

**Über den wirtschaftlichen Einsatz von Biogasanlagen im Rahmen der  
gesamtkonzeptionellen Betrachtung des Energie- und Stoffhaushaltes der Brau- und  
Getränkeindustrie**

**Dr. Andreas Weideneder, Fachberater Getränkeindustrie, INNOVAS GbR München**

Autor:

Dr. Andreas Weideneder  
Fachberater Getränkeindustrie  
INNOVAS Innovative Energie- und Umwelttechnik  
Margot-Kalinke-Straße 9  
80939 München  
Tel: 089 - 16 78 39 73  
Fax: 089 - 16 78 39 75  
eMail: [gx@innovas.com](mailto:gx@innovas.com)  
URL: <http://www.innovas.com>

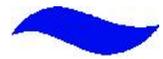
## INNOVAS Innovative Energie- und Umwelttechnik

„Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile“ (Aristoteles)

 Biogasanlagen

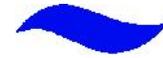
 Biodieselanlagen

 Biomüllvergärung

 Energieberatung

 Bioethanolanlagen

 Biomassekonzepte

 Brennstoff aus Müll

 Industrieberatung

Die INNOVAS wurde 1994 von Dipl.-Ing. Stefan Reitberger und Anselm Gleixner als selbständige BGB-Gesellschaft gegründet. Beide Gesellschafter führen auch heute noch voll haftend das Unternehmen.

INNOVAS bietet ein erfahrenes Team von derzeit zehn Mitarbeitern, in welchem Ingenieure, Techniker und Betriebswirte Hand in Hand arbeiten. Unsere Stärken ergänzen wir bei Bedarf durch weitere externe Spezialisten und Wissenschaftler aus Instituten und Hochschulen, mit welchen wir in ständigem Kontakt und Erfahrungsaustausch stehen.

Deshalb sind wir in der Lage, für jede Aufgabenstellung eine individuelle, den jeweiligen Rahmenbedingungen optimal angepasste Lösung zu finden.

Insbesondere liegen in unserem Hause mehr als 20 Jahre Erfahrung in der Vergärung von hochproteinhaltigen Monosubstraten vor. In der Brennereiwirtschaft gehörten Biogasanlagen zur Vergärung von Schlempe, Hefe und Lutterwasser bereits in den 80er Jahren zum Stand der Technik. Dieses Wissen haben wir konsequent weiterentwickelt.



Die Größe der Anlage, die Bauform der Fermenter und die Nutzung der gewonnenen Energie werden immer an die gegebene Situation und Aufgabenstellung angepasst.

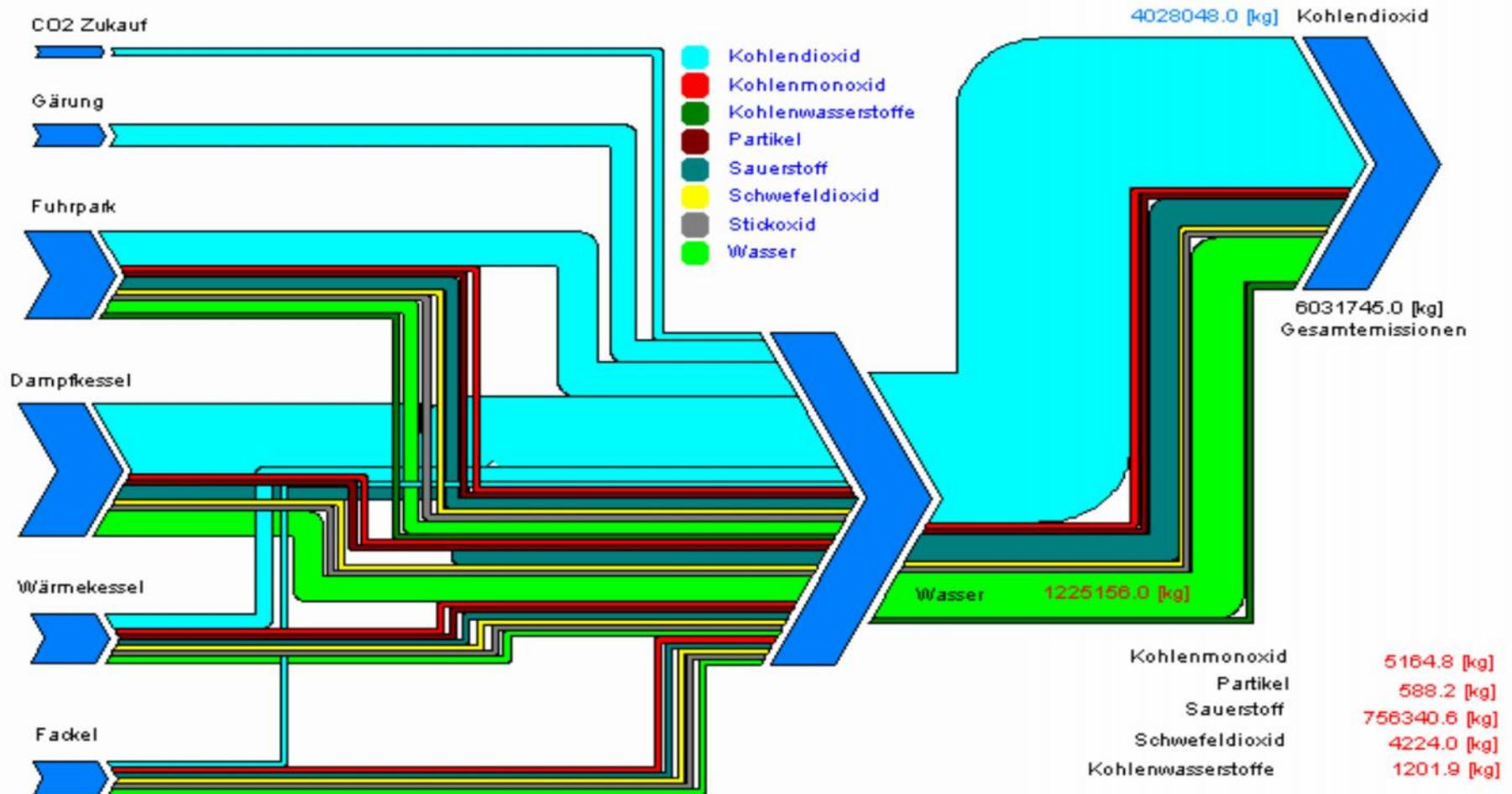
Mit unserer Erfahrung im industriellen Anlagenbau finden wir immer die wirtschaftliche Lösung zum Vorteil unserer Kunden.



