

bioenergie.fnr.de

BASISDATEN BIOENERGIE DEUTSCHLAND 2017



FESTBRENNSTOFFE
BIOKRAFTSTOFFE
BIOGAS

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

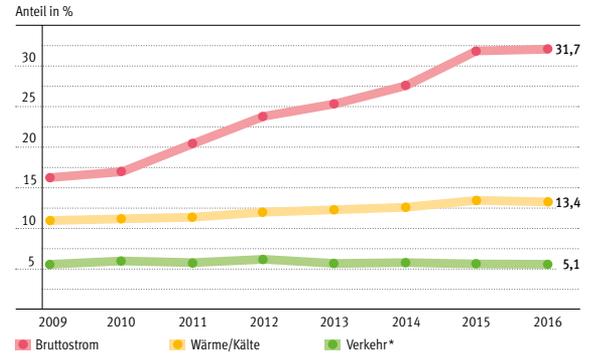
ERNEUERBARE ENERGIEN (BIOENERGIE)

Ziele der Bundesregierung für erneuerbare Energien

Anteil am	2016	Ziele 2020
Primärenergieverbrauch	12,6 %	18 %
Stromverbrauch	31,7 %	mind. 35 %
Endenergieverbrauch Wärme und Kälte	13,4 %	14 %
Endenergieverbrauch Verkehr	Verkehr (inkl. Strom) 5,1 %	6 % THG-Einsparung im Verkehrssektor durch Biokraftstoffe

Quelle: FNR nach AGEE-Stat (Februar 2017)

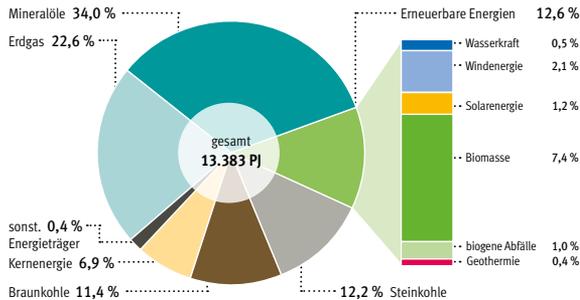
Entwicklung erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch 2016



Quelle: BMWi, AGEE-Stat (Februar 2017)

*ohne die Bereiche Landwirtschaft, Bau, Militär, inkl. Bahn
© FNR 2017

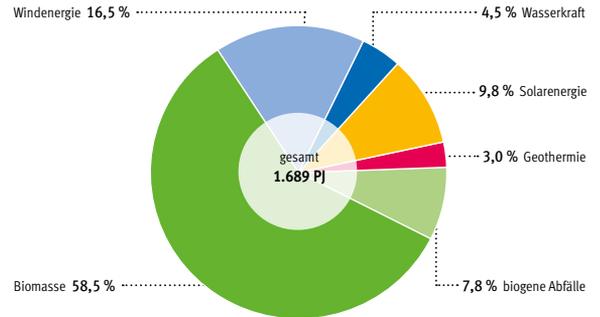
Primärenergieverbrauch 2016



Quelle: FNR nach ZSW/AGEB (Januar 2017)

© FNR 2017

Primärenergieverbrauch erneuerbarer Energieträger 2016

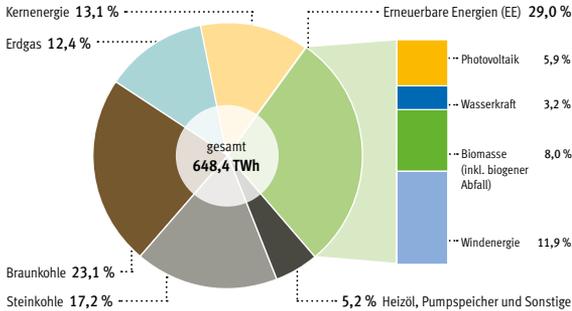


Quelle: FNR nach ZSW/AGEB (Januar 2017)

© FNR 2017

Brutto-Stromerzeugung 2016

Bruttostromerzeugung 2016: 648,4 Mrd. kWh (648,4 TWh) – Anteil EE: 29,0 %
 Bruttostromverbrauch 2016: 594,7 Mrd. kWh (594,7 TWh) – Anteil EE: 31,7 %
 (Differenz: Stromexport-Saldo 2016 von 53,7 TWh)

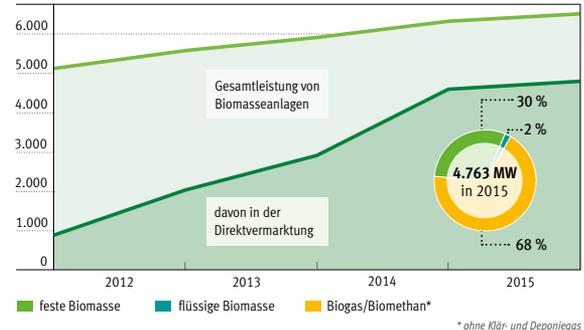


Quelle: FNR nach AGEB (Februar 2017)

© FNR 2017

Direktvermarktung von Strom aus Biomasse

installierte elektrische Leistung (MW)



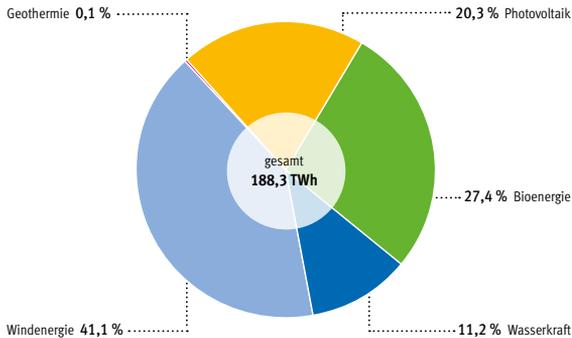
* ohne Klär- und Deponiegas

Quelle: Fraunhofer IWES, www.netztransparenz.de, AGEE-Stat (2016)

© FNR 2016

Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien 2016

Anteil Bioenergie 27,4 %

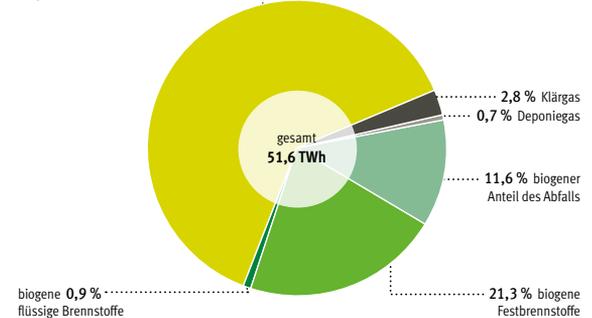


Quelle: BMWi, AGEE-Stat (Februar 2017)

