



„Phosphorrückführung aus Abfällen, insbesondere kommunalen Klärschlammern“ Leipziger Messe (Terratec), 7. April 2017 simul+Forum



Die Klärschlammpyrolyse als Schritt zum Phosphatrecycling

- 1.) Problem
- 2.) Lösungsvorschlag
- 3.) Anlagenkonzept
- 4.) Versuchsergebnisse
- 5.) Zusammenfassung und Ausblick
- 6.) Quellen und Hinweise



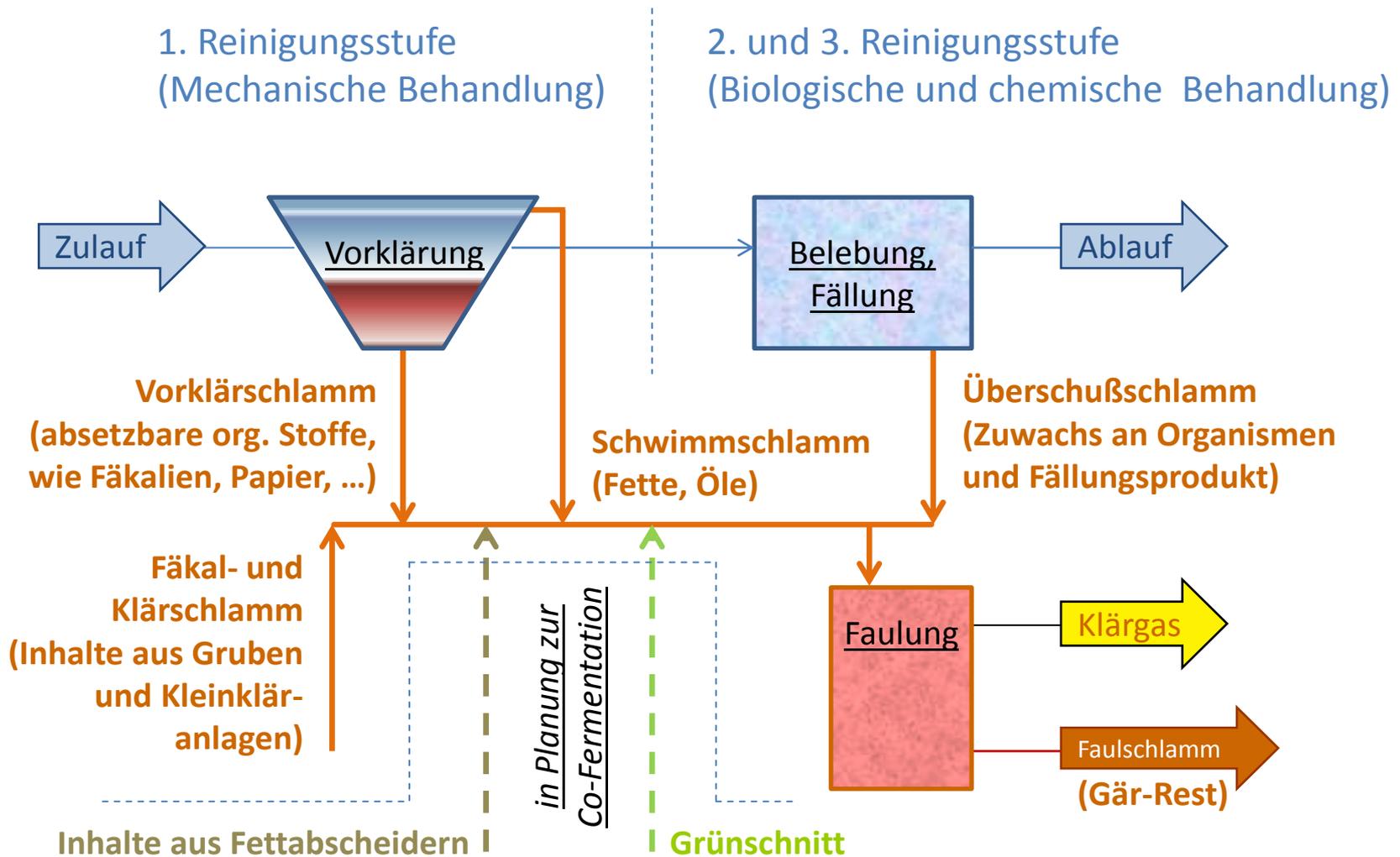
„Phosphorrückführung aus Abfällen, insbesondere kommunalen Klärschlämmen“ Leipziger Messe (Terratec), 7. April 2017 simul+Forum



Die Klärschlammpyrolyse als Schritt zum Phosphatrecycling

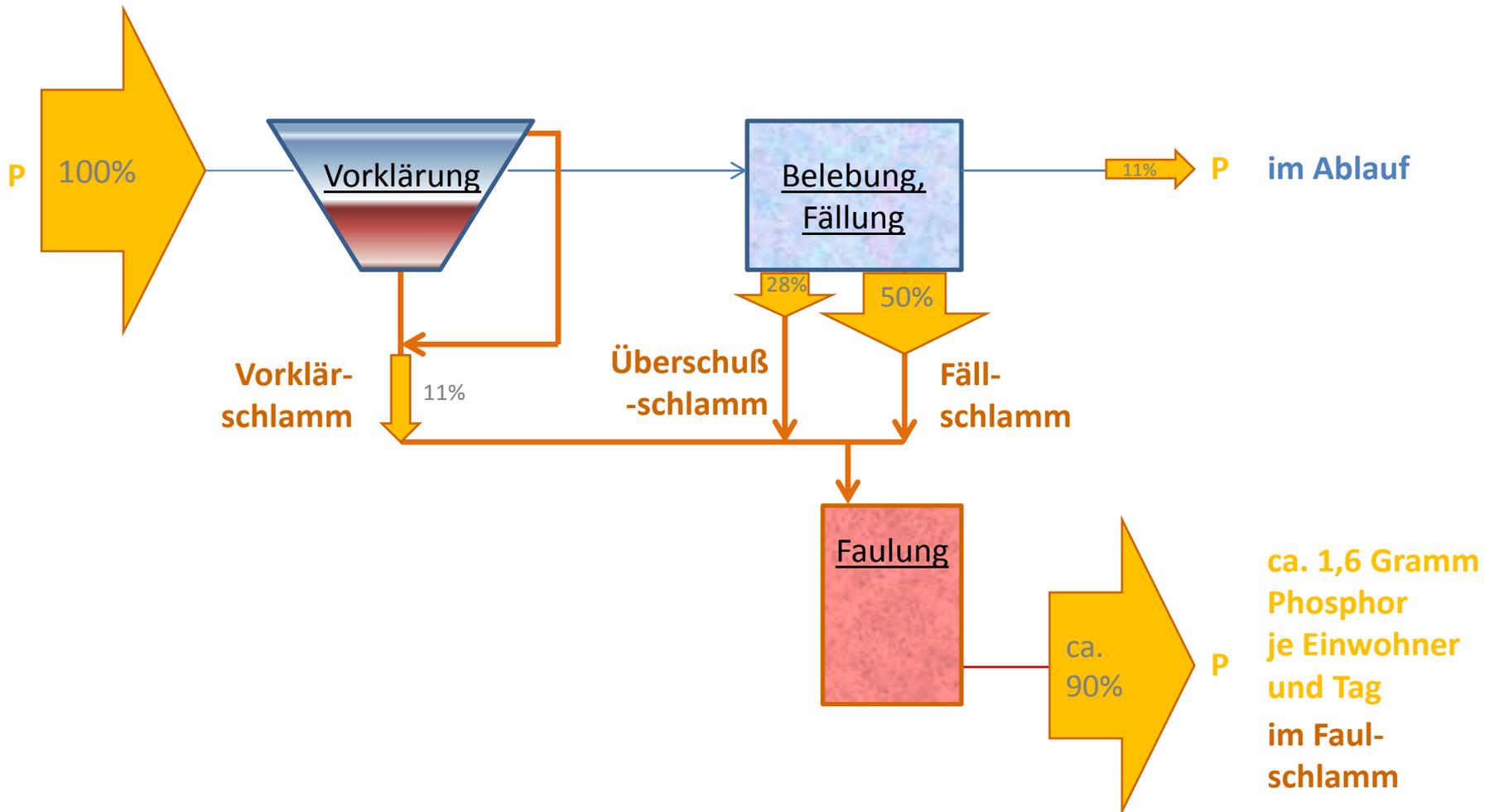
- 1.) Problem**
- 2.) Lösungsvorschlag
- 3.) Anlagenkonzept
- 4.) Versuchsergebnisse
- 5.) Zusammenfassung und Ausblick
- 6.) Quellen und Hinweise

