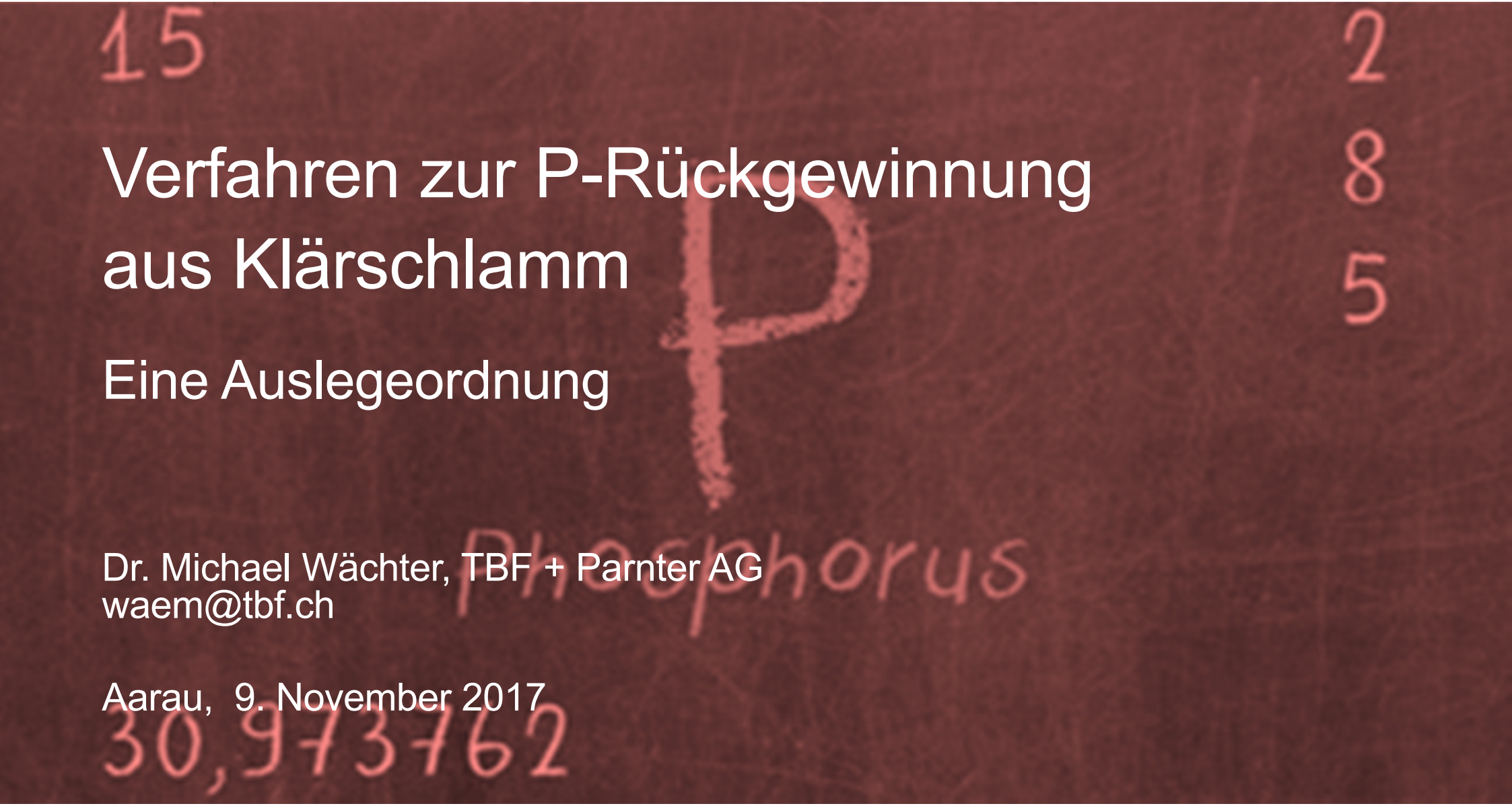
KANTON AARGAU



Verfahren zur P-Rückgewinnung aus Klärschlamm

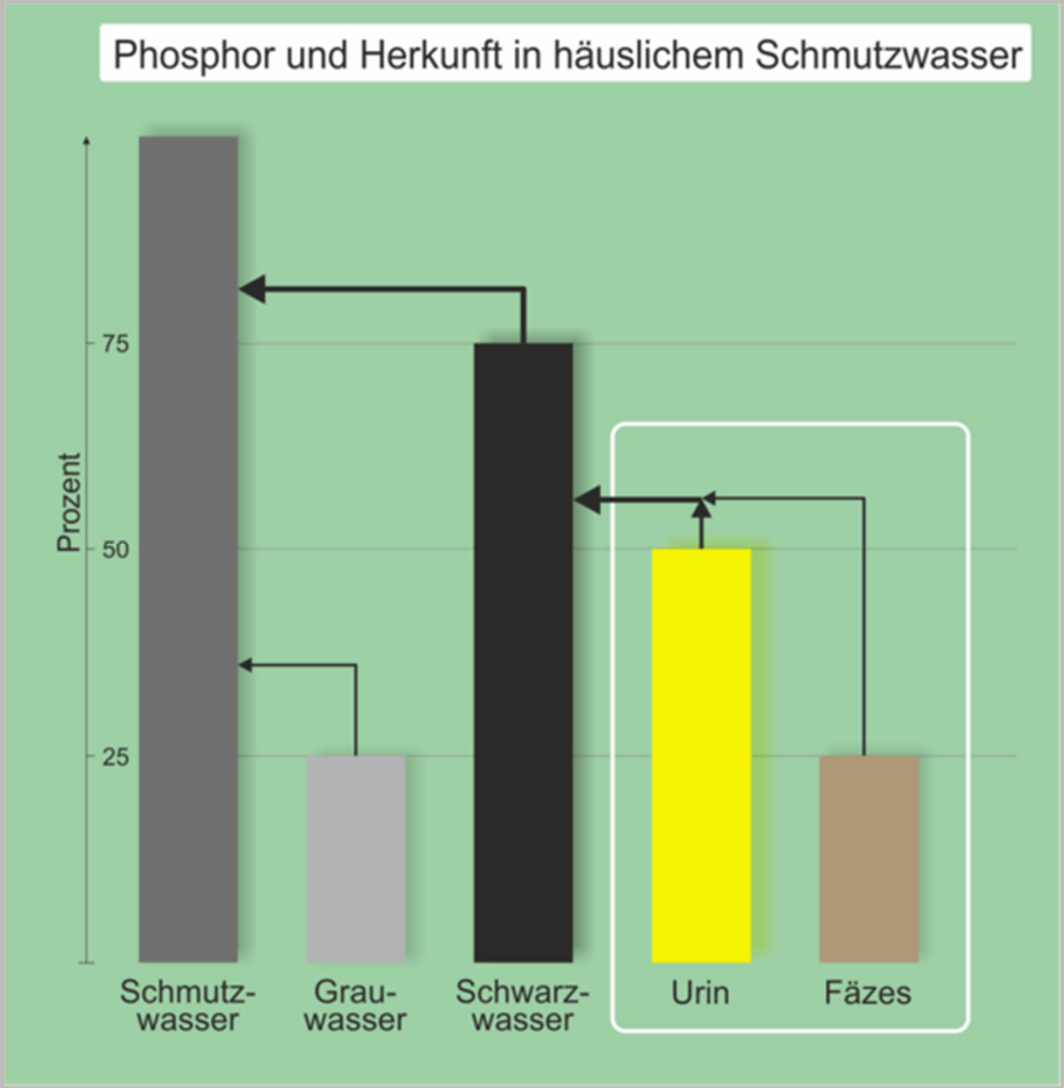
Eine Auslegeordnung

Dr. Michael Wächter, TBF + Parnter AG
waem@tbf.ch

Aarau, 9. November 2017

tbfpartner
Planer und Ingenieure

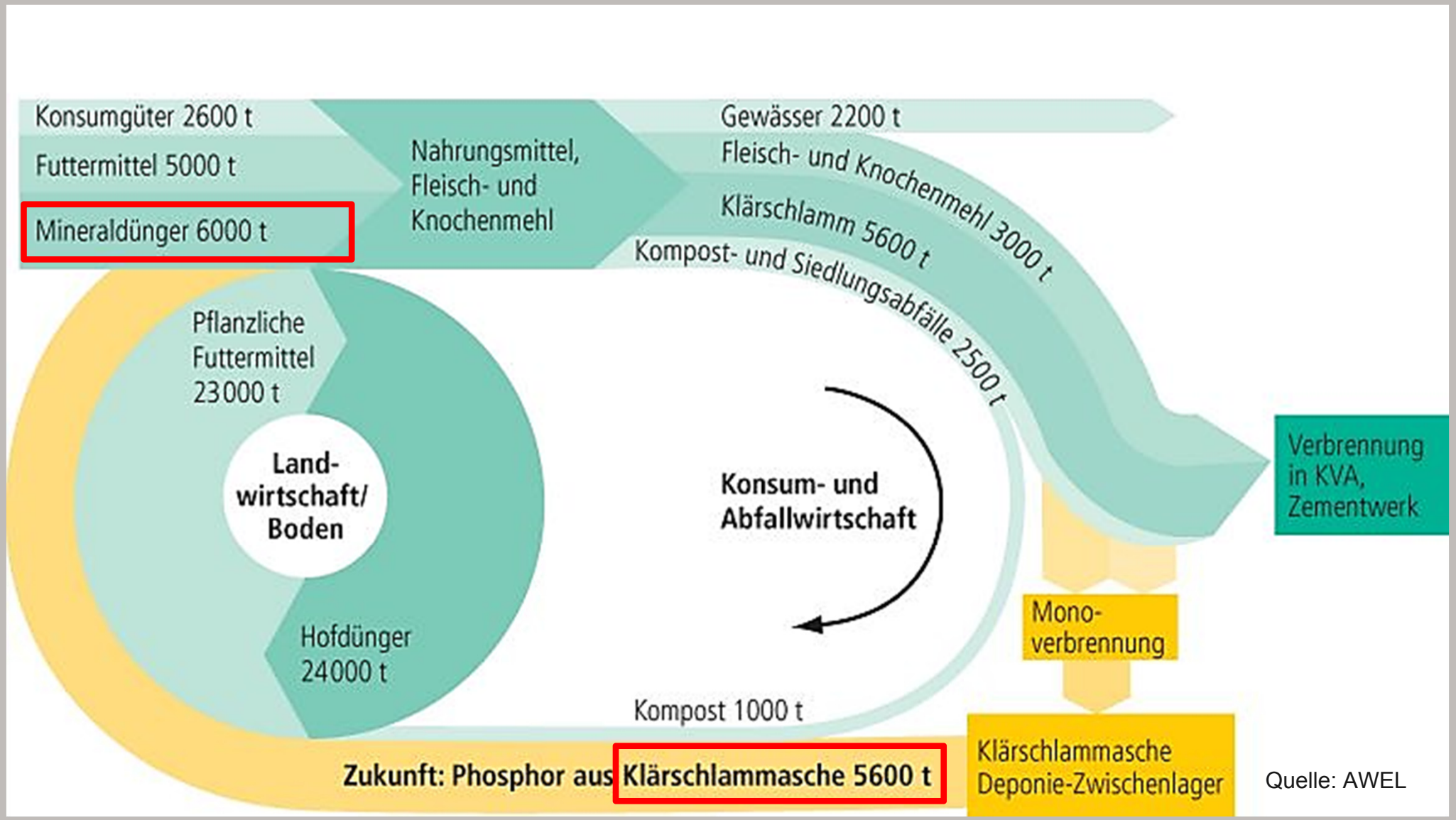
Wo kommt der Phosphor eigentlich her?



