

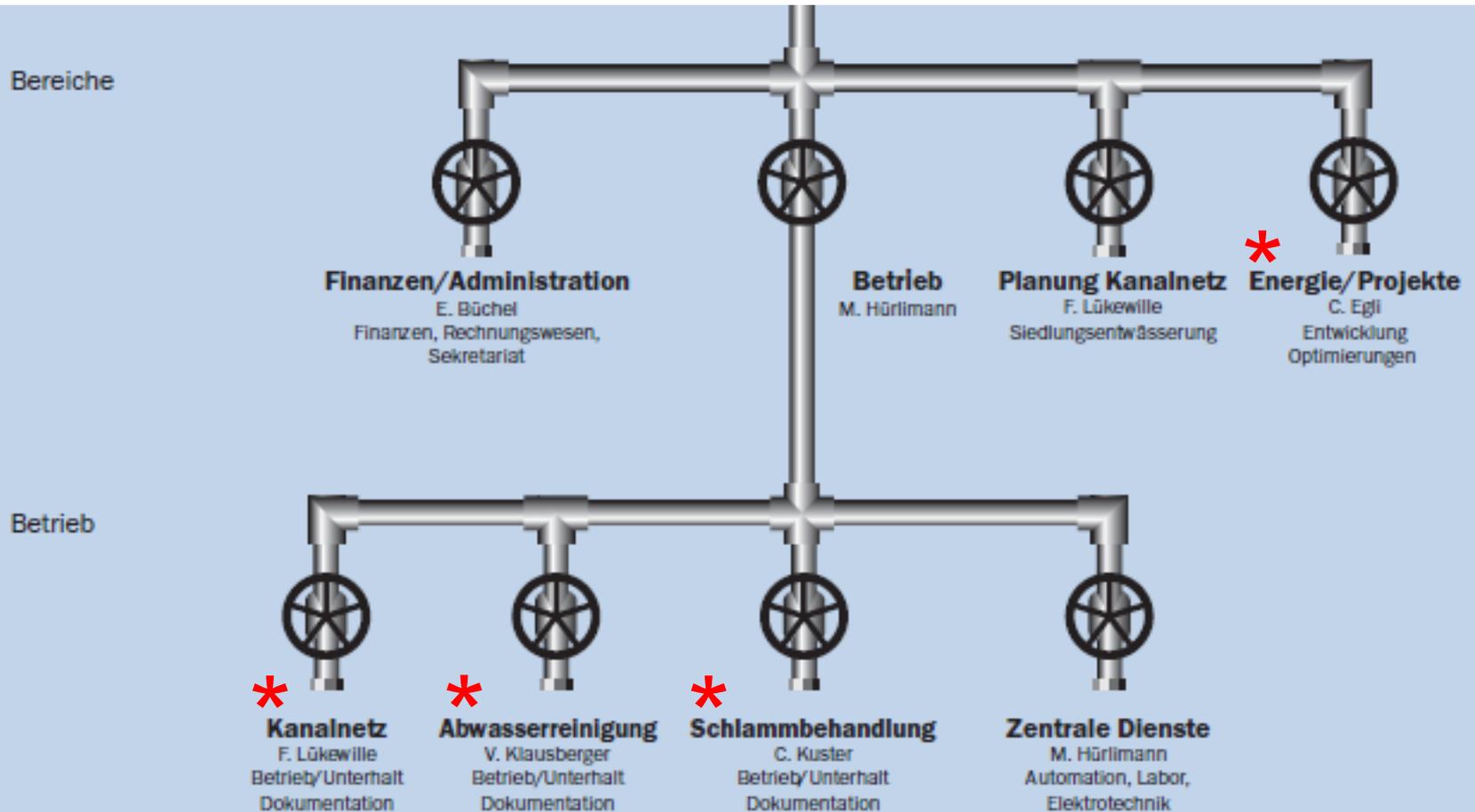
# Klärschlamm-trocknung als Ausgangspunkt zur Entsorgung/Rückgewinnung, Pyrolyse



ABWASSERVERBAND  
ALTENRHEIN  
WIR KLÄREN DAS



# Kernprozesse / Dimensionierung



120'000 EW    350'000 EW

# Entwicklung der Schlammbehandlung

Investitionskosten: CHF 55 Mio.