- Prinzipieller Verlauf der Stoffströme auf der ZKA Niederfrohna

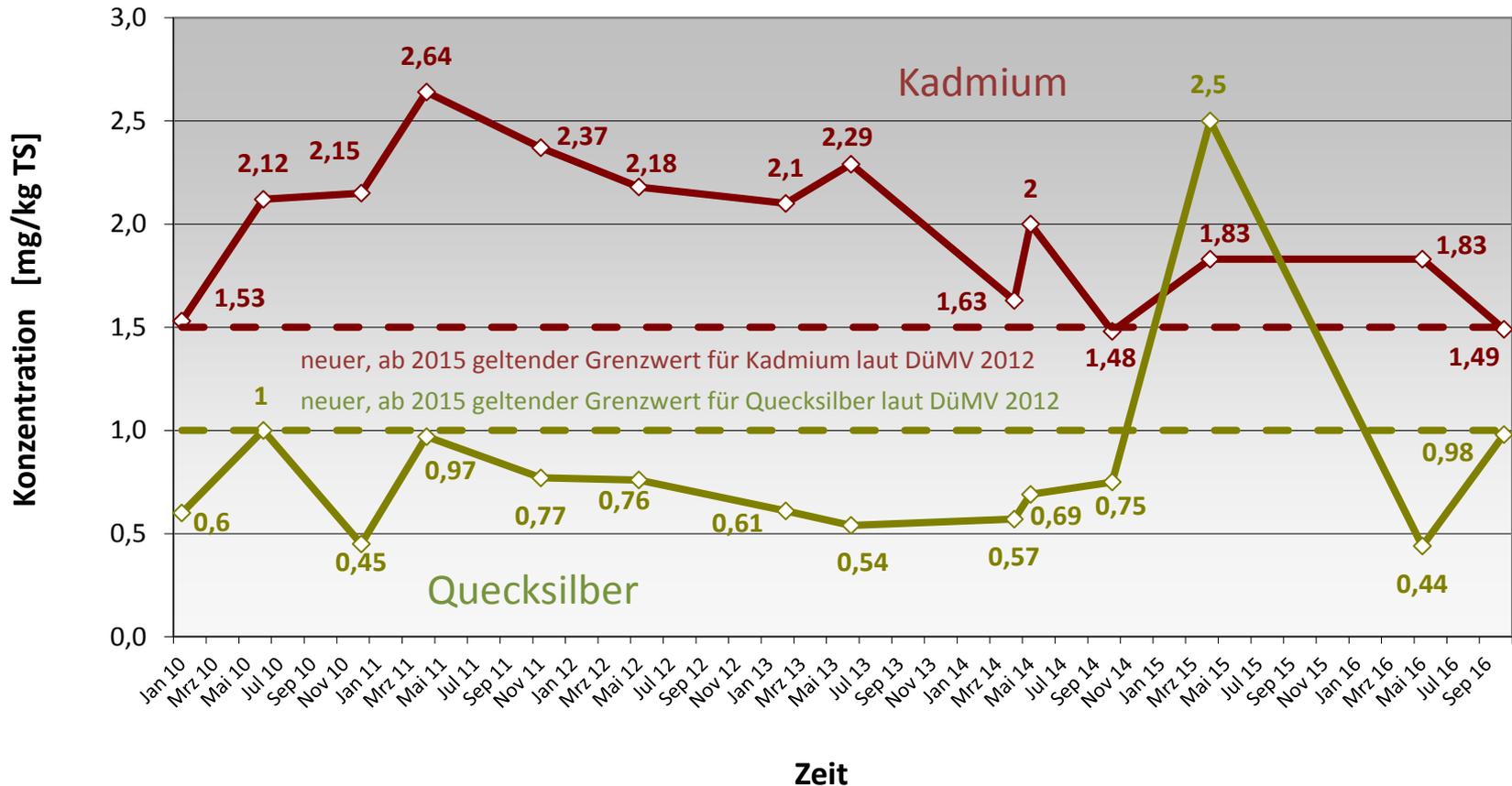


ca. 1,8 Gramm
Phosphor
je Einwohner
und Tag
im Zulauf

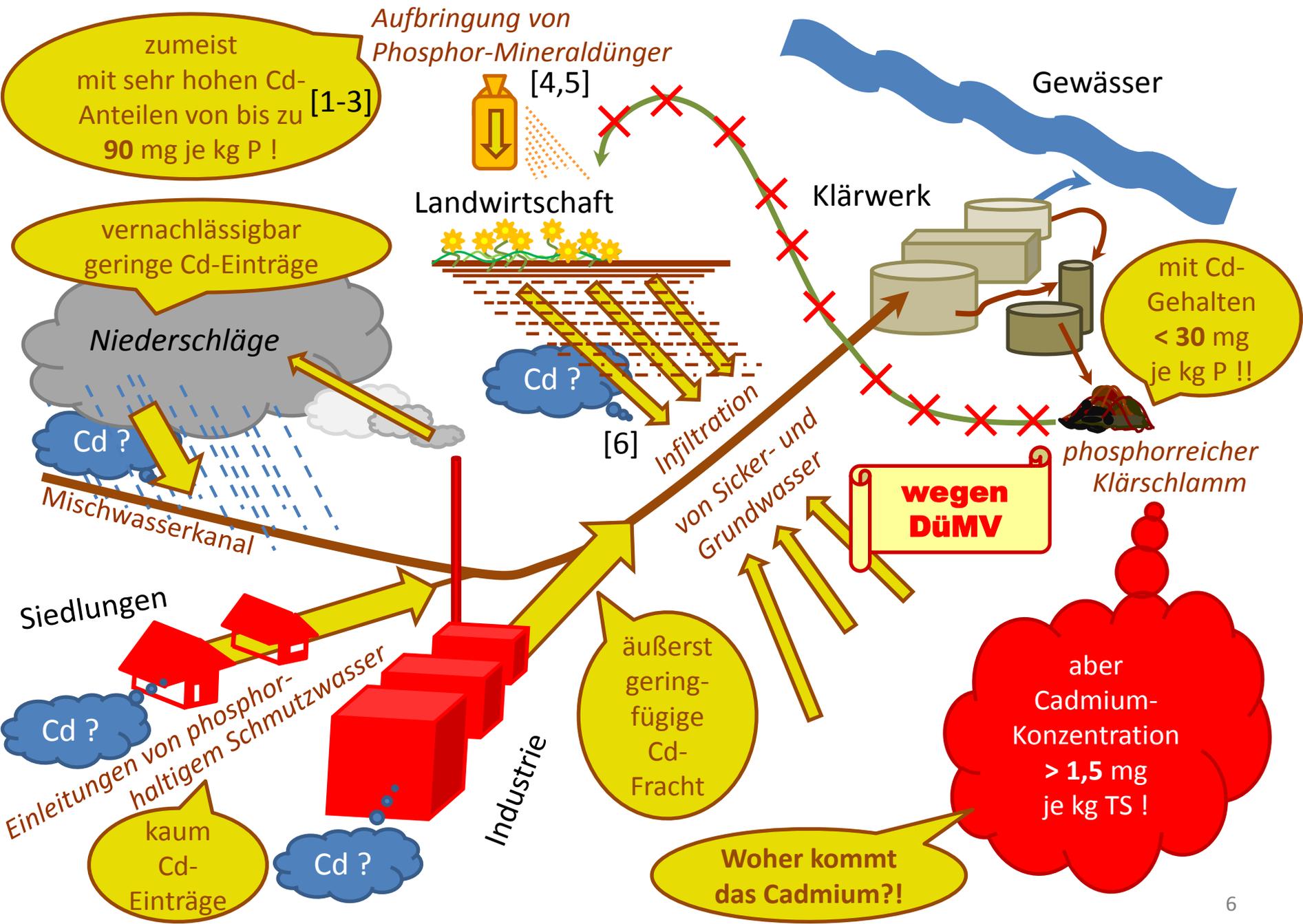
- Phosphorbilanz auf der ZKA Niederfrohna



- Entwicklung der für die Nutzung der Klärschlamme aus der ZKA Niederfrohna in der Landwirtschaft oder im Landbau problematischen Schadstoffgehalte



- Der Grenzwert für Kadmium wird fast durchweg erheblich überschritten!
- Der Parameter Quecksilber ist als kritisch anzusehen, denn der Grenzwert wird hin und wieder erreicht bzw. überschritten.



- weitere rechtliche Hinderungsgründe für die Verwertung wie früher:
 1. Der Klärschlamm muß keimfrei sein!
 - z.B. durch thermische Desinfektion wie etwa von Bioabfällen tierischer Herkunft zur Futtermittelherstellung. Vollständige Hygienisierung ist aber extrem aufwendig.