© FNR 2017

Stromerzeugung aus Biomasse 2016

Biogas 62,7 %

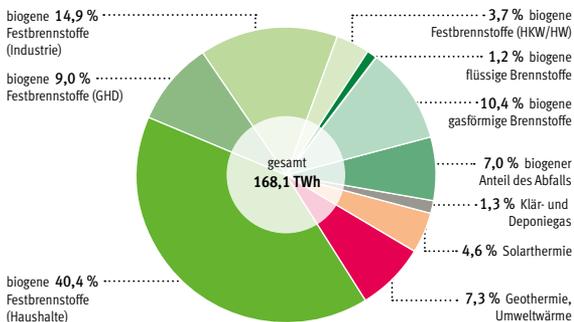


Quelle: BMWi, AGEE-Stat (Februar 2017)

© FNR 2017

Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien

Anteil Bioenergie 88,1 % – entspricht ca. 13,4 % an der gesamten Wärmebereitstellung



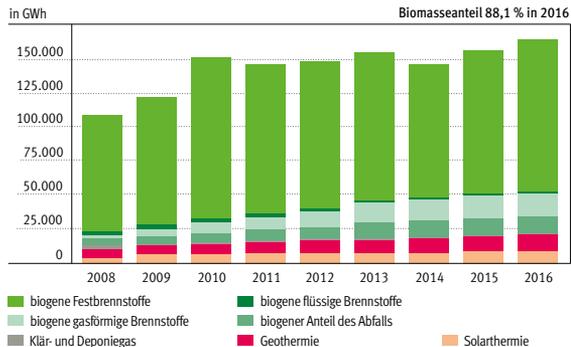
HKW/HW = Heizkraftwerke/Heizwerke, GHD = Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

Quelle: BMWi, AGEE-Stat (Februar 2017)

© FNR 2017

Entwicklung Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien

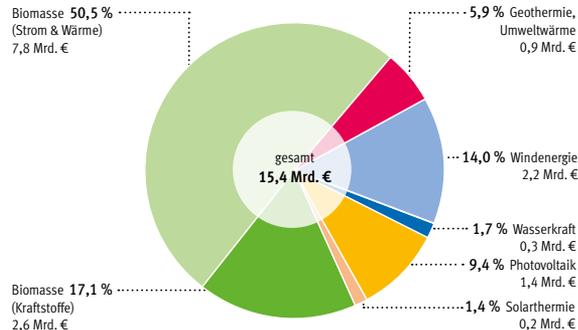
168 TWh in 2016 – davon 88,1 % bzw. 148 TWh aus Biomasse



Quelle: BMWi, AGEE-Stat (Februar 2017)

© FNR 2017

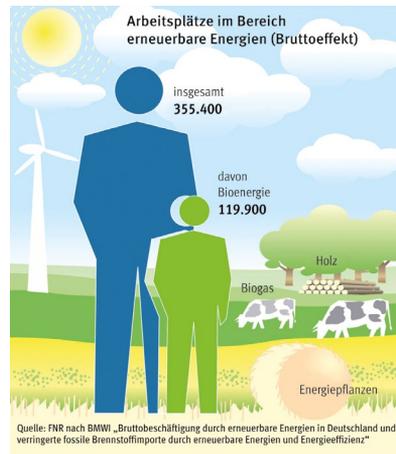
Wirtschaftliche Impulse aus dem Betrieb von Erneuerbare-Energien-Anlagen 2016



Quelle: BMWi, AGEE-Stat (Februar 2017)

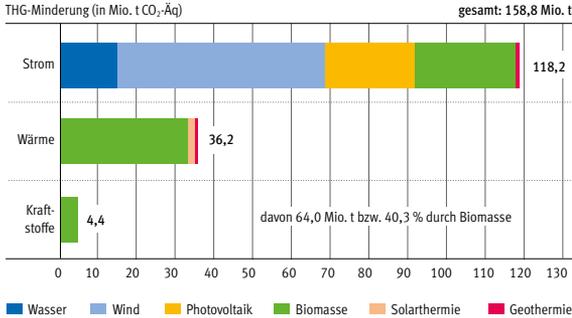
© FNR 2017

Wirtschaftsfaktor Bioenergie



Reduktion Treibhausgas-Emissionen durch erneuerbare Energien 2016

THG-Vermeidung gesamt: 158,8 Mio. t – durch Biomasse 64,0 Mio. t bzw. ca. 40,3 %



THG: Treibhausgas

Quelle: BMWi, AGEE-Stat (Februar 2017)

© FNR 2017

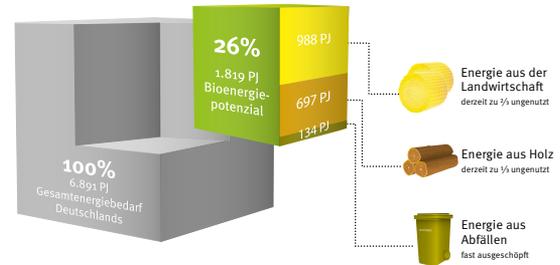
Treibhausgase (THG) in CO₂-Äquivalent beinhalten CO₂, CH₄ und N₂O.

THG-Vermeidung durch Bioenergie 2016

	THG Vermeidung in 1.000 t CO ₂ -Äq			
	Strom	Wärme	Kraftstoffe	gesamt
festen Bioenergeträger	12.036	28.796	k. A.	40.832
flüssige Bioenergeträger	246	359	4.277	4.882
Biogas	14.504	3.674	92	18.270
gesamt	26.786	32.829	4.369	63.984

Quelle: FNR nach AGEE-Stat (Februar 2017)

Einheimische Bioenergie: Was kann sie 2050 leisten?



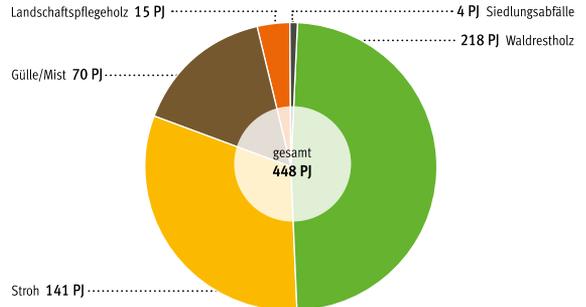
Zahlen gerundet

Quelle: FNR

© FNR 2016

Einheimische Biomasse trägt in Deutschland zukünftig maßgeblich zur Energieversorgung bei. Bis zu 26 % des Bedarfs an Wärme, Strom und Kraftstoffen kann sie 2050 decken. Energie aus der Landwirtschaft, aus Holz sowie aus Abfällen bieten das Potenzial, einen erheblichen Teil unserer Energie nachhaltig zu erzeugen.

