



## 9. INFO-VERANSTALTUNG ZUM KLIMASCHUTZ

Motto: „Energy Efficiency First – Energieeffizienz zuerst“

Schwerpunkt: **ENERGIEEINSPARUNG IN KOMMUNALEN EINRICHTUNGEN**

**Donnerstag, 23. Juni 2022; 12:00 – 16:30 Uhr**

**Kulturhaus Plessa, Platz des Friedens 1, 04928 Plessa**

**11:45 Uhr**

**Registrierung**

**12:15 Uhr**

**Begrüßung durch Landkreis Elbe-Elster, Amt für Strukturentwicklung und Kultur, Herrn Klaus Oelschläger, SGL Kreisentwicklung**

**Begrüßung durch Gemeinde Plessa, Herrn Bürgermeister Heinecke**

**Moderation: Energieagentur Brandenburg, Herr Bert Tschirner, Teamleiter**

### **BLOCK I: Nichtwohngebäude, Energiecontracting u. Schulprojekte**

**12:30 Uhr**

**Impulsvortrag „Energiesparcontracting ein Erfolgsbaustein der Dekarbonisierung, am Beispiel eines deutschen Landkreises“, E1 Energiemanagement GmbH, Herr Thomas Müller**

**12:50 Uhr**

**„So funktioniert Energiespar-Contracting – Unterstützung für Kommunen durch das dena-Modellprojekt, Überblick und Erfahrungen“, Berliner Energieagentur GmbH, Frau Alt-Harnack  
„Erfahrungsbericht zu Ablauf von Energiecontracting-Projekten“, FINDIG – Die Projektdienstleister GmbH & CO.KG, Frau Wiesmann**

**13:20 Uhr**

**Vorstellung von Energiesparprojekten in Schulen und Beispielprojekte, Unabhängiges Institut für Umweltfragen (UfU) e. V., Frau Marlies Bock**

**14:10 Uhr**

**Angebote der Energieagentur Brandenburg für Kommunen und Fördermöglichkeiten durch die Kommunalrichtlinie zu Energiemanagement und Energiesparmodellen, Energieagentur Brandenburg, Herr Bert Tschirner, Teamleiter**

**14:45 Uhr**

**Pause, Gelegenheit zum Informationsaustausch**

### **BLOCK II: Klimafreundliche Abwasserbewirtschaftung**

**15:20 Uhr**

**Fördermöglichkeiten durch die Kommunalrichtlinie für Maßnahmen zur Förderung klimafreundlicher Abwasserbewirtschaftung, Klimaschutzmanagement Landkreis Elbe-Elster, Kurt Seidel**

**15:30 Uhr**

**Pyrolyse von Klärschlamm – zwei Jahre Erfahrung mit der thermischen Klärschlammveredlung auf der ZKA Niederfrohna, Zweckverband Frohnbach, Herr Dr.-Ing. Steffen Heinrich**

**16:05 Uhr**

**Innovative dezentrale Nutzungs- und Entsorgungskonzepte für Klärschlamm und andere biogene Stoffströme, Modis GmbH, Herr Dirk Gerlach**

**16:30 Uhr**

**Ausklang**

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



**Die Teilnahme ist kostenlos**

# Die novellierte Kommunalrichtlinie Investive Förderschwerpunkte

**Quelle: Katja Theißen, Mareike Hansel, Oliver Reif-Dietzel (SK:KK Online);  
*LK EE: eigene Recherchen***

Foto: Vladimir Malyutin / Unsplash



Geördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Antragstellende aus Braunkohlerevieren

## Braunkohlereviere

gemäß § 2 Struktur-  
stärkungsgesetz

### Rheinisches Revier

#### Nordrhein-Westfalen:

- Kreis Düren
- Kreis Euskirchen
- Kreis Heinsberg
- Rhein-Erft-Kreis
- Rhein-Kreis Neuss
- Stadt Mönchengladbach
- Städteregion Aachen

### Mitteldeutsches Revier

#### Sachsen:

- Landkreis Leipzig
- Landkreis Nordsachsen
- Stadt Leipzig

#### Sachsen-Anhalt:

- Burgenlandkreis
- Landkreis Anhalt-Bitterfeld
- Landkreis Mansfeld-Südharz
- Saalekreis
- Stadt Halle

### Lausitzer Revier

#### Brandenburg:

- Landkreis Dahme-Spreewald
- Landkreis Elbe-Elster
- Landkreis Oberspreewald-Lausitz
- Landkreis Spree-Neiße
- Stadt Cottbus

#### Sachsen:

- Landkreis Bautzen
- Landkreis Görlitz

**Gleichgestellt mit  
finanzschwachen  
Kommunen**

## Investive Förderschwerpunkte



Im kommunalen Bereich gehören die mehr als 10.000 Klärwerke zu den **größten Stromverbrauchern**. Mit durchschnittlich **fast 20 Prozent des Stromverbrauchs aller kommunalen Einrichtungen** benötigen sie **mehr Strom als Schulen, Krankenhäuser, Verwaltungsgebäude oder andere kommunale Einrichtungen**.

Zugleich sind die **Potenziale** zur Realisierung von Klimaschutz in der kommunalen Abwasserbehandlung **groß**. Sie ergeben sich aus zwei Ansatzpunkten:

- **Reduzierung des Energiebedarfs** durch Energieeinsparung und Energieeffizienzsteigerung,
- **Energieerzeugung durch Kläranlagen** (Nutzung vorhandener Energiequellen)

Quelle: Klimaschutz&Abwasserbehandlung; Praxisbeispiele zum Klimaschutz in der kommunalen Abwasserbehandlung  
Herausgeber: „Servicestelle: Kommunaler Klimaschutz“ beim Deutschen Institut für Urbanistik gGmbH (Difu) 2012

# Klimafreundliche Abwasserbewirtschaftung

## Gefördert werden

- Klärschlammverwertung im Verbund
- Neubau einer Vorklärung  
und Umstellung auf Faulung
- Einsatz effizienter Querschnittstechnologien
- Umstellung auf Schlamm Trocknung mit erneuerbaren Energien
- Emissionsfreie Lagerung von Faulschlamm
- Verfahrenstechnik
- Reduzierung Stickstoffemissionen bei der Faulschlammbehandlung
- Erhöhung der Faulgasmenge

**Eine  
Machbarkeitsstudie  
ist teilweise  
Voraussetzung!**

# Neubau einer Vorklärung und Umstellung auf Faulung I

Gefördert wird die Umstellung von aerober zu anaerober Klärschlammbehandlung.

## Ziel

- Methangewinnung zur Energieproduktion.

## Voraussetzungen

- bislang keine Faulung vorhanden
- Gasmengen werden einer effizienten und emissionsarmen energetischen Nutzung zugeführt



**Förderquote  
30 %; 45 % für  
finanzschwache  
Kommunen;  
Bewilligungszeitraum  
48 Monate**

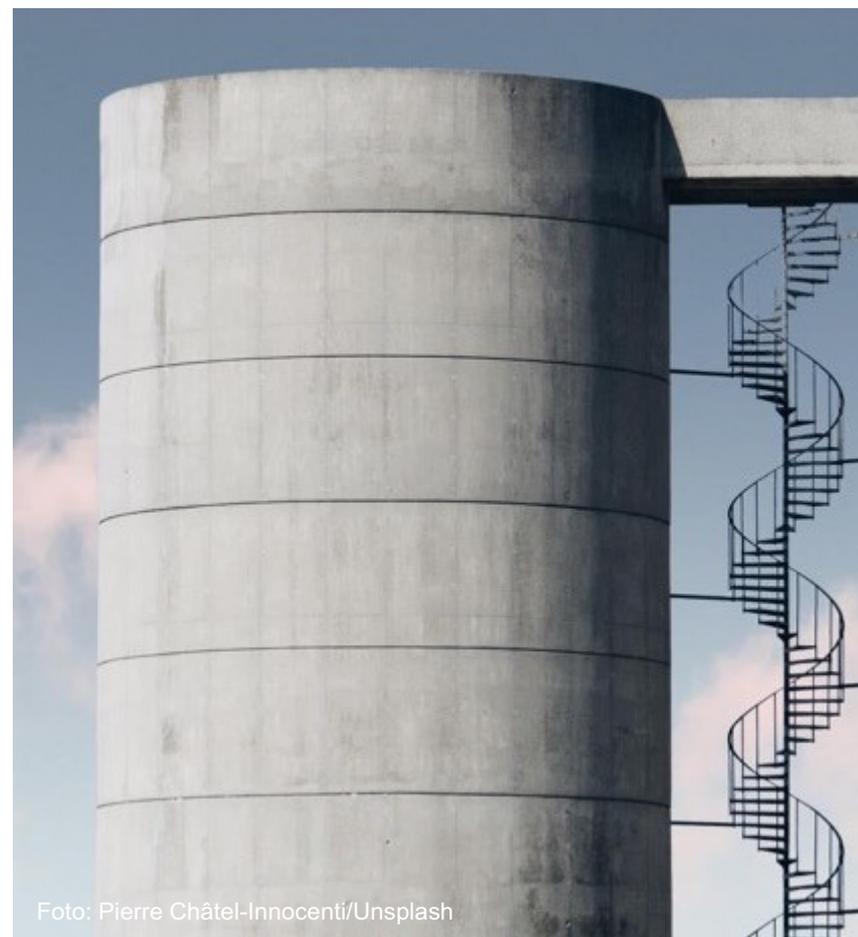


Foto: Pierre Châtel-Innocenti / Unsplash

# Neubau einer Vorklärung und Umstellung auf Faulung II

## Zuwendungsfähig ist der Neubau von

- Vorklärbecken
- Anlagen zur Weiterverarbeitung des Schlammes
- Faultürmen
- Anlagen zur thermischen und mechanischen Desintegration
- Schlammtransportinfrastruktur
- Gaspufferspeichern



# Neubau einer Vorklärung und Umstellung auf Faulung III

## **Antragsverfahren und Antragsstellung**

Förderanträge können Sie das ganze Jahr über stellen.

Bitte füllen Sie dazu folgende **Unterlagen** aus:

eine **Vorhabenbeschreibung** gemäß Mustervorlage, [SF1]

ein **easy-Online-Antrag 4.2.7 b** Errichtung einer Vorklärung und Umstellung auf Faulung[SF2] .

Reichen Sie den **Antrag** einschließlich der Vorhabenbeschreibung **über easy-Online** ein.

Drucken Sie bitte alle **Unterlagen** nach dem Absenden aus, lassen sie durch die bevollmächtigten Personen unterzeichnen und senden sie innerhalb von zwei Wochen **postalisch an**:

**Zukunft – Umwelt – Gesellschaft (ZUG) gGmbH**

**Stresemannstraße 69**

**10963 Berlin**

# Einsatz effizienter Querschnittstechnologien

Gefördert werden Sanierungsmaßnahmen in Abwasserbehandlungsanlagen und Neu- und Umbaumaßnahmen in den angeschlossenen Abwassernetzen.

## Ziel

- Energieeinsparungen bei den benötigten Querschnittstechnologien

## Voraussetzungen

- Abwassernetz: Nachweis mind. 25 % Energieeinsparung
- bei Austausch von Antriebsmaschinen ist auch Motorenaustausch notwendig

**Förderquote  
30 %; 45 % für  
finanzschwache  
Kommunen;  
Bewilligungszeitraum  
i. d. R. 12 bis 24  
Monate**

# Einsatz effizienter Querschnittstechnologien II

## Zuwendungsfähig sind

- energieeffiziente Motoren, Umwälz- und Abwasserpumpen
- Ventilatoren
- hocheffiziente und regelbare Druckluftherzeuger sowie deren übergeordnete Steuerung
- Wärmeübertrager für die Abwärmenutzung bzw. Wärmerückgewinnung
- Frequenzumrichter
- Dämmung
- Neu- und Umbaumaßnahmen im kommunalen Abwassernetz

# Einsatz effizienter Querschnittstechnologien II

## Antragsverfahren und Antragstellung

Förderanträge können Sie das ganze Jahr über stellen.

Bitte füllen Sie dazu folgende Unterlagen aus:

Eine **Vorhabenbeschreibung** gemäß Mustervorlage[SF1] ,

Ein **easy-Online-Antrag 4.2.7 c** Einsatz effizienter  
Querschnittstechnologien[SF2] .

Reichen Sie den **Antrag** einschließlich der Vorhabenbeschreibung  
über **easy-Online** ein.

Drucken Sie bitte alle **Unterlagen** nach dem Absenden aus, lassen  
sie durch die bevollmächtigten Personen unterzeichnen und senden  
sie innerhalb von zwei Wochen **postalisch an:**

**Zukunft – Umwelt – Gesellschaft (ZUG) gGmbH**

**Stresemannstraße 69**

**10963 Berlin**

# Informationen zur Antragstellung

- Die Antragstellung ist ganzjährig in easy Online möglich.
- Das Vorhaben darf erst mit Zuwendungsbescheid starten.

