Zukunft der Klärschlammverwertung

M. Barjenbruch

TU Berlin, FG Siedlungswasserwirtschaft, Sekr. TIB 1B 16

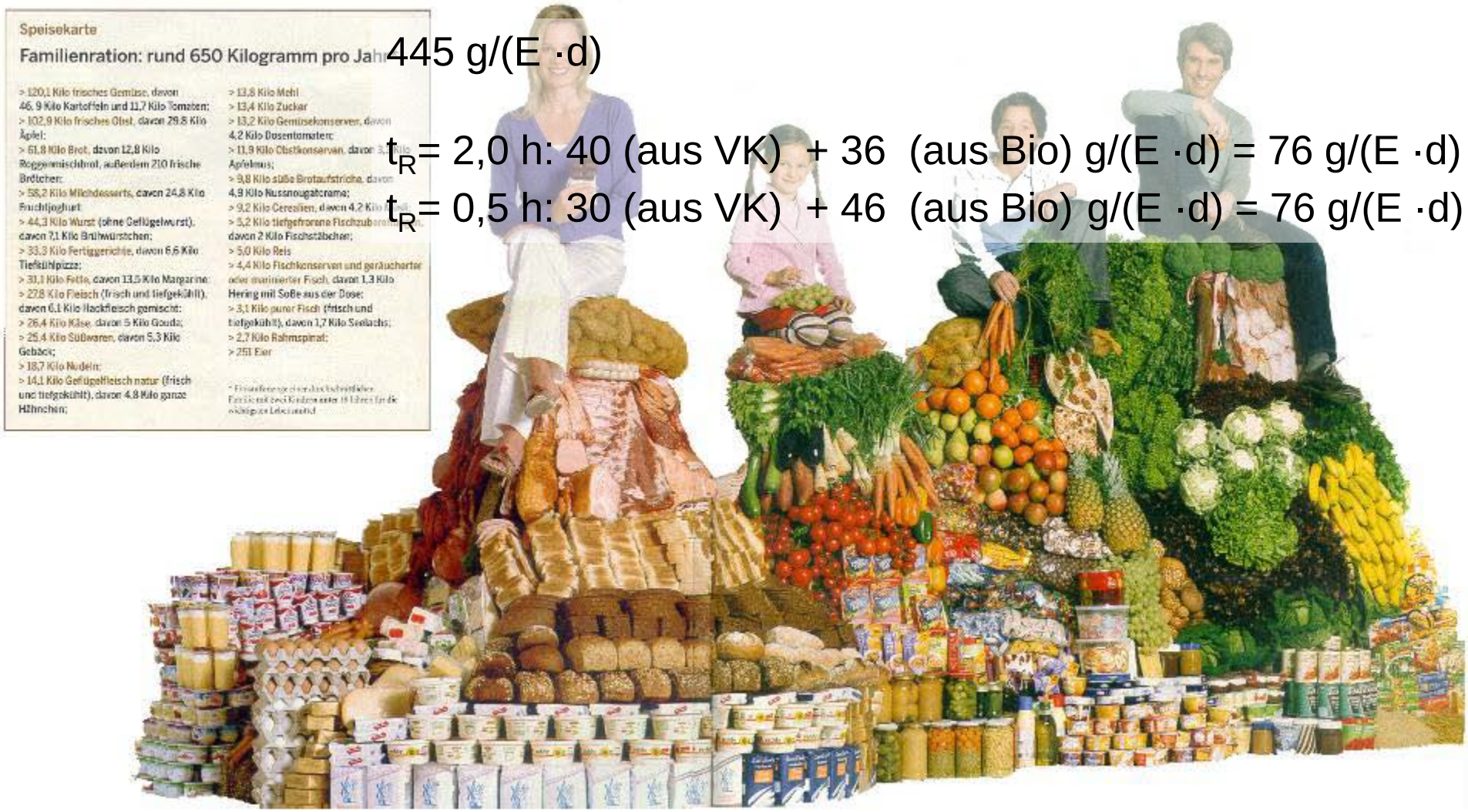
Gustav-Meyer-Allee 25, D - 13355 Berlin
Tel.: +49 / (0) 30 / 314 72246; Fax: +49 / (0) 30 / 314 72248
e-mail: matthias.barjenbruch@tu-berlin.de

Nutzen und Gefahren des Klärschlamms

- **Kann wertvoll sein:**
  Nährstoffe, Stickstoff, Phosphor, organischer Dünger

- **Kann schädlich sein:**
  Hygiene
  Schwermetalle
  nicht abbaubare organische Stoffe (z.B. AOX)
  Arzneimittel,endokrine Substanzen
  „BSE-Erreger“ ⇨ PFT
- Psychologie

Schlammmenge



445 g/(E ·d)

t_R = 2,0 h: 40 (aus VK) + 36 (aus Bio) g/(E ·d) = 76 g/(E ·d)

t_R = 0,5 h: 30 (aus VK) + 46 (aus Bio) g/(E ·d) = 76 g/(E ·d)

Klärschlammentsorgungswege in Deutschland 2010; ca. 1,9 mio. t KS/a

Europa ca.10 mio. t KS/a;

Entsorgungsweg	2004	2007	2010	Prognose 20015
Deponierung	4%	0%	0%	0%
Landwirtschaft	31%	29%	30%	25%
Verbrennung	35%	49%	53%	65%
Landschaftsbau	27%	18%	14%	10%

