



Das Pyrophos-Verfahren

Integrierte Phosphornutzung aus Klärschlamm

Martin Schaub, CTU, Winterthur
Dr. Christoph Egli, AV Altenrhein

CTU Clean Technology Universe AG

Ihr Partner für verantwortungsvolle Abfallbehandlung



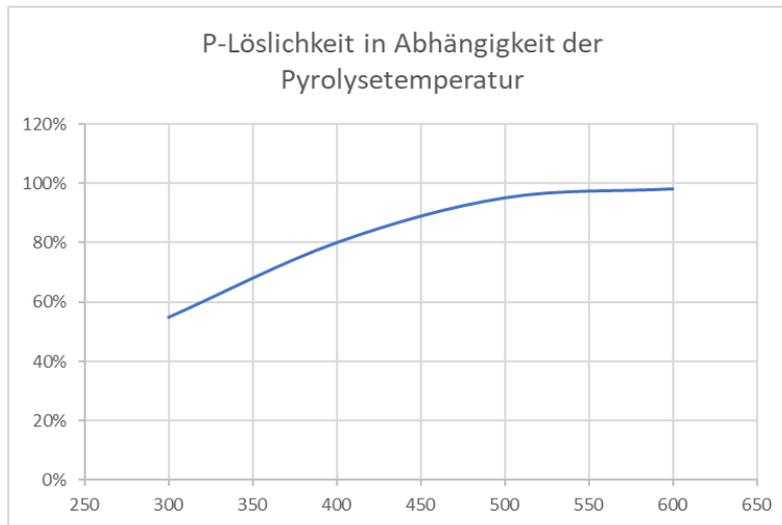


Motivation für Verfahrensentwicklung

- VVEA verlangt P-Rückgewinnung ab 2026
- Insb. P-Düngerersatz macht Sinn, da damit Importe und damit Schadstoffimport (-eintrag) reduziert werden sollen
- Anzahl Verfahrensstufen soll minimiert werden
- Basis: CTU's Erfahrung mit
 - Pyrolyse von Fleischmehl
 - Pyrolyse von Gummistoffen
 - Schadstoffabreicherung mit 'FLUAPUR' (Müllaschen)
- Ursprünglich avisierte Produkte:
 - Flüssigbrennstoff (Pyrolyseöl)
 - P-reiche 'Biochar'
 - Kleiner Anteil an Abgas



Resultate ‚Reine Pyrolyse‘

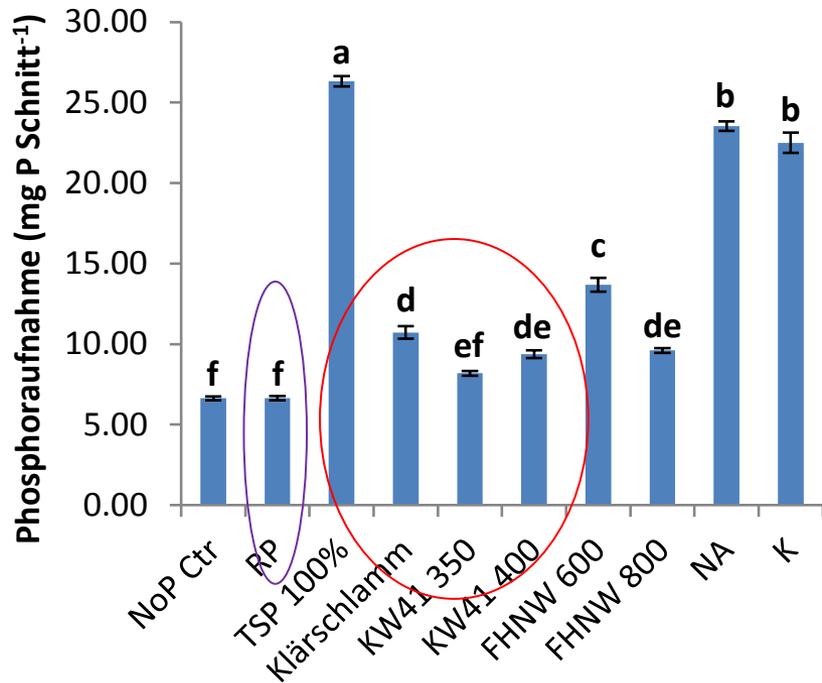


- Zunehmende P-Löslichkeit in Ammoniumcitrat mit steigender Temperatur der Pyrolyse
- Sehr gute Löslichkeit ab ca. 550°C
- Schädlichste Metalle (Hg, Cd) weitgehend abgedampft
- Cr zu Cr^{III} reduziert

