
EPHOS+

Phosphor- und Stickstoffrückgewinnung auf der Kläranlage Heilbronn mit der ePhos® Technologie



Stadt Heilbronn



Fraunhofer

IGB

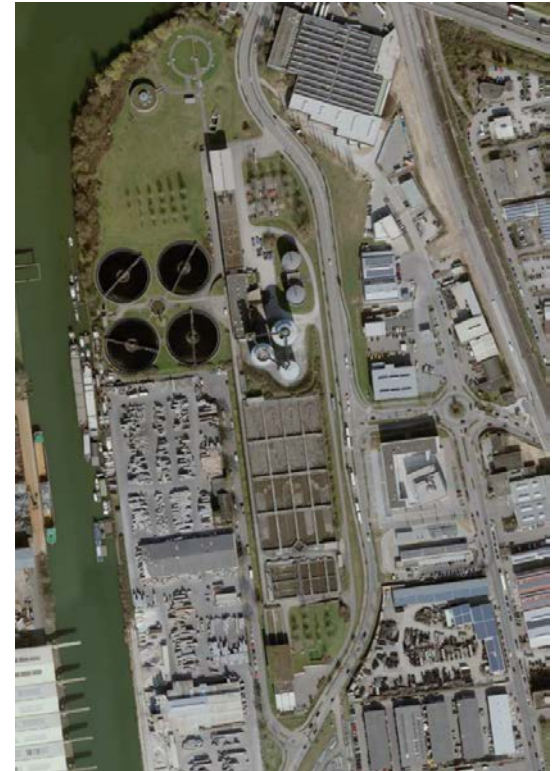


Die Kläranlage Heilbronn

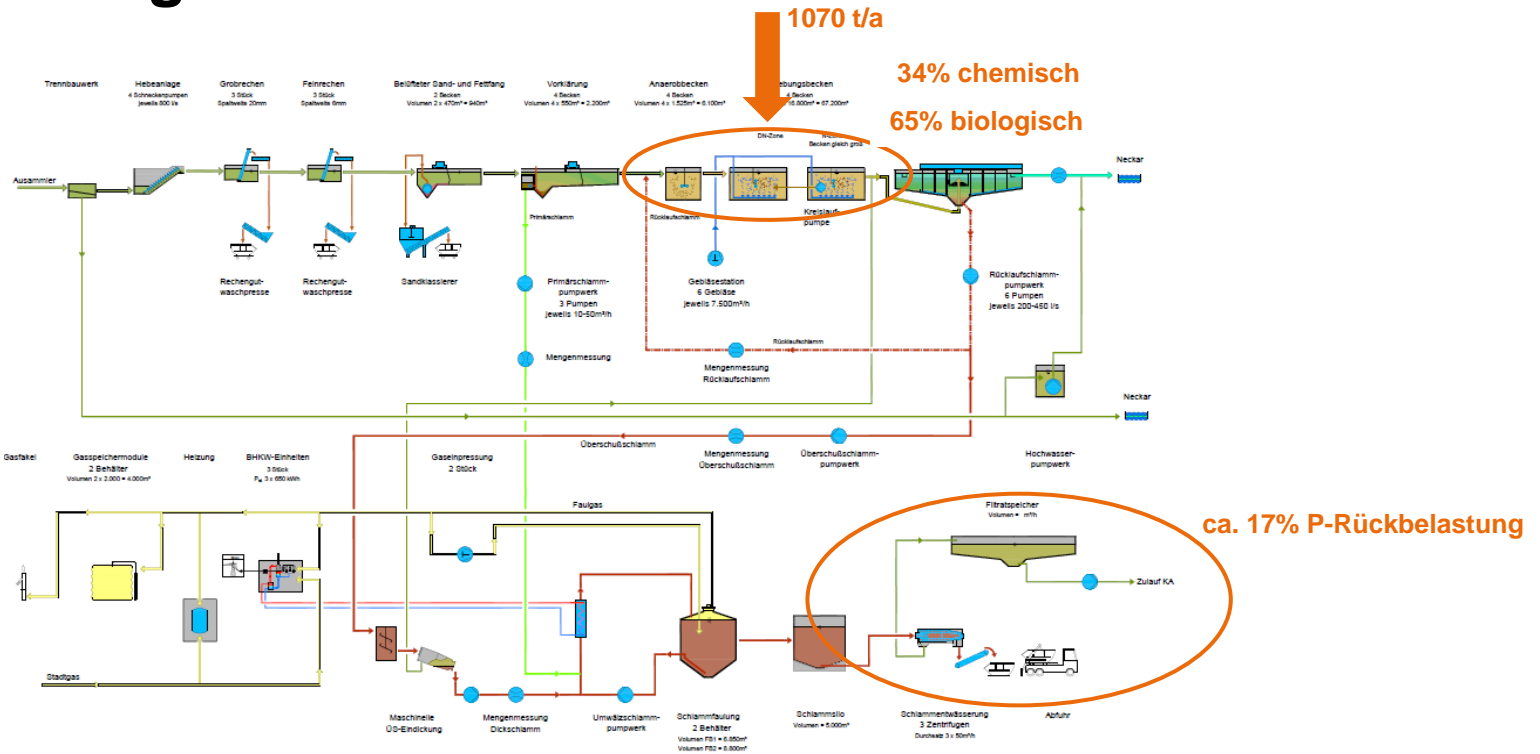
- Sechstgrößte Kläranlage Baden-Württembergs

