



Biogas - Fachtagung Thüringen 01/2014

„Anforderungen der Flexibilisierung – BHKW, BGA und Entschwefelung“

**Externe Entschwefelung mittels Aktivkohle**

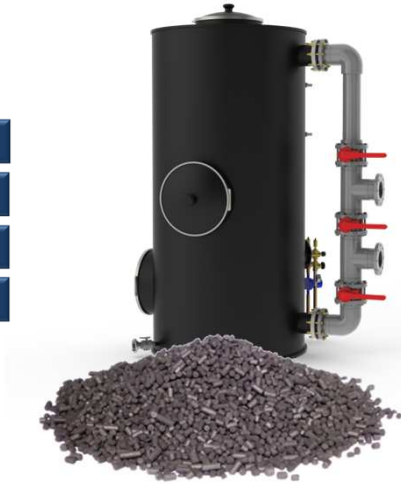
## Übersicht:

Grundlagen der Entschwefelung

Methoden der Aktivkohlefiltration

Änderungen bei Direktvermarktung

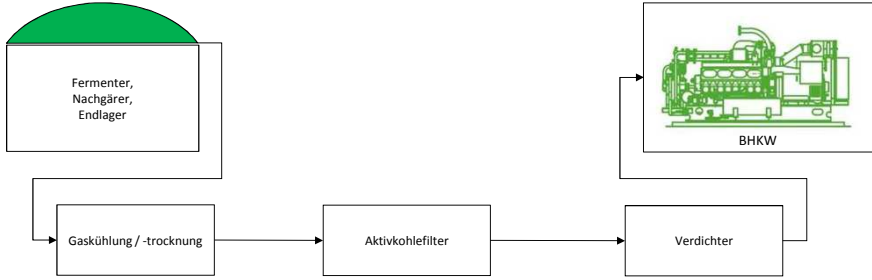
Kostenbetrachtung



## Grundlagen der Entschwefelung mittels Aktivkohle

- bei jeder Vergärung von Biomasse entsteht zwangsläufig Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ )
- Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ) schädigt das BHKW (speziell Motor & Abgastrakt)
- Schwefelwasserstoff und dessen Reaktionsprodukte ( $SO_2$ ;  $SO_3$ ) stellen ein Katalysatorgift dar
- nicht nur zum Erhalt des Katalysators, sondern auch zur Verlängerung der Lebensdauer des BHKWs und vor allem auch die Standzeit des Motoröles ist die Filtration von Schwefelwasserstoff mittels einer Spezialformaktivkohle eine Möglichkeit, um Schwefelwasserstoff vor dem Verbrennungsprozess vollständig zu entfernen
- dabei ist vor allem die Konditionierung des Rohbiogases zu beachten (Temperatur, Feuchte, Druck und Sauerstoffgehalt)
- geeignet für Schwefelwasserstoffgehalt bis 500ppm

## Methode I: Gaskühlung, Aktivkohlefilter, Verdichter



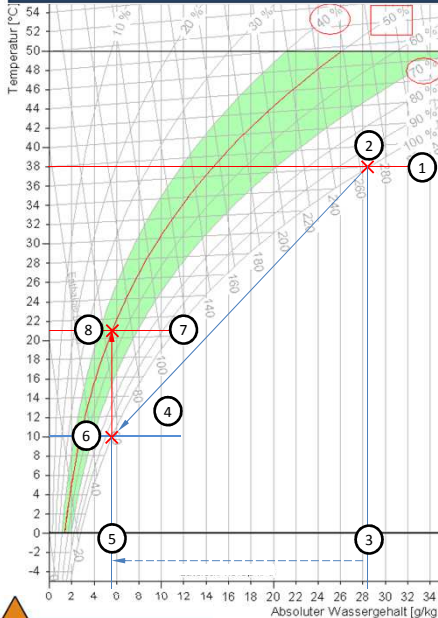
- Senkung des absoluten Wassergehaltes im Biogas
- durch Kühlung und gezieltes Unterschreiten des Taupunktes
- Bsp.: 38°C -> 10°C (ca. 32g/kg -> 5,5g/kg)
- anschließende Erwärmung um ca. 10-12K => Senkung der relativen Gasfeuchte (50%<sub>rel.</sub>)

- Filtration des konditionierten Gases
- vollständige Entfernung des Schwefelwasserstoffes
- viele Aktivkohlefilter haben Gasnacherwärmung in den Filter integriert (diese benötigen nur eine Gaskühlung!)