Jahr	'Meilensteine'
1967	Verbandsgründung
1978–1985	Pilotversuche/Nationalfondstudie zur Schlammhygienisierung, -entwässerung- und -trocknung
1984	Bau einer ersten Schlamm-trocknung
1984	Beginn der überregionalen Zusammenarbeit mit anderen ARA
1985	Bau der Klärschlammannahme im Zementwerk Untervaz durch den AVA
1989–2005	Aufbau des überregionalen Schlammverbunds (total 20 ARA's der Kantone SG, TG, AR und AI)
1991	Neubau Faulanlage; Umbau der alten Faulanlage
1993	Inbetriebsetzung der zweiten Schlamm-trocknung
2005	Zusammenarbeit mit anderen Klärschlamm-sorgern (KIGO)
2007	Inbetriebsetzung der dritten Schlamm-trocknung und einer Annahmestelle für entwässerte Schlämme

## Landi Aachtal Oberaach

Trocknungsanlage

eKS kommunal

Kapazität: 100'000t eKS

## ZAB Bazenheid

Wirbelschichtverbrennung

eKS Gewerbe-/Industrie, kommunal

## AVA Altenrhein

Trocknungsanlage

FrS, Fs, eKS kommunal

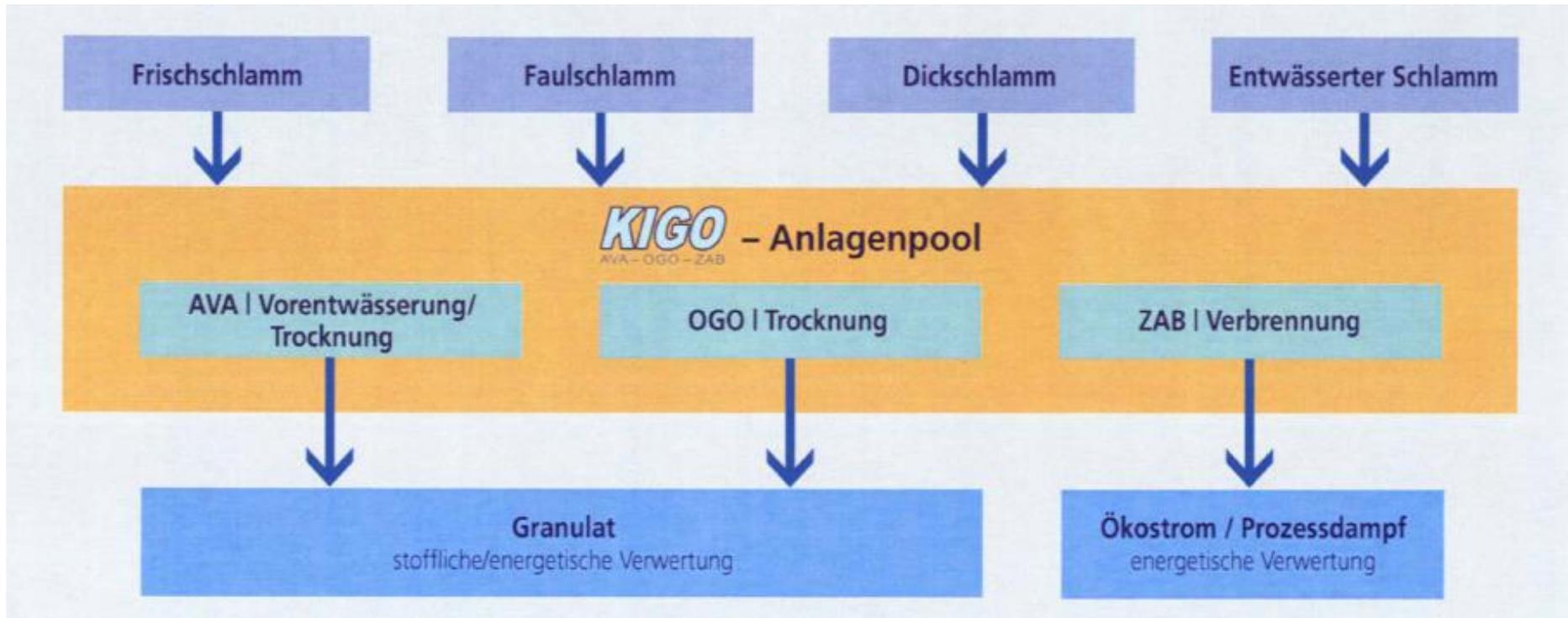
KIGO

SEVA

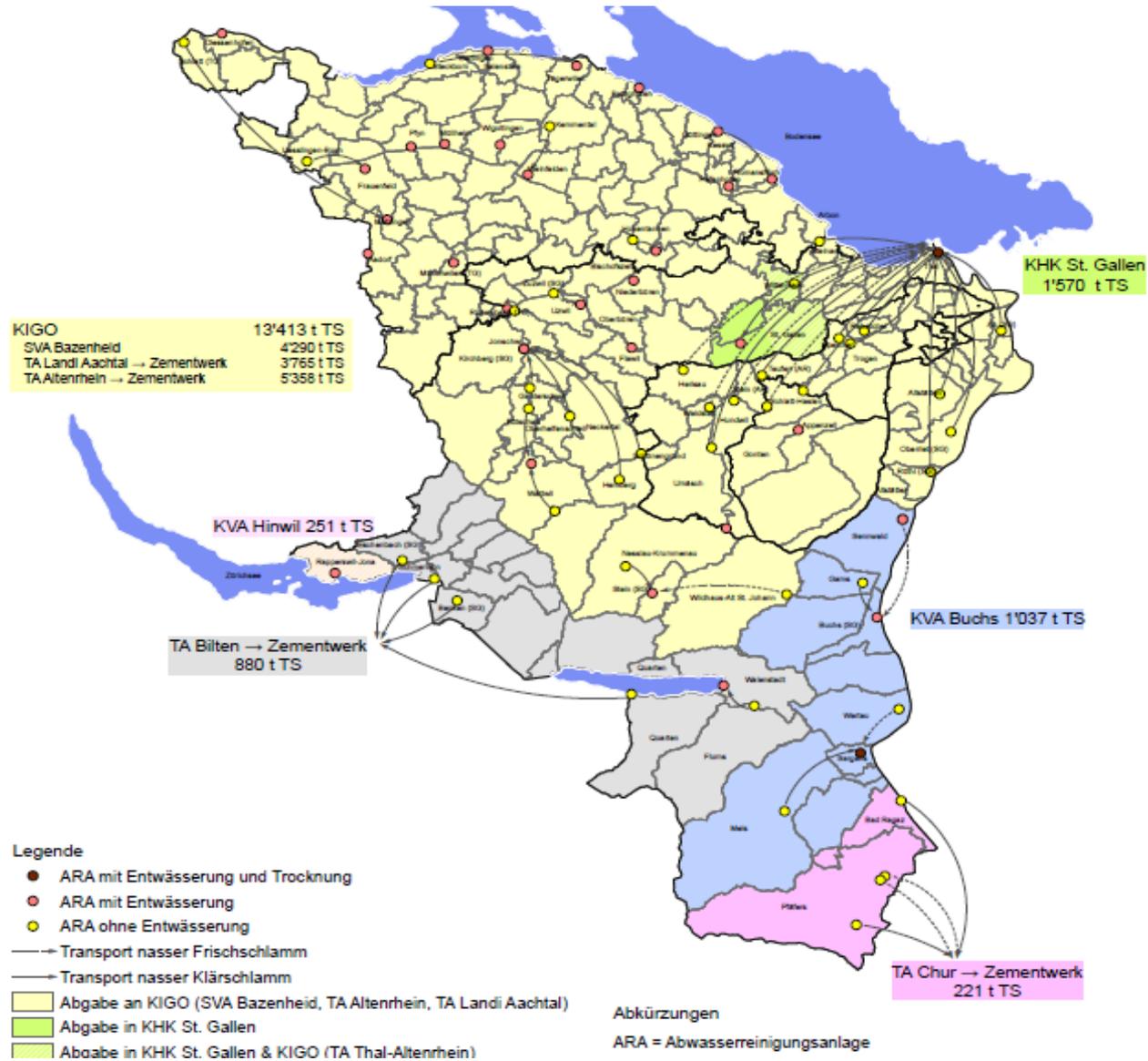
Kapazität: 25'000t eKS



## Entsorgungssicherheit - Wirtschaftlichkeit – Innovation



# Klärschlammmentsorgung Ostschweiz



# Aktivitäten im P-Recycling

seit 2012

Jahr	Aktivitäten / Projekte
2012	Verfahrensevaluation; Miteinbezug eawag, Ing. büro
2012 - 2014	Machbarkeitsabklärungen; Prüfung div. Anbieter
2014 - 2016	KTI Projekt 1 (Pyrophos); Projektpartner: FHNW, CTU, EAWAG, FIBL, AVA. Klärschlammpyrolyse/Schwermetallentfrachtung zum P-Recycling