## Schlagworte

- „Hungern für Energie“
- „Wir müssen Weg von Öl und Gas“
- „Solarbier“
- „Bierpreiserhöhung wegen erhöhter Rohstoff- und Energiepreise“

# Emissionsbilanz anhand Sankey Diagramm



## Energiebedarf Brauereien

Bereich	<u>Wärme</u>			<u>Strom</u>		
	Optimalwerte			Optimalwerte		
	Th/a	200.000	400000	Th/a	200.000	400000
	kWh/hl	kWh	kWh	kWh/hl	kWh	kWh
Sudhaus	18-36	3.600.000	7.200.000	4-8	800.000	1.600.000
Keller	6-12	1.200.000	2.400.000	3-6	600.000	1.200.000
Abfüllung	6-12	1.200.000	2.400.000	3-6	600.000	1.200.000
<b>Gesamt</b>	<b>30-60</b>	<b>6.000.000</b>	<b>12.000.000</b>	<b>10-20</b>	<b>2.000.000</b>	<b>4.000.000</b>

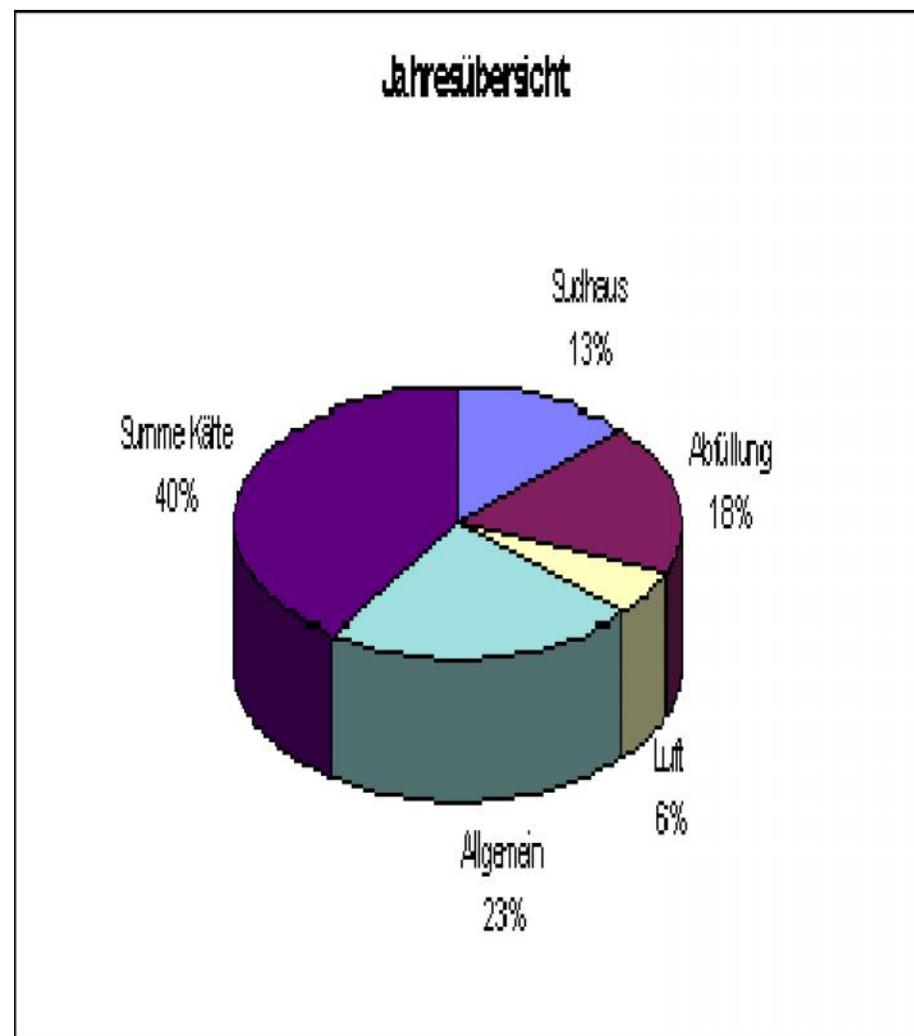
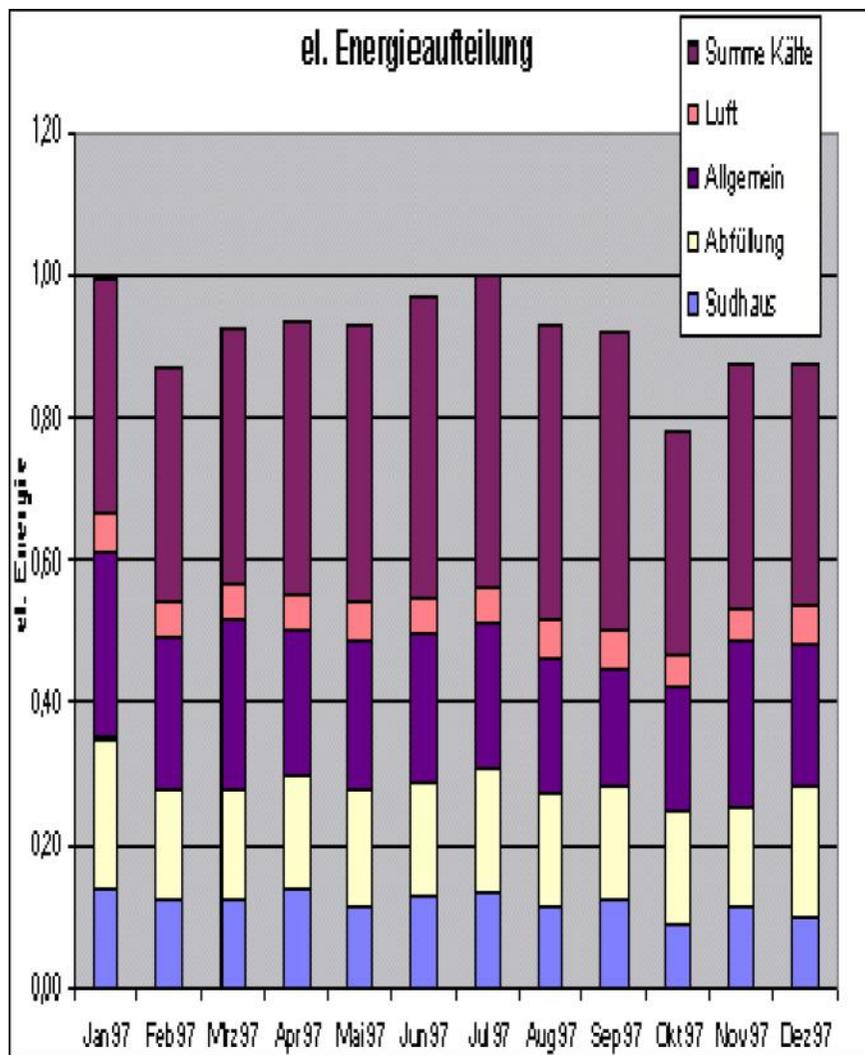
## Energiebedarf Prozesse Brauerei