Alle Informationen auf [www.klimaschutz.de](http://www.klimaschutz.de)

- Richtlinien text
- Technischer Annex
- Förderkompass

[foerderportal.bund.de/easyonline](http://foerderportal.bund.de/easyonline)



Foto: TierneyMJ / Shutterstock

# SK:KK-Online – Antragstellung leicht gemacht!

## Online-Sprechstunden zur KRL

- Wöchentliches Format mit dem Projektträger und SK:KK
- Wechselnde Förderschwerpunkte
- Anmeldung und mehr Infos unter [www.klimaschutz.de/veranstaltungen](http://www.klimaschutz.de/veranstaltungen)

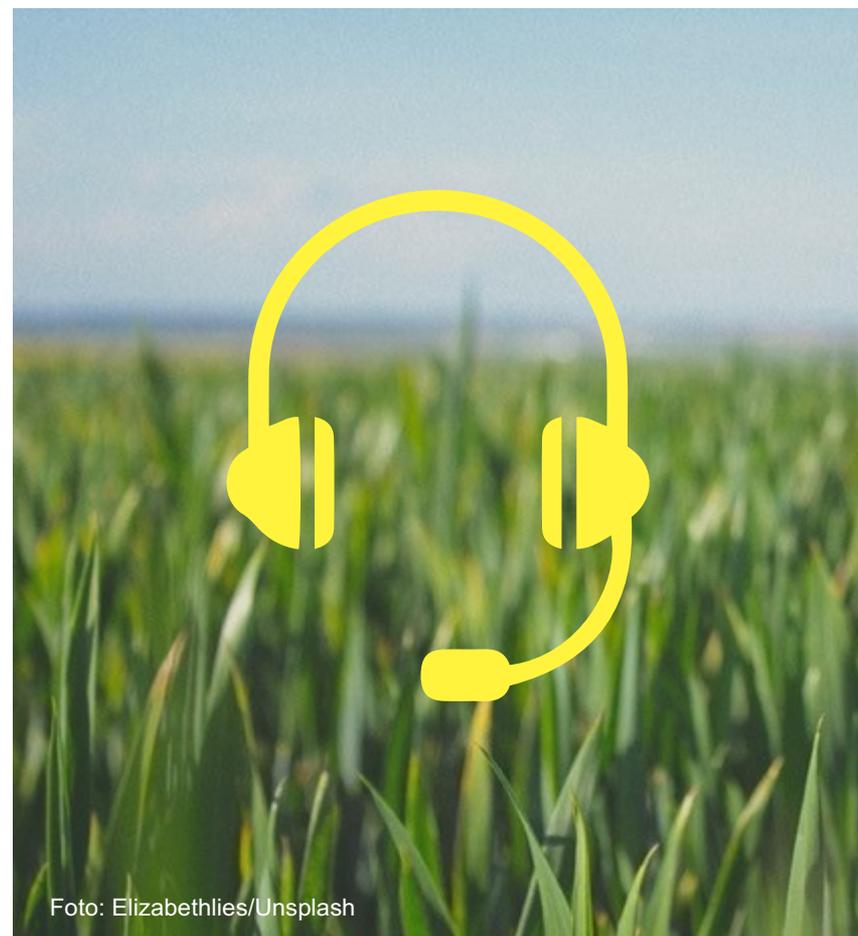


Foto: Elizabethlies/Unsplash

# Haben Sie Fragen?

## **Orientierung & Förderberatung:**

Service- und Kompetenzzentrum:  
Kommunaler Klimaschutz (SK:KK)

030 390 01 - 170

skkk@klimaschutz.de

## **Antragsberatung & -begleitung**

Zukunft – Umwelt – Gesellschaft  
(ZUG) gGmbH

030 700 181-880

nki-kommunalrichtlinie@z-u-g.org

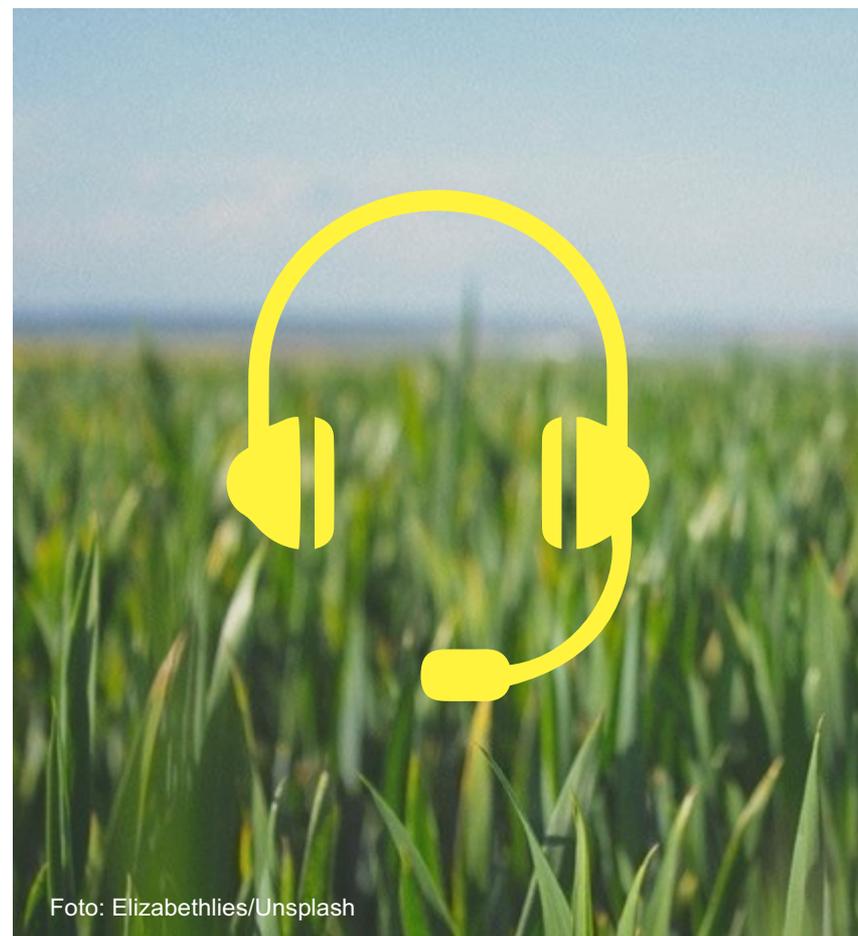


Foto: Elizabethlies/Unsplash



Haben Sie Fragen?



030 39001-170



[skkk@klimaschutz.de](mailto:skkk@klimaschutz.de)



[klimaschutz.de/skkk](https://klimaschutz.de/skkk)

■ KOMMENTAR

**Widersprüche im Wasser- und Energierecht muss Politik auflösen**

Wasserversorgung und Abwasserentsorgung sind Kernaufgaben der Daseinsvorsorge vor Ort, die unsere Mitglieder erfüllen. Das müssen Energie- und Klimapolitik berücksichtigen. Im Klartext: Sie müssen prinzipiell Vorrang haben. Bestehende Widersprüche zum Energierecht müssen aufgelöst und Energiepotenziale der Wasserwirtschaft unbürokratischer gehoben werden. Wenn diese Voraussetzungen geschaffen werden, kann die kommunale Wasserwirtschaft ihre Energie-, Speicher- und Systempotenziale künftig besser nutzen, um ihren Beitrag zu den Klimazielen leisten zu können und von externen Energielieferungen unabhängiger zu werden. Statt ausufernder bürokratischer Anforderungen brauchen kommunale Ver- und Entsorger Gestaltungsspielräume, um genau die Lösungen zu entwickeln, die vor Ort passen.

Ein weiterer Punkt: Bei Bauleitplanung und Genehmigungsverfahren für B-Pläne muss die Wasserwirtschaft von vornherein mit an den Tisch. So können wir wasserwirtschaftlich relevante Belange frühzeitig identifizieren und (energie-)effiziente Lösungen laufend in die geplanten Maßnahmen einbringen.



Foto: VKU

Harald Jahnke ist Vorsitzender der Landesgruppe Berlin-Brandenburg im Verband kommunaler Unternehmen (VKU) und Geschäftsführer der Stadtwerke Prenzlau.

**Mehr Wasser-STOFF**

Aktuelles aus der Welt der Wasserwirtschaft:

@WasserZeitung

@wasser\_zeitg

Mehr Infos, Interviews und Interessantes – auch zu dieser Ausgabe im SPREE-PR-Podcast.



**Eigenen Strom zu erzeugen ist Standard**



**Die Unternehmen der Wasserwirtschaft sind Profis beim Energiesparen**

Die kommunalen Verbände der Brandenburger Siedlungswasserwirtschaft sind nicht nur Experten für das Lebensmittel Nummer 1. Auch wenn es um Strom geht, wissen sie, was gut ist: so wenig wie möglich verbrauchen. Oder ihn aus erneuerbaren Quellen selbst erzeugen.

Wenn momentan die Energiepreise durch die Decke gehen, schauen die Trinkwasser- und Abwasserentsorger dankbar auf die gemachten Hausaufgaben. Eine eigene Photovoltaikanlage zu betreiben und damit den

Strombezug zu drosseln, ist heutzutage in der Branche Standard. Das zeigt auch unsere Umfrage unter den Herausgeber:innen dieser WASSER ZEITUNG (siehe Tabelle).

Zu gerne würde die Wasserwirtschaft mehr leisten. Doch sie muss sich mittlerweile mit rund 70 Gesetzen und Verordnungen des Energierechts auseinandersetzen. Gerade für kleine kommunale Unternehmen sind Masse und Komplexität der Vorgaben, die oft wechseln und teilweise unklar sind, eine Herausforderung. Das verunsichert und ist allein meist nicht zu stemmen.

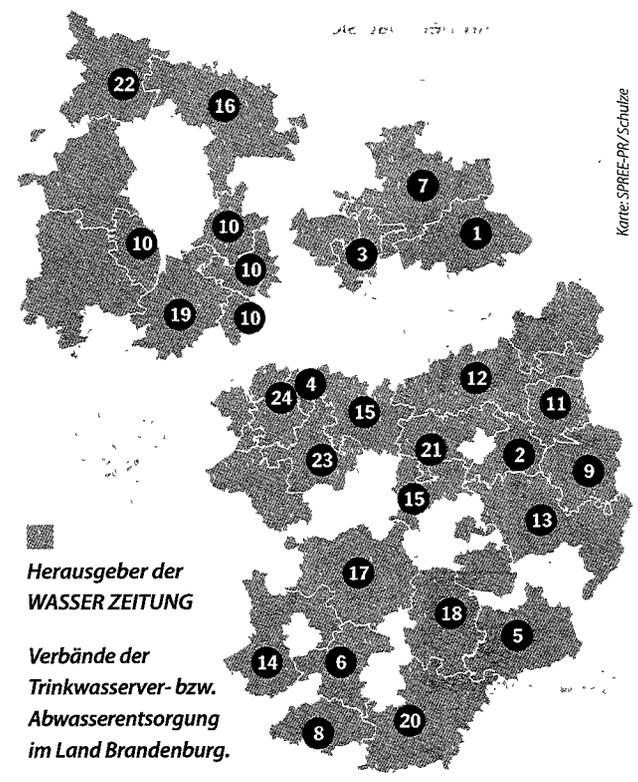
Die großen Energieverbraucher der Unternehmen sind Pumpen und Motoren. Hier sind erheb-

liche Energieeffizienz-Potenziale zu heben. Doch Kleinvieh macht auch Mist: Dank Förderprogrammen des Bundes wurden auch vermeintlich geringe Verbraucher wie die Beleuchtung angepackt.

Jede eingesparte Kilowattstunde Strom und jeder eingesparte Kubikmeter Gas sind ein Erfolg. Eine ausgesprochen brisante Material- und Ersatzteilversorgung erschwert derzeit manche Sparbemühung. Selbstverständlich setzen die Unternehmen auf energieeffiziente Motoren und (wo möglich) sparsame Aggregate – wenn sie denn lieferbar sind! Der Krieg Russlands gegen die Ukraine blockiert wichtige Handelsrouten.

Doch getan wird immer etwas. Dafür sorgen Energieteams, Klimastrategien und Modernisierungen.

	AW-Wärme/Wärmetauscher	E-Auto	Klärgasbetriebenes Blockheizkraftwerk (BHKW)	Photovoltaikanlage	Energiezertifiziert
1 Trink- und Abwasserverband Oderbruch-Barnim (TAVOB) Bad Freienwalde	✓	✓	✓	✓	✓
2 Wasser- und Abwasserzweckverband Beeskow und Umland	✓	✓	✓	✓	✓
2 Wasser- und Abwasserverband „Panke/Finow“ Bernau	✓	✓	✓	✓	✓
4 Wasser- und Abwasserzweckverband Blankenfelde-Mahlow	✓	✓	✓	✓	✓
5 LWG Lausitzer Wasser GmbH & Co. KG Cottbus	✓	✓	✓	✓	✓
6 Wasser- und Abwasserverband Westniederlausitz Doberlug-Kirchhain	✓	✓	✓	✓	✓
2 Zweckverband für Wasserversorgung und Abwasserentsorgung Eberswalde	✓	in Prüfung	✓	✓	✓
4 Wasser- und Abwasserverband Elsterwerda (WAVE)	✓	✓	✓	✓	✓
5 TAZV Oderaue Eisenhüttenstadt	✓	in Bau	✓	in Planung	✓
10 OWA GmbH Falkensee	✓	✓	✓	in Planung	✓
11 Frankfurter Wasser- und Abwassergesellschaft mbH	✓	✓	✓	✓	✓
12 ZV Wasserversorgung und Abwasserentsorgung Fürstenwalde und Umland	✓	✓	✓	✓	✓
12 Gubener Wasser- und Abwasserzweckverband	✓	✓	✓	✓	bestellt z.Zt. Hybrid seit 2013
14 Herzberger Wasser- und Abwasserzweckverband (HWAZ)	✓	✓	✓	✓	✓
15 Märkischer Abwasser- und Wasserzweckverband (MAWV), Königs Wusterhausen	* ✓	✓	✓	✓	✓
10 TAV Lindow-Gransee	✓	✓	✓	✓	✓
11 Trink- und Abwasserzweckverband (TAZV) Luckau	* ✓	✓	✓	✓	✓
16 Wasser- und Abwasserzweckverband Calau (WAC)	✓	in Planung	✓	✓	✓
10 Wasser- und Abwasserverband „Havelland“ Nauen	✓	✓	✓	✓	✓
20 Wasserverband Lausitz (WAL) Senftenberg	✓	✓	✓	✓	✓
21 Wasser- und Abwasserzweckverband „Scharmützelsee-Storkow/Mark“	✓	✓	✓	✓	✓
22 Wasser- und Abwasserverband Wittstock	✓	✓	✓	✓	✓
23 Zweckverband Komplexanierung mittlerer Süden Zossen	* ✓	✓	✓	✓	✓
24 Wasserver- und Abwasserentsorgungszweckverband Region Ludwigsfelde (WARL)	* ✓	✓	✓	✓	✓



Herausgeber der WASSER ZEITUNG

Verbände der Trinkwasser- bzw. Abwasserentsorgung im Land Brandenburg.