Trotz hoher Löslichkeit im Standardmedium ist die Düngewirkung sehr ernüchternd



Düngereffizienz



- Im Vergleich zum besten Dünger (TSP) ist die P-Aufnahme gering
- Im Vergleich zu schlechtem Dünger ('Rohphosphat' RP) ist die Wirkung jedoch gut



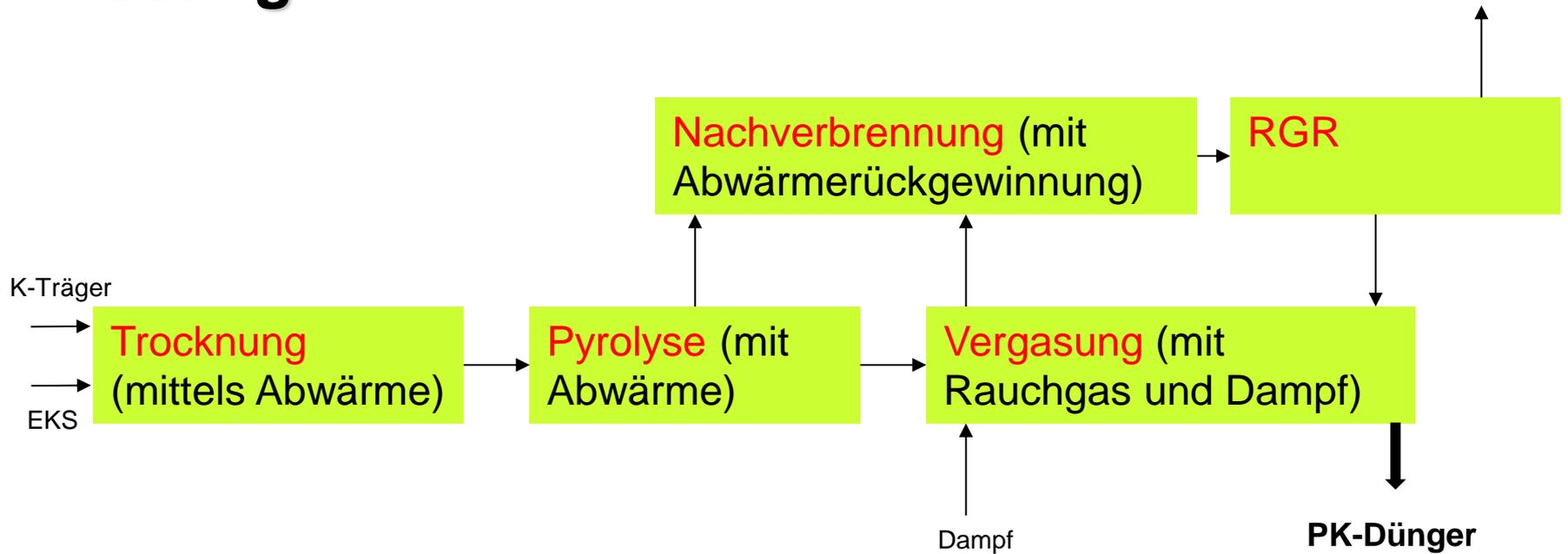


Chemie (vereinfacht)

- Im KS nach in der Schweiz meist angewandtem Verfahren liegt P zum grössten Teil als FePO_4 vor (Fällung mit FeCl_3) oder adsorbiert an Eisen, teilweise als AlPO_4
- In der Verbrennung von Klärschlamm bilden sich wegen des Ca- und Si-Überschusses insb. Silikatische und Calcium dominierte Phosphate, welche unlöslich sind (sog. 'Totbrennen')
→ P muss mit aufwendigem Verfahren aus der Asche herausgeholt werden
- Lösliche Phosphate sind NaCaPO_4 oder KCaPO_4
- Können wir also durch geeignete Verfahrensführung und Zugabe von Na oder K ein auch düngerwirksames Produkt herstellen?
- Da Na keine Düngewirkung hat, setzen wir auf K um einen KP-Dünger herzustellen. Durch geeignete Zumischung kann dann auch NPK-Dünger produziert werden