- Verdichtung des gereinigten Gases auf Betriebsdruck des BHKW (z.B.: 80 – 120 mbar)

HX-Diagramm

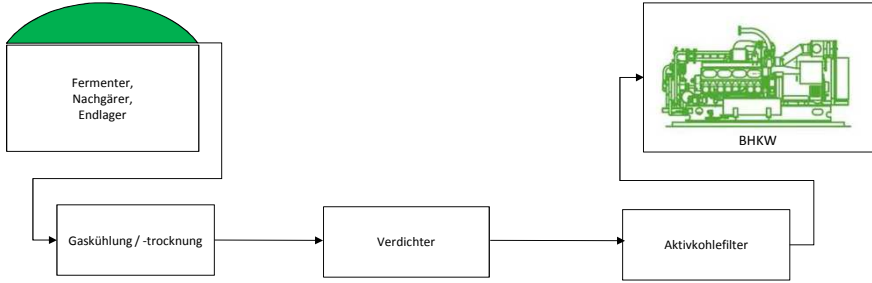
## Das HX-Diagramm



1. Gastemperatur = 38°C
2. relative Feuchte ≈ 100%
3. absolute Feuchte 28,5 g/kg
4. Kühlung von 38°C auf 10°C
5. Senkung der absoluten Feuchte (28,5g/kg auf 5,5g/kg;  $\Delta=23\text{g/kg}$ ;  $23\text{g/kg} = 19,17\text{g/m}^3$ )
6. relative Feuchte immer noch ≈100%
7. Erwärmung auf 21 °C ( $\Delta t=11\text{K}$ )
8. Senkung der relativen Feuchte auf 50 % (Optimum für Aktivkohle)

1kg Biogas = 1,2 m<sup>3</sup><sub>N</sub> ⇒ 1,0 m<sup>3</sup><sub>N</sub> ≈ 0,833 kg

## Methode II: Gaskühlung, Verdichter, Aktivkohlefilter

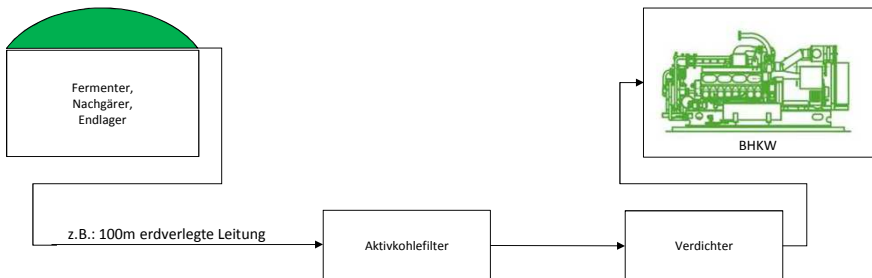


- Senkung des absoluten Wassergehaltes im Biogas
- durch Kühlung und gezieltes Unterschreiten des Taupunktes
- Bsp.: 38°C -> 10°C (ca. 32g/kg -> 5,5g/kg)
- anschließende Erwärmung um ca. 10-12K => Senkung der relativen Gasfeuchte (50%<sub>rel.</sub>)

- Verdichtung des gereinigten Gases auf Betriebsdruck des BHKW (z.B.: 80 – 120 mbar)
- einhergehende Erwärmung (durch Kompression) um ca. 10 - 15K => Senkung der relativen Gasfeuchte (50%<sub>rel.</sub>)

- Filtration des konditionierten Gases
- vollständige Entfernung des Schwefelwasserstoffes

