



## Blockseminar Biogas

Teil 1

9:00 – 10:30 Uhr  
Dipl.-Ing. Gregor Dachs  
B.-Eng. Christoph Zach

Teil 2

11:00 – 12:30 Uhr  
Dipl.-Ing. Matthias Schmuderer





## Vorstellung der Referenten



- **Vorstellung der BASE TECHNOLOGIES GmbH**



- **Vorstellung der Referenten**

- Dipl.-Ing. Matthias Schmuderer
- Dipl.-Ing. Gregor Dachs
- B.-Eng. Christoph Zach



## Zielsetzung des Blockseminars Biogas



- Initiierung im Rahmen des **Mentoring-Projektes im Studiengang Regenerative Energien**
- Ziele der Blockseminare:
  - Referenten aus der Wirtschaft geben praxisnahen Einblick in verschiedene Themenschwerpunkte
- Ziele des Blockseminars Biogas:
  - Erläuterung von gesetzlichen und fachlichen Grundlagen
  - Aufzeigen der Potenziale des Biogasmarktes sowie der „Marktplayer“
  - Darstellung von Chancen und Risiken



## Agenda Teil 1

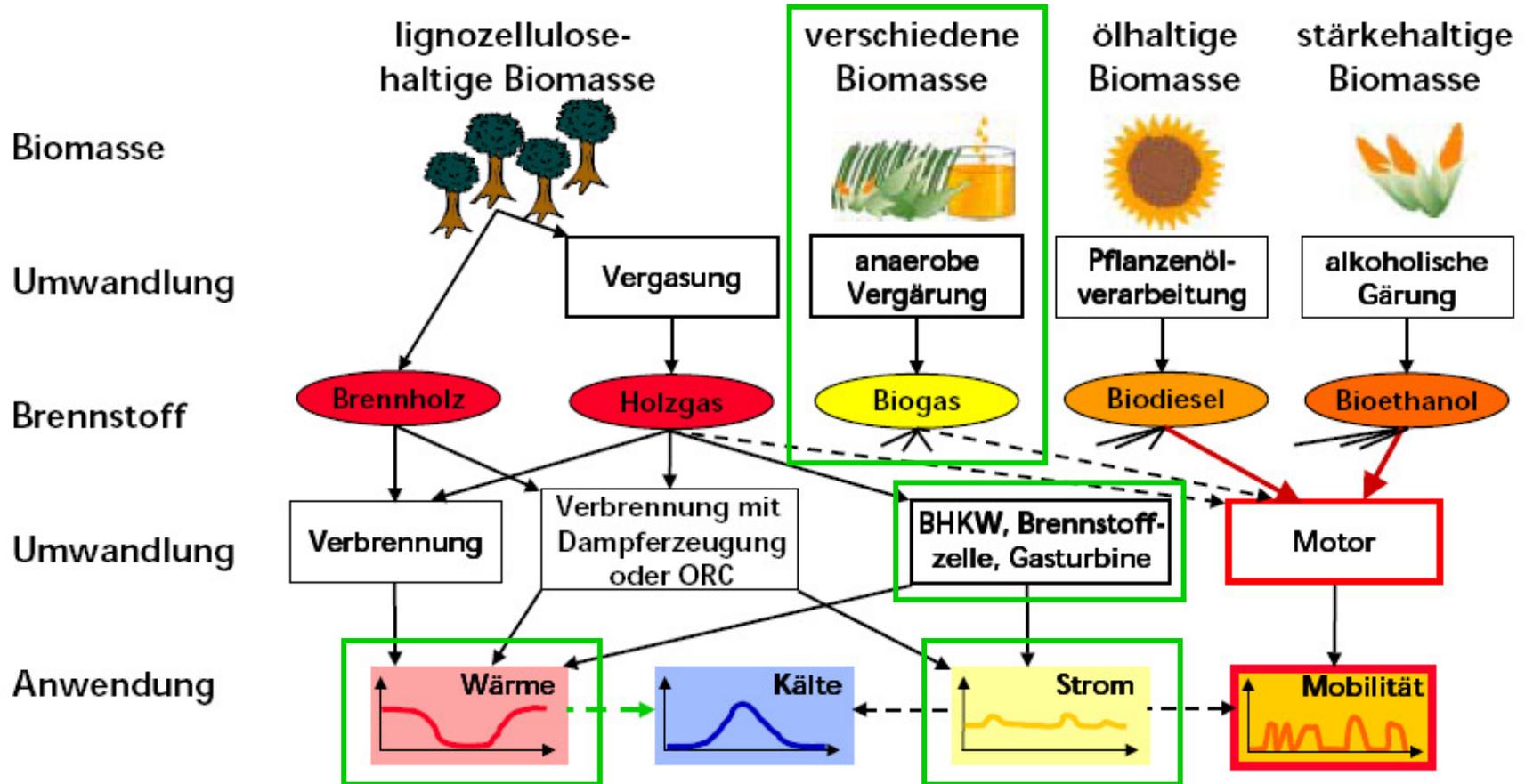


- Energieerzeugung aus Biomasse
- Energieträger Biogas
- Grundlagen der Biogaserzeugung
- Potenzialanalyse Biogas
- Technologien zur Biogasaufbereitung
- Aktueller Marktstatus und Technologiehersteller
- Zusammenfassung Teil 1





# Energetische Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse



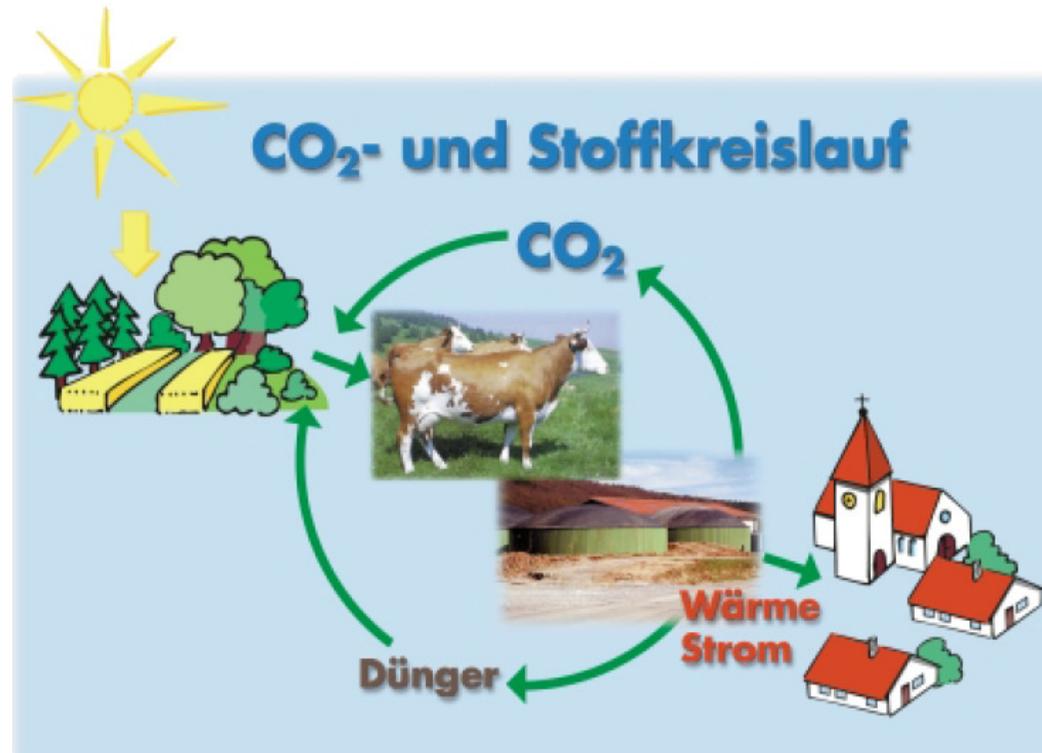
Quelle: Dr. Wilhelm Althaus, Fraunhofer Institut für Umwelt- Energie und Sicherheitstechnik:  
„Perspektiven von Biokraftstoffen“, Umsichttage 2004.



## Alleinstellungsmerkmale von Biomasse



- Produktion und energetische Nutzung von Biomasse stellt **zeitlich geschlossenen CO<sub>2</sub>-Kreislauf** dar
- Fördert regionale Wertschöpfung von Land- und Forstwirtschaft
- Trägt zur Schonung der endlichen, fossilen Ressourcen bei





# Agenda Teil 1

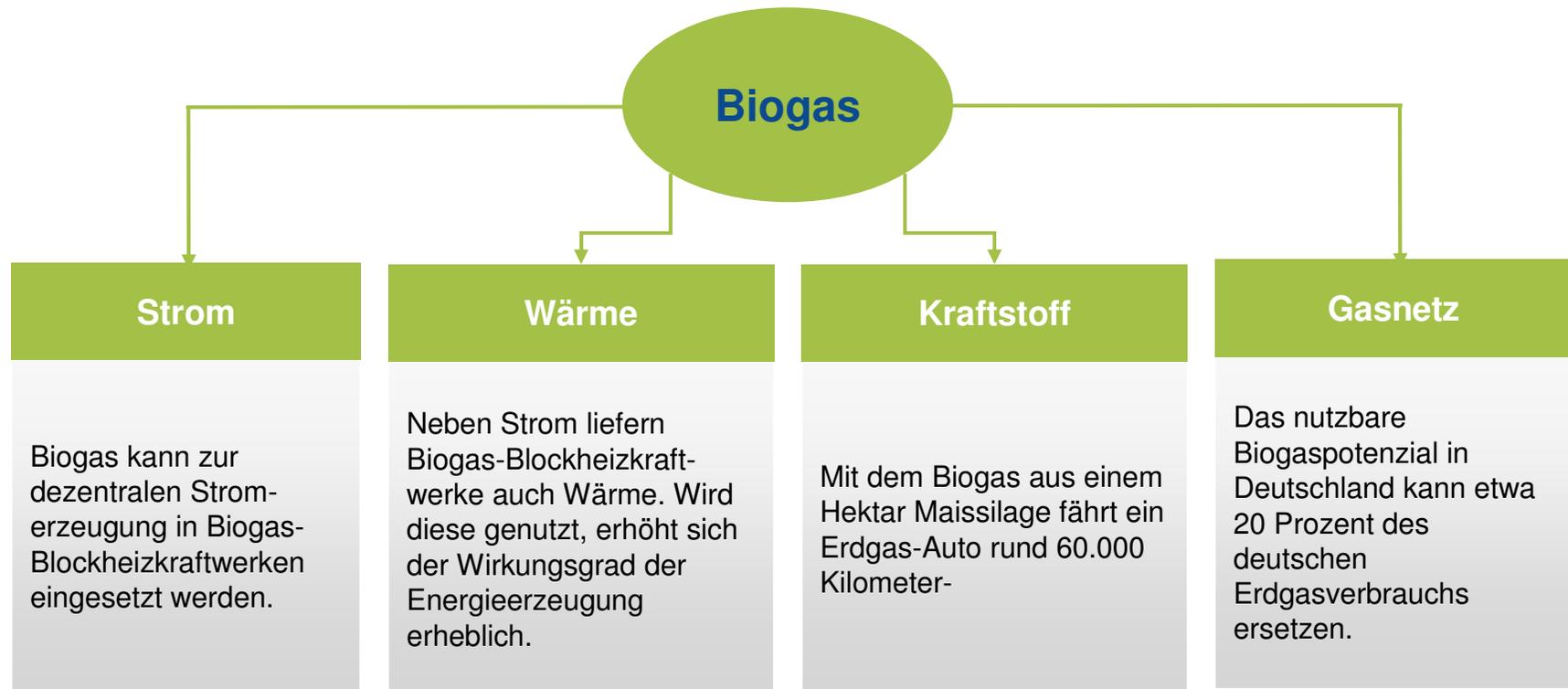


- Energieerzeugung aus Biomasse
- Energieträger Biogas
  - 2.1 Energetische Nutzungsmöglichkeiten von Biogas
  - 2.2 Energiebilanz bei der Biogasverwertung
  - 2.3 Energiebilanz bei der Biomethanverwertung
- Grundlagen der Biogaserzeugung
- Potenzialanalyse Biogas
- Technologien zur Biogasaufbereitung
- Aktueller Marktstatus und Technologiehersteller
- Zusammenfassung Teil 1