Ungenutzte Potenziale biogener Rest- und Abfallstoffe

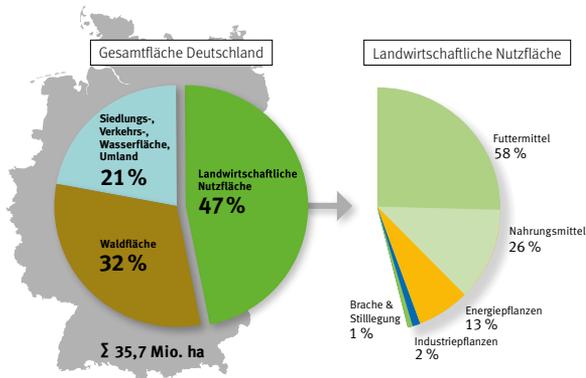


Quelle: DBFZ (2015)

© FNR 2015

FLÄCHENNUTZUNG

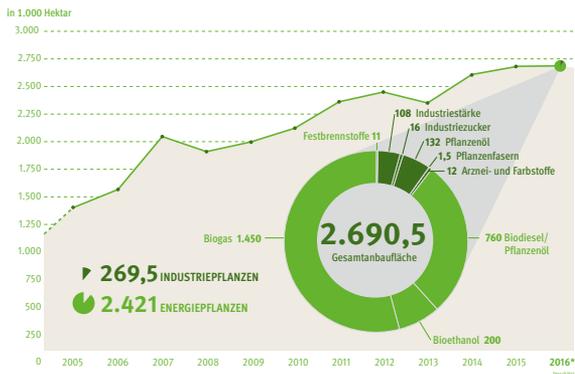
Flächennutzung in Deutschland



Quelle: FNR nach Statistischem Bundesamt, BMEL (2015)

© FNR 2016

Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland



Quelle: FNR (2017)

© FNR 2017

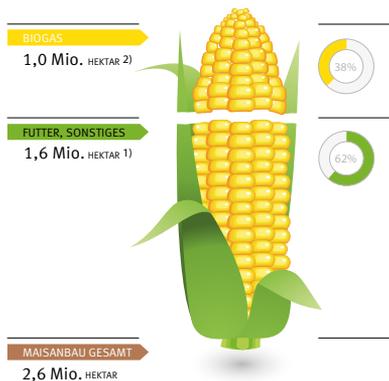
Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland für die Jahre 2015/2016 (in Hektar)

Pflanzen	Rohstoff	2014	2015*	2016**
Industriepflanzen	Industriestärke	106.000	108.500	108.000
	Industriezucker	12.500	15.000	16.000
	technisches Rapsöl	115.500	129.000	122.500
	technisches Sonnenblumenöl	6.000	6.500	6.000
	technisches Leinöl	3.500	3.500	3.500
	Pflanzenfasern	1.000	1.500	1.500
	Arznei- und Farbstoffe	12.000	12.000	12.000
Summe Industriepflanzen		256.500	276.000	269.500
Energiepflanzen	Rapsöl für Biodiesel/Pflanzenöl	798.500	800.000	760.000
	Pflanzen für Bioethanol	188.000	200.000	200.000
	Pflanzen für Biogas	1.353.500	1.400.000	1.450.000
	Pflanzen für Festbrennstoffe (u. a. Agrarholz, Miscanthus)	10.500	11.000	11.000
	Summe Energiepflanzen	2.350.500	2.411.000	2.421.000
Gesamtanbaufläche NawaRo		2.607.000	2.687.000	2.690.500

Quelle: FNR (2017)

*vorläufige Werte; **geschätzte Werte

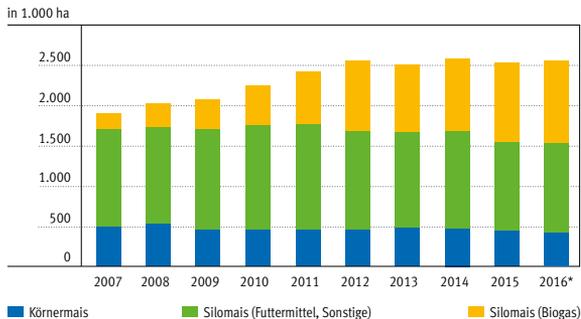
Maisanbau (Anbaujahr 2016)



Quelle: 1) Statistisches Bundesamt (2017), 2) DMK/FNR e.V.

© FNR 2017

Entwicklung der Maisanbaufläche

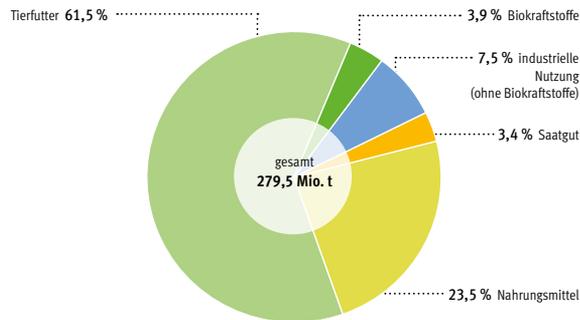


* Prognose

Quelle: FNR nach Stat. Bundesamt, DMK, BD9e, BLE, VDGS

© FNR 2017

Verwendung von Getreide in der EU-28 (2014/15)

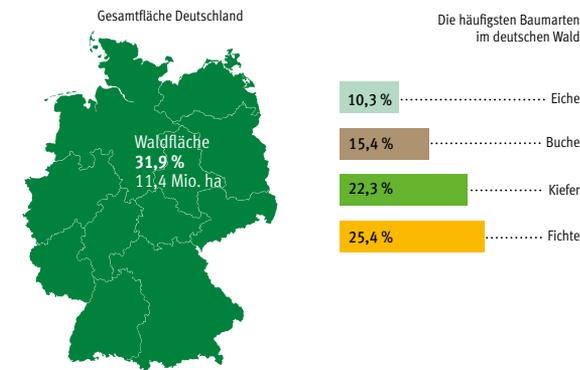


(Getreideanbaufläche in der EU 58,1 Mio. ha)

Quelle: EU-Kommission (2015)

© FNR 2015

Deutscher Wald in Zahlen

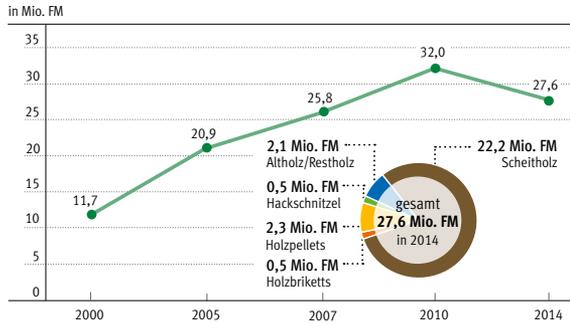


Quelle: BMEL (2014)

© FNR 2015

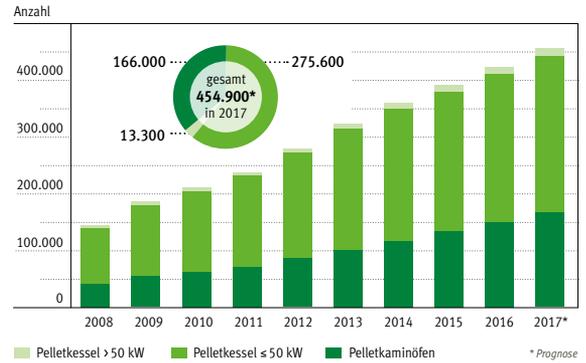
FESTBRENNSTOFFE

Energieholzeinsatz in privaten Haushalten



Quelle: P. Döring, S. Glasenapp, U. Mantau: „Energieholzverwendung in privaten Haushalten 2014“ (2016) © FNR 2016

