

# Innsbrucker Abfall- und Ressourcentag 2018

Klärschlammstrategien und Co-Vergärung



zukunft  
SEIT 1909  
denken

universität  
innsbruck



## Klärschlammpyrolyse als dezentrales Verwertungskonzept

Dr. Andreas Hackl

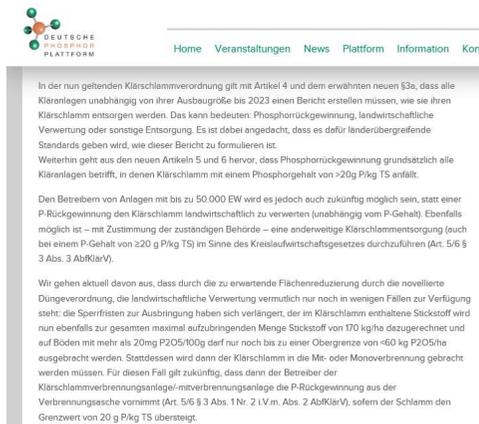
# Ein Blick nach Deutschland...

## NOV. 17, 2017 Phosphorrückgewinnung und kleine Kläranlagen – Stand der Dinge

...In der nun geltenden Klärschlammverordnung gilt mit Artikel 4 und dem erwähnten neuen §3a, dass alle Kläranlagen unabhängig von ihrer Ausbaugröße bis 2023 einen Bericht erstellen müssen, wie sie ihren Klärschlamm entsorgen werden...

Wir gehen aktuell davon aus, dass durch die zu erwartende Flächenreduzierung durch die novellierte Düngeverordnung, die landwirtschaftliche Verwertung vermutlich nur noch in wenigen Fällen zur Verfügung steht: die Sperrfristen zur Ausbringung haben sich verlängert, der im Klärschlamm enthaltene Stickstoff wird nun ebenfalls zur gesamten maximal aufzubringenden Menge Stickstoff von 170 kg/ha dazugerechnet....

Stattdessen wird dann der Klärschlamm in die Mit- oder Monoverbrennung gebracht werden müssen...



DEUTSCHE PHOSPHOR PLATTFORM

Home Veranstaltungen News Plattform Information Kon

In der nun geltenden Klärschlammverordnung gilt mit Artikel 4 und dem erwähnten neuen §3a, dass alle Kläranlagen unabhängig von ihrer Ausbaugröße bis 2023 einen Bericht erstellen müssen, wie sie ihren Klärschlamm entsorgen werden. Das kann bedeuten: Phosphorrückgewinnung, landwirtschaftliche Verwertung oder sonstige Entsorgung. Es ist dabei angedacht, dass es dafür landesübergreifende Standards geben wird, wie dieser Bericht zu formulieren ist. Weiterhin geht aus den neuen Artikeln 5 und 6 hervor, dass Phosphorrückgewinnung grundsätzlich alle Kläranlagen betrifft, in denen Klärschlamm mit einem Phosphorgehalt von >20g P/kg TS anfällt. Den Betreibern von Anlagen mit bis zu 50.000 EW wird es jedoch auch zukünftig möglich sein, statt einer P-Rückgewinnung den Klärschlamm landwirtschaftlich zu verwerten (unabhängig vom P-Gehalt). Ebenfalls möglich ist – mit Zustimmung der zuständigen Behörde – eine anderweitige Klärschlammverwertung (auch bei einem P-Gehalt von >20 g P/kg TS) im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes durchzuführen (Art. 5/6 § 3 Abs. 3 AbfKlärV).

Wir gehen aktuell davon aus, dass durch die zu erwartende Flächenreduzierung durch die novellierte Düngeverordnung, die landwirtschaftliche Verwertung vermutlich nur noch in wenigen Fällen zur Verfügung steht: die Sperrfristen zur Ausbringung haben sich verlängert, der im Klärschlamm enthaltene Stickstoff wird nun ebenfalls zur gesamten maximal aufzubringenden Menge Stickstoff von 170 kg/ha dazugerechnet und auf Böden mit mehr als 20mg P2O5/100g darf nur noch bis zu einer Obergrenze von <60 kg P2O5/ha ausgebracht werden. Stattdessen wird dann der Klärschlamm in die Mit- oder Monoverbrennung gebracht werden müssen. Für diesen Fall gilt zukünftig, dass dann der Betreiber der Klärschlammverbrennungsanlage/-mehverbrennungsanlage die P-Rückgewinnung aus der Verbrennungsgasche vornimmt (Art. 5/6 § 3 Abs. 1 Nr. 2 i.V.m. Abs. 2 AbfKlärV), sofern der Schlamm den Grenzwert von 20 g P/kg TS übersteigt.

