

Neue Techniken der Faulgasverwertung

Fachgespräch BMU/UBA
„Energieeffizienz auf Kläranlagen“
Neue Techniken der Faulgasverwertung
am 29.01.2007 in Bonn

BMU / UBA-Fachgespräch Energieeffizienz
auf KA

Ingenieurberatung für Abwassertechnik
Dipl.-Ing. Haberkern, Darmstadt



Gliederung

Bestandsanalyse Ansatzpunkte Neue Techniken Zusammenfassung

1. **Bestandsanalyse**
2. **Ansatzpunkte** zur Optimierung
3. **Neue Techniken** der Verstromung
 - a. Effizienzsteigerung Gasmotoren
 - b. Mikrogasturbine
 - c. Brennstoffzelle
 - d. Stirling-Motor
 - e. ORC-Anlage
4. **Zusammenfassung**

2

BMU / UBA – Fachgespräch Energieeffizienz auf KA,
29.01.2007

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



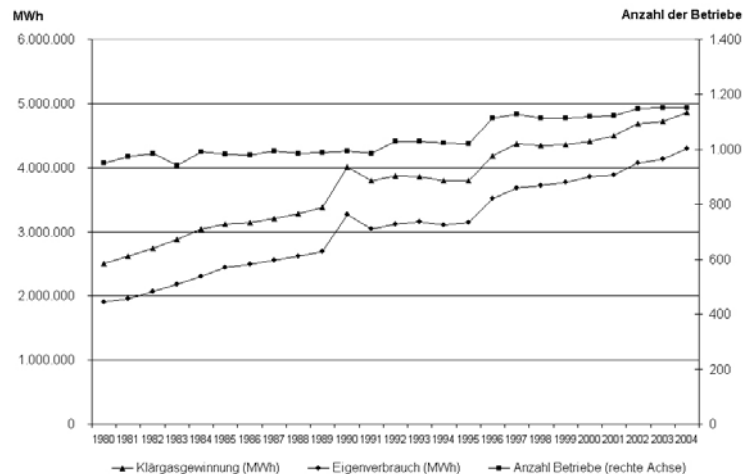
Entwicklung der Faulgasproduktion

Bestandsanalyse

Ansatzpunkte

Neue Techniken

Zusammenfassung



3

BMU / UBA – Fachgespräch Energieeffizienz auf KA,
29.01.2007

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



Faulgasmenge – Jetzt und künftig?

Bestandsanalyse

Ansatzpunkte

Neue Techniken

Zusammenfassung

1. Faulgasanfall 2004:

- 684 Mio. m³/a oder 4.200 GWh/a (H_u) = 19,6 l/EW.d
- Spezifische Produktion: 15, 20 oder 30 l/(EW*d)?
- 400 bis 500 l Gas / kg oTS ; 70 bis 90 g TS/EW.d mit 60 bis 70 % GV
→ **17 bis 31,5 l/EW.d** (ohne Kofermentation)

2. Steigerung der Faulgasmenge durch

- Verringerung Schlammalter Belebung (höherer GV)
- Optimierter Faulturm-Betrieb (T, Beschickung, Umwälzung)
- Desintegration
- Vermehrte Faulung von Klärschlamm (z.B. aus Stabilisierungsanlagen)
- Kofermentation

4

BMU / UBA – Fachgespräch Energieeffizienz auf KA,
29.01.2007

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



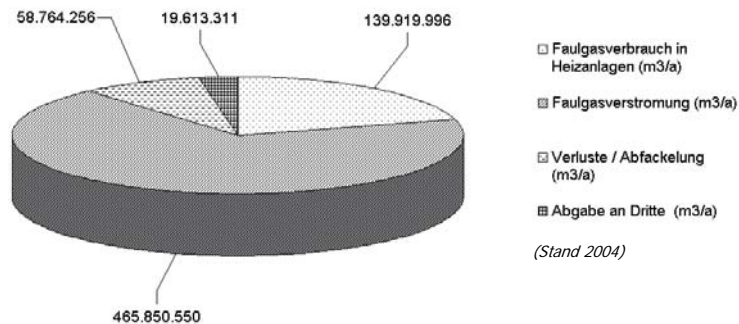
Stand der Faulgasverwertung

Bestandsanalyse

Ansatzpunkte

Neue Techniken

Zusammenfassung



5

BMU / UBA – Fachgespräch Energieeffizienz auf KA,
29.01.2007

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



Faulgas und Wärmebedarf

Bestandsanalyse

Ansatzpunkte

Neue Techniken

Zusammenfassung

- **Wärmeerzeugung (nur Heizungsanlage)**
 - Faulturmheizung
 - Klärschlamm-trocknung /-verbrennung
 - Verwertung in Industriebetrieben (Bsp. Hechingen)
 - Verwertung in landwirtschaftlichen Betrieben: z.B. Gewächshäuser, Fischzucht

- **Kläranlage als idealer Standort für Kraft-Wärme-Kopplung**
 - Ganzjährig hoher Wärmebedarf
 - Gute Speichermöglichkeit für (Ab-)Wärme
 - Steigende Strompreise erhöhen Rentabilität (>> EEG-Sätze!)
 - ➔ Verstromung von Klärgas (und sonstiger Primärenergie) sinnvoll!