2015 - 2016	BAFU Projekt; Projektpartner: Effizienzagentur Schweiz AG, EuPhoRe GmbH. Dezentrale stoffliche/energetische Klärschlammverwertung
2017 - 2019	KTI Projekt 2 (Pyrophos); Projektpartner: FHNW, CTU, FIBL, Landor, AVA. Weiterentwicklung der Alkalipyrolyse zur Abtrennung von Schwermetallen und Herstellung eines marktfähigen Phosphor-Kalidüngers aus Klärschlamm
2017	Projekte Energieagentur Kt. SG; Nutzung der Energie aus Klärschlamm

## Pyrophos : Herstellung eines marktfähigen Phosphor-Kalidüngers aus Klärschlamm

J. Stemann<sup>1</sup>, S. Symanczik<sup>2\*</sup>, Kirsten Remmen<sup>2</sup>, A. Huber<sup>2\*\*</sup>, M. Koller<sup>2\*\*</sup>, E. Bünemann<sup>2\*\*</sup>, M. Schaub<sup>2\*\*</sup>, T. Wintgens<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> Fachhochschule Nordwestschweiz <sup>\*\*</sup> Forschungsinstitut für biologischen Landbau, <sup>\*\*\*</sup> Clean Technologies Universe

### ENLEITUNG

Phosphor ist ein notwendiger Nährstoff für alle lebenden Organismen. Jedoch sind Phosphorressourcen begrenzt und nur in wenigen Regionen der Erde vorhanden. In Europa werden über 90 % des benötigten Phosphors importiert, wovon wiederum über 90 % in der Düngemittelindustrie verarbeitet wird. Dünger aus konventionellen Phosphorressourcen weisen ausserdem hohe Cadmium- und Urangehalte auf. Importierter Phosphordünger könnte durch Recyclingdünger auf Basis von Klärschlamm fast vollständig ersetzt werden. In der Schweiz ist eine Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm ab dem Jahr 2020 gesetzlich vorgeschrieben [1].