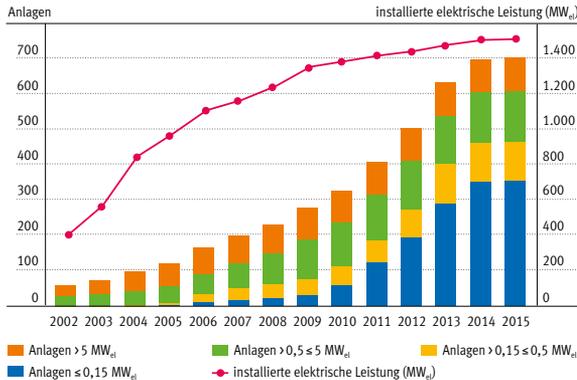
Pelletheizungen in Deutschland



Quelle: Deutsches Pelletinstitut (Februar 2017)

© FNR 2017

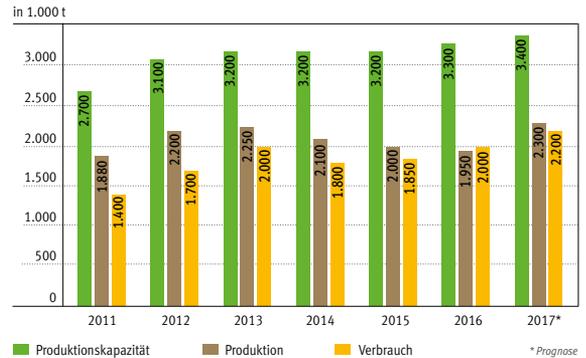
Anlagenbestand und installierte elektrische Leistung von Biomasse(heiz)kraftwerken



Quelle: DBFZ (2017) auf Basis EEG-Monitoring

© FNR 2017

Holzpellets – Produktion und Verbrauch



Quelle: Deutsches Pelletinstitut (2017)

© FNR 2017

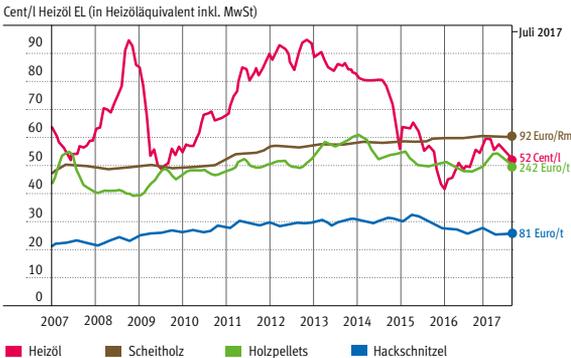
Heizwertbezogene Äquivalentpreise von Holzbrennstoffen

Heizöl in €/Liter	Holzpellets (w < 10 %) in €/t	Scheitholz Buche (w = 15 %) in €/Rm	Hackgut Fichte (w = 30 %) in €/Srm
0,4	200	76	30
0,5	250	95	37
0,6	300	114	45
0,7	350	133	52
0,8	400	152	60
0,9	450	172	76
1,0	500	191	75
1,1	550	210	82
1,2	600	229	89

Quelle: FNR (2016)

Die Brennstoffpreise werden mit Bezug auf den unteren Heizwert verglichen.

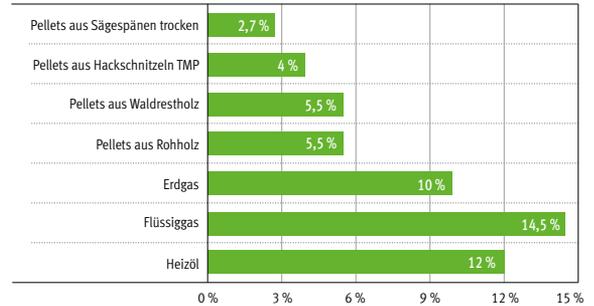
Energiepreisentwicklung



© FNR 2017

Energieaufwand zur Herstellung von Brennstoffen

Energieaufwand bezogen auf den Brennwert



TMP: Thermo-Mechanical-Pulping

Quelle: DEPI, H. Schellinger, J. Bergmair (TU Graz)

© FNR 2011

Normung fester Biobrennstoffe

Brennstoffspezifikationen und -klassen

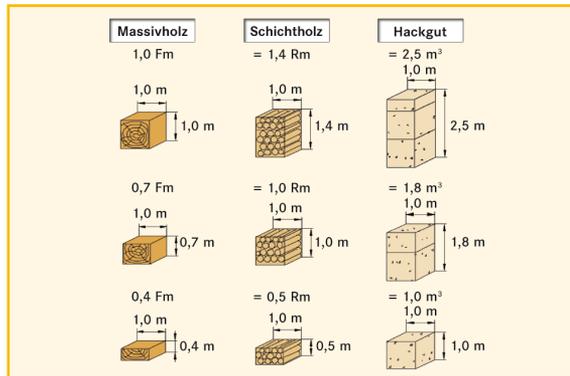
Brennstoff	Norm
allgemeine Anforderungen	DIN EN ISO 17225-1:2014-09
Holzpellets	DIN EN ISO 17225-2:2014-09
Holzbriketts	DIN EN ISO 17225-3:2014-09
Holz hackschnitzel	DIN EN ISO 17225-4:2014-09
Stückholz	DIN EN ISO 17225-5:2014-09
nicht-holzartige Pellets*	DIN EN ISO 17225-6:2014-09

Quelle: Beuth Verlag

* halmgutartige Biomasse; Biomasse von Früchten; definierte und undefinierte Mischungen von Biomasse

Allgemeine Umrechnungsfaktoren für Holzengen (Faustzahlen)

	t_{atro}	Fm	Rm	Srm
1 t_{atro}	1,0	1,3–2,5	2,9	4,9
1 Fm	0,4–0,7	1,0	1,4	2,5
1 Rm	0,3	0,7	1,0	1,8
1 Srm	0,2	0,4	0,5	1,0



Anmerkung

Die unbemaßte Kantenlänge beträgt jeweils 1 m.

Abkürzungen

atro: absolut trocken (0 % Wassergehalt)

Fm: (Festmeter) In der Forst- und Holzwirtschaft übliche Benennung für 1 m³ Holz ohne Zwischenräume.

Rm: (Raummeter) In der Forst- und Holzwirtschaft übliche Benennung für 1 m³ geschichtetes Holz unter Einschluss der Luftzwischenräume.

Srm: (Schüttraummeter oder -kubikmeter) Raummeter geschütteter Holzteile (z. B. Hackgut, Schüttgut).