## Methode III: Aktivkohlefilter, Verdichter

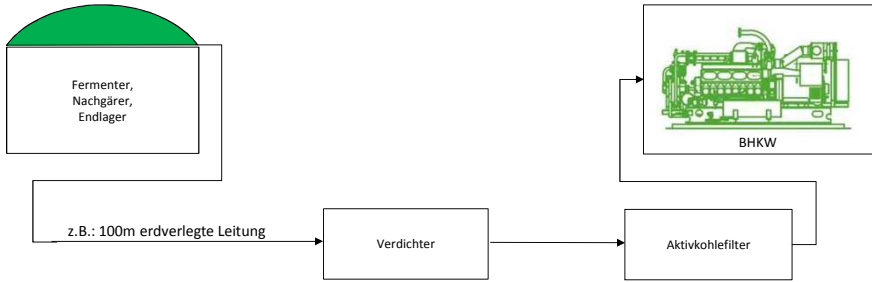


- Senkung des absoluten Wassergehaltes im Biogas
- durch Erdkühlung und gezieltes Unterschreiten des Taupunktes
- Bsp.: 38°C -> 20°C (ca. 32g/kg -> 5,5g/kg)
- anschließende Erwärmung um ca. 10-12K => Senkung der relativen Gasfeuchte (50%<sub>rel.</sub>)

- Filtration des konditionierten Gases
- vollständige Entfernung des Schwefelwasserstoffes
- viele Aktivkohlefilter haben Gasnacherwärmung in den Filter integriert (diese benötigen nur eine Gaskühlung!)

- Verdichtung des gereinigten Gases auf Betriebsdruck des BHKW (z.B.: 80 – 120 mbar)

### Methode IV: Verdichter, Aktivkohlefilter



- Senkung des absoluten Wassergehaltes im Biogas
- durch Erdkühlung und gezieltes Unterschreiten des Taupunktes
- Bsp.: 38°C -> 20°C (ca. 32g/kg -> 5,5g/kg)

- Verdichtung des gereinigten Gases auf Betriebsdruck des BHKW (z.B.: 80 – 120 mbar)
- einhergehende Erwärmung (durch Kompression) um ca. 10 - 15K => Senkung der relativen Gasfeuchte (ca. 50%<sub>rel</sub>)

- Filtration Gases
- vollständige Entfernung des Schwefelwasserstoffes

## Änderungen bei Direktvermarktung

Direktvermarktung:

- „bedarfsgerechte“ Stromlieferung
- Verschiebung der grundlastfähigen Stromproduktion in die Spitzenlast
- somit einhergehende Stillstandzeiten der Anlage
- Notwendigkeit von Gasspeicher (drucklos)

wichtige Änderungen im Entschweflungsprozess mittels Aktivkohle:

1. **Luftendosierung**
2. **Gasnacherwärmung**
3. **größeres BHKW (z.B.: Aufrüstung von 300kW<sub>e,L</sub> auf 900 kW<sub>e,L</sub>)**



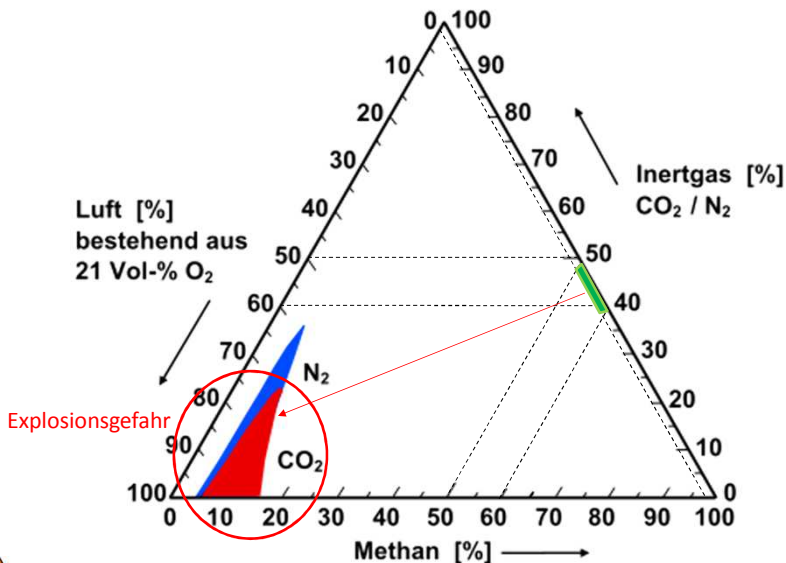
### 1. Lufteindosierung:

- Aktivkohle benötigt um dauerhaft effektiv arbeiten zu können mindestens 0,4 Volumen-% Sauerstoff
- dies geschieht mittels einer Pumpe oder Kompressors, die die entsprechende Menge Luft in das System einspeist
- bei Stillstandzeiten des BHKW muss die Lufteindosierung ebenfalls ohne Funktion sein!

