

Großtechnische Umsetzung des AirPrex®-Verfahrens

Wolfgang Ewert, Hamburg

P.C.S.
POLLUTION CONTROL SERVICE
Wasser- , Abwasser- und Schlamm-
behandlung.



In Kooperation mit
der CNP GmbH, Hamburg



Inhalt

- Einleitung
- Praktische Umsetzung der MAP-Rückgewinnung aus der Flüssigphase
- Neue Ansätze im Hinblick auf die AbfKlärV
- Zusammenfassung



Einleitung

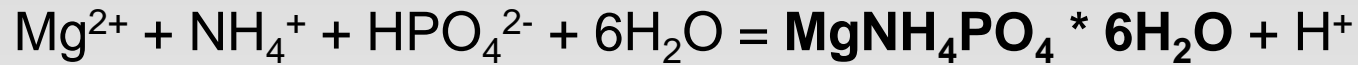
- aktuell bereits verschiedene Verfahren zur P-Rückgewinnung auf dem Markt
- möglich ist die Rückgewinnung aus verschiedenen Stoffströmen der Abwasserreinigung und Klärschlammbehandlung
- großtechnisch angewendet wird die P-Rückgewinnung u.A. aus der Flüssigphase mittels Fäll- und Kristallisationsverfahren (kommerzielle- wirtschaftliche Nutzung)
- Flüssigphase:
Abwasser bzw. Prozesswasser (Industrie), sowie Schlammwasser (Zentrat/Filtrat) und Faulschlamm kommunaler Kläranlagen

Reaktionsgleichung

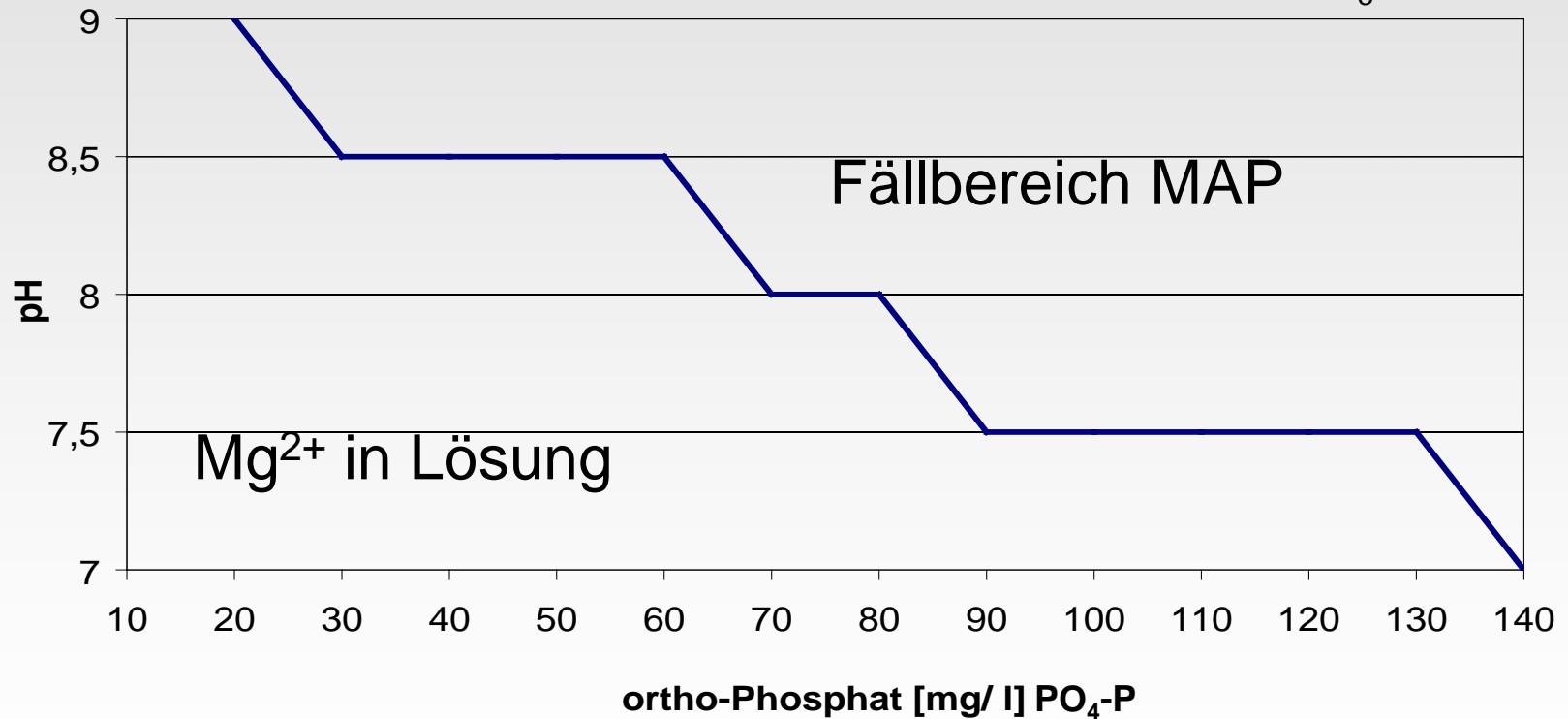
Reaktions- gleichung:	$\text{Mg}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{HPO}_4^{2-} + 6\text{H}_2\text{O} = \text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$			
	Mg	NH ₄	PO ₄	6 H ₂ O
Molgewichte [g/mol]: MAP: 245	24,3	18,0	95,0	108,0
Prozentanteile [%]:	9,9	7,3	39,0	43,8

- wassergelöstes ortho-Phosphat ist für die Fällung notwendig und somit der Bio-P-Prozess Grundvoraussetzung
- Randbedingungen der MAP Fällung:
pH-Wert ca. 7,6 bis 8,3
- Optimales Molverhältnis
- alle MAP-Kristallisations-Verfahren sind an diesen Chemismus gebunden und sind deshalb ähnlich im Ablauf der Verfahren