6

BMU / UBA – Fachgespräch Energieeffizienz auf KA,
29.01.2007

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



Mehr Strom aus Faulgas

Grundkonzept

Bestandsanalyse

Ansatzpunkte

Neue Techniken

Zusammenfassung

- Die gesamte Faulgasmenge wird in erster Linie verstromt
- Das BHKW deckt ganzjährig den größten Teil des Wärmebedarfs ab
- Die Wärmespitzenlast wird durch einen Heizkessel (Klärgas oder Erdgas/Heizöl) abgedeckt
- Bei Ausfall eines BHKW muß Heizkessel zumindest den Grundbedarf an Wärme decken können
- Im Sommer ist aufgrund der vollständigen Verstromung eine Notkühlung erforderlich

7

BMU / UBA – Fachgespräch Energieeffizienz auf KA,
29.01.2007

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



Steigerung der Eigenstromerzeugung

Bestandsanalyse

Ansatzpunkte

Neue Techniken

Zusammenfassung

1. Eigenstromerzeugung aus Faulgas derzeit:

- 465 Mio. m³/a (68 % des Anfalls) verstromt zu 865 GWh/a
- Mittlerer elektrischer Wirkungsgrad 30 %
- Mittlerer Eigenversorgungsgrad ~ 30 % bezogen auf Anlagen mit Faulung
- Nur 20 % des Stromverbrauchs aller KA durch Eigenerzeugung gedeckt

2. Steigerung der Eigenstromerzeugung durch

- Erhöhter Gasanfall
- Vollständige Verstromung des Faulgases
- Erhöhter Wirkungsgrad BHKWs (Neuanlagen und bessere Wartung)
- Neue Techniken der Faulgasverstromung ??

8

BMU / UBA – Fachgespräch Energieeffizienz auf KA,
29.01.2007

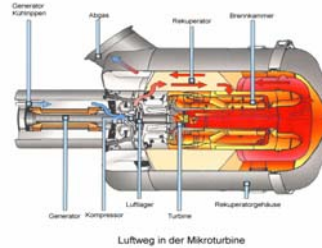
Ingenieurberatung für Abwassertechnik
Dipl.-Ing. Bernd Haberkorn, Darmstadt



Neue Techniken der Verstromung I Überblick

Bestandsanalyse Ansatzpunkte **Neue Techniken** Zusammenfassung

- Effizienzsteigerung Gas-Otto-Motoren
- Gas-Diesel-Motoren (Zündstrahlmotoren)
- Gas-Turbinen (Mikrogasturbinen)
- Brennstoffzellen
- Stirling-Motor
- ORC-Anlagen



9 | BMU / UBA – Fachgespräch Energieeffizienz auf KA,
29.01.2007

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



Neue Techniken der Verstromung II Gas-Otto-Motor

Bestandsanalyse Ansatzpunkte **Neue Techniken** Zusammenfassung

- **Leistungsdaten eines konventionellen Gas-Otto-Motors:**
 - mechanische Energie an der Kurbelwelle: ca. 40 % bezogen auf den Energieeinsatz
 - ca. 25 - 35 % elektrische Leistung bezogen auf den Energieeinsatz
 - Wärmeenergie aus Motorkühlung: ca. 25 %
 - Wärmeenergie aus Abgas: ca. 30 %
 - Abstrahlungswärme (Verluste): ca. 5 %
 - Gesamtwirkungsgrad: ca. 90 %
- **Direktantrieb**
 - Gebläse
 - Pumpen (Lastspitzenmanagement bei RW-Pumpen)

10 | BMU / UBA – Fachgespräch Energieeffizienz auf KA,
29.01.2007

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



Neue Techniken der Verstromung III *Motor-Entwicklung*

Bestandsanalyse

Ansatzpunkte

Neue Techniken

Zusammenfassung

▪ Verbesserung der Wirkungsgrade:

- MAN B&W Diesel: Gas-Otto-Motor mit einem neuen Einspritz-Verfahren (Performance Gas Injection, PGI), ohne Zündkerzen. Wirkungsgrade von über 46 % bei niedrigen NO_x -Emissionen von unter 250 mg/m_N^3 .
- GE Jenbacher: Einsatz eines Turboladers und höhere Komprimierung: Wirkungsgrad bei einer elektrischen Leistung von 330 kW bei 39 %.