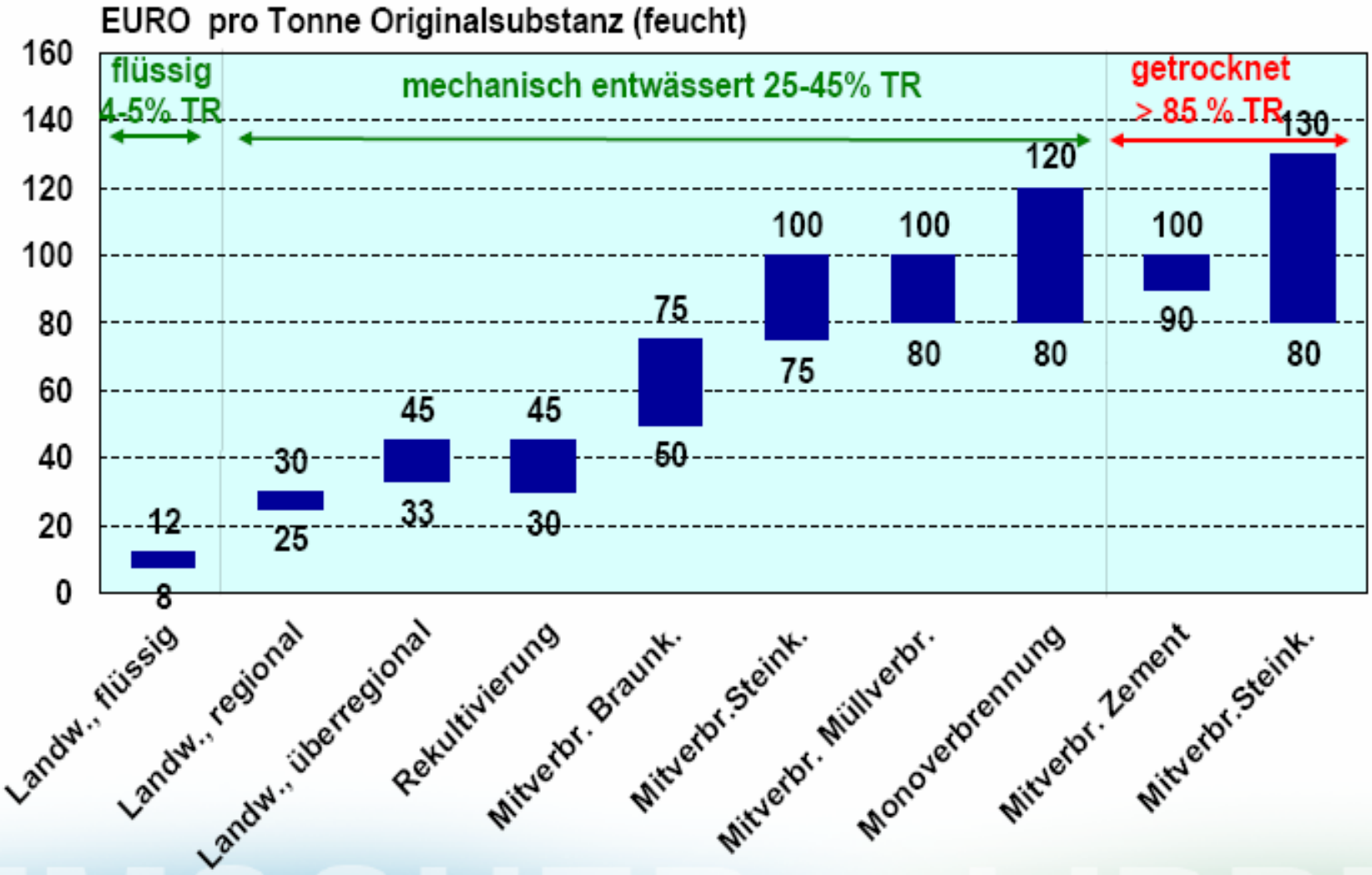
Nach Könemann 2009

Klärschlammenge

Situation DWA-Nord-Ost (2010)

- Brandenburg: (3.514.000 E (Ausbau))
  - Gesamtanfall 2010: ca. 87.906 t TM (25 kg/(E·a))
  - 23% werden landwirtschaftlich verwertet
- Mecklenburg-Vorpommern (3.193.000 E (Ausbau))
  - Gesamtanfall 2010: ca. 36.253 t TM Klärschlamm (11,3 kg/(E·a))
  - 89% werden landwirtschaftlich verwertet
- Sachsen-Anhalt (4.464.000 E (Ausbau))
  - Gesamtanfall 2010: 60.287 t TS (13,5 kg/(E·a))
  - Landwirtschaftliche Verwertung 33%
- Berlin (4.303.000 E (Ausbau))
  - Gesamtanfall 2010: 41.320 t TM (9,6 kg/(E·a))
  - Ca. 50% Monoverbrennung; Rest: Mitverbrennung

Kosten der Klärschlammentsorgung in Deutschland (Stand 2006)



Ziele der Schlammbehandlung

- **Stabilisieren**
  - Verringerung der organischen Substanz und der Geruchsstoffe
  - Verbesserung der Entwässerbarkeit
  - Reduzierung der Krankheitserreger
- **Hygienisieren (Pasteurisieren)**
  - Vermeiden der Verbreitung von Krankheitserregern (z.B. Wurmeier)
- **Volumenverminderung**
  - Verringerung des Transportvolumens und des Stapelraums
- **Stapelung**
  - Entkopplung von Anfall des Schlammes und zeitlicher Nutzung
- **Verwertung oder schadlose Endlagerung**
  - Nutzung im Substrat enthaltener Energien (z.B. Biogas)
  - Erhalt der Düngekomponenten
  - Wärmenutzung

Landwirtschaftliche Verwertung
(Pro und Kontra)

Voraussetzung:
- ➡ Beachtung der landwirtschaftlichen Bedarfs
- ➡ Gute fachliche Praxis (u.a. 5 t TS/(ha·3 a)

Pro

- Rückführung von Nährstoffen (N, P, K, Mg Spurenelemente)
- Verbesserung von Boden-eigenschaften (Erosion Wasser-haltefähigkeit, etc.)
- Schonung natürlicher Ressourcen (P-Vorräte; Energie)
- Wirtschaftliche Vorteile beim Entsorger und Landwirt
- Vorsorgemaßnahmen (Beratung, Klärschlammfond, etc.)

Kontra

- Geschlossene Kreisläufe
  - ➡ Schadstoffanreicherung
- Nur begrenzte Verfügbarkeit der Nährstoffe
- Besonderes toxikologisches Gefährdungspotential (endokrine Stoffe, Arzneimittel, *Prionen, PFT* etc.)
- Aufbringung bisher noch unbekannter Schadstoffe
- Undifferenzierte landwirtschaftliche Nutzung kann gefährden

Technik zur Klärschlammaufbringung

Ausbringung von Nassschlamm

Verteilung von entwässertem Schlamm

Thermische Verwertung
(Pro und Kontra)