Quelle: www.holzapfel-konsorten.de

tbf partner
Planer und Ingenieure

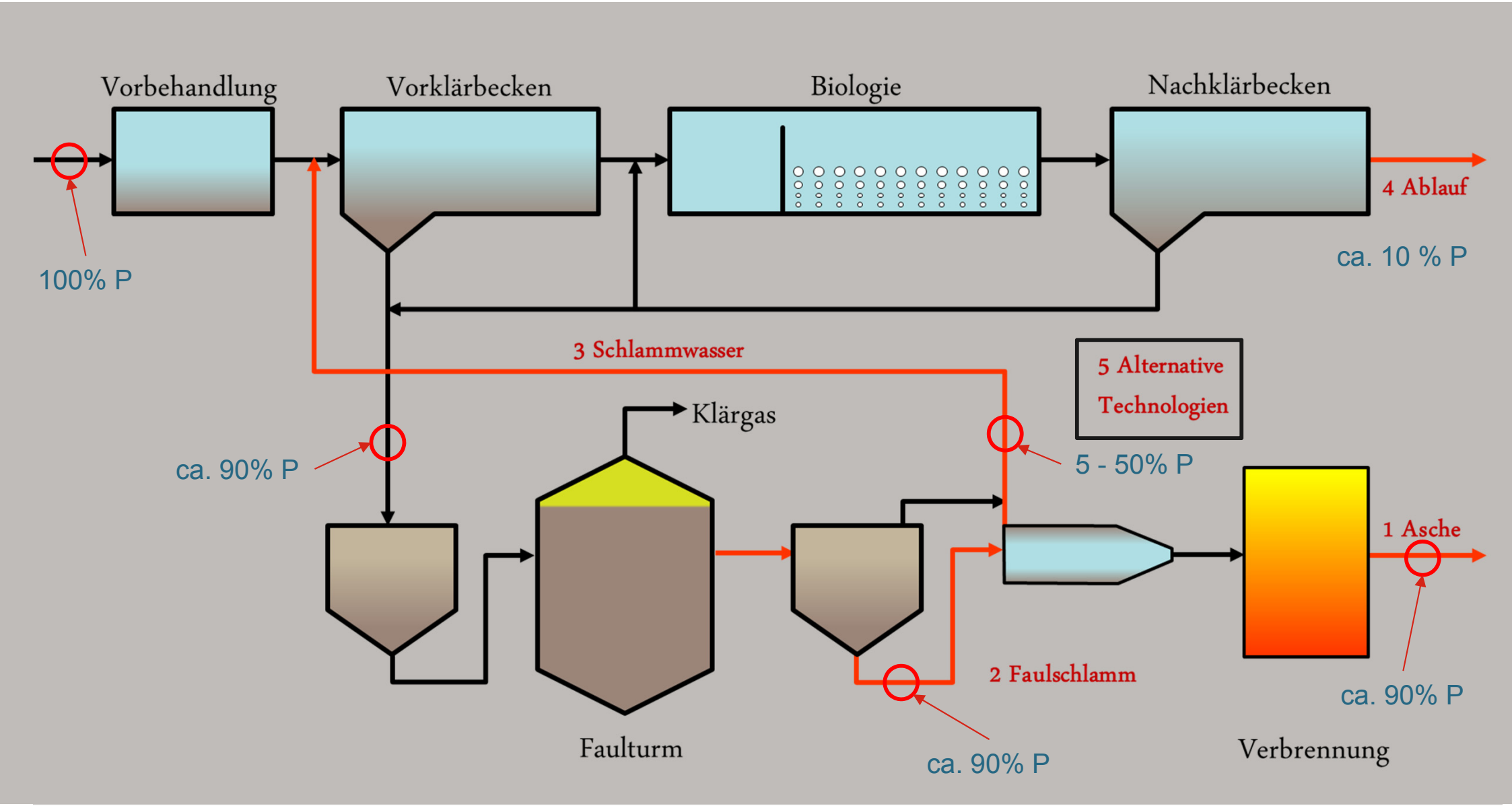
Wieso will man den Phosphor zurückgewinnen?



Quelle: AWEL

tbf partner
Planer und Ingenieure

Möglichkeiten der P-Rückgewinnung



tbf partner
Planer und Ingenieure

Verfahrenstypen

- **Typ 1: Monoverbrennungsasche**
  - Rückgewinnungsrate: < 90%
  - Konzentrierter Massenstrom

- **Typ 2: Faulschlamm**
  - Rückgewinnungsrate: < 50%
  - Viele Störstoffe (NH_4^+, Organik)

- **Typ 3: Schlammwasser**
  - Rückgewinnungsrate: < 50%
  - Bio-P notwendig

- **Typ 5: Alternative Verfahren**
  - Rückgewinnungsrate: < 90%
  - Fokus Schlammentsorgung, nicht P

Übersicht Verfahren I

- **Typ 1: Monoverbrennungsasche**
  - Phos4Life (ZAR)
  - Leachphos
  - Tetraphos
  - EcoPhos
  - ICL AMFERT, RecoPhos, Tenova
  - Seraplant
  - AshDec
- **Typ 2: Faulschlamm**
  - Stuttgarter Verfahren / MSE
  - Gifhorn
  - AirPrex
  - ExtraPhos (Budenheim)

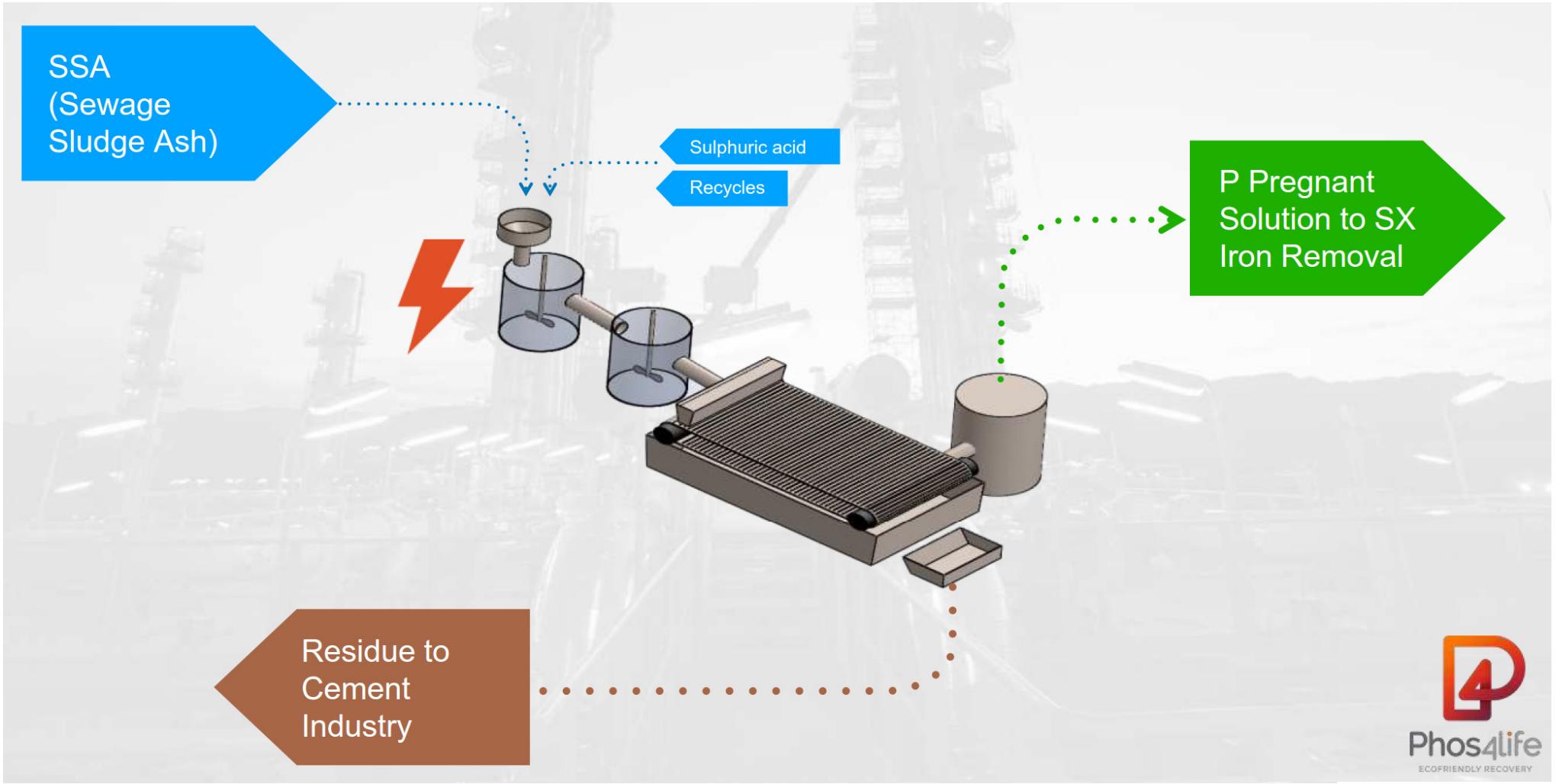
Übersicht Verfahren II

- **Typ 3: Schlammwasser**
  - DHV Crystalactor
  - Ostara Pearl
  - Suez Phosphogreen
  - NuReSys
  - E-Phos
  - P-Roc / CSH-Fällung
- **Typ 5: Alternative Verfahren**
  - Pyreg (Pyrolyse)
  - EuPhoRe (Drehrohrofen)
  - Grenol (HTC)
  - Terra Nova Ultra (HTC)
  - Mephrec (Schmelzvergasung)
  - weitere

tbf partner
Planer und Ingenieure

Phos4Life (ZAR)

Typ 1



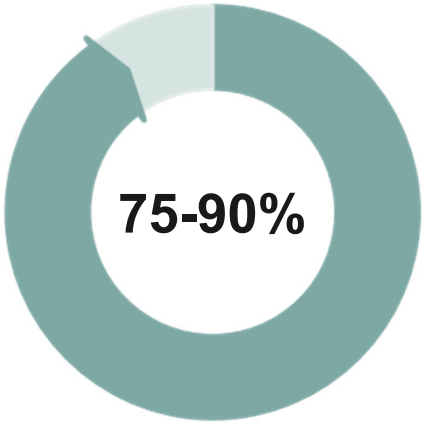
Verfahrensfliessbild des Phos4Life Verfahrens

Quelle: Technicas Reunidas, Phos4Life

tbf partner
Planer und Ingenieure

Phos4Life (ZAR)