**Rund 29 Prozent ...**

... ihres Energiebedarfs decken kommunale Unternehmen im Mittel aus eigenen Energiequellen. Bei den Abwasserentsorgern macht dabei die energetische Nutzung des Klärschlammes den Löwenanteil aus: Etwa 96 % der kommunalen Abwasserunternehmen im Verband kommunaler Unternehmen (VKU) gewinnen hieraus Strom und Wärme. Zusätzlich investiert die kommunale Wasserwirtschaft in die „klassischen“ Erneuerbaren Energien: Gut die Hälfte der VKU-Mitglieder hat Photovoltaik-Anlagen installiert.

Mit solchen Investitionen konnten die kommunalen Wasserver- und Abwasserentsorger in den letzten zehn Jahren zirka 15 % Strom und 9 % Wärme einsparen. Ähnliche Größenordnungen streben sie auch für die kommenden zehn Jahre an. Die sich weiterdrehende Energiepreisspirale dürfte vermutlich neuen Schub geben.

\* über den Betriebsführer DNWAB, Königs Wusterhausen

## 9. Informationsveranstaltung zum Klimaschutz

Landkreis  
Elbe-Elster 

am 23. Juni 2022 im Kulturhaus Plessa  
mit dem Schwerpunktthema

„Energieeinsparung in Nicht-Wohngebäuden“

### Pyrolyse von Klärschlamm – zwei Jahre Erfahrung mit der thermischen Klärschlammveredlung auf der ZKA Niederfrohna

- Zahlen und Fakten zum Verband
- Veranlassung für das Vorhaben
- Vorstellung der Veredlungsanlage
- Feststellungen und Bewertung
- Erkenntnis





## Aufgabenträger „Zweckverband Frohnbach“ in Zahlen:

- **Abwasserzweckverband (Vollverband)**
  - lediglich zwei Mitglieder → Stadt Limbach-Oberfrohna bei Chemnitz (rund 24.300 Einwohner)  
→ Gemeinde Niederfrohna (rund 2.200 Einwohner)
  - 6.027 ha Verbandsgebiet
- **Abwasseranlagen**
  - 150 km Kanalnetz
  - 13 Pumpwerke
  - 11 Regenüberlaufbecken
  - 6 Regenrückhaltebecken
  - 2 Regenüberlaufbauwerke
  - 11 Kläranlagen (25 bis 40.000 EW)
- **Anschlußgrad (Einwohner)**
  - 85% Anschlußgrad an öffentliche Kanalisation
  - 77% Anschlußgrad an öffentliche Kläranlagen
  - 6.400 Grundstücke, davon 1.720 Grundstücke mit dezentraler Abwasserbehandlung (davon 497 Indirekteinleiter)
  - 1.589 Kleinkläranlagen

ZKA Niederfrohna

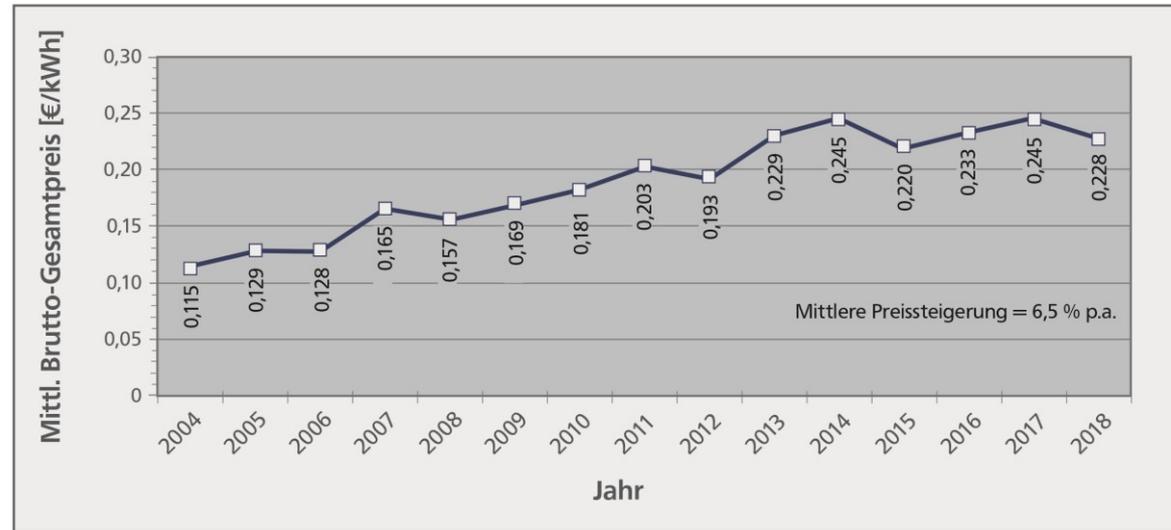
### Personal

- vollumfängliche Aufgabenerfüllung / keinerlei „Outsourcing“
- 9 Mitarbeiter in der Verwaltung
- 9 Mitarbeiter im Technischen Bereich, davon 2 Kraftfahrer (Entsorgung)

rund 0,7 Mitarbeiter je  
tausend Einwohner

→ entspricht dem Ø Sachsen  
(Ø bundesweit = 0,8)

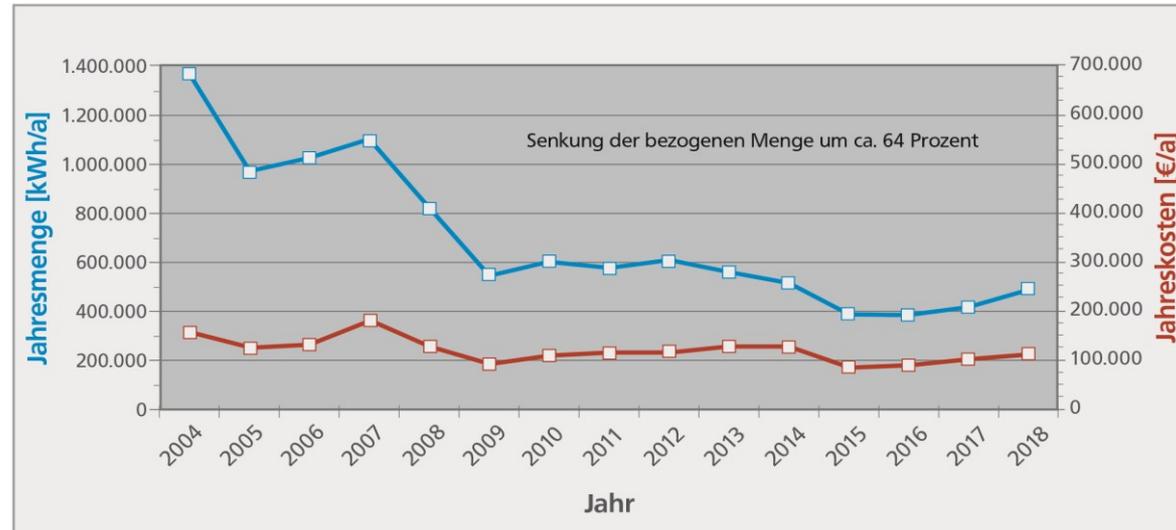
Zeitliche Entwicklung  
des Brutto-Preises für  
die von der ZKA  
Niederfrohna  
bezogene  
Elektroenergie



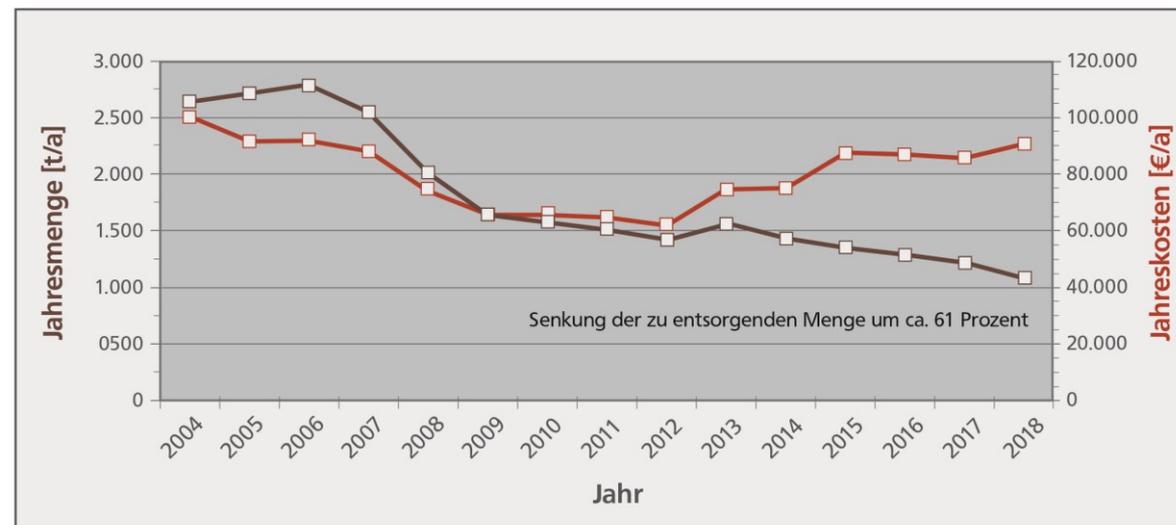
Zeitliche Entwicklung  
des Brutto-  
Entsorgungspreises  
für entwässerten  
Klärschlamm beim  
Zweckverband



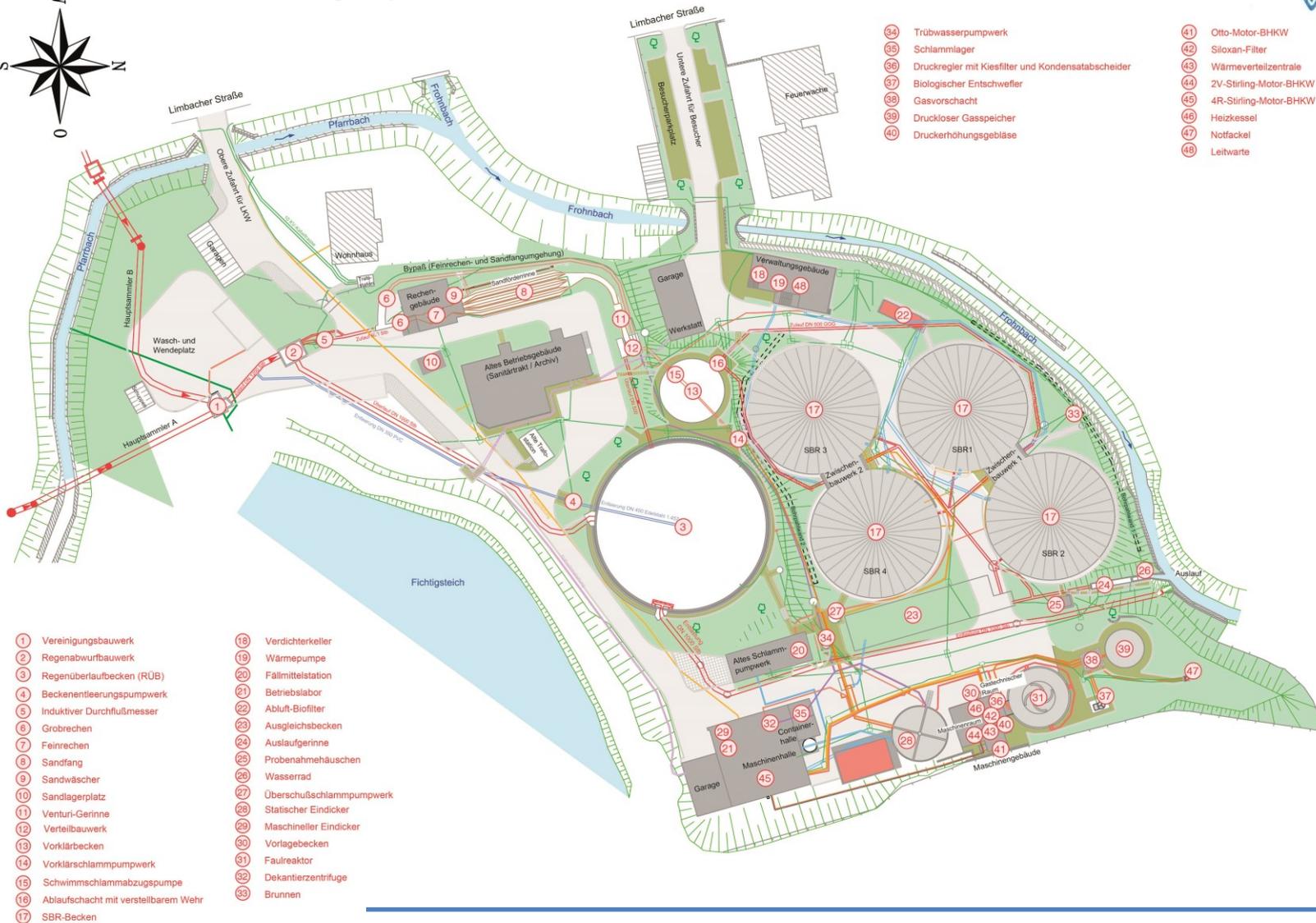
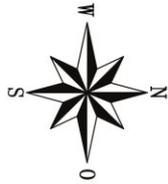
Zeitliche Entwicklung  
von Elektroenergie-  
Bezug und  
Stromkosten auf der  
ZKA Niederfrohna