## „Moderne“ Umweltgifte als KS-Kontaminatoren...



### Thermische Verwertung von Klärschlamm in Mono- und Mitverbrennungsanlagen

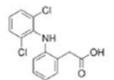
Thomas Horst, M.Sc.  
Prof. Dr.-Ing. Peter Quicker  
RWTH Aachen University

8. VDI-Fachkonferenz Klärschlammbehandlung  
18.10.2017  
Rotenburg an der Fulda

#### Klärschlamm

#### Problematische Inhaltsstoffe

- Schwermetalle
  - Insbesondere Kupfer und Zink
  - Weitere Schwermetallkonzentrationen eher „unkritisch“ (i. d. R. DüMV-konform)
- Umweltgefährdung insbesondere durch Organik
  - Über 100 Schadstoffe bekannt und nachweisbar
  - Toxizität und Umweltwirkungen wenig untersucht und bekannt
  - Arzneimittelrückstände (Diclofenac, Antibiotika...)
  - Krankheitserreger
  - Mikroplastik, Weichmacher
  - PCDD/F, PAK, Tenside
  - Endokrine Disruptoren: Eingriffe in das Hormonsystem

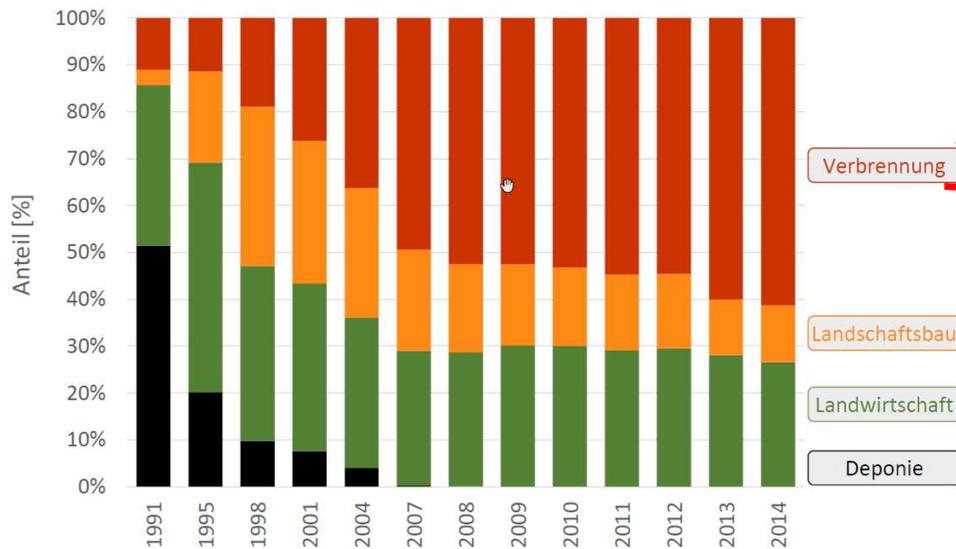


[Bundesinstitut für Risikobewertung]

5 Thermische Verwertung von Klärschlamm in Mono- und Mitverbrennungsanlagen  
Thomas Horst  
Rotenburg a. d. Fulda | 18. Oktober 2017