Typ 1



KS-Asche
H_2SO_4
Base (Neutralisation)
Dampf/HCl
Strom

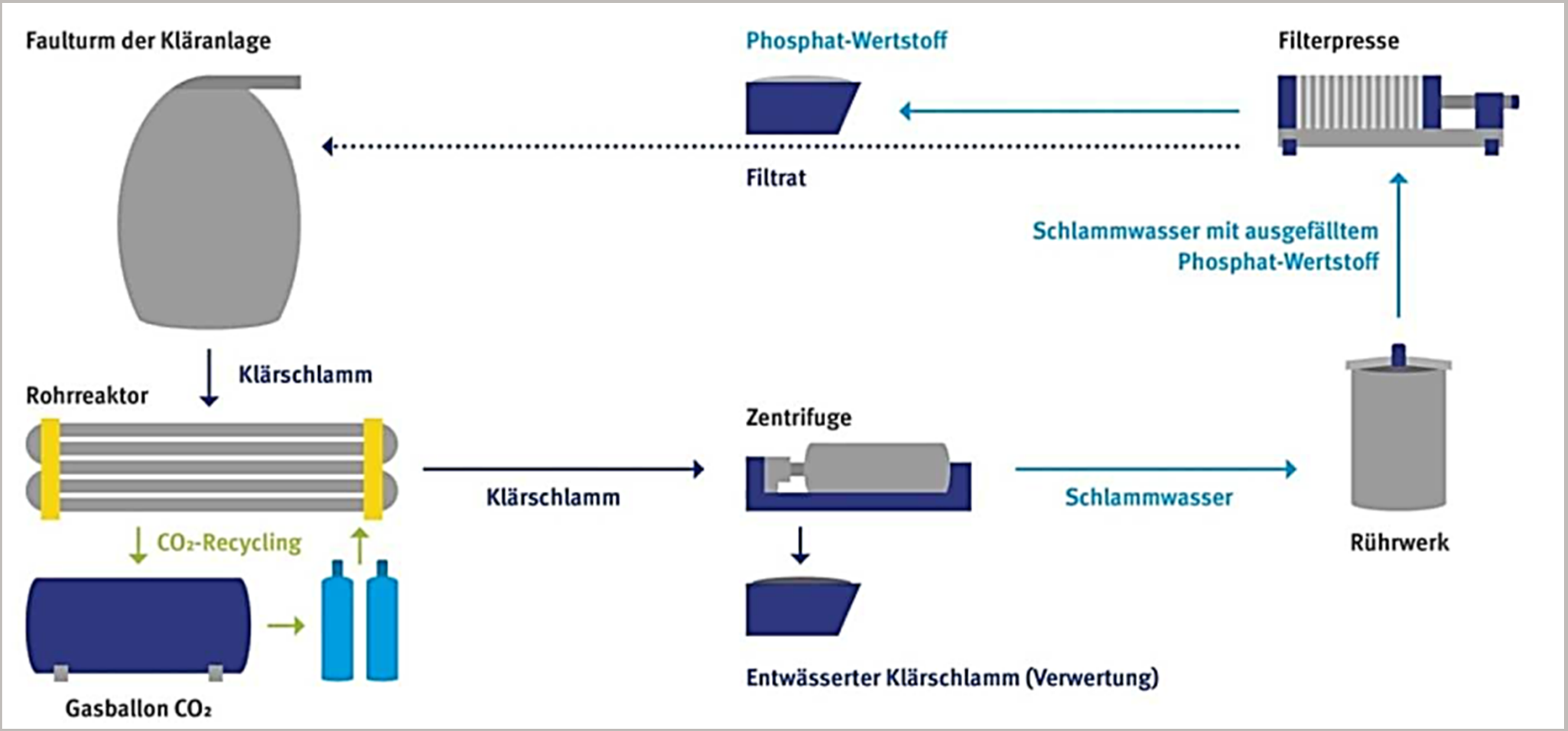
Phosphorsäure
Eisenchloridlösung
Zuschlagstoff

marktfähiges Recyclat
keine therm. Energie
Firma im Hintergrund
Hoher Chemikalieneinsatz

tbf partner
Planer und Ingenieure

ExtraPhos® (Budenheim-Verfahren)

Typ 2

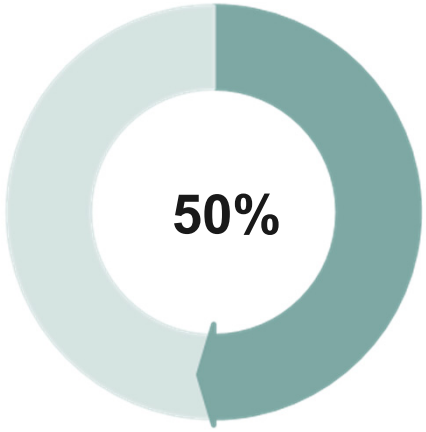


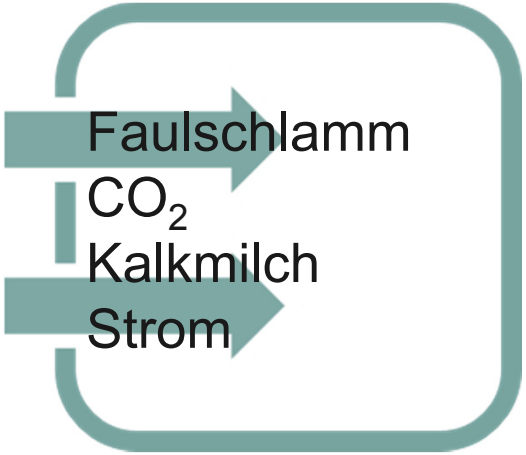
Verfahrensfliessbild Budenheim ExtraPhos® -Verfahren (Flyer ExtraPhos®, Budenheim KG)

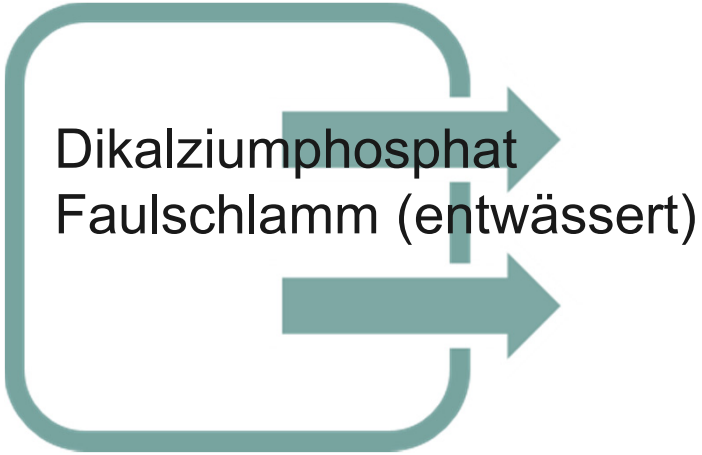
tbf partner
Planer und Ingenieure

ExtraPhos® (Budenheim-Verfahren)

Typ 2



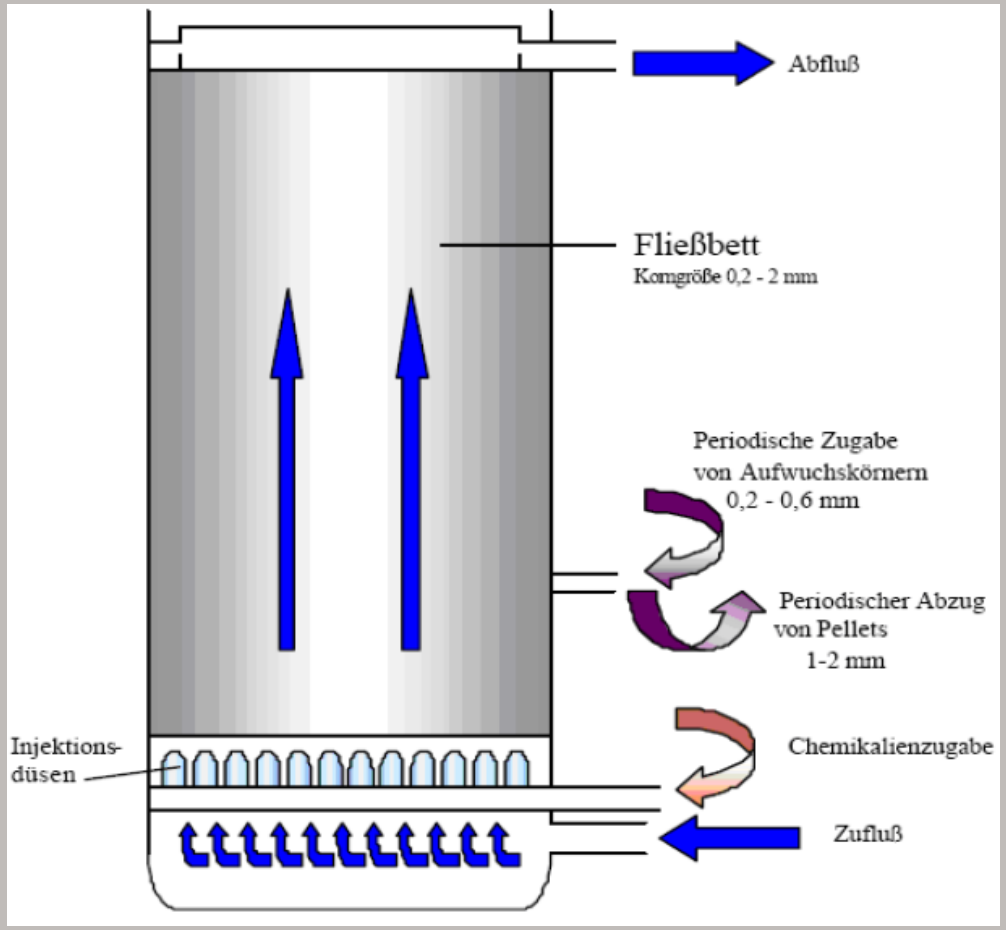




tbf partner
Planer und Ingenieure

DHV Crystalactor®

Typ 3

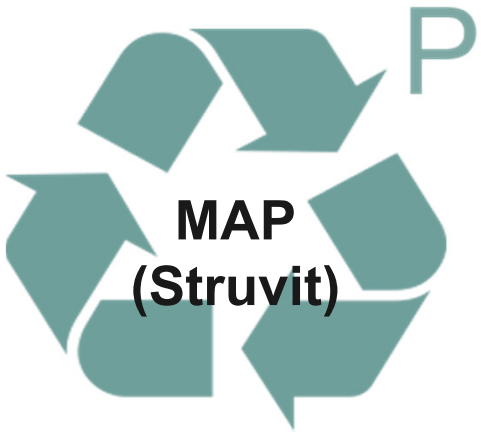


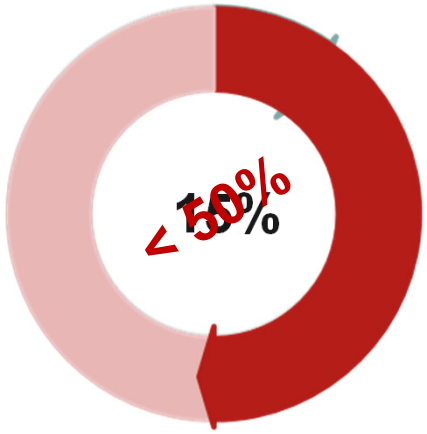
Verfahrensfliessbild DHV Crystalactor® -Verfahren (Fraunhofer ISI)

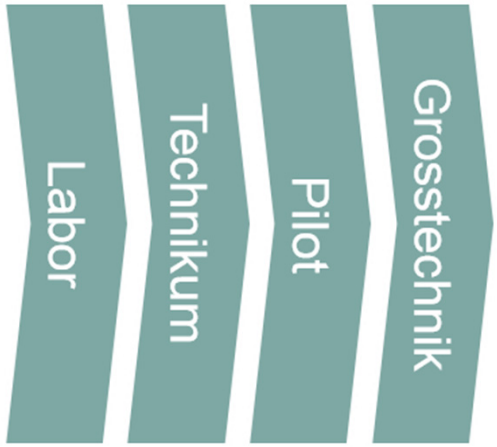
tbf partner
Planer und Ingenieure

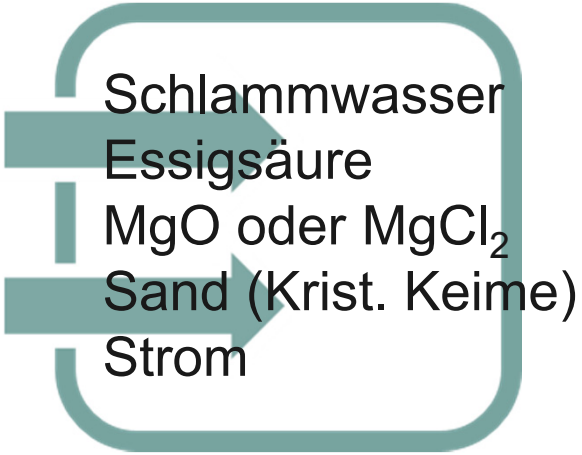
DHV Crystalactor® Optimierungspotential Typ 3