→ Gefahr von Verdünnung des Gasgemisches (BHKW nicht startfähig)

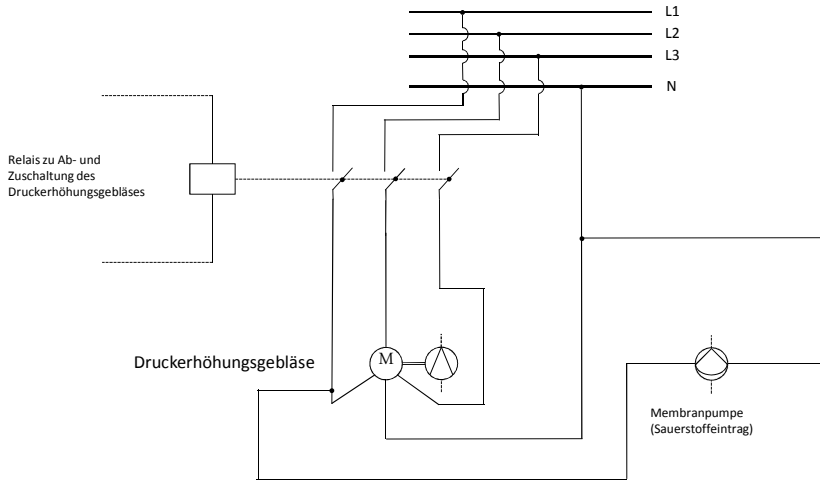
→ Bei Überverdünnung Explosionsgefahr

### Explosionsdreieck Biogas:





Schaltung der Lufteidosierung:



**2. Gasnacherwärmung:**

- da die Gasnacherwärmung wird vom BHKW mit Wärme versorgt
- bei Stillstandzeiten erfolgt keine Wärmeversorgung

→ im Winter besteht die Gefahr von Frostschäden

→ Einbringung von Frostschutzmittel in den Heizkreislauf

→ Isolierung der wärmeleitenden Leitungen



### 3. BHKW – Größe ändert sich:

- durch eine Änderung der BHKW-Größe (z.B. 300 kW<sub>e,L</sub> auf 900kW<sub>e,L</sub>) ändert sich der Gasvolumenstrom (150m<sup>3</sup><sub>i,N</sub> auf 450m<sup>3</sup><sub>i,N</sub>)

→ ist der Filter ausreichend dimensioniert (max. Gasvolumenstrom) ?

→ ja: Druckverlust steigt  
→ Installation eines größeren Filters

→ nein: keine Änderung notwendig

### Kostenbetrachtungen



Parameter	Einheit	Grundlastbetrieb 24 h/d	Flexibler Betrieb 2 x 4 h/d
Schwefelgehalt	- Rohgas	ppm	3000
	- vor BHKW	ppm	≤ 1
Investitionsaufwand	T €	17.950,-	31.650,-
Abschreibung und Zinsen	€/a	897,50	1582,50
		448,75	791,25
Summe Betriebskosten	€/a	22.183,60	22.153,60
darunter	- Materialkosten	€/a	21.873,60
	- Arbeitszeit	h/Woche	0,1346
		€/a	105,-
	- Energiekosten	kWh/a	760
		€/a	190,-
- Wartungskosten	€/a	15,-	15,-



## Kostenbetrachtungen

Parameter	Einheit	Grundlastbetrieb 24 h/d (300kW <sub>e,L</sub> )	Flexibler Betrieb 2 x 4 h/d (900kW <sub>e,L</sub> )
Schwefelgehalt	- Rohgas	ppm	200
	- vor BHKW	ppm	≤ 1
Investitionsaufwand	€	17.950,-	31.650,-
Abschreibung und Zinsen	€/a	AfA 897,50 Zins 448,75	AfA 1582,50 Zins 791,25
Summe Betriebskosten	€/a	1670,74	1665,74
darunter	- Materialkosten	€/a	1458,24
	- Arbeitszeit	h/Woche €/a	0,0096 7,50
	- Energiekosten	kWh/a €/a	760,- 190,-
	- Wartungskosten	€/a	15,-



SELECTA BioEnergie GmbH  
Andreasstraße 11  
39423 Bad Sülzburg  
www.selectagmbh.de

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit !

