



HOCHSCHULE LANDSHUT

HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN

Biogas - Anspruch und Wirklichkeit

**Technologiezentrum Energie
Ruhstorf**

18. April 2013

Prof. Dr. Josef Hofmann

Fakultät Maschinenbau



Gliederung

- 1. Einführung**
- 2. Was ist Biogas?**
- 3. Ansprüche an Biogasanlagen**
- 4. Biogasanlagen – die Wirklichkeit**
- 5. Handlungsfelder bei Biogasanlagen**
- 6. Perspektiven**
- 7. Zusammenfassung**



Curriculum Vitae Prof. Dr. Josef Hofmann

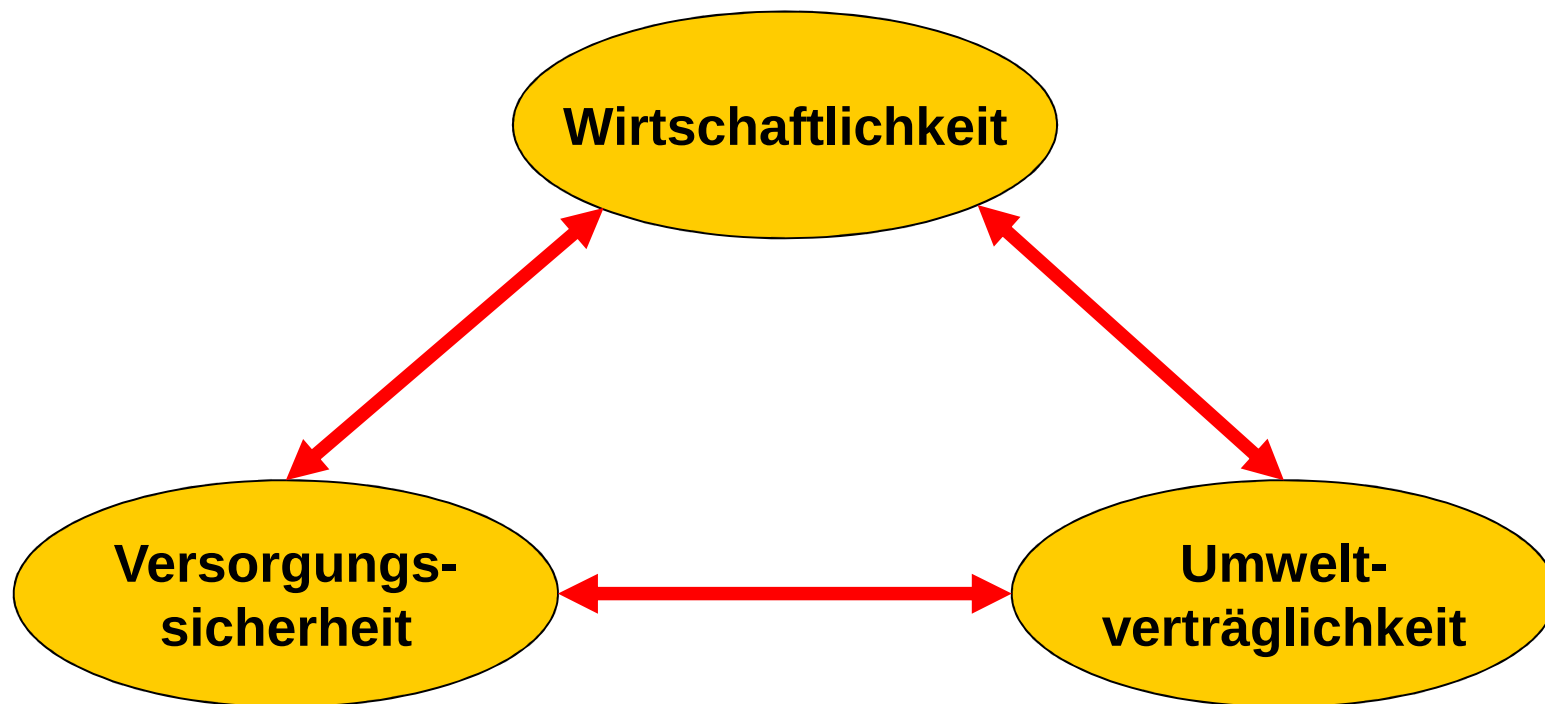


2009	Professor für Energie- und Umwelttechnik, Hochschule Landshut
2004 – 2009 und 1990 - 2002	Referent für Abfallwirtschaft bei der Regierung von Niederbayern, Landshut (zuletzt Regierungsdirektor)
2002 - 2004	Referent für Deponien und stellvertretender Referatsleiter „Altlasten“ am Bayerischen Umweltministerium
1990	Wissenschaftlicher Angestellter am Max-Planck-Institut für Biochemie, Martinsried
1990	Promotion an der Technischen Universität München
1987 - 1990	Wiss. Mitarbeiter am Lehrstuhl für Metallorganische Chemie bei Prof. Dr. Helmut Fischer an der Universität Konstanz
1981 - 1987	Studium Chemie-Diplom an der Technischen Universität München
Lehre:	Chemie, Solartechnologie, Energie aus Wind, Wasser und Boden, Umwelttechnik und Klimaschutz, Energiewirtschaft, Stoffstrommanagement Praktikum Energie und Umwelttechnik
Forschung/ Entwicklung:	Biogas, Chemische Energiespeicherung, Energieeffizienz von Biogasanlagen und Kläranlagen

1. Einführung

- **Energiewende – Quo vadis?**
- **Derzeitiger Stand der Energiewende**
- **Welche Rolle spielen derzeit Biogasanlagen?**

Die Ziele der deutschen Energiepolitik



Zielmarken der Energiewende der Bundesregierung

	Heute	2020	2030	2040	2050
Absenkung Treibhausgasemissionen (ggü. 1990)	-27%	-40%	-55%	-70%	-80%
Anteil EE am Bruttoendenergie- verbrauch	10%	18%	30%	45%	60%
Anteil EE am Stromverbrauch	16%	35%	50%	65%	80%
Absenkung Primärenergieverbrauch (ggü. 2008)	-6%	-20%			-50%
Absenkung Stromverbrauch (ggü. 2008)	-7%	-10%			-25%
Absenkung Energieverbrauch Verkehrsbereich (ggü. 2008)		-10%			-40%

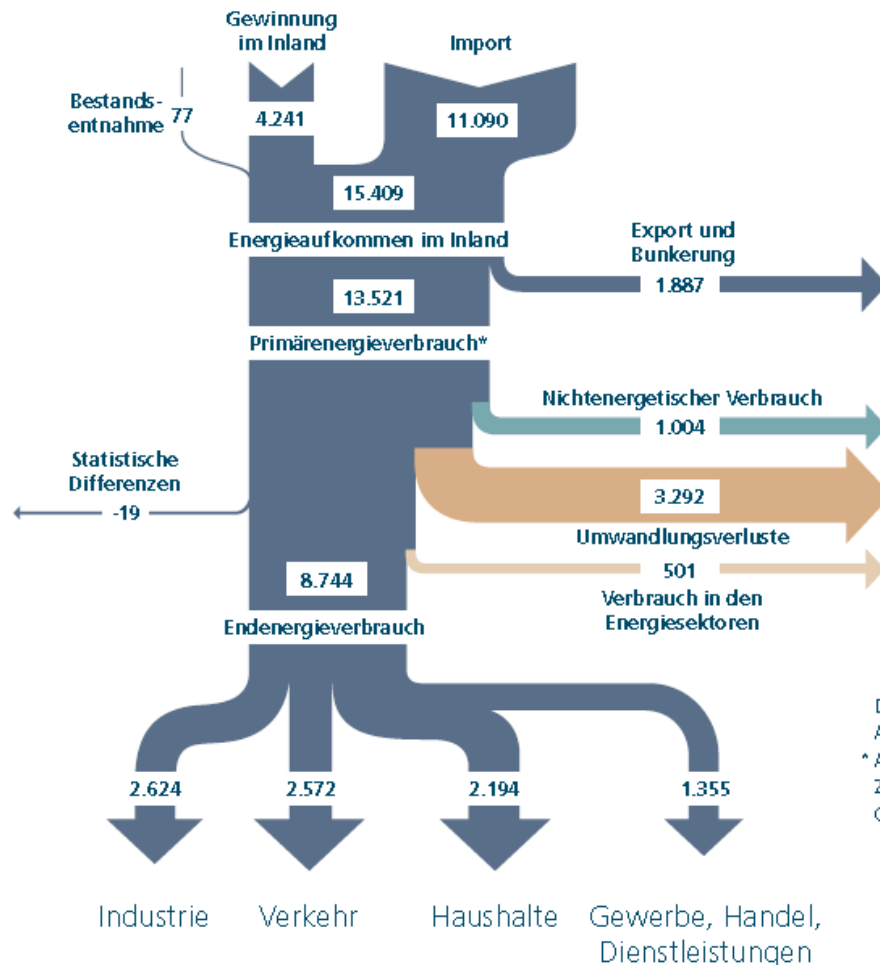
Quelle: http://www.lew-forum-schule.de/cms_ForumSchule_inter/downloads/Hochschultag_2010_Michael_Schultz.pdf , 20.10.2010