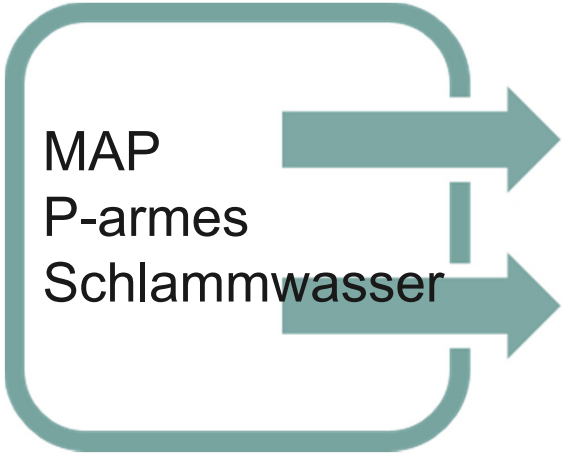
Typ 3











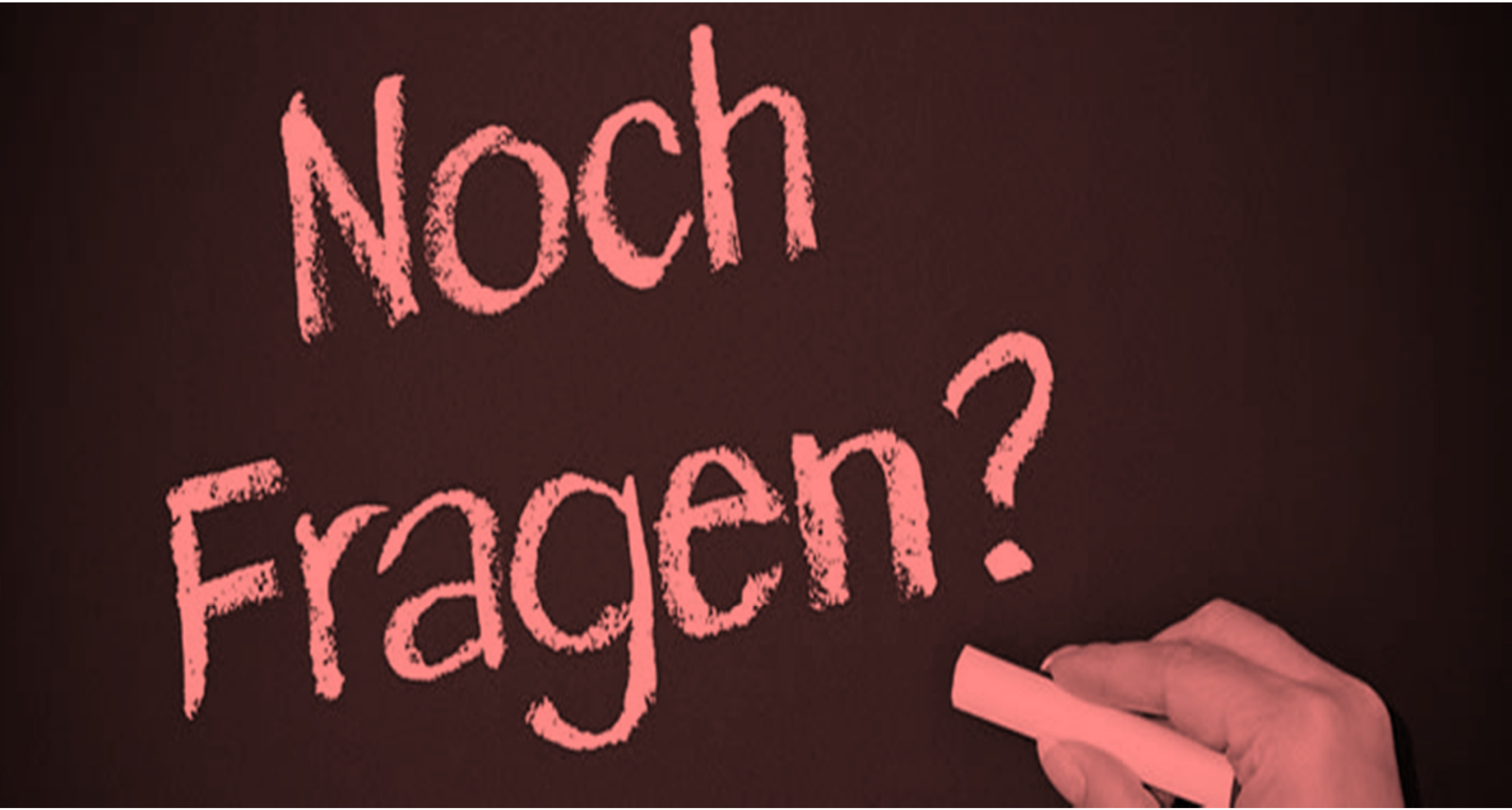
tbf partner
Planer und Ingenieure

Zusammenfassung

	Typ 1 Asche	Typ 2 Faulschlamm	Typ 3 Schlammwasser	Typ 5 Alternativen
Watchlist Verfahren	Phos4Life, Weitere	ExtraPhos®	Verschiedene Verfahren am Markt verfügbar	verschiedene
Anforderungen Infrastruktur	Monoverbrennung	Faulung	Bio-P und Faulung	unterschiedlich
zentral / dezentral	zentral	beides	beides	eher zentral
Aktivitäten CH	ZAR	ARA Bern	-	ARA Chur, ARA Altenrhein (Pyrolyse)

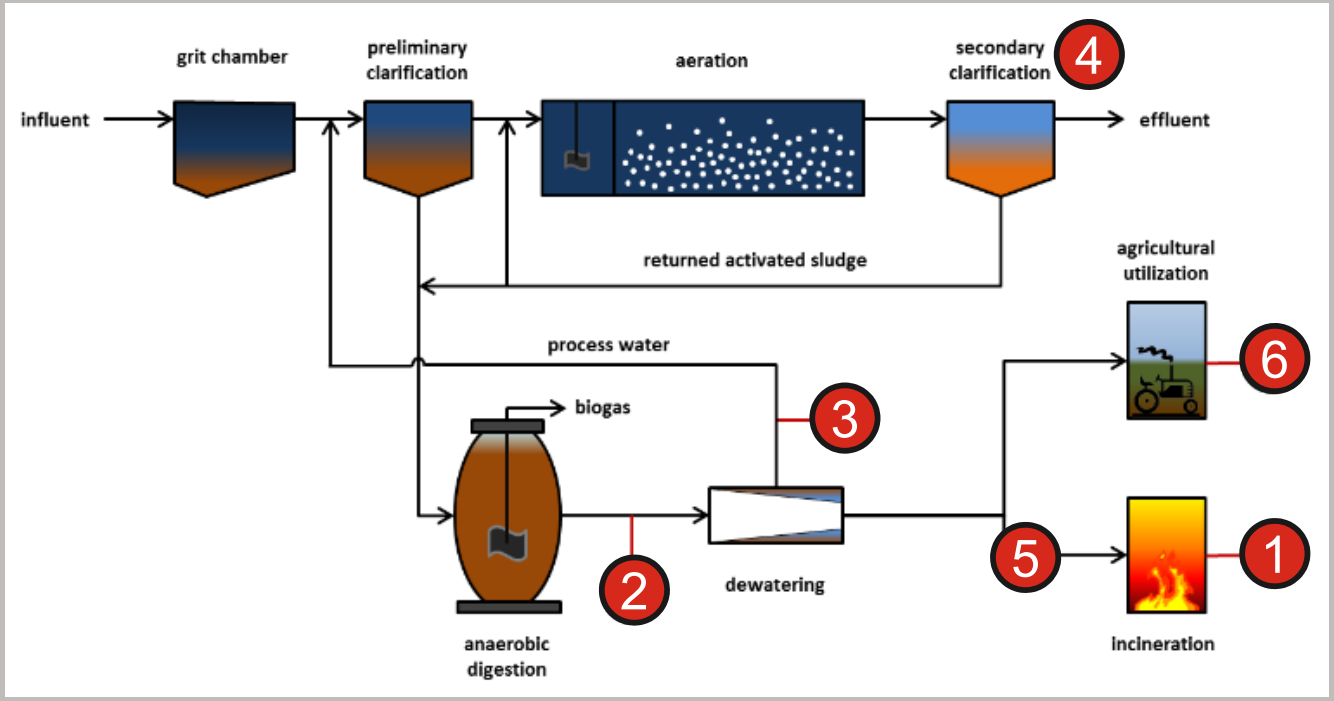
Fazit aus Sicht ARA Betreiber

1. P-Kreislauf schliessen einfach und daher sinnvoll (Bodenschutz, Ersatz Mineraldünger)
2. Grosse Anzahl Verfahren mit versch. Ansatzpunkten (wenige vielversprechend)
3. „Asche-Weg“ über Monoverbrennung am einfachsten für ARA (für jeden Typ ARA)
4. Möglichkeiten P-Rückgewinnung abhängig von Schlammentsorgungsweg
5. Noch kein etabliertes Verfahren verfügbar mit Kompatibilität CH-Infrastruktur
6. Koordination ist der Schlüssel für Effizient in der Schlammentsorgung und P-Rückgewinnung (siehe Plattform Klärschlamm Kanton AG)
7. Unsicherheiten auf rechtlicher Ebene: Vollzugshilfe und MinRec



tbf partner
Planer und Ingenieure

Phosphorrückgewinnung

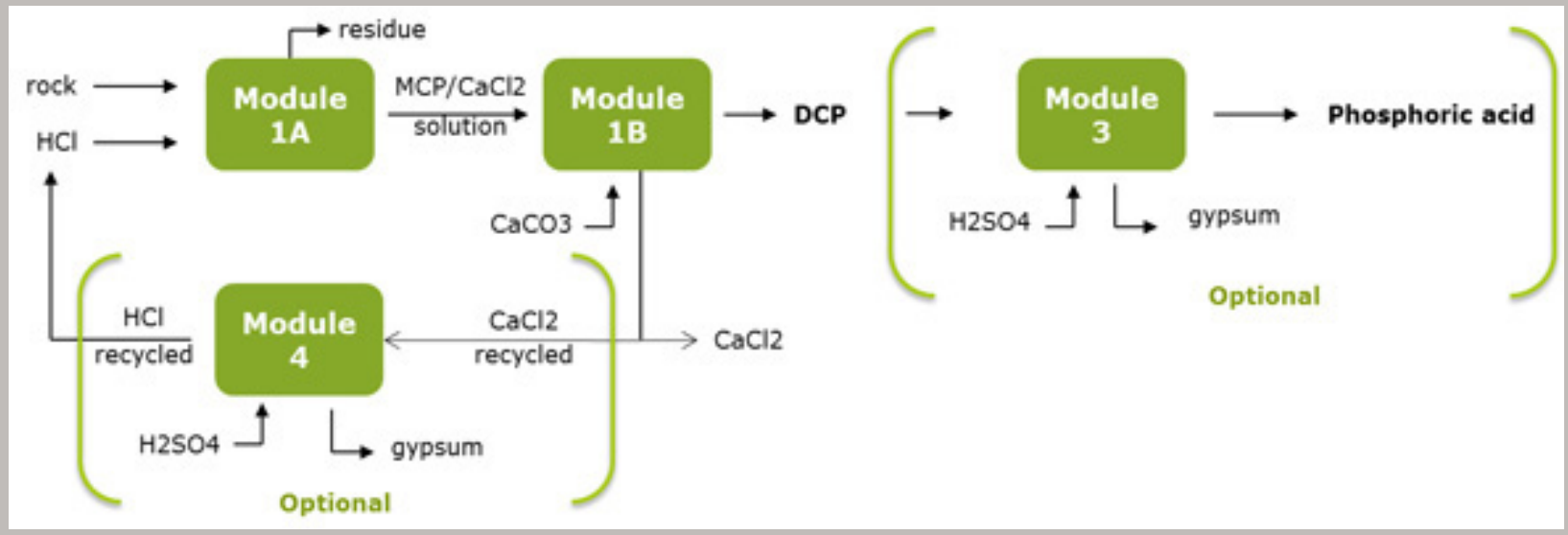


1	Monoverbrennungsasche	ASH DEC, Ecophos, Tetraphos, Leachphos, Mephrec, etc.
2	Faulschlamm	Stuttgart, Gifhorn, Budenheim, AirPrex
3	Schlammwasser	Ostara/Pearl, NuReSys, Crystallactor, etc. (sehr viele)
4	Ablauf	Rem Nut, PHOSIEDI, RECYPHOS
5	Alternative Schlammbehandlung	HTC (Terra Nova, AVA-CO2), Pyreg, Mephrec, etc.
6	Direkte Ausbringung	In CH verboten

tbf partner
Planer und Ingenieure

EcoPhos®

Typ 1

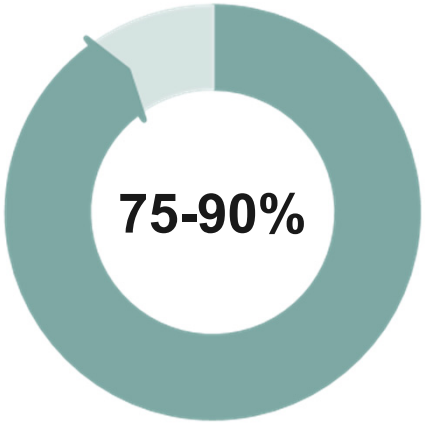


Verfahrensfliessbild EcoPhos® - Verfahren (ecophos.com)

tbf partner
Planer und Ingenieure

EcoPhos®

Typ 1



- KS-Asche
- Primärphosphat
- Salzsäure
- Calziumchlorid
- Calziumcarbonat
- Schwefelsäure
- Strom
- Dampf