Einwohnerwerte [e.W.]	500.000
Abwassermenge (Tagesschmutzwassermenge) [m³/d]	85.000
Schmutzfracht [kg BSB₅/d]	21.600
Stickstoff [kg/d]	5.500
Phosphor [kg/d]	800

- 42 Mitarbeiter
- Neubau der Biologie abgeschlossen in 2000

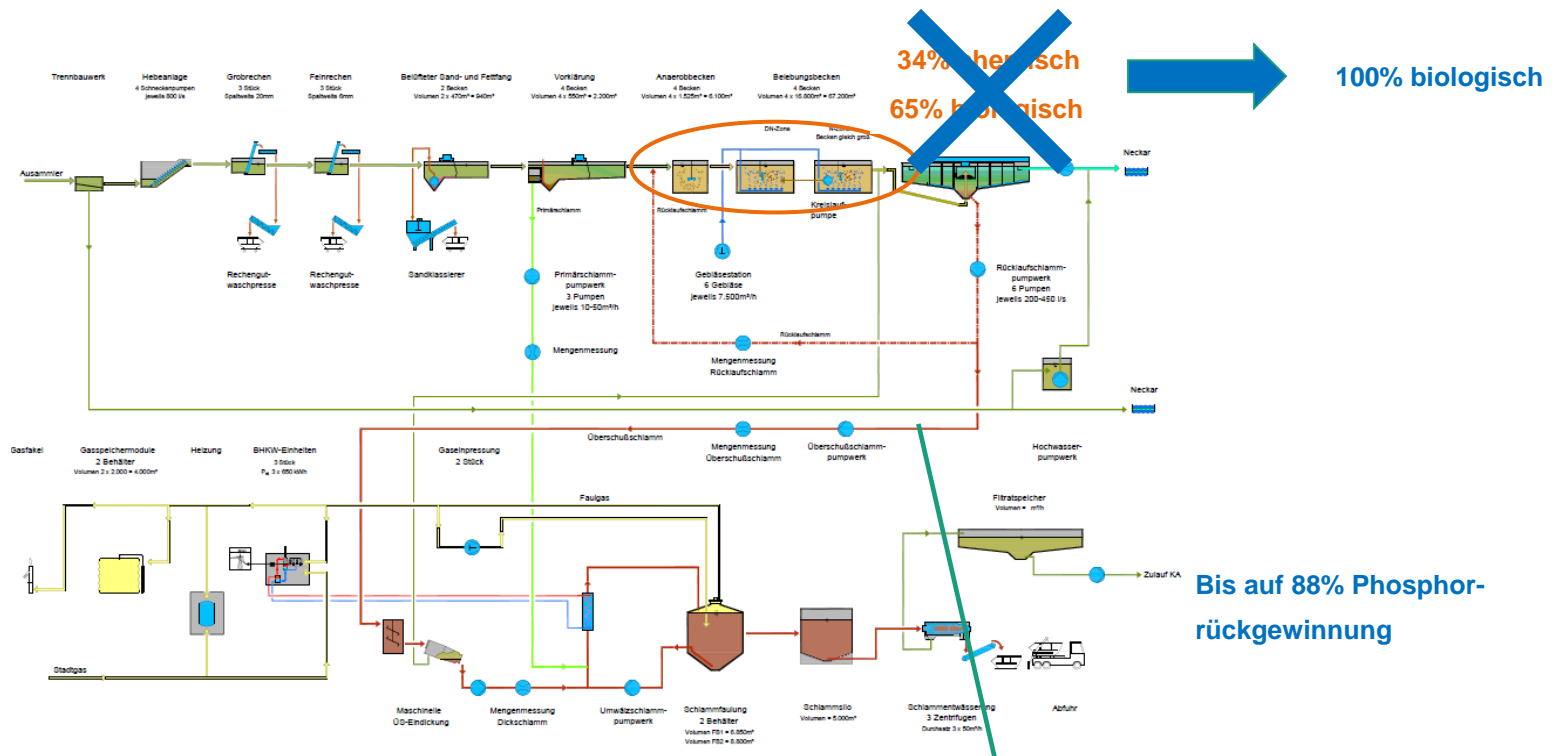


Die Kläranlage Heilbronn

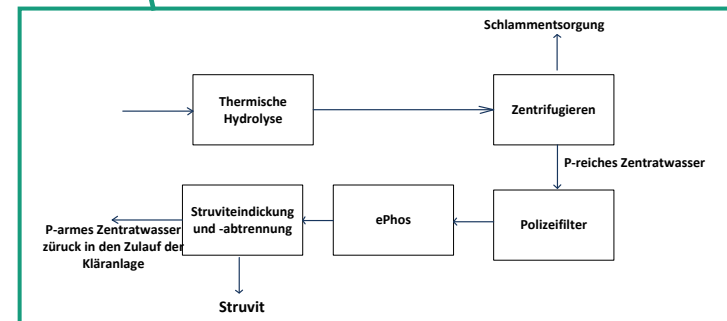


- Vorwiegend biologische Phosphorelimination → 90%
- Probleme durch Inkrustationen von unkontrollierten Struvitausfällungen → Chemische P-Fällung des Zentratswassers