# Ein Blick nach Deutschland...

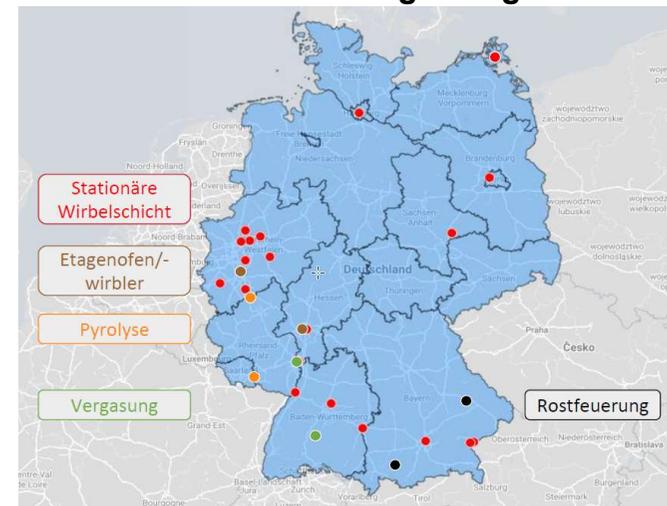
## Kommunaler Klärschlamm – Deutsche Verwertungsstruktur



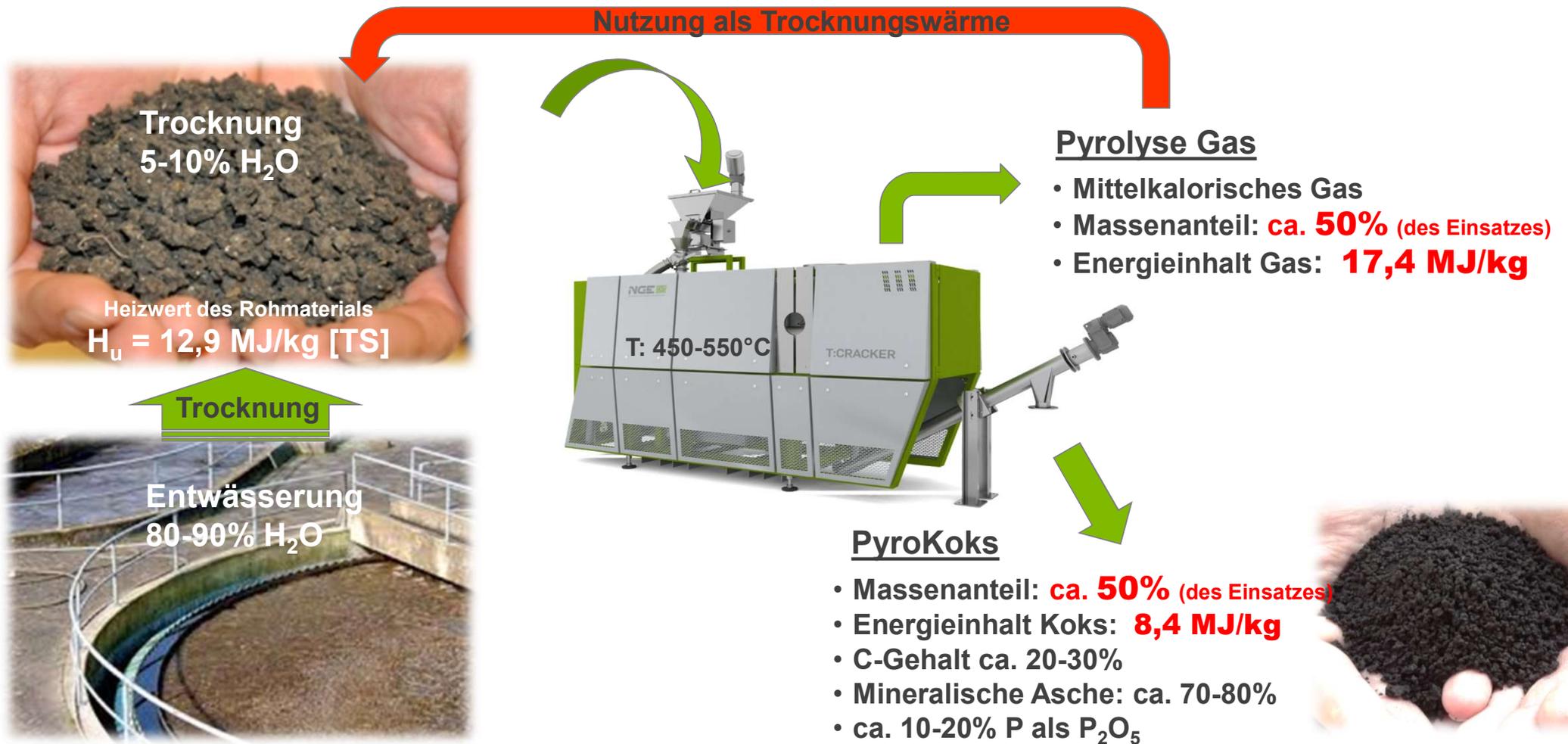
Monoverbrennung	Mitverbrennung	Alternative Verfahren
<ul style="list-style-type: none"> <li>Stationäre Wirbelschicht</li> <li>Etagenofen</li> <li>Etagenwirbler</li> <li>Zyklidfeuerung</li> <li>Rostfeuerung</li> <li>Drehrohr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Müllverbrennung</li> <li>Rostfeuerung</li> <li>stat. Wirbelschicht (EBS)</li> <li>Kohlekraftwerke</li> <li>Wirbelschicht</li> <li>Staubfeuerung</li> <li>Industriefeuerungen</li> <li>Zementwerk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vergasung</li> <li>Festbett</li> <li>Wirbelschicht</li> <li>Flugstrom</li> <li>Pyrolyse</li> <li>Drehrohr</li> <li>Schneckenreaktor</li> </ul>
		