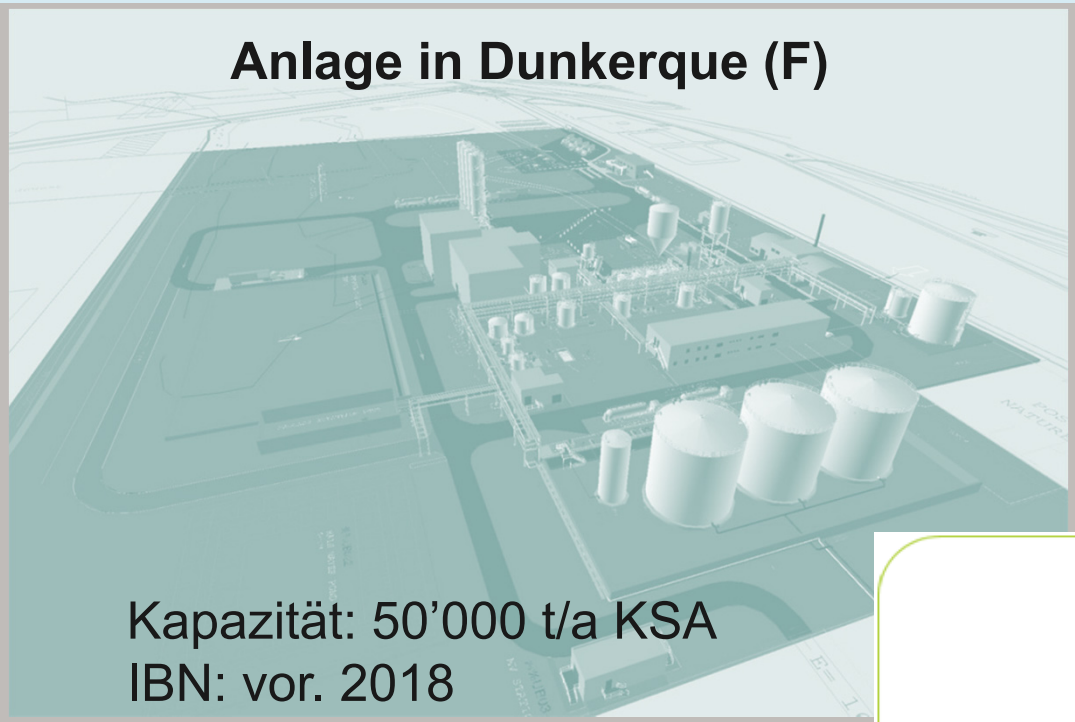
- Phosphorsäure
- Gips
- Eisen-, Aluminium- und Calziumchlorid

- marktfähiges Recyclat
- Zusatzerlöse durch Nebenprodukte
- Hintergrund Firma

tbf partner
Planer und Ingenieure

EcoPhos®

Typ 1

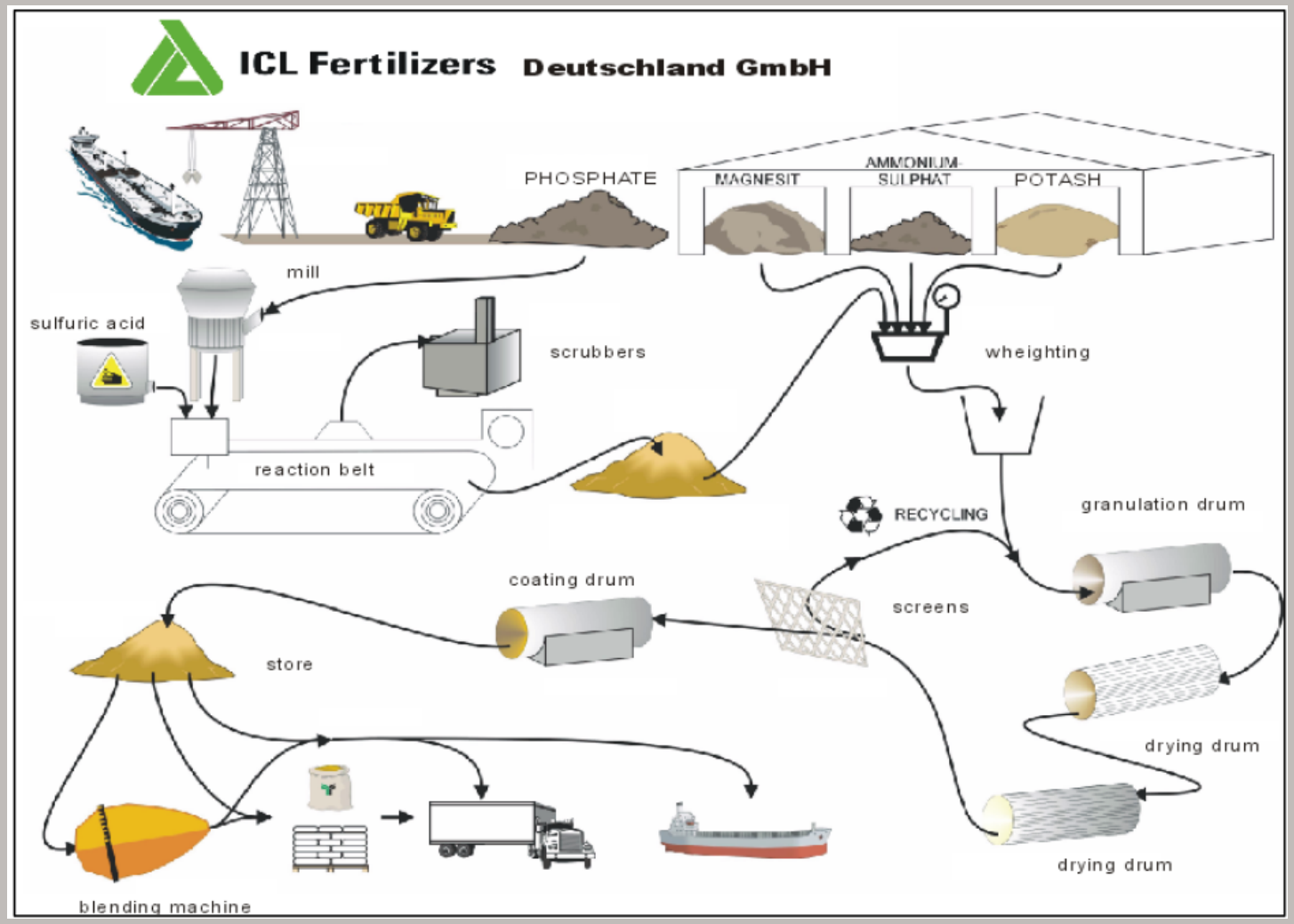


3-D-Schema Anlage in Dunkerque (ecophos-ccicotedopale.fr)

Aufstellung EcoPhos (ecophos-ccicotedopale.fr)

ICL - AMFERT

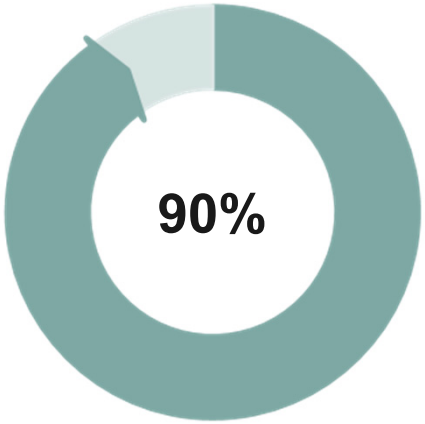
Typ 1



Verfahrensschema der Herstellung eines Mehrnährstoffdüngers aus Rohphosphat (ICL, 2016)

ICL - AMFERT

Typ 1



- KS-Asche
- Schwefelsäure
- Primärphosphat
- Weitere Zusätze
- Strom

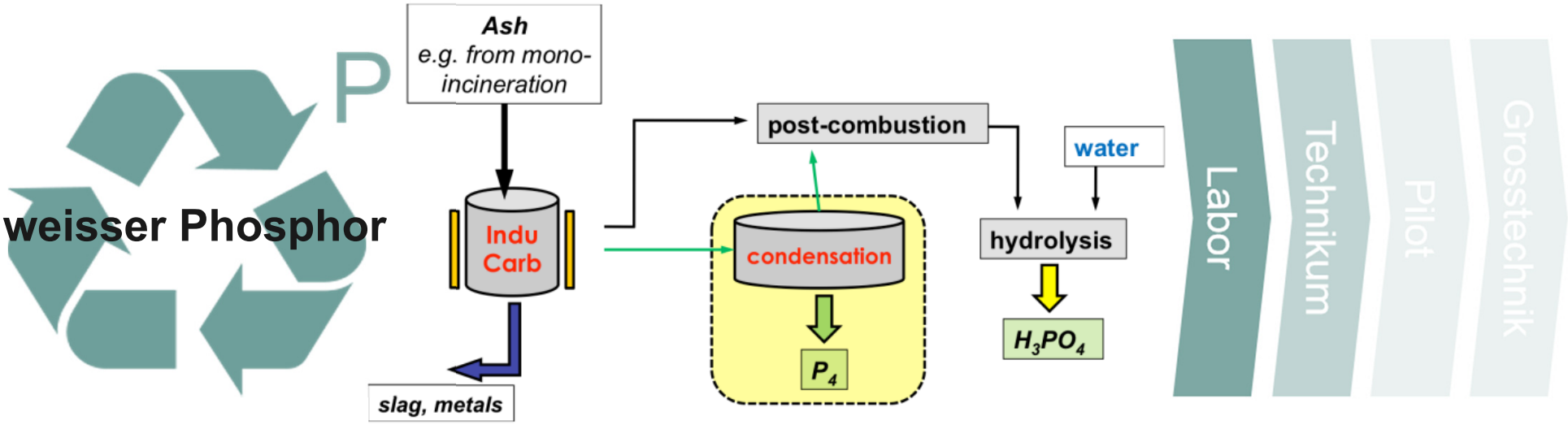
- Mehrnährstoffdünger

- Mitverarbeitung in Düngemittelherstellung aus Primärphosphat
- Keine Schadstoffabreicherung
- keine Zulassung

tbf partner
Planer und Ingenieure

ICL - RecoPhos

Typ 1



Prinzip RecoPhos (Schönberg et al., 2014)

- KS-Asche
- Kohlenstoffgranulat
- Koks
- P-Rock
- Weitere Zusätze
- Strom
- Wärme