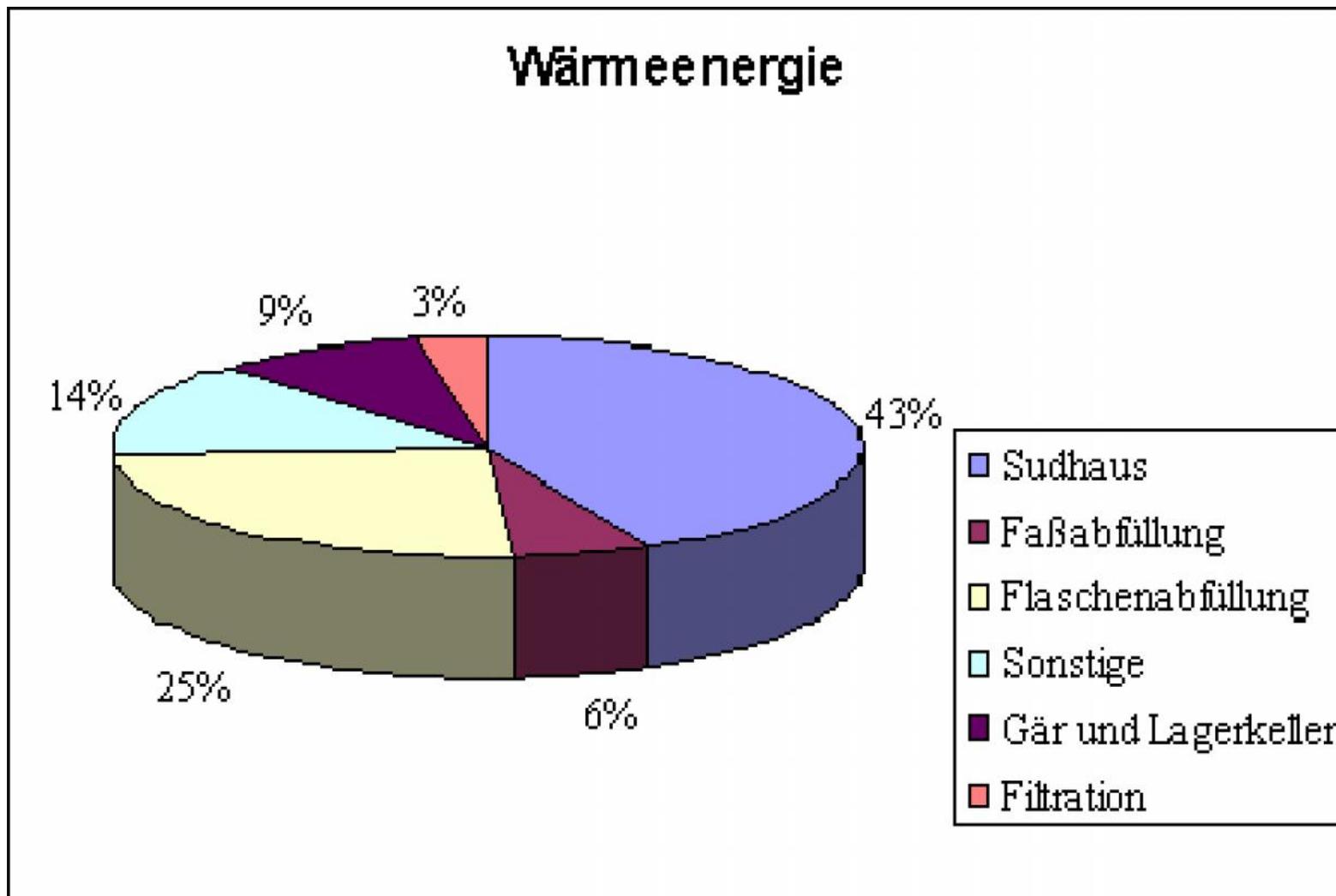
kWh/hl

Optimalwerte Größenklasse 200-500 Thl/a

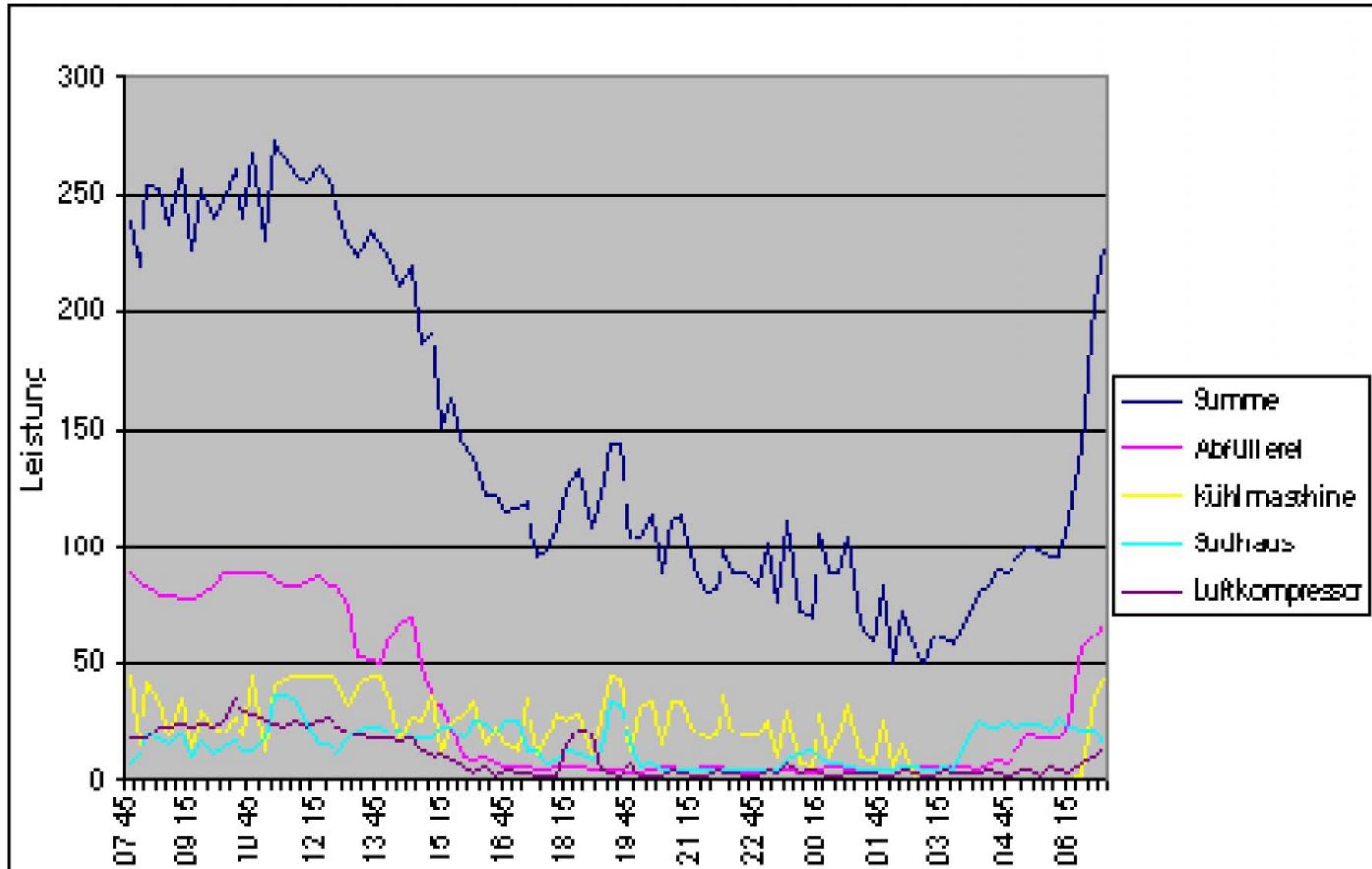
<b>Prozeß</b>	<b>Wärmebedarf</b>	<b>Strombedarf</b>
Malzvorbereitung	1	1
Maischen	4	1
Abläutern, Würzeaufh	5	1
Würzekochung	7	0,5
Würzekühlung, CIP	1	1
Fermentation 1, CIP	2	1
Fermentation 2, CIP	2	1
Filtration, CIP	2	1
Abfüllung, KZE	4	2
Lager, Verwaltung	2	1
<b><u>Summe*</u></b>	<b><u>30</u></b>	<b><u>10,5</u></b>