Ein vielversprechendes Verfahren für die Phosphorückgewinnung ist die Alkalipolylyse. Hier wird Klärschlamm mit Kalium vermischt und unter Abschluss von Sauerstoff thermisch behandelt. Durch die Zugabe von Kalium entsteht bei hoher Temperatur die Mineralphase CaKPO<sub>4</sub> [2, 3]. In dieser Form ist Phosphor sehr gut pflanzenverfügbar. Nach einer Endkonfektionierung ist der Dünger direkt einsetzbar.

Durch die Abwesenheit von Sauerstoff können Schwermetalle teilweise über die Gasphase abgeschieden werden und fallen so in der Abgasreinigungsanlage in sehr konzentrierter Form für die Entsorgung an [4]. Abbildung 1 zeigt eine schematische Darstellung des Prozesses. Das Verfahren wurde im Rahmen eines KTI Projekts unter Mitwirkung der unten genannten Partner entwickelt.

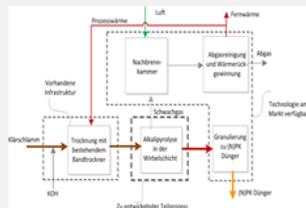


Abb. 1: Schematische Darstellung der Alkalipolylyse

### MATERIAL UND METHODEN

Klärschlamm wurde sowohl im Labormassstab als auch im Pilotmassstab thermochemisch behandelt. Mit dem Düngerprodukt wurden anschliessend Pflanzenversuche durchgeführt. Dafür wurde phosphorarme Erde mit zehn verschiedenen Substanzen gemischt. Untersucht wurde dann die Phosphoraufnahme durch Raygras (*Lolium multiflorum*) aus den Düngemitteln während einer sechswöchigen Wachstumsphase unter streng kontrollierten Bedingungen.