Energiearten

Begriff	Definition	Beispiele
Primärenergie	Energie in natürlich vorliegender Form	Erdöl, Steinkohle, Uran, Windenergie, Holz, Solarstrahlung, Wasserkraft, Geothermie, Gezeitenenergie, Maispflanze
Endenergie	Energie, wie sie der Endverbraucher erhält	Heizöl, Erdgas, Holzpellets, Diesel, Strom, Fernwärme, Aufbereitetes Biogas
Nutzenergie	Energie, wie sie der Endverbraucher nutzt	Licht, Kälte, Raumwärme, Antriebsenergie für Maschinen und Fahrzeuge

Energieströme in Deutschland 2011

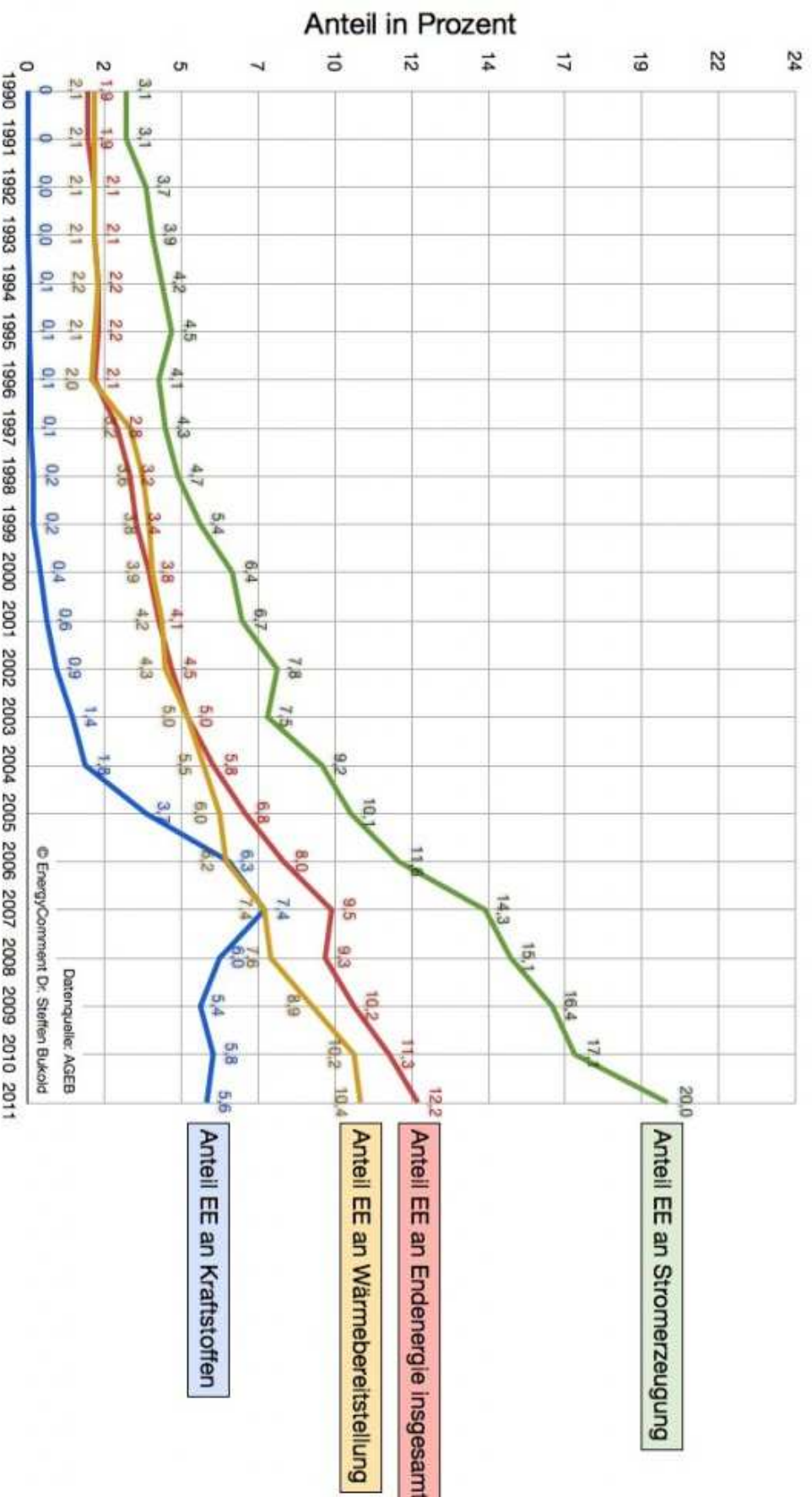
Angaben in Petajoule



Quelle:
AGEB AG Energiebilanzen e.V.
Energieflussbild 2011
<http://www.ag-energiebilanzen.de/tools/pdf-icon.gif> [12.04.13]

Der Anteil der erneuerbaren Energieträger am Primärenergieverbrauch liegt bei 11,0 %.
Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
* Alle Zahlen vorläufig/geschätzt.
29,308 Petajoule (PJ) $\hat{=}$ 1 Mio. tSKE
Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen 10/2012