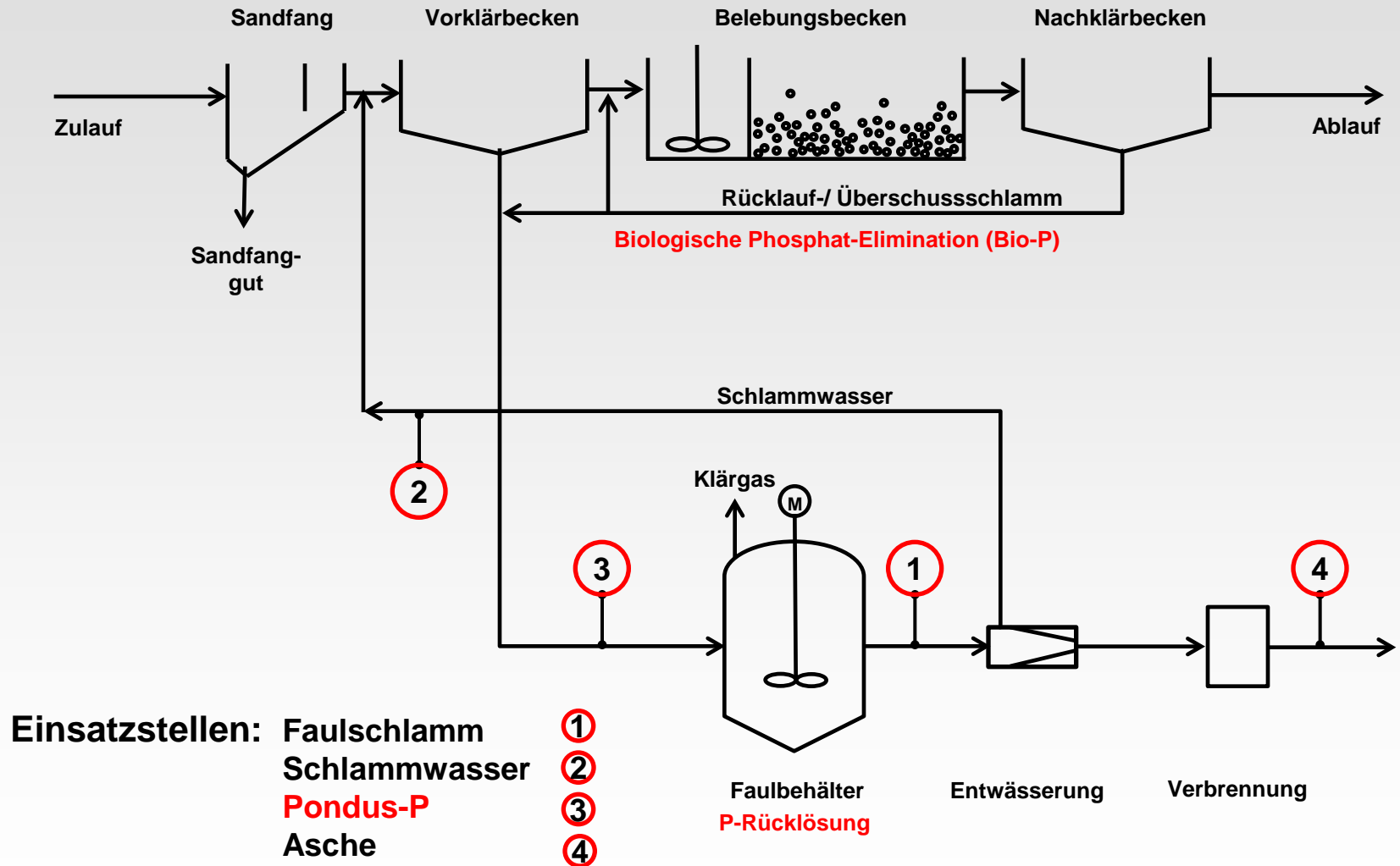
Grenzwerte für die MAP- Kristallisation



Mg^{2+} : 40 mg/L
 HCO_3^- : 2.500 mg/L



Verfahrenstechnische Einbindung der P-Rückgewinnung aus der Flüssigphase bei kommunalen Kläranlagen



Entscheidung für ein Verfahren

- MAP-Gewinnung primär,
Kristallisation in der Wasserphase
keine Beeinflussung der Schlammeigenschaften
→ Gewinnung eines höherwertigen MAP-Produktes
→ höhere Rückgewinnungsrate, aber kaum zielführend für die AbfKlärV
- Wirtschaftlichkeit der Schlammbehandlung
ist primäres Ziel, die MAP-Gewinnung sekundär,
Verfahren wird ausgewählt, um den gesamten
Schlammentwässerungsprozess zu optimieren
→ eingeschränkte, aber verwertbare MAP-Qualität
→ geringere Rückgewinnungsrate, aber..
→ zusätzliche Vorteile bei der Schlammbehandlung und...
→ zielführend für die AbfKlärV (bei ÜS-Extraktion)

Referenten Entwurf der AbfKlärV

- Der im August 2015 vorgelegte Entwurf der neuen Klärschlammverordnung sieht konkrete Vorschriften zur Durchführung einer Phosphatrückgewinnung (inkl. Übergangsfristen) **ab 2025** vor. Zu diesem Zeitpunkt soll auch die **landwirtschaftliche Verwertung enden**.
- Der Klärschlammherzeuger soll demnach eine Phosphatrückgewinnung durchführen, wenn die Kläranlage der Größenklasse 4 oder 5 entspricht (**ab > 10.000 EGW**) und der Klärschlamm einen **P-Gehalt von mind. 20 g/kg TR** aufweist.
- **Ziel:**
Das angewandte Phosphorrückgewinnungsverfahren soll den Phosphatwert unter diesen Wert (20 g/kgTR) reduzieren. Ist dies aufgrund der hohen P-Konzentration nicht möglich, so soll das Verfahren **den P-Gehalt zumindest um 50% reduzieren**.

Gegenüberstellung P-Rückgewinnungs-Verfahren

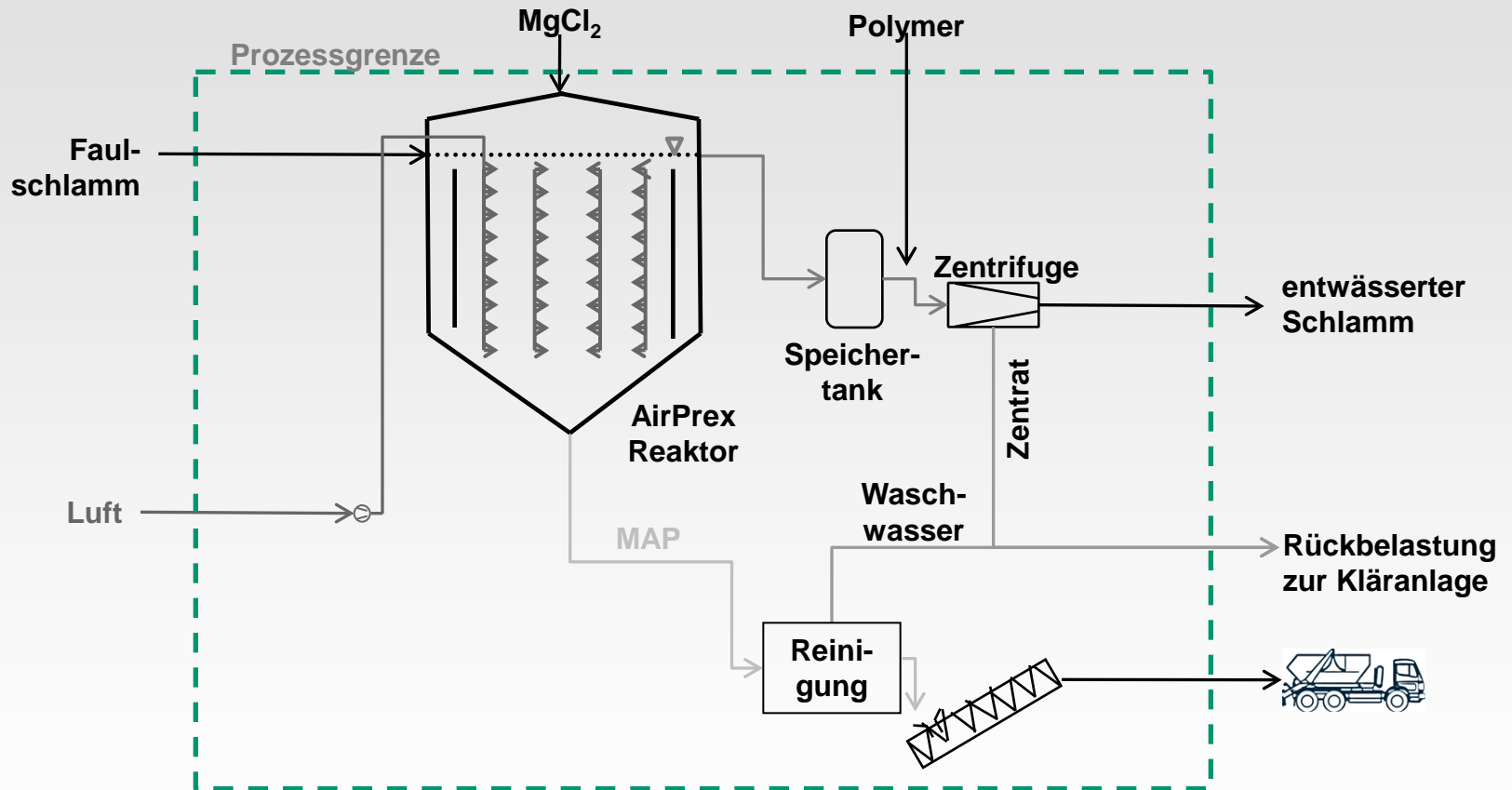
	Schlamm- wasser	Faulschlamm AirPrex®	Überschuss- schlamm (Extraktion vor Faulung)
P-Rückgewinnung (Ausbeute/ Reinheit)	■	□	□
optimale Verhinderung von Kristallisationen	□	■	■
Verbesserung der Entwässerung	□	■	■
Reduzierung der P-Rückbelastung	■	■	■
Zielführend im Sinne der AbfKlärV	□	□	■