# Energetische Nutzungsmöglichkeiten von Biogas



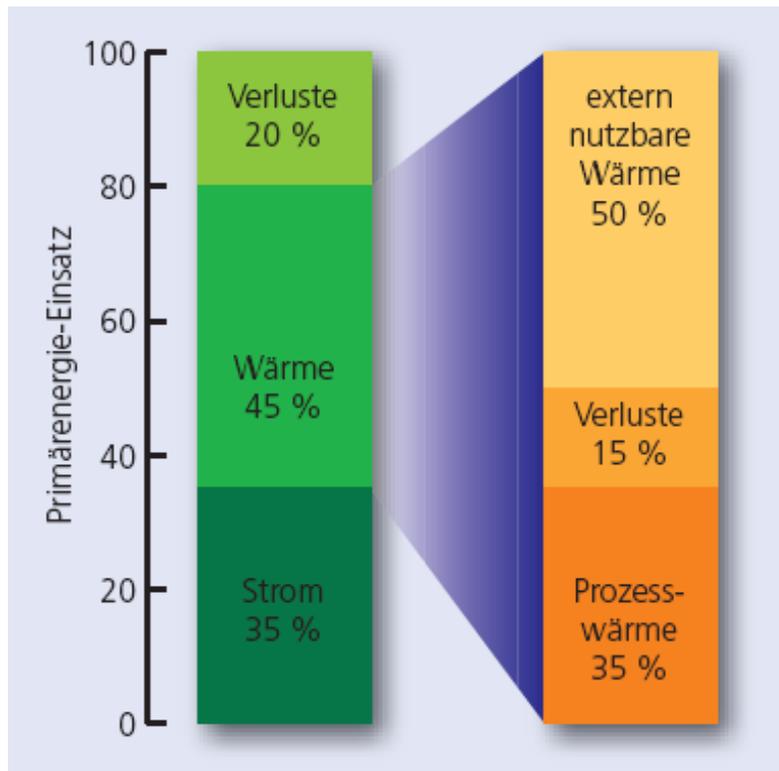
**Biogas ist als einzige erneuerbare Energiequelle in der Lage, verschiedene Energieformen bereit zu stellen (Strom, Wärme, Kraftstoff).**



## Energiebilanz bei der Biogasverwertung



- Energiebilanz der dezentralen Biogasverwertung in einem Biogas-BHKW



- Gesamtwirkungsgrad BHKW ca. 80 %
- Fermenterbeheizung erfordert ca. 20 - 35 % der erzeugten Wärme
- 50 % der Wärme ist verfügbar
- Problem: Wärme wird meist nur anteilig genutzt
- Jahresnutzungsgrad < 80 %



## Energiebilanz bei der Biomethanverwertung



- Biogasaufbereitung und Einspeisung ermöglicht Transport über weite Strecken
- Erschließung von BHKW-Standorte mit höheren Jahresnutzungsgraden bzw. höherer Primärenergieausnutzung

- Vergleich der Primärenergieausnutzung von Biomethan mit anderen Bioenergien:

 **17.600 km** Biodiesel aus Raps  
1 ha ergibt 1.410 l Kraftstoffäquivalent

 **17.800 km** Pflanzenöl aus Raps  
1 ha ergibt 1.420 l Kraftstoffäquivalent

 **37.500 km** Bioethanol aus Getreide  
1 ha ergibt 3.000 l Kraftstoffäquivalent

 **50.000 km** Biomass to Liquid (BtL) aus Biomasse  
1 ha ergibt 3.900 l Kraftstoffäquivalent

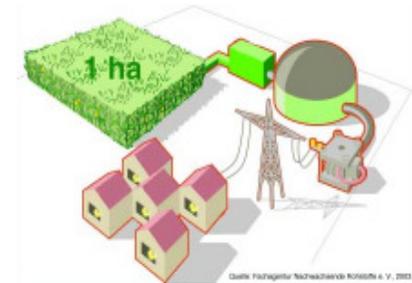
 **60.000 km** Biomethan aus Mais  
1 ha ergibt 4.815 l Kraftstoffäquivalent



# Agenda Teil 1

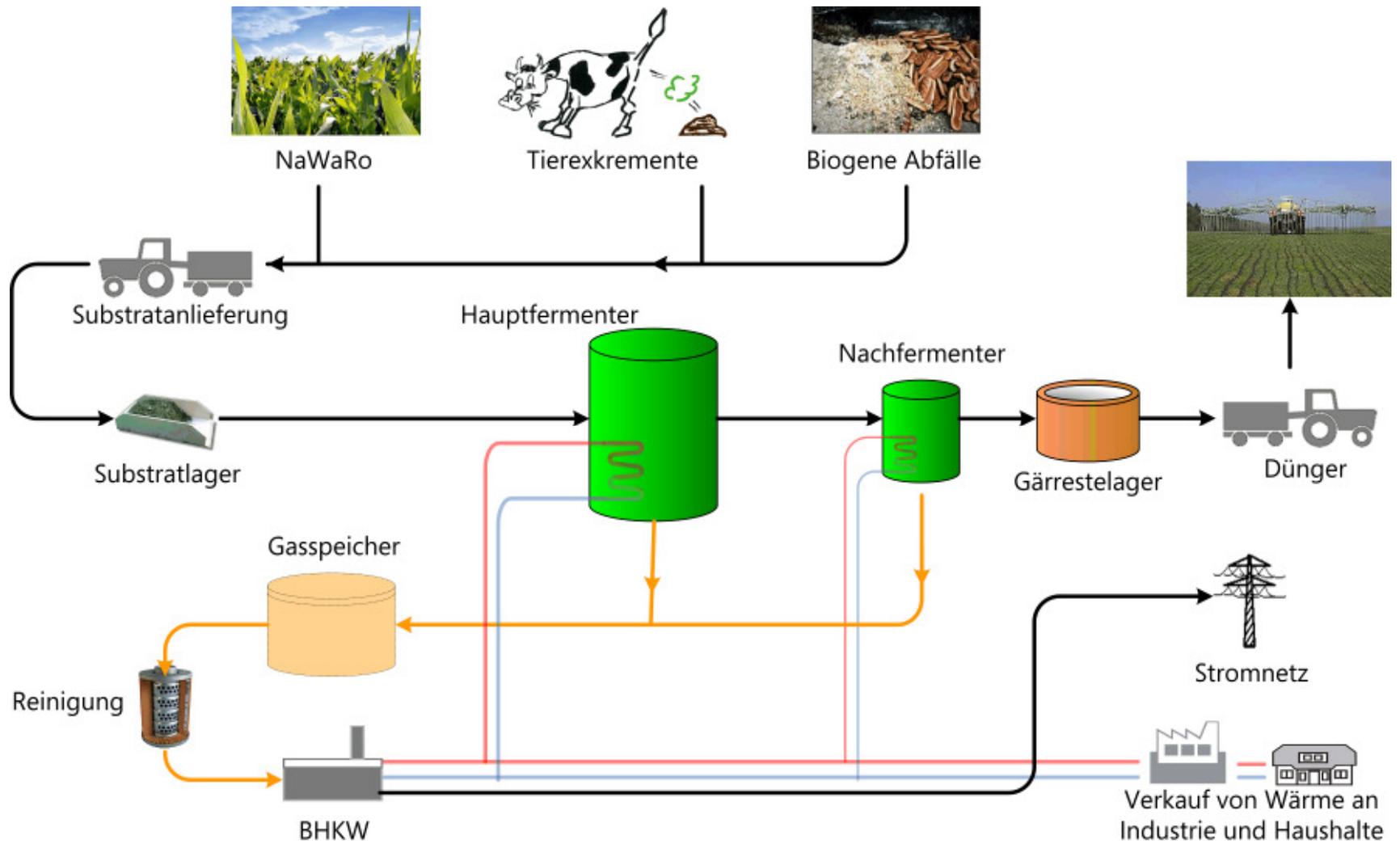


- Zielsetzung des Blockseminars Biogas
- Energieträger Biogas
- Grundlagen der Biogaserzeugung
  - 3.1 Aufbau einer Biogasanlage
  - 3.2 Biologischer Prozess
  - 3.3 Zusammensetzung von Biogas
  - 3.4 Geeignete Substrate
- Potenzialanalyse Biogas
- Technologien zur Biogasaufbereitung
- Aktueller Marktstatus und Technologiehersteller
- Zusammenfassung Teil 1