Quelle: Handbuch Bioenergie Kleinanlagen, FNR (2013) und eigene Berechnungen

Berechnung des Wassergehalts und der Holzfeuchte

$$\text{Wassergehalt } w [\%] = \frac{\text{Gewicht des Wassers [kg]}}{\text{Gewicht des feuchten Holzes [kg]}} \cdot 100$$

$$\text{Holzfeuchte } u [\%] = \frac{\text{Gewicht des Wassers [kg]}}{\text{Gewicht des trockenen Holzes [kg]}} \cdot 100$$

Wassergehalt in %	10	15	20	25	30	40	50
Holzfeuchte in %	11	18	25	33	43	67	100

Berechnung des Heizwertes der feuchten Gesamtsubstanz

$$H_i(w) = \frac{H_i(wf) \cdot (100 - w) - 2,44 \cdot w}{100}$$

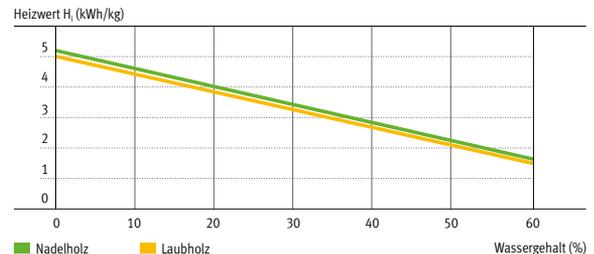
$H_i(w)$: Heizwert des Holzes (in MJ/kg) bei einem Wassergehalt w

$H_i(wf)$: Heizwert der Holzrockensubstanz in MJ/kg im „wasserfreien“ Zustand

2,44: Verdampfungswärme des Wassers in MJ/kg bezogen auf 25 °C

w : Wassergehalt in %

Heizwert von Holz in Abhängigkeit vom Wassergehalt



Quelle: Bayerisches Landesanstalt für Forstwirtschaft (Merkblatt 12)

© FNR 2013

Typische Massen- und Energieerträge in der Land- und Forstwirtschaft

	Massenertrag (w = 15 %) in t/(ha · a)	Mittlerer Heizwert H _i (w = 15 %) in MJ/kg	Brutto- jahresbrenn- stoffertrag in GJ/(ha · a)	Heizöl- äquivalent in l/(ha · a)
Reststoffe				
Waldrestholz	1,0	15,6	15,6	433
Getreidestroh	6,0	14,3	85,8	2.383
Rapsstroh	4,5	14,2	63,9	1.775
Landschafts- pflegeheu	4,5	14,4	64,8	1.800
Energiepflanzen				
Kurzumtriebs- plantagen	12,0	15,4	185,0	5.133
Getreideganz- pflanzen	13,0	14,1	183,0	5.092
Futtergräser	8,0	13,6	109,0	3.022
Miscanthus	15,0	14,6	219,0	6.083

Quelle: Leitfaden Feste Biobrennstoffe, FNR (2014)

Biobrennstoffe im Vergleich zu Heizöl

Heizwerte und Dichte ausgewählter Brennstoffe im Vergleich

Brennstoff	Dichte	Energiegehalt in		Öläquivalent in	
		kWh/kg	kWh/l	l/l _{OE}	kg/kg _{OE}
Heizöl	0,85 kg/l	11,83	10,06	1,00	0,98
Rapsöl	0,92 kg/l	10,44	9,61	1,04	1,14
Steinkohle (w = 5,1 %)	860 kg/m ³	8,25	7,10	1,40	1,21
Ethanol	0,79 kg/l	7,41	5,85	1,70	1,35
Holzpellets (w = 10 %)	664 kg/m ³	5,00	3,32	3,00	1,99
Strohpellets (w = 10 %)	603 kg/m ³	4,90	2,95	3,37	2,03
Buche Scheitholz 33 cm (w = 15 %)	445 kg/Rm	4,15	1,85	5,40	2,40
Fichte Scheitholz 33 cm (w = 15 %)	304 kg/Rm	4,33	1,32	7,56	2,30
Hackschnitzel Kiefer (w = 15 %)	203 kg/Srm	4,33	0,88	11,33	2,30
Sägemehl Fichte (w = 15 %)	160 kg/m ³	4,33	0,69	14,37	2,30
Getreide Ganzpflanze (w = 15 %)	150 kg/m ³	3,92	0,59	16,96	2,54
Getreidestroh Großballen (w = 15 %)	140 kg/m ³	3,96	0,55	17,98	2,52
Miscanthus Häckselgut (w = 15 %)	130 kg/m ³	4,07	0,53	18,85	2,45

Quelle: FNR

w: Wassergehalt; l: Liter; Rm: Raummeter; Srm: Schüttraummeter; OE: Öläquivalent

Verbrennungstechnische Daten von festen, flüssigen und gasförmigen Bioenergieträgern

Brennstoff	Menge/ Einheit	Wassergehalt w in %	Masse (inkl. Wasser) in kg	Heizwert (bei w) in MJ/kg	Brennstoffmenge in		
					MJ	kWh	Heizöläquivalent (Liter)
Scheitholz (geschichtet)*							
Buche 33 cm, lufttrocken	1 Rm	15	445	15,3	6.797	1.888	189
Buche 33 cm, angetrocknet	1 Rm	30	495	12,1	6.018	1.672	167
Fichte 33 cm, lufttrocken	1 Rm	15	304	15,6	4.753	1.320	132
Fichte 33 cm, angetrocknet	1 Rm	30	349	12,4	4.339	1.205	121
Holzhackschnitzel*							
Buche, trocken	m ³	15	295	15,3	4.503	1.251	125
Buche, beschränkt lagerfähig	m ³	30	328	12,1	3.987	1.107	111
Fichte, trocken	m ³	15	194	15,6	3.032	842	84
Fichte, beschränkt lagerfähig	m ³	30	223	12,4	2.768	769	77
Pellets							
Holzpellets, nach Volumen	m ³	8	650	17,1	11.115	3.088	309
Holzpellets, nach Gewicht	1 t	8	1.000	17,1	17.101	4.750	475
Brennstoffe nach Gewicht							
Buche, lufttrocken	1 t	15	1.000	15,3	15.274	4.243	424
Buche, angetrocknet	1 t	30	1.000	12,1	12.148	3.374	337
Fichte, lufttrocken	1 t	15	1.000	15,6	15.614	4.337	434
Fichte, angetrocknet	1 t	30	1.000	12,4	12.428	3.452	345
Halmgut (z. B. Stroh)	1 t	15	1.000	14,3	14.254	3.959	396
Biokraftstoffe							
Rapsöl	m ³	< 0,1	920	37,6	34.590	9.609	961
Biodiesel (Rapsölmethylester)	m ³	< 0,03	880	37,1	32.650	9.093	909
Biogas	m ³	2–7	1,2	15–22,5	18–27	5–7,5	0,6

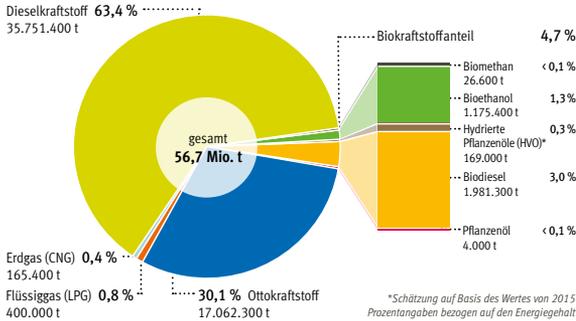
Quelle: Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen, FNR (2013) und eigene Berechnungen

* Die unterhalb der 25 % Wassergehalt eintretende Volumenänderung wurde berücksichtigt.