 2. Bei der Schlammentwässerung dürfen nur Flockungshilfsmittel (FHM) eingesetzt worden sein, die sich im Boden gut zersetzen.
 - einzige natürliche Alternative (Chitosan) wäre aus China zu beziehen, ist nicht in ausreichendem Maße verfügbar und kostet ein Vielfaches der üblichen synthetischen Polymere
 - es gibt nach wie vor kein einheitliches Analyseverfahren zur Bestimmung von FHM in Böden. Dadurch sind auch keine Aussagen zu deren Beständigkeit in Böden möglich.
- außerdem: generell entgegenstehendes Interesse der Bundesregierung. Zitat aus dem Koalitionsvertrag der „großen Koalition“:

„Wir werden die Klärschlammausbringung zu Düngezwecken beenden.“



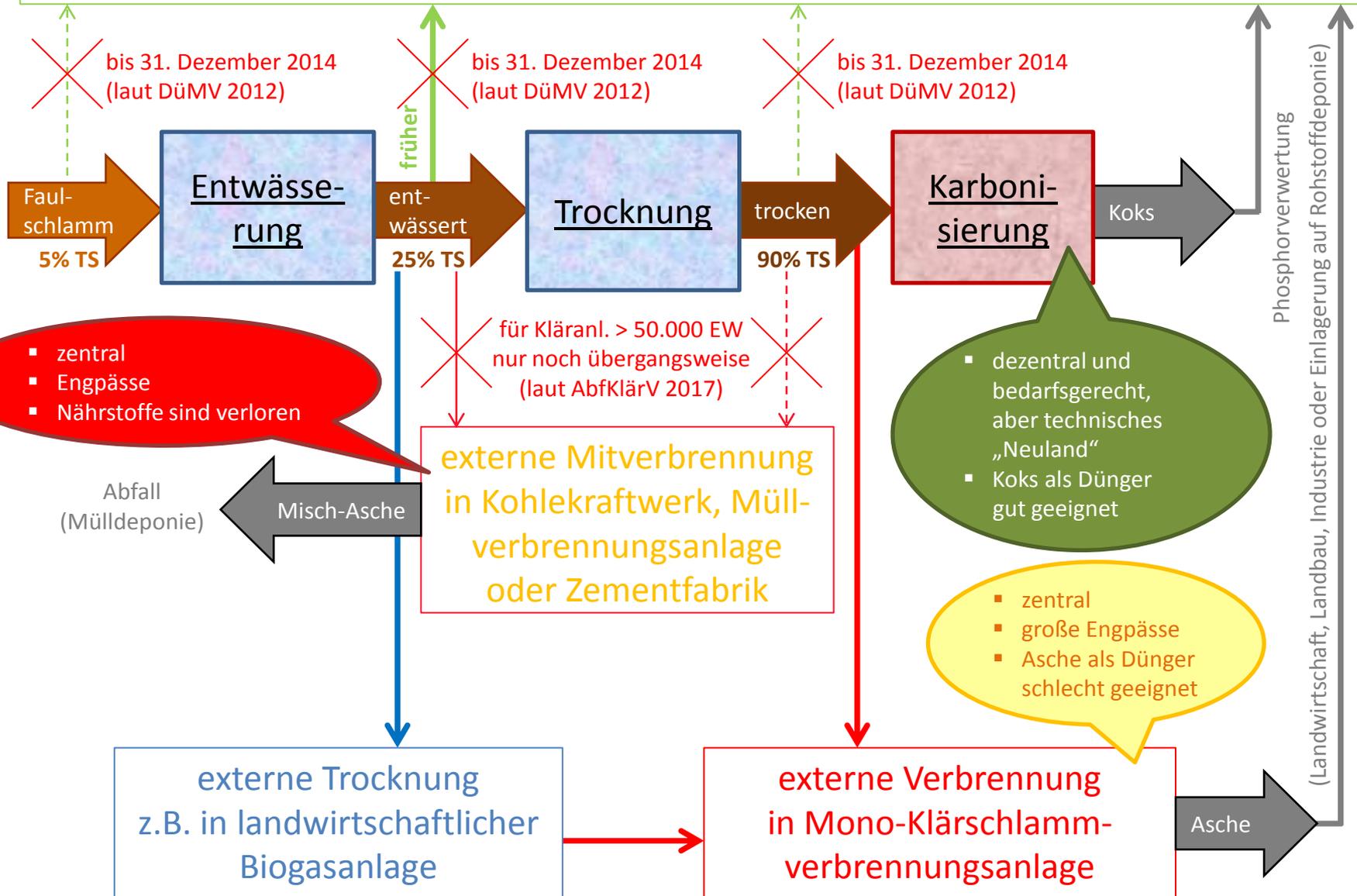
„Phosphorrückführung aus Abfällen, insbesondere kommunalen Klärschlammern“ Leipziger Messe (Terratec), 7. April 2017 simul+Forum