Zeitliche Entwicklung  
von Klärschlamm-  
Menge und  
Entsorgungskosten für  
entwässerten  
Klärschlamm



# Lageplan



- 1 Vereinigungsbauwerk
- 2 Regenabwurfbauwerk
- 3 Regenüberlaufbecken (RÜB)
- 4 Beckenentleerungspumpwerk
- 5 Induktiver Durchflussmesser
- 6 Grobrechen
- 7 Feinrechen
- 8 Sandfang
- 9 Sandwäscher
- 10 Sandlagerplatz
- 11 Venturi-Gerinne
- 12 Verteilbauwerk
- 13 Vorklärbecken
- 14 Vorklärschlamm-pumpwerk
- 15 Schwimmschlammabzugspumpe
- 16 Ablaufschacht mit verstellbarem Wehr
- 17 SBR-Becken

- 18 Verdichterkeller
- 19 Wärmepumpe
- 20 Fallmittelstation
- 21 Betriebslabor
- 22 Abluft-Biofilter
- 23 Ausgleichsbecken
- 24 Auslaufgerinne
- 25 Probenahmehäuschen
- 26 Wasserrad
- 27 Überschussschlamm-pumpwerk
- 28 Statischer Eindicker
- 29 Maschinelles Eindicker
- 30 Vorlagebecken
- 31 Faulreaktor
- 32 Dekantierzentrifuge
- 33 Brunnen

- 34 Trübwasserpumpwerk
- 35 Schlamm-lager
- 36 Druckregler mit Kiesfilter und Kondensatabscheider
- 37 Biologischer Entschwefler
- 38 Gasvorschacht
- 39 Druckloser Gasspeicher
- 40 Druckerhöhungs-gebläse

- 41 Otto-Motor-BHKW
- 42 Siloxan-Filter
- 43 Wärmeverteilzentrale
- 44 2V-Stirling-Motor-BHKW
- 45 4R-Stirling-Motor-BHKW
- 46 Heizkessel
- 47 Notfackel
- 48 Leitwarte

# Luftbild von der ZKA Niederfrohna

(Foto: Martin Reiter, Niederfrohna)



# Luftbild von der Halle mit der Klärschlammveredlungsanlage

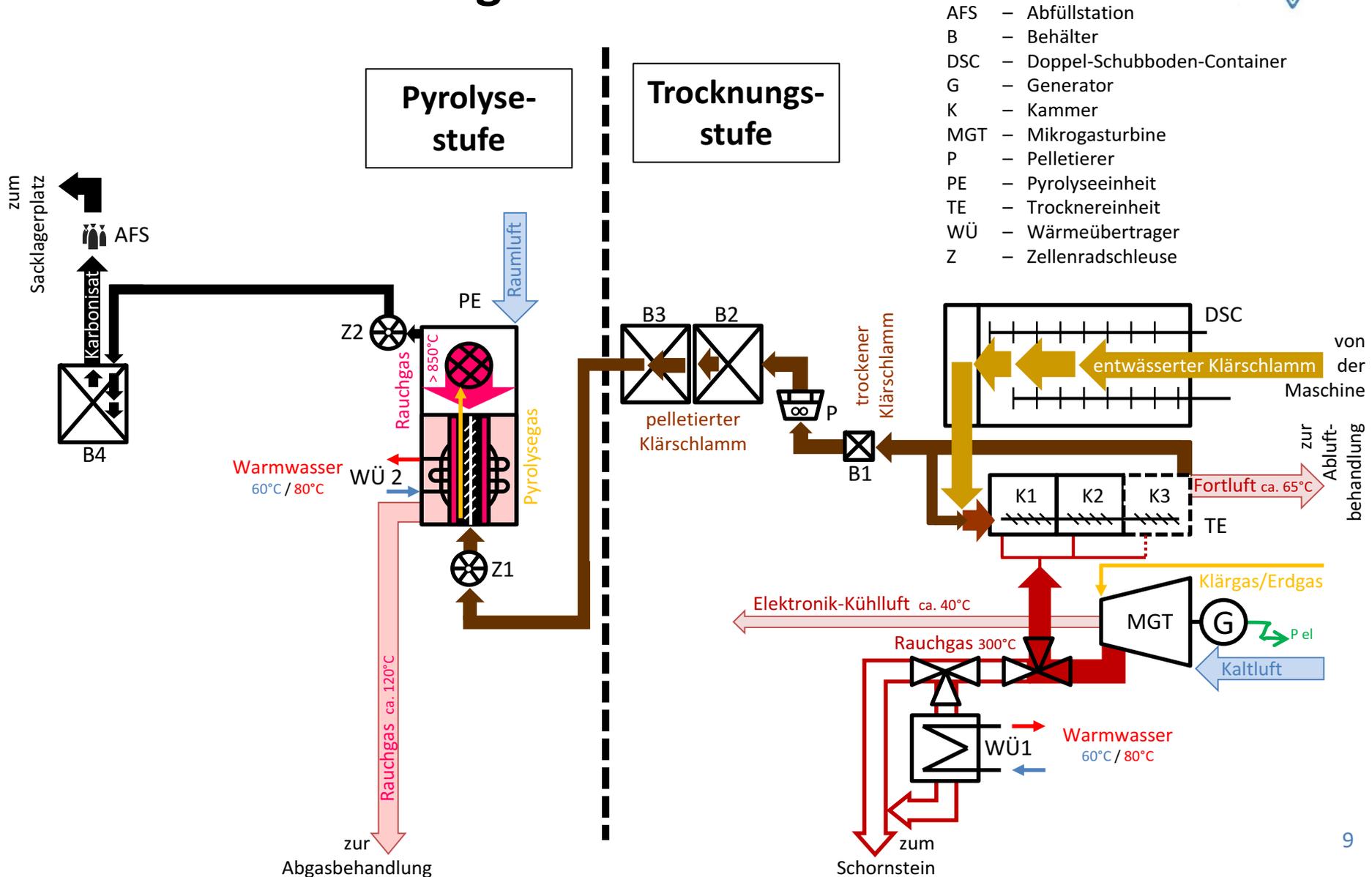
(Foto: Martin Reiter, Niederfrohna)



## **Panoramabild von der Halle im baulichen Zusammenhang**



# Technologisches Schema



- AFS – Abfüllstation
- B – Behälter
- DSC – Doppel-Schubboden-Container
- G – Generator
- K – Kammer
- MGT – Mikrogasturbine
- P – Pelletierer
- PE – Pyrolyseeinheit
- TE – Trocknereinheit
- WÜ – Wärmeübertrager
- Z – Zellenradschleuse

## Fotos von den Behandlungseinheiten in der Halle



1.) Trocknungs- und Pelletierabteil



2.) Pyrolyseabteil

## Produkte der thermischen Wandlung



bei der Pyrolyse → Karbonisat



bei der Verbrennung → Asche

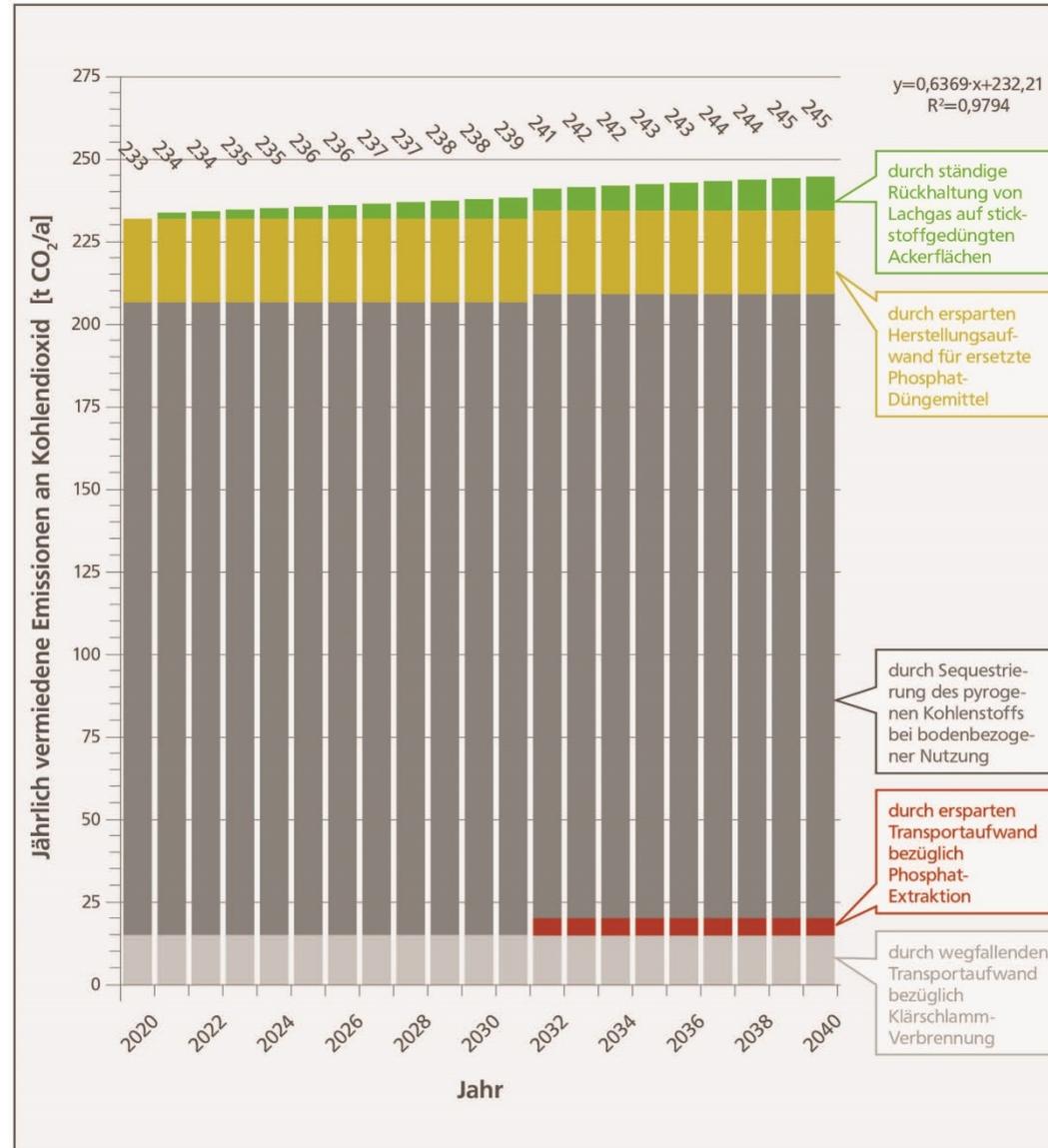
## Abhollager



# Nachhaltigkeit

- Leitsatz für die Kreislaufwirtschaft: „**Material use first!**“ = Stofflich nutzen!  
Erst wenn dies nicht möglich ist, soll man an die energetische Nutzung denken!  
Denn: **Die Natur kennt keinen Abfall!**
  - mit der Pyrolyse von Klärschlamm gelingt ein echter Kreislauf, und zwar ohne Abfall und ohne Abfalltransporte und ohne Entsorgung = Zero Waste Technology
  - auch Teil des Kohlenstoffkreislaufes. Etwa 60 Prozent des im Klärschlamm enthaltenen Kohlenstoffs werden sequestriert, also für Jahrhunderte als *black carbon* (Schwarzkohle) gebunden.
  - Befreiung von Klima-Abgaben. Eigentlich wäre eine Vergütung geboten für tatsächlich aus der Atmosphäre zurückgeholtes und zu Schwarzkohle „geronnenes“ Kohlendioxid. Hier ergibt sich binnen 20 Betriebsjahren ein **vermiedener volkswirtschaftlicher Schaden** in Höhe von etwa **-975.625 €**.
  - vorbildliche Ökobilanz