Inhalt

- Einleitung
- **Praktische Umsetzung der MAP-Rückgewinnung aus der Flüssigphase**
- Neue Ansätze im Hinblick auf die AbfKlärV
- Zusammenfassung und Ausblick

AirPrex-Verfahren

P-Rückgewinnung aus der Flüssigphase von Klärschlamm



AirPrex-Installation Berlin-Waßmannsdorf



Berliner Wasserbetriebe
Klärwerk Berlin-Waßmannsdorf (1.000.000EW)

Kapazität AirPrex®: 80 m³/h
MAP-Gewinnung: ca. 2.500 kg/d

AirPrex-Installation Berlin-Waßmannsdorf

Wirtschaftliche Rahmenbedingungen



MAP (Struvit)
als Bulkware

z.Z. bei 60,- bis 80,- €/ t
Verkaufspreis

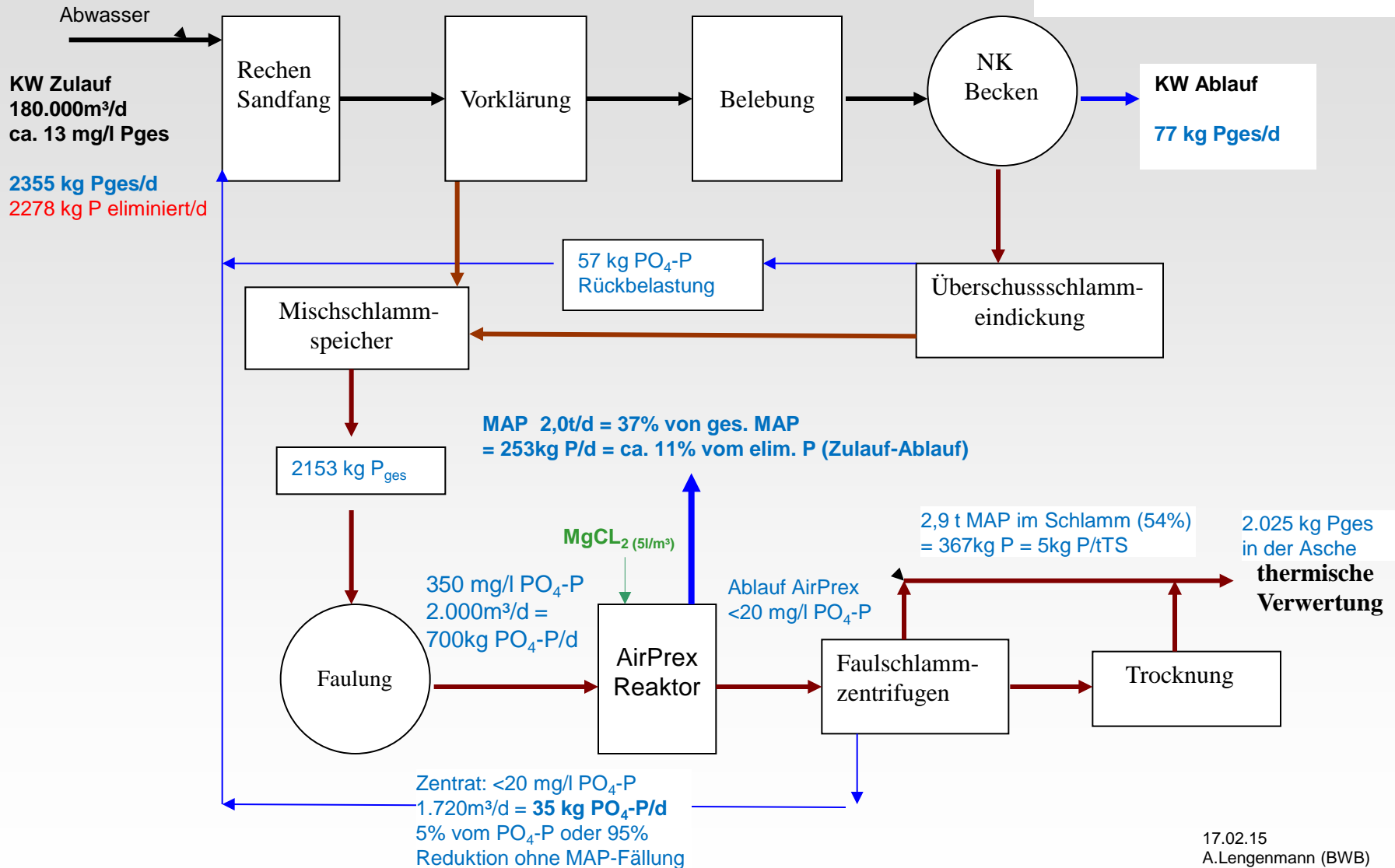


Berliner Pflanze - Produktverpackungen

Quelle: Berliner Wasserbetriebe, 2013

MAP (Struvit)
als konfektionierte Ware

Phosphor Tagesbilanz-Klärwerk Waßmannsdorf



Phosphorbilanz KA Berlin-Waßmannsdorf

P-Eintrag/d	2.355 kg	100 %
P-Austrag Ablauf	77 kg	3,3 %
Rückgewinnung MAP	253 kg	10,7 %
P-Austrag Asche	2.025 kg	86,0 %
Summe	2.355 kg	100 %

