- potential
Ablauf (Hauptstrom)	200 l/(E·d)	100 %	< 5 mg/l	max. 55 %
Prozess- wasser	1-10 l/(E·d)	0,5-5 %	20-100 mg/l	max. 50 %
Klärschlamm	0,15 l/(E·d)	0,075 %	≈ 10 g/kg	≈ 90 %
Klärschlamm- asche	0,03 kg/(E·d)	0,015 %	64 g/kg	≈ 90 %

(nach: Montag 2008)

# P-Recycling - wie?



## P-Rückgewinnungsverfahren

Wässrige Phase	Kristallisation	Crystalactor, Ostara-PEARL, P-ROC
	Fällung	AirPrex (BWB), PRISA, NuReSys
Klärschlamm	Nasschemisch	Gifhorn (Seaborne), Stuttgarter Verfahren, Budenheimer Verfahren
	Thermisch	MEPHREC
Klärschlamm- asche	Nasschemisch	LEACHPHOS, PASCH, ECOPHOS, SESAL-PHOS, RECOPHOS
	Thermisch	AshDec (Outotec), MEPHREC, RECOPHOS-FP7, (THERMPHOS), Schlackeverfahren FEhS

## AirPrex (BWB, P.C.S. GmbH)

- KA Waßmannsdorf (Bio-P): massive Inkrustationen im Bereich der Faulbehälter
- Aufwendige mechanische Reinigung bereits nach 2 Wochen erforderlich