Anteile der Erneuerbaren Energien am Endenergiebedarf

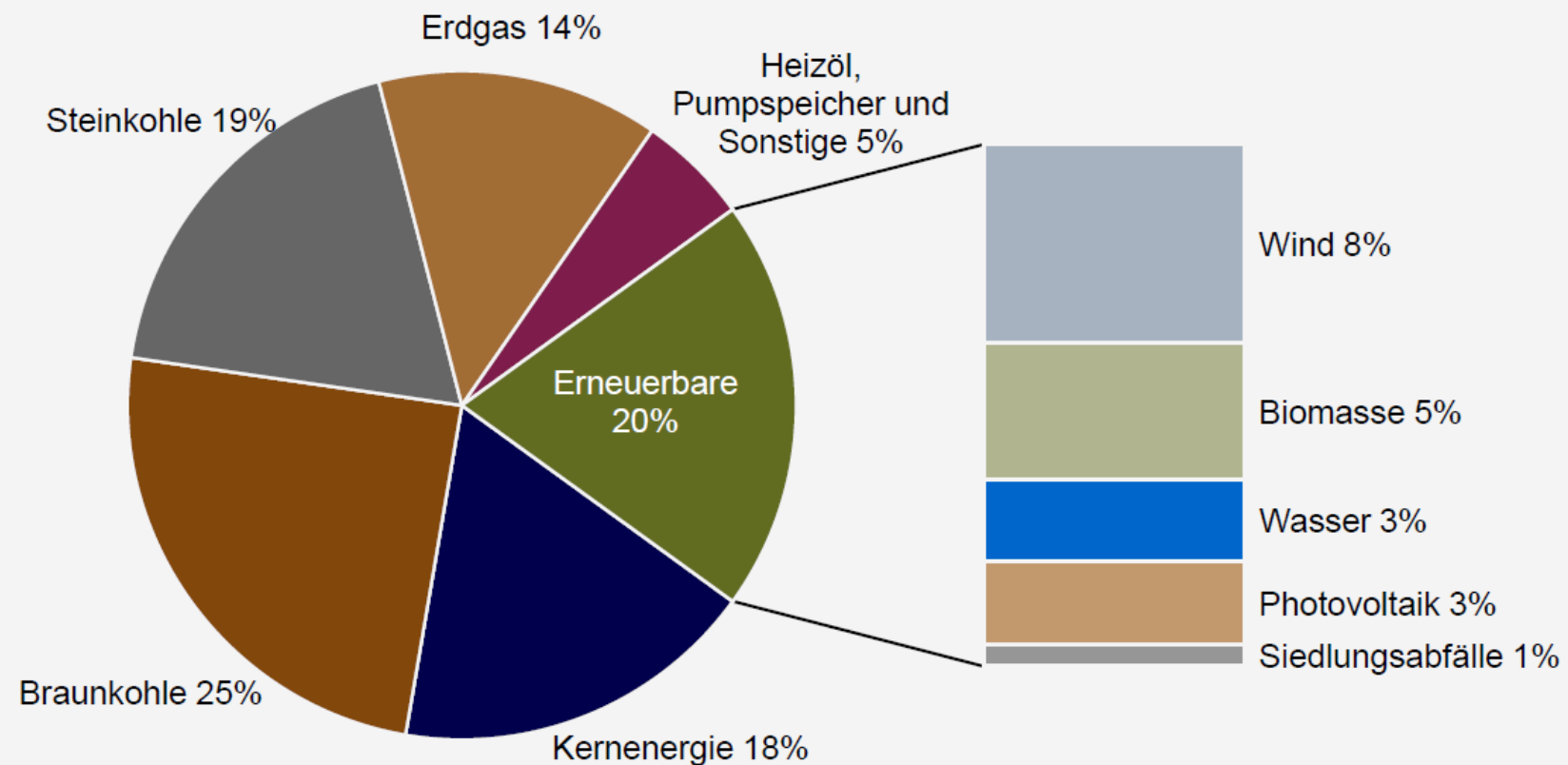


Quelle:

<http://www.energiepolitik.de/erneuerbare-energien-anteil-an-endenergie-1990-2012/> [12.09.2012]

Stromerzeugung in Deutschland 2011

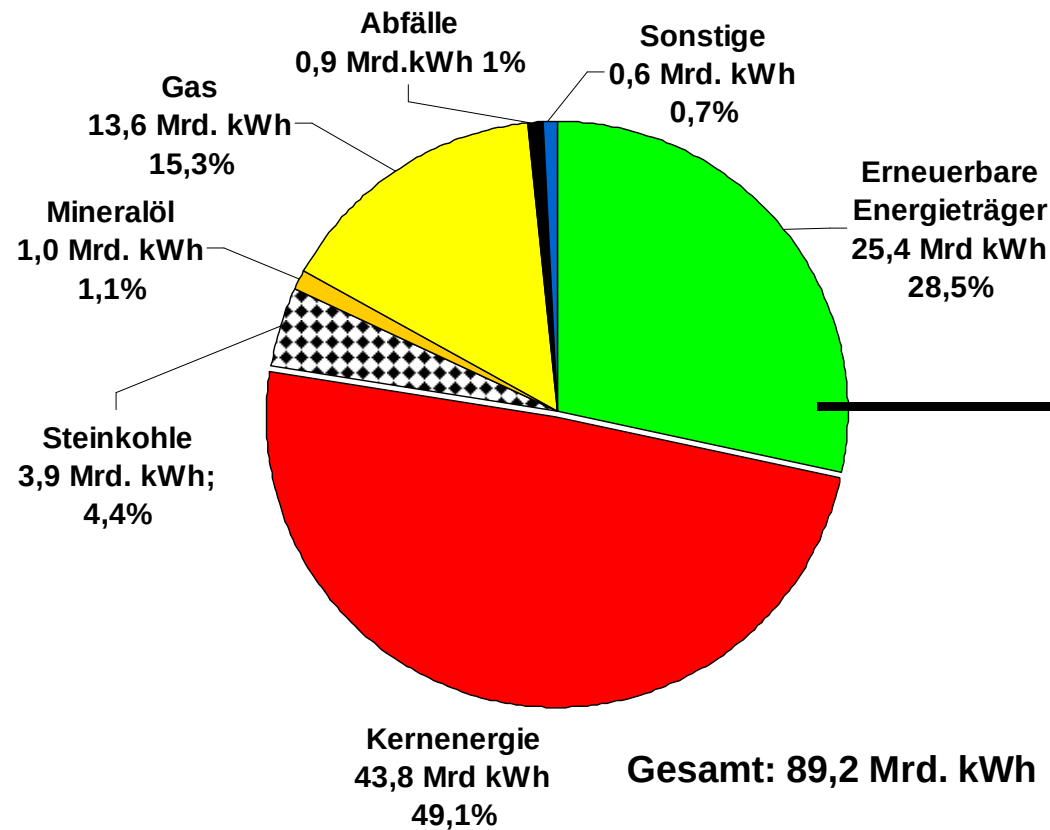
Brutto-Stromerzeugung 2011 in Deutschland: 612 Mrd. Kilowattstunden*



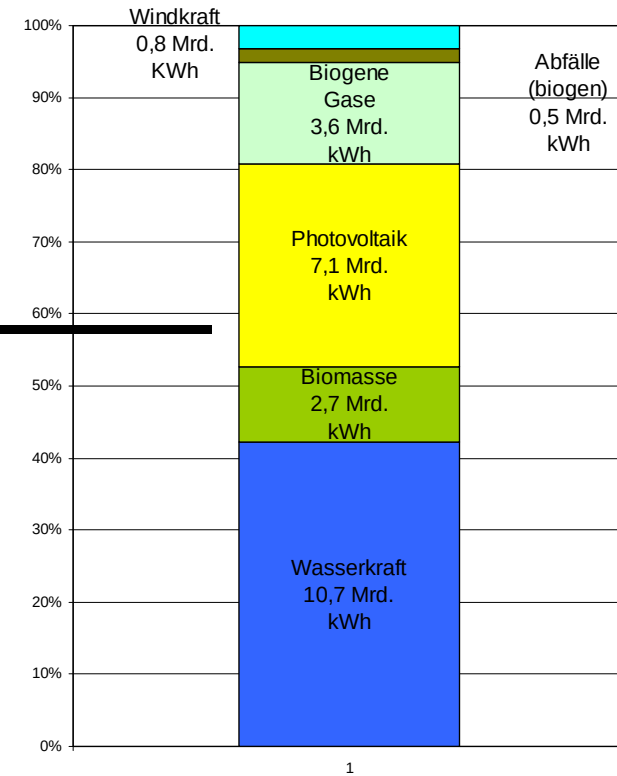
Quellen: BDEW, AG Energiebilanzen
Stand: 14. Dezember 2011