AirPrex-Installation Mönchengladbach-Neuwerk

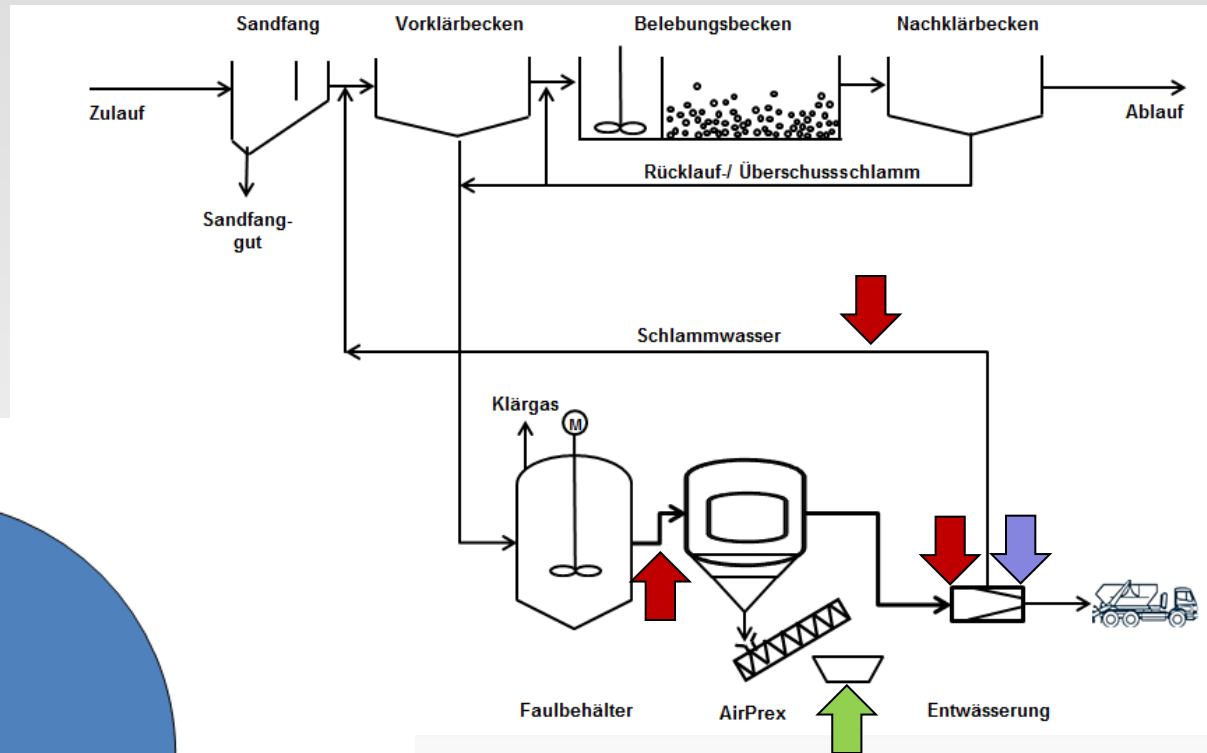
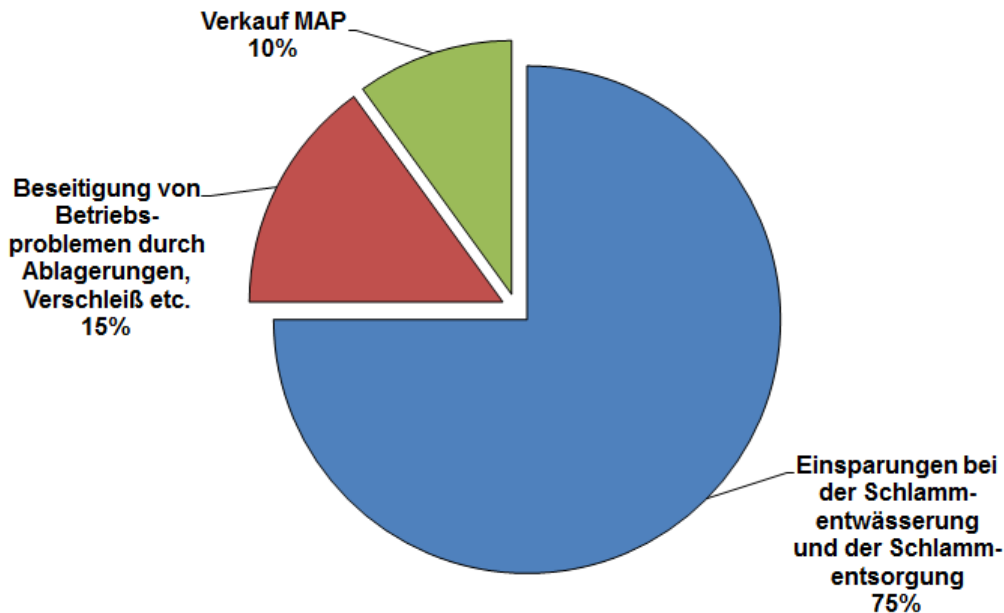


Niersverband
Kläranlage MG-Neuwerk (995.000 EW)

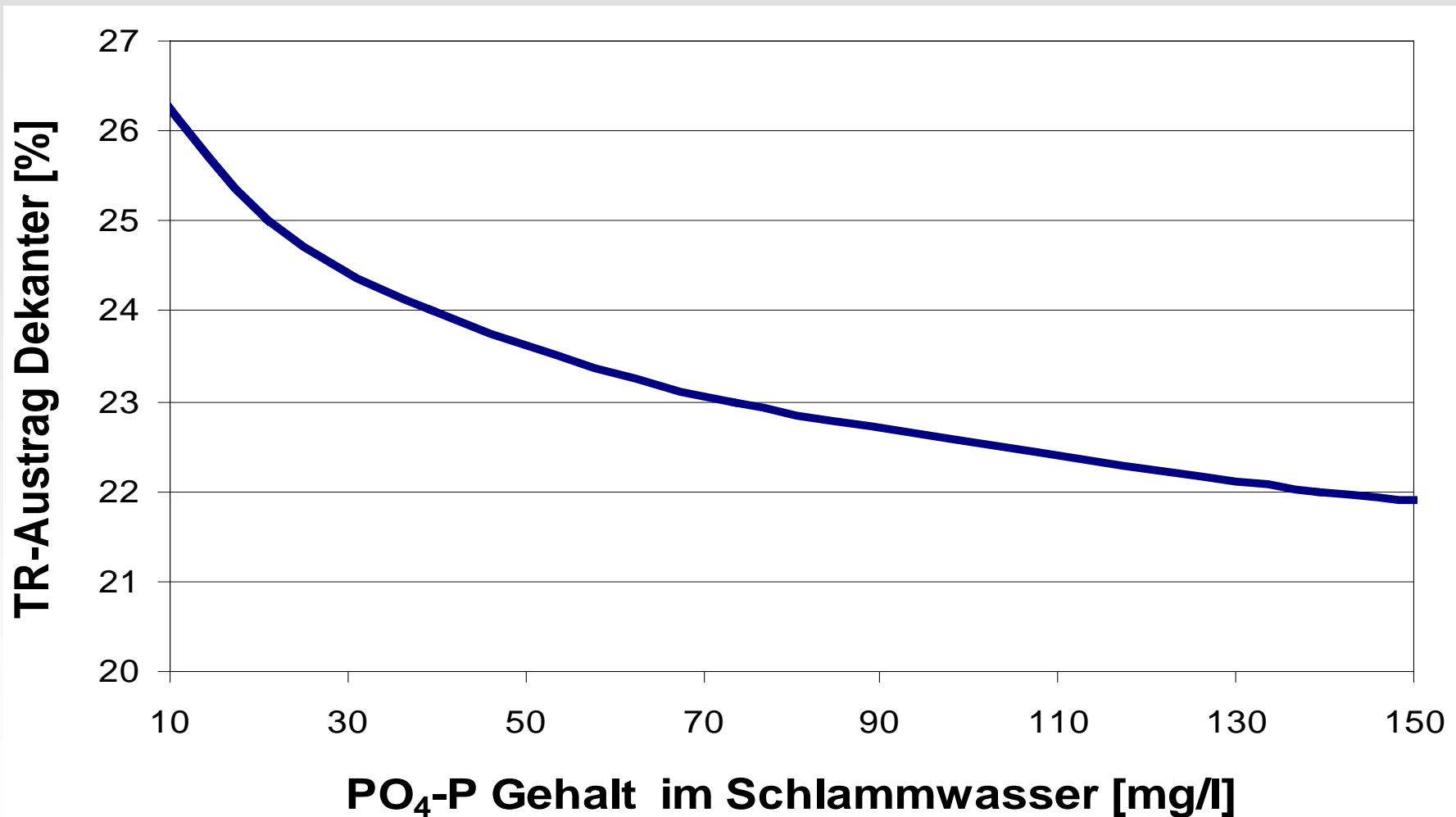
Kapazität AirPrex®: 60-80 m³/h
MAP-Gewinnung: ca. 1.500 kg/d