Kommunaler Klärschlammfall 2016 – **1,77 Mio t [TS]**  
 stoffliche Verwertung 2016: **624 kt [TS]**  
 thermische Verwertung 2016: **1.140 kt [TS]**

## Therm. Monobehandlungsanlagen



# KS Pyrolyse - Prinzip



# Dezentral – RHV 30-40 KEW

## <100 kg/h T:CRACKER

Nutzung als Trocknungswärme (Bsp. Bandtrockner)

Getrockneter Klärschlamm  
460 t/a [90% TS]

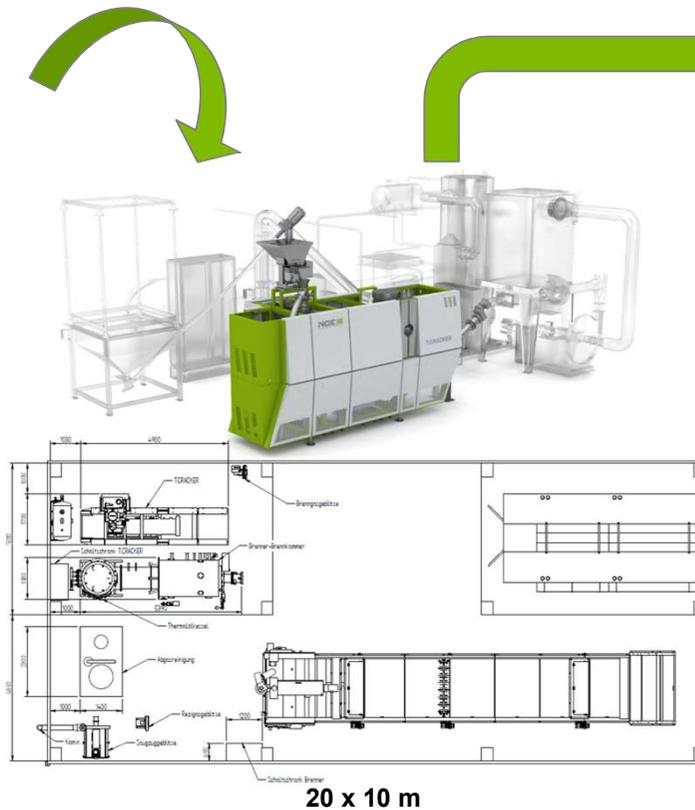
Thermische Trocknung

Schlammanfall entwässert  
1.680 t/a [25% TS]

Entwässerung

kalkulierter Rohschlammanfall  
8.300 t/a [5% TS]

(bei 8000 Betriebsstunden/a)



20 x 10 m

Pyrolyse Gas

- Massenstrom: 200 t/a
- Wärmestrom: 960 MWh/a
- **Therm. Leistung: 120 kW<sub>(theor.)</sub>**

PyroKoks

Massenstrom: 200 t/a  
**Energieinhalt: 466 MWh/a**



# Dezentral – „Entsorgerbasis“

## 1000 kg/h T:CRACKER

Nutzung als Trocknungswärme (Bsp. Bandtrockner)

Getrockneter Klärschlamm  
8.000 t/a [90% TS]

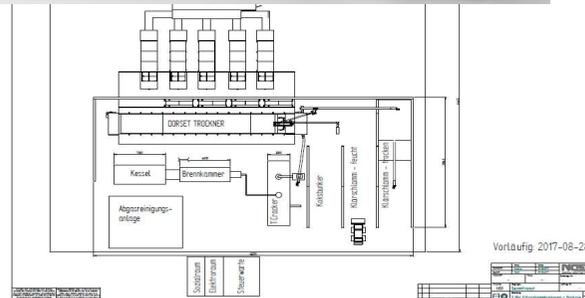
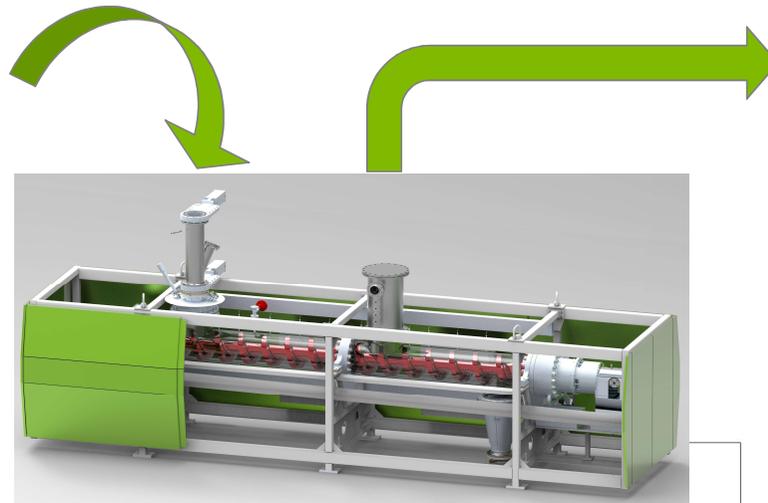
Thermische Trocknung

Schlammanfall entwässert  
28.000 t/a [25% TS]

Entwässerung

kalkulierter Rohschlammanfall  
140.000 t/a [5% TS]

(bei 8000 Betriebsstunden/a)



50 x 40 m

Vorlaufig: 2017-08-28

Pyrolyse Gas

- Massenstrom: 3.600 t/a
- Wärmestrom: 17.400 MWh/a
- **Therm. Leistung: 2,2 MW<sub>(theor.)</sub>**

PyroKoks

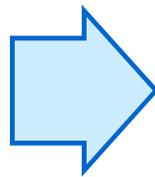
Massenstrom: 3.600 t/a  
**Energieinhalt: 8.400 MWh/a**



# Pyrolyse Produkte - PyroGas

- Wird direkt aus dem T:CRACKER mit  $>450^{\circ}\text{C}$  in den Brenner geleitet und gemäß AVV ( $850^{\circ}\text{C}$  / 2s) verbrannt.
- Indikative Zusammensetzung des PyroGases:
  - ca. 15-20% Permanentgase ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$ ...)
  - ca. 85-80% kondensierbare Anteile  $\rightarrow$   $\text{H}_2\text{O}$  & „org. Allerlei“ (Essigsäure, Toluol, Acetamid, Hexamethylcyclotrisiloxan, Buttersäure, N-Methylacetamid, C8 Aromat, Styrol, 4,7-Dimethylbenzofuran, 5-Ethyl-2-methylphenol, 3,3-Dimethyl-2,5-pyrrolidinedion, etc.)
  - Errechneter Hu: 17-18 MJ/kg
- Indikative Zusammensetzung des Rauchgases bei  $\lambda = 1,4$ :

$\text{CO}_2$	10 v%
$\text{H}_2\text{O}$	15 v%
$\text{SO}_2$	0,075 v%
$\text{O}_2$	5 v%
$\text{N}_2$	70 v%
Staub	$<100 \text{ mg/m}^3$



Herausforderung Rauchgasreinigung:

- Hohe  $\text{SO}_2$  Konzentration
- $\text{NO}_x$  aufgrund des hohen Brennstoffstickstoff  $\rightarrow$  gestufte Verbrennung!

# Pyrolyse Produkte – PyroKoks

Analytik eines Versuchslaufes mit deutschem Testmaterial



Parameter	Einheit	Klärschlamm (OS)	KS-Koks
Trockenrückstand	%	92,9	99
Glühverlust	%	50,5	26,6
pH		6,8	7,2
Heizwert (auf OS)	MJ/kg	10,3	7,9
<b>Nährstoffe:</b>			
N / NH <sub>4</sub> -N	%	3,4 / 0,31	2,4 / <0,05
P als P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	6,2	9,4
davon pflanzenverfügbar	%	73	85
K als K <sub>2</sub> O	%	0,35	0,55
Mg als MgO	%	0,9	1,3
Ca als CaO	%	2,8	4,2

Generell Bezug auf TS / Analytik von AgroLab, Plauen (D)

# Pyrolyse Produkte – PyroKoks

Analytik eines Versuchslaufes mit deutschem Testmaterial

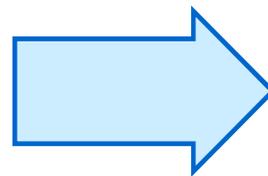


Parameter	Einheit	Klärschlamm (OS)	KS-Koks	Grenzwert (DüMV)
<b>Schwermetalle:</b>				
As	mg/kg	8,0	8,9	40
Pb	mg/kg	49,7	73,6	150
Cd	mg/kg	1,59	2,4	1,5
bezogen auf P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg/kg	25,8	25,5	50
Cr / Cr <sup>VI</sup>	mg/kg	170 / <1,0	250 / <1,0	- / 2
Cu	mg/kg	270	400	900
Ni	mg/kg	40	60	80
Hg	mg/kg	0,55	0,06	1
Zn	mg/kg	1200	1830	4000

# Pyrolyse Produkte – PyroKoks

Analytik eines Versuchslaufes mit deutschem Testmaterial

Parameter	Einheit	Klärschlamm (OS)	KS-Koks	Grenzwert (DüMV)
<b><u>Organische Inhaltsstoffe:</u></b>				
AOX	mg/kg	208	38	400
PCB (180)	mg/kg	<0,002	< NWG	0,1
TE-WHO PCDD/F + dl-PCB	ng TE/kg	6,3	<1,0	30
Perfluorierte Tenside (sum PFT)	µg/kg	<10	<10	100
PAK nach EPA	mg/kg	3,24	0,6	
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,18	<0,05	1



Dem Einsatz des PyroKokses als **Mineralischer Dünger mit >5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>** steht bei gegebener Situation nichts entgegen...

# Zusammenfassung...



- **kompaktes und robustes Anlagenkonzept bei vergleichsweise geringem Investment als auch Betriebskosten speziell bei dezentraler, kleinerer Anlagengröße**
- **Vorteil von dezentraler Lösung**
  - Unabhängigkeit von zentralen Verwertungslösungen
  - Optimierung der Logistik (Materialanlieferungen u. -abtransporte etc.)
  - Betriebsverfügbarkeit verteilt - Ausfallsrisiko minimiert
  - Umwelteinflüsse (Geruch, Abgasbelastung etc.) dezentralisiert
- **Vorteile PyroGas Nutzung**
  - Beste Regel- und Kontrollierbarkeit des PyroGas Brenners
  - Geringere Abgasmengen im vgl. zu Feststoffverbrennung (Wirbelschicht bzw. Rost)
  - Flexible Nutzung der therm. Energie
- **Vorteile PyroKoks**
  - Hygienisiertes Produkt zur direkte Verwertung (z.B. aufgrund  $P_2O_5 > 5\%$  als mineralischer Dünger)
  - Potentielle Kohlenstoffsенke 1 kg Pyrokoks bindet ca. 1,1 kg  $CO_2$
  - Einsatz für P-Rückgewinnung mit Energieträger Kohlenstoff (z.B. RecoPhos® (ICL), MePhrec®; AshDec®...) - PyroKoks enthält 30% Kohlenstoff!
  - Bei Bedarf kann der Koks zur vollständige Energieausnutzung nachverbrannt werden

# Herzliche Willkommen!



JOHANNES KEPLER  
UNIVERSITÄT LINZ

JKU



FFG  
Austrian  
Research Promotion Agency