BIOKRAFTSTOFFE

Kraftstoffverbrauch 2016

Biokraftstoffanteil: 4,7 % (energetisch)

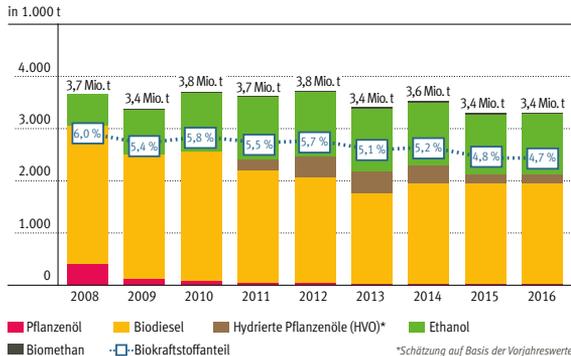


Quelle: FNR nach BAFA, Destatis, DVFG, BDEW, BLE (Juli 2017)

© FNR 2017

In Deutschland wurden 2016 56,7 Mio. Tonnen Kraftstoff im Verkehrssektor verbraucht. Neben Dieselkraftstoff mit 63,4 % und Ottokraftstoff mit 30,1 % lag der Anteil biogener Kraftstoffe bei 4,7 % bzw. 3,4 Mio. Tonnen.

Entwicklung Biokraftstoffe

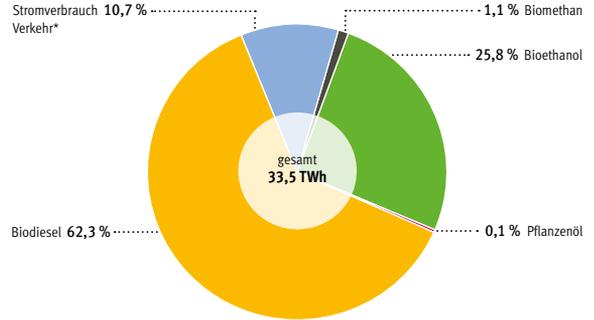


Quelle: BAFA, BMF, AGEE-Stat, FNR (Juli 2017)

© FNR 2017

Erneuerbare Energien im Verkehr 2016

Anteil erneuerbarer Energien 5,1 % (energetisch)



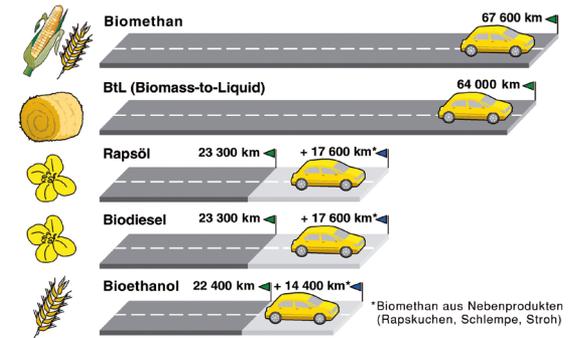
Quelle: FNR nach AGEE-Stat (Februar 2017)

* überwiegend EE-Anteil Bahn

© FNR 2017

Biokraftstoffe im Vergleich

So weit kommt ein Pkw mit Biokraftstoffen von 1 Hektar Anbaufläche.



Pkw Kraftstoffverbrauch: Otto 7,4 l/100 km, Diesel 5,1 l/100 km

Quelle: FNR

© FNR 2011

Biodiesel (Rohstoffe zur Herstellung)

Rohstoffe	Biomasseertrag (FM) [t/ha]	Biodieselertrag		erforderliche Biomasse pro Liter Kraftstoff [kg/l]
		[l/t BM]	[l/ha]	
Rapsöl	3,9	455	1.775	2,2
Palmöl	20,0	222	4.440	4,5
Sojaöl	2,9	222	644	4,5
Jatropha	2,5	244	610	4,1

Quelle: Mea, FNR, Erntebericht des BMEL (2015)

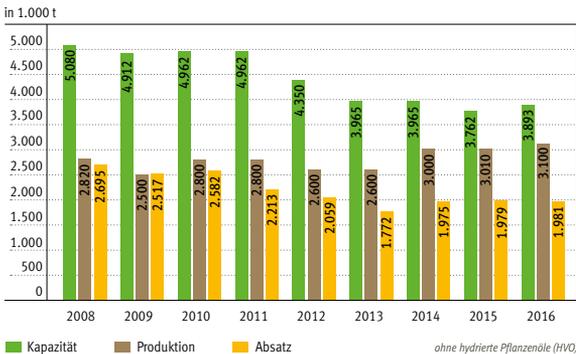
FM: Frischmasse; BM: Biomasse

Biodieselsatz

Absatz in 1.000 Tonnen	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Beimischung	2.116	1.928	1.741	1.970	1.972	1.981
Reinkraftstoffe	97	131	30	5	3	< 1
Absatz gesamt	2.213	2.059	1.772	1.975	1.975	1.981

Quelle: BAFA, BMF, FNR (Juli 2017)

Entwicklung Biodiesel



Quelle: FNR, BLE, BAFA, UFOP, AGQM, VDB (2017)

© FNR 2017

Bioethanol (Rohstoffe zur Herstellung)

Rohstoffe	Biomasseertrag (FM) [t/ha]	Bioethanolertrag		erforderliche Biomasse pro Liter Kraftstoff [kg/l]
		[l/t BM]	[l/ha]	
Körnermais	9,9	400	3.960	2,5
Weizen	7,7	380	2.926	2,6
Roggen	5,4	420	2.268	2,4
Zuckerrüben	70,0	110	7.700	9,1
Zuckerrohr	73,0	88	6.424	11,4
Stroh	7,0	342	2.394	2,9

Quelle: Meo, FNR, BDBe, Erntebericht des BMEL (2015)

FM: Frischmasse; BM: Biomasse

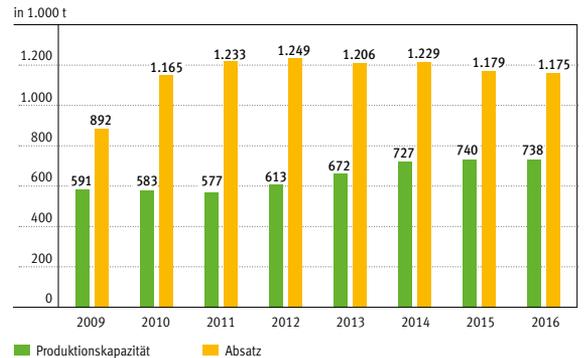
Bioethanolsatz

Absatz in 1.000 Tonnen	2011	2012	2013	2014	2015	2016
E 85 (Ethanolanteil)	19 (16)	21 (17)	14 (11)	10 (8)	7 (6)	k. A.
Ethanol*	1.054	1.090	1.041	1.082	1.054	1.047
ETBE**	162	142	154	139	119	129
Absatz gesamt	1.233	1.249	1.206	1.229	1.179	1.175