Abb. 2: Düngerverarbeitung im Pilotmassstab und Nahversuche mit Recyclingdüngern

### ERGEBNISSE

Abbildung 2 zeigt die Aufnahme von Phosphor aus den verschiedenen Düngern. Es ist zu sehen, dass beim konventionellen Tripelsuperphosphat (TSP) am meisten Phosphor aufgenommen wird und bei der Kontrolle ohne Phosphorzusatz am wenigsten. Sehr gut schneiden aber auch die Varianten der Alkalipolylyse ab (Na-Asche, K-Asche).

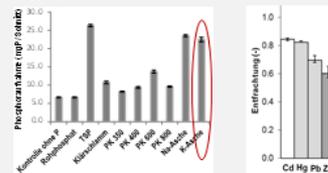


Abb. 2: Phosphoraufnahme aus verschiedenen Düngersubstraten (TSP= Tripelsuperphosphat, PK 200 = Polyphosphat ohne Zusatz bei 250 °C, Na/K-Asche sind Produkte aus der Alkalipolylyse)

Abbildung 2 zeigt ausserdem die Schwermetallentfruchtung. Es ist zu sehen, dass im Pilotmassstab zwischen 60-80 % der gezeigten Schwermetalle über die Gasphase entfernt werden können. Der im Pilotmassstab hergestellte Recyclingdünger wurde bereits bei einem Feldversuch getestet (Abb. 3).



Abb. 3: Feldversuch mit Recyclingdüngern aus Pilotmassstab

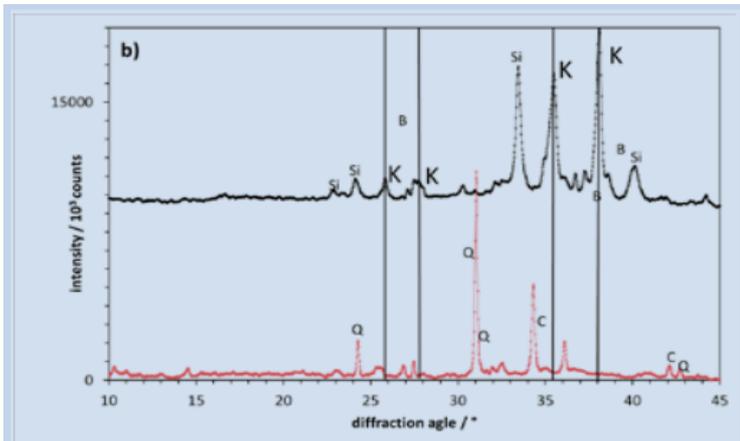
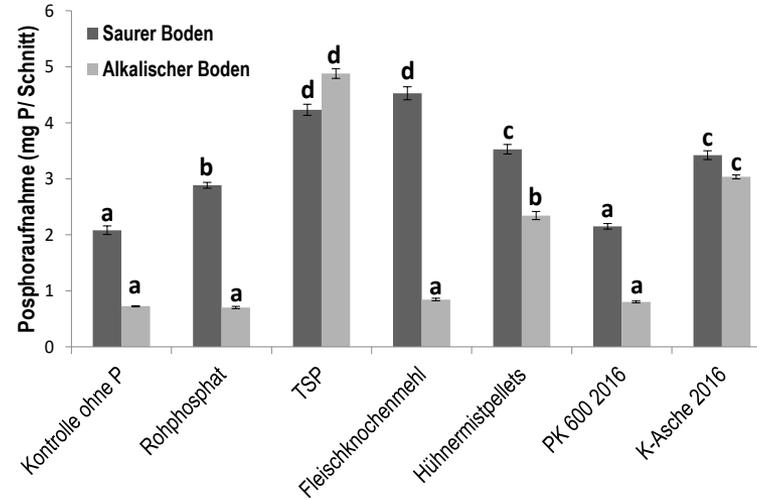
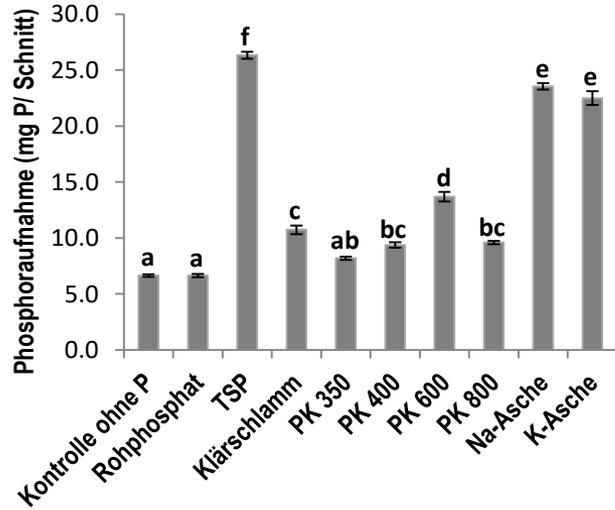
### AUSBLICK