- Zur Einhaltung des Zielwertes 0,5 mg P/L
 - Simultanfällung
 - Chemikalienkosten von ca. 200.000 €/a

Potential der ePhos[®] Technologie



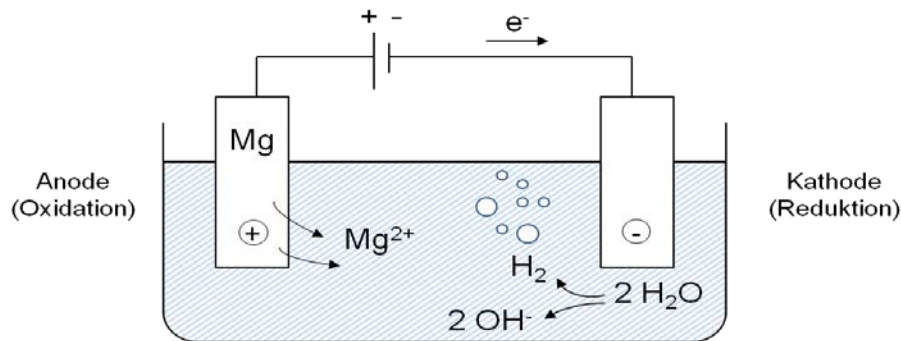
- Umstellung des Betriebs auf ausschließlich bio-P
- Integration der thermische Hydrolyse und von ePhos[®] als Nebenstromverfahren
- Ziel: Rückgewinnung von mehr als 50% des Phosphors bezogen auf die Zulauftracht