Quelle: FNR nach BAFA (Juli 2017)

* als Beimischung zu Ottokraftstoff; ** ETBE: Ethyl-Tertär-Butyl-Ether; Volumenprozentanteil Bioethanol am ETBE = 47 %

Entwicklung Bioethanol



Quelle: BAFA, BDBe (Juli 2017)

© FNR 2017

Pflanzenöle (Kraftstoffeigenschaften)

Pflanzenöl	Dichte (15 °C) in kg/l	Heizwert in MJ/kg	kin. Viskosität (40 °C) in mm ² /s	Stockpunkt in °C	Flammpunkt in °C	Jodzahl
Anforderungen DIN 51605 (Rapsölkraftstoff)	0,910–0,925	mind. 36,0	max. 36,0	k. A.	mind. 101	max. 125
Anforderungen DIN 51623 (Pflanzenölkraftstoff)	0,900–0,930	mind. 36,0	max. 35,0*	k. A.	mind. 101	max. 140
Rapsöl	0,92	37,6	34,0	–2 bis –10	> 220	94 bis 113
Sonnenblumenöl	0,92	37,1	29,5	–16 bis –18	> 220	118 bis 144
Sojaöl	0,92	37,1	30,8	–8 bis –18	> 220	114 bis 138
Oliveneröl	0,92	37,8	k. A.	–5 bis –9	> 220	76 bis 90
Jatrophaöl	0,92	36,8	30,5	2 bis –3	> 220	102
Kokosöl	0,92	35,3	k. A.	14 bis 25	> 220	7 bis 10
Palmöl	0,92	37,0	26,9	27 bis 43	> 220	34 bis 61
Leindotteröl	0,92	37,0	30,2	–11 bis –18	> 220	149 bis 155
Palmkernöl	0,93	35,5	k. A.	20 bis 24	> 220	14 bis 22

Quelle: TFZ, ASG, FNR (2015)

* kinematische Viskosität bei 50 °C

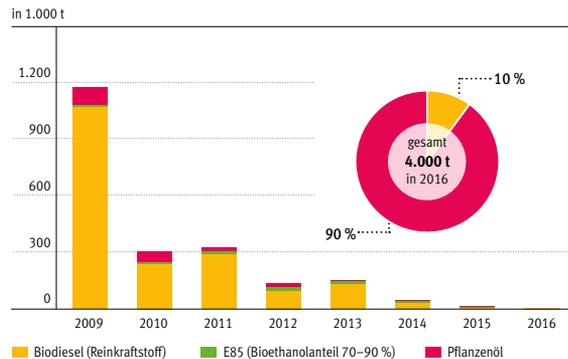
Vergleich (de)zentraler Pflanzenölerzeugung

Ölgewinnung aus 1 t Rapsaat*		dezentral	zentral
Abpressgrad	[%]	80	99
Ölausbeute	[kg/t Saat]	336	416
Ausbeute Rapskuchen	[kg/t Saat]	660	–
Ausbeute Extraktionsschrot	[kg/t Saat]	–	580
Ölertrag	[l/t Saat]	365	452
Ölertrag	[l/ha]	1.420	1.760

Quelle: TFZ, FNR

* Ölgehalt der Saat 42 %

Entwicklung Absatz Rein-Biokraftstoffe in Deutschland



Quelle: FNR nach BAFA (Juli 2017)

© FNR 2017

Biomethan

In Deutschland fahren über 98.000 Erdgasfahrzeuge, denen ein Tankstellennetz von mehr als 900 Erdgastankstellen zur Verfügung steht. Davon bieten über 150 Tankstellen 100 % Biomethan an und mehr als 300 Tankstellen Biomethan-Erdgas-Gemische.

Biomethanabsatz als Kraftstoff

	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Absatz in GWh	190	404	557	453	385	370

Quelle: AGEE-Stat (Februar 2017)

Erdgasabsatz als Kraftstoff: 2.300 GWh in 2014

Kraftstoffvergleich: Eigenschaften von Biokraftstoffen

Kraftstoff	Dichte [kg/l]	Heizwert [MJ/kg]	Heizwert [MJ/l]	Viskosität bei 20 °C [mm ² /s]	Cetanzahl	Oktanzahl [ROZ]	Flammpunkt [°C]	Kraftstoff-äquivalenz ^h [l]
Dieselmotorkraftstoff	0,83	43,1	35,87	5,0	50	–	80	1
Rapsölmotorkraftstoff	0,92	37,6	34,59	74,0	40	–	317	0,96
Biodiesel	0,88	37,1	32,65	7,5	56	–	120	0,91
Hydrierte Pflanzenöle (HVO) ^f	0,78	44,1	34,30	> 3,5 ^g	> 70	–	60	–
Biomass-to-Liquid (BtL) ^g	0,76	43,9	33,45	4,0	> 70	–	88	0,97
Ottomotorkraftstoff	0,74	43,9	32,48	0,6	–	92	< 21	1
Bioethanol	0,79	26,7	21,06	1,5	8	> 100	< 21	0,65
Ethyl-Tertiär-Butyl-Ether (ETBE)	0,74	36,4	26,93	1,5	–	102	< 22	0,83
Biomethanol	0,79	19,7	15,56	–	3	> 110	–	0,48
Methyl-Tertiär-Butyl-Ether (MTBE)	0,74	35,0	25,90	0,7	–	102	–28	0,80
Dimethylether (DME)	0,67 ^b	28,4	19,03	–	60	–	–	0,59
Biomethan	0,72 ^e	50,0	36,00 ^c	–	–	130	–	1,5 ^d
Bio-Wasserstoff (H ₂)	0,09 ^e	120,0	10,80 ^c	–	–	< 88	–	3,6 ^d

Quelle: FNR

BtL

BtL steht für Biomass-to-Liquid und gehört wie GtL (Gas-to-Liquid)- und CtL (Coal-to-Liquid)-Kraftstoffe zu den synthetischen Kraftstoffen, deren Bestandteile genau auf die Anforderungen moderner Motorenkonzepte zugeschnitten, also maßgeschneidert werden.