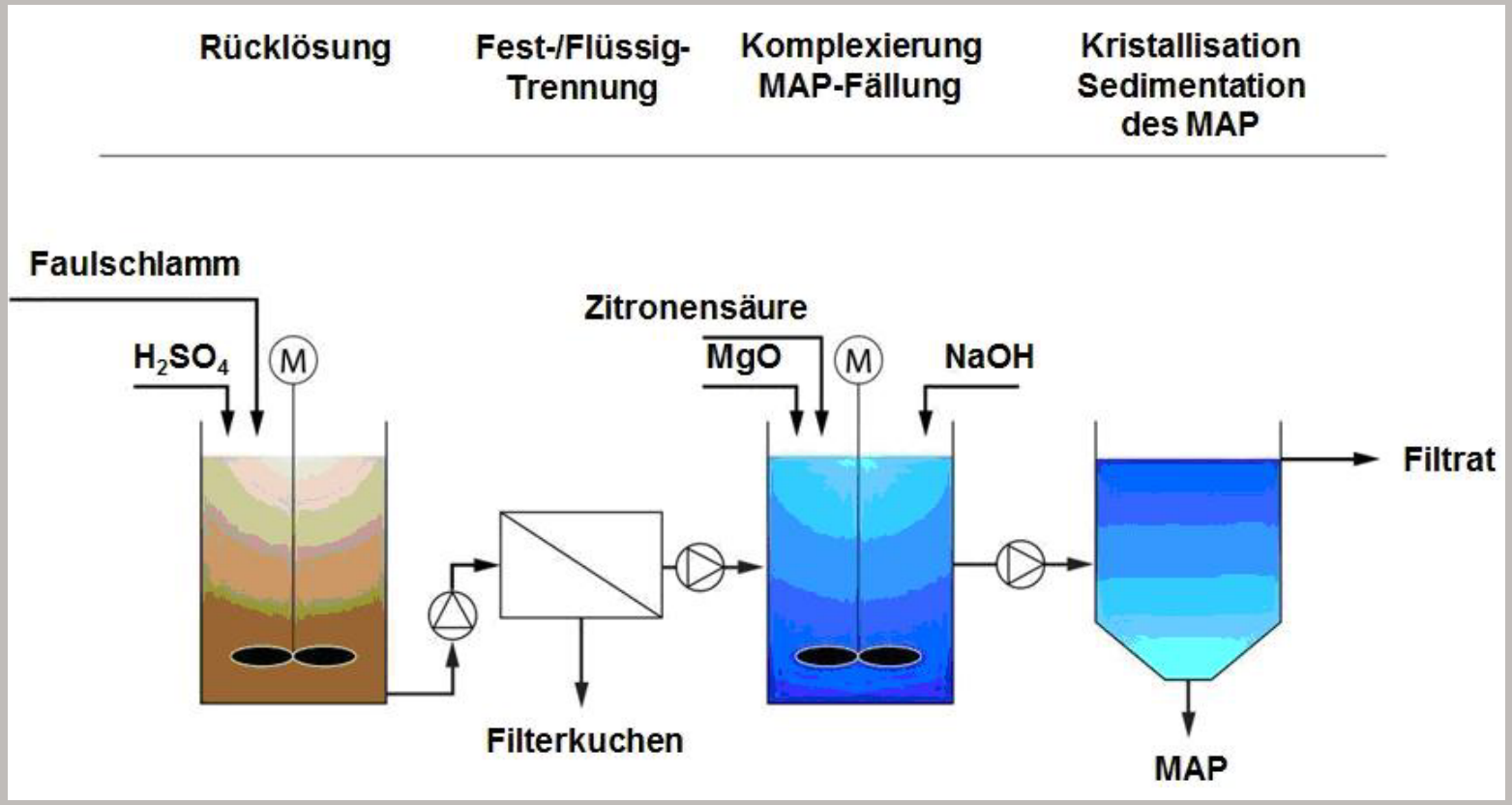
- Phosphor
- Calzium-Silikat-Schlacke
- Eisen-haltige Legierung
- Gas

- Hochwertigkeit Recyclat
- Abreicherung von Schwermetallen

tbf partner
Planer und Ingenieure

Stuttgarter-Verfahren

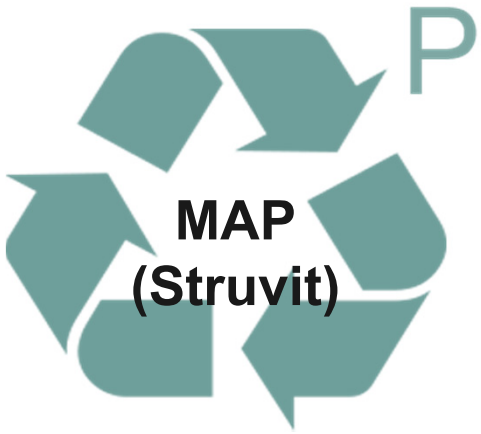
Typ 2

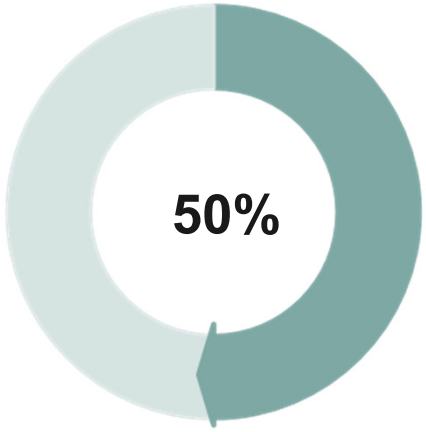


Verfahrensfliessbild Stuttgarter-Verfahren (Internetseite iswa, Uni Stuttgart)

Stuttgarter-Verfahren

Typ 2





- Faulschlamm
- H_2SO_4
- NaOH
- MgO
- Zitronensäure
- Strom

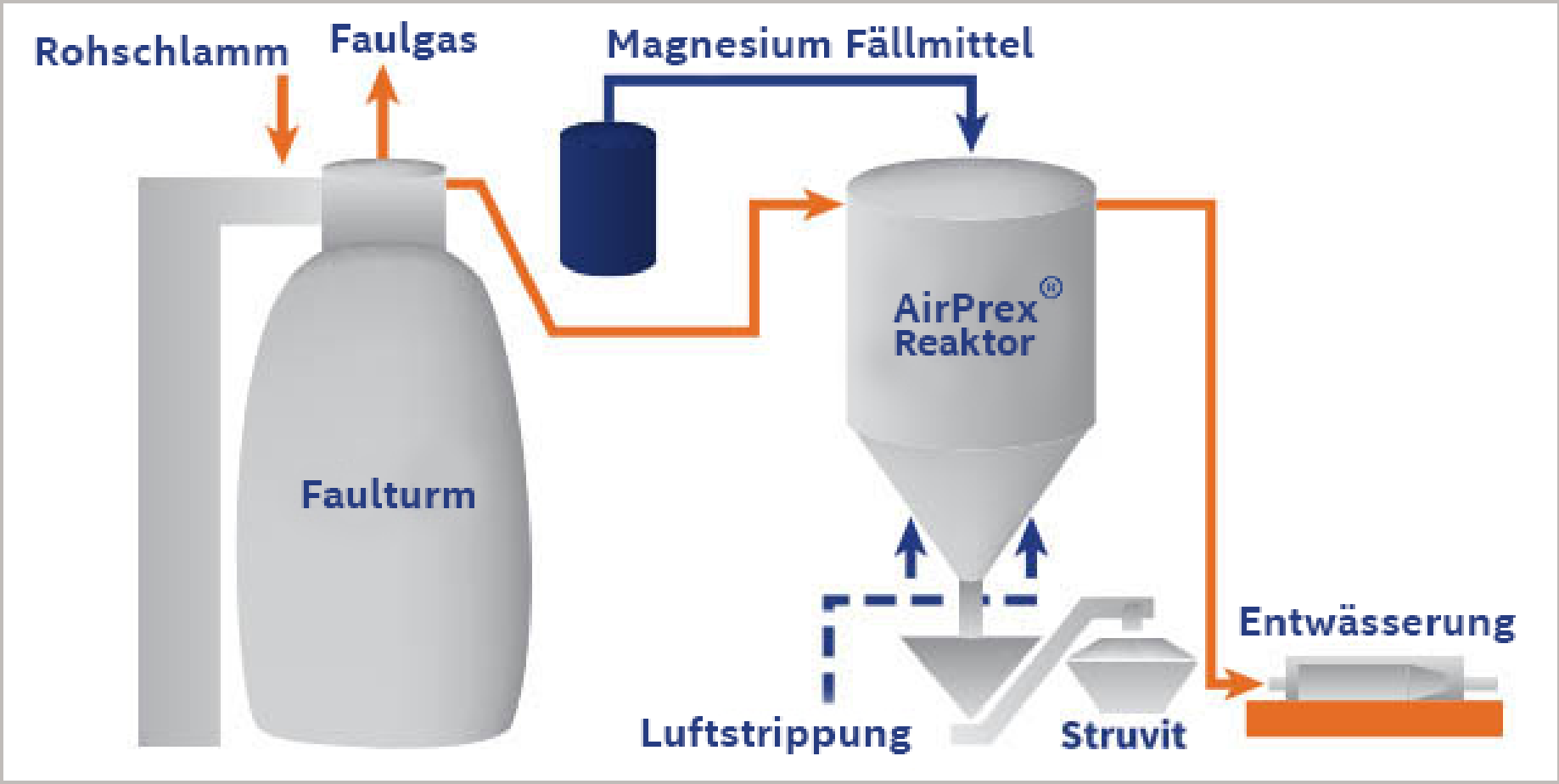
- MAP
- Faulschlamm (entwässert, sauer)

- keine therm. Energie
- Enormer Chemikalienverbrauch

tbf partner
Planer und Ingenieure

AirPrex®

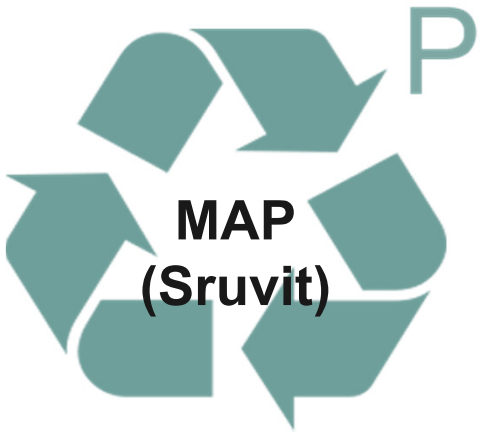
Typ 2

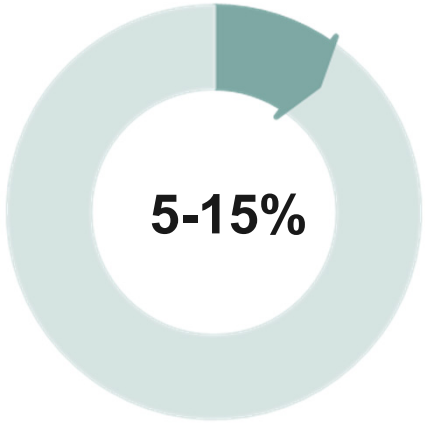


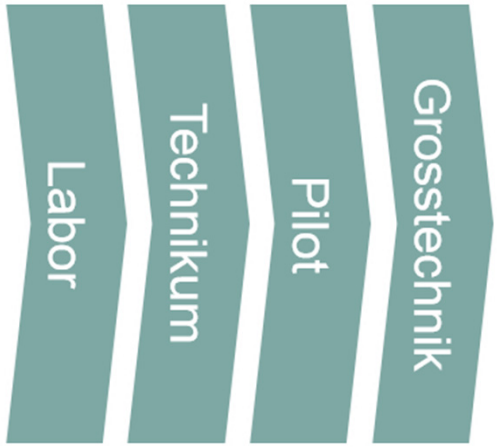
Verfahrensfliessbild AirPrex®-Verfahren (Internetseite cnp Technology)