* vorläufig

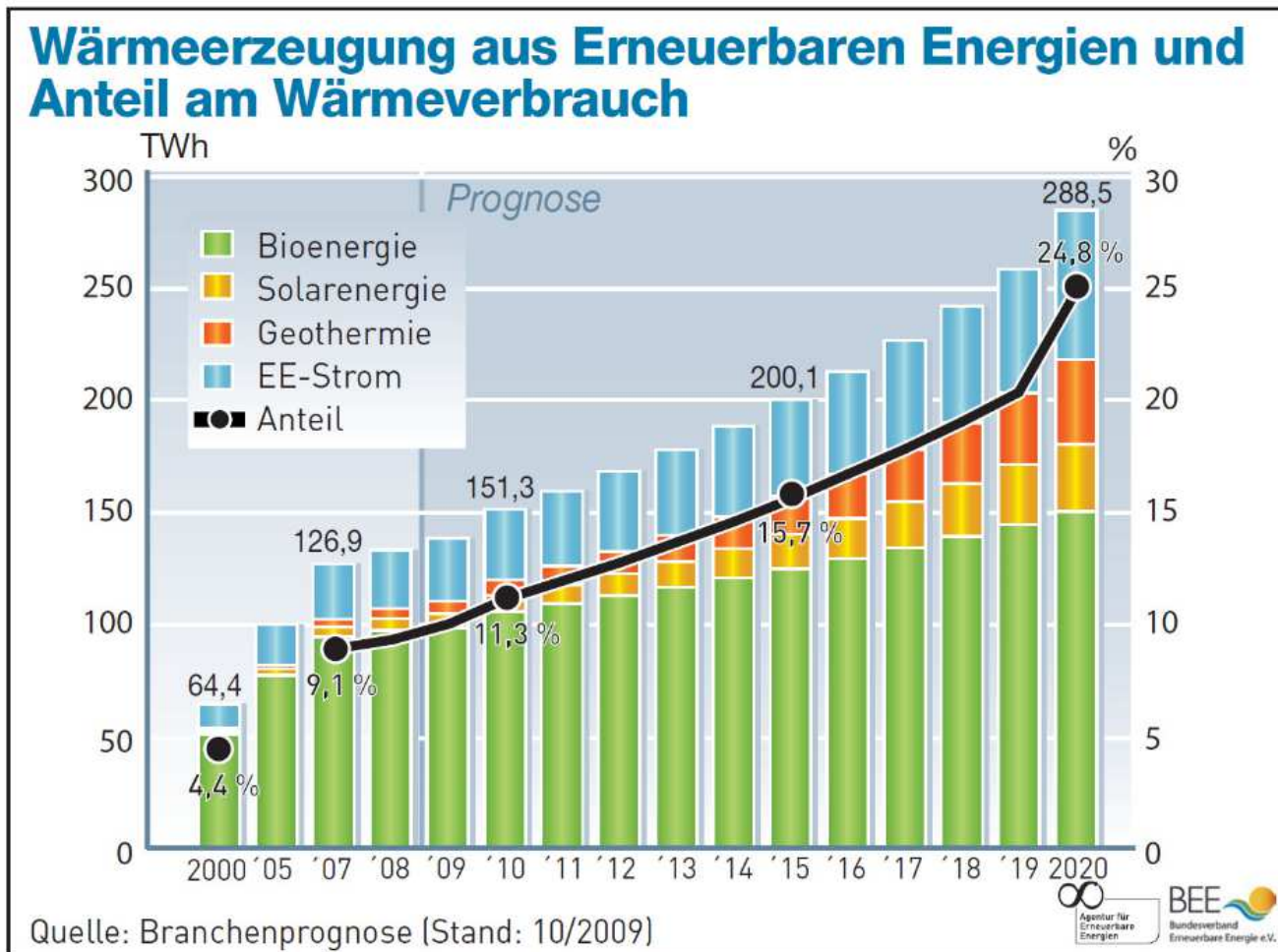
Stromerzeugung in Bayern 2011



Anteile aus Erneuerbaren Energieträgern: 25,4 Mrd. kWh

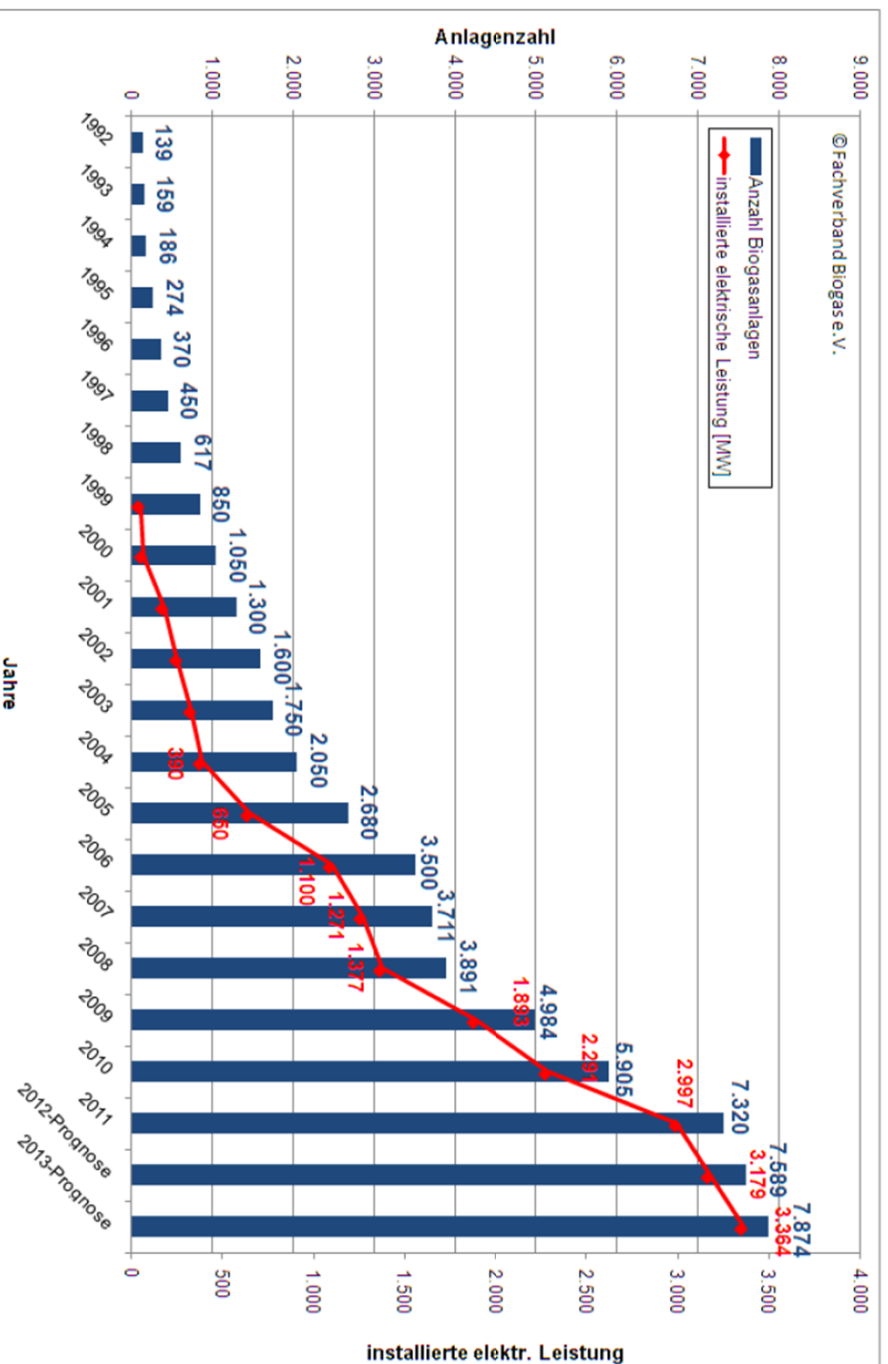


Entwicklung der Wärmeerzeugung in Deutschland



Welche Rolle spielen derzeit Biogasanlagen?

Entwicklung der Anzahl Biogasanlagen und der gesamten installierten elektrischen Leistung in Megawatt [MW] (Stand: 11/2012)



Quelle: Fachverband Biogas

[http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/\\$file/12-11-29_Biogas%20Branchenzahlen%202011-2012-2013.pdf](http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/$file/12-11-29_Biogas%20Branchenzahlen%202011-2012-2013.pdf) [12.04.2013]

Biogasanlagen in Zahlen

Branchenzahlen 2011 und Prognose der Branchenentwicklung 2012/2013

Vergleich ausgewählter Branchenzahlen (Stand: 11/2012)

	2011	Prognose 2012*	Prognose 2013*
Anlagenzahl (davon Biomethan- Einspeiseanlagen)	7.320 (80)	7.589 (95)	7.874 (112)
Installierte el. Leistung in MW	2.997	3.179	3.364
Zubau Neuanlagen	1.415	269	285
Zubau elektr. Leistung Neuanlagen in MW	706	104	104
Zubau elektr. Leistung Repowering in MW		78	81
Netto-Stromproduktion in TWh pro Jahr	18,73	21,88	22,63
Mit Biogas-Strom versorgte Haushalte in Mio.	5,4	6,3	6,5
Anteil am Stromverbrauch in %	3,09	ca. 3,61	ca. 3,73
Umsatzvolumen in D in Mrd. Euro	7,4	6,5	6,9
Arbeitsplätze	58.444	41.324	42.507

*auf Basis einer Expertenbefragung

Quelle: Fachverband Biogas

[http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/\\$file/12-11-29_Biogas%20Branchenzahlen%202011-2012-2013.pdf](http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/$file/12-11-29_Biogas%20Branchenzahlen%202011-2012-2013.pdf) [12.04.2013]

Biogas in der Gesamtschau 2011

Stromerzeugung gesamt	612 Mrd. kWh
• Stromerzeugung aus EE	122,4 Mrd. kWh
• davon Biomasse	30,6 Mrd. kWh
• davon Biogas	~ 20 Mrd. kWh

Biogas trug zu ca. 3,3% zur deutschen Stromproduktion bei
(mehr Strom 2011 als aus Photovoltaikanlagen!)