## Elektrisches Energieprofil

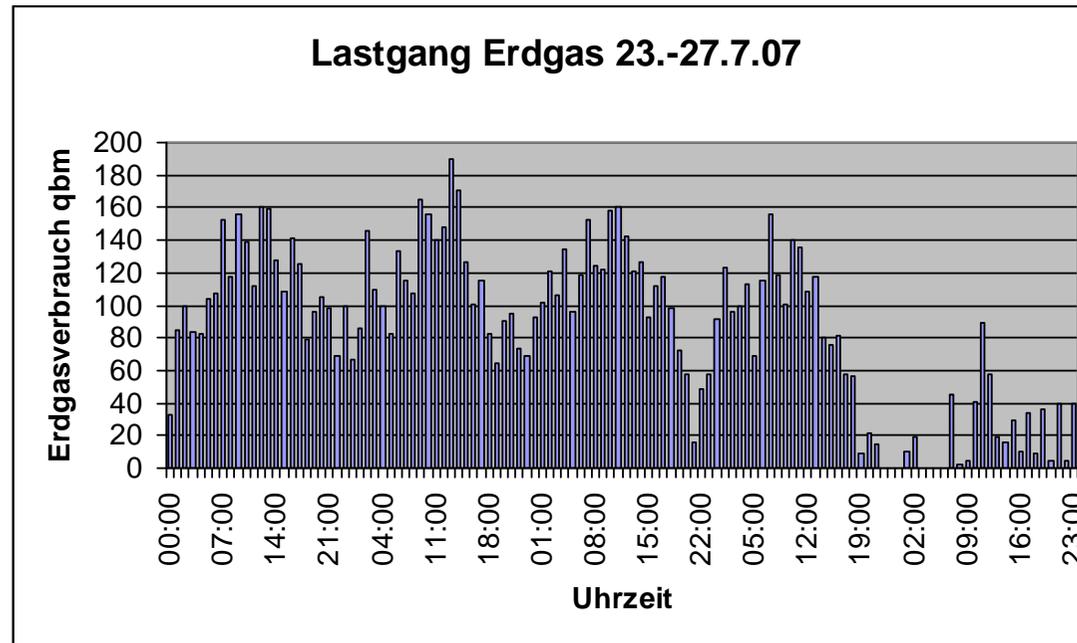




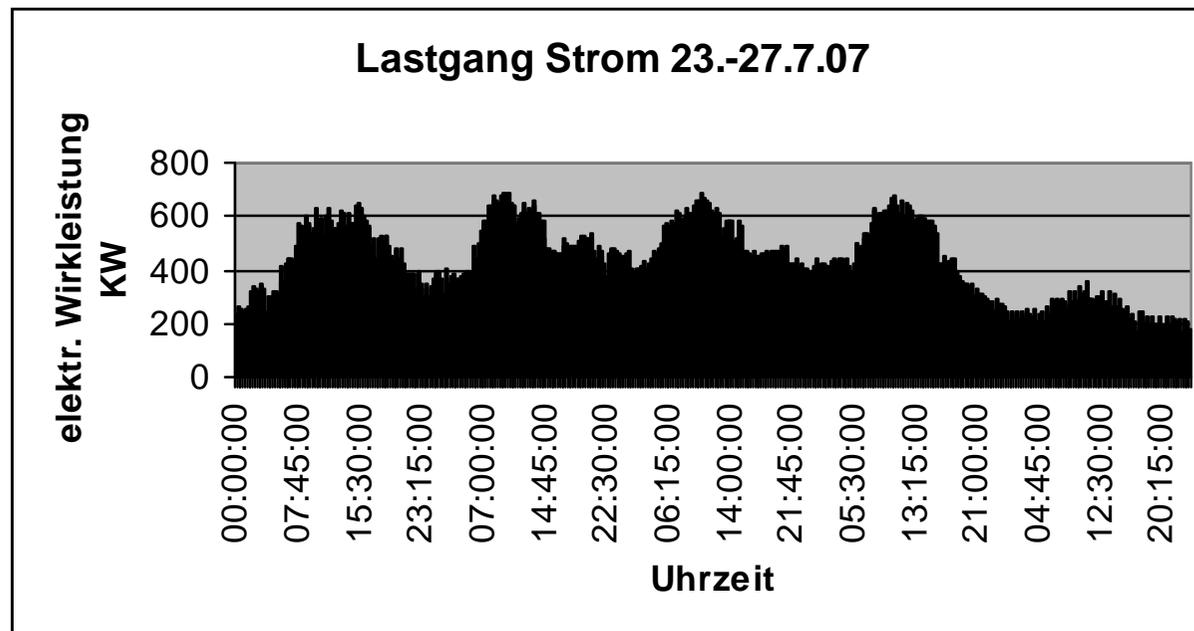
## Entstehung von Strom-Spitzenlasten (Einschichtiger Betrieb)