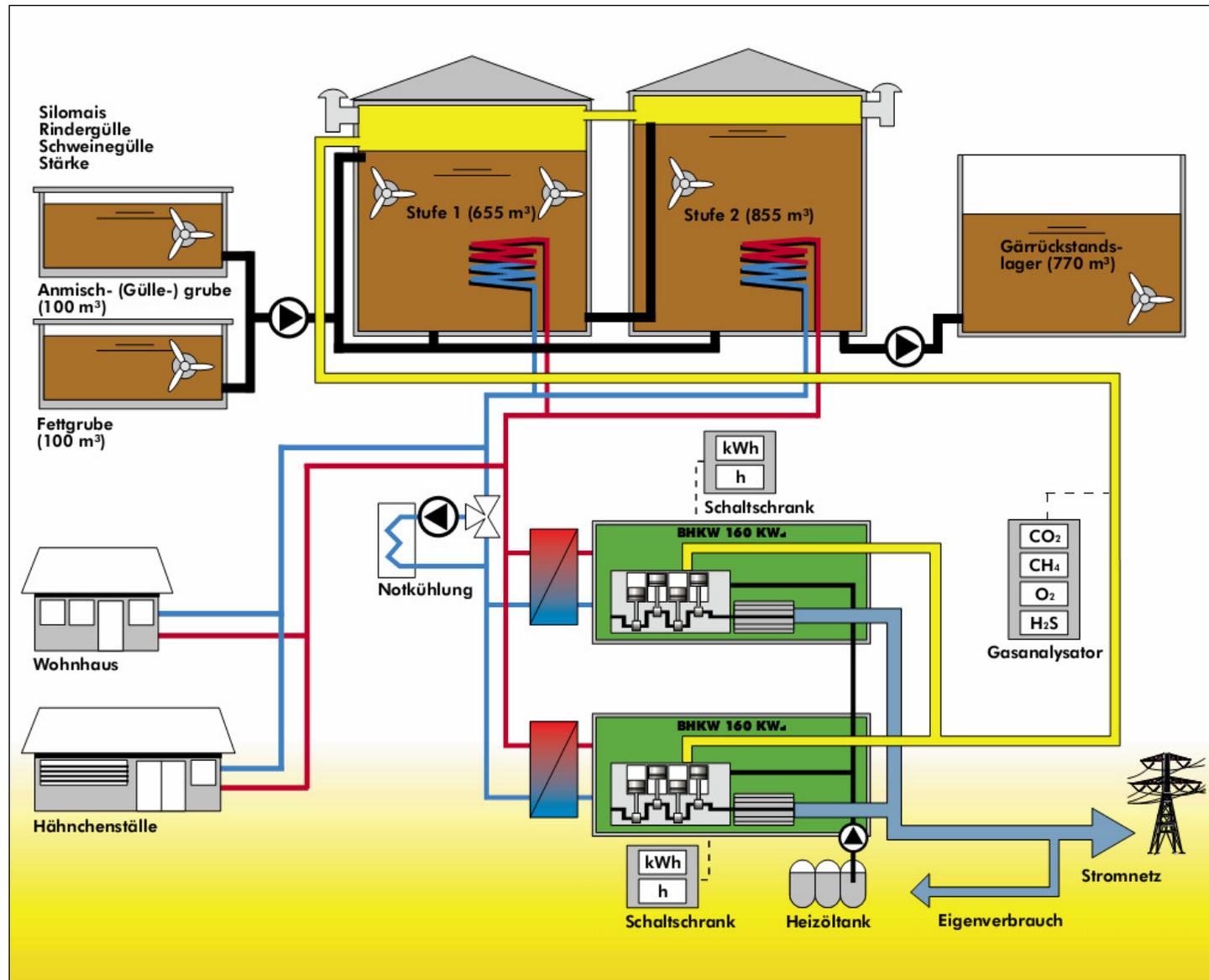


# Aufbau einer konventionellen Biogasanlage





# Aufbau einer konventionellen Biogasanlage

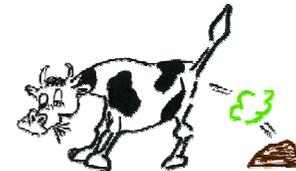




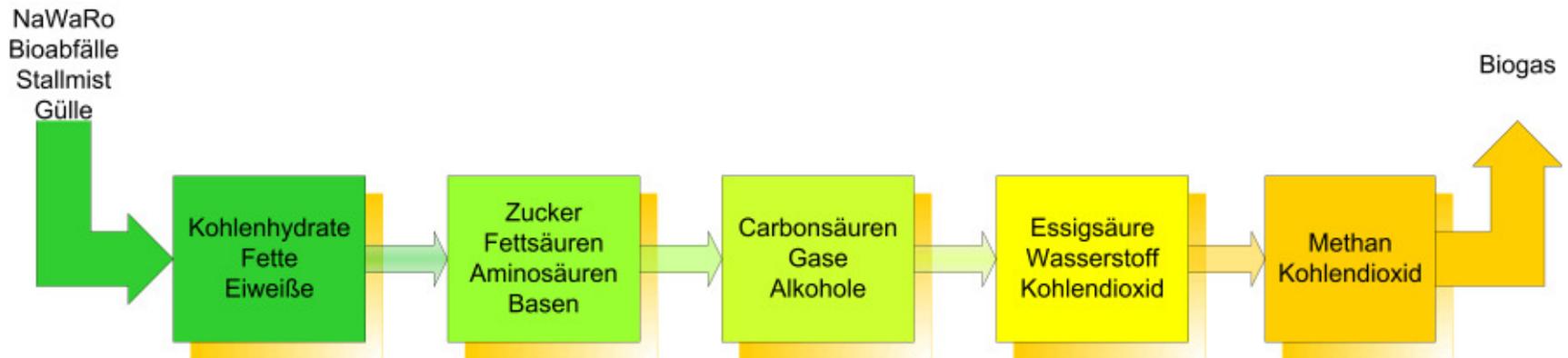
# Biologischer Prozess



- Biogas entsteht durch den mikrobiellen Abbau von organischen Substanzen
- Mögliche Substratarten:
  - nachwachsende Rohstoffe (NaWaRo) (z.B. Mais)
  - Tierexkreme (z.B. Gülle)
  - biogene Abfälle (z.B. Backabfälle)



- Das Inputmaterial wird in vier anaeroben Schritten durch unterschiedliche Bakterienstämme in Biogas umgewandelt:



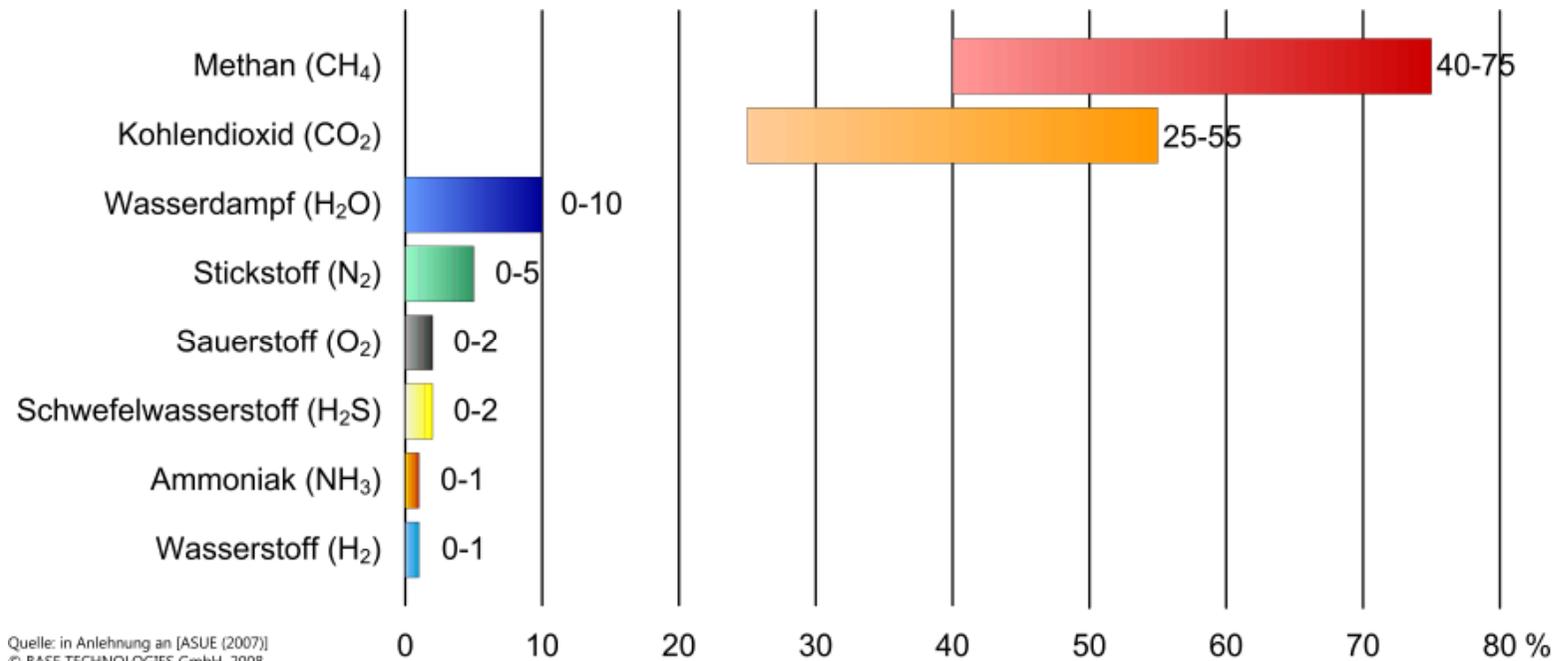
© BASE TECHNOLOGIES GmbH, 2008



## Zusammensetzung von Biogas



- Zusammensetzung abhängig vom verwendeten organischen Material
- Methan ist die einzige Energie bestimmende Komponente
- Methan und Kohlendioxid sind mit zusammen ~95% die Hauptkomponenten
- Die restlichen Bestandteile sind je nach Substrat und Fermentationstechnologie unterschiedlich





# Geeignete Substrate Übersicht



Vor- und Nachteile der verschiedenen Substratgruppen:

## Tierexkrememente:

+ billiger Rohstoff

- niedriger Energieinhalt und damit schlechtes Verhältnis zwischen Energiedichte und Transportkosten

→ Nur bei Standorten mit hoher Viehdichte sinnvoll

## Biogene Abfälle:

+ teilweise sehr hohe Energiedichten

- begrenzte Verfügbarkeit

→ Nur bedingte Relevanz in der Energieerzeugung

## Nachwachsende Rohstoffe:

+ hoher Energieinhalt

- Konkurrenz zw. Energie- und Nahrungspflanzen

→ derzeit die beste Substratwahl



## Geeignete Substrate Mais

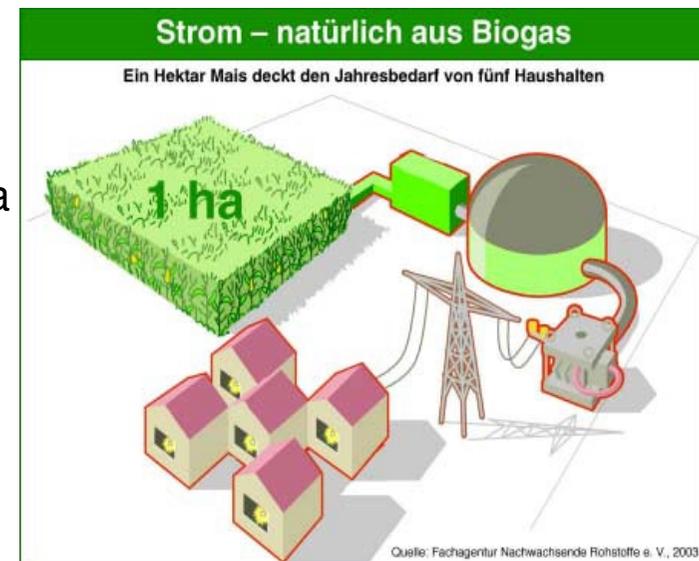


### Mais

- + Hoher Flächenertrag pro ha
- + Nutzt die Sonnenenergie effektiver als andere Kulturpflanzen
- + Schneller und großer Züchtungsfortschritt
- + kostengünstige Ernte
- + Gute Silierfähigkeit (problemlose Lagerung)
- Anfälligkeit des Schädlingsbefalls durch Maiswurzelbohrer
- Kontinuierlicher Maisanbau vermindert die Bodenqualität



Biogaspotenzial: Biogasertrag ~ 9.000 Nm<sup>3</sup>/ha





## Geeignete Substrate Alternativen zu Mais



### Getreide

- + Höchste Energiedichte pro m<sup>3</sup> Lagervolumen
- + Überbrückung möglicher Substratengpässe von Mais
- Ethisch höchst bedenklich

Biogaspotenzial: Biogasertrag ~ 4.400 Nm<sup>3</sup>/ha



### Gräser

- Können wegen niedriger Energiedichte nicht als Hauptsubstrat genutzt werden
- + Als Untersaat zwischen Mais denkbar