Klärschlamm-Desintegration

- Verfahren
 - Thermische Hydrolyse bzw. Desintegration von Überschussschlamm
 - $T = 160\text{ °C}$ und $P = 6\text{ bar} - 7\text{ bar}$
- Vorteile
 - 25% mehr Klärgasertrag
 - Bis 40% TR-Gehalt bei entwässertem Faulschlamm
- Etabliert
 - Mehr als 50 Anlagen in Betrieb weltweit

Die ePhos[®]-Technologie



Vorteile

- ✓ keine Verwendung bzw. Handhabung von Chemikalien
- ✓ Genaue Mg:P Stöchiometrie
- ✓ Energiearmes Verfahren
- ✓ Modulare Bauweise
- ✓ Schnelles Anfahren
- ✓ Minimierter Platzbedarf
- ✓ Voll automatisiert

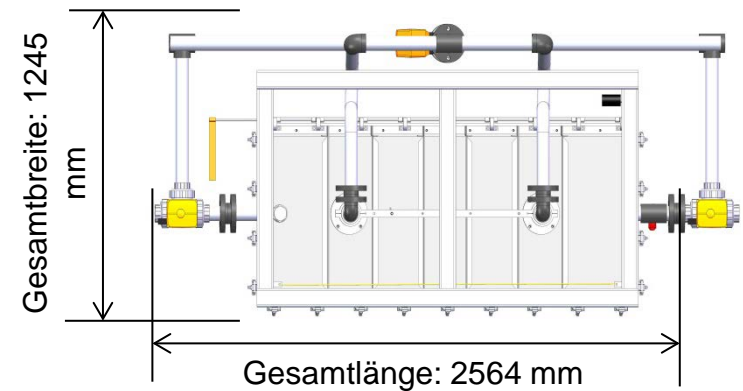
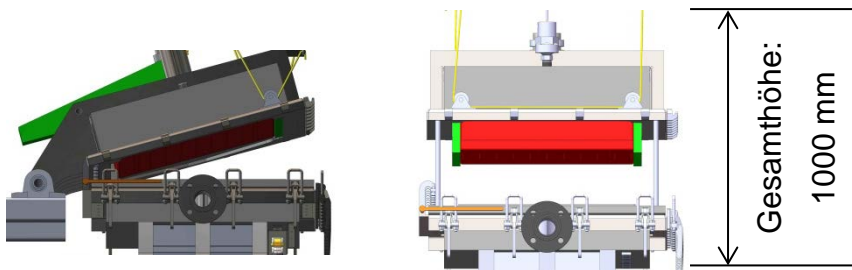
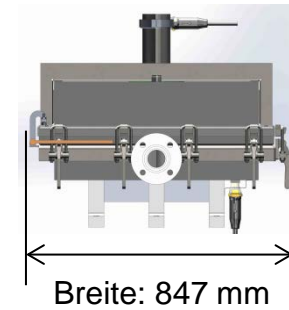
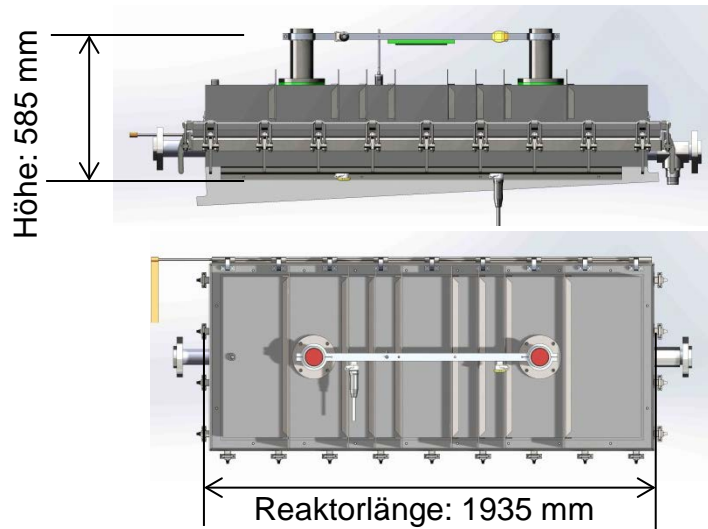
ePhos[®] Pilotanlage