# Dauergangliniendilemma Energieverbrauch



**Bedarf  
unsynchron  
mit  
Deckung durch  
regenerativer  
Energie  
(Sommer/Winter,  
Spitzenlasten,  
etc.)**



## Die Energie-Alternativen

1. Fossile Energieträger (Gas, Erdöl, Kohle, Holz)
2. Solarenergie (Strom, Wärme erzeugend)
3. Windkraftanlagen, Geothermie, etc.
4. Biomassekraftwerke („Solarbier“)
5. Biogasanlagen

### Derzeitiger Status (Forschungs-Projekte)

**Solarenergie: Projekt Hofmühl: 3000 qm, 3 Mio EUR Invest (70 % FöMi), Deckung von 60 % des Wärmebedarfs; => 0,25 EUR/kWh eigenerzeugte Wärme eigentlich noch nicht wirtschaftlich ohne Förderung; nur zwischen KW 19 und KW 40 nutzbar!**

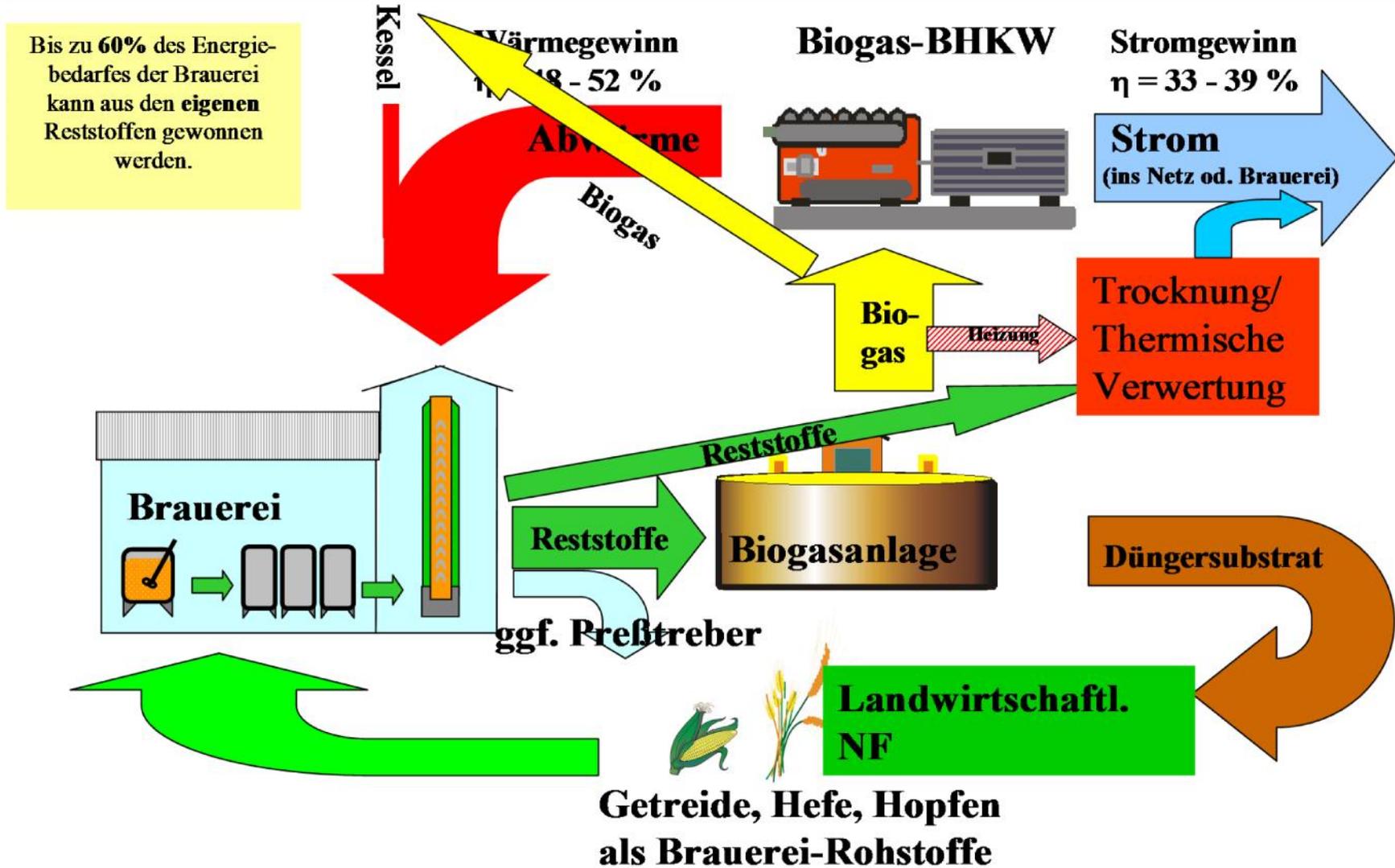
**Projekt „Abfallose Brauerei“ ZIEMANN/INNOVAS: Treberverbrennung kombiniert mit Biogas; sehr aufwendig; noch im Versuchsstadium**