▪ Leistungsdaten eines Zündstrahl-Motors

- mechanische Energie an der Kurbelwelle: bis ca. 50 % bezogen auf den Energieeinsatz
 - bis ca. 45 % elektrische Leistung bezogen auf den Energieeinsatz

11

BMU / UBA – Fachgespräch Energieeffizienz auf KA,
29.01.2007

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



Neue Techniken der Verstromung VI *Mikrogasturbine*

Bestandsanalyse

Ansatzpunkte

Neue Techniken

Zusammenfassung

▪ Vorteile einer Mikrogasturbine

- Einfache Wartung (Intervall 8.000 Bh, 0,6 bis 1,0 Ct/kWh el.)
- Mindestgehalt an Methan bei 35 %,
- Gutes Teillastverhalten
- Niedrige Emissionswerte

▪ Nachteile

- Gasvordruck von 4 bar erforderlich
- elektr. Wirkungsgrad < 30%
- nur zwei Baugrößen (30 und 60 kW)



⇒ Nur für kleinere Kläranlagen interessant

12

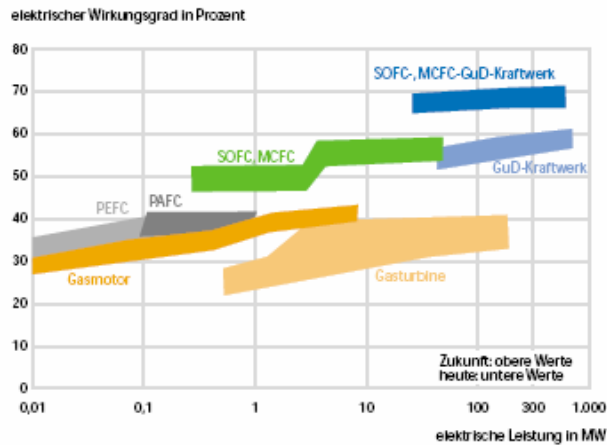
BMU / UBA – Fachgespräch Energieeffizienz auf KA,
29.01.2007

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



Neue Techniken der Verstromung VII Brennstoffzelle

Bestandsanalyse Ansatzpunkte Neue Techniken Zusammenfassung



13 | BMU / UBA – Fachgespräch Energieeffizienz auf KA,
29.01.2007

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



Neue Techniken der Verstromung VIII Brennstoffzelle

Bestandsanalyse Ansatzpunkte Neue Techniken Zusammenfassung

- **Vorteile einer Brennstoffzelle**
 - Hoher elektr. Wirkungsgrad (?)
 - Sehr gutes Teillastverhalten – wirklich erforderlich in KA?
 - Niedrige Emissionswerte
 - **Nachteile**
 - aufwändige Gasreinigung
 - nicht serienreif
 - Höhere sicherheitstechnische Anforderungen (H₂ !)
 - sehr hohe Investitionskosten !!
- ⇒ Für Kläranlagen eher uninteressant

14 | BMU / UBA – Fachgespräch Energieeffizienz auf KA,
29.01.2007

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



Neue Techniken der Verstromung IX

Stirling-Motor

Bestandsanalyse

Ansatzpunkte

Neue Techniken

Zusammenfassung

- **Vorteile** eines Stirling-Motors
 - lange Wartungsintervalle (5.000 Stunden) wg. außen liegendem Brenner,
 - Reduzierung der Betriebskosten
 - Schadstoffemissionen entsprechend moderner Gasbrennwert-Technik
 - **Nachteile**
 - Nur sehr kleine Baugröße marktreif
 - Geringer elektrischer Wirkungsgrad (< 30 %)
- ⇒ **Nur für kleine Kläranlagen interessant**

15

BMU / UBA – Fachgespräch Energieeffizienz auf KA,
29.01.2007

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



Neue Techniken der Verstromung X

ORC-Prozess

Bestandsanalyse

Ansatzpunkte

Neue Techniken

Zusammenfassung

- **ORC = *Organic Rankine Cycle***
 - Abwärme aus dem Abgaswärmetauscher (ca. 30 bis 35 % der gesamten nutzbaren Abwärme) wird für die ORC-Anlage ausgekoppelt. Auf diese Weise kann der Wärmeüberschuss (im Sommer) genutzt werden.
 - Vergleichsweise geringer Wirkungsgrad (10 - 20 %, bezogen auf die zur Verfügung stehende Wärme).
 - Erhöhung des elektrischen Gesamtwirkungsgrad der BHKW-Anlage um überschlägig 5 % bis 10 %.
- ⇒ **Für große Kläranlagen mit Wärmeüberschuss denkbar**