Biogaspotenzial: Biogasertrag ~ 2.000 Nm<sup>3</sup>/ha





## Agenda Teil 1



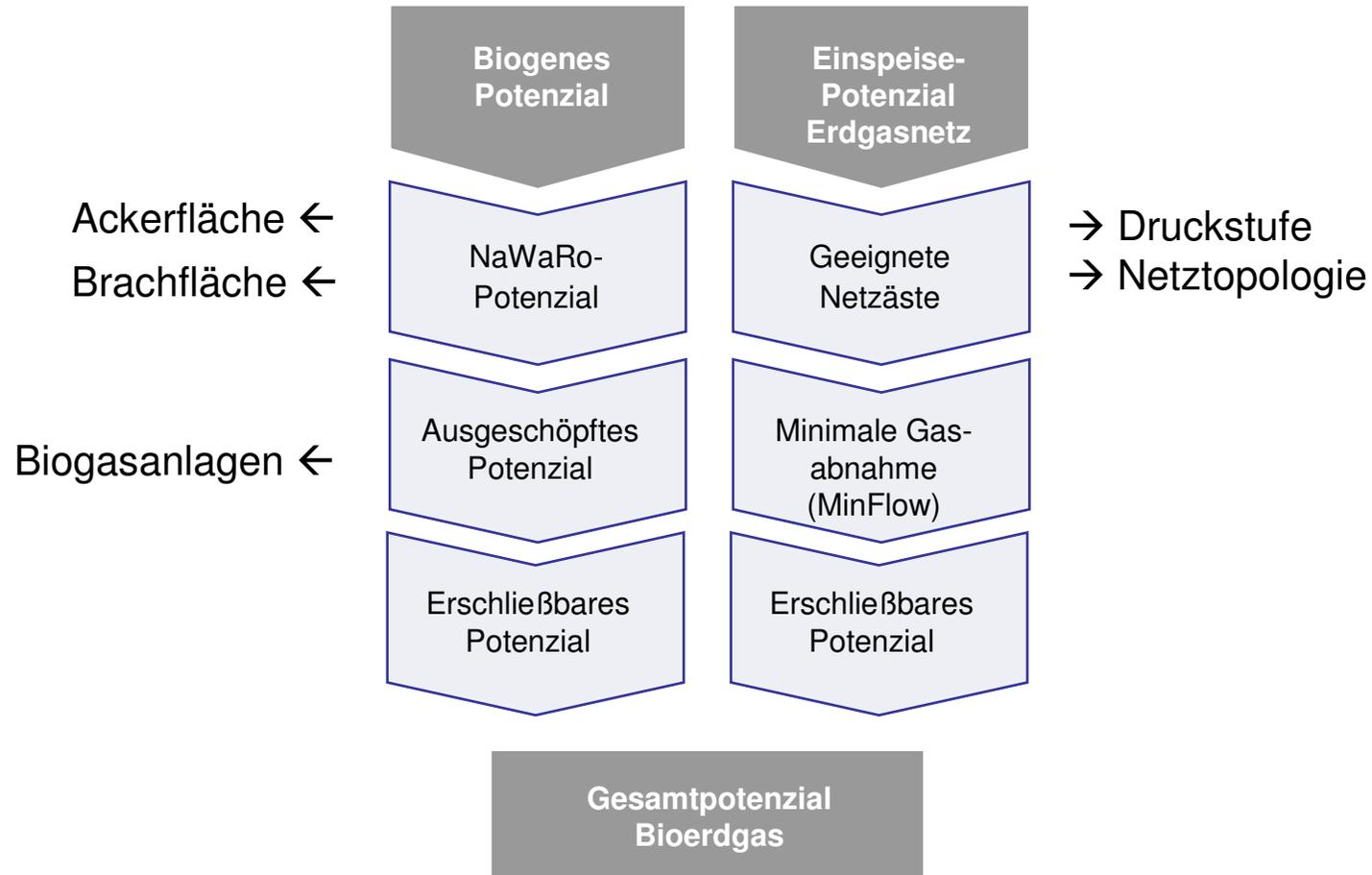
- Energieerzeugung aus Biomasse
- Energieträger Biogas
- Grundlagen der Biogaserzeugung
- Potenzialanalyse Biogas
  - 4.1 Vorgehensweise Potenzialerhebung
  - 4.2 Kriterien zur Bewertung des landwirtschaftlichen Potenzials
  - 4.3 Kriterien zur Bewertung des Erdgasnetzpotenzials
- Technologien zur Biogasaufbereitung
- Aktueller Marktstatus und Technologiehersteller
- Zusammenfassung Teil 1



# Vorgehensweise Potenzialerhebung

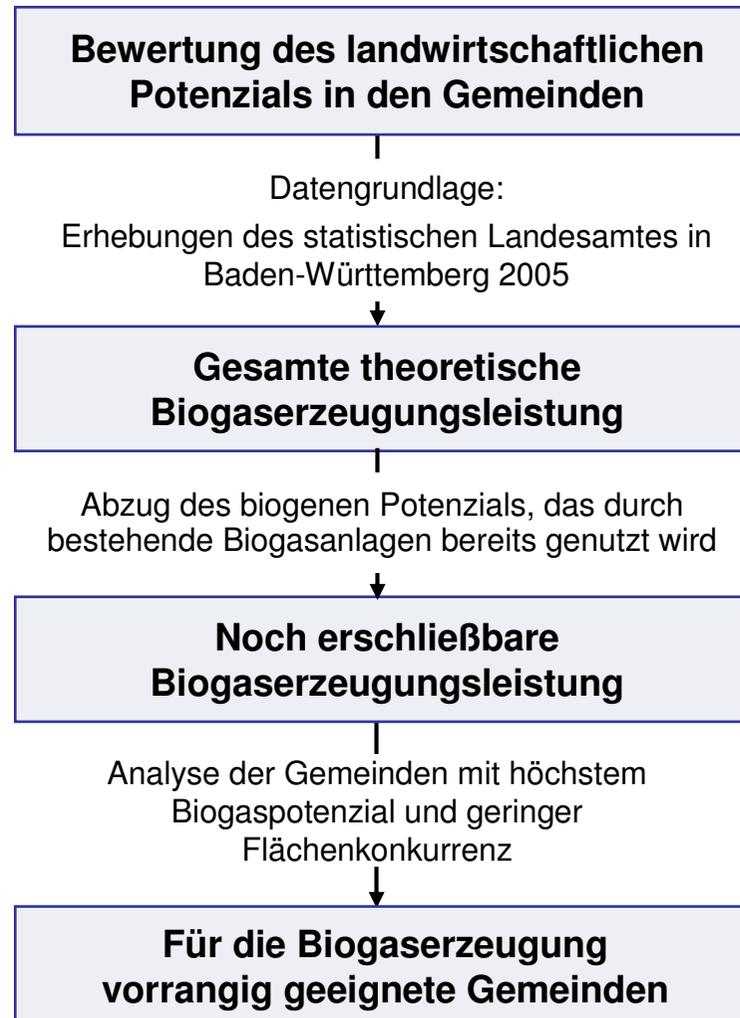


→ Projektbeispiel Potenzialstudie für die EnBW Gas GmbH





# Kriterien zur Bewertung des landwirtschaftlichen Potenzials





# Kriterien zur Bewertung des Erdgasnetzpotenzials



**Betrachtetes Zielgebiet: Erdgasnetze  
im Versorgungsgebiet der EnBW Gas**

**Eingrenzung anhand der Netztopologie  
und der -druckstufe**

|  
Datengrundlage:

Netzstruktur- und Leistungsangaben der  
EnBW Gas



**Eingrenzung anhand des Gasdurch-  
flusses (MinFlow-Kriterium)**



Auswertung der Gasabnahmemengen  
in den einzelnen Teilnetzen



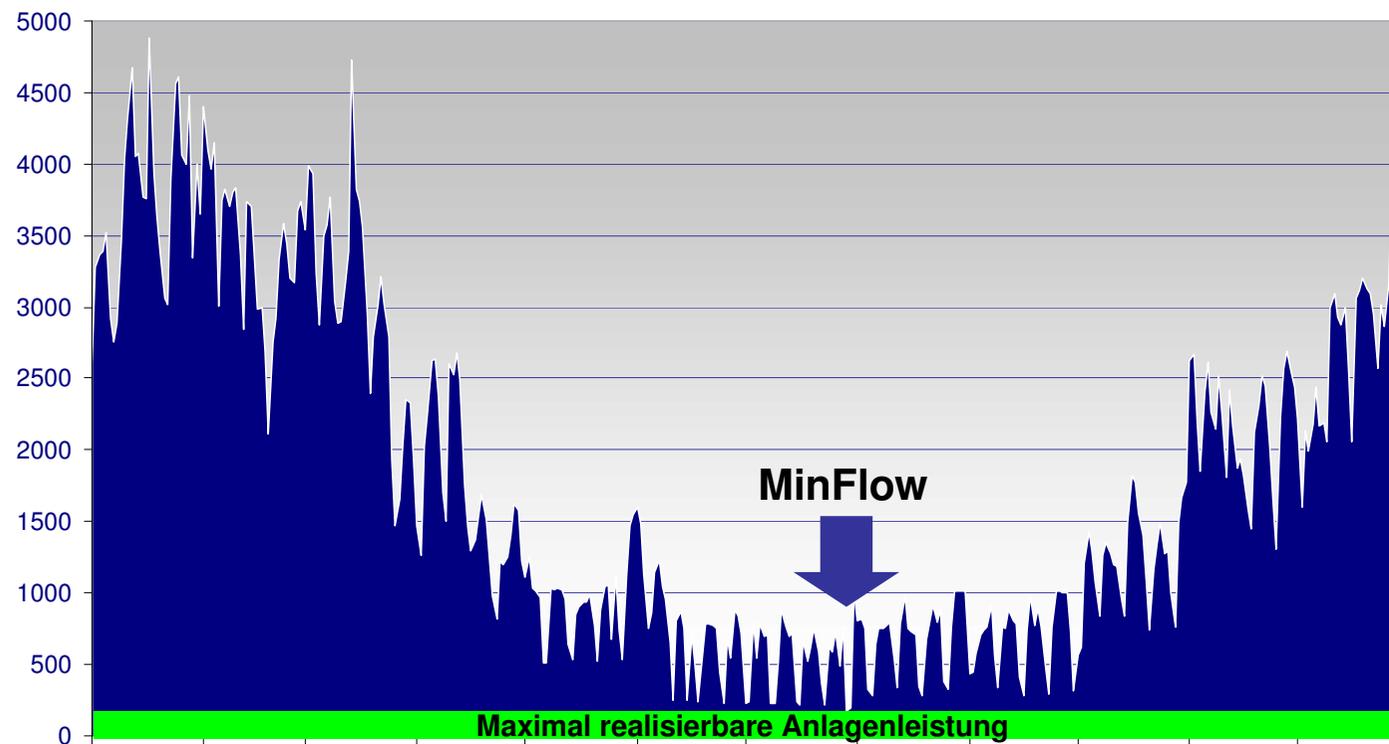
**Potenziell geeignete Erdgasnetzäste**



## Aufnahmekapazität des Erdgasnetzes (MinFlow-Kriterium)



- Kontinuierliche Gaserzeugung in der Biomethananlage
- Problem:  
Geringe Erdgasabnahme in den Sommermonaten.
- Lösung:  
Biomethananlage wird auf MinFlow ausgelegt





# Agenda Teil 1



- Energieerzeugung aus Biomasse
- Energieträger Biogas
- Grundlagen der Biogaserzeugung
- Potenzialanalyse Biogas
- Technologien zur Biogasaufbereitung
  - 5.1 Idee der Biogasaufbereitung
  - 5.2 Wertschöpfungskette Biomethan
  - 5.2 Zur Biogasaufbereitung notwendige Verfahrensschritte
  - 5.3 Verfahren der CO<sub>2</sub>-Abtrennung
- Aktueller Marktstatus und Technologiehersteller
- Zusammenfassung Teil 1





## Idee der Biogasaufbereitung



Bisheriger Einsatz von Biogas beschränkt sich auf die Verstromung in BHKW-Modulen an der Biogasanlage.

### Problem:

Die anfallende Wärme wird nur zu einem geringen Teil genutzt (~30 %).