- Vorversuche auf der Kläranlage seit Anfang des Jahres
- Erhebung von Betriebsdata bzw. -erfahrung zur Optimierung
- Erste Ergebnisse
 - Vollständige P-Rückgewinnung möglich
 - Betrieb stabil



Neue ePhos[®] Reaktorgeometrie → Plattenreaktor

Dimensionen



Potential der ePhos[®] Technologie am Beispiel der Kläranlage Heilbronn

Zulauf fracht Kläranlage P _{ges} [kg P/d]	416,5
Kläranlagegröße berechnet durch P _{ges} [E.W.]	231.405
Berechnete Zentratwasserfracht P _{ges} nach der Betriebsumstellung [kg P/d]	212
P-Rückgewinnungsgrad nach der Umstellung des Kläranlagebetriebs [%] bzw. [E.W.]	50,0 bzw. 120.000
Zentratwasseranfall [m ³ /d]	733

Investitionskosten einer großtechnischen ePhos[®] Anlage integriert in der Kläranlage Heilbronn

Kosten ePhos [€]	3.000.000
Kosten KS-Desintegration [€]	4.000.000
Gesamtkosten [€]	7.000.000
Abschreibungsdauer [a]	15
<i>Abschreibungskosten [€/a]</i>	466.666

Betriebskosten einer großtechnischen ePhos[®] Anlage auf die Kläranlage Heilbronn

Magnesiumbedarf [t/a]	70,0
Magnesiumkosten [€/a]	320.000
Energiebedarf [MWh/a]	90,0
Energiekosten [€/a]	24.000
Personalkosten [€/a]	60.000
Gesamtkosten [€/a]	404.000

Ersparnisse durch die ePhos[®] Technologie auf die Kläranlage Heilbronn

Struviterlös [€/a] ¹⁾	45.000
Stickstoffelimination [€/a] ²⁾	65.000
Fällungschemikalien [€/a]	160.000
Schlammkonditionierungsmittel [€/a]	11.000
Faulschlamm Entsorgung [€/a] ³⁾	600.000
Energie [€/a] ⁴⁾	210.000
Gesamt [€/a]	1.091.000

1) 80 €/t; 2) 2€/kg; 52t /a 3) Reduzierung um 43%; Erhöhung des Gasertrags um 25%

Kosten-Nutzen Analyse der Integration von der ePhos[®] Technologie auf die Kläranlage Heilbronn

Phosphorrückgewinnungsgrad [%]	50
Zurückgewonnener Phosphor [t/a]	74,2
Struvitmenge [t/a]	582
Investitionskosten [€/a]	466.666
Betriebskosten [€/a]	404.000
Gesamtkosten [€/a]	870.666
Ersparnisse [€/a]	1.091.000
Netto [€/a]	-220.333
Spezifische Kosten [€/kg P]	-2,97

Pilotierung der ePhos[®] Technologie auf der Kläranlage Heilbronn im Rahmen der EFRE Ausschreibung