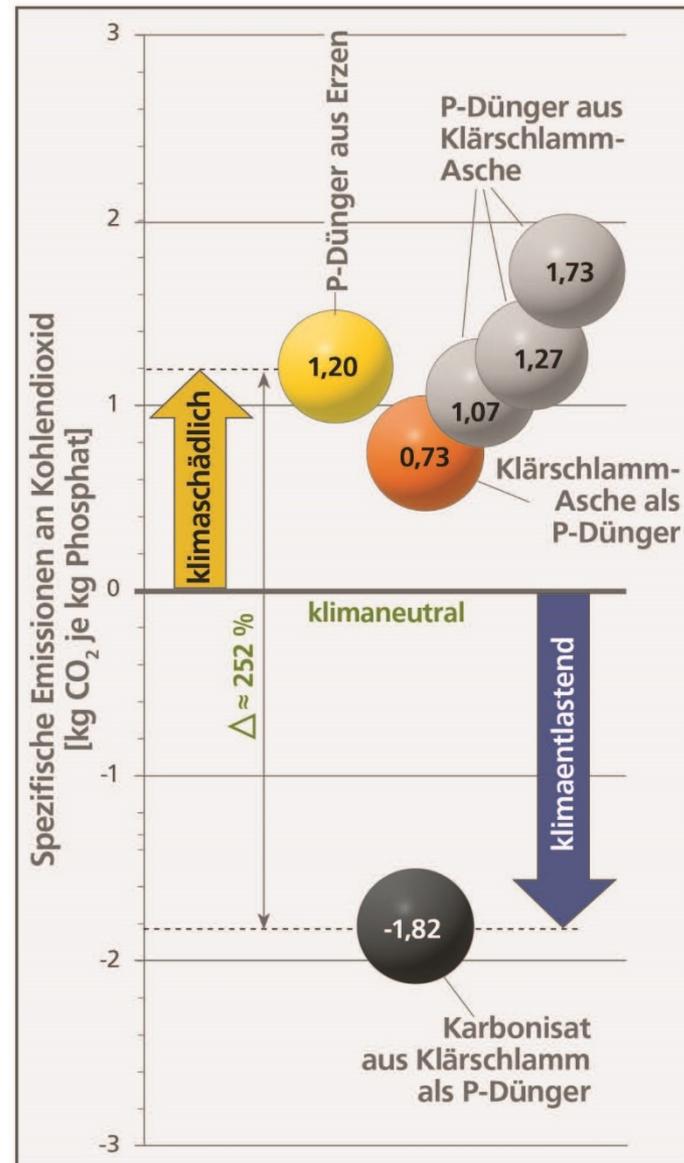
Anteile der verschiedenen einflußnehmenden Faktoren und zeitlicher Verlauf der jährlichen Treibhausgas-Einsparungen beim Zweckverband Frohnbach binnen 20 Jahren



# Ökobilanz

- Der Ingenieur Bruno Maier hat sich von Juni bis November 2021 an der Berliner Hochschule für Technik (BHT) im Rahmen seiner Masterarbeit mit dem Thema „Lebenszyklusanalyse (Life-Cycle-Cost-Analysis) nach ISO 14040 für das Produkt Klärschlamm-Karbonisat“ befaßt. Dabei geht es um die Klärschlamm Entsorgungsproblematik in Bezug auf eine optimale Stoffrückgewinnung bei minimaler Umweltbelastung. Hierzu wurde die Klärschlammveredelungsanlage des Zweckverbandes Frohnbach untersucht, bilanziert und nach den Regeln der DIN EN ISO 14040 ein Carbon-Footprint (CFP) für das Produkt Klärschlamm-Karbonisat (KSK) erstellt.
  - Bei bodenbezogener Nutzung von **Klärschlamm-Karbonisat** beträgt der  $CFP_{KSK}$  zirka  $-0,42 \text{ kg CO}_2$  pro kg KSK. Bezogen auf den wertgebenden Phosphatanteil ergibt sich ein  **$CFP_p$**  von  **$-1,82 \text{ kg CO}_2$  je kg  $P_2O_5$** . [1]
  - Im Vergleich zu herkömmlichen Phosphorrückgewinnungsverfahren aus **Klärschlamm-Asche** mit  $CFP_p$ -Werten von  **$+1,07$  bis  $+1,73 \text{ kg CO}_2$  je kg  $P_2O_5$**  [2] ist die Klimabelastung um ein Vielfaches reduziert.

Gegenüberstellung der auf den Phosphatgehalt bezogenen Treibhausgaspotentiale verschiedener mineralischer Phosphat-Düngemittel [1, 2]



## Regionaler Bezug

- kleinteilige regionale Lösung (hier für 40.000 EW)  
mit voller Kontrolle beim allein zuständigen Abwasserbeseitigungspflichtigen
  - kein Abstimmungsbedarf mit Nachbarverbänden
  - keine Kooperationsverhandlungen
  - eigener Zeitplan der Verwirklichung der Investition
  - keine Abhängigkeit von Interessen Dritter und monopolistischen Strukturen
  - keine Bindungen
  - Souveränität bei Preisen, Kosten und Gebühren
  - nie mehr Entsorgungsengpässe
- keine Mindestgröße nötig! (Einzugsgebiet, Rentabilität, ...)
- frei skalierbar (ab 10.000 EW bis über 100.000 EW)
- keine besonderen Anforderungen an den Standort (Industriegebiet, Bevölkerungsdichte, Wasserschutzgebiet, Naturschutz, Verkehrsanbindung, Entfernung von den klärschlammerzeugenden Anlagen, ...)

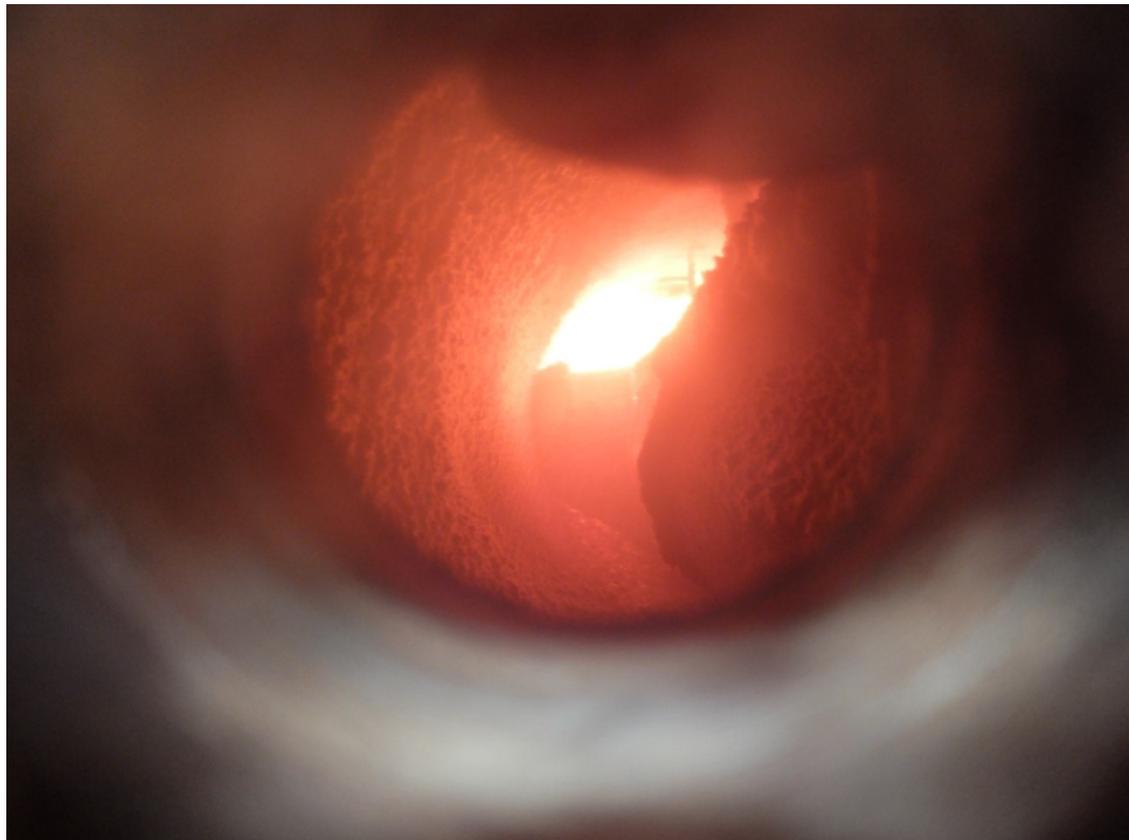
## Technik

- robuste und gut beherrschbare Anlage
  - ohne „Vortrocknung“
  - keine Qualitätsprobleme (Feuchte, Herkunft und Zusammensetzung, schwankender Heizwert, Sperr- und Störstoffe, Geruch, Gehalt an Fällungsmetallen, ...)
  - ohne LKW-Verkehr
  - in Symbiose mit dem Klärwerk
  - ohne Primärenergie aus dem Netz
  - ohne heizwertanhebende Zusätze



## Betrieb

- Anlage arbeitet zuverlässig und stabil
  - ohne zusätzliches Personal (keine Neueinstellung nötig)
  - unter Einhaltung der Vorschriften zum Immissionsschutz



## Produkt

- Anlage produziert ein gefragtes, wichtiges und wertvolles Erzeugnis (kein Abfall!)
  - eingetragene Marke („Humasat“)
  - wirkt klimaschützend, humusfördernd und bodenverbessernd wie bei *Terra preta*
  - keimfrei
  - faktisch ohne organische Schadstoffe
  - keine Hormone und Arzneimittelrückstände ( $\vartheta \gg 500^\circ\text{C}$  und  $t \gg 3$  Minuten! [3])
  - frei von Kunststoffen, Mikropartikeln und synthetischen Polymeren (Reste von Flockungshilfsmitteln)
  - reich an gut pflanzenverfügbarem Phosphat

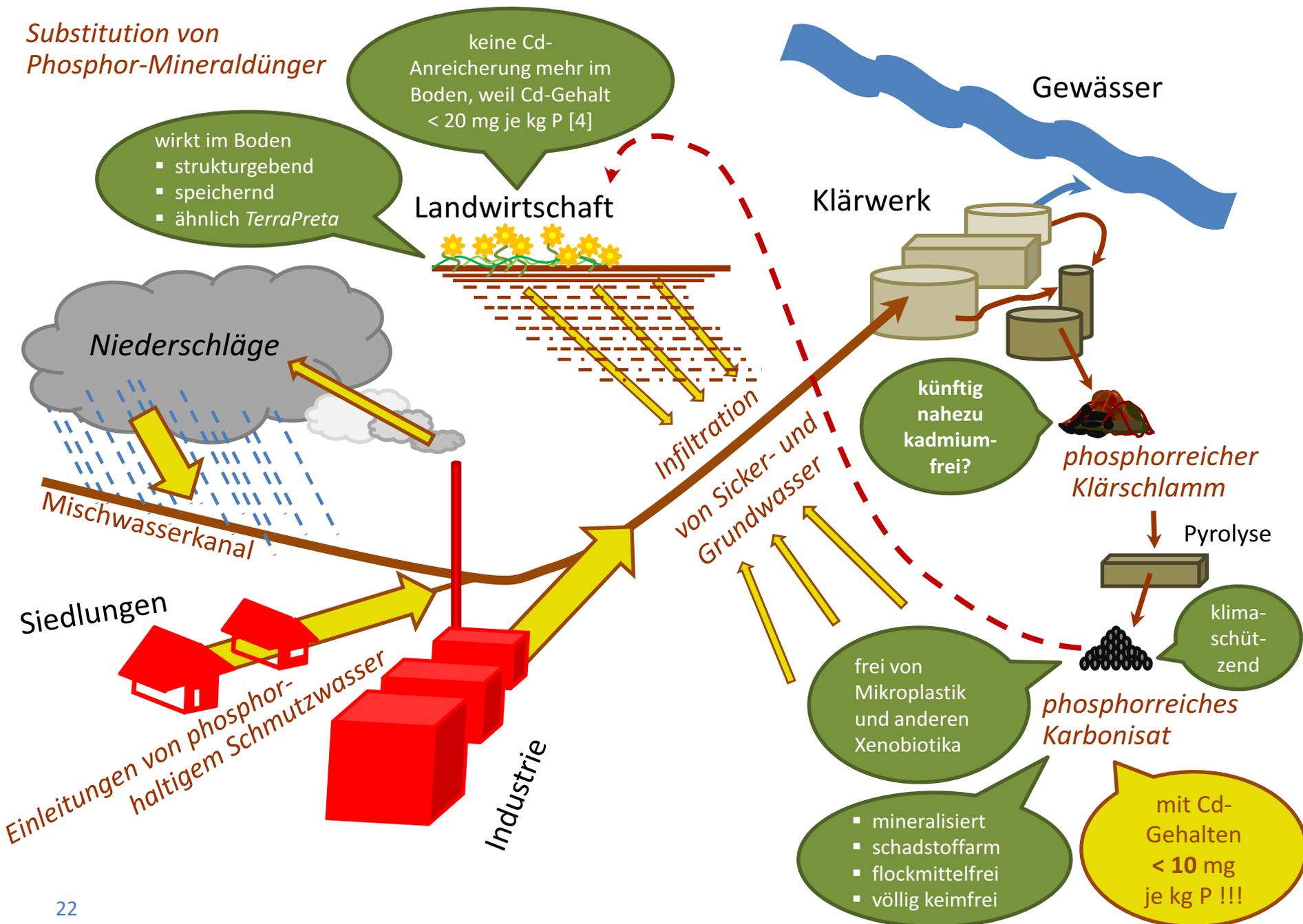


## Fazit und Ausblick

- Mit der Klärschlammveredlungsanlage ist hier die ab 2029 bzw. 2032 gesetzlich vorgeschriebene P-Rückführung bereits heute verwirklicht.
  - keine externe Nachbehandlung nötig (Aufschluß mit Mineralsäure, Phosphat-Raffinerie)
  - keine Ewigkeitshaftung
  - zehn Jahre Planvorsprung beim ZVF
  - im Jahre 2023 wird eine „Fertigmeldung“ an die Behörde gehen statt der geforderten „Klärschlammkonzeption“
- Sanierung der mit Cd, Hg und U verseuchten Felder



# Substitution von Phosphor-Mineraldünger



## Weitergehende Informationen



Eine ausführliche Dokumentation des in Niederfrohna erprobten Verfahrens mit Erläuterungen zur Anlagentechnik, technischen Daten, Stoff- und Energiebilanzen, Betriebserfahrungen und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wurde in einem Fachbuch zusammengefaßt.

Das Buch ist im MIRONDE Verlag erschienen und kann dort bezogen werden über [https://buchversand.mironde.com/epages/es919510.sf/de\\_DE/?ObjectPath=/Shops/es919510/Products/9783960630173](https://buchversand.mironde.com/epages/es919510.sf/de_DE/?ObjectPath=/Shops/es919510/Products/9783960630173) .