Voraussetzung:
➡ Aufbau entsprechende Kapazitäten

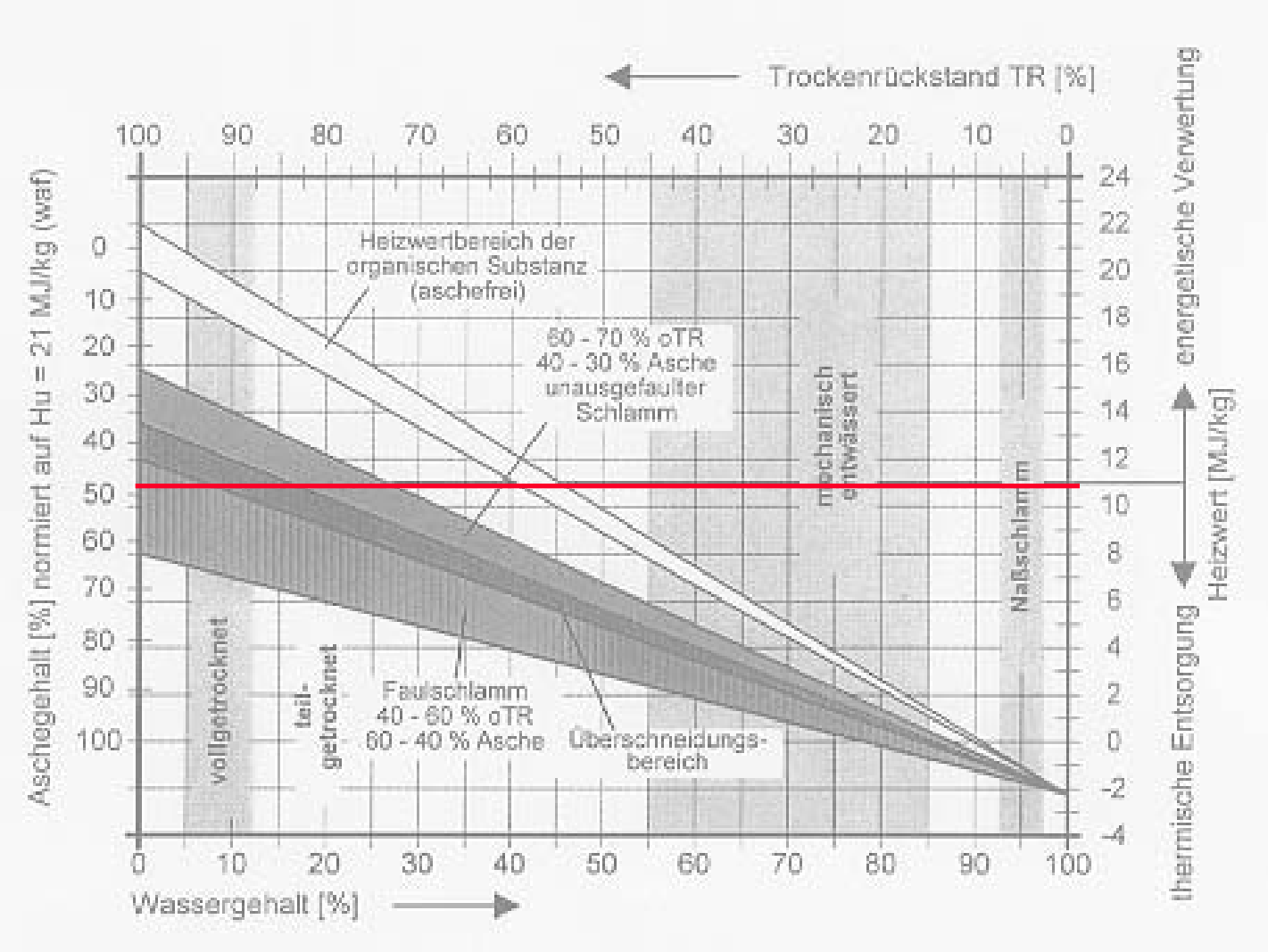
Pro

- Dauerhafte Zerstörung der Schadstoffe und Krankheitserreger
- Thermische Nutzung? und verringerter CO_2-Austrag
- Verminderung der Schadstoffkonzentration in der Luft durch techn. Maßnahmen
- Reststoffe in weitestgehender Form immobilisiert
- Rückgewinnung von P aus Asche
- Ökonomisch kalkulierbar

Kontra

- „unkontrollierte“ Verteilung der Schadstoffe über den Luftpfad
  - ➡ Menschliche Nahrungskette
- „Scheinverwertung“ von Verbrennungsrückständen z.B. als Baustoff
- Irreversible Vernichtung von Nährstoffen
- Höheres Treibhauspotential
- Gesundheitsgefährdung durch Abgase insb. Hg

Heizwert von Klärschlamm



Koalitionsvereinbarung

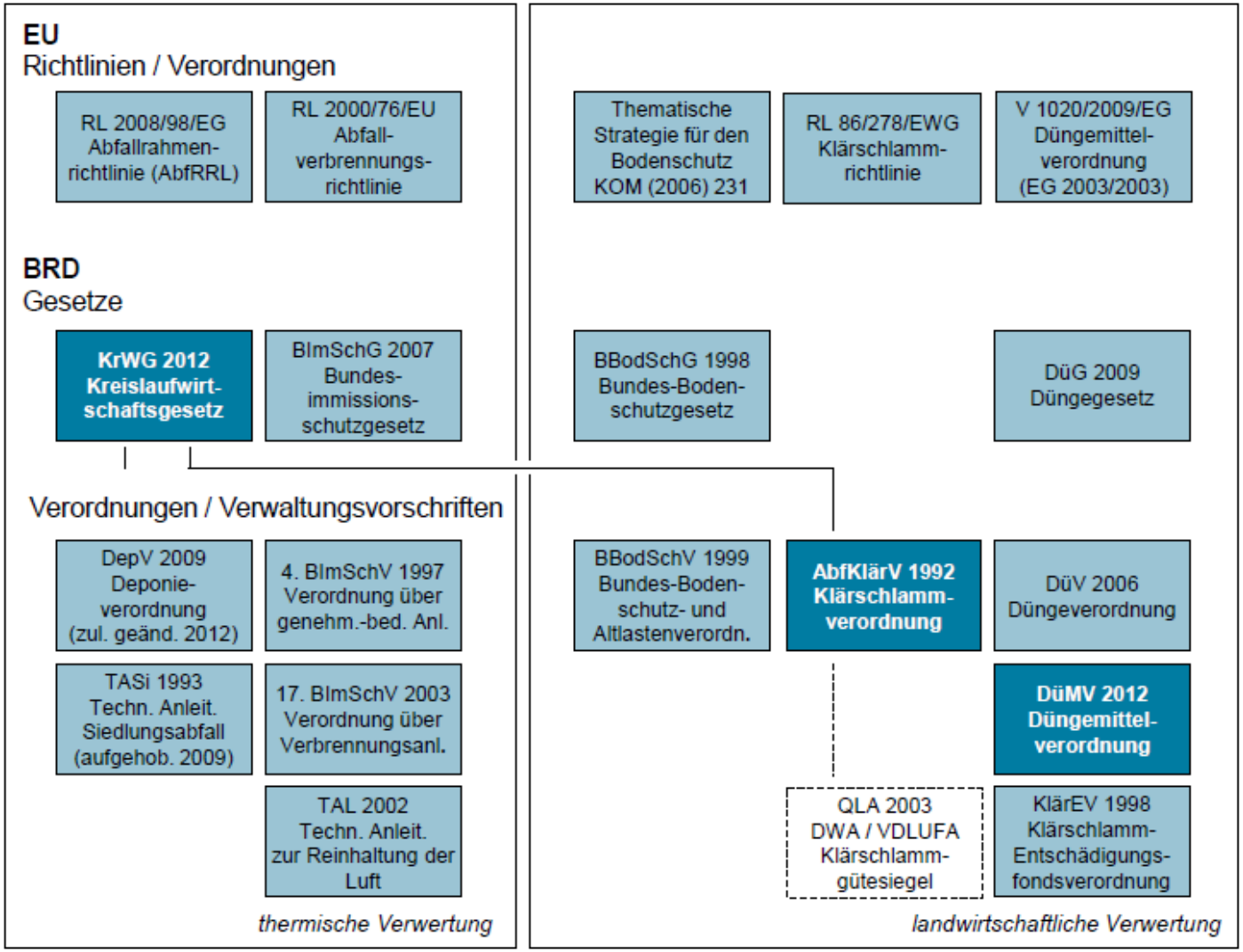
- Der Schutz der Gewässer vor Nährstoffeinträgen sowie Schadstoffen soll verstärkt und rechtlich so gestaltet werden, dass **Fehlentwicklungen korrigiert werden**.
- Wir werden die **Klärschlammausbringung zu Düngezwecken beenden** und Phosphor und andere Nährstoffe zurückgewinnen.