AirPrex-Installation Mönchengladbach-Neuwerk

Wirtschaftliche Rahmenbedingungen



Einfluss der $\text{PO}_4\text{-P}$ -Konzentration auf den Trockenstoffgehalt bei der Entwässerung

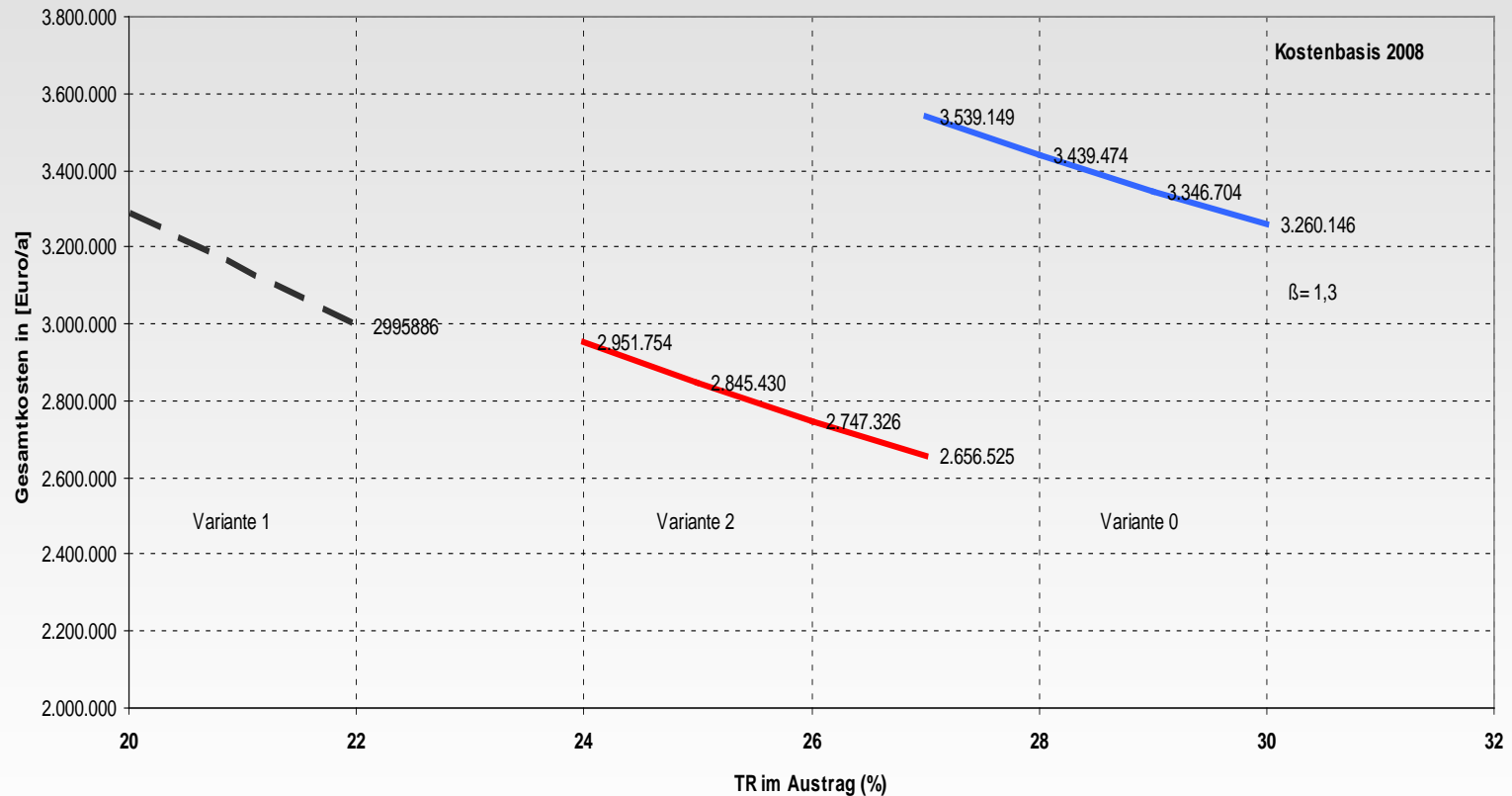


Quelle: Niersverband, KA Mönchengladbach-Neuwerk

AirPrex-Installation Mönchengladbach-Neuwerk

Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Kostenvergleich Nullvariante (Unterdrückung von Bio-P) und MAP - Fällungsanlage



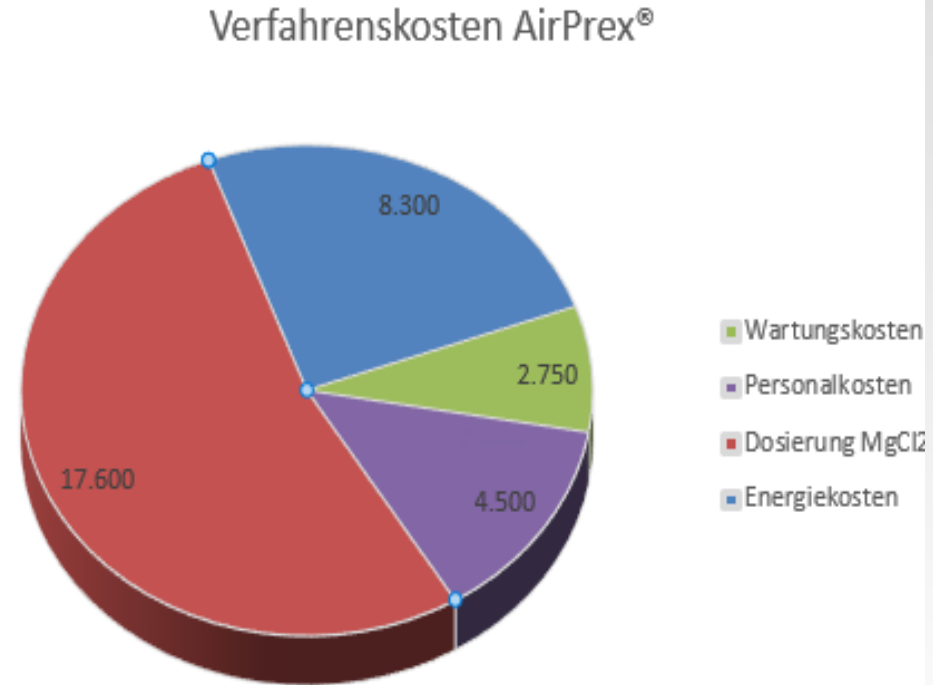
— MAP-Fällungsanlage (Var.2) — 20gFe/m³KW Zul (Var. 0) — — Ohne Fällung u. Bio-P (Var. 1)