Lösung





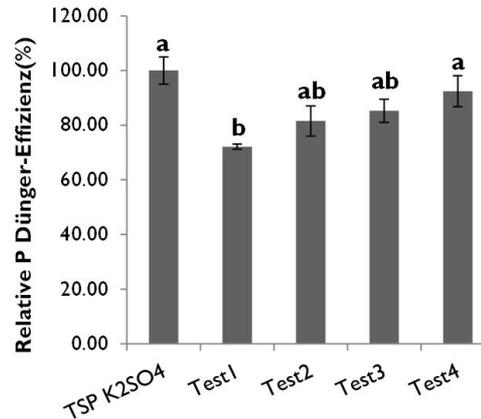
Phosphorverfügbarkeit aus neuem Prozess

Raigrastest II



Ergebnisse – Relative P Dünger-Effizienz

- Produkt 4 mit bester relativer P Dünger-Effizienz von 92%
- Produkt 3 mit ebenfalls guter Effizienz von 89%



$$\text{Relative P Effizienz (\%)} = \frac{(\text{P Aufnahme Testdünger} - \text{P Aufnahme P0})}{(\text{P Aufnahme TSP} - \text{P Aufnahme P0})} \times 100$$



Apparatetechnik

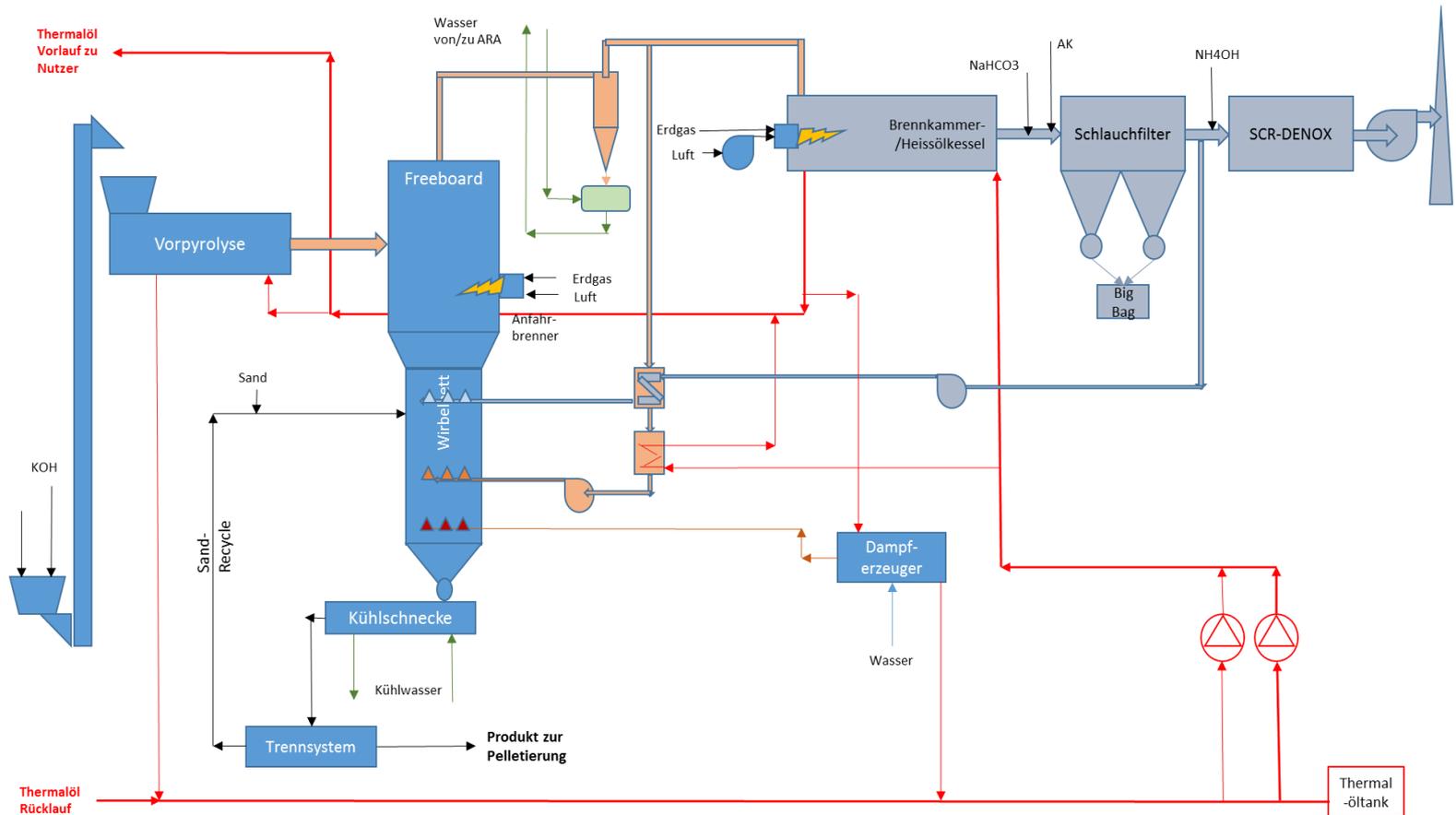
- Pyrolyse: Pyrolyse basiert auf von aussen beheiztem Mischer (Erfahrung aus Pneu- und Plastik-Pyrolyse (erstmalig gebaut 1999))
- Fließbett: mehrere Anlagen für KS, Papierschlamm/Rejects (seit 1985)
- Nachverbrennung: viele SMV-Anlagen für Flüssigkeiten und Gase (seit 1970)
- Kessel: viele SMV-Anlagen und BFB-Anlagen mit Dampfkesseln und Heißölkesseln (seit 1970)
- Rauchgasreinigung: viele SMV-Anlagen und KVA-s ausgerüstet (seit 1985)