### Abhilfe:

Brennwert durch Abtrennung von Kohlendioxid anheben

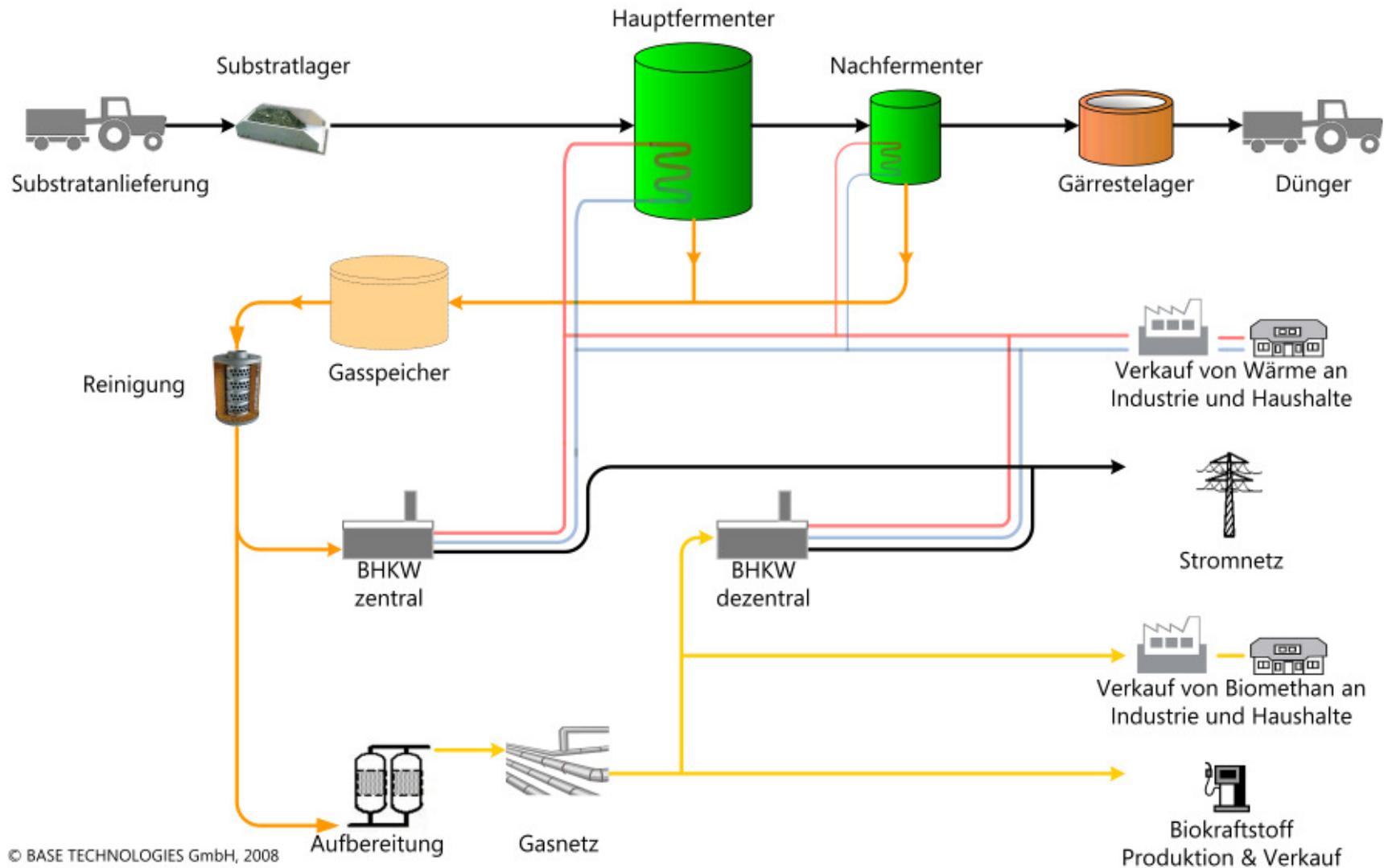
Das gewonnene Gas (**Biomethan/Bioerdgas**) in das Gasnetz einspeisen.

**Vorteile von Biomethan** gegenüber Biogas und anderen regenerativen Energien:

- + kostengünstige Speicherung von Energie
- + Produktion und Verkauf von Strom und bis zu 100% Wärme
- + Verwendung als Kfz-Kraftstoff möglich



# Wertschöpfungskette Biomethan



© BASE TECHNOLOGIES GmbH, 2008



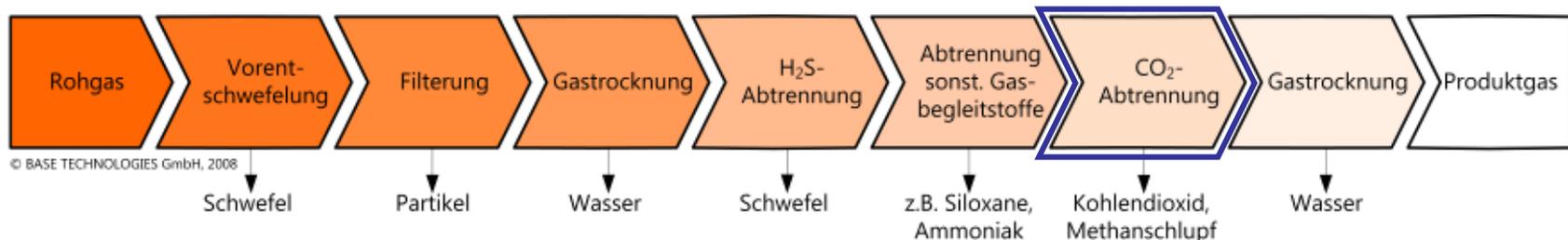
## Zur Biogasaufbereitung notwendige Verfahrensschritte



Das in Deutschland verwendete Erdgas muss den Vorschriften des Deutschen Verein für das Gas- und Wasserfach (DVGW) entsprechen:

Brenntechnische Kenndaten				
Bezeichnung	Einheit	Biogas Ø	Biomethan	Erdgas
Wobbe-Index $W_{S,n}$	kWh/m <sup>3</sup>	5,9	<b>13,7</b>	14,7
Brennwert $H_{S,n}$	kWh/m <sup>3</sup>	5,9	<b>10,6</b>	11,1
Heizwert $H_{I,n}$	kWh/m <sup>3</sup>	5,3	<b>9,5</b>	10,0
CH <sub>4</sub>	Vol.-%	53,0	<b>95,5</b>	98,3
CO <sub>2</sub>	Vol.-%	43,0	<b>3,0</b>	0,1
Rest	Vol.-%	4,0	<b>1,5</b>	1,6

Dementsprechend müssen unerwünschte Gaskomponenten aus dem Biogas entfernt werden:



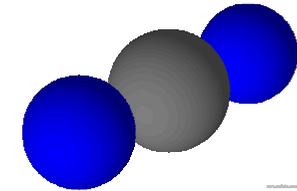


## Verfahren der CO<sub>2</sub>-Abtrennung



Fokus dieses Vortrags auf der wichtigsten Abtrennkomponente:

Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)



Folgende Technologien zur CO<sub>2</sub>-Abtrennung stehen zur Verfügung:

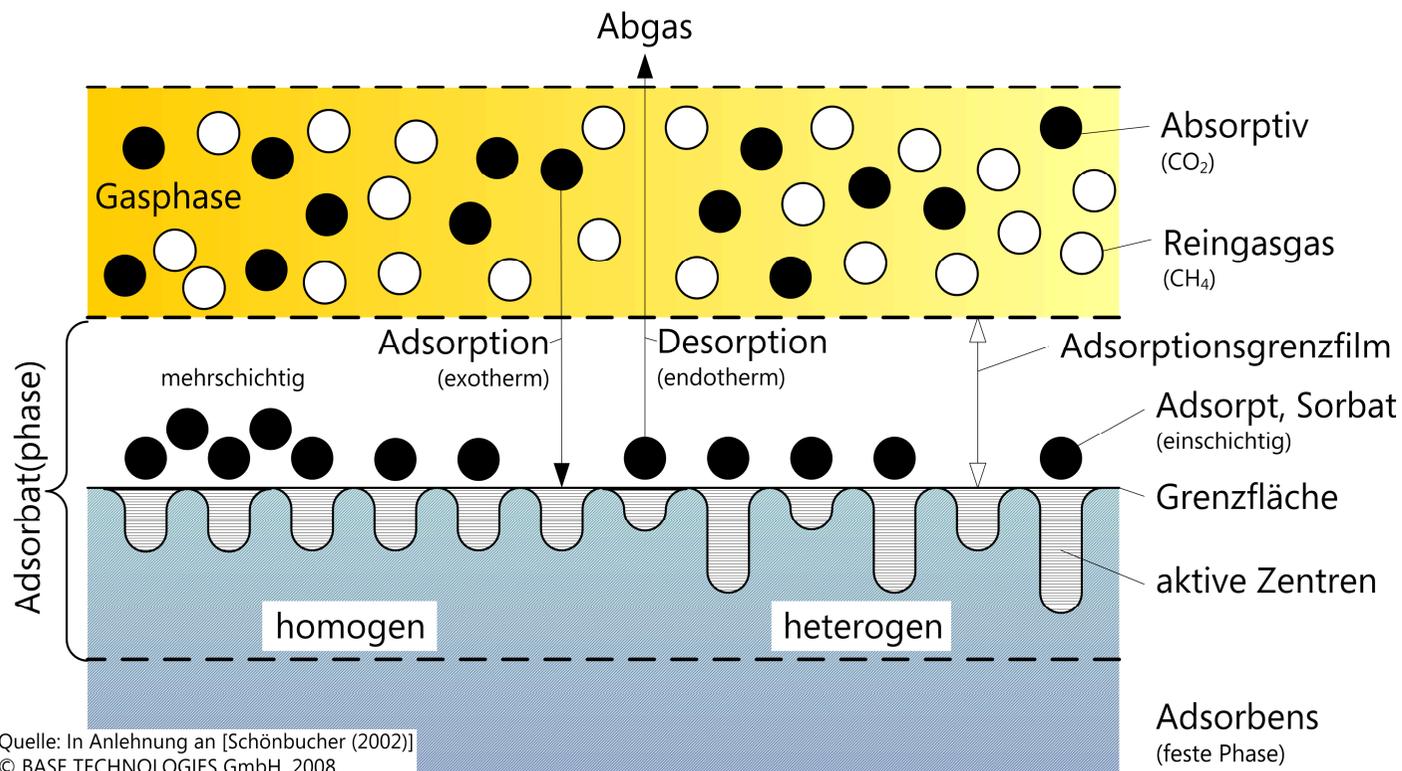
- **Druckwechseladsorption (pressure swing adsorption = PSA)**
- **Druckwasserwäsche (DWW)**
- Aminwäsche
- Membrantrennung

Die genannten Technologien basieren auf verschiedenen physikalischen Grundlagen:

- **Adsorption**
- **Absorption**



## Physikalischer Effekt: Bindung von Gasen an der Oberfläche eines festen Stoffes



### Günstige Verfahrensparameter für

Adsorption: niedrige Temperatur ↓ und/oder hoher Druck ↑

Desorption (Regeneration): hohe Temperatur ↑ und/oder niedriger Druck ↓



# Druckwechseladsorption PSA

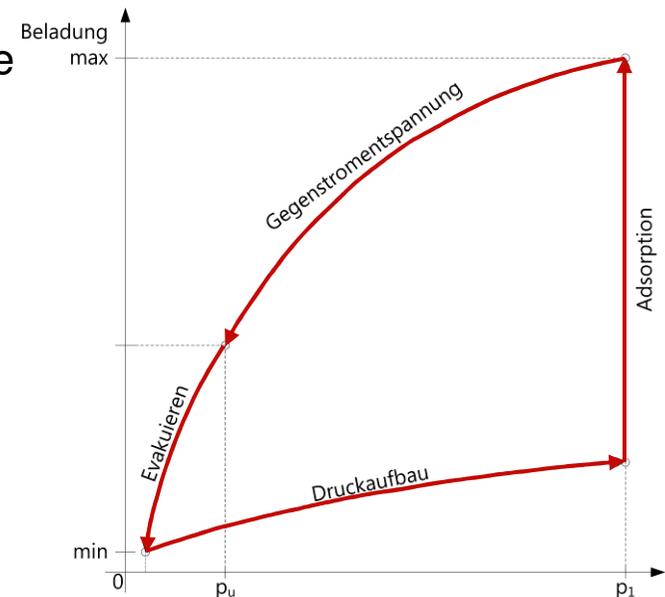
## Allgemeines



Bei der PSA wird das Biogas an Kohlenstoffmolekularsieben (KMS) gereinigt.