Einsparungen durch AirPrex (100.000 EW)

Eingabedaten:		100.000 EW (ca.)
Zu behandelnde Klärschlammmenge	250	m³/d
Gesamtklärschlammmenge	250	m³/d
TR nach Faulung	3	%
TR entwässert (ohne AirPrex)	22	%
PO4-Konzentration im Zulauf zu AirPrex®	706	mg/l
Kosten Entsorgung	60,00	€/t
Kosten Personal	30,00	€/h
Kosten Energie	0,08	€/kWh
Kosten FHM	6,00	€/kg
Kosten FeCl3	0,35	€/kg
Energieverbrauch (ca.)	285	kW/d
Fällmittel-Verbrauch (MgCl2)	2	l/m³
Fällmittel-Kosten (MgCl2)	84,5	€/m³
Erlös MAP Verkauf	0,0	€/t

Einsparungen durch AirPrex (100.000 EW)

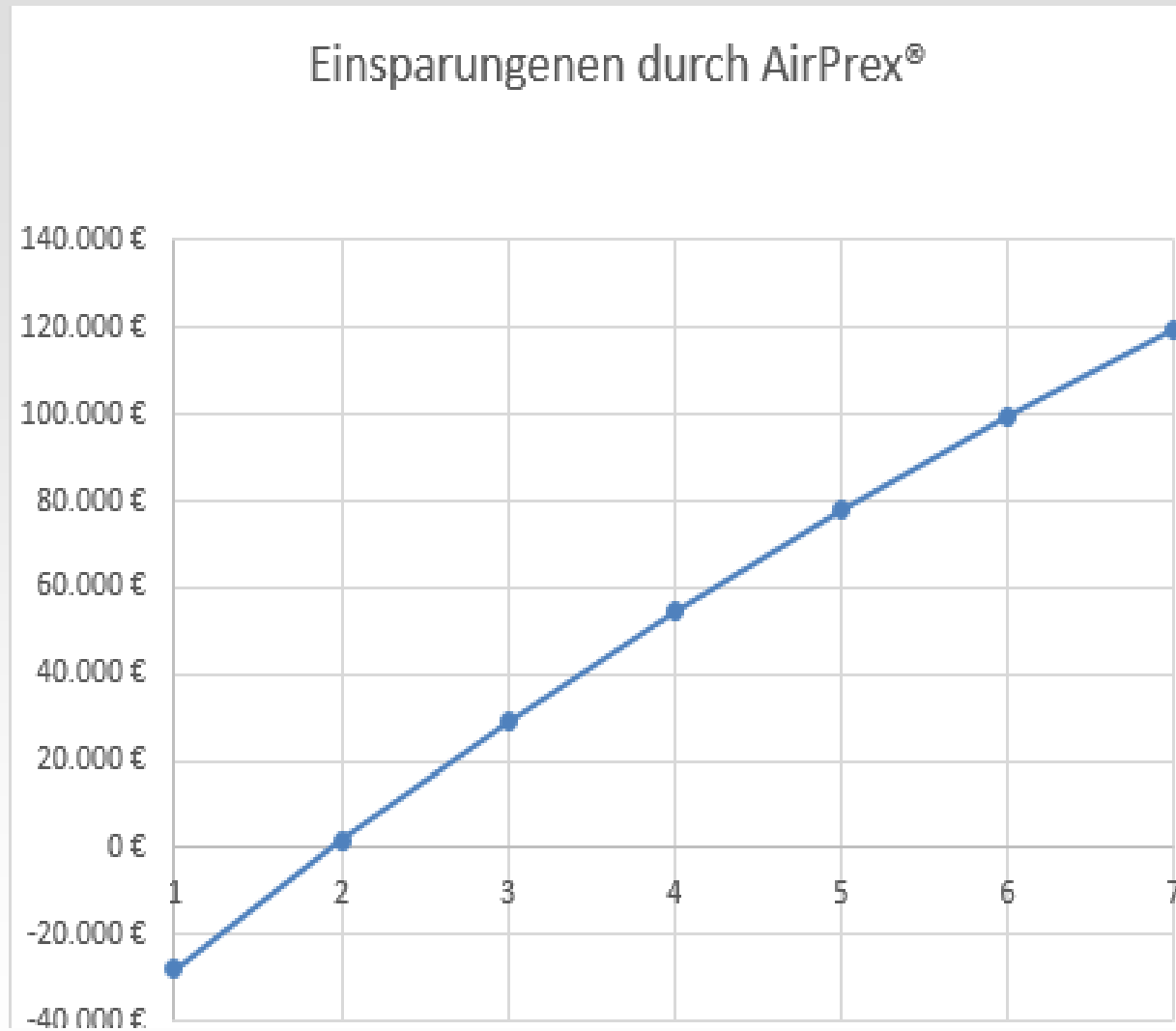
Rechnung:		
Investitionskosten	550.000	€
Anschluß- und Nebenkosten	100.000	€
Nutzungsdauer	12	Jahre
Zinssatz	2	%
Kapitalwiederbeschaffung	52.008	€/a
Wartungskosten	2.750	€/a
Personalkosten	4.500	€/a
Dosierung MgCl ₂	17.600	€/a
Energiekosten	8.300	€/a
Gesamtkosten	85.158	€/a
Kosten pro m³ Schlamm:	0,93	€/m³
Einsparung FHM	15	%
Einsparung FeCl ₃	0	%
PO ₄ -Abscheiderate (gesamt)	95	%
MAP Ausbeute aus AirPrex® ca.	40	%
MAP-Dünger Menge	173	kg/d
P ₂ O ₅ Menge (ca.)	38	kg/d
Gesamt-Erlös (MAP)	0	€/a
Kosteneinsparung (ca. bei +4% TR)	0,60	€/m³



Einsparungen durch AirPrex (100.000 EW)

Variable	Schlamm-Berechnung			Kosten-Einsparung						
TR-Erhöhung	TR	Schlamm-Menge	Schlamm-Reduktion	Einsparung g FeCl3	Einsparung g FHM	Einsparung Entsorgung	Erlös MAP- Verkauf	Kosten- ersparnis gesamt	Kosten- ersparnis jährlich	Kosten- ersparnis bereinigt
%	%	t/d	t/d	€/d	€/d	€/d	€/d	€/d	€/anno	€/anno
1	23,0	32,6	1,5	0,00	67,50	88,93	0,00	156,43	57.098	-28.060
2	24,0	31,3	2,8	0,00	67,50	170,45	0,00	237,95	86.853	1.696
3	25,0	30,0	4,1	0,00	67,50	245,45	0,00	312,95	114.228	29.071
4	26,0	28,8	5,2	0,00	67,50	314,69	0,00	382,19	139.498	54.340
5	27,0	27,8	6,3	0,00	67,50	378,79	0,00	446,29	162.895	77.737
6	28,0	26,8	7,3	0,00	67,50	438,31	0,00	505,81	184.621	99.463
7	29,0	25,9	8,2	0,00	67,50	493,73	0,00	561,23	204.849	119.691

Einsparungen durch AirPrex (100.000 EW)



Air-Prex-Installation Echten



Reest & Wieden, NL
RWZI Echten (190.000 EW)

Kapazität AirPrex[®]: 18 - 20 m³/h

AirPrex-Installation Amsterdam-West



Waternet, NL
RWZI Amsterdam-West (1.000.000 EW)

Kapazität AirPrex®:	2.500 m ³ /d
MAP-Gewinnung:	ca. 3.000 kg/d
Inbetriebnahme:	2013/2014