Position der DWA

Fachlich differenzierte Betrachtung

- Beendung der landwirtschaftlichen Verwertung ist eine **große Herausforderung** für die deutsche Wasserwirtschaft
  - 70 % der 10.000 Kläranlagen führen derzeit landwirtschaftliche bzw. landschaftsbaulichen Nutzung durch
    ➔ **bedeutendste Art des Phosphorrecyclings**
  - Bei der Klärschlammausbringung in der Landwirtschaft sind bislang **keine relevanten Schäden** aufgetreten
  - Die Qualität der Klärschlämme hat sich kontinuierlich verbessert, was durch Qualitätssicherungsmaßnahmen belegt wird
    - **Sonderregelungen für qualitätsgesicherte Klärschlämme** sind daher fachlich gerechtfertigt
  - Bei der geplanten weitgehenden Umgestaltung des Entsorgungssystems müssen **angemessene Übergangsfristen** vorgesehen werden
  - Umweltbelastende Klärschlammtransporte über weite Strecken sollten vermieden werden
  - **Alle Düngemittel**, insbesondere auch Wirtschaftsdünger, müssen einer **gleichen Bewertung** unterliegen.

Überblick der gesetzlichen Rahmenbestimmungen



nach Friedrich 2013

Düngemittelverordnung

- DüMV vom 5.12.2012, am 13.12.2012 im Bundesgesetzblatt veröffentlicht

- Gilt für Düngemittel, Kultursubstrate, Bodenhilfsstoffe, Pflanzenhilfsstoffe in mineralischer, organischer und organisch-mineralischer Form ➡ Klärschlamm
  - ➡ Regelt
    - Hauptbestandteile (typ- und zweckbestimmend)
    - Nebenbestandteile (Aufbereitungs- und Anwendungshilfsmittel)
    - Fremdbestandteile
    - Kennzeichnung

Könemann /2013

Düngemittelverordnung
Fristen

- Bis Ende 2014
  gelten für Schadstoffe die Grenzwerte der AbfKlärV nur für die Schadstoffe, die in der AbfKlärV benannt sind (wurde mit BioAbfV schon vollzogen)
- Ab 1.1.2017
  dürfen nur noch Polymere verwendet werden, „soweit sämtliche Bestandteile und das Endprodukt sich zu mindestens 20 % in zwei Jahren abbauen.“

Könemann /2013

DÜMV§ 5: Anforderungen an die Seuchen- und Phytohygiene

- Düngemittel dürfen nur in den Verkehr gebracht werden, wenn sie bei sachgerechter Lagerung und Anwendung die Fruchtbarkeit des Bodens, die Gesundheit von Menschen, Haustieren und Nutzpflanzen nicht schädigen und den Naturhaushalt nicht gefährden.
  - Diese Vorgabe gilt als nicht eingehalten, wenn in **50 g Probenmaterial Salmonellen** gefunden werden.
- Einhaltung der seuchenhygienischen Anforderungen bei
  - sofortiger Einbringung oder Einarbeitung in den Boden
  - bei bodennaher Ausbringung zu Wintergetreide und Winterraps bis zum Schosserstadium (EC 30)
  - Futternutzung auf einem zeitlichen Abstand von 6 Wochen bis zur nächsten Schnitt- und Weidenutzung
  - 300 m Entfernung von Sport- und Kinderspielplätzen
  - **Bei Klärschlamm auch bei Qualitätssicherung**

Zulässige Schadstoffgehalte im Klärschlamm nach AbfKlärV und neue Vorschläge

Untersuchungen LUFA Speyer:

- Klärschlamm besteht aus > 99 % pflanzenbaulich nutzbaren Nähr- und Humusstoffen.
  - 40 % aus Nährstoffen (P, N, CaO, MgO usw.)
  - ca. 49 % aus organischer Substanz,
  - ca. 0,6 % aus Sand
  - etwa 0,4 % aus unerwünschten Stoffen (hauptsächlich Schwermetallen)
- Der favorisierte Verwertungsweg sollte weiterhin die Landwirtschaft bleiben.

Parameter	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
AbfKlärV 2010 2. Arbeitsentwurf 2011	120 **150**	2,5 **3,0**	100 **120**	700 **850**	60 **100**	1,6 **2**	1.500/ **1.800**
Geltende AbfKlärV	900	10	900	800	200	8	2500
DüMV	150	1,5	2 (Cr^{VI})	**900**	80	1,0	**5.000**

DüMV zusätzlich: Tl: **1** mg/kg TS; As: **40** mg/kg TS

Könemann (2013) verändert

DüMV Grenzwerte für organische Stoffe

Grenzwertvorschläge – organische Schadstoffe (in mg/kg TS; Dioxine = ng/kg)

Parameter	PCB	Dioxine	AOX	B(a)P	PFT	WHO TEQ PCDD/F + dl PCB	
DüMV					0,1	**30 ng**	
AbfKlärV Stand 20							-
Geltende AbfKlärV	0,2 je Kongener	100 ng	500	-		-	-

Etwa 25 % der bisher verwertbaren Schlämme können nicht mehr landwirtschaftlich verwertet werden!