Bayern:	Zahl der Anlagen	2372
	- davon in Niederbayern	361
	Installierte elektr. Leistung	674 MW

Quellen: Fachverband Biogas e.V., Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft LfL,

2. Was ist Biogas?

- **Steckbrief Biogas**
- **Entstehung von Biogas**

Steckbrief Biogas

Hauptkomponenten: 55 bis 65% Methan CH_4 , Siedepunkt: -161°C
35 bis 45% Kohlendioxid CO_2 , Sublimation bei -78°C

Spurenanteile: Schwefelwasserstoff H_2S   
Ammoniak NH_3  
Stickstoff N_2 ,
Sauerstoff O_2 ,
Wasserstoff H_2 

Hauptenergieträger: Methan 
Heizwert (bei 60% CH_4): 21,5 MJ/m³ = 6,35 kWh/m³
≅ 0,6 l Heizöl

hohes Treibhauspotenzial: 25 mal stärker als CO_2

Entstehung von Biogas

Entsteht beim Abbau organischer Biomasse durch Bakterien unter Sauerstoffausschluss (anaerober Abbau, reduzierendes Milieu)

Natürlicher biochemischer Abbauvorgang in

- Mooren
- Sümpfen
- Vormagen von Wiederkäuern (bis zu 1m³ Methan pro Kuh am Tag)

Gezielte Produktion in

- Klärwerken (Faulturm)
- Hausmülldeponien
- Biogasanlagen



3. Ansprüche an Biogasanlagen

- **Energiewirtschaft**
- **Umwelt- und Naturschutz**
- **Landwirtschaft**
- **Nachbarn**

Energiewirtschaft

- **Hohe Verfügbarkeit zur Strom- und Wärmerzeugung während des Jahres**
- **Multitalent: Lieferung von Strom, Wärme und Kraftstoff**
- **Preiswerter Strom und preiswerte Wärme**
- **Effiziente Nutzung des Gases, d.h. hoher Energienutzungsgrad von Strom und Wärme**
- **Bereitstellung von Regelenergie am Strommarkt bei Hochlastzeiten („Bayernplan“)**

Umwelt- und Naturschutz

- **Keine negative Beeinflussung von Flora und Fauna**
- **Keine negativen Einflüsse auf die Schutzgüter Luft, Wasser und Boden**
- **Erhalt der Biodiversität beim Feldfruchtanbau**
- **Rücksicht auf Natur und Umwelt**

Landwirtschaft

- **Erhalt der Bodenfruchtbarkeit (Humusbilanz)**
- **Geringer bis kein Pflanzenschutzmittel- und Düngemiteleinsatz**
- **Möglichst hohe Gas-, Strom- und Wärmeerträge**
- **Langfristig gesicherte Einspeisetarife**
- **Stabile Pachtpreise**
- **Keine Konkurrenz der Energie-, Futtermittel- und Nahrungsmittelproduktion**

Nachbarn

- **Keine Belästigung oder Schädigung der Nachbarschaft durch Biogaserzeugung und –nutzung**
- **Preisgünstige direkte Energieversorgung (Wärme/Strom)**

4. Biogasanlagen – die Wirklichkeit

Einige ausgewählte Beispiele:

- **Biomasse für Biogasanlagen: Maiswüsten oder Biodiversität?**
- **Werden Biogasanlagen bezüglich der Gaserzeugung effizient betrieben?**
- **Wie sieht die Energieeffizienz von Biogasanlagen aus?**
- **Biogasanlagen und Nachbarn – passt das zusammen?**

Biomasse für Biogasanlagen

- Anspruch: geringer Flächenbedarf für möglichst hohen Gasertrag
- Folgen: Hauptfrucht für Biogasanlagen: Maispflanze (10-14 t TM/ha)
Bodenerosionsgefährdung in Hanglagen
(negative Humusbilanz)
Verlust der Biodiversität bei Flora und Fauna
„Vermaisung“ der Landschaft
Überschwemmungsgefahren nehmen zu
- Lösungsansätze: Naturnahe Bewirtschaftung von Flächen für Biogasanlagen
(Wildkräuter, Wildblumen)
Mischkulturen als Biogasssubstrat
Verstärkter Einsatz von Gülle zur Biogaserzeugung

Dazu einige Bilder:

Gemeinde Mauern, 4.07.2009



20.04.2013

Hochschule Landshut

25

Effizienz bei der Biogaserzeugung

Anspruch: Möglichst hoher Gasertrag mit optimaler Anlagensteuerung

Realität: Anlagen werden oft in Eigenregie errichtet

Keine Abnahme bei baurechtlich genehmigten Anlagen

Qualitätssicherungsmaßnahmen fehlen oft

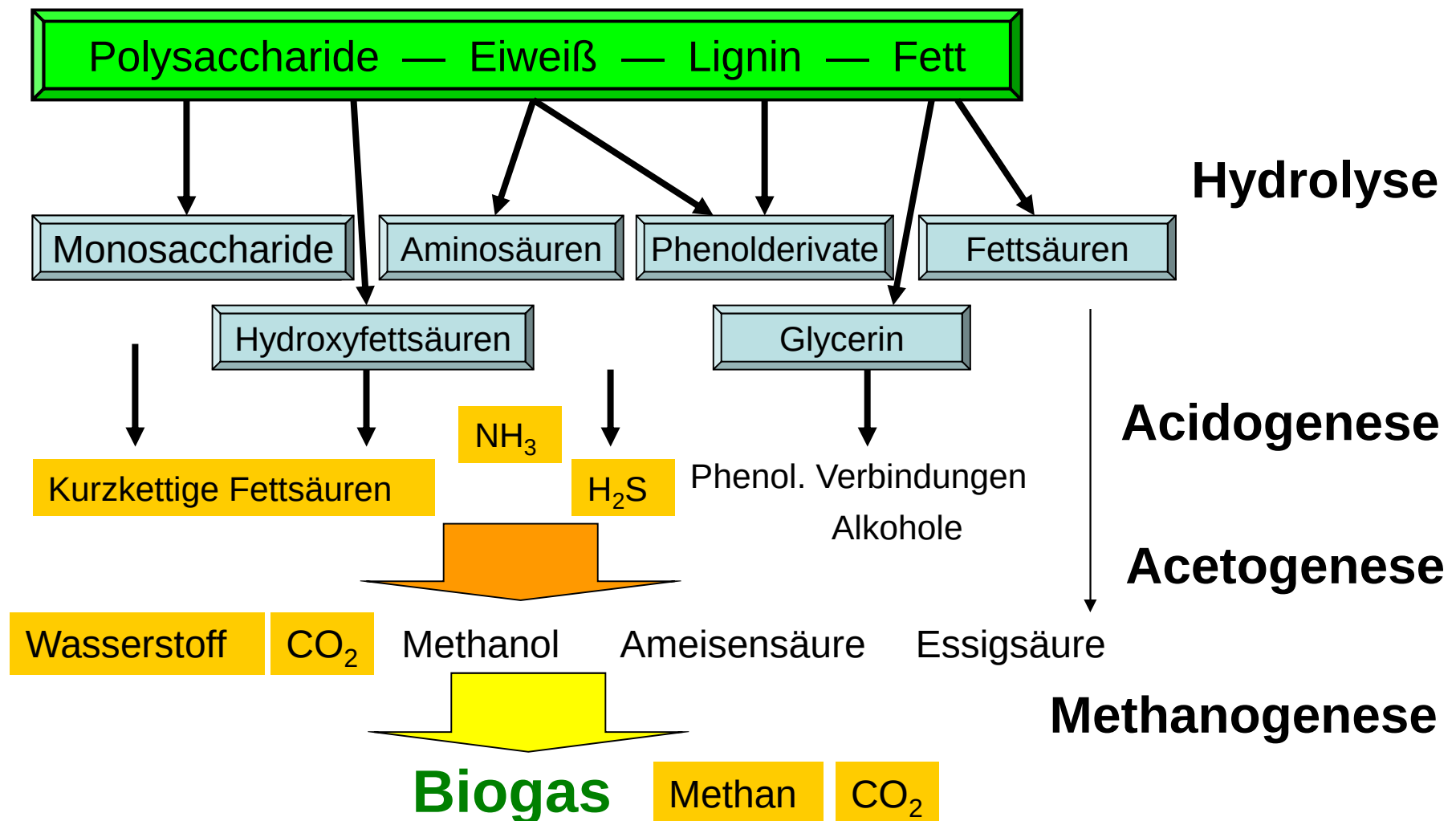
Ausführung von Sicherheitseinrichtungen oft fragwürdig