**Treberverbrennungspatent BRAU Union: noch nicht ausgereift**

**Biogasanlagen: bewährte Technologie aus Abwasser und Brennereiwirtschaft**



## regenerativer Stoff- und Energiekreislauf einer Brauerei



## Energie-Wertigkeit von LM-Reststoffen

Substrate	DM (Dry Matter)	ODM (Organic Dry Matter)		Crude fiber	Crude fat	Protein	Carbohydrates	Biogas yield	Methan content
Pig Manure	5,0%	75,0%	37,50 kgODM/t	150 g/kgDM	70 g/kgDM	180 g/kgDM	400 g/kgDM	550 l/kgODM	68 % CH <sub>4</sub>
Cattle Manure	10,0%	78,0%	78,00 kgODM/t	220 g/kgDM	30 g/kgDM	150 g/kgDM	400 g/kgDM	460 l/kgODM	60 % CH <sub>4</sub>
Chicken Manure	38,0%	75,0%	285,00 kgODM/t	180 g/kgDM	10 g/kgDM	220 g/kgDM	340 g/kgDM	450 l/kgODM	66 % CH <sub>4</sub>
Corn Silage	30,0%	96,0%	288,00 kgODM/t	190 g/kgDM	42 g/kgDM	81 g/kgDM	642 g/kgDM	585 l/kgODM	59 % CH <sub>4</sub>
Grass (fresh)	16,0%	90,0%	144,00 kgODM/t	175 g/kgDM	40 g/kgDM	235 g/kgDM	450 g/kgDM	530 l/kgODM	63 % CH <sub>4</sub>
Organic Waste	25,0%	92,0%	230,00 kgODM/t	63 g/kgDM	92 g/kgDM	130 g/kgDM	635 g/kgDM	630 l/kgODM	64 % CH <sub>4</sub>
Food Leftovers	18,0%	92,0%	165,60 kgODM/t	90 g/kgDM	110 g/kgDM	190 g/kgDM	530 g/kgDM	655 l/kgODM	68 % CH <sub>4</sub>
Bread and Cake	90,0%	92,0%	828,00 kgODM/t	20 g/kgDM	120 g/kgDM	115 g/kgDM	665 g/kgDM	650 l/kgODM	62 % CH <sub>4</sub>
Slaughterhouse	18,0%	98,0%	176,40 kgODM/t	40 g/kgDM	210 g/kgDM	570 g/kgDM	160 g/kgDM	700 l/kgODM	80 % CH <sub>4</sub>
Flotation Fat	10,0%	96,0%	96,00 kgODM/t	0 g/kgDM	420 g/kgDM	540 g/kgDM	0 g/kgDM	1.000 l/kgODM	85 % CH <sub>4</sub>
Fat Slurry	20,0%	96,0%	192,00 kgODM/t	0 g/kgDM	420 g/kgDM	540 g/kgDM	0 g/kgDM	1.000 l/kgODM	85 % CH <sub>4</sub>
Spent grain (Brewery)	20,0%	95,0%	190,00 kgODM/t	193 g/kgDM	86 g/kgDM	250 g/kgDM	424 g/kgDM	580 l/kgODM	65 % CH <sub>4</sub>
Distiller's Waste	12,0%	95,0%	114,00 kgODM/t	120 g/kgDM	70 g/kgDM	235 g/kgDM	490 g/kgDM	600 l/kgODM	68 % CH <sub>4</sub>
Potato Residue	12,0%	94,0%	112,80 kgODM/t	30 g/kgDM	3 g/kgDM	92 g/kgDM	815 g/kgDM	630 l/kgODM	57 % CH <sub>4</sub>
Root Vegetable	11,0%	88,0%	96,80 kgODM/t	95 g/kgDM	15 g/kgDM	95 g/kgDM	675 g/kgDM	590 l/kgODM	58 % CH <sub>4</sub>
Fruit Presscake									
Citrus Fruits	14,5%	93,0%	134,85 kgODM/t	224 g/kgDM	14 g/kgDM	70 g/kgDM	622 g/kgDM	520 l/kgODM	58 % CH <sub>4</sub>

The figures of ingredients, DM and ODM which are relevant for the calculation of the Biogas yield are based on official feed composition table like DLG o

## **ZIEL - Die abfalllose, bzw. energieautarke Brauerei**

**Produktionsreststoffe, die bei der Herstellung von Bier oder anderer Getränke anfallen sind kein Abfall, sondern wahre Wertstoffe.**

**Energiemanagement als Kernkompetenz eines Getränkeproduktionsunternehmens**

**Im Prinzip sind sämtliche organischen Stoffe energetisch nutzbar.  
Reststoffe sind Wertstoffe, kein Abfall!**

**Es muss nur die jeweils richtige und „passende“ Technik angewandt werden um den besten Erfolg zu erzielen.**

**Selbstverständlich ist auch die Verwendung von Treber oder Altheife als Futtermittel eine energetisch Nutzung ..... nur eben nicht im Produktionskreislauf des Betriebes.**

**Die Entscheidung darüber, wie mit den Reststoffen umgegangen wird, sollte betriebswirtschaftlich mit dem strategischen Hintergrund der Nachhaltigkeit und der Zukunftssicherung des Betriebes getroffen werden.**

**Gesamtkonzeptionelle, keine insuläre Betrachtung wesentlich;**

**Schritte: Istanalyse - Machbarkeitsstudie – Vorplanung – Realisierung – Soll-Ist-Abgleich**

Typische Brauereireststoffe	Bandbreite nach Literaturquellen und eigener Erfahrung *)			
Naßtreber (1 to TS = 500 l Heizöl!!)	von	18,00 kg/hl	bis	21,00 kg/hl
Heißtrub	von	0,40 kg/hl	bis	2,00 kg/hl
Kühltrub	von	0,10 kg/hl	bis	0,30 kg/hl
Altheffe	von	1,00 kg/hl	bis	1,50 kg/hl
Gelägerhefe	von	0,50 kg/hl	bis	1,00 kg/hl
Kieselgur	von	0,40 kg/hl	bis	1,10 kg/hl
Zentrifugat (falls vorhanden)	von	0,20 kg/hl	bis	0,40 kg/hl
Rest- und Rückbier	von	0,40 kg/hl	bis	0,70 kg/hl
Bierverluste	von	2,50 kg/hl	bis	4,50 kg/hl
Malzabputz	von	0,05 kg/hl	bis	0,25 kg/hl
Überschussschlamm aus betriebseigener Kläranlage	von	0,50 kg/hl	bis	3,30 kg/hl
Sonstiges (z.B. Etiketten)	von	0,15 kg/hl	bis	0,30 kg/hl
<b>Gesamt mengen:</b>	<b>von</b>	<b>24,20 kg/hl</b>	<b>bis</b>	<b>36,35 kg/hl</b>

\*)  
**Je nachdem, wie groß die Brauerei ist, wie sauber sie arbeitet und welche Verfahren zum Einsatz kommen (Sudhaus, Keller, Filtration, Hefemanagement, Abfüllung, etc.) und bei welcher Produktpalette (Biersorten, AFG Anteil, etc.) vorliegt, sind die spezifischen Reststoffanteile verschieden.**

**Für eine seriöse Bewertung ist es deshalb unerlässlich, jede Brauerei für sich zu untersuchen und zu betrachten.**

## Wie können die Produktionsreste energetisch genutzt werden?

Bei der Energieerzeugung spielen wohl nur zwei Verfahren eine Rolle:

- die Erzeugung von Biogas,
- die Verbrennung:

Die Brauereiabfälle sind wegen des sehr hohen Wassergehaltes eher für die Biogaserzeugung prädestiniert. Allerdings ist der relativ hohe Rohfaseranteil derzeit nur mit hohem Aufwand vergärbar.

Die erreichbaren Abbaugrade der zugeführten Organik liegen noch bei 80 – 85 %, es wird jedoch ein anaerober Abbaugrad von bis zu 95 % angestrebt.

Bei der Verbrennung von Biomasse kann die Organik zur Gänze energetisch umgesetzt werden.

Bei den Brauereiresten muss allerdings vor der Verbrennung 80 bis 85 % Wasser abgetrennt werden. In der Energiebilanz zeigt sich, dass mehr als die Hälfte der verfügbaren Energie für den eigenen Prozess verbraucht wird.