In einem von der Kommission für Technologie und Innovation geförderten Verbundprojekt wird das Verfahren zurzeit weiterentwickelt. Dabei soll der Prozess weiter optimiert und im Grossmassstab pilotiert werden. Weiter soll eine Bewertung der agronomischen Effizienz, Anlagenauslegung, Kostenberechnung und Vertriebskonzept geplant.

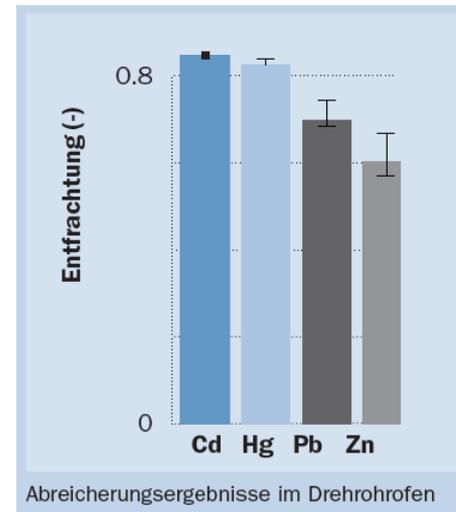
### LITERATUR

- [1] Verordnung vom 4. Dezember 2015 über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA)
- [2] Stemann, J., Papirer, B., Adam, C. Thermochemical treatment of sewage sludge ash with sodium salt addition for phosphorus fertilizer production – Analysis of underlying chemical reactions. *Waste manage.* 2015, 45, 583-590
- [3] Hossel et al., Sewage sludge ash – A promising secondary phosphorus source for fertilizer production. *Soil Biol Biochem.* 2015, 84: 1126-1143
- [4] Vogel, C., Oeggerli, O., Adam, C. Thermochemical treatment of sewage sludge ash with sodium addition under reducing conditions analyzed by *Soil Biol Biochem.* 2015, 112 (2), 1045-1051

# Resultate / Erkenntnisse



Diffractogramm der Mineralphasen vom Klärschlamm (rot) und dem Produkt (schwarz)



## Zusammensetzung der von Landor angebotenen PK-Dünger

Nährstoffe	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				K <sub>2</sub> O	Mg	Ca	S
	H <sub>2</sub> O	NAC <sup>2</sup>	2% Citr. <sup>3</sup>	H <sub>2</sub> O				
Fertical PK 0.10.15+1,5Mg+Kalk	10	10			15	1.5	20	0
Landor 0.10.30+3Mg	10	10			30	3	9	6
Landor 0.21.21+3Mg	21	17	4		21	3	7	2
Phosphat-Kali 0.11.20+1.8Mg+S	11		1	10	20	1.8	15	9
Phosphat-Kali 0.12.11+3Mg+S	12		2	10	11	3	17	11
Triphoska 0.10.25+2,4Mg+Kalk	10	5	2.5	2.5	25	2.4	10	4
<b>Recycling PK-Dünger<sup>1</sup></b>	13		13		23	1	7	2