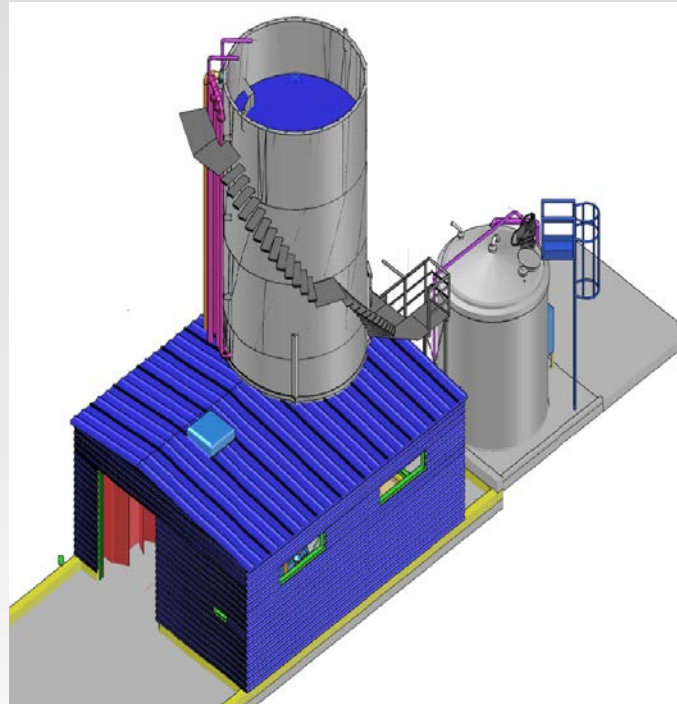
AirPrex-Installation Uelzen



Kläranlage Uelzen (83.000 EW)

Kapazität AirPrex[®]: 120 m³/d
Inbetriebnahme: Mai 2015

AirPrex-Installation Salzgitter-Nord

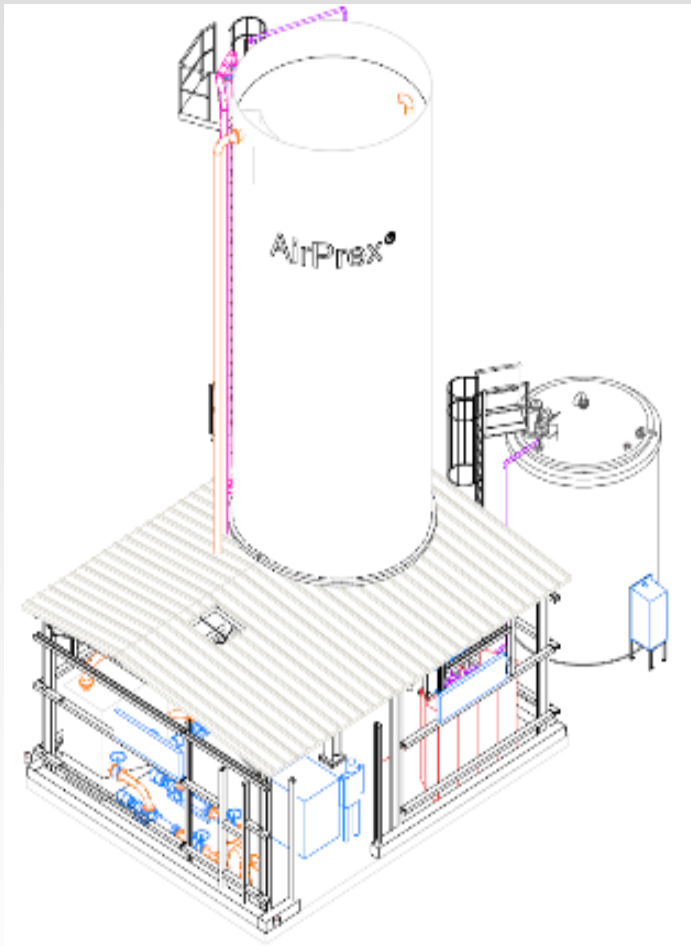


Kläranlage ASG Salzgitter (175.000 EW)

Kapazität AirPrex®: ca. 240 m³/d

Inbetriebnahme: Juli 2015

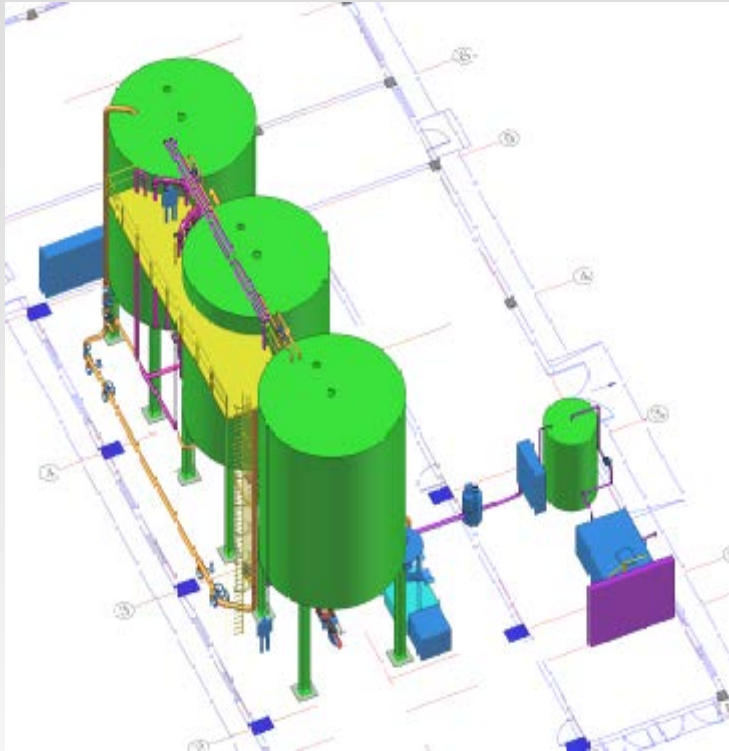
AirPrex-Installation Wolfsburg



Kläranlage Wolfsburg (175.000 EW)