Unter bestimmten Voraussetzung kann auch die Kombination beider Methoden zum Erfolg führen. Vergärung der flüssigen Phase und Feuerung der Feststoffe. Die Trocknungsenergie wäre in diesem Fall nur noch ein Viertel.

Sehr interessant kann auch die Entwässerung von Biertreber sein; den entwässerten Treber weiter verkaufen und die abgetrennte Flüssigkeit zusammen mit anderen (flüssigen) organischen Reststoffen vergären.

## Nutzung von Biogas

**Das Biogas kann im Prinzip wie Erdgas, bzw. anstelle von Erdgas im Kessel verfeuert werden.**

**Voraussetzung dafür ist eine möglichst hohe Deckungsgleichheit der Produktion in der Brauerei und der Biogaserzeugung.**

**Das Biogas kann auch sehr gut mittels BHKW verstromt werden.**

**Vor allem dann, wenn das Biogas auch außerhalb der Produktionszeit anfällt.**

**Die elektrischen Wirkungsgrade liegen je nach Maschine und Biogasqualität zwischen 35 und 40 %.**

**Der thermische Wirkungsgrad dementsprechend zwischen 40 und 50 %.**

**Ein Manko des BHKW Betriebes ist, dass die Abwärme bei einem üblichen Gasmotor nur mit einem Temperaturniveau von 85 bis 95 °C zur Verfügung steht.**

**Allerdings ist bei größeren Motoren die Abgaswärme auskoppelbar und somit kann etwa 40 bis 45 % der Wärmeenergie als Niederdruckdampf (3 bar) nutzbar gemacht werden.**

**Die Stromerzeugung kann vor allem mit dem neuen EEG (Erneuerbare Energie Gesetz) interessant sein. Für den Stromanteil, welcher auf die genutzte Wärme entfällt, gibt es zusätzlich zur Grundvergütung einen KWK Bonus in Höhe von 3 ct. €/kWh.**

# Vergleich verschiedener Verwertungswege von Biertreber und typischer Produktionsreste,

am Beispiel einer fiktiven 500.000 hl Brauerei.

## Übersicht der anfallenden Reststoffe

Kunde / Projekt: Musterbrauerei

Projekt Nr.:

Version: Durchschnittswerte für Brauereireststoffe

Kalkuliert von: A. Gleixner

Datum: 05.03.2008

Produktionstage: 250 d/a

Bierausstoß	500.000 hl/a		TS		OTS		Anteil i. Maische
1. Naßtreber	9.000 t/a	18,00 kg/hl	20,00 %	1.800,000 t TS/a	95,00 %	1.710,000 t OTS/a	56,64 %
2. Heißtrub	900 t/a	1,80 kg/hl	4,00 %	36,000 t TS/a	87,00 %	31,320 t OTS/a	5,66 %
3. Kühltrub	300 t/a	0,60 kg/hl	4,00 %	12,000 t TS/a	87,00 %	10,440 t OTS/a	1,89 %
4. Altheffe	1.200 t/a	2,40 kg/hl	15,00 %	180,000 t TS/a	92,00 %	165,600 t OTS/a	7,55 %
5. Gelägerhefe	1.500 t/a	3,00 kg/hl	10,00 %	150,000 t TS/a	92,00 %	138,000 t OTS/a	9,44 %
6. Zentrifugat	250 t/a	0,50 kg/hl	4,00 %	10,000 t TS/a	87,00 %	8,700 t OTS/a	1,57 %
7. Kieselgur	100 t/a	0,20 kg/hl	30,00 %	30,000 t TS/a	10,00 %	3,000 t OTS/a	0,63 %
8. Rest- und Rückbier *)	40 t/a	0,08 kg/hl	10,00 %	4,000 t TS/a	78,00 %	3,120 t OTS/a	0,25 %
9. Bierverluste *)	2.500 t/a	5,00 kg/hl	10,00 %	250,000 t TS/a	78,00 %	195,000 t OTS/a	15,73 %
10. Malzabputz	100 t/a	0,20 kg/hl	95,00 %	95,000 t TS/a	95,00 %	90,250 t OTS/a	0,63 %
11. Überschussschlamm aus Kläranlage	0 t/a	0,00 kg/hl	3,50 %	0,000 t TS/a	55,00 %	0,000 t OTS/a	0,00 %
12.							
<b>Gesamt mengen:</b>	<b>15.890 t/a</b>	<b>31,78 kg/hl</b>	<b>16,15 %</b>	<b>2.567,000 t TS/a</b>	<b>91,76 %</b>	<b>2.355,430 t OTS/a</b>	<b>100,00 %</b>

\*) Beim Bier wurde die gelöste Organik (CSB) als TS abgeschätzt, tatsächlich beinhaltet Bier nur < 4 % TS (ungelöste Organik)

<b>Bierproduktion:</b>	500.000 hl/a			
<b>Frischtrebermenge</b>	9.000 t/a	mit 20,0 % TS	= 1.800,0 t TS/a	
<b>derzeitiger Marktpreis als Futtermittel:</b>	12,00 €/t Frischtreber	=	108.000,00 €/a	<b>Verkaufserlös für</b>
umgerechnet pro t TS	60,00 €/t TS			

## 1. Trebererlös vs. Energieertrag aus Presssaftvergärung (nach Separation)

<b>Feststoff</b> (50% v. Frischtreber):	4.500 t/a	mit 33,4 % TS	= 1.503,0 t TS/a	
theoretischer Preis, bezogen auf TS	60,00 €/t TS		90.180,00 €/a	
Sicherheitsabschlag wegen weniger Protein		20,00 % =	<b>72.144,00 €/a</b>	<b>Verkaufserlös für</b>
<b>Presssaft</b> (50% v. Frischtreber):	4.500 t/a	mit 6,5 % TS	= 292,5 t TS/a	( 297,0 Kontrollzahl)
		und 95,0 % OTS	= 277,9 t OTS/a	
Gewinnbares Biogas aus Presssaft	680 m <sup>3</sup> /tOTS	188.955 m <sup>3</sup> /a		
mit einem Methangehalt von 68,00 %		entspricht ca. 6,80 kWh/m <sup>3</sup>	1.284.894 kWh/a	
Gegenwert in Bezug auf Erdgas	0,40 €/m <sup>3</sup>	0,04 €/kWh	<b>51.395,76 €/a</b>	<b>Erdgaswert</b>
abzüglich Eigenenergie der Biogasanlage	10,0 % der erzeugbaren Energie		-5.139,58 €/a	
			<b>46.256,18 €/a</b>	<b>Erdgasverkaufswert</b>

