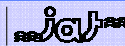


## Energieeffiziente Klärschlammverwertung

Fachgespräch BMU/UBA  
„Energieeffizienz auf Kläranlagen“  
am 29.01.2007 in Bonn

BMU / UBA-Fachgespräch Energieeffizienz  
auf KA

Ingenieurberatung für Abwassertechnik  
Dipl.-Ing. Haber Kern, Darmstadt



## Künftige Klärschlammverwertung

- **Energetische Nutzung in Verbrennungsanlagen**
  - **Übersicht der Verfahren**
    - Steinkohle- oder Braunkohlekraftwerke
    - Zementwerke
    - industrielle Feuerungsanlagen
    - Klärschlamm-Monoverbrennungsanlage
    - Müllverbrennungsanlagen
    - Alternative Verfahren
      - Klärschlammvergasung, Niedertemp.-konvertierung
      - Choren-Verfahren, Zuschlagstoff bei Asphalt

BMU / UBA-Fachgespräch Energieeffizienz  
auf KA

Ingenieurberatung für Abwassertechnik  
Dipl.-Ing. Bernd Haber Kern, Darmstadt



## Vor- und Nachteile der Verfahren (1)

	Vorteile	Nachteile
Kohlekraftwerke	<ul style="list-style-type: none"> <li>• große Entsorgungskapazitäten, ganzjährig =&gt; hohe Entsorgungssicherheit</li> <li>• Primärenergieeinsparung</li> <li>• sowohl entwässerter als auch getrockneter Klärschlamm einsetzbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• große Transportstrecken</li> <li>• Reststoffe müssen z.T. auf Deponien entsorgt werden</li> </ul>
Zementwerke	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rohstoffliche <u>und</u> thermische Verwertung</li> <li>• keine Reststoffe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• saisonal Entsorgungsengpässe zu erwarten</li> <li>• stärkerer Einfluss konjunktureller Schwankungen</li> <li>• Industriezweig abhängig von Weltwirtschaftsentwicklung =&gt; eingeschränkte Entsorgungssicherheit</li> </ul>

## Vor- und Nachteile der Verfahren (2)

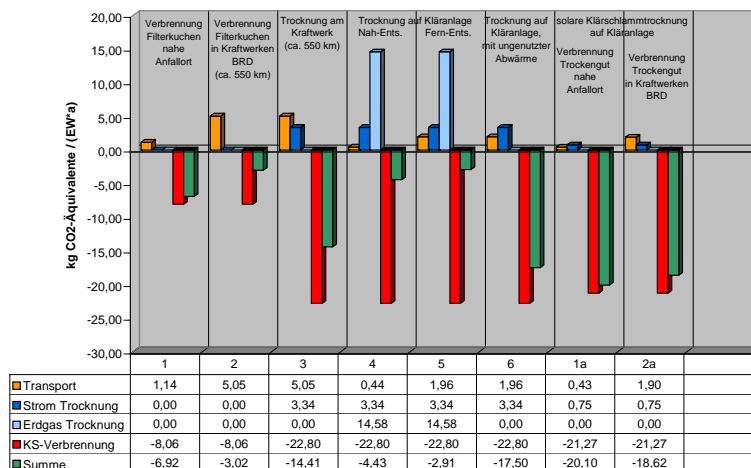
	Vorteile	Nachteile
Industrielle Verbrennungsanlage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dauerbetrieb möglich</li> <li>• Synergieeffekt durch Mitverbrennung von werkseigenem Schlamm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• eingeschränkte Entsorgungssicherheit (Einfluss konjunktureller Schwankungen)</li> </ul>
Mono-Klärschlammverbrennungsanlage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hohe Entsorgungssicherheit</li> <li>• bessere Auslastung bereits vorhandener Anlagentechnik</li> <li>• kommunale Zusammenarbeit</li> <li>• optimierte Rauchgasreinigung</li> <li>• P-Rückgewinnung aus Asche möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• höhere Entsorgungskosten</li> <li>• Reststoffe müssen z.T. auf Deponien entsorgt werden</li> </ul>
Müllverbrennungsanlagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• optimale Rauchgasreinigung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hohe Entsorgungskosten</li> <li>• Reststoffentsorgung erforderlich</li> </ul>