Zukünftige Nutzung der Ressourcen

Begrenzung auf

- Phosphor-Rückgewinnung
- Energieerzeugung
  - Strom
  - Wärme
  - Brennstoff

AbfKlärV – angedachte Regelungen

Fristen

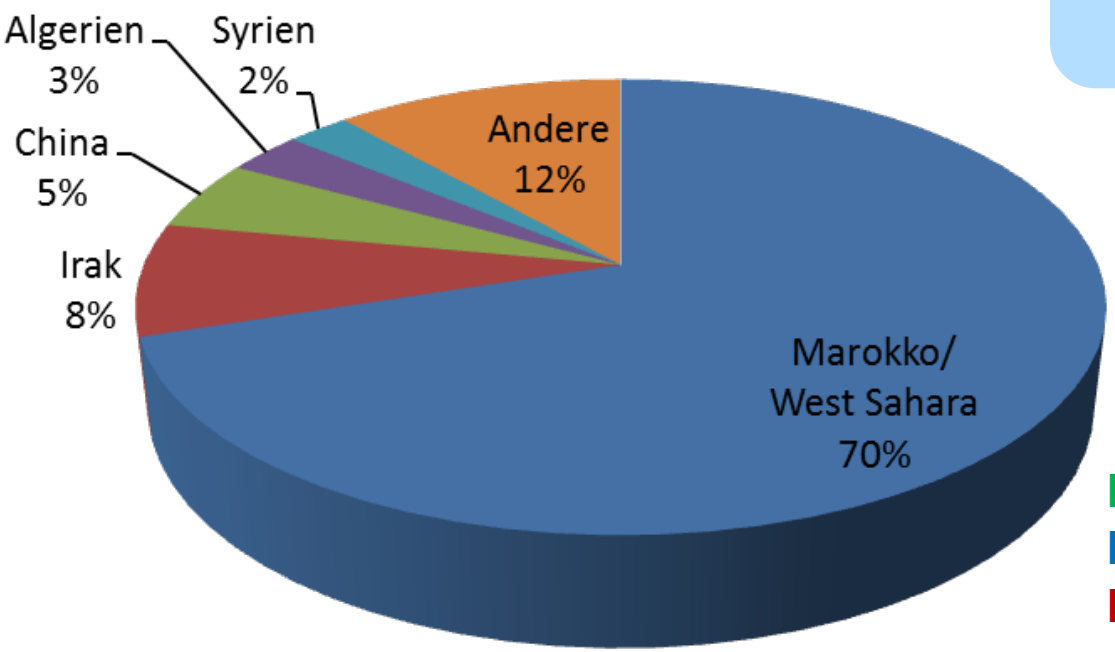
Übergangsfristen, in denen eine bodenbezogene Verwertung möglich ist

- Diskussion:
  10 Jahre nach Inkrafttreten (2025)
- Diskussion:
  Ausnahmen für kleinere Kläranlagen bis 1.000 oder 10.000 E, Forderung: aber auch nach Qualität!
- Diskussion:
  Überprüfung der Vorgaben in 2020

AbfKlärV – angedachte Regelungen
Phosphor

- Vorrang der Rückgewinnung von Pflanzennährstoffen
- Keine **Mit**verbrennung von Klärschlämmen, die bestimmte Nährstoffgehalte überschreiten (P; ggf. N und Mg)
  - max. 20 kg P/t TS
  - ggf. Mindestrückgewinnungsquote
  - Übergangszeit: 8 Jahre nach Inkrafttreten
  - Monoverbrennungsanlagen:
    Pflicht zur Separatlagerung der Aschen oder
  - Aufbereitung zu Dünger

Die Ressource Phosphor



Quelle: Kabbe, Kompetenzzentrum Wasser, Berlin

Reichweitendiskussion?
P-Erz Reserven 2011: 71 Mrd. t
Jahresfördermenge 2011: ca. 0.2 Mrd. t
Statisch: > 350 Jahre

Hauptproduzent für Weltmarkt:
Marokko / West Sahara
Monopolisierung???

Deutschland:
2010/2011: 123.000 t $P_{mineral}$
importabhängigkeit!

Phosphor-Bilanz Deutschland

P- Rückgewinnung aus Klärschlamm

- Anlass
  - Recycling P durch landwirtschaftliche Klärschlammverwertung problematisch (Schadstoffe, Pflanzenverfügbarkeit)
  - Ausbeutung geogener Lagerstätten nicht nachhaltig Laufzeiten ca. 350 Jahre; Preis 81,54 €/t P
  - Qualität der Erze nimmt ab (Verunreinigungen)
  - Förderung in z.T. politisch „instabilen“ Ländern