meist keine permanente Messung der Gasqualitäten und Gasmengen

Fütterung orientiert sich in der Regel nicht an Gasertrag und Gasqualität

Konsequenzen: Überprüfung der Anlage auf Energieeffizienz hinsichtlich des Stromeigenbedarfs und Gasqualität und –ertrag notwendig

Wie funktioniert die Biogaserzeugung?



Energieeffizienz von Biogasanlagen

- Anspruch: Möglichst hohe Energieeffizienz bei Biogasnutzung
- Konsequenz: Vollständige Nutzung von Strom **und Wärme**
- Realität: Anlagen befinden sich oft weit von Wärmenutzern entfernt
- Anlagen werden hinsichtlich der vorhandenen Wärmenutzungsmöglichkeiten meist viel zu groß dimensioniert
- Anlage wird erst gebaut und dann wird nach Wärmenutzungsmöglichkeit gesucht
- Lösungsansätze: Biogasanlage ohne bzw. nur geringer Wärmenutzung ist Energieverschwendung, da ca. 35% des Energieinhalts in Strom und 55% in Wärme im Motor-BHKW umgewandelt wird. Wärmenutzungskonzept vor der Genehmigung zwingend erforderlich!!!
- Wärmegeführte Biogasanlage mit Gasspeicherung

Drucklose Gasspeicherung

- Prinzip: Biogas wird drucklos bzw. mit geringem Überdruck im Millibar-Bereich gespeichert.
- Realisierung: meist als Wassertassengasometer
- Einfache Bauweise, nur geringes Energiespeichervermögen, somit nur für Kurzzeitspeicherung geeignet



Beispiel:

500 m³ Speichervolumen enthalten ca. 3.500 kWh chemische Energie

Motor-BHKW mit 700 kW Feuerungswärmeleistung (250 kW elektrische Leistung) kann damit maximal 5 Stunden betrieben werden.

→ 1.250 kWh Strom, ca. 1.800 kWh nutzbare Wärme

Druckgasspeicherung

- Prinzip: Biogas wird verdichtet
- Realisierung: z.B. liegender Röhrenspeicher
- Platzsparende Variante, deutlich höheres Energiespeichervermögen, als bei drucklosen Speichern



Quelle: www.panaqua.ch

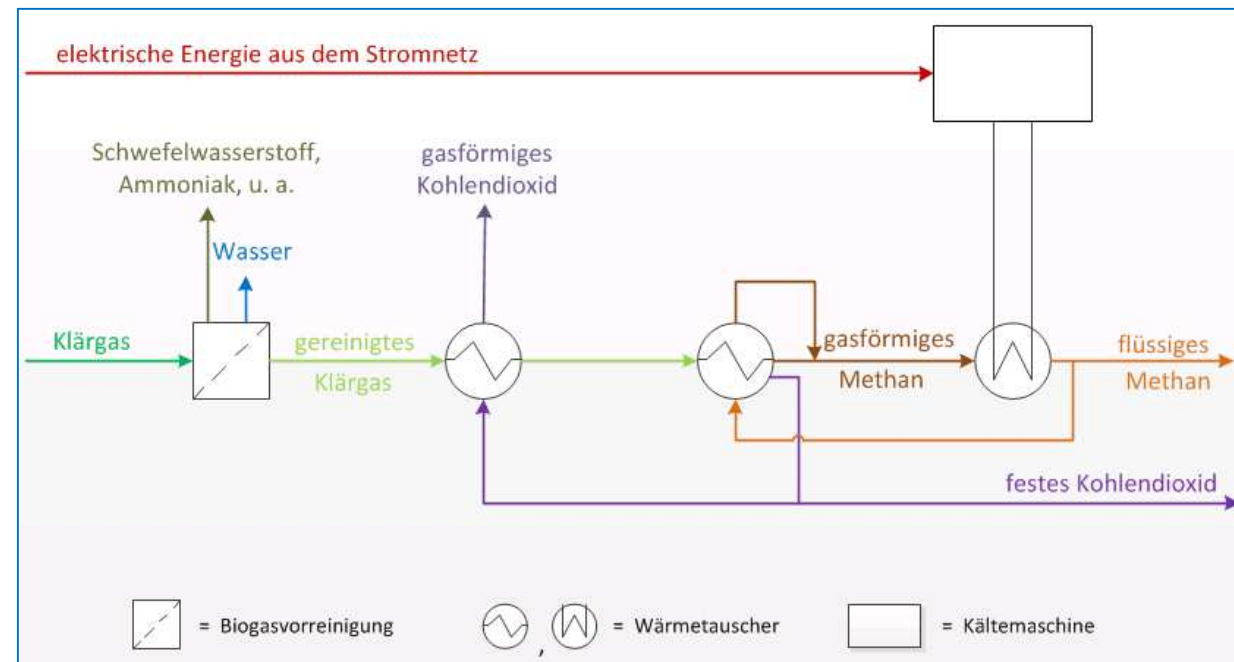
Druckgasspeicher der PANAQUA AG

Daten: 120 m³, 15 bar Druck
entspricht 1.800 m³ druckloser
Speicherung (11.700 kWh)

Verdichtungsenergie erforderlich!!
Druckbehälterverordnung gilt!

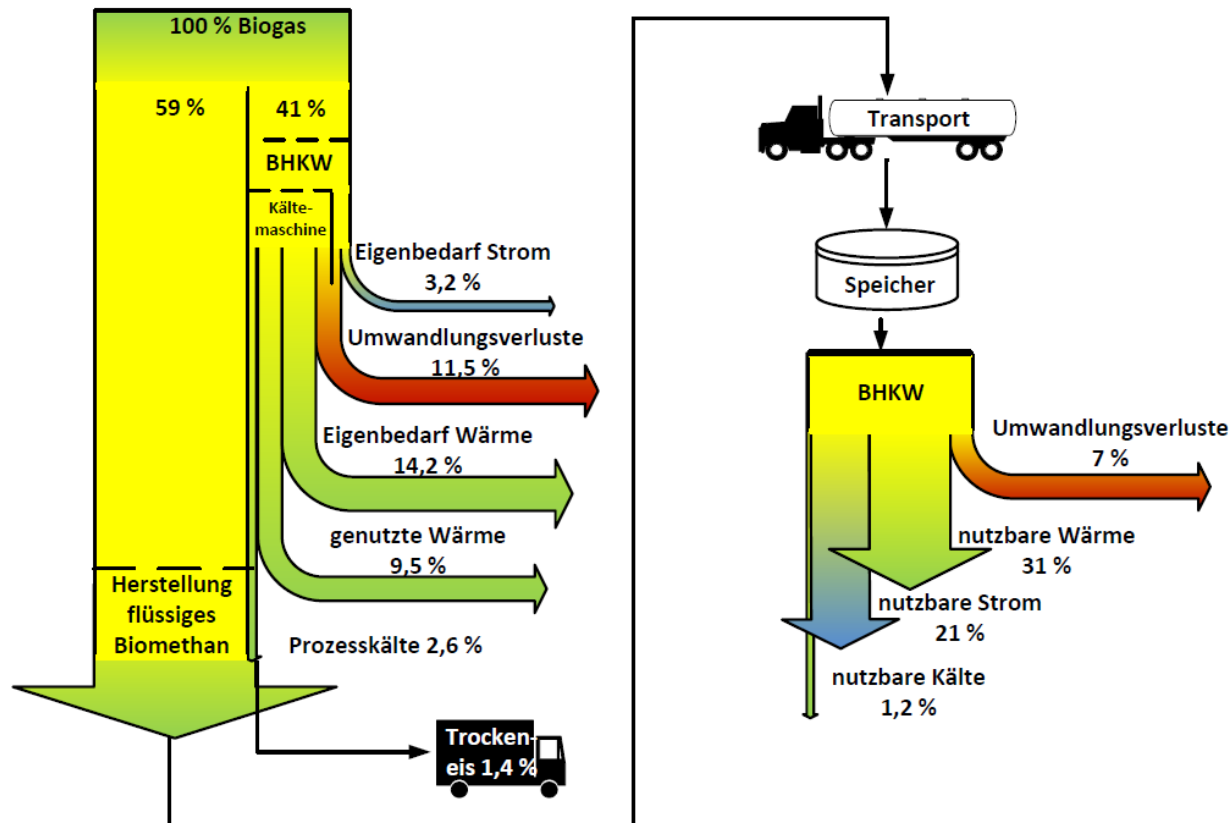
Verflüssigung des Methananteils zu LNG (1)- Forschung