16

BMU / UBA – Fachgespräch Energieeffizienz auf KA,
29.01.2007

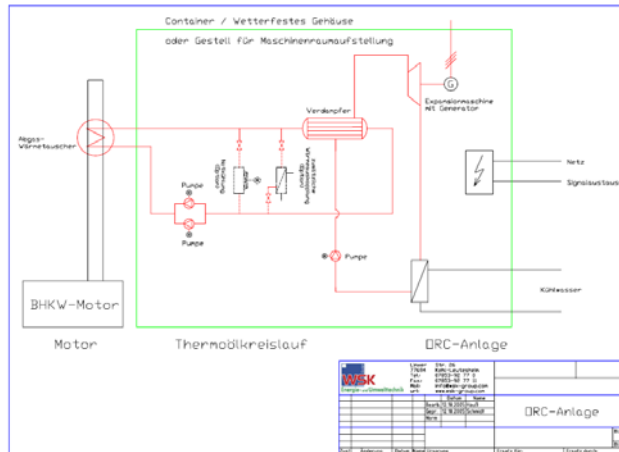
Ingenieurberatung für Abwassertechnik
Dipl.-Ing. Bernd Haberkern, Darmstadt



Neue Techniken der Verstromung Xa

ORC-Prozess

Bestandsanalyse Ansatzpunkte Neue Techniken Zusammenfassung



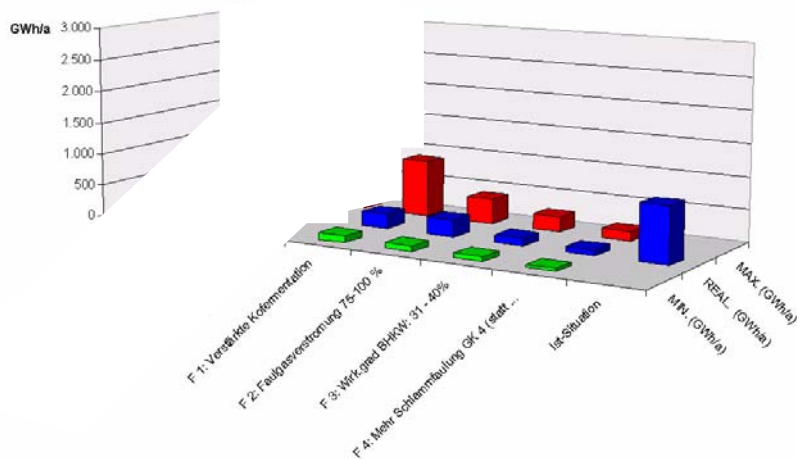
17 | BMU / UBA – Fachgespräch Energieeffizienz auf KA, 29.01.2007

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



Szenarien zur Faulgasverstromung

Bestandsanalyse Ansatzpunkte Neue Techniken Zusammenfassung



18 | BMU / UBA – Fachgespräch Energieeffizienz auf KA, 29.01.2007

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



Zusammenfassung

Bestandsanalyse Ansatzpunkte Neue Techniken Zusammenfassung

1. **Faulgasanfall deutlich steigerbar durch:**
 - Betriebliche Optimierung
 - Kofermentation externer Substrate
2. **Erhöhung Faulgasverstromung durch:**
 - Höherer Anteil von verstromtem Faulgas
 - Höhere Effizienz neuerer BHKWs
3. **Alternativen zu Gasmotoren kaum relevant**
4. **Gesamtpotenzial sehr hoch + leicht erschließbar**
5. **Handlungsbedarf Gesetzgeber für Kofermentation**

19

BMU / UBA – Fachgespräch Energieeffizienz auf KA,
29.01.2007

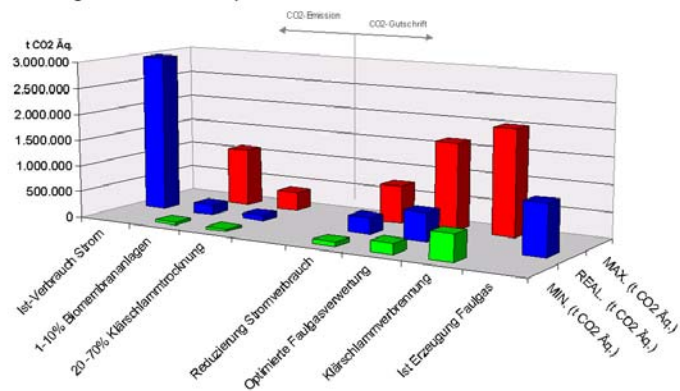
Ingenieurberatung für Abwassertechnik
Dipl.-Ing. Bernd Haberkern, Darmstadt



Gesamtbewertung

Bestandsanalyse Ansatzpunkte Neue Techniken Zusammenfassung

Zusammenfassung Szenarien in CO₂ Äquivalenten



20

BMU / UBA – Fachgespräch Energieeffizienz auf KA,
29.01.2007

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