Die Klärschlamm-**pyrolyse** als Schritt zum Phosphatrecycling

- 1.) Problem
- 2.) Lösungsvorschlag**
- 3.) Anlagenkonzept
- 4.) Versuchsergebnisse
- 5.) Zusammenfassung und Ausblick
- 6.) Quellen und Hinweise

landwirtschaftliche oder landbauliche Verwertung





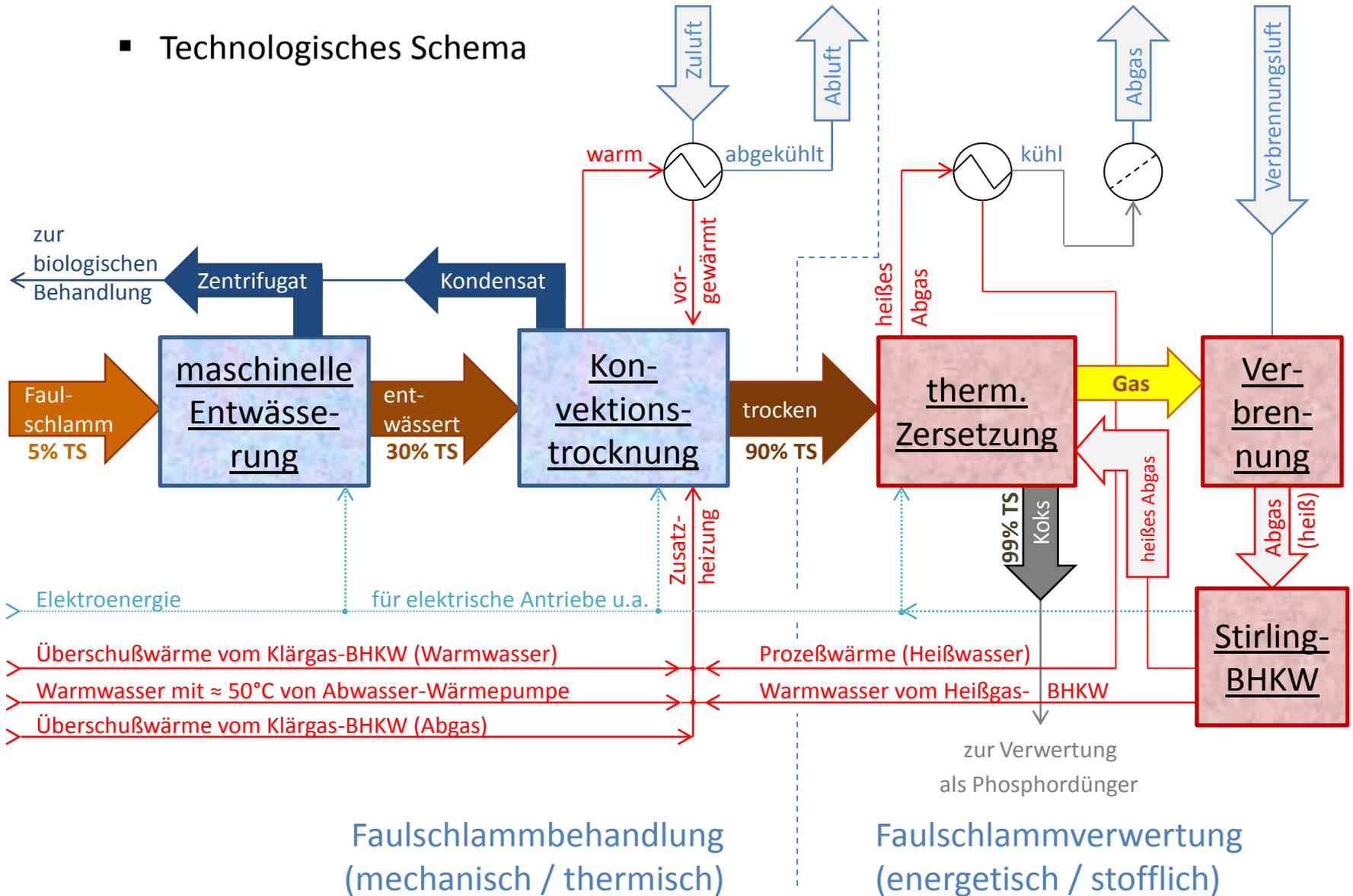
„Phosphorrückführung aus Abfällen, insbesondere kommunalen Klärschlämmen“ Leipziger Messe (Terratec), 7. April 2017 simul+Forum



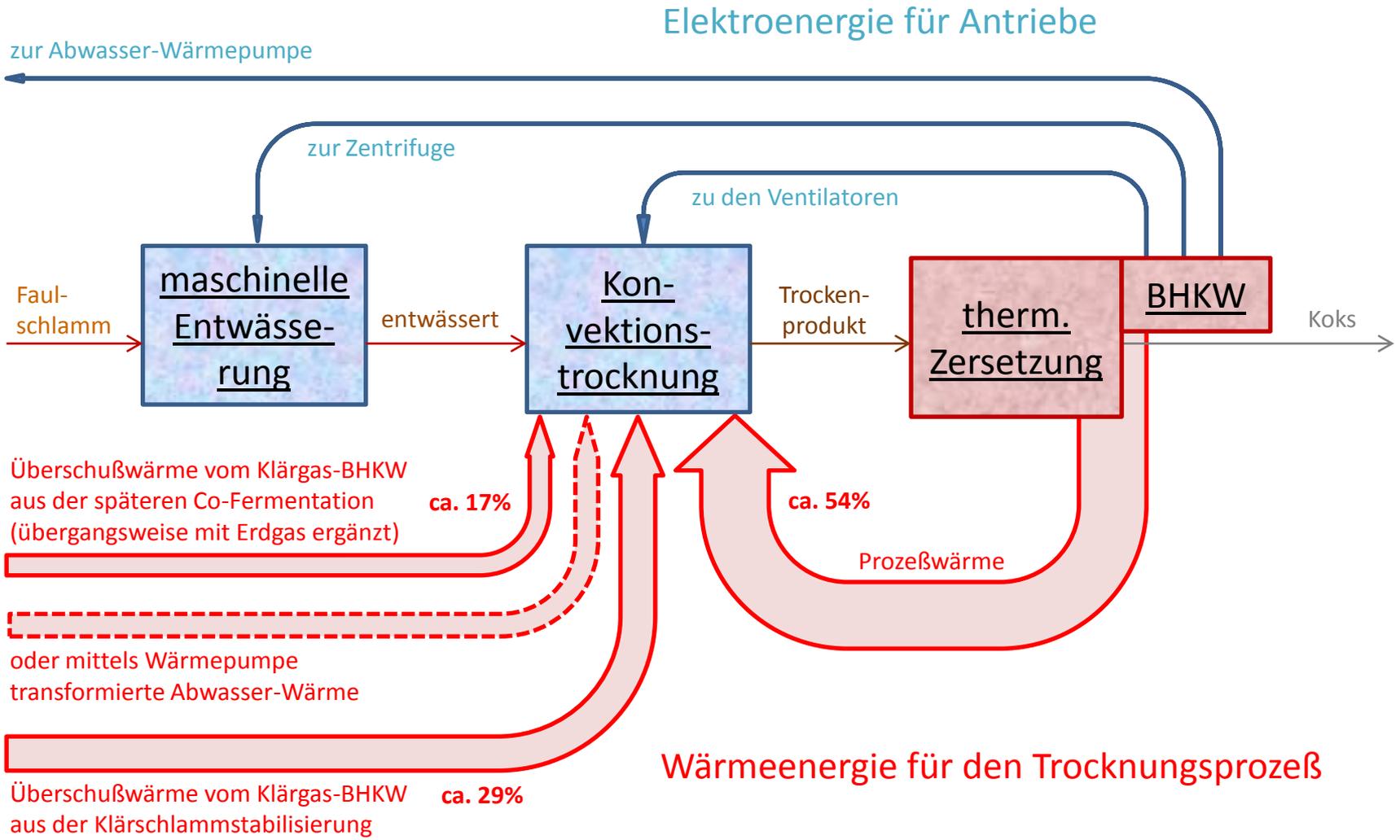
Die Klärschlammpyrolyse als Schritt zum Phosphatrecycling