## Berechnung der CO<sub>2</sub>-Äquivalente (1)

- **Ansätze für die Berechnungen**
  - Klärschlammtransport (entwässert/getrocknet), Lkw-D-Mix: 129.647 g CO<sub>2</sub>/(1000 tkm)
  - Strombereitstellung, Stromnetz-lokal-D: 682 g CO<sub>2</sub>/ kWh
  - Strombedarf thermische Trocknung: 100 kWh/t Wasserverdampfung
  - Strombedarf solare Trocknung: 25 kWh/t Wasserverdampfung
  - Wärme für Trocknung, Erdgas: 297,5 g CO<sub>2</sub>/ kWh
  
- **Betrachtete Verfahrensketten**

## Berechnung der CO<sub>2</sub>-Äquivalente (2)

Varianten der Klärschlamm Entsorgung  
- mit / ohne Trocknung -



## Berechnung der CO<sub>2</sub>-Äquivalente (3)

- **Abzuleitende Präferenzen (Gesichtspunkt CO<sub>2</sub>)**
  - Möglichst Trocknung auf der Kläranlage mit Sonnenenergie und/oder ungenutzter Abwärme und Verbrennung möglichst nahe am Kläranlagenstandort (Gutschrift ca. 19 kg CO<sub>2</sub>/EW.a)
  - Falls dies nicht möglich ist, Transport von entwässertem Klärschlamm zum nächsten Kraftwerk/Zementwerk mit Trocknung vor der Verbrennung, auch wenn dieses sehr weit entfernt ist.
  - Falls beide Möglichkeiten ausscheiden, direkte Verbrennung von entwässertem Schlamm.
  - Keine Trocknung mit fossilen Energieträgern

## Klärschlammdesintegration (1)

- **Anwendungen und Zielsetzungen**
  - Verbesserung der Denitrifikation durch Bereitstellung zusätzlicher C-Quellen
  - Verringerung des Überschussschlammanfalls
  - Verbesserung der Schlammeigenschaften (Absetzbarkeit, Schwimmschlammbekämpfung, bessere Entwässerbarkeit)
- **Physikalische, Chemische oder Biologische Verfahren**

## Klärschlammdeintegration (2)

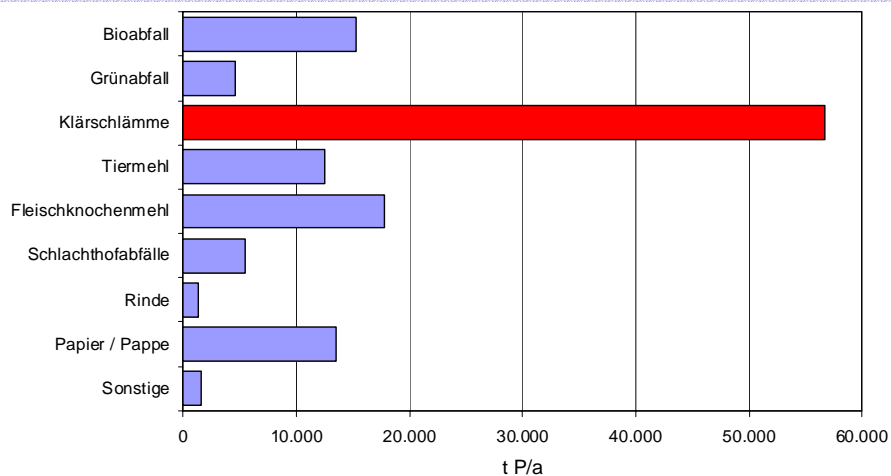
Erhöhung oTR-Abbaugrad um	5 %	20 %
Energiebedarf Desintegration	1,4 kWh/(EW*a)	1,4 kWh/(EW*a)
Energiebedarf für Belüftung zur Elimination N-Rückbelastung	0,08 kWh/(EW*a)	0,32 kWh/(EW*a)
Energiegewinn aus Gasmehrertrag	- 0,74 kWh/(EW*a)	- 2,98 kWh/(EW*a)
<b>Bilanzrahmen Kläranlage:</b>	<b>+ 0,74 kWh/(EW*a)</b>	<b>- 1,26 kWh/(EW*a)</b>
ausgedrückt in CO <sub>2</sub> -Äquivalenten	+ 0,5 kg CO <sub>2</sub> /(EW*a)	- 0,86 kg CO <sub>2</sub> /(EW*a)
Reduzierung Schlammmenge		
oTR	- 0,4 kg oTR/(EW*a)	- 1,7 kg oTR/(EW*a)
Filterkuchen	- 1,4 kg FK/(EW*a)	- 5,9 kg FK/(EW*a)
Transportaufwand,	- 0,05 kg CO <sub>2</sub> /(EW*a)	- 0,77 kg CO <sub>2</sub> /(EW*a)
Verbrennung	+ 0,29 kg CO <sub>2</sub> /(EW*a)	+ 1,24 kg CO <sub>2</sub> /(EW*a)
<b>Bilanzrahmen incl. Entsorgung:</b>	<b>Erhöhung um</b>	<b>Reduzierung um</b>
<b>CO<sub>2</sub>-Bilanz</b>	<b>+ 0,74 kg CO<sub>2</sub>/(EW*a)</b>	<b>- 0,39 kg CO<sub>2</sub>/(EW*a)</b>