Das Verfahren lässt sich in vier Grundschritte einteilen:

- **Komprimierung:** Verdichtung des Biogas auf Drücke zwischen 6 und 8 bar
- **Adsorption:** CO<sub>2</sub> wird bis zur Sättigung des Kohlenstoff-Molekularsiebs adsorbiert
- **Dekomprimierung:** Absaugen der desorbierten CO<sub>2</sub>-Moleküle
- **Desorption:** vollständige Regeneration durch Unterdruck aus Vakuumpumpe



Die Schritte werden im periodischen Zyklus wiederholt

### Vorteile:

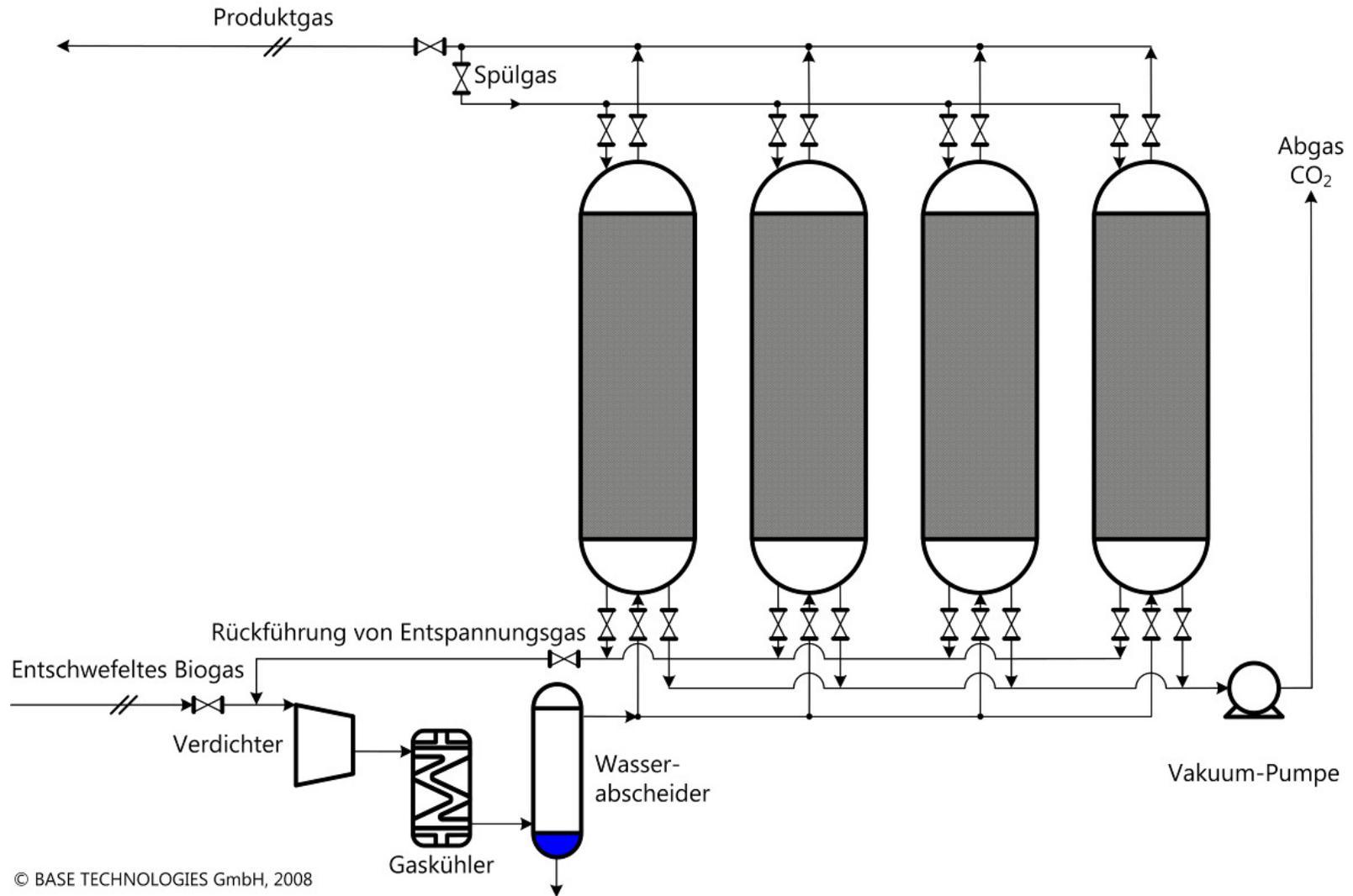
- + ausgereifte Technologie
- + kein Abwasser
- + keine Gastrocknung erforderlich

### Nachteile:

- Vorentschwefelung notwendig
- hoher Strombedarf
- O<sub>2</sub> und N<sub>2</sub> werden nicht entfernt



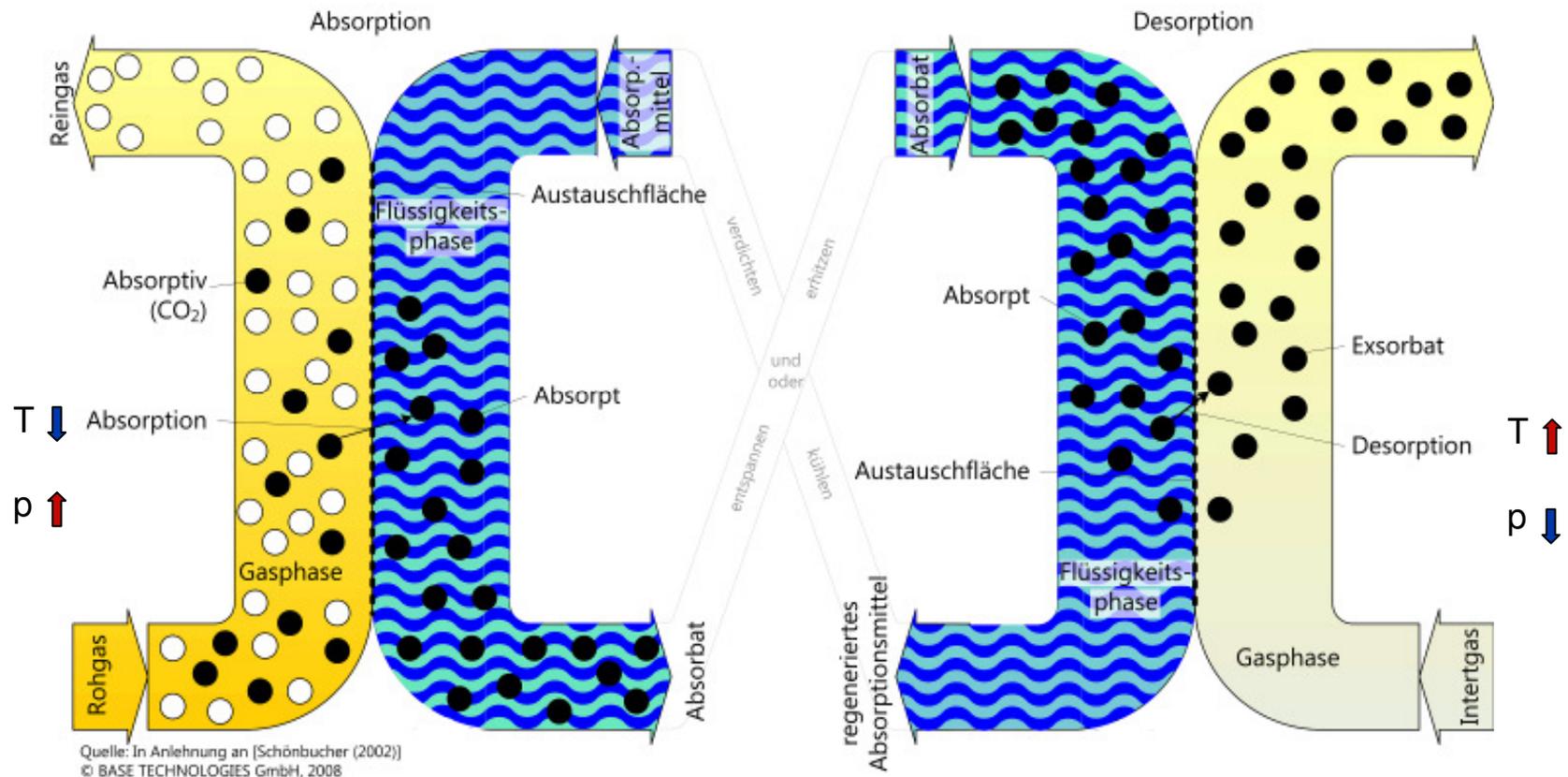
# Druckwechseladsorption Verfahrensschema



© BASE TECHNOLOGIES GmbH, 2008



## Physikalischer Effekt: Aufnahme und Lösung von Gasen in Flüssigkeiten



- Gleiche Verfahrensparameter wie bei Adsorption begünstigen die Absorption
- Zur Biogasaufbereitung geeignete Flüssigkeiten: Wasser und Amine



## Druckwasserwäsche (DWW) Allgemeines



Bei der DWW wird das Biogas in Wasser gereinigt.

Die **Gasreinigung** läuft kontinuierlich ab:

- Verdichtung und Kühlung des Biogas auf 6 – 8 bar und  $\sim 10^\circ\text{C}$
- Im Gegenstrom wird das Gas in Füllkörpern mit großen Oberflächen gereinigt

### Regeneration

- Das beladene Waschwasser wird entspannt und gebundene Gaskomponenten mit Luft ausgeblasen

### Vorteile:

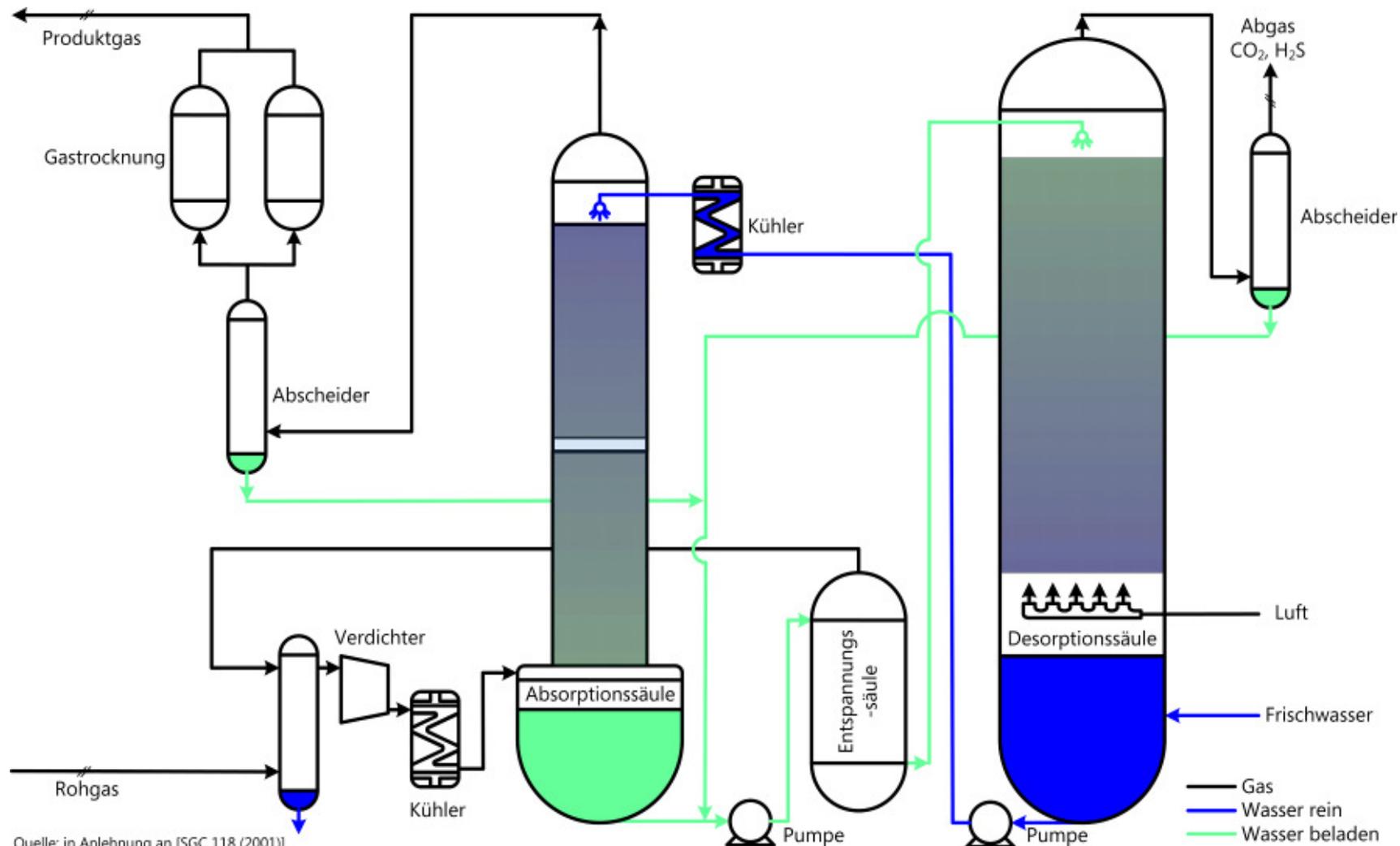
- + keine Vorentschwefelung
- + neben  $\text{CO}_2$  wird auch  $\text{H}_2\text{S}$  entfernt
- + ausgereifte Technologie