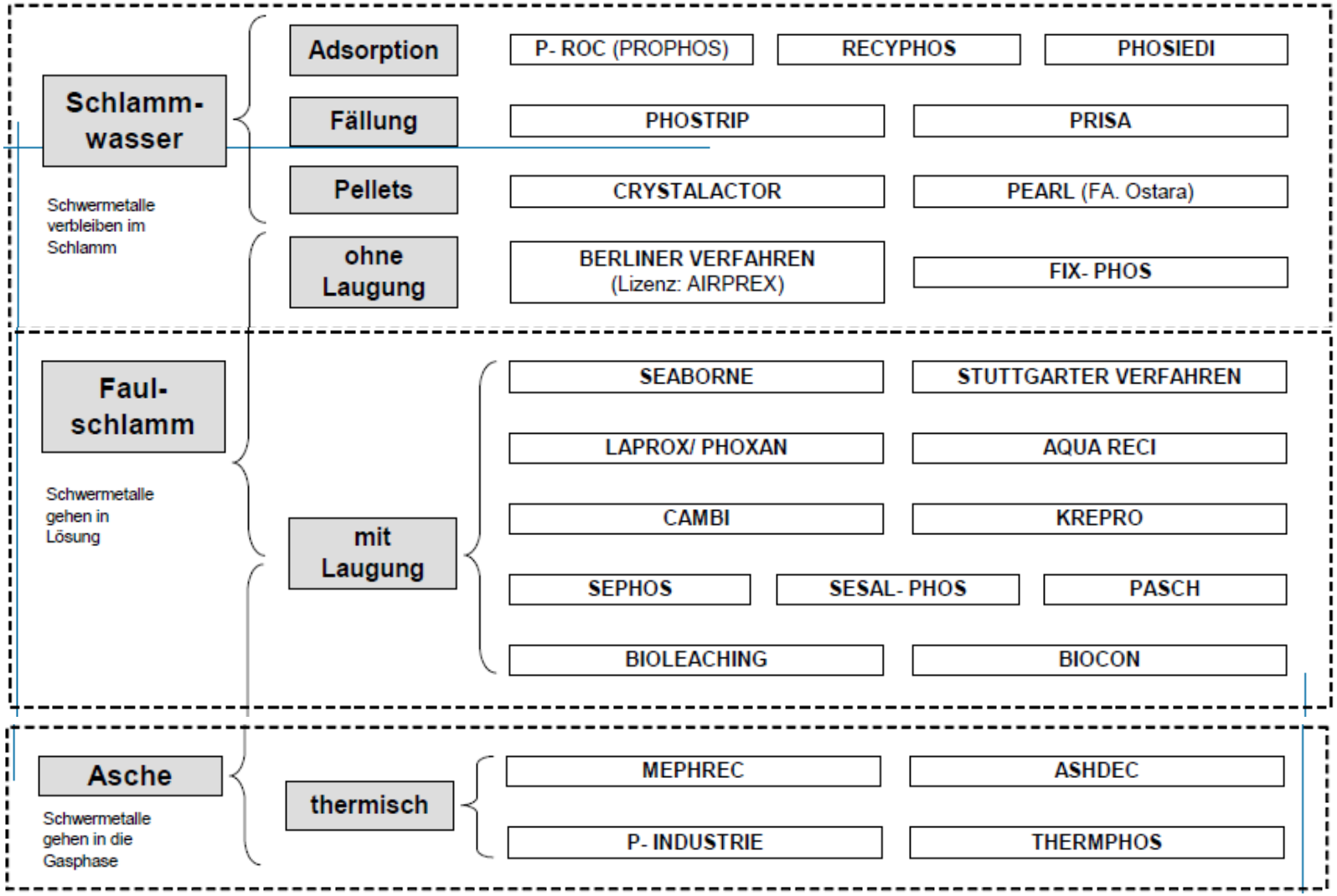
Zulauf: 7,9 mg/l
78.905 t/a

mechanische und biologische Abwasserreinigung mit gezielter Phosphorelimination

Ablauf: 0,72 mg/l
7.191 t/a

Potenzial zur Rückgewinnung
71.714 t/a Statisches Bundesamt 2013; DWA 2014

Erfahren der P-Rückgewinnung



Mögliche zukünftige Technologien
Auswahl

- Verringerung der Schlammmenge (Stabilisierung)
  - Anaerobe Behandlung
    - Auf eigener Kläranlage (> 20.000 E)
    - gemeinsam auf Kläranlage mit Faulung
  - Aerobe Behandlung (nur kleinere Kläranlagen)
    - Simultane Stabilisierung (hoher Energiebedarf) + Klärschlammvererdung
- Verbesserte Entwässerung/Trocknung
  - Klärschlammvererdung
  - Solare oder maschinelle Trocknung (nicht ohne Entwässerung)
- Thermische Verwertung
  - Monoverbrennung oder Mitverbrennung (kein P-Recycling)
  - Pyrolyse
  - Hydrothermale Carbonisierung (HTC)
  - Vergasung

Klärschlammvererdung

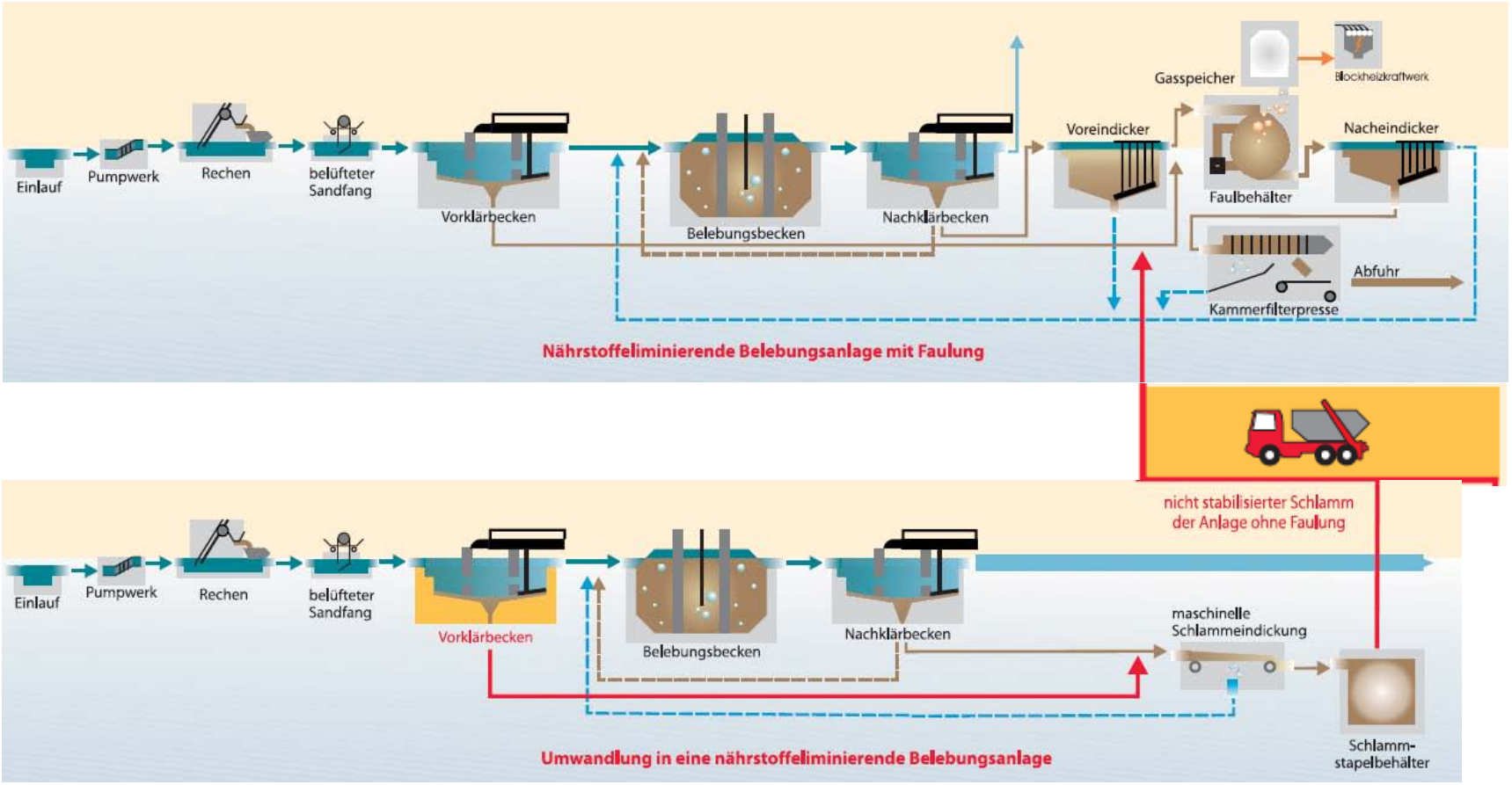
Bsp. Neuruppin

Wirtschaftlichkeit der Klärschlammvererdung (Bsp. 10.000 E)

Parameter	Zentrifuge	KSV	Einheit
Investition	250.000	700.000	EUR
Kapitalkosten	16.250	10.500	EUR/a
Verringerung KS-Anfall	0	-7.875	EUR/a
FHM-Verbrauch	8.400		EUR/a
Stromverbrauch	4.500		EUR/a
Wartung/Reparatur (1 %)	2.500		
Personal	9.100		EUR/a
Summe	**40.750**	**2.625**	**EUR/a**