- 1.) Problem
- 2.) Lösungsvorschlag
- 3.) Anlagenkonzept**
- 4.) Versuchsergebnisse
- 5.) Zusammenfassung und Ausblick
- 6.) Quellen und Hinweise

▪ Technologisches Schema

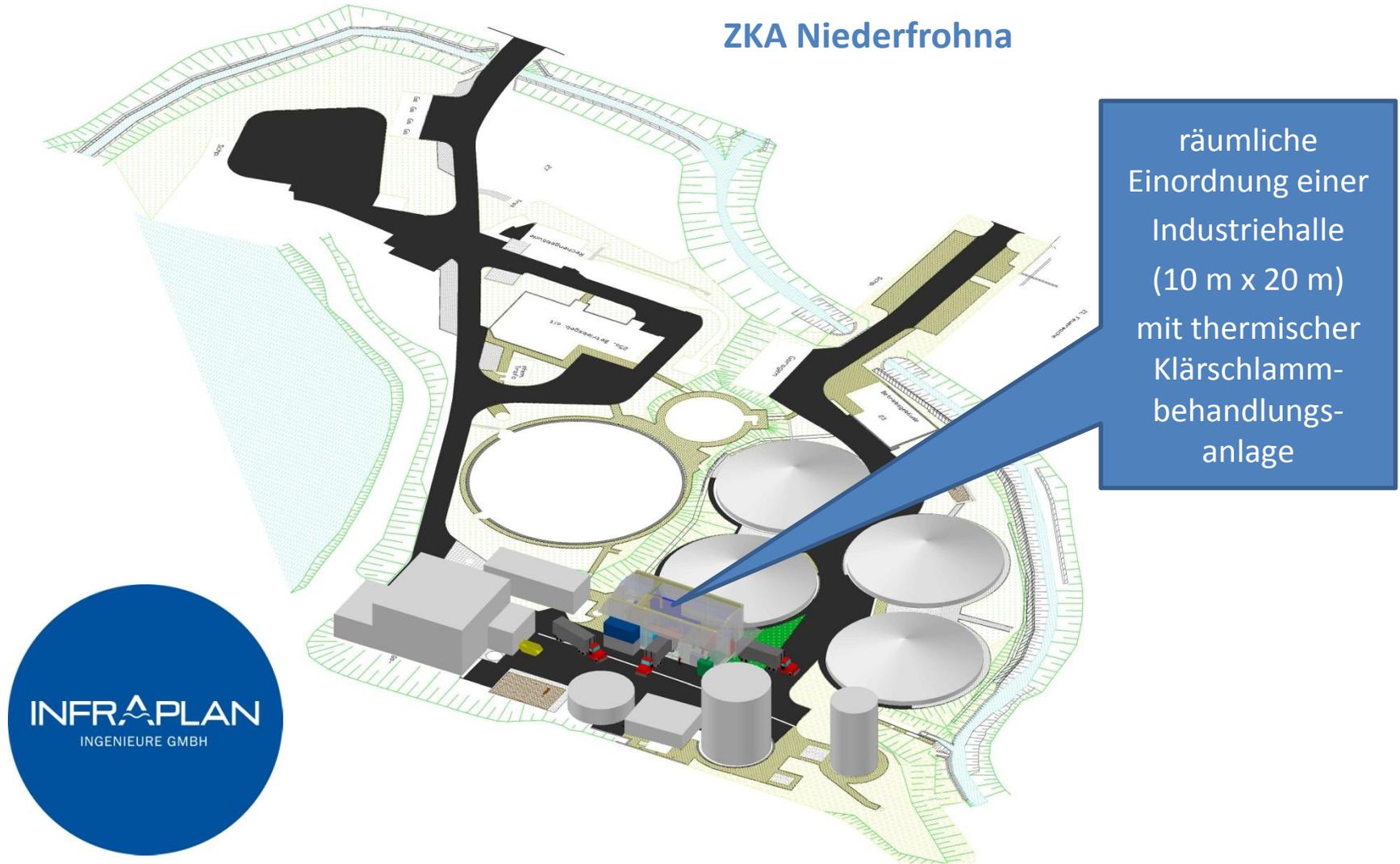


▪ Energiefluß-Diagramm

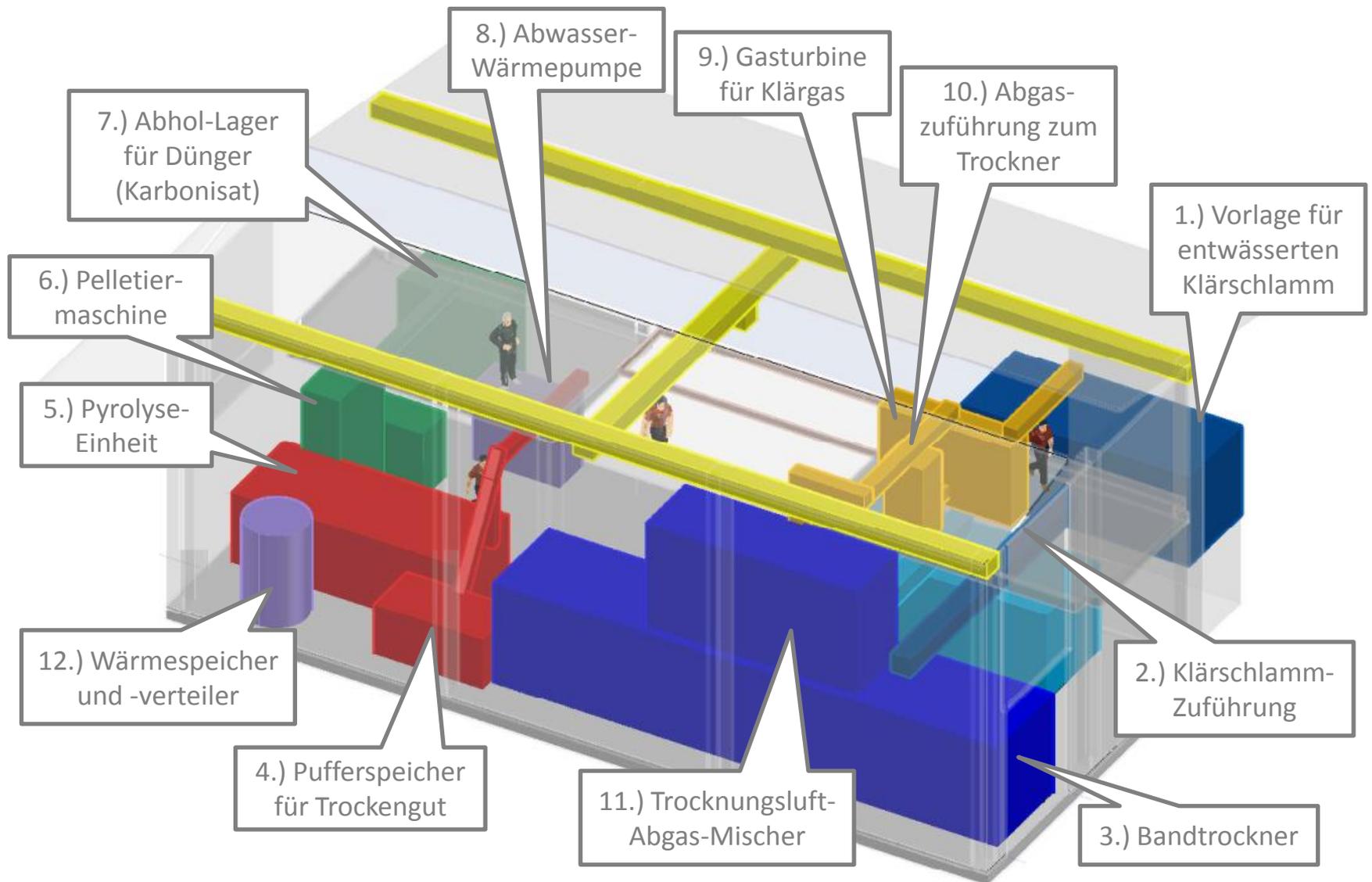


- Übersichtslageplan

ZKA Niederfrohna



▪ Aufstellungsplan





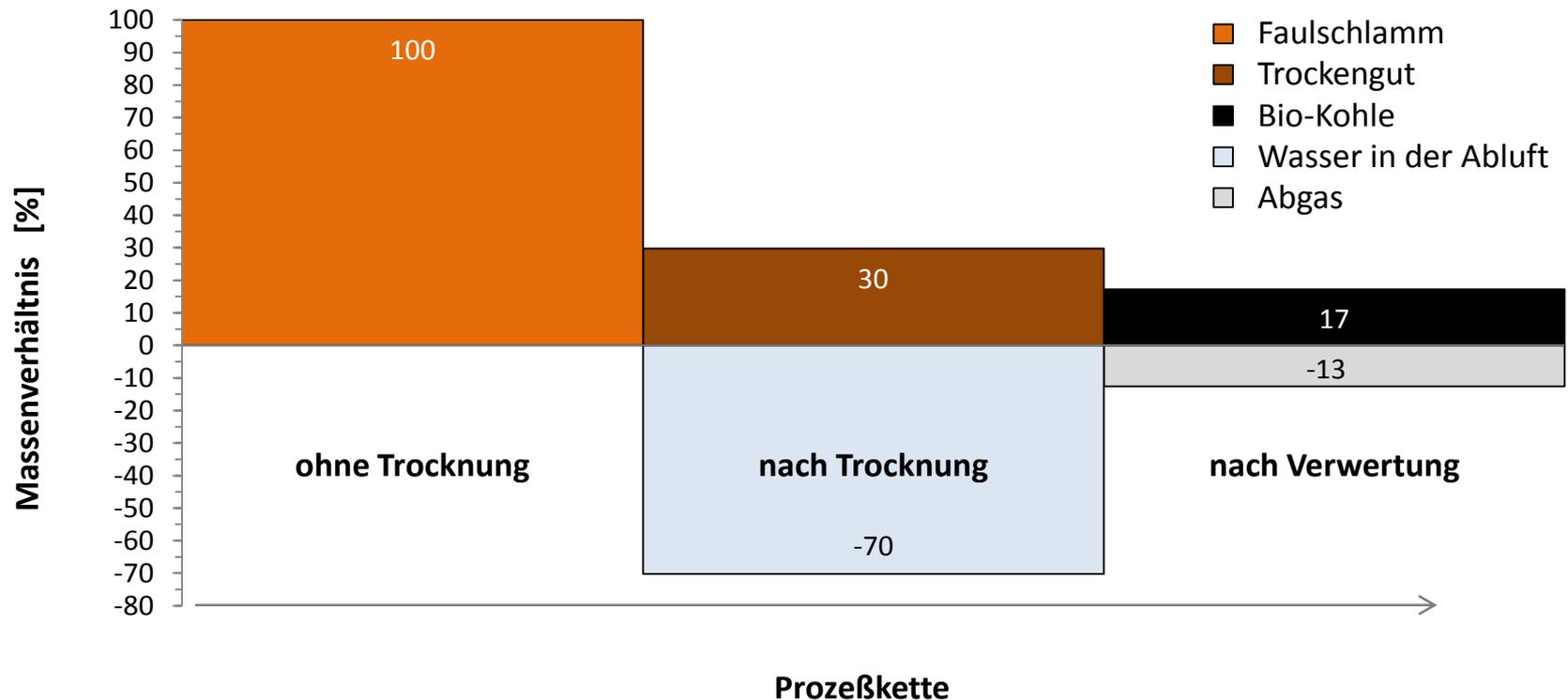
„Phosphorrückführung aus Abfällen, insbesondere kommunalen Klärschlammern“ Leipziger Messe (Terratec), 7. April 2017 simul+Forum



Die Klärschlamm-*pyrolyse* als Schritt zum Phosphatrecycling

- 1.) Problem
- 2.) Lösungsvorschlag
- 3.) Anlagenkonzept
- 4.) Versuchsergebnisse**
- 5.) Zusammenfassung und Ausblick
- 6.) Quellen und Hinweise

- Massenreduktion bei der thermischen Klärschlammbehandlung auf der ZKA Niederfrohna (Vorversuche im großtechnischen Maßstab)



- Die Menge verringert sich um mehr als 80 Prozent.
- Durch die thermische Zersetzung (Karbonisierung) wird der Hauptteil der im ausgefaulten Schlamm noch enthaltenen Energie verwertet.