**1.1 Erlöse aus Feststoffverkauf und Erdgasequivalent** **118.400,18 €/a** (+ 10.400,18 €/a gegen

<b>Verstromt</b> in BHKW, mit den Wirkungsgraden	38,00 % el.	488.260 kWh/a	(90 kW el)
	41,00 % th.	526.807 kWh/a	
Niederdruckdampfanteil:	42,00 % v. th.	221.259 kWh/a	
<b>Stromtarif (Substitution oder Einspeisung)</b>	<b>0,10 €/kWh</b>	<b>48.825,97 €/a</b>	
Vergleichbarer Erdgaspreis	0,40 €/m <sup>3</sup>		
Wärmewert:	0,04 €/kWh	<b>8.850,35 €/a</b>	
Wärmenutzung (alles oder ND-Dampf)	ND-Dampf	<b>57.676,32 €/a</b>	<b>Strom- und Wärm</b>
abzüglich Eigenenergie der Biogasanlage	10,0 % der erzeugbaren Energie	-5.767,63 €/a	
		<b>51.908,69 €/a</b>	<b>Strom- und Wärm</b>

**1.2 Erlöse aus Feststoffverkauf und BHKW Betrieb** **124.052,69 €/a** (+ 16.052,69 €/a gegen

## 2. Trebererlös vs. Energieertrag aus Kompletvergärung nur vom Treber

<b><u>Gesamte Trebermenge, nicht separiert,</u></b>	9.000 t/a	mit 20,0 %TS	= 1.800,0 t TS/a	
		und 95,0 %OTS	= 1.710,0 t OTS/a	
Gewinnbares Biogas aus Nasstreber	593 m³/tOTS	1.014.109 m³/a		
mit einem Methangehalt von 69,4 %		entspricht ca. 6,94 kWh/m³	7.032.907 kWh/a	
Gegenwert in Bezug auf Erdgas	0,40 €/m³	0,04 €/kWh	<b>281.316,29 €a</b>	<b>Erdgaswert</b>
abzüglich Eigenenergie der Biogasanlage	10,0 % der erzeugbaren Energie		-28.131,63 €/a	
			<b>253.184,66 €a</b>	<b>Erdgasverkaufswert</b>
			<b>253.184,66 €a</b>	(+ 118.184,66 €/a gegenüber Treberverkauf)

### 2.1 Erlöse aus Erdgasäquivalent

Verstromt in BHKW, mit den Wirkungsgraden	38,00 %el.	2.672.505 kWh/a	(470 kWel)
	41,00 %el.	2.883.492 kWh/a	
Niederdruckdampfanteil:	42,00 %el.	1.211.067 kWh/a	
Stromtarif (Substitution oder Einspeisung)	0,10 €/kWh	<b>267.250,47 €a</b>	
Vergleichbarer Erdgaspreis	0,40 €/m³		
Wärmewert:	0,04 €/kWh	<b>48.442,66 €a</b>	
Wärmenutzung (alles oder ND-Dampf)	ND-Dampf	<b>315.693,14 €a</b>	<b>Strom- und Wärmewert</b>
abzüglich Eigenenergie der Biogasanlage	10,0 % der erzeugbaren Energie	-31.569,31 €/a	
		<b>284.123,82 €a</b>	<b>Strom- und Wärmeverkaufswert</b>

### 2.2 Erlöse aus BHKW Betrieb

**284.123,82 €a** (+ 149.123,82 €/a gegenüber Treberverkauf)

## 3. Trebererlös vs. Energieertrag aus Kompletvergärung von Treber und zusätzlicher Brauereireststoffe

**Gesamte Reststoffmenge** (gemäß Reststofftabelle) 15.890 t/a mit 16,2 %TS und 91,8 %OTS = 2.567,0 t TS/a = 2.355,4 t OTS/a

Gewinnbares Biogas aus Reststoffen mit einem Methangehalt von 69,0 %  
 Gegenwert in Bezug auf Erdgas abzüglich Eigenenergie der Biogasanlage

570 m³/tOTS 1.415.854 m³/a entspricht ca. 6,90 kWh/m³  
 0,40 €/m³ 0,04 €/kWh  
 10,0 % der erzeugbaren Energie

9.773.547 kWh/a  
**390.941,87 €/a Erdgaswert**  
 -39.094,19 €/a  
**351.847,68 €/a Erdgasverkaufswert**

### 3.1 Erlöse aus Erdgasäquivalent

**351.847,68 €/a** (+ 216.847,68 €/a gegenüber Treberverkauf)

Verstromt in BHKW, mit den Wirkungsgraden  
 38,00 %el.  
 41,00 %el.  
 Niederdruckdampfanteil: 42,00 %el.

3.713.948 kWh/a (650 kWel)  
 4.007.154 kWh/a  
 1.683.005 kWh/a

Stromtarif (Substitution oder Einspeisung) 0,10 €/kWh  
 Vergleichbarer Erdgaspreis 0,40 €/m³  
 Wärmewert: 0,04 €/kWh  
 Wärmenutzung (alles oder ND-Dampf) ND-Dampf  
 abzüglich Eigenenergie der Biogasanlage 10,0 % der erzeugbaren Energie

**371.394,77 €/a**  
**67.320,19 €/a**  
**438.714,96 €/a Strom- und Wärmewert**  
 -43.871,50 €/a  
**394.843,47 €/a Strom- und Wärmeverkaufswert**

### 3.2 Erlöse aus BHKW Betrieb

**394.843,47 €/a** (+ 259.843,47 €/a gegenüber Treberverkauf)

### 3.3 Zusätzliche Gewinne durch vermiedene Kosten:

**56.750,00 €/a vermiedene Kosten für Entsorgung**

	Entsorgungskosten			Entsorgungskosten	
Heißtrub	15,00 €/t	13.500,00 €/a	Kieselgur	350,00 €/t	35.000,00 €/a
Kühltrub	15,00 €/t	4.500,00 €/a	Rest- und Rückbier *)	2,50 €/t	100,00 €/a
Althefer	0,00 €/t	0,00 €/a	Bierverluste *)	2,50 €/t	6.250,00 €/a
Gelägerhefe	0,00 €/t	0,00 €/a	Malzabputz	-10,00 €/t	-1.000,00 €/a
Zentrifugat	15,00 €/t	3.750,00 €/a	Überschußschlamm aus Kläranlage		0,00 €/a

# ERGEBNIS

- Nachhaltiges Energiemanagement ist zentraler Teil einer Brauerei vor dem Hintergrund sich neigender Ressourcen und steigender Preise fossiler Brennstoffe
- Solarthermie, Photovoltaik noch nicht wirtschaftlich und technisch bewährt
- Biomassekraftwerk in Einzelfällen machbar
- Biogasanlage (ggf. in Kombination mit Treberverbrennung und Pressung) als derzeit „machbarste“ Alternative