### Nachteile:

- hoher Wasserverbrauch
- hoher Strombedarf
- $\text{O}_2$  und  $\text{N}_2$  werden nicht entfernt



# Druckwasserwäsche Verfahrensschema



Quelle: in Anlehnung an [SGC 118 (2001)]  
© BASE TECHNOLOGIES GmbH, 2008



## Bewertung der verschiedenen Technologien



- Jedes Verfahren trennt eine gewisse Menge CH<sub>4</sub> aus dem Rohgas mit ab.  
→ Verminderung der möglichen Erlöse.
- Jedes Verfahren hat Vor- und Nachteile:

Verfahren	Energiebedarf		Gasver- dichtung	Methanschluß	Reinigungs- wirkung CO <sub>2</sub>
	elektrisch	thermisch			
PSA	~0,25 kWh/Nm <sup>3</sup>	-	6 - 8 bar	1 - 2 / 4 - 10 %	Hoch
DWW	<0,25 kWh/Nm <sup>3</sup>	-	6 - 8 bar	1 - 2 %	Hoch

- Eine konkrete Technologieempfehlung kann nicht getroffen werden, da die Auswahl von einer Vielzahl projektspezifischer Parameter abhängt.
- Die Verfahrensauswahl sollte auf Basis einer Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgen.



## Agenda Teil 1



- Energieerzeugung aus Biomasse
- Energieträger Biogas
- Grundlagen der Biogaserzeugung
- Potenzialanalyse Biogas
- Technologien zur Biogasaufbereitung
- **Aktueller Marktstatus und Technologiehersteller**
  - 6.1 **Marktentwicklung**
  - 6.2 **Hersteller von Biogasanlagen**
  - 6.3 **Hersteller von Biogasaufbereitungsanlagen**
  - 6.4 **Anlagenbeispiele**
- Zusammenfassung Teil 1

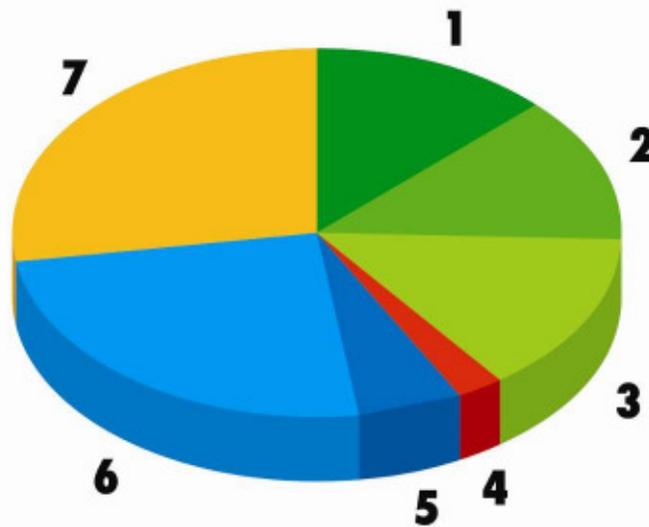


# Marktentwicklung erneuerbare Energien



## Umsatz mit erneuerbaren Energien 2006

Gesamt: rd. 22,9 Mrd. €

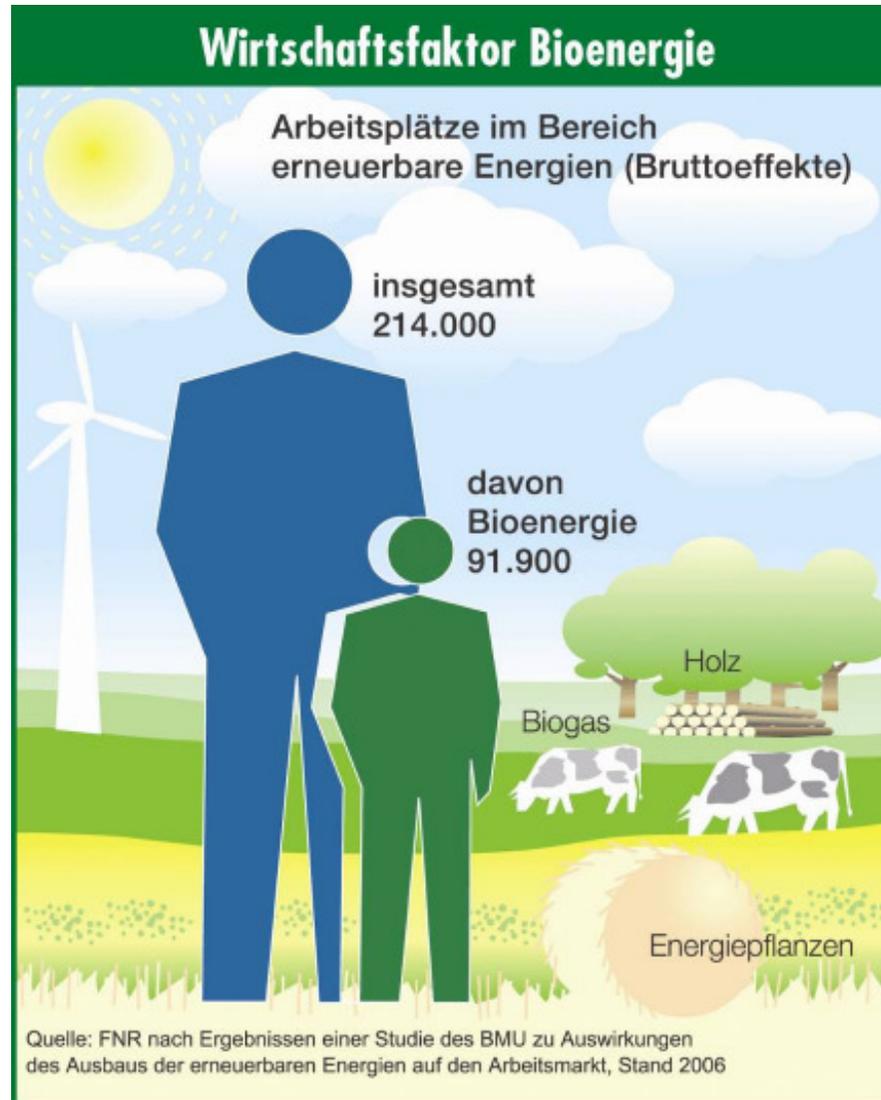


<b>1 Biomasse (Strom)</b>	2.930 Mio. €	12,8 %
<b>2 Biomasse (Wärme)</b>	2.940 Mio. €	12,9 %
<b>3 Biokraftstoffe</b>	3.240 Mio. €	14,1 %
<b>4 Geothermie</b>	590 Mio. €	2,6 %
<b>5 Wasserkraft</b>	1.280 Mio. €	5,6 %
<b>6 Windenergie</b>	5.650 Mio. €	24,7 %
<b>7 Fotovoltaik</b>	6.240 Mio. €	27,3 %