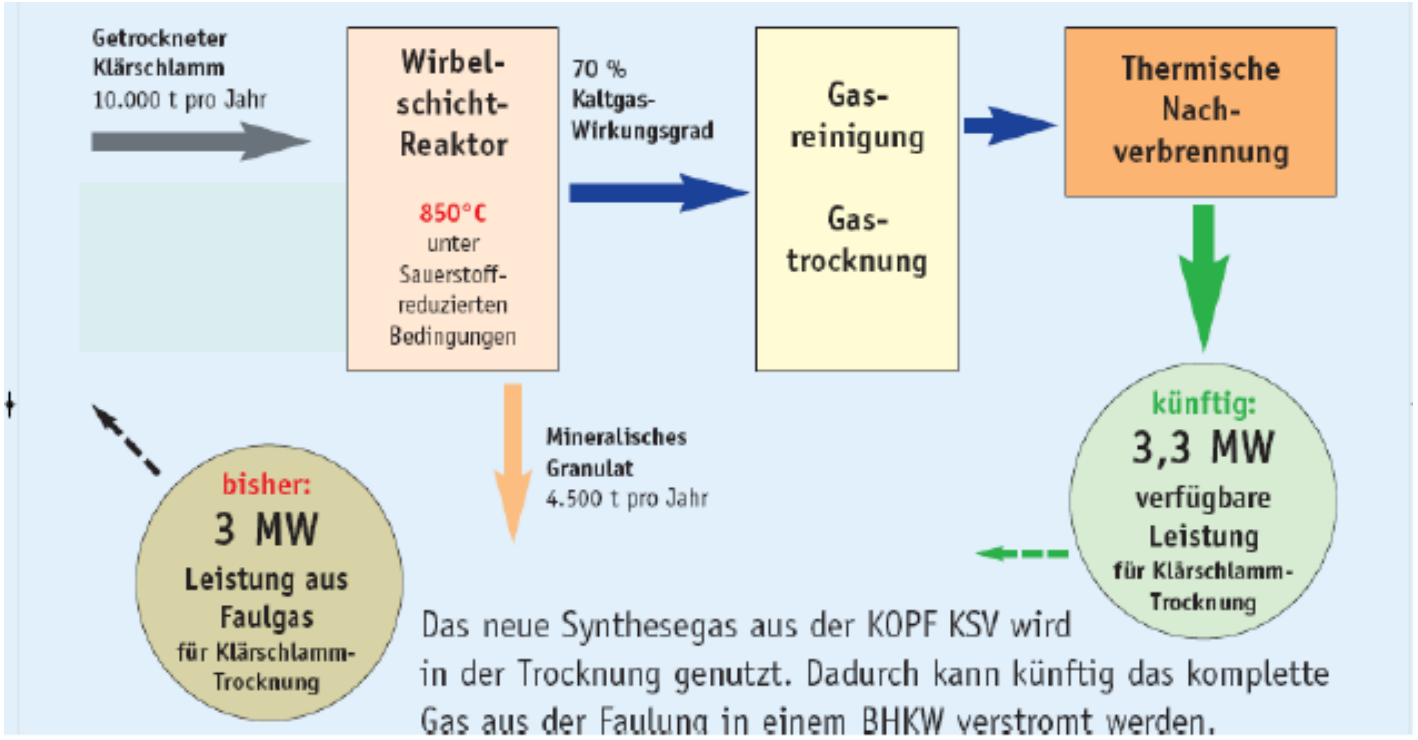
Friedrich 2013

Gemeinsame Schlammbehandlung auf Grosser Kläranlage (Mec-Pom 2009)



Klärschlammvergasung

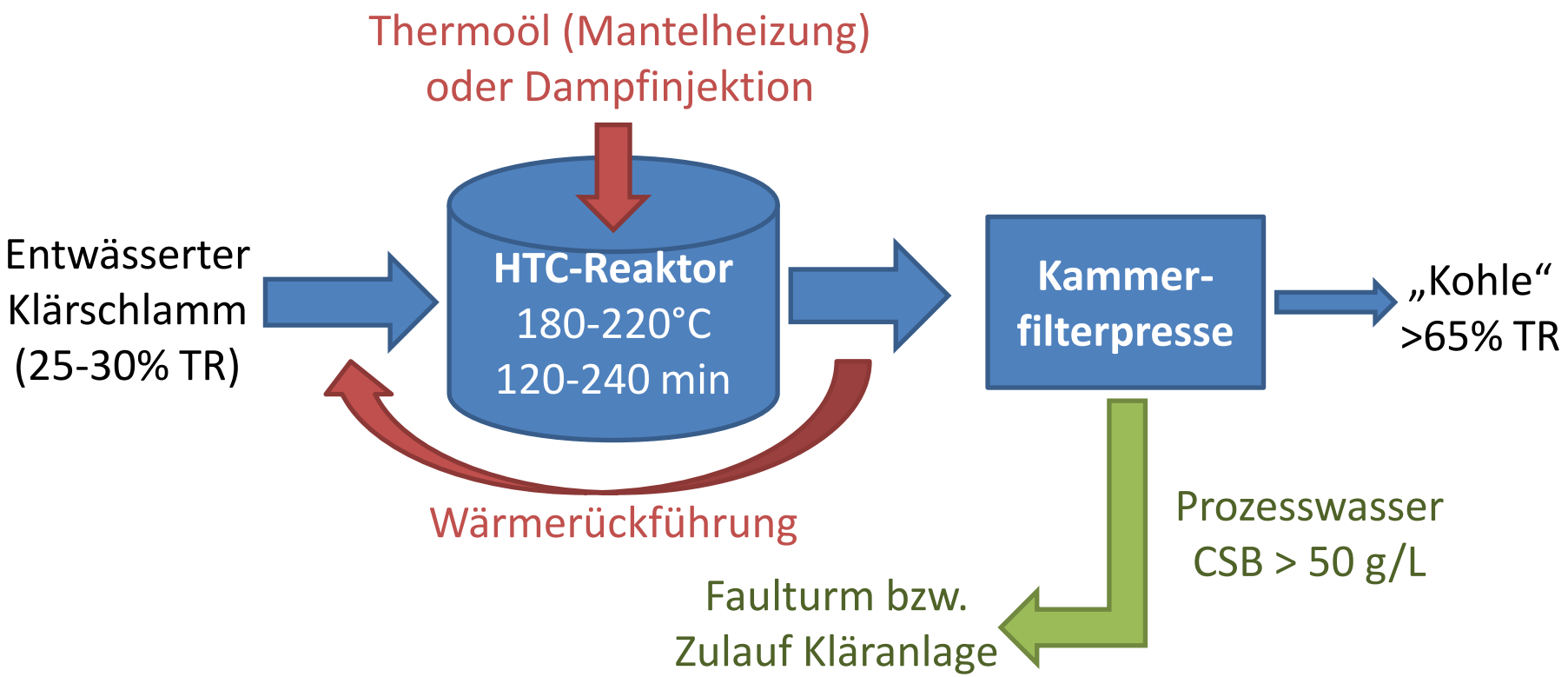
SynGas Anlage in Mannheim (666 kgTS/h)