Kapazität AirPrex®:	ca. 280 m ³ d
Inbetriebnahme:	voraus. März 2016

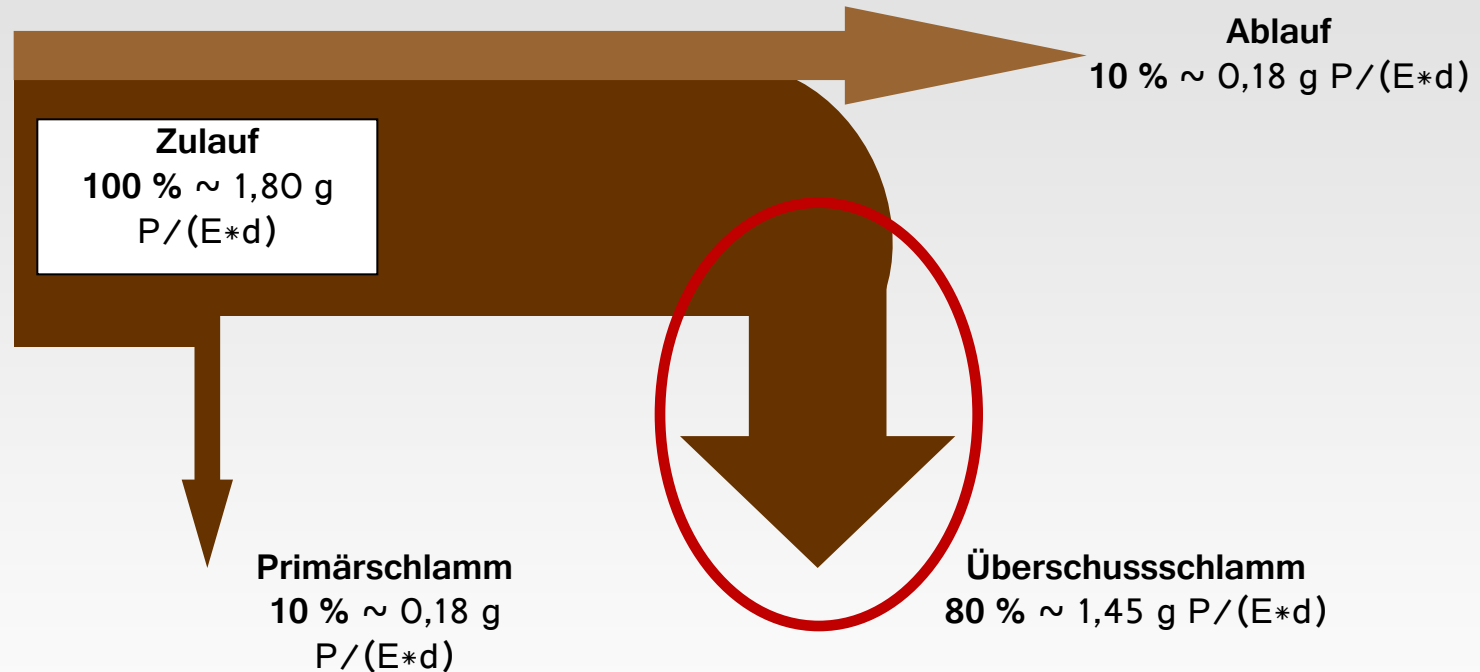
AirPrex-Installation Tianjin, China



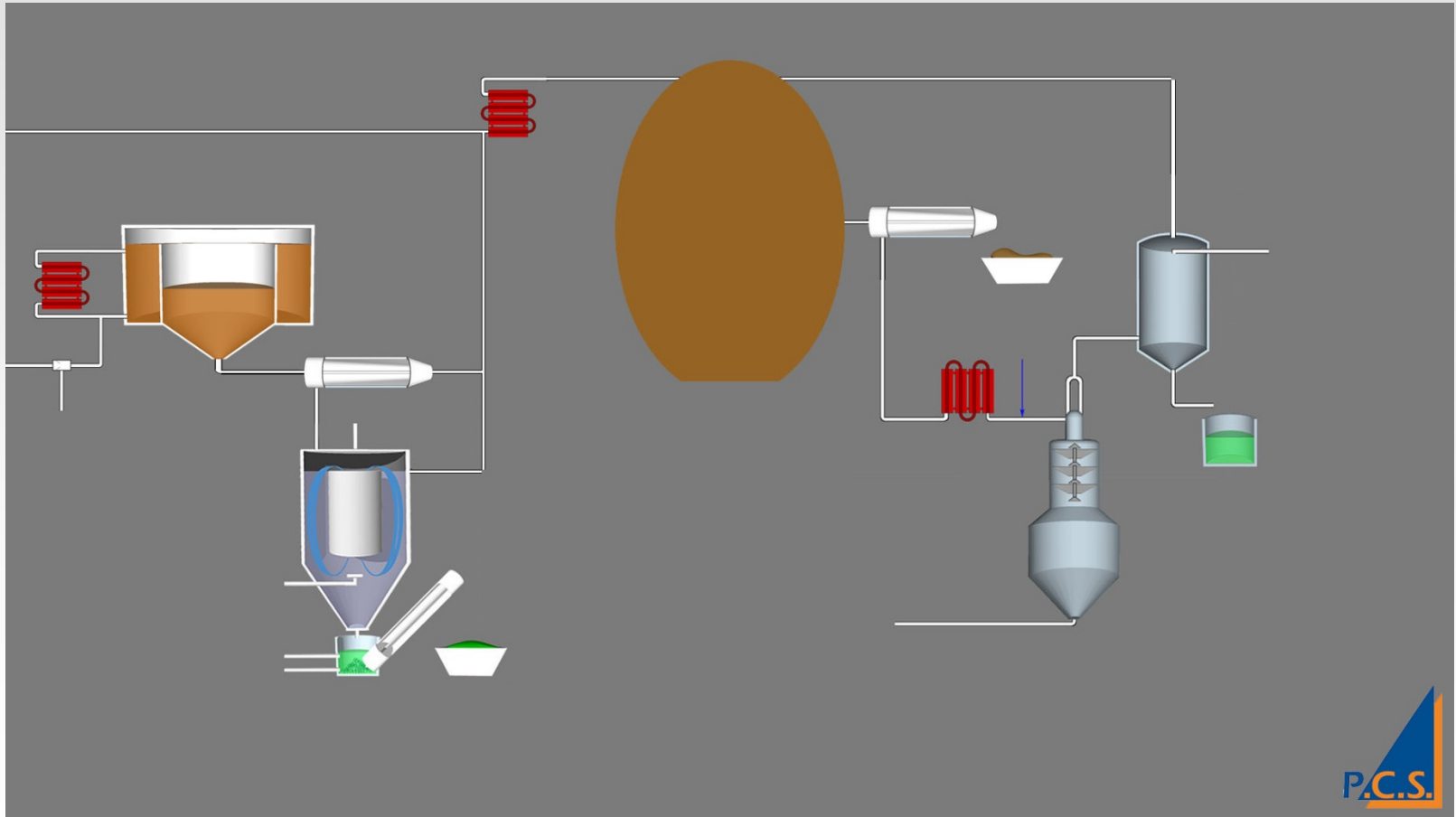
Jing Nan Tianjin WWTP, China
(1.000.000 P.E.)

Kapazität AirPrex®:	1.600 m ³ /d
Inbetriebnahme:	Nov. / Dez. 2015

Überschussschlamm als P-Quelle



PONDUS-P/N



Nutzung von Phosphat



- anfallendes MAP (Struvit):
Nebenprodukt mit Wertstoffpotenzial
- Nährstoffe sind nachweislich für Pflanzen verfügbar
- Eignung im Sinne der DüMV bestätigt
- MAP lässt sich gut von Fremdstoffen extrahieren

Zusammenfassung und Ausblick

- Phosphor-Rückgewinnung aus Klärschlamm gewinnt zunehmend an Bedeutung
- **Neben Forschungsvorhaben und in der Entwicklung befindlichen Verfahren aus Asche etc. kann man ab sofort Kristallisations- Verfahren mit gutem wirtschaftlichen Erfolg umsetzen**
- Fällungs- und Kristallisations-Verfahren können mit überschaubarem verfahrenstechnischen Aufwand in den Verfahrensprozess einer Kläranlage eingebunden werden
- Voraussetzung ist die Anwendung der biologischen P-Elimination

Zusammenfassung und Ausblick

Phosphor kann als MAP aus der Flüssigphase **ab sofort** wirtschaftlich zurückgewonnen werden !

Diese Verfahren liefern ein gut verwertbares Recyclingprodukt und stehen einer späteren weiteren Verwertung (z.B. der Mono-Verbrennungsasche) nicht entgegen.

**Herzlichen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit**