- Bio-Kohle aus kommunalem Klärschlamm von der ZKA Niederfrohna (Karbonisat)
je nach Anwendung ...



... als körniges Pulver
→ gut mischbar mit
anderen Düngern



... oder pelletiert
($\varnothing \approx 5$ mm und Länge 10 bis 20 mm)
→ gut lager- und handhabbar,
weil staubfrei

- Zusammensetzung von ausgefaultem Klärschlamm (Trockenprodukt-TP) und dem daraus erzeugten Karbonisat (Pyrolysekoks-PK) im Vergleich [7]:

Allgemeine Parameter	TP	PK	Δ	Einheit
TS	91,5	99,8	9,1%	% in der OS
oTS (Glühverlust)	57,6	24,3	-57,8%	% in der TS
pH	7,0	10,0	42,9%	in der OS
Heizwert	11.030	8.702	-21,1%	kJ/kg OS

= Kohle

Nährstoffe				
Gesamtstickstoff (N)	4,0	1,2	-70,0%	% in der OS
Ammoniumstickstoff (NH ₄ -N)	0,41	< 0,050	> -87,8%	% in der OS
Phosphat ges. (als P ₂ O ₅)	7,34	12,6	71,7%	% in der TS
davon leicht pflanzenverfügbar	88,6	76,3	-13,9%	% des P ₂ O ₅
Kalium ges. (als K ₂ O)	0,254	0,538	111,8%	% in der TS
Magnesium ges. (als MgO)	0,774	1,38	78,3%	% in der TS
Calcium ges. (als CaO)	3,29	5,49	66,9%	% in der TS
Basisch wirksame Stoffe	2,45	2,81	14,7%	% in der TS

✓ !!!

Schwermetalle	TP	PK	Δ	Grenzwert	Einheit
Blei	48,9	64,3	31,5%	150	mg/kg TS
Cadmium	1,77	0,507	-71,4%	1,5	mg/kg TS
spezifisch (bezogen auf P ₂ O ₅)	24,1	≤ 4,0	≥ -83,3%	50	mg/kg P ₂ O ₅
Chrom	91	110	20,9%	300	mg/kg TS
Kupfer	290	380	31,0%	800	mg/kg TS
Nickel	40	43	7,5%	80	mg/kg TS
Quecksilber	0,81	< 0,05	> -93%	1	mg/kg TS
Zink	1.350	2.090	54,8%	2.500	mg/kg TS
Organische Inhaltsstoffe					
AOX	171	153	-10,5%	400	mg/kg TS
PCB (180)	0,003	< 0,001	> -66,7%	0,1	mg/kg TS
Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und -furane					
PCDD (2,3,7,8-Tetra CDD)	< 1,0	< 1,0	0,0%		ng/kg TS
TCDD-Toxizitätsäquivalente	5	0	-100%	100	TE



< Nachweisgrenze

Perfluorierte Tenside (PFT)	TP	PK	Δ	Grenzwert	Einheit
PFT (gPFOS)	< 10	< 10	0,0%	100	$\mu\text{g}/\text{kg TS}$
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)					
PAK nach EPA	5,16	0,00	-100%		$\text{mg}/\text{kg TS}$
Benzo(a)pyren [B(a)P]	0,228	< 0,05	> -78,1%	1	$\text{mg}/\text{kg TS}$





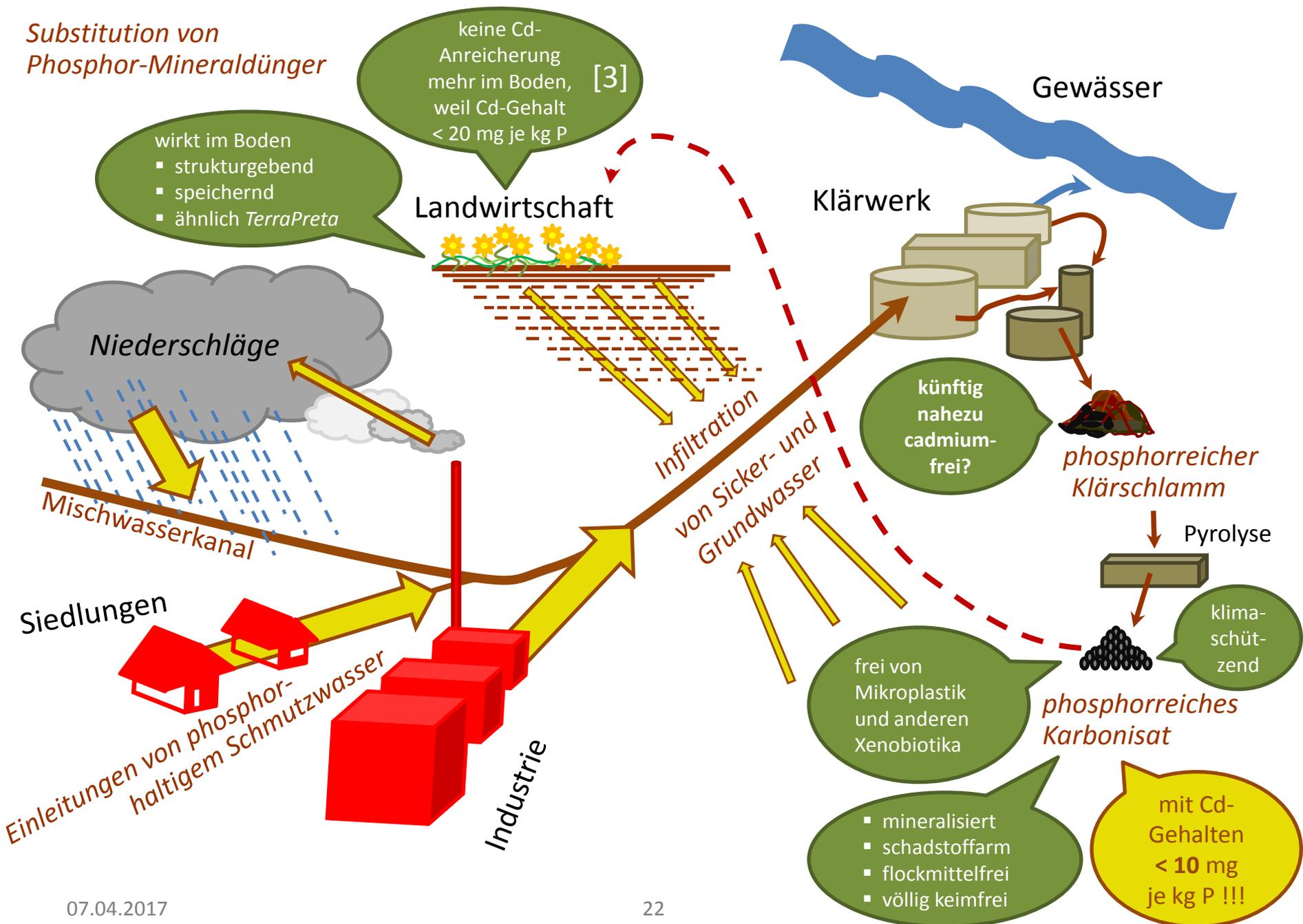
„Phosphorrückführung aus Abfällen, insbesondere kommunalen Klärschlammern“ Leipziger Messe (Terratec), 7. April 2017 simul+Forum



Die Klärschlamm-*pyrolyse* als Schritt zum Phosphatrecycling

- 1.) Problem
- 2.) Lösungsvorschlag
- 3.) Anlagenkonzept
- 4.) Versuchsergebnisse
- 5.) Zusammenfassung und Ausblick**
- 6.) Quellen und Hinweise

Substitution von Phosphor-Mineraldünger



- Zusammenfassung und Ausblick:

1. Ist die naheliegende Anwendung von Klärschlammkarbonisat als Substitut für herkömmlichen P-Mineraldünger als einfachste Lösung für unmittelbares Phosphor-Recycling tatsächlich möglich?