Format: 23,4 x 30,5 cm,  
fester Einband, Fadenheftung, Lesebändchen,  
400 Seiten, zahlreiche Fotos und Graphiken,  
mit digitalisierten Zusatzinformationen  
(Berechnungshilfen, Dokumente und Videos)  
**ISBN 978-3-96063-017-3**

## Quellen

- [1] Persönliche Mitteilung von Herrn Bruno Maier am 8. Januar 2022, 17.00 Uhr
- [2] Kraus, F.; Zamzow, M.; Conzelmann, L.; Remy, C.; Kleyböcker, A.; Seis, W.; Miehe, U.; Hermann, L.; Hermann, R.; Kabbe, C.: „Ökobilanzieller Vergleich der P-Rückgewinnung aus dem Abwasserstrom mit der Düngemittelproduktion aus Rohphosphaten unter Einbeziehung von Umweltfolgeschäden und deren Vermeidung“, Umweltbundesamt (Hrsg.), UBA-Texte 13/2019, Dessau-Roßlau, Februar 2019, ISSN 1862-4804, S. 116–118
- [3] Stenzel, F.; Jung, R.; Wiesgickl, S.; Dexheimer, K.; Eißing, M.; Mundt, M.: „Arzneimittelrückstände in Recyclaten der Phosphorrückgewinnung aus Klärschlämmen“, Umweltbundesamt (Hrsg.), UBA-Texte 31/2019, Dessau-Roßlau, April 2019, ISSN 1862-4804, S. 6, 65, 69, 82–83
- [4] Dittrich, B.: „Cadmiumaustrag über Düngemittel“, BfR-Statusseminar „Cadmium – Neue Herausforderungen für die Lebensmittelsicherheit“, 7. Juli 2009, S. 7

# „Machen

ist wie

Wollen,

nur krasser.“

*(Udo Schäfer, Kreuterey Wolsier)*



# AKKA modis

Engineering a Smarter Future Together

## MIDI

## WASTE2HYDROGEN

INNOVATIVE DEZENTRALE NÜTZUNGS- UND ENTSORGUNGSKONZEPTE FÜR KLÄRSCHLAMM UND ANDERE BIOGENE STOFFSTRÖME



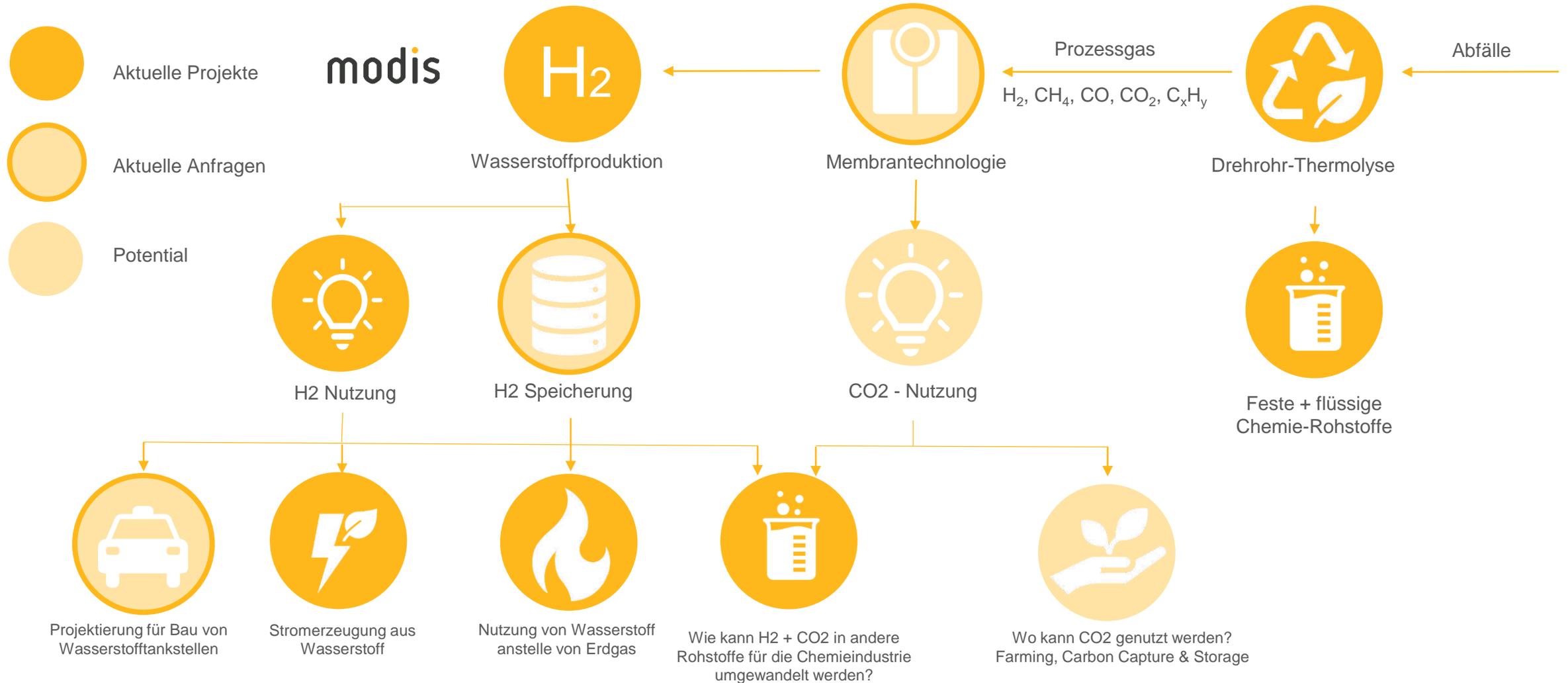
CC LEIPZIG  
PLANT ENGINEERING

ROTARY KILN TECHNOLOGY



CC Leipzig Plant Engineering  
[waste2product@modis.com](mailto:waste2product@modis.com)

# MODIS – PLANT ENGINEERING



# ERFAHRUNG DREHROHRTECHNIK

MINI



## Honmuko Plant

Ort: Yokohama – Japan  
Start-up: 2000  
Input: 120 kg/h  
Industrieschlämme (Werft)  
Rauchgasbeheizung + LPG



## Maizuru Plant

Ort: Maizuru – Japan  
Start-up: 2001  
Input: 300 kg/h  
Dioxin kontaminierter Boden  
LPG-Brenner



## Semirara Plant

Ort: Semirara - Philippinen  
Start-up: 2005  
Input: 300 kg/h  
Braunkohle 25% WC  
Rauchgasbeheizung

Die neue Kompaktklasse: MIDI

MAXI



## Limassol Plant

Ort: Ypsonas - Zypern  
Start-up: 2009  
Input: 600 kg/h  
Altreifen-Granulat  
Rauchgasbeheizung



## Herne Plant

Ort: Herne - Deutschland  
Start-up: 1992  
Input: 10.0 t/h  
Kontaminierter Boden  
Rauchgasbeheizung

MASTER



## Spolana Plant

Ort: Spolana - Tschechien  
Start-up: 2006  
Input: 10.0 t/h  
Dioxin kontaminierter Boden  
Erdgasbrenner

MEGA



## Burgau Plant

Ort: Burgau - Deutschland  
Start-up: 1984  
Input: 2x 2.0 t/h  
Sperrmüll bis 40% WC  
Rauchgasbeheizung



## Mie Plant

Ort: Mie prefecture - Japan  
Start-up: 2005  
Input: 4.0 t/h  
Altholz 20% WC  
Rauchgasbeheizung

ULTRA



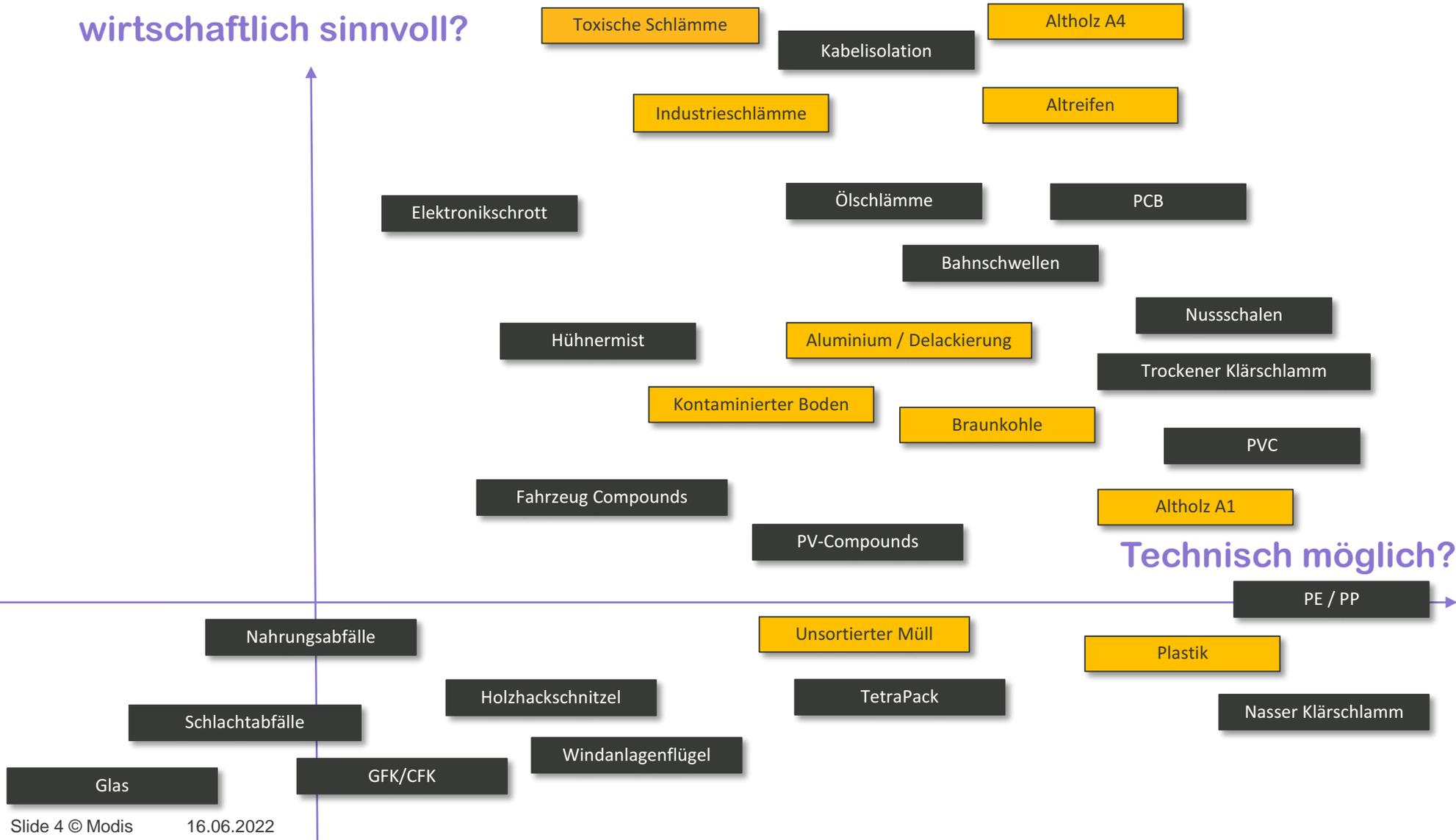
## Contherm Plant

Ort: Hamm -Deutschland  
Start-up: 2001  
Input: 2x 6.5 t/h  
EBS max 25% WC  
Erdgasbrenner

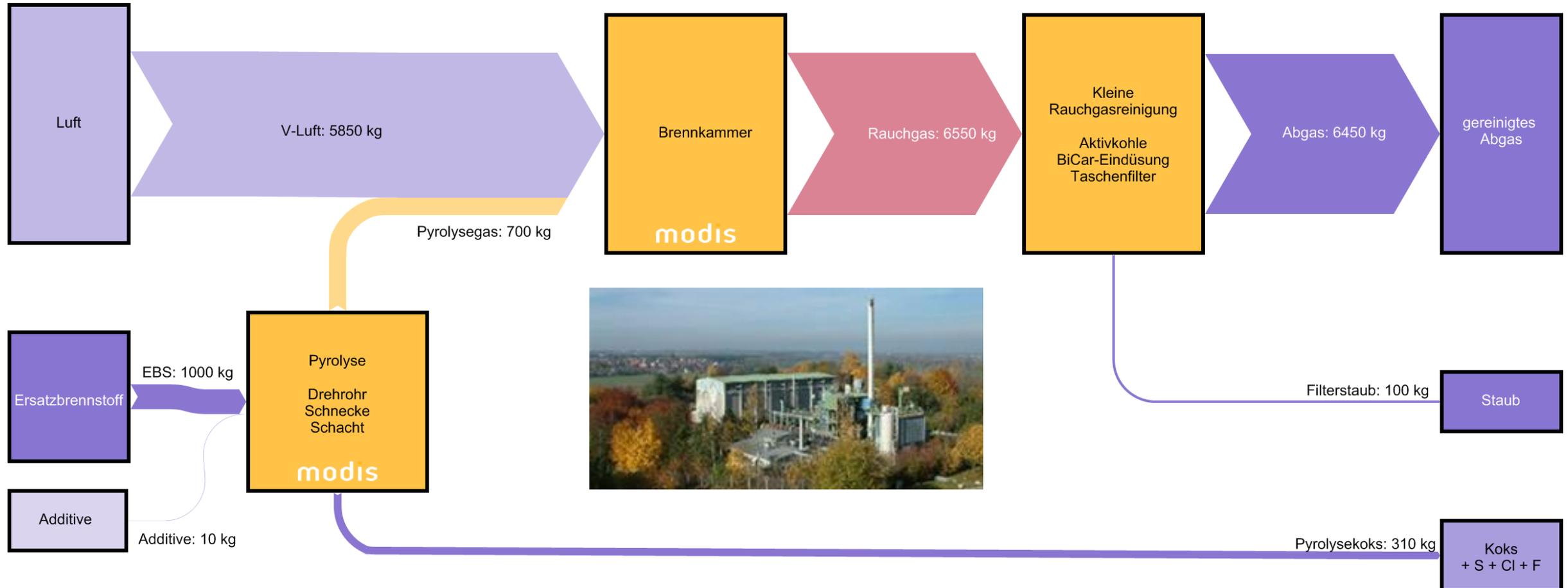
Fotos von MPA Burgau & Werner Schütze & Dirk Gerlach

# EINSATZSTOFFE - PYROLYSE

wirtschaftlich sinnvoll?