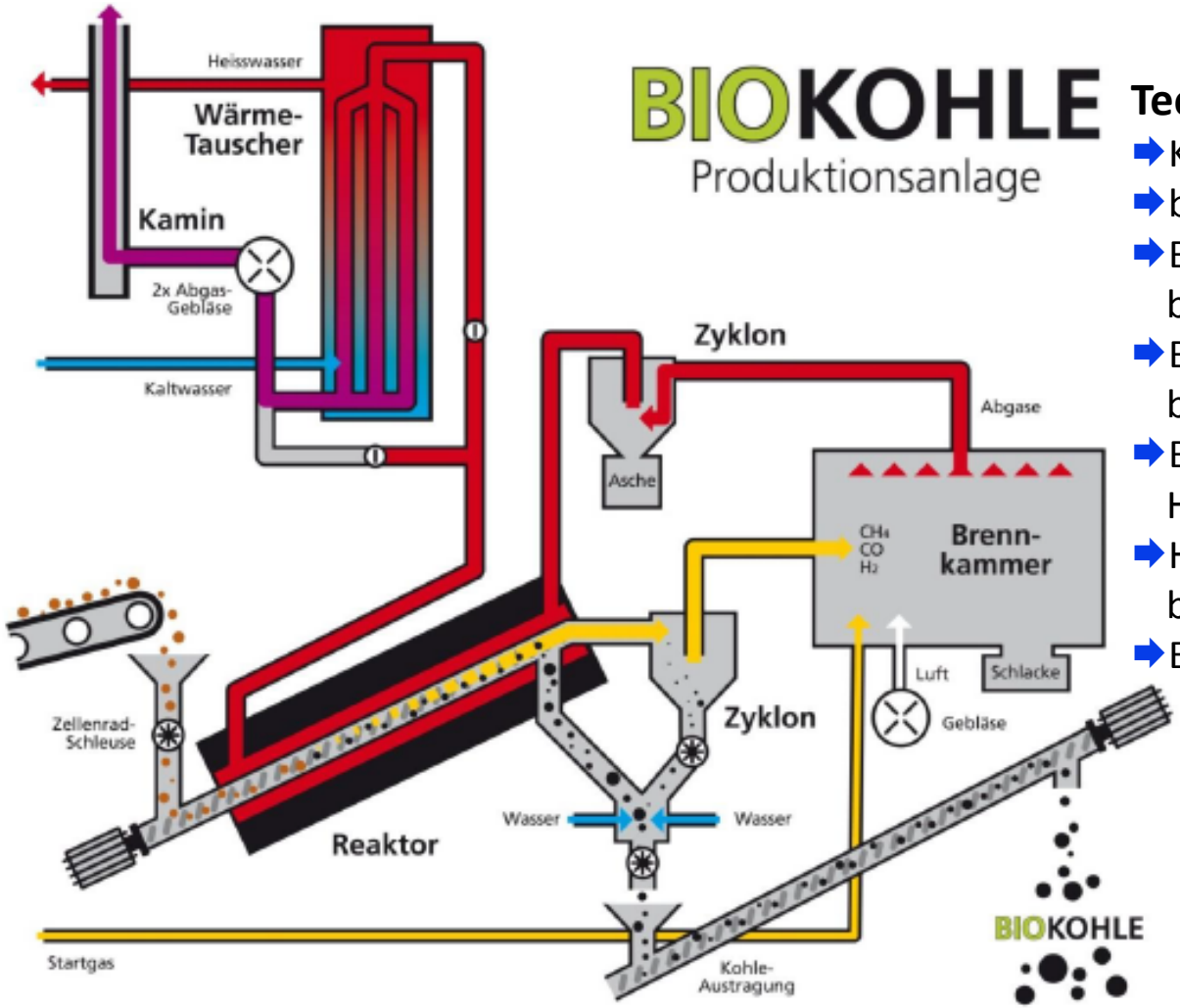
Gaiffi 2013

Hydrothermale Carbonisierung (HTC) von Klärschlamm

- Thermische Behandlung von entwässertem Klärschlamm
- Ziel: Hochentwässerung auf > 65% TR
- Mengenreduktion und hoher Heizwert („Biokohle“)



Pyrolyse (Bsp. Fa. GreenLife)



Technische Daten Bsp.

- Kapazität: 4.000 t TS/a mit 25 %
- bis zu 50.000 Einwohnergleichwerte
- Biokohle-Produktion:
  bis zu 70 kg/h bzw. 500 t/Jahr
- Brennstoffleistung:
  bis zu 500 kW pro Anlage
- Betriebsgrenzwerte:
  Heizwert > 6 MJ/kg, Feuchte < 50 %
- Heizwärmeleistung:
  bis zu 150 kW Abgaswärme
- Einbau in 20-Fuß-Container

Zukünftige energetische Nutzung des Klärschlamms

	Vergasung	Verbrennung	Pyrolyse	Hydrothermale Carbonisierung (HTC)
Stromerzeugung	+++ (30%)	+ (15%)	+ (-)	-
Wärmeerzeugung	+++ (40-80%)	++ (50-70%)	+(35%-50%)	- (Brennstoff)
Nährstoffgewinnung	+++	++	++	++
Wirtschaftlichkeit	+++	+	-	-

Mey 2014

Mögliche Zeitschiene

Szenarien

- Ab 2015
  - Aufkalkung zur Verdünnung der Konzentrationen
  - Mitverbrennung
  - Ggf. Kompostierung
- Ab 2017 „Polymerproblematik“
  - Mitverbrennung
  - Klärschlammvererdung
- Ab 2025
  - Trocknung
  - Zentrale/semizentrale Monoverbrennung oder Alternativen
  - P-Rückgewinnung aus der Asche

DWA-Netzwerk Klärschlamm

Hilfe zur Selbsthilfe

- **Ziel:** gemeinschaftliche Entwicklung eines integrierten technisch-wirtschaftlichen Klärschlamm-Verwertungskonzeptes für die Region/en des Landesverbandes
- Grundsatzstrategie und Festlegen des Teilnehmerkreise
- Studie zur Ermittlung der Planungsgrundlagen und Analyse (Status quo)
  - KS-Aufkommen und KS-Qualitäten
  - Vorhandene und geplante technische Anlagen zur KS-Aufbereitung, -Behandlung, -Verwertung
  - Derzeitige Verwertungswege
  - Entfernungen
  - Derzeitige Kosten für die KS-Aufbereitung, -Behandlung, -Verwertung
  - Sonstige Besonderheiten
- **Aufgabenstellung für ein integriertes regionales Verwertungskonzept**
- **1. Netzwerkstreffen 27.01.2015**
- **Phase II: Entwicklung von regionalen Konzepten**