BMU / UBA-Fachgespräch Energieeffizienz auf KA

Ingenieurberatung für Abwassertechnik  
Dipl.-Ing. Bernd Haberkern, Darmstadt



## Phosphorrückgewinnung (1)



BMU / UBA-Fachgespräch Energieeffizienz auf KA

Ingenieurberatung für Abwassertechnik  
Dipl.-Ing. Bernd Haberkern, Darmstadt



## Phosphorrückgewinnung (2)

Verfahren der P-Rückgewinnung		
aus der wässrigen Phase	aus entwässertem Klärschlamm	aus Klärschlammasche
<ul style="list-style-type: none"> <li>• aus Ablauf KA: wenig effizient; geringer P-Anteil bei P-Fällung</li> <li>• aus Schlammwasser: Rückgewinnungspotential: ca. 42% der Kläranlagen-Zulauffracht</li> </ul>	<p>Voraussetzung: chemisch-thermischer Aufschluss</p> <p>Rückgewinnungspotential: ca. 89% der Kläranlagen-Zulauffracht</p>	<p>Voraussetzung: Klärschlamm-Monoverbrennung</p> <p>Rückgewinnungspotential: ca. 89 % der Kläranlagen-Zulauffracht</p>

## Phosphorrückgewinnung (3)

Rückgewinnungspotential	aus der wässrigen Phase	aus Klärschlamm	aus Klärschlammasche
Potential	42 % von P <sub>zu</sub>	89 % von P <sub>zu</sub>	89 % von P <sub>zu</sub>
rückgewinnbar	0,276 kg/(EW*a)	0,585 kg/(EW*a)	0,585 kg/(EW*a)
Gutschrift in CO <sub>2</sub> -Äquivalenten	0,47 kg CO <sub>2</sub> /(EW*a)	0,99 kg CO <sub>2</sub> /(EW*a)	0,99 kg CO <sub>2</sub> /(EW*a)
Gesamtpotential, Randbedingungen	angeschlossene EW an Anlagen mit Faulung: ca. 95 Mio.;	angeschlossene EW: ca. 126 Mio	Monoverbrennungsanlagen, Kapazität Bestand: 484.000 t TS/a; mit 20 kg TS/EW*a => 24,175 Mio. EW
Gesamtpotential	45.000 t CO <sub>2</sub> /a	125.000 t CO <sub>2</sub> /a	23.950 t CO <sub>2</sub> /a

Einsparpotenzial maximal 4 % bei CO<sub>2</sub>