# WASTE2ENERGY - PYROLYSE

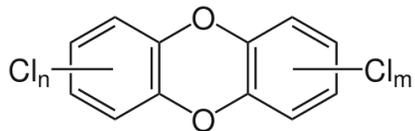


Die chemischen Reaktionen von einer Verbrennung unterscheiden sich deutlich von einer Pyrolyse ohne Sauerstoff und werden von Nichtfachleuten in der Regel verwechselt bzw. übersehen!

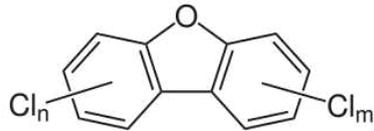
Inhaltsstoff	Verbrennung	Pyrolyse
<b>Schwefel</b>	Es bilden sich Schwefeloxids, welches i.d.R. durch Kalkzugabe als Gips abgeschieden wird.	Ohne weitere Maßnahmen bildet sich Schwefelwasserstoff, die im Wäscher abgeschieden werden muss. Durch Zugabe von Kalk in das Edukt wird Chlor als Calciumsulphat im Koks gebunden und gelangt (fast) nicht in das Prozessgas.
<b>Chlor</b>	Es bildet sich Salzsäure, die im Wäscher abgeschieden werden muss.	Ohne weitere Maßnahmen bildet sich Salzsäure, die im Wäscher abgeschieden werden muss. Durch Zugabe von Kalk in das Edukt wird Chlor als Calciumchlorid im Koks gebunden und gelangt (fast) nicht in das Prozessgas.
<b>Quecksilber</b> (auch Arsen)	Gelangt in das Rauchgas und muss abgefiltert werden.	Gelangt in das Prozessgas und muss abgeschieden werden. Das erhaltene Karbonat/Koks ist damit vom Quecksilber gereinigt!
<b>Salze</b> (NaCl, KaCl, ...)	Bei der Verbrennung werden die Salze i.d.R. aufgebrochen. Es entsteht ein Natrium-/Kalium-Oxid, sowie Salzsäure	Die meisten Salze bleiben bei den Prozesstemperaturen unter 800°C stabil. Es wird somit kein Chlor freigesetzt!
<b>Metalloxide</b>	Metalle oxidieren bei der Verbrennung auf den höchsten Oxidationsstand.	In der sauerstofffreien Pyrolyse werden Metalloxide durch den vorhandenen Kohlenstoff reduziert! Dadurch wird der Weg zu anderen niedrigsiedenden Verbindungen frei, die dann bei moderaten Temperaturen ausgetrieben werden können! Beispiel Zink: ZnO Schmelzpunkt 1.975°C / Zn Siedepunkt 907°C / ZnCl <sub>2</sub> Siedepunkt 732°C / Zn <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> Siedepunkt 285 – 350°C

Die chemischen Reaktionen von einer Verbrennung unterscheiden sich deutlich von einer Pyrolyse ohne Sauerstoff und werden von Nichtfachleuten in der Regel verwechselt!

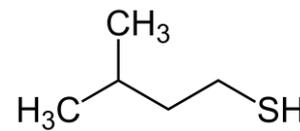
Inhaltsstoff	Verbrennung	Pyrolyse
Dioxin	Werden i.d.R. erst bei einer Brennkammer-Temperatur von > 1.150°C zersetzt und können sich bei der Abkühlung im Rauchgas wieder bilden.	Dioxine werden unter Sauerstoffmangel bereits bei 500°C zersetzt. Wird das in Dioxinen enthaltene Chlor dann durch Kalk gebunden, kann kein Sekundär-Dioxin mehr entstehen! Das Gleiche gilt für Furane & Mercaptane/Thiole...
PAK	Treffen die Benzolringe der PAKs auf Chlor (siehe Salze) und Sauerstoff (Verbrennungsluft) dann ist die Dioxinbildung vorprogrammiert!	Durch den fehlenden Sauerstoff und immer noch gebundenen Chlor fehlen die Grundlagen für eine Dioxinbildung. Im ungünstigsten Fall werden die PAKs auch nicht gecrackt...
PCB	Treffen die „chlorhaltigen“ Benzolringe des PCB auf Sauerstoff (Verbrennungsluft) dann ist die Dioxinbildung vorprogrammiert!	Es fehlt in der Pyrolyse (Lambda= 0) der Risikofaktor Sauerstoff. Wenn dann noch Kalküberschuss vorhanden ist, welcher das freigesetzte Chlor bindet, dann ist eine Dioxinbildung verhindert. Wird allerdings sauerstoffhaltiges PET mit aufgegeben, dann wird es kritisch!



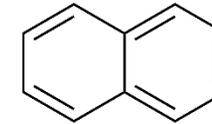
Polychlorierte Dibenzodioxine



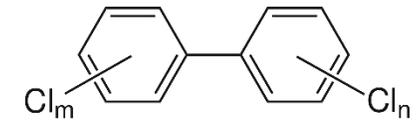
Polychlorierte Dibenzofurane



Thiolalkohol



Naphthalin (einfachstes PAK)

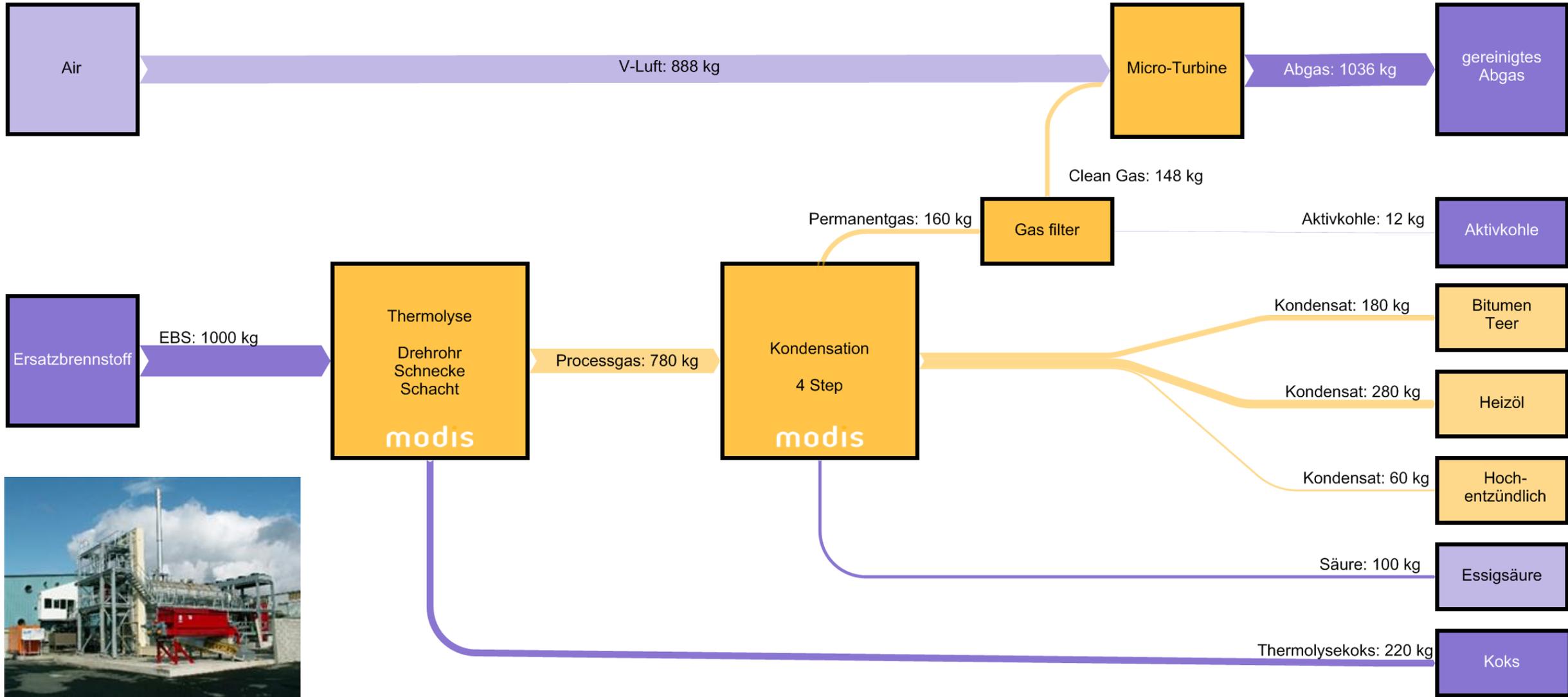


Polychlorierte Biphenyle (PCB)

## Löslichkeit in Wasser + Zersetzung

<b>Di-Hydrogen-Phosphate</b>	<b>Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub></b>	<b>KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub></b>	<b>NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub></b>
Zersetzung	200 °C	253 °C	170 °C
<b>Hydrogen-Phosphate</b>	<b>CaHPO<sub>4</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub></b>	<b>Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub></b>
Zersetzung	370 °C	340 °C	250 °C
<b>Phosphate</b>	<b>Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub></b>	<b>K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub></b>	<b>Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub></b>
Zersetzung	1.670 °C	1.340 °C	75 °C

# WASTE2PRODUCT - THERMOLYSE 2.0



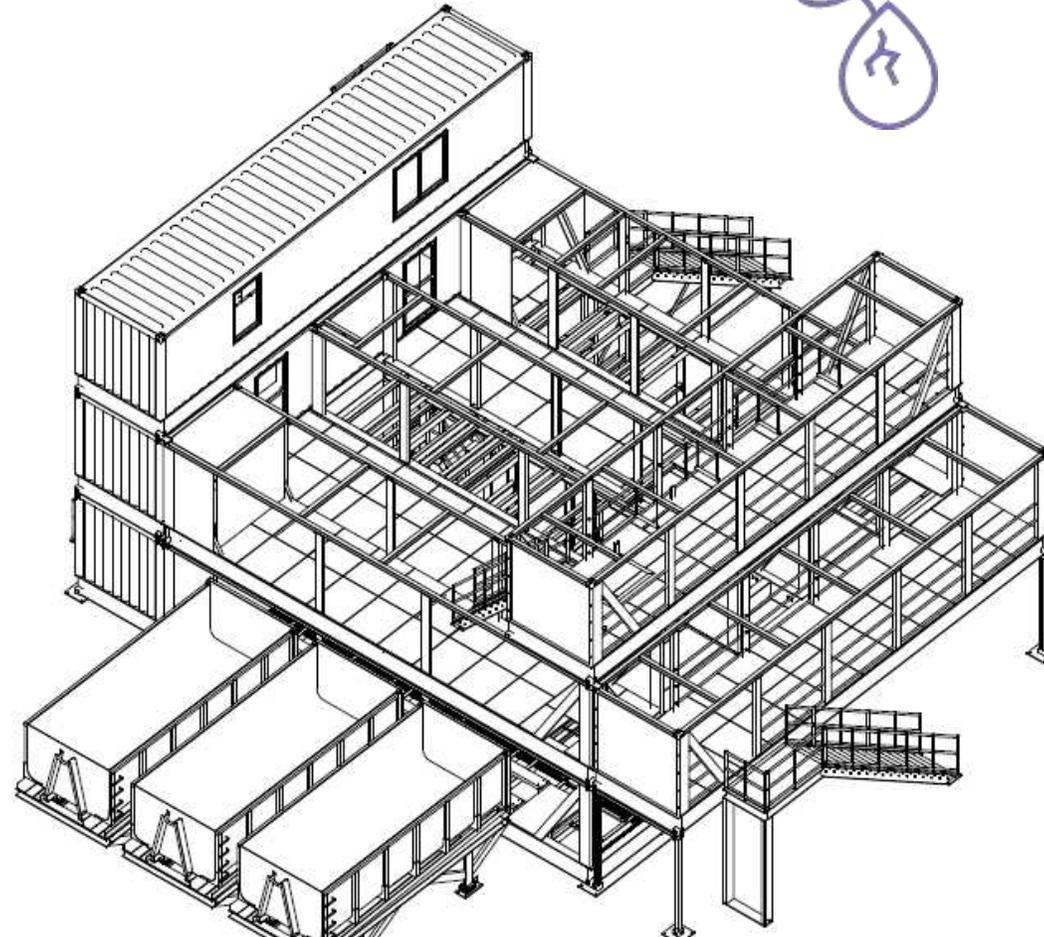
Gerade bei Klärschlamm bietet sich technisch eine Hochtemperaturpyrolyse an, weil bei Temperaturen

- ab 357°C Quecksilber ausgetrieben wird.
- ab 370°C sich fast alle Phosphate (bei genügend Kalkzugabe) in Calciumphosphat umgewandelt haben.
- ab 400°C nahezu alle Kunststoffe (-> Mikroplastik) zersetzt sind.
- ab 430°C auch Prionen (Rinderwahnsinn) zerstört werden.
- bei 550°C nahezu PAKs ausgetrieben und zum Teil auch gecrackt sind.
- über 630°C die Essigsäure im Pyrolysegas komplett gecrackt wird.
- ab 750°C durch Dampfaktivierung Oberflächen von über 450 m<sup>2</sup>/g entstehen können. Durch die Dampfaktivierung wird zudem weiterer Wasserstoff, aber auch CO<sub>2</sub> erzeugt.
- ab 1.000 °C Methan zu über 90% in Kohlenstoff + Wasserstoff gecrackt wird.