Innovative Verfahrensführung basierend auf bestehender Technik

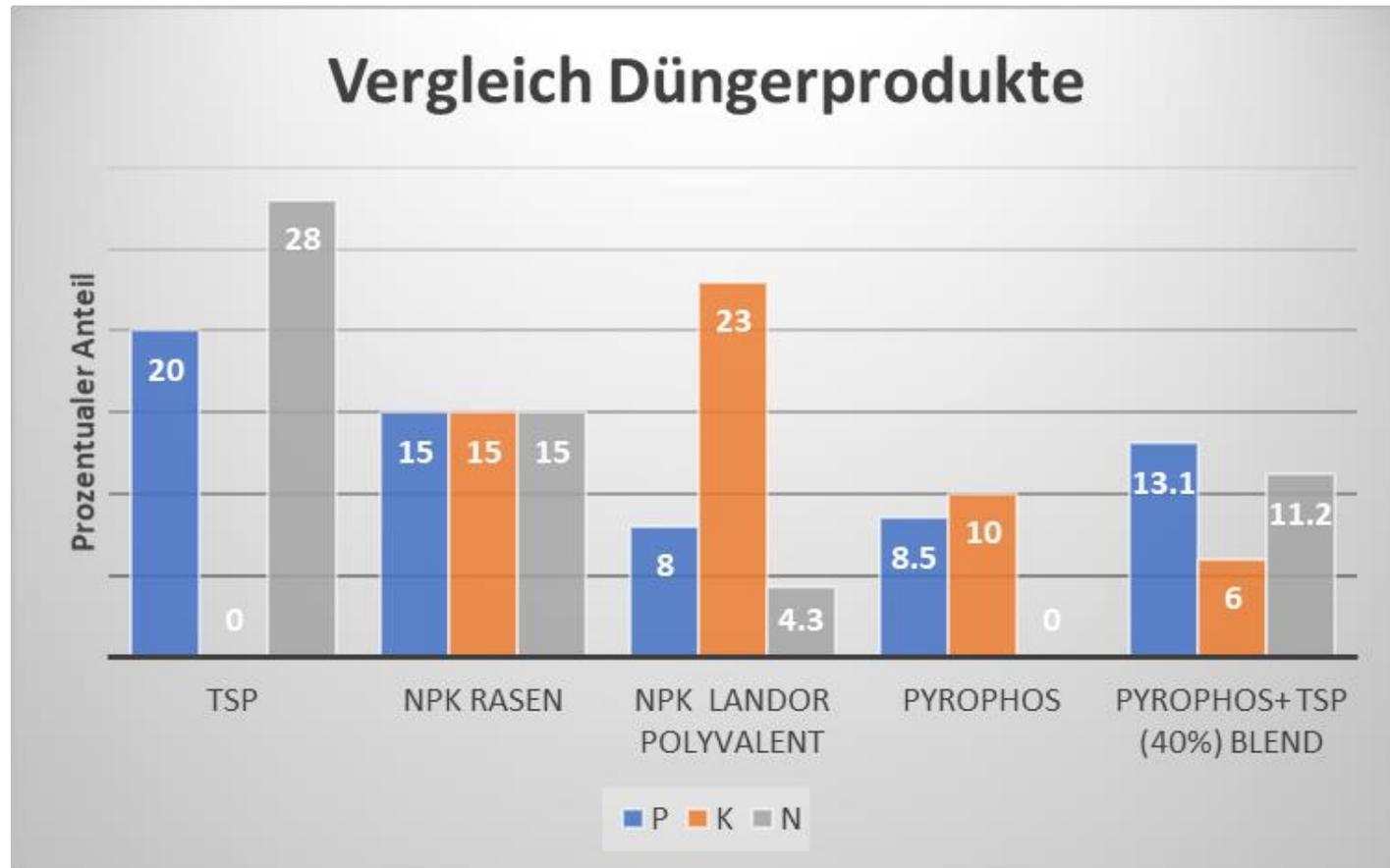


Verfahrensflussbild





Düngerprodukt



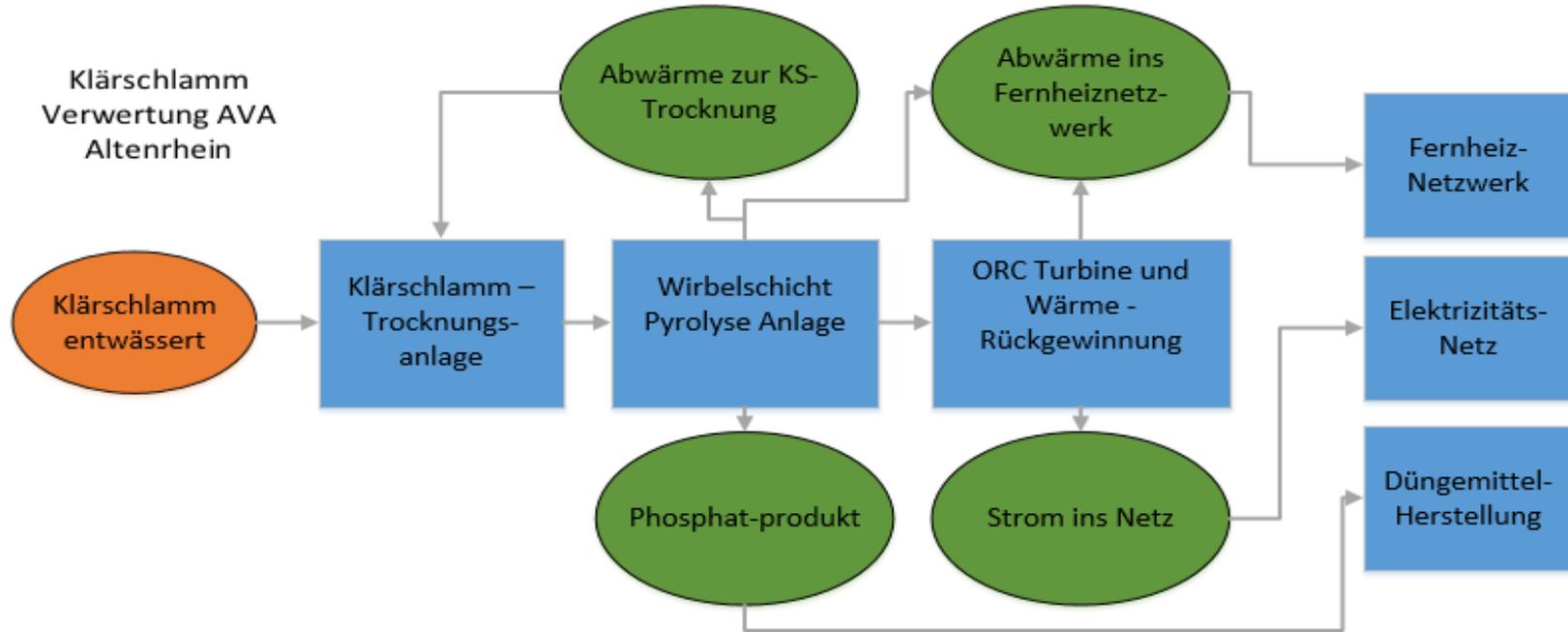


Integration in AVA

- Machbarkeitsstudie (extern geprüft) zeigt sehr positive Resultate
 - Ökologischer Gewinn durch P-Recycling
 - Ökologischer Gewinn durch Verwendung der Wärme für
 - Trocknung → Minderverbrauch von Strom (für Wärmepumpe)
 - Fernwärme → Minderverbrauch von fossiler Energie
 - Stromerzeugung → Erzeugung erneuerbarer Energie
 - Interessante ökonomisches Resultat
 - Fernwärme zu konkurrenzfähigem Preis
 - K/P Produkt (Dünger) zu konkurrenzfähigem Preis
 - Anlage würde noch interessanter mit ca. doppelter Menge TKS (davon ein grosser Teil als EKS)
 - Energie kann optimiert werden