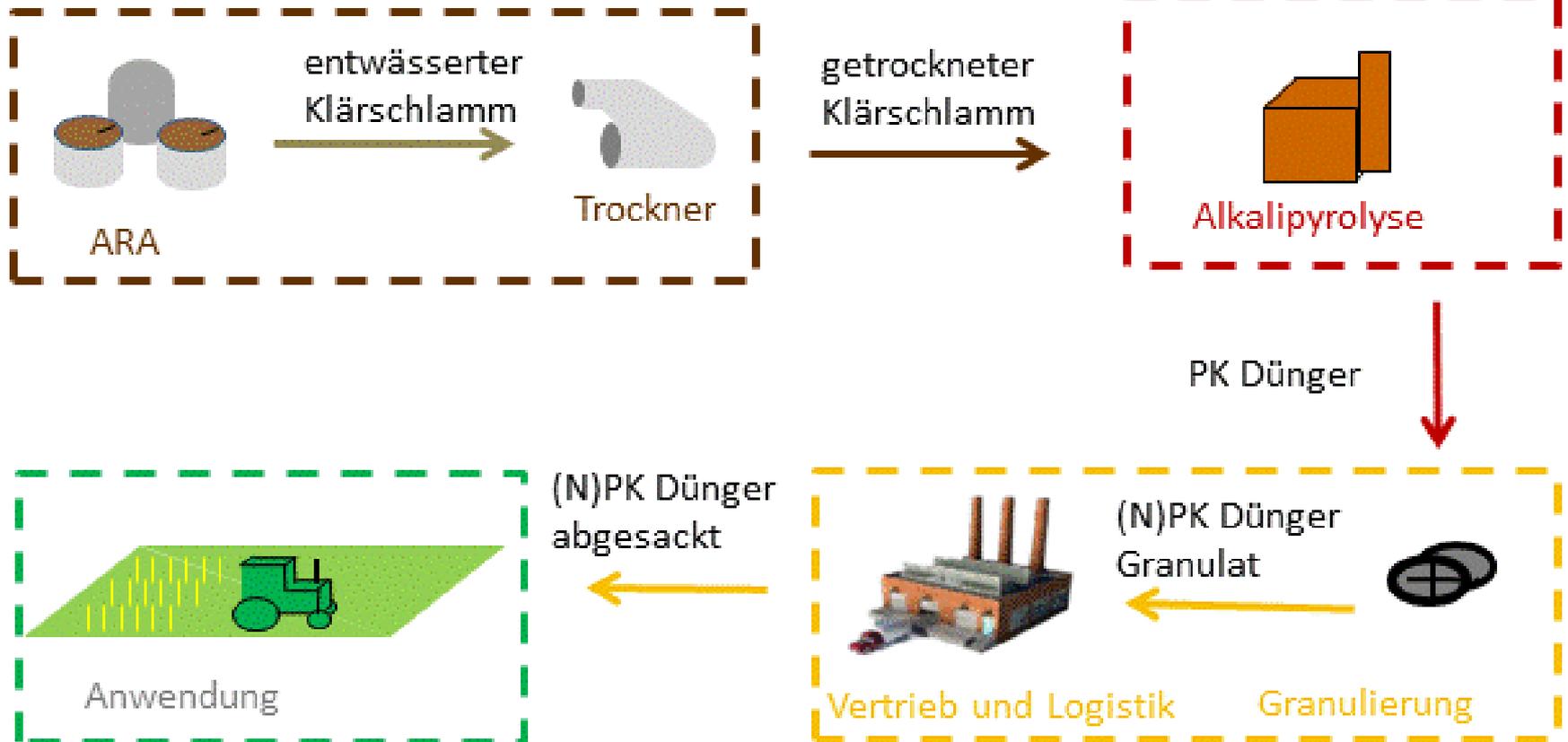
<sup>1</sup> hergestellt im Pilotmassstab mit Klärschlamm vom Abwasserverband Altenrhein

<sup>2</sup> NAC= Anteil des ammoniumcitratlöslichen Phosphors

<sup>3</sup> Löslichkeit in 2% Zitronensäure

Vergleich des Produkts mit kommerziellen Düngern

# Wertschöpfungskette



## Produkt

- Produktion eines P/K- resp. Mehrnährstoffdüngers möglich
- Absatzpotential grundsätzlich vorhanden

## Qualität

- Abreicherungsgrad Schwermetalle gut; Sensitivität zu vorliegenden Grenzwerten noch nicht abschliessend beantwortet
- P-Verfügbarkeit sehr gut

## Wirtschaftlichkeit / Technische Reife

- Aufgrund der 'einfachen' Verfahrenskombination sehr gut / günstig
- Grosstechnische Versuche nötig / in Arbeit

## Energetische / ökologische Bewertung

- Gute energetische Bilanz in Kombination mit Klärschlamm-trocknung
- Vielversprechend, v.a. in Kombination Fernwärme



**ABWASSERVERBAND  
ALTENRHEIN**  
WIR KLÄREN DAS

Abwasserverband Altenrhein  
Postfach 55  
Wiesenstrasse 32  
CH-9423 Altenrhein

Tel: +41 71 858 67 67  
Fax: +41 71 858 67 77  
[www.ava-altenrhein.ch](http://www.ava-altenrhein.ch)