- Prinzip: Biogas wird von Spurengasen gereinigt, CO_2 als Trockeneis bei -78°C abgetrennt und CH_4 bei -162°C zu LNG (Liquefied Natural Gas) verflüssigt
 1m^3 Klärgas ergibt ca. 1 Liter LNG



Verflüssigung des Methananteils zu LNG (2) - Forschung

■ Energetische Betrachtung



Biogasanlagen und Nachbarschaft

- Anspruch: Biogasanlagenbetrieb ohne Emissionen (Geruch, Lärm)
- Realität: Oftmals Geruchs- und Lärmbelästigung der Nachbarn
- Genehmigungsauflagen zum Immissionsschutz werden oft nur unzureichend umgesetzt (Konflikte sind vorprogrammiert)
- Ruhezeiten werden oft nicht eingehalten
- Bauliche Mängel bei Anlagen (Austretender Sickersaft)
- Lösungsansätze: Ausreichende Abstände zu Wohn- und Dorfgebieten (abhängig von der Geländetopographie)
- Strikte Beachtung der behördlichen Auflagen zum Immissionsschutz (z.B. Reinigung von Betriebsflächen, offene Tore bei Gebäudlichkeiten)
- Einhausung kritischer Anlagenteile

Dazu einige Bilder und Infos...



20.04.2013

ISAR
wochenblatt

Nr. 32 Mittwoch, 04. August 2004

Biogas: Anwohner sind stinksauer

Josef Sagmeister hat die Nase voll. Er hat zwar nichts gegen umweltfreundliche Energiegewinnung, aber das, was jetzt in seiner Nachbarschaft passiert, geht ihm doch ein bisschen zu weit. Genau genommen stinkt's ihm und seiner Familie sowie noch anderen Anwohnern des Nepomukweges in Kleegarten bei Landau gewaltig. Was den Landwirten in die gruchsempfindlichen Nasen steigt, das sind die Ausdünstungen, die von einer Biogasanlage in der Nachbarschaft herüberwehen sollen. Eine preisbewährte Anlage übrigens. Und trotzdem: „Die stinkt einfach wahnsinnig.“



Die Biogasanlage, um die es sich dreht. Zoom+
Foto: Schmid

Hochschule Landshut

34

5. Handlungsfelder bei Biogasanlagen

- **Welche Einsatzstoffe für Biogasanlagen?**
- **Welche Anlagengröße ist bei Biogasanlagen sinnvoll?**
- **Energieoptimierte Planung und optimierter Anlagenbetrieb**

Einsatzstoffe für Biogasanlagen

- Substrate, auf denen keine Produktionskosten lasten, sind vorzuziehen: wie z.B. Gülle, Mist, landwirtschaftliche Reststoffe, kommunaler Grünschnitt
- Mischsaaten sind Monokulturen vorzuziehen, da oftmals höherer Ertrag und ökologisch unbedenklicher
- Wildpflanzenanbau als pflegeleichtes Substrat mit geringerem Produktionsaufwand führt zu mehr Akzeptanz bei Imkern und Naturschützern



Bildquelle: Fachverband Biogas

[http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/1BB1F55EDE5DA4CDC12577D000441315/\\$file/Energiepflanzen_Wildpflanzen.pdf](http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/1BB1F55EDE5DA4CDC12577D000441315/$file/Energiepflanzen_Wildpflanzen.pdf) [12.04.13]

Anlagengrößen von Biogasanlagen

Anlagengröße sollte sich an folgenden Aspekten orientieren:

- Flächengröße des landwirtschaftlichen Betriebs
- Anfall an Mist und Gülle sowie anderen landwirtschaftlichen Reststoffen
- Möglichkeiten zur Verwertung von Wärme auf dem Betrieb
- Möglichkeit zur Gaseinspeisung in das Erdgasnetz
- Möglichkeit zum Wärmeabsatz in Betriebsnähe (z.B. Biogasleitung zu einem Satelliten-Blockheizkraftwerk oder Fern- (bzw. Nah-)wärmeleitung)

Anlagenoptimierung

- Substratuntersuchung (Qualität, z.B. Futterwertanalyse)
- Messung des Gasertrags sowie der Gaszusammensetzung über einen längeren Zeitraum
- Überprüfung der Biogasanlage bezüglich Optimierungsmöglichkeiten:
 - Verbesserte Gasnutzung
 - Gasspeicherung
 - Wärmespeicherung
 - Weitere Wärmenutzungsmöglichkeiten in den Sommermonaten

6. Perspektiven

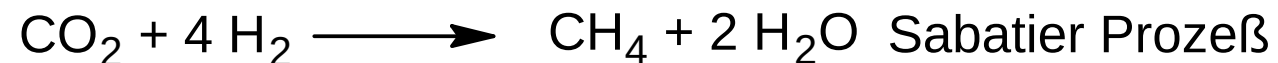
- **Biokohle aus Gärrückständen?**
- **Biogasanlage als Energiespeicher für Strom**
 - „Power to Gas“: Methan aus Kohlendioxid und Wasserstoff
 - „Power to Methanol“: Methanol aus Kohlendioxid und Wasserstoff

Gärrückstand als Energiespeicher durch HTC

- Prinzip: Gärrückstand wird durch Hydrothermale Carbonisierung (HTC) bei ca. 220°C in Kohle umgewandelt
- Vorteile: Kohle kann bis auf 70% TS-Gehalt mechanisch entwässert werden → weniger Wärmebedarf zum Trocknen auf 90% TS-Gehalt erforderlich
Rückgewinnung von N und P möglich (MAP)
- Nachteile: zusätzlicher Behandlungsschritt verursacht Kosten
- Verwendung: Als Brennstoff in größeren Verbrennungsanlagen einsetzbar (17. BImSchV ist zu beachten!!)
- Realisierung: Auf Kläranlage Kaiserslautern 2012 in Betrieb

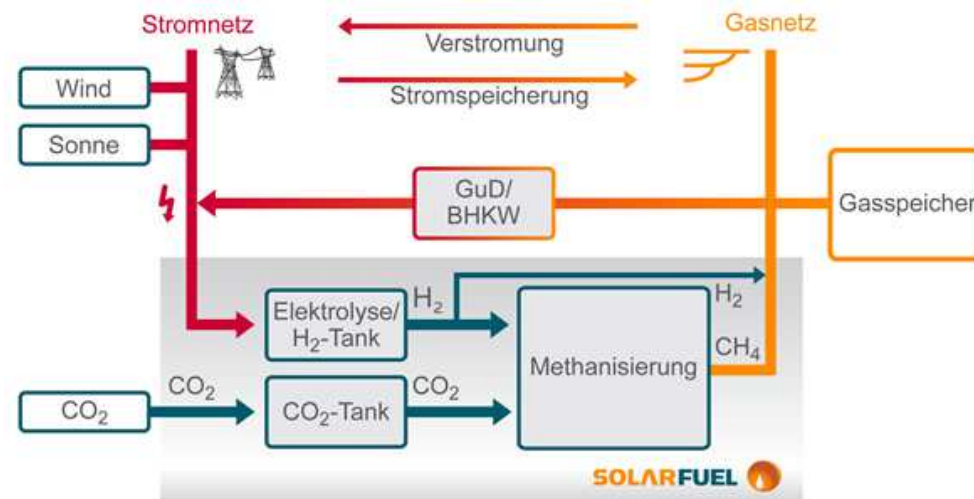
Chemische Speicher: Methan aus CO₂ und H₂