 - Investitionskosten werden spezifisch geringer
 - Bei noch grösserer Menge kann Energie nicht mehr optimal genutzt werden



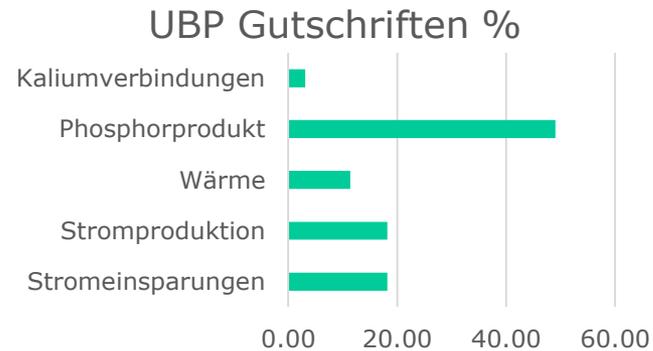
Integration in AVA - Überblick





Integration in AVA – Ökologie: Schätzungen

- UBP Gutschriften



- UPB Belastung durch

- Stromverbrauch
- Andere Betriebsmittel
- Transporte
- Entsorgung

- UBP Gutschriften:

+ 5 bis 7 Mia. UBP/a gegenüber Referenzszenarien: TSP Produktion, CH Strommix, Wärme aus Erdgas



Integration in andere ARAs

- System ist anwendbar in mittleren bis grossen Anlagen (typischerweise ab 100'000 EGW)
- Integrierbarkeit ist für jeden Standort separat zu beurteilen
- Typischerweise sind die Kosten deutlich tiefer als bei einer mehrstufigen Lösung (zentrale Verbrennung mit nachfolgender P-Rückgewinnung)



Entwicklungsstand

- Verfahren zum Patent angemeldet
- Verfahren erfolgreich im Labor getestet inkl. Düngertests
- Produkt erfüllt europäische Standards
- Praktisch alle MINREC Werte erfüllt, weitere Tests im Gang für weitere SM-Abreicherung
- Pilottests (50kg/h) in Vorbereitung, im Dez 2018 od. Jan 2019
- Zumischung anderer Stoffe in Bearbeitung zur Erhöhung der Erträge und Lösen von anderen Umweltproblemen (noch vertraulich)



Dank an das Entwicklungsteam aus
FHNW, AVA, FiBL, EAWAG, CTU

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

CTU Clean Technology Universe AG

Ihr Partner für verantwortungsvolle Abfallbehandlung



CLEAN TECHNOLOGY UNIVERSE

CTU Clean Technology Universe AG

Bürglistrasse 29

CH- 8400 Winterthur

Tel: +41 52 557 52 52

Fax: +41 52 557 52 50

info@ctu.ch - www.ctu.ch