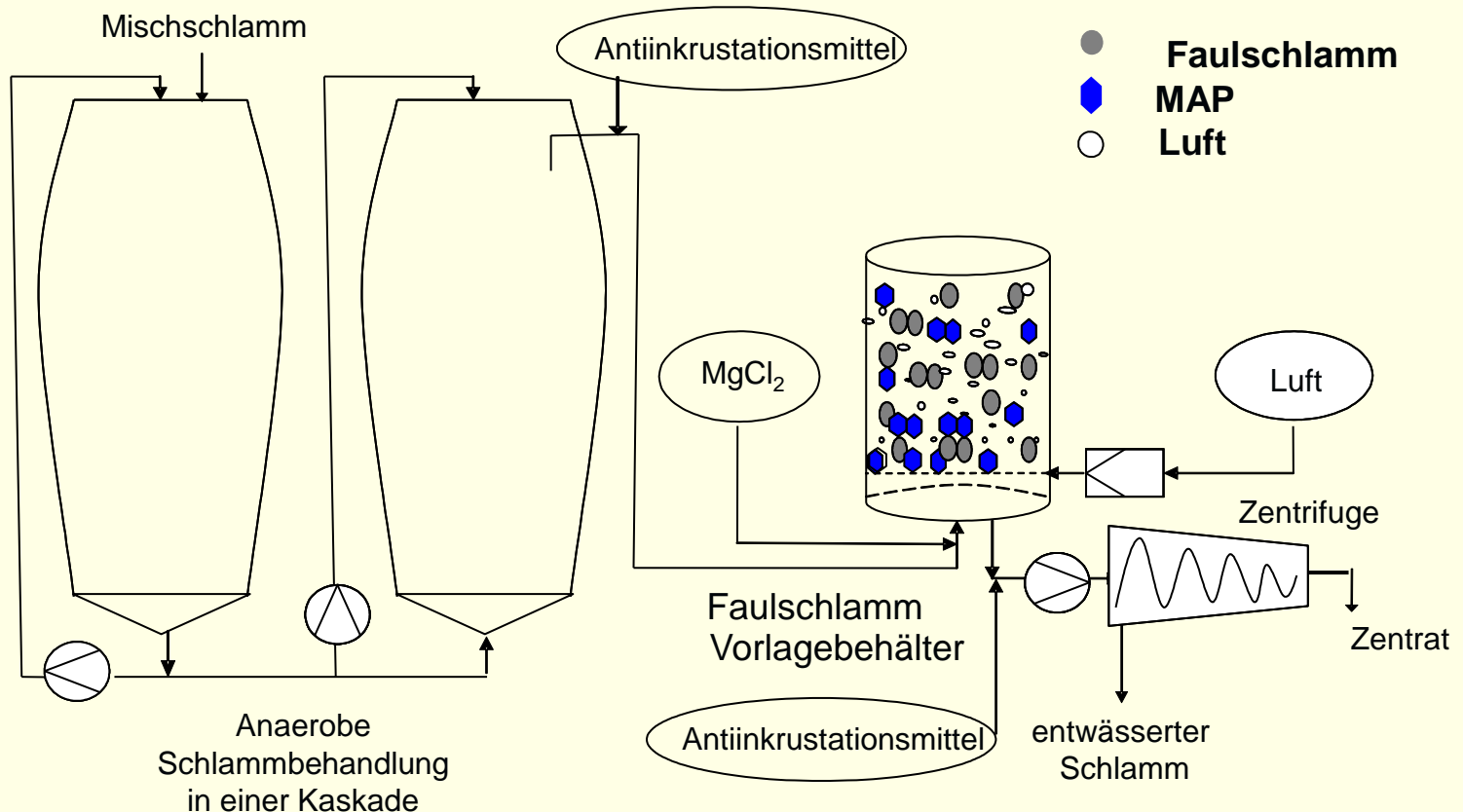


Fußkrümmer und Saugstutzen



Faulschlammvorlagebehälter

## ➤ Gezielte Fällung von Magnesiumammoniumphosphat (MAP)



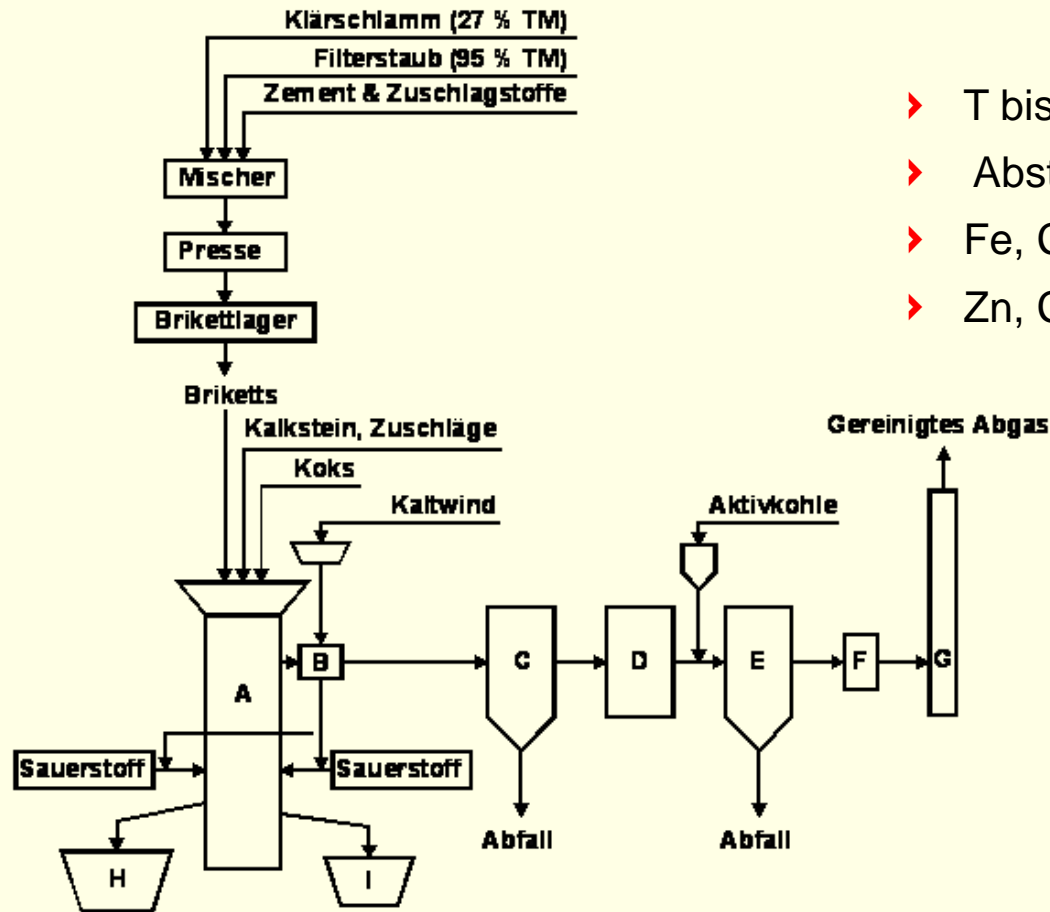
## AirPrex

- Verbesserung der Schlammmentwässerung
- Reduktion der P-Rückbelastung um 80-90%
- Vermeidung von Inkrustationen
- MAP mit 20% Organik, 12-16% P
- “Berliner Pflanze”
- 600-700 t/a

## MEPHREC-Prozess

- Input: Klärschlamm, Klärschlammmasche, Tiermehlasche
- Verfahren: Brikettierung der Abfallstoffe und anschließend Schmelz-Vergasung im Kupolofen
- Produkt: 5-12 %  $P_2O_5$  (>90% citrsl.); Ähnlichkeit zu Thomasmehl; vermutlich Kalksilico-Phosphate