AirPrex®

Typ 2







- Faulschlamm
- Kalkmilch (alt. NaOH)
- MgO oder $MgCl_2$
- Strom
- Luft

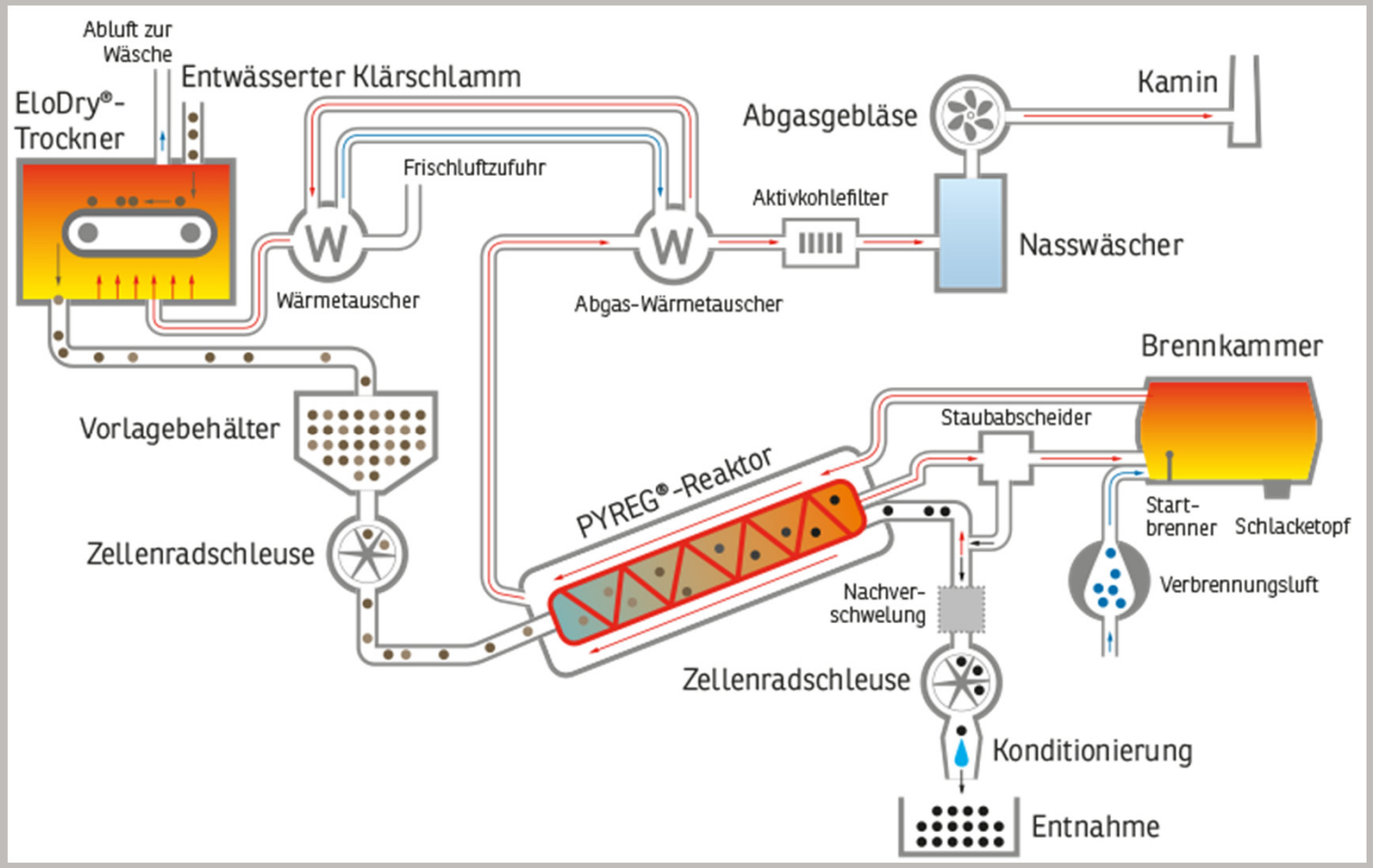
- MAP
- Faulschlamm

- keine therm. Energie
- Betriebsoptimierung
- verb. Entwässerbarkeit
- nur bei Bio-P sinnvoll

tbf partner
Planer und Ingenieure

Pyreg®

Typ 5

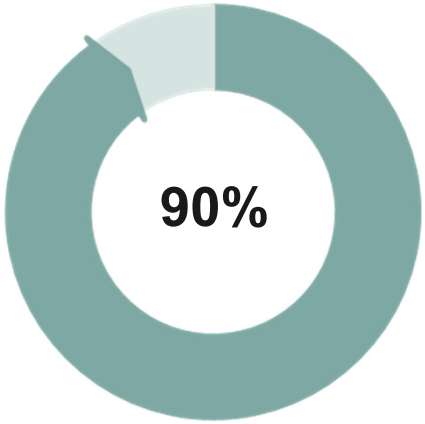


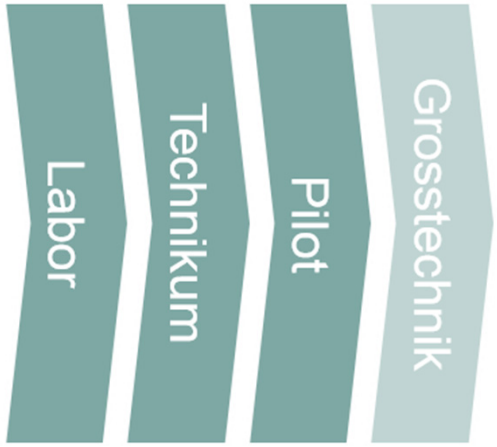
Verfahrensfliessbild Pyreg® -Verfahren (Internetseite, Eliquo Stulz)

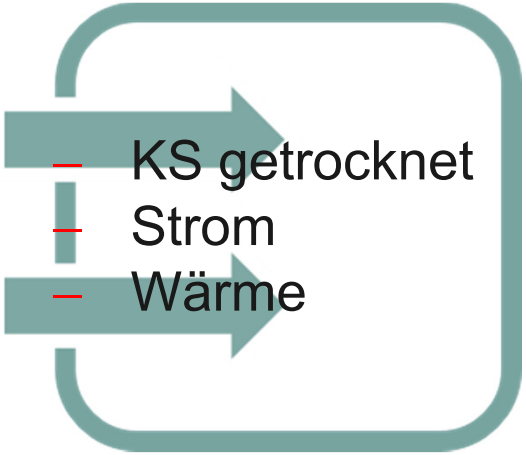
Pyreg®

Typ 5

P haltiger Mineralstoff







- KS getrocknet
- Strom
- Wärme

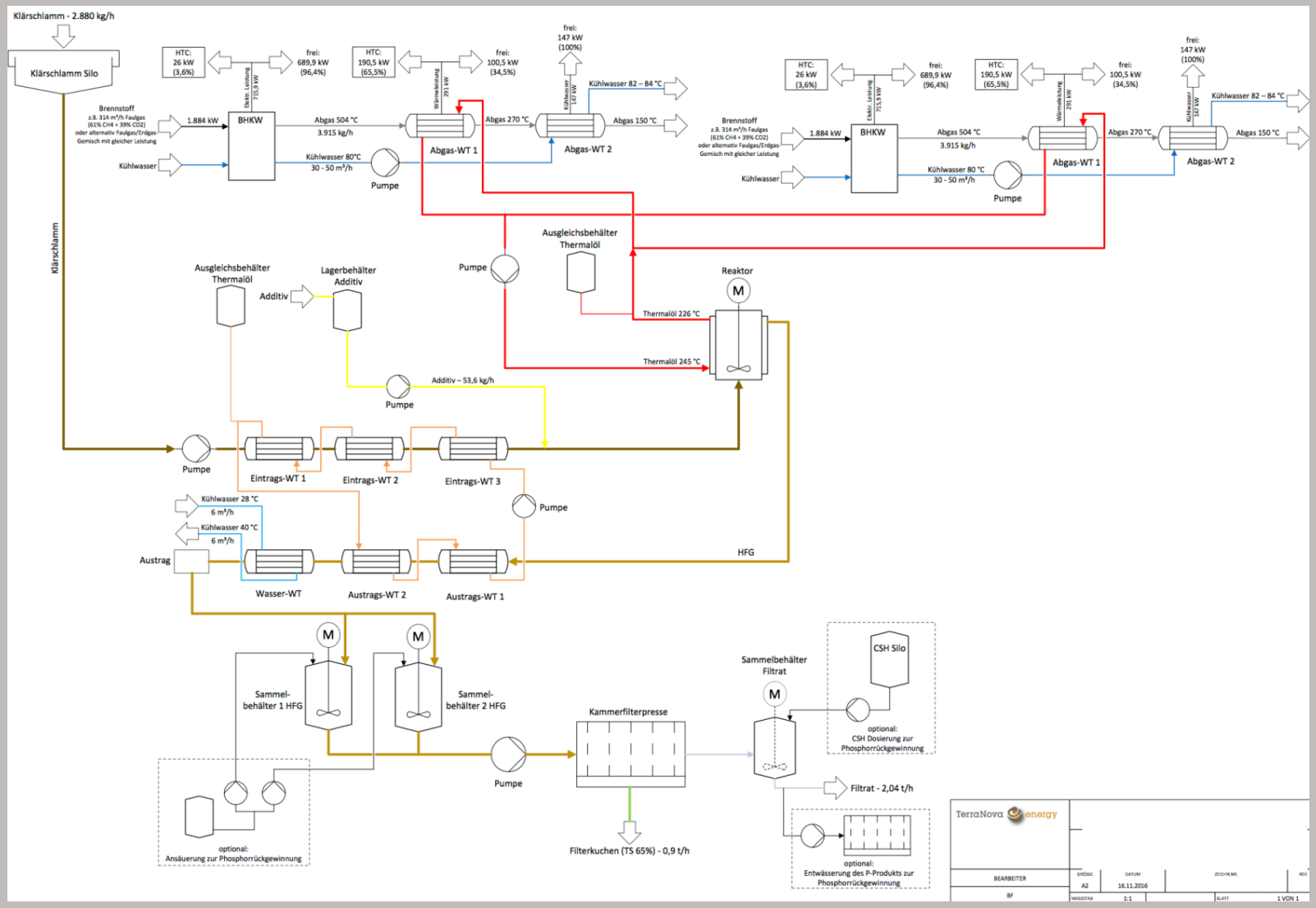
- P-haltiger Mineralstoff

- kein Reststoff
- Hintergrund Firma
- modular erweiterbar
- keine SM Abreicherung

tbf partner
Planer und Ingenieure

TerraNova® Ultra

Typ 5

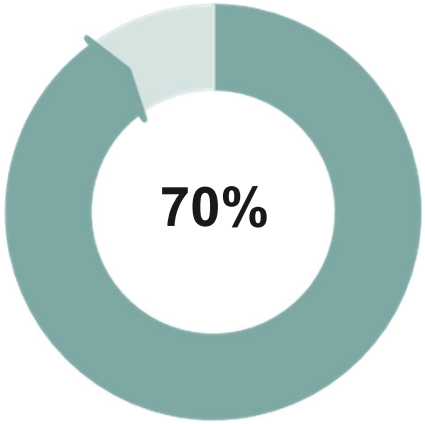


Verfahrensfliessbild TerraNova® Ultra -Verfahren (Marc Buttmann, TerraNova)

TerraNova® Ultra

Typ 4

CSH-Dünger
(enthält Struvit und Apatit)