- Ziele
 - Rückgewinnung von 10% der Phosphorzulaufkraft bzw. ca. 23.000 E.W.
 - Planung, Auslegung, Bau einer Pilotanlage
 - Betrieb der Pilotanlage zur Optimierung Dataerhebung und Schulung des Personals
 - Vorschlag von Dimensionierungsansätzen zur Umstellung des Kläranlagenbetriebs von vorwiegend auf ausschließlich biologische Phosphorelimination
 - Prüfung der Eignung des zurückgewonnenen Struvits als Düngemittel und Vergleich mit anderen Phosphorrezyklaten
 - Nach Abschluss des Vorhabens Aufstockung der Kapazität ohne finanzielle Verluste

- Antragsteller Stadt Heilbronn
 - Wissenschaftliche Begleitung:
 - SAG Ingenieure, Universität Hohenheim, Fraunhofer IGB

Zeitplan der ePhos[®] Pilotierung

Jahr	2017				2018				2019			
Quartal	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Vorhaben-Teilstrom												
Planung, Integration, Bau ePhos												
Planung, Integration, Bau THP												
Umstellung Betrieb Bio-P&FeCl												
Umstellung Betrieb Bio-P ohneFeCl												
Betrieb und Optimierung												
Nachfolgeantrag												
Vorhaben-Vollstrom												

- Dauer 1 Jahre
 - 1 Jahr Anlagenbau
 - 1 Jahr Betrieb

Dimensionierung der ePhos[®] Pilotanlage

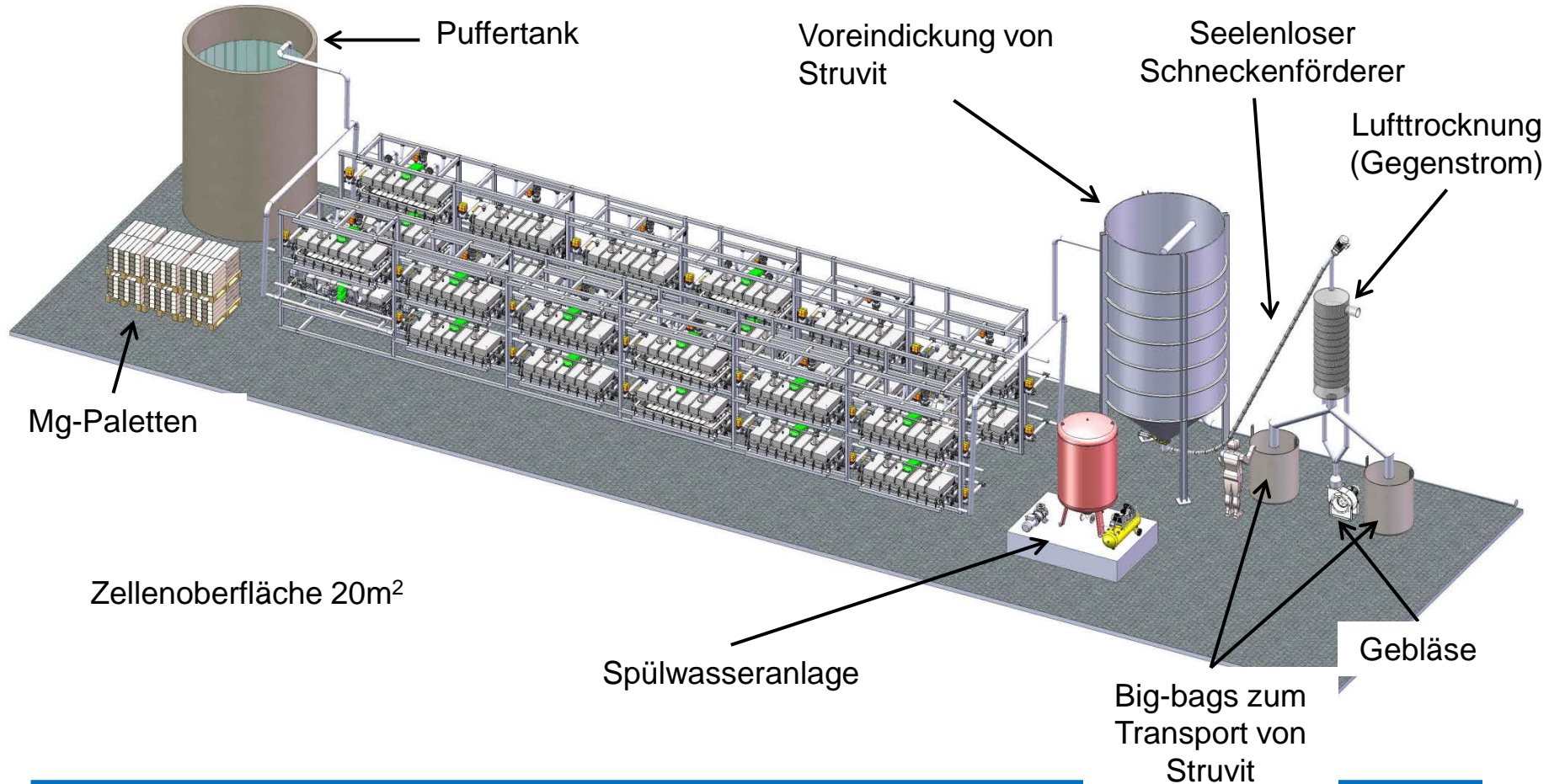
- Für Rückgewinnung von 10% der P-Fracht im Zulauf