- Prinzip: „Power to Gas“: CO₂ aus Biogas und Wasserstoff aus der Elektrolyse von Wasser (aus Wind- oder Solarstrom) reagiert zu Methan und Wasser:



- Bedingung: Abtrennung von Kohlendioxid aus Klärgas

- Prinzip:



Chemische Speicher: Methanol aus CO₂ und H₂

- Prinzip: „Power to Methanol“: CO₂ aus Biogas und Wasserstoff aus der Elektrolyse von Wasser (aus Wind- oder Solarstrom) reagiert zu Methanol CH₃OH und Wasser:
$$\text{CO}_2 + 3 \text{H}_2 \longrightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$$
- Bedingung: Abtrennung von Kohlendioxid aus Biogas
- Prinzip: Bei Temperaturen von 280°C und 15 bar Druck werden CO₂ und H₂ zu Methanol unter Wärmefreisetzung umgesetzt.
- Vorteile: Flüssigkeit, leicht zu lagern, hohe Energiedichte (5,5 kWh/l, Verwendung auch als Kraftstoff und Chemierohstoff möglich)

7. Zusammenfassung

Anspruch und Wirklichkeit bei Biogasanlagen klafft leider auseinander

Optimierungsbedarf vorhanden

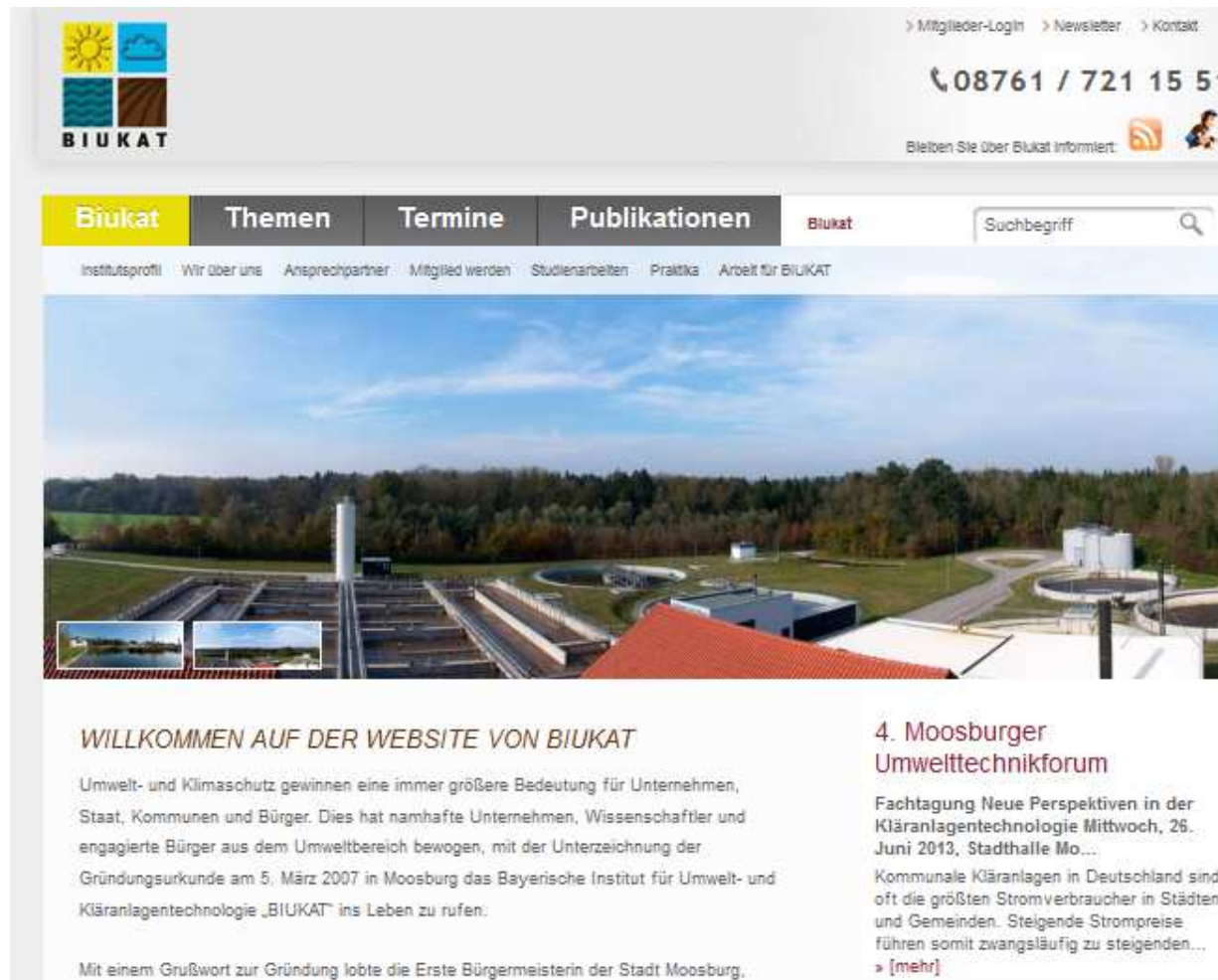
Mehr Qualität durch freiwillige Anlagenüberprüfung

Anlagenüberwachung und -regelung ist zu verbessern

Mehr Akzeptanz in der Bevölkerung durch verstärkten Einsatz von landwirtschaftlichen Reststoffen und alternative Biogassubstraten wie z.B. Wildpflanzen

Biogasproduktion muss sich an Nachhaltigkeit und Effizienz der Anlagen messen lassen.

Weitere Informationen auch unter www.biukat.de:



[Mitglieder-Login](#) [Newsletter](#) [Kontakt](#)
 ☎ 08761 / 721 15 51
 Bleiben Sie über Biukat informiert.

Biukat Themen Termine Publikationen **Biukat** Suchbegriff

[Institutsprofil](#) [Wir über uns](#) [Ansprechpartner](#) [Mitglied werden](#) [Studienarbeiten](#) [Praktika](#) [Arbeit für BIUKAT](#)

WILLKOMMEN AUF DER WEBSITE VON BIUKAT
 Umwelt- und Klimaschutz gewinnen eine immer größere Bedeutung für Unternehmen, Staat, Kommunen und Bürger. Dies hat namhafte Unternehmen, Wissenschaftler und engagierte Bürger aus dem Umweltbereich bewogen, mit der Unterzeichnung der Gründungsurkunde am 5. März 2007 in Moosburg das Bayerische Institut für Umwelt- und Kläranlagentechnologie „BIUKAT“ ins Leben zu rufen.
 Mit einem Grußwort zur Gründung lobte die Erste Bürgermeisterin der Stadt Moosburg,

4. Moosburger Umwelttechnikforum
 Fachtagung Neue Perspektiven in der Kläranlagentechnologie Mittwoch, 26. Juni 2013, Stadthalle Mo...
 Kommunale Kläranlagen in Deutschland sind oft die größten Stromverbraucher in Städten und Gemeinden. Steigende Strompreise führen somit zwangsläufig zu steigenden...
 » [\[mehr\]](#)



HOCHSCHULE LANDSHUT

HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN

Prof. Dr. Josef Hofmann
Hochschule Landshut
Am Lurzenhof 1 · D-84036 Landshut

Tel.: +49 871 506-218

Fax: +49 871 506-9218

josef.hofmann@haw-landshut.de

www.haw-landshut.de