- Faulschlamm
- Säure
- CSH-Granulat
- Strom
- Wärme
- Kühlwasser

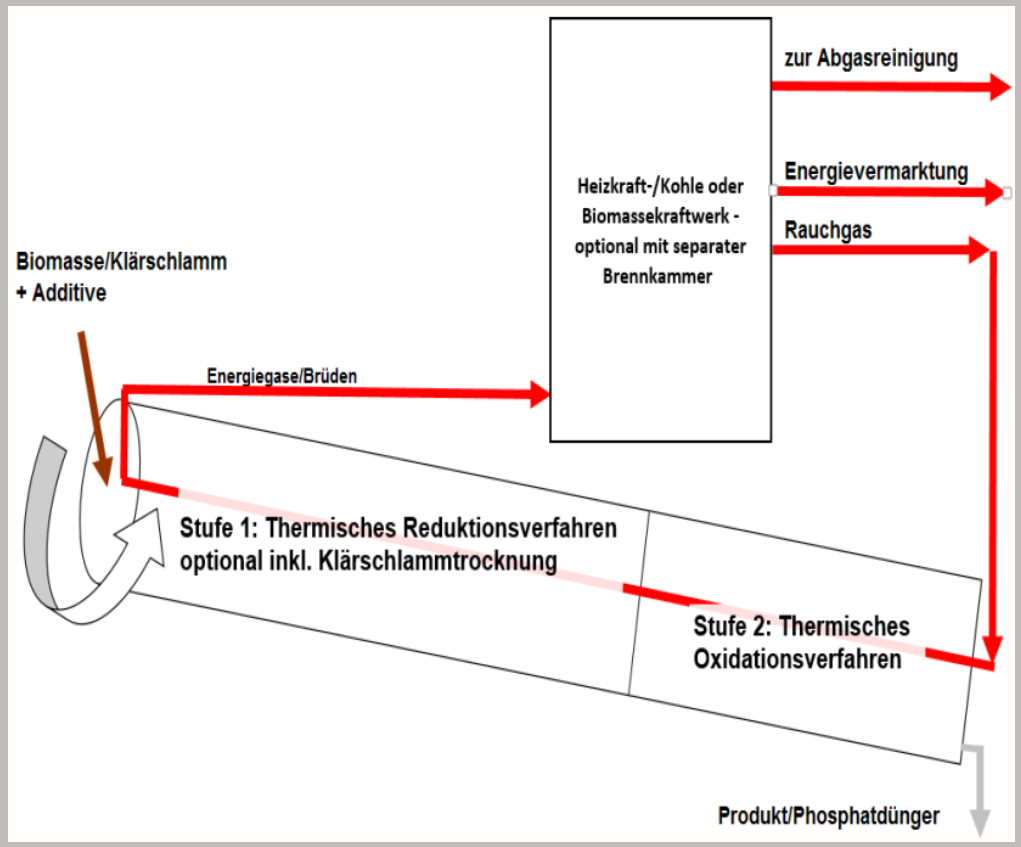
- CSH-Dünger
- Klärschlamm (entwässert, sauer)
- Filtrat

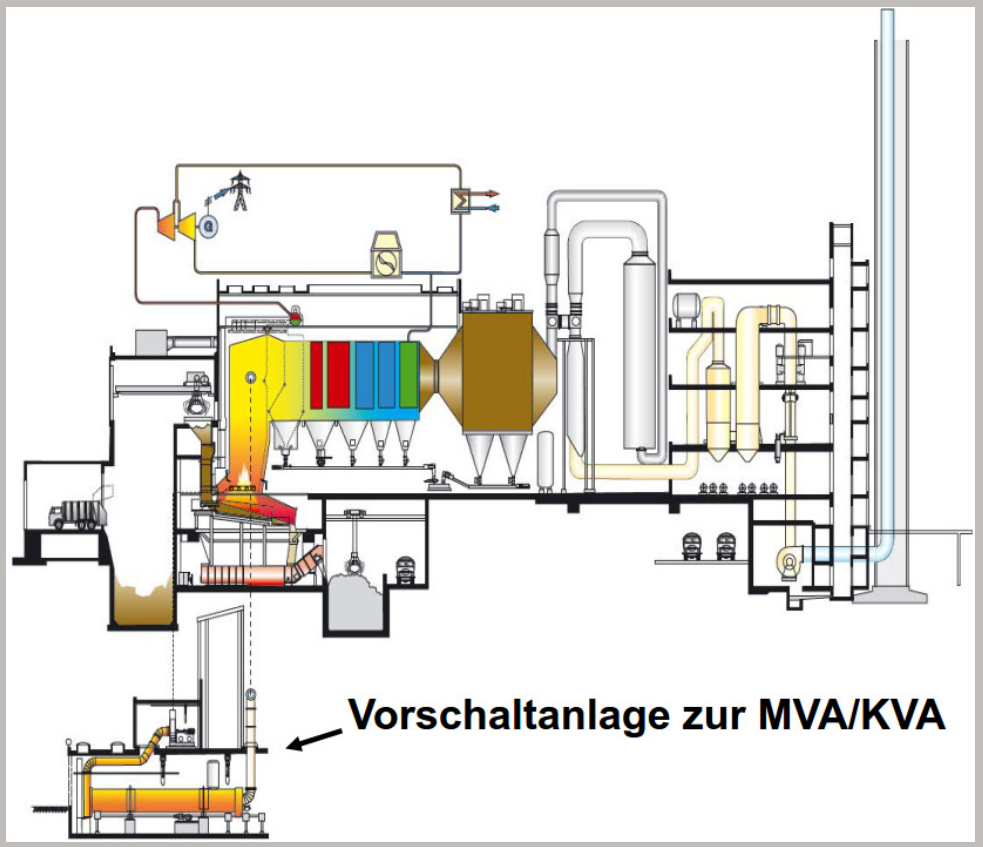
- Klärschlamm sehr gut entwässert (65% TS)

tbf partner
Planer und Ingenieure

EuPhoRe®

Typ 5





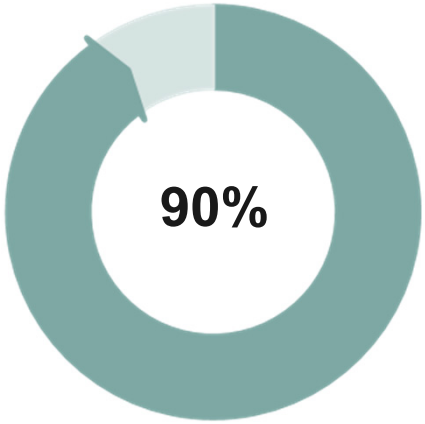
Verfahrensfliessbild EuPhoRe® -Verfahren (Präsentation von EuPhoRe, 2017)

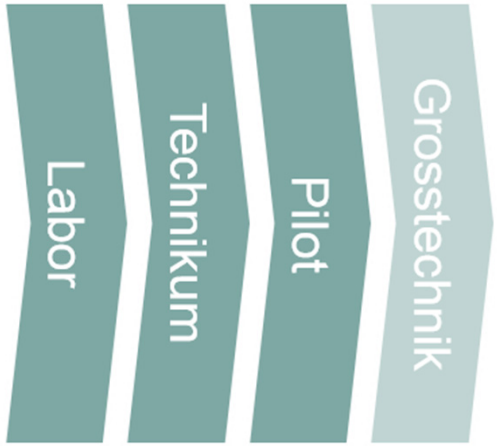
autark

Einbindung vor KVA

EuPhoRe®

Typ 5





- KS entwässert
- $MgCl_2$
- Strom
- Wärme

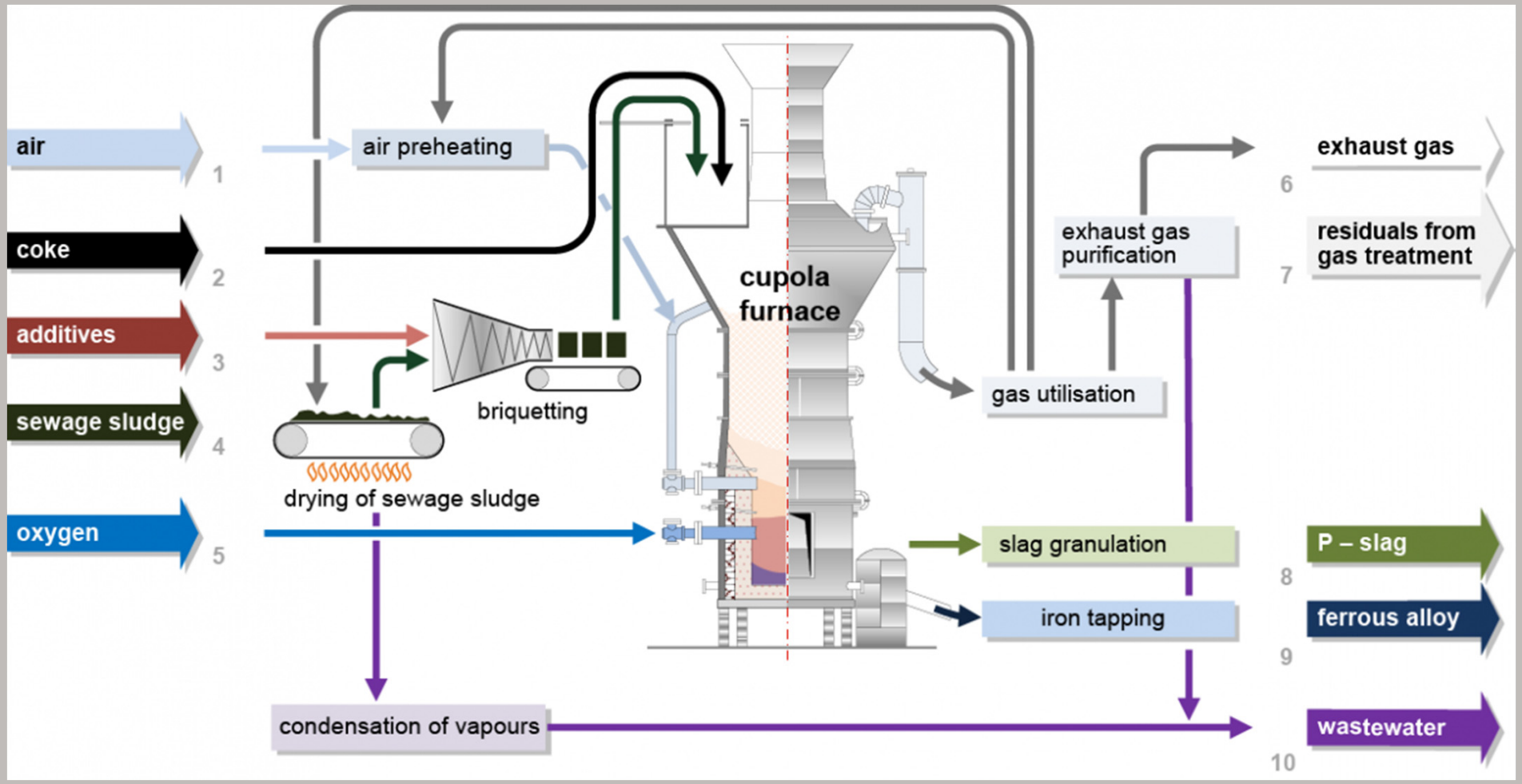
- Phosphatdünger

- SM Abreicherung
- kein Reststoff
- keine Trocknung
- Nachrüstbar bei vorhandenem Drehrohrofen

tbf partner
Planer und Ingenieure

Mephrec®

Typ 5

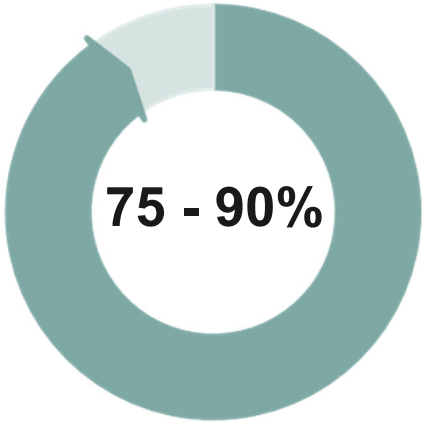


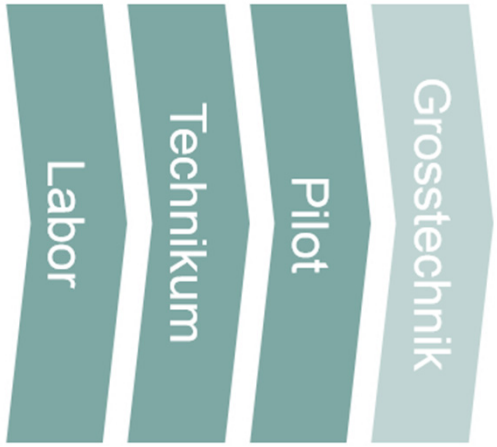
Verfahrensfliessbild Mephrec® -Verfahren (BMBF, https://bmbf.nawam-erwas.de/en/project/krn-mephrec)

tbf partner
Planer und Ingenieure

Mephrec®

Typ 5





- KS als Bricket
- KS Asche
- Koks
- u.U. Schlackebildner
- Sauerstoff
- Wärme
- Strom

- P-Schlacke
- Metall-Schlacke
- Rohgas

- SM Abreicherung
- Kann sowohl KS als auch Asche verwenden

tbf partner
Planer und Ingenieure