# P-Recycling - wie?



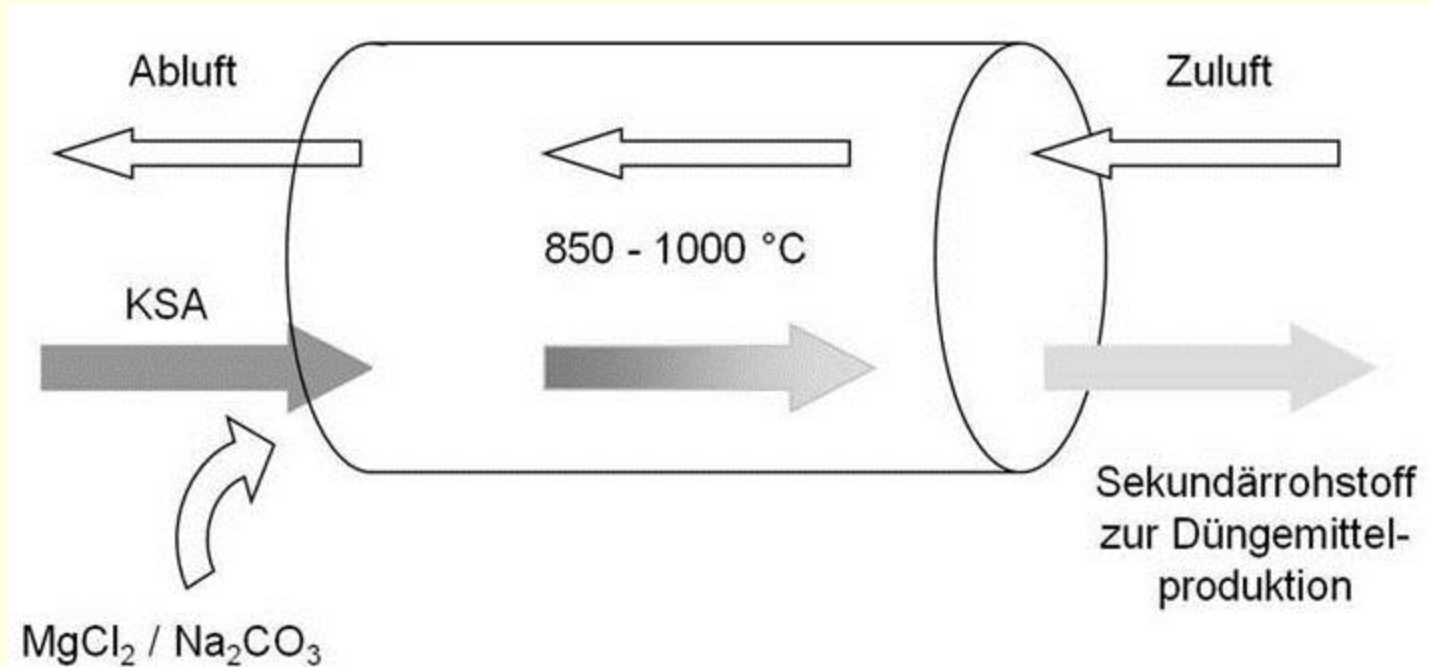
- T bis zu 2000 °C
- Abstich P-Schlacke bei 1450 °C
- Fe, Cu, Cr, Ni gehen in Metallphase
- Zn, Cd, Hg gehen in das Abgas

## Legende

<p><b>A</b> Schachtofen</p> <p><b>B</b> vollständige Nachverbrennung / Rekuperator</p> <p><b>C</b> Gaswäsche / Sprühabsorber</p> <p><b>D</b> Nacherwärmung</p> <p><b>E</b> Gewebefilter</p>	<p><b>F</b> Abgasanalyse - Abgaskontrolle</p> <p><b>G</b> Abgasschornstein</p> <p><b>H</b> flüssige Schlacke / Granulierung im Wasserbad</p> <p><b>I</b> Flüssigmetall / Kokille</p>
---	--



## AshDec (Outotec)



- Schwermetallkonzentration verringern
- Bioverfügbarkeit des Phosphors erhöhen

- Verfahren für P-Recycling aus Abwasser existieren für jeden Teilstrom
- Höchste Rückgewinnungsquote aus getrocknetem Klärschlamm oder Klärschlammmasche
- Pilot- bzw. Demonstrationsanlage für alle Verfahren, einige bereits im Großmaßstab (z.B. AirPrex, NuReSys, Gifhorn)
- Produkte bisher häufig noch teurer als Dünger aus Rohphosphat

Mehr Informationen...



oliver.krueger@bam.de

EU-Projekt P-Rex (KWB):

[www.p-rex.eu](http://www.p-rex.eu)

Workshop Abwasser - Phosphor - Dünger:

[http://www.bam.de/de/kompetenzen/fachabteilungen/abteilung\\_4/fb44/index.htm](http://www.bam.de/de/kompetenzen/fachabteilungen/abteilung_4/fb44/index.htm)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!