Kapazität der Pilotanlage bezogen auf die Zulauffracht der Kläranlage [%]	10
Kapazität der Pilotanlage [kg P/d]	41,7
Kapazität der Pilotanlage [E.W.]	23.140
Hydraulischer Durchsatz der Pilotanlage [m ³ /d]	75

ePhos[®] Anlagenkonzept der Phosphorrückgewinnung

Zentratwasser mit 120 mg PO₄³⁻-P/L

4 x 6 Zellen (5 in Betrieb + 1 stand-by)



Betriebskosten

Betriebskosten ¹⁾	
Magnesiumkosten [€/a] ²⁾	62.000
Energiekosten [€/a]	6.500
Personalkosten [€/a]	60.000
Wartungs-, Reperaturkosten ³⁾ [€/a]	37.500
<i>Betriebskosten [€]</i>	332.000

1) Betrieb für 2 Jahre; 2) 4,53 €/kg; 3) 2% der Investitionskosten

Zusammenstellung der Gesamtkosten des Projektes

Investitionskosten [€]	1.875.000
Betriebskosten [€]	332.000
Wissenschaftliche Begleitung [€]	750.000
Gesamtkosten [€]	2.957.000
Beantragte Mittel [€]	2.365.600
Eigenbeitrag [€]	591.400

Auswirkungen auf den Klärwerksbetrieb

- - Reduzierung der Eisenzugabe:
 - - Überwachungswert 1 mg/l P im Ablauf
 - - Zielwert 0,5 mg/l P
 - - nachgeschalteter Polzeifilter erforderlich
 - - BHKW Gasreinigung
- - KS-Desintegration (M 302)
 - - Erhöhte Rückbelastung von CSB und N
 - - schlechtere Entwässerbarkeit des KS
 - - Reduzierung der KS-Menge

Kosten-Nutzen Analyse Stand April zu Oktober 2016

	April 2016	Oktober 2016	
Phosphorrückgewinnungsgrad [%]	50	50	
Zurückgewonnener Phosphor [t/a]	74,2	74,2	
Struvitmenge [t/a]	582	582	
Investitionskosten [€a]	466.666	900.000	Polzeifilter
Betriebskosten [€a]	404.000	500.000	Filter + Gasreinigung
Gesamtkosten [€a]	870.666	1.400.000	
Ersparnisse [€a]	1.091.000	891.000	KS-Entsorgung
Netto [€a]	-220.333	509.000	
<i>Spezifische Kosten [€/kg P]</i>	<i>-2,97</i>	<i>6,86</i>	

PROJEKTBETEILIGTE

- Dr. Josif Mariakakis Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB
Stuttgart
- Dr. Martin Wett SAG-Ingenieure, Ulm