- binnen dreier Jahre wurden vier Großversuche mit unterschiedlichen Pyrolyse-Apparaten unter umfangreicher analysetechnischer Begleitung absolviert
- Klärschlamm-Karbonisat erscheint hinsichtlich seiner Zusammensetzung als ein wertvoller, wirksamer, schadstoffarmer und umweltfreundlicher P-Dünger
- entspricht den neuesten gesetzlichen Anforderungen an Düngemittel
- Interesse und Nachfrage seitens der Landwirtschaft sowie der Düngemittelindustrie ist gegeben
- Antrag auf Zulassung als Düngemittel wurde beim BMEL gestellt
 - näheres insbesondere zur positiven Wirkung der Bio-Kohle wird sich aus wissenschaftlichen Pflanzenversuchen ergeben (Beuth Hochschule für Technik Berlin)
 - Aufnahme in die Tabelle der DüMV ist bei nächster Gelegenheit zu erwarten

2. Läßt sich eine in bedarfsgerecht erweiterbarer Container-Modulbauweise konzipierte dezentrale Karbonisierungsanlage für phosphorreichen Klärschlamm platzsparend in eine übliche kommunale Kläranlage einbinden, mit dem Klärwerkpersonal im Dauerbetrieb technisch beherrschen sowie grundsätzlich energieautark, umweltschonend und wirtschaftlich betreiben?
- Vorhaben des Zweckverbandes Frohnbach der Errichtung und des Betriebes einer Versuchsanlage als Demonstrations- und Modellvorhaben auf dem Standort seiner ZKA in Niederfrohna
 - verfahrenstechnische Berechnungen sind erledigt
 - Entwurfsplanung ist fertig
 - Genehmigungsplanung liegt vor
 - behördliches Genehmigungsverfahren läuft
 - Ausführungsplanung im Gange
 - Bewilligungsbescheid für staatliche Fördermittel aus dem Klimaschutzprogramm des Freistaates Sachsen wird erwartet
 - geplanter Baubeginn für das genehmigte Vorhaben: Ende 2017
 - vorgesehene Aufnahme des Versuchsbetriebes: Ende 2018



„Phosphorrückführung aus Abfällen, insbesondere kommunalen Klärschlammern“ Leipziger Messe (Terratec), 7. April 2017 simul+Forum



Die Klärschlamm-**pyrolyse** als Schritt zum Phosphatrecycling

- 1.) Problem
- 2.) Lösungsvorschlag
- 3.) Anlagenkonzept
- 4.) Versuchsergebnisse
- 5.) Zusammenfassung und Ausblick
- 6.) Quellen und Hinweise**

- Quellen und Hinweise:

- [1] Dittrich, B.; Klose, R. (2008): „Schwermetalle in Düngemitteln“, Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 3/2008, unter Verwendung der Ergebnisse der amtlichen Düngemittelverkehrskontrolle des Freistaates Sachsen in den Jahren 2007 und 2008
- [2] Zwar sind nach der (deutschen) DüMV hier nur Mineraldünger zulässig, die einen Cadmiumgehalt von 50 mg je kg P_2O_5 nicht überschreiten. Gleichwohl kennt das höherstehende europäische Düngemittelrecht für Mineraldünger überhaupt keine Grenzwerte. Somit können ungeachtet der Bestimmungen der DüMV auch in Deutschland sogenannte „EU-Dünger“ mit beliebig hohen Schwermetallgehalten gehandelt und als Dünger verwendet werden, denn es gilt das Gebot der grundsätzlich uneingeschränkten Handelsfreiheit.
- [3] Der wissenschaftliche Ausschuss für Toxikologie, Ökotoxikologie und Umwelt der Europäischen Union (SCTEE) geht davon aus, daß geringe Cadmiumgehalte in Düngemitteln von nicht mehr als 20 mg je kg P_2O_5 tendenziell nur eine relativ langsame Anreicherung im Boden oder ...

... günstigstenfalls über einen Zeitraum von hundert Jahren gesehen sogar eine Verringerung erwarten lassen. Demgegenüber ist bei hohen Cadmiumgehalten ab 60 mg je kg P₂O₅ über denselben Zeitraum mit einer relativ hohen Anreicherung in Ackerböden zu rechnen.

Dittrich, B. (2009): „Cadmiumaustrag über Düngemittel“, BfR-Statusseminar „Cadmium – Neue Herausforderungen für die Lebensmittelsicherheit“, 7. Juli 2009, S. 7

- [4] Laut Umweltbundesamt (UBA) werden in Deutschland mit mineralischen Phosphatdüngemitteln jedes Jahr rund 167 Tonnen Uran auf landwirtschaftliche Flächen verbracht. Allein von 1951 bis 2009 sind so bis zu 13.000 Tonnen Uran auf bundesdeutsche Felder verteilt worden. www.foodwatch.org/de/informieren/uran-im-wasser/mehr-zum-thema/fragen-antworten/, aufgerufen am 15. März 2017, 16.04 Uhr
- [5] Hijri, M. (2013): Lediglich rund 15% der Phosphorgaben werden von den Pflanzen aufgenommen und etwa 80% einer jeden dem Boden zugeführten Phosphordosis bleiben nutzlos und gehen verloren, werden ausgewaschen, belasten also das Grund- und Oberflächenwasser. www.ted.com/talks/mohamed_hijri_a_simple_solution_to_the_coming_phosphorus_crisis/transcript?language=de, aufgerufen am 15. März 2017, 15.53 Uhr

[6] Seit Jahren mehren sich in Deutschland Fälle von Grenzwertüberschreitungen bezüglich der Konzentration von Uran im Grundwasser im Zusammenhang mit der Gewinnung von Trinkwasser.

www.foodwatch.org/presse/pressemitteilungen/uran-im-trinkwasser-bedenklich-hohe-belastung-in-13-bundeslaendern-bundesregierung-nimmt-unnoetige-gesundheitsrisiken-fuer-kinder-in-kauf/,

aufgerufen am 15. März 2017, 17.42 Uhr

[7] Auszug aus den Prüfberichten 1094032-409282/409283, 1094032-409284 und 1804602-161064 des AGROLAB-Untersuchungslabors AWV-Dr. Busse GmbH, Plauen, zum vierten kontinuierlichen großtechnischen Pyrolyse-Versuch mit Klärschlamm von der zentralen Kläranlage in Niederfrohna im Maßstab 1:1 am 17. August 2016