## Energieeffizienz

- Elektrische Beheizung für
  - Sehr geringe Wärmeverluste
  - Temperaturunabhängige Wirkungsgrade
- Kombination mit grünen Technologien
  - Windkraft: Asynchronmaschinen ohne elektronische Bauteile
  - Solarstrom: Tauglichkeit für Gleichstrom
- Kombination mit Biogasanlagen
  - Verstromung von Permanentgas
  - Essigsäure als Energiebooster



## Geringe Emissionen

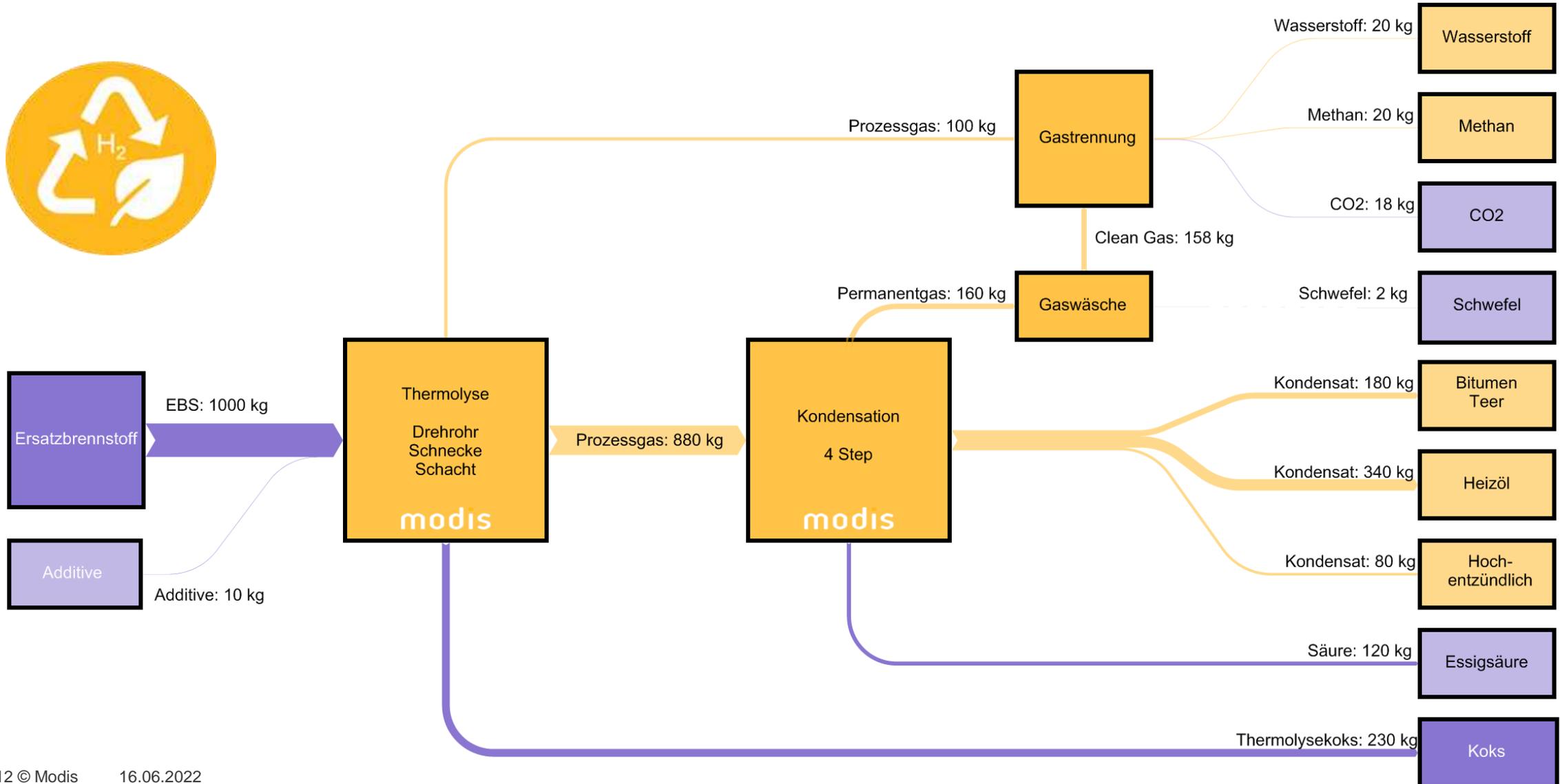
- Getrennte Atmosphären von Prozess und Beheizung (indirekte Beheizung)
- Kein Rauchgas, da keine Brennkammer, d.h. Status "Verfahrenstechnische Anlage"
- Überwachte Dichtungen mit Schutzgas
- Geräuschreduzierte Bauweise
- Leckage gesicherte Bauweise



## Sicherheit

- Vollautomatisches Leitsystem
- Eignung für Fernwartung
- mannloser Betrieb möglich
- HAZID & HAZOP
- Langlebige Materialien

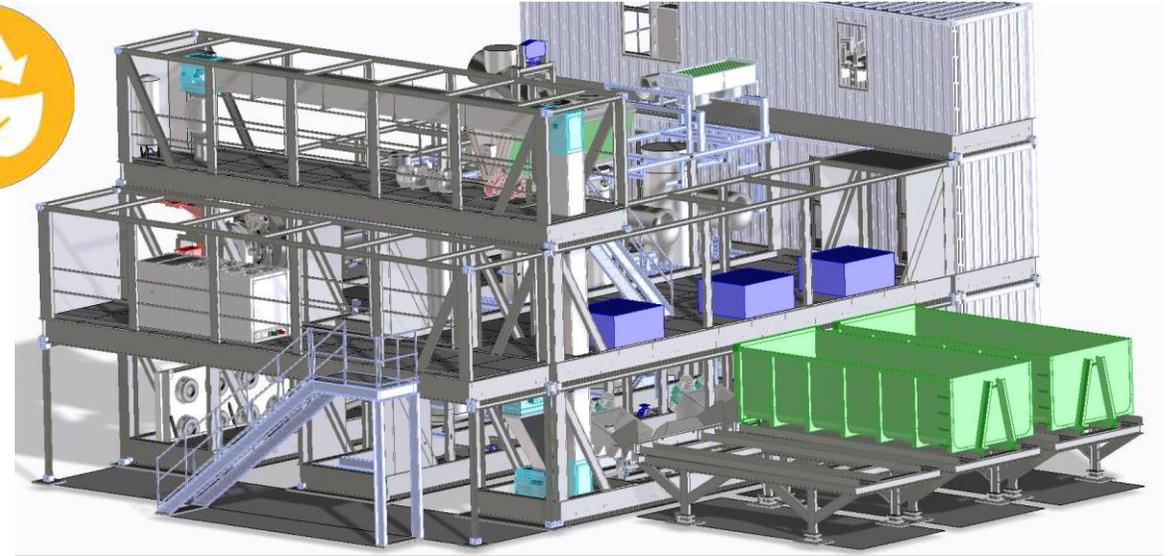
# WASTE2HYDROGEN - THERMOLYSE 4.0



Stoff	Formel	g/mol	Mol/t	Ertrag H <sub>2</sub> Kg/t input	Energiebedarf kWh/t input	kWh/kg H <sub>2</sub>	Bemerkung
Zellulose Beta-D-Glucose	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>10</sub>	324,28	3.083,75	<b>0 – 61,7</b>	< 400 (Praxiswert Biomasse)	<b>&gt; 6,5</b>	
PET Monomer	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>	192,17	5.203,73	<b>0 – 41,4</b>	< 400 (Praxiswert Plastik)	<b>&gt; 9,6</b>	Bei Maximalumsetzung 5,5 kg CO <sub>2</sub> pro kg/H <sub>2</sub>
PET	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	194,18	5.149,86	<b>10,3 - 51,5</b>	413 (Enthalpierechnung)	<b>&gt; 8,0</b>	Bei Maximalumsetzung 4,4 kg CO <sub>2</sub> pro kg/H <sub>2</sub>
Polypropylen Monomer	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42,08	23.764,26	<b>142,6</b>	-232 (Enthalpierechnung)	<b>&lt; 0</b>	(Die normale Verbrennung erzeugt 3,1 kg CO <sub>2</sub> je kg Input)
Propan (Polypropylen)	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44,09	22.680,88	<b>181,5</b>	762 (Enthalpierechnung)	<b>4,2</b>	(Die normale Verbrennung erzeugt 3,0 kg CO <sub>2</sub> je kg Input)
Methan (Erdgas)	CH <sub>4</sub>	16,04	62.344,13	<b>249,4</b>	1.292 (Enthalpierechnung)	<b>5,2</b>	Real mit Kompression: 9,5 kWh/kg H <sub>2</sub>
Methan + Dampf	CH <sub>4</sub> +H <sub>2</sub> O CH <sub>4</sub> +2H <sub>2</sub> O	34,06 52,08	29.359,95 19.201,23	<b>176,2</b> <b>153,6</b>	1.679 879 (Enthalpierechnung)	<b>9,5</b> <b>5,2</b>	Bei CO <sub>2</sub> -Umsetzung 5,5 kg CO <sub>2</sub> pro kg/H <sub>2</sub>
Dampf Wasser	H <sub>2</sub> O	20,16	49.603,17	<b>99,2</b>	3.728 4.407 (Enthalpierechnung)	<b>37,6</b> <b>44,4</b>	

## Anbindungsmöglichkeiten

- An bestehende NON-EEG Biogasanlagen oder abgeschriebene Windkraftanlagen für günstigen Strom (500 kW pro MIDI-Linie)
- An Recyclinghöfe als dezentrale Entsorgungsmöglichkeit von hochkalorischen Abfällen (ca. 5.000 t/a pro MIDI-Linie)
- In Gewerbeparks als
  - grüne Energiezentrale (CO<sub>2</sub>-Senke durch Koks) oder
  - Wasserstoffquelle (2,5 t/d pro MIDI-Linie) oder
  - CO<sub>2</sub>-Quelle für Gewächshäuser/Algen mit
  - Entsorgungsmöglichkeit von Problemstoffen
- An Großbaustellen für CO<sub>2</sub>-neutrale
  - Dekontamination von Böden (Altlasten)
  - Recycling von Baustoffen (Altholz, Plastik, Asphalt)



## Produkt-Vielfalt

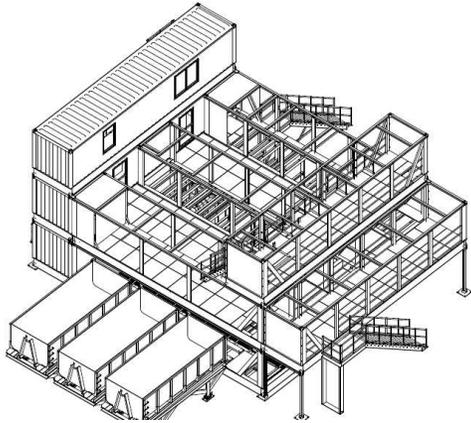
Flexible Umstellung / Kombination auf



- Entsorgung von Problemstoffen
- Dieselproduktion
- Methanproduktion
- Wasserstoffproduktion

## Add-on Features

- Semi-mobile Containerbauweise
- Lizenzmodell für lokale Fertiger
- Verschiedene Prozesse von 300°C bis 1.200°C
- Systembaukasten
  - Erweiterung bis zu 4 Linien
  - Implementierfähig von Veredlungstechniken



## ... eine Kooperation mit Firmen / Gewerbetreibenden / Recyclinghöfen

- Entsorgungsbedarf 5.000 – 20.000 t/a Kunststoffabfälle  
(PE/PP, Multilayer-Plastik, CFK, GFK)
- Treibstoffverbrauchern bis 8.000 t/a  
(LKW, Loks, BHKW)
- Wasserstoffverbrauchern bis zu 3.000 t/a  
(Tankstellen, Heizöfen)
- Grundlast-Energielieferanten ca. 0,5 bis 2,0 MW<sub>el</sub> (ohne interne Stromerzeugung, nur Produktherstellung)  
(abgeschriebene Windparks)
- Energieverbrauchern bis ca. 10,0 MW<sub>el</sub>  
(Spitzenlast-BHKW)
- Gasverbrauchern für H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>





# IHRE ANSPRECHPARTNER:



**Annett Schulze**

Regional Director East

Löhrstr. 2 - 04105 Leipzig

T: +49 341 305 713 3

E: [annett.schulze@modis.com](mailto:annett.schulze@modis.com)



**Dirk Gerlach**

PM Rotary Kiln Technology

Löhrstr. 2 - 04105 Leipzig

M: +49 1525 484 5906

E: [dirk.gerlach@modis.com](mailto:dirk.gerlach@modis.com)



**Marek Weissbach**

Senior Competence Manager

Löhrstr. 2 • 04105 Leipzig

T: +49 162 2726912

E: [marek.weissbach@modis.com](mailto:marek.weissbach@modis.com)