Quelle: BMU: Erneuerbare Energien in Zahlen, Juni 2007



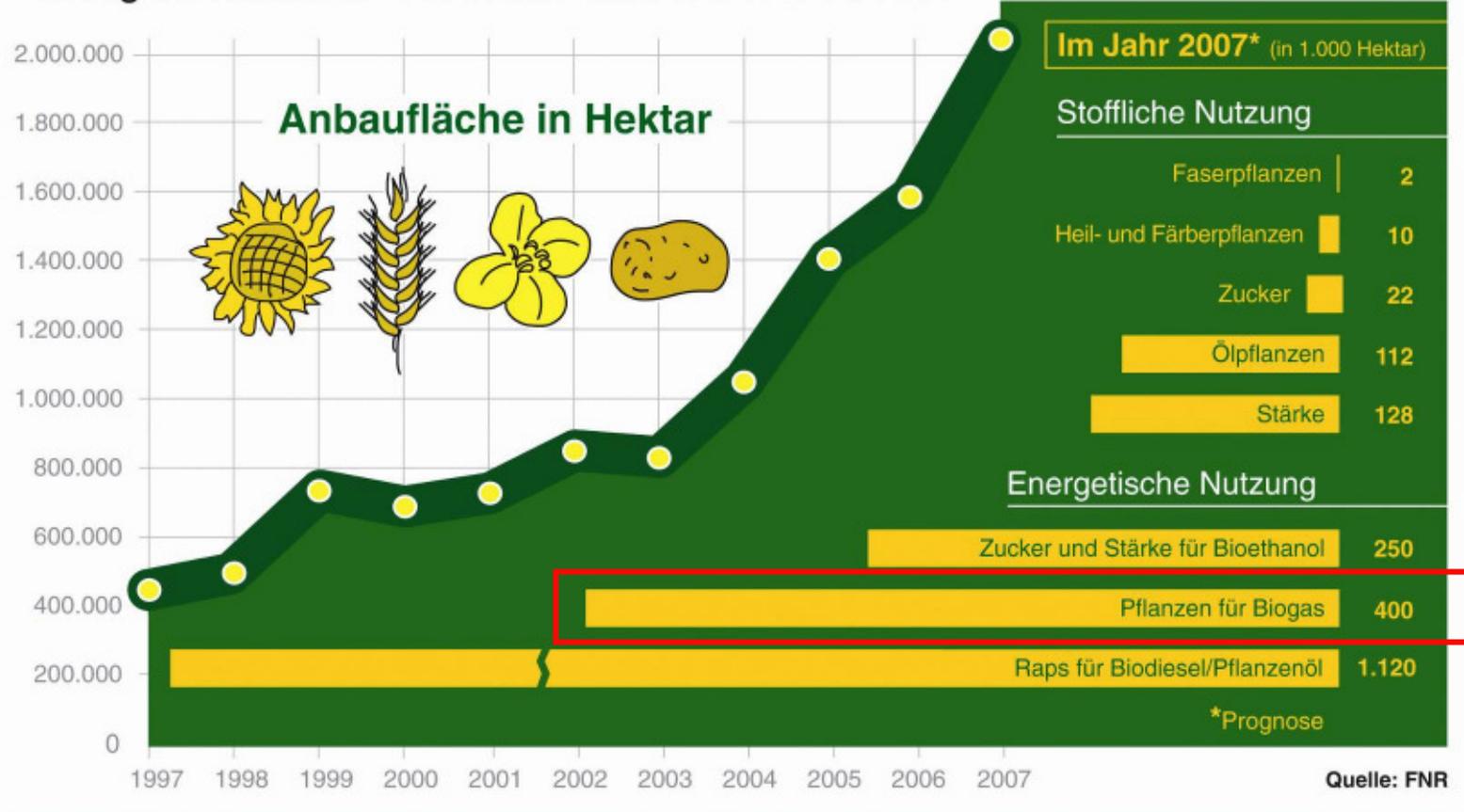
# Wirtschaftsfaktor Bioenergie





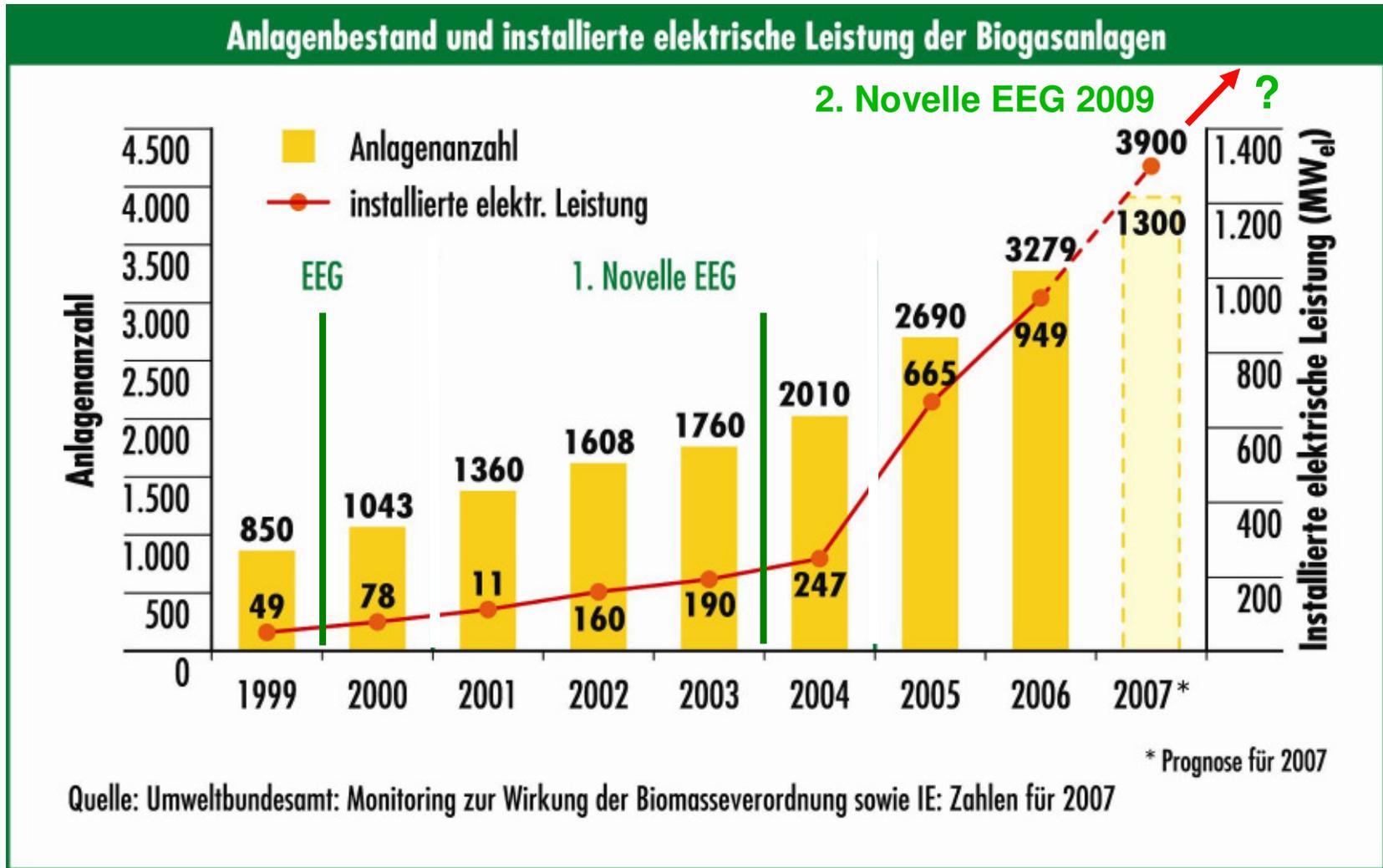
## Anbau nachwachsender Rohstoffe auf Rekordniveau

Anstieg der Anbaufläche in Deutschland von 1997 bis 2007





# Marktentwicklung Biogas



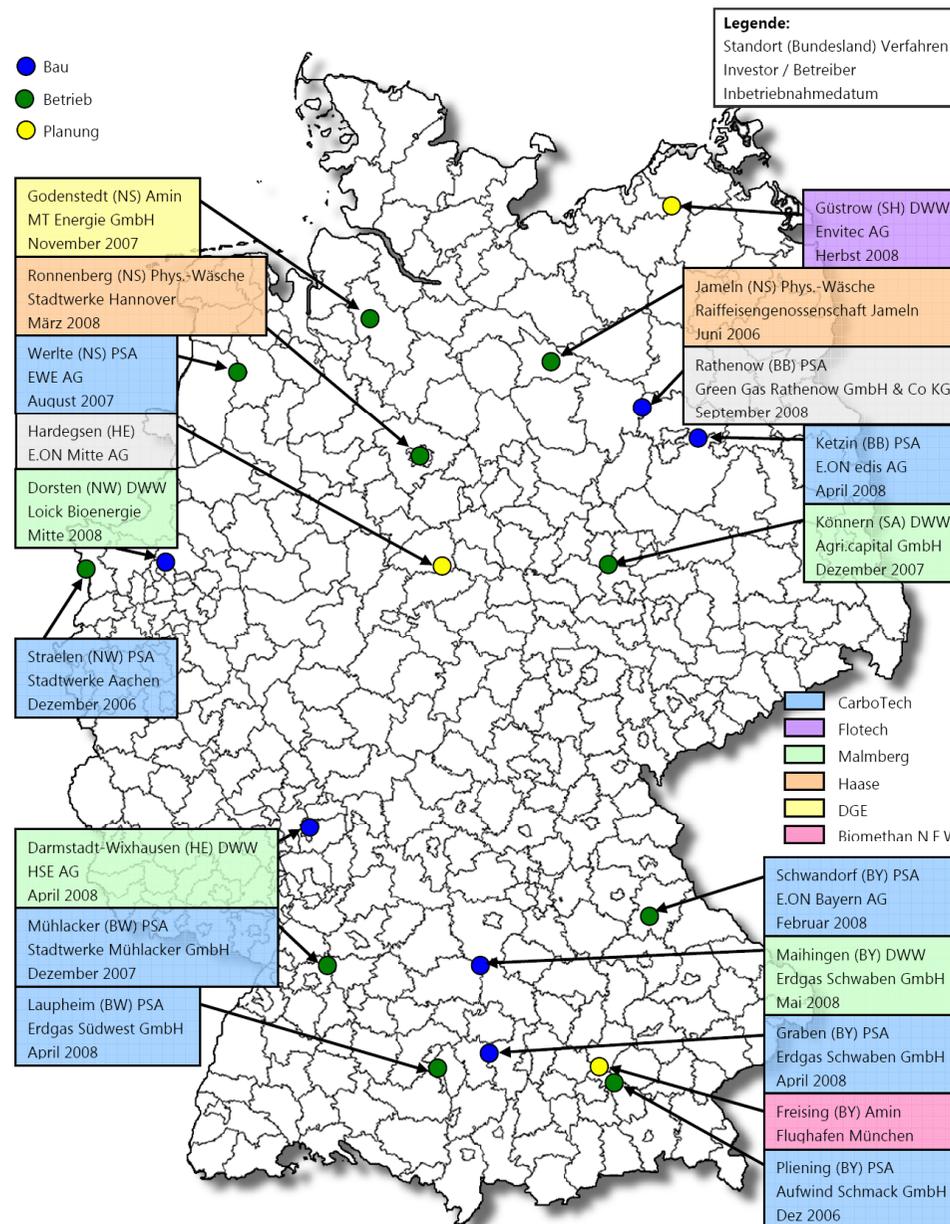


# Marktstatus Biogaseinspeisung



## Marktübersicht

- Realisierte Anlagen: **10**
- Davon zur Bioerdgaseinspeisung: **8**
- Anlagen in Bau: **6**
- Geplante Anlagen: **> 3**





## Hersteller von Biogasanlagen



Schmack Biogas AG

<http://www.schmack-biogas.de/>



Envitec Biogas AG

<http://www.envitec-biogas.de/>



Biogas Nord AG

<http://www.biogas-nord.com/>



MT-Energie GmbH & Co. KG

<http://www.mt-energie.com/>



Ökobit GmbH

<http://www.oekobit.com/>





## Hersteller von Biogasaufbereitungsanlagen



CarboTech Engineering GmbH, Essen

<http://www.carbotech.info/>



QuestAir Technologies Inc., Kanada

<http://www.questairinc.com/>



Malmberg Water AB, Schweden

<http://www.malmberg.se/>



Flotech, Schweden

<http://www.flotech.com/>



HAASE Energietechnik AG, Neumünster

<http://www.haase-energietechnik.de/>



Cirmac International bv, Niederlande

<http://www.cirmac.com/>





## Anlagenbeispiele I



- 2-stufige NawaRo-Biogasanlage der Fa. Biogas Nord GmbH





## Anlagenbeispiele II



- Bioerdgasanlage Pliening der Fa. Schmack Aufwind GmbH (PSA)





## Anlagenbeispiele III



- NawaRo-Biogasanlage mit Aminwäsche der Fa. Schmack Biogas GmbH





## Anlagenbeispiele IV



- Biogasaufbereitungsanlage der MT-Energie GmbH (Aminwäsche)

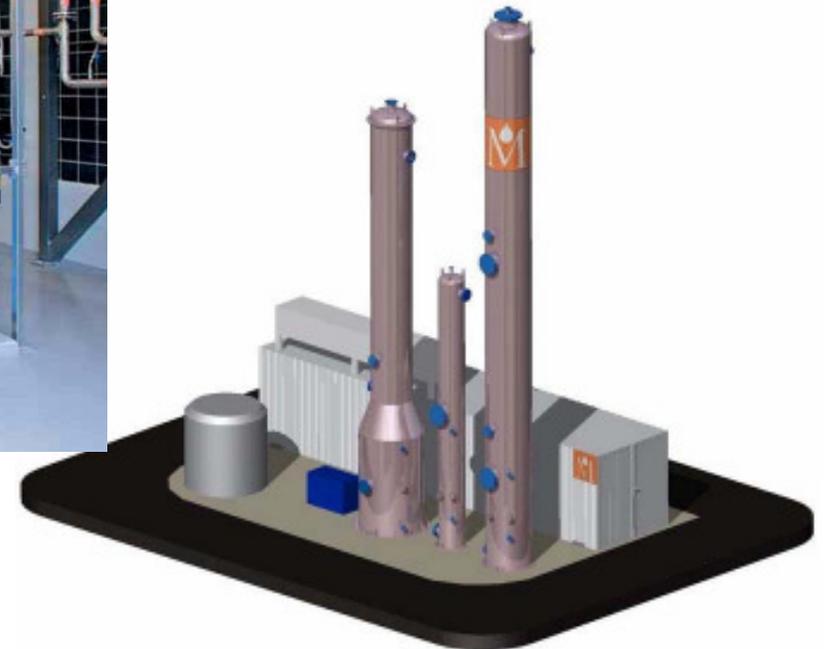




## Anlagenbeispiele V



- Biogasaufbereitungsanlage der Fa. Malmberg (Druckwasserwäsche)





## Agenda Teil 1



- Energieerzeugung aus Biomasse
- Energieträger Biogas
- Grundlagen der Biogaserzeugung
- Potenzialanalyse Biogas
- Technologien zur Biogasaufbereitung
- Aktueller Marktstatus und Technologiehersteller
- **Zusammenfassung Teil 1**





## Zusammenfassung Teil 1



- Biogas kann verschiedene Energieformen bereit stellen (Strom, Wärme, Kraftstoff).
- Durch eine Biogasaufbereitung können BHKW-Standorte mit höheren Jahresnutzungsgraden bzw. höherer Primärenergieausnutzung erschlossen werden.
- Für die CO<sub>2</sub>-Abtrennung sind verschiedene Verfahren auf dem Markt verfügbar.
- Die noch verfügbaren biogenen Potenziale lassen eine weitere Marktentwicklung erwarten. Dies ist jedoch stark von der Rohstoffpreisentwicklung abhängig.
- Geeignet für die Biogaserzeugung sind z.B. Mais, Gülle, Gräser ...



# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit.

Bevor wir jetzt gleich 15 Min Pause machen, haben Sie nun Gelegenheit, uns Ihre Fragen zu stellen.

## Referenten

Dipl.-Ing. Gregor Dachs

B.-Eng. Christoph Zach