Rohstoffe zur Herstellung von BtL

Rohstoffe	Ertrag (FM) [t/ha]	Kraftstofftrag [l/ha]	erforderliche Biomasse pro Liter Kraftstoff [kg/l]
Energiepflanzen	15–20	4.030	3,7
Stroh	7	1.320	5,3

Quelle: Meß, FNR (2009 – Biokraftstoffe – eine vergleichende Analyse)

FM: Frischmasse

^aBasis Fischer-Tropsch-Kraftstoffe; ^bbei 20 °C; ^c[MJ/m³]; ^d[kg]; ^e[kg/m³]; ^fQuelle: VTI; ^gbei 40 °C; ^hLeisebeispiel: 1 l Biodiesel entspricht 0,91 l Dieselmotorkraftstoff + 1 kg Bio-Wasserstoff entspricht 3,6 l Ottomotorkraftstoff (bei Nutzung über Brennstoffzelle 7 l)

EU-Ziel 2020

Die Erneuerbare-Energien-Richtlinie (2009/28/EG)^a definiert verbindliche Ziele für Biokraftstoffe und regelt deren Nachhaltigkeit.

- 10 % erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch

Die Kraftstoffqualitäts-Richtlinie (98/70/EG)^b definiert verbindliche Ziele zur THG-Einsparung pro Kraftstoff und Nachhaltigkeitskriterien.

- 6 % THG-Einsparung in Verkehr gebrachter Kraftstoffe

Deutschland-Ziel 2020

6 % THG-Einsparung durch 2020 in Verkehr gebrachte Biokraftstoffe – Basis sind Referenzwerte für Otto- und Dieselmotorkraftstoff.

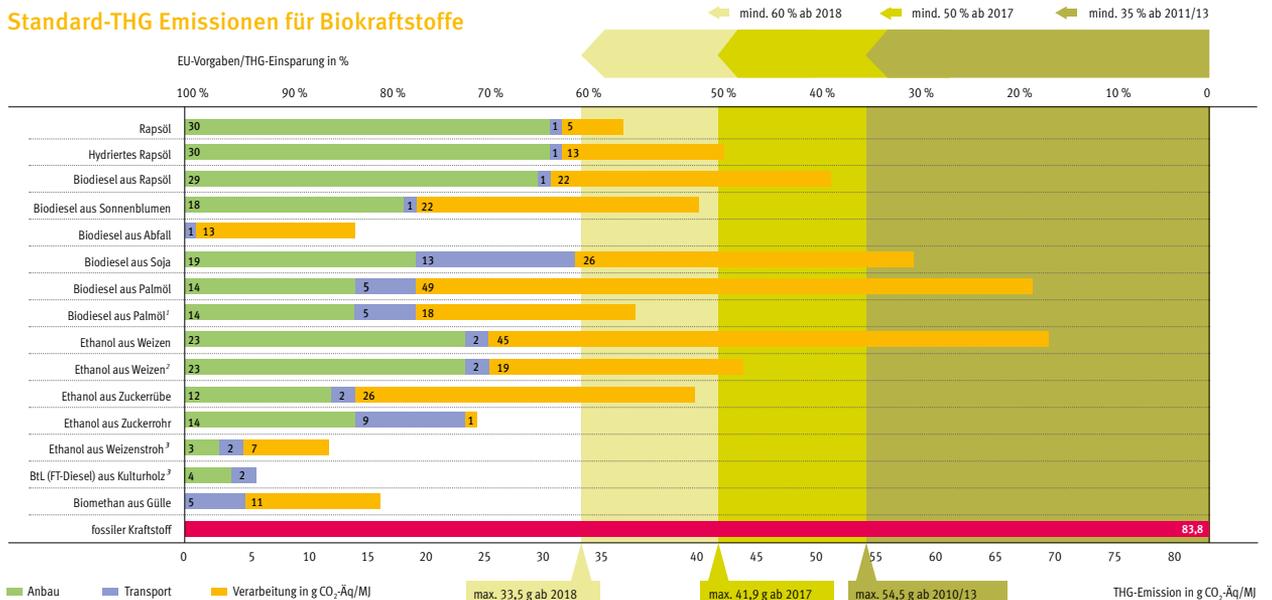
THG: Treibhausgas

Neue Anforderungen an die EU-Mitgliedstaaten

Optionen für die Umsetzung nach Richtlinie 2009/28/EG und 2015/1513 ^c	Anteil der Anrechnung auf die Ziele (bezogen auf den Energiegehalt)
Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse (Getreide-, Stärke-, Zucker- oder Ölpflanzen)	Begrenzung auf maximal 7 %
„künftige Biokraftstoffoptionen“	0,5 % (nicht bindendes Ziel)
Elektromobilität	– Schienenverkehr: 2,5-fache Anrechnung – Straßenverkehr: 5-fache Anrechnung

^a Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen vom 23. April 2009 und Änderungsrichtlinie 2015/1513/EU vom September 2015; ^b Richtlinie 98/70/EG über die Qualität von Otto- und Dieselmotorkraftstoffen und Änderungsrichtlinie 2015/1513/EU vom September 2015

Standard-THG Emissionen für Biokraftstoffe



Quelle: FNR nach UFOP (2011 – EU-RL 2009/28/EG)

© FNR 2011

Nachhaltigkeit von Biokraftstoffen

Anforderungen zur Nachhaltigkeit von Biokraftstoffen und Strom aus flüssiger Biomasse gelten seit Januar 2011. Die Kriterien sind in der Biokraftstoff- und Biostrom-Nachhaltigkeitsverordnung definiert.

Biokraftstoffe müssen Nachhaltigkeitskriterien entlang der gesamten Herstellungs- und Lieferkette erfüllen. Für Anlagen zur Herstellung von Biokraftstoffen gilt eine THG-Einsparung gegenüber fossilen Kraftstoffen von:

- 35 % bis 2017 und 50 % ab 2018 (Anlagen mit Inbetriebnahme bis 5. Oktober 2015)
- 60 % (Anlagen mit Inbetriebnahme nach dem 5. Oktober 2015)

Änderung nach Richtlinie EU 2015/1513 vom 09.09.2015 führt zu Änderungen der Richtlinie 98/70/EG und 2009/28/EG.

Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)

(nationale Umsetzung der Kraftstoffqualitätsrichtlinie 98/70/EG)

Jahr	Quote Dieselkraftstoff	Quote Ottokraftstoff	Gesamtquote
ab 2017			De karbonisierung 4,0 %
ab 2020			De karbonisierung 6,0 %

Quelle: FNR nach BImSchG

Energiesteuer	
Dieselmotorkraftstoff	47,04 Cent/l
Ottomotorkraftstoff	65,45 Cent/l
Biodiesel- und Pflanzenölmotorkraftstoff	45,03 Cent/l
Ethanol/E85	65,45 Cent/l

Gasförmige Kraftstoffe

- Biomethan als Kraftstoff, komprimiertes Erdgas (CNG: Compressed Natural Gas), verflüssigtes Erdgas (LNG: Liquefied Natural Gas): reduzierter Steuersatz von 13,90 Euro je MWh bis 2023
- Flüssiggas/Autogas (LPG: Liquefied Petroleum Gas): reduzierter Steuersatz von 18 Cent/kg – stufenweise Erhöhung ab 2019 bis zur Vollbesteuerung in 2023.

Kraftstoff-Normung

Die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualität von Kraftstoffen regelt die 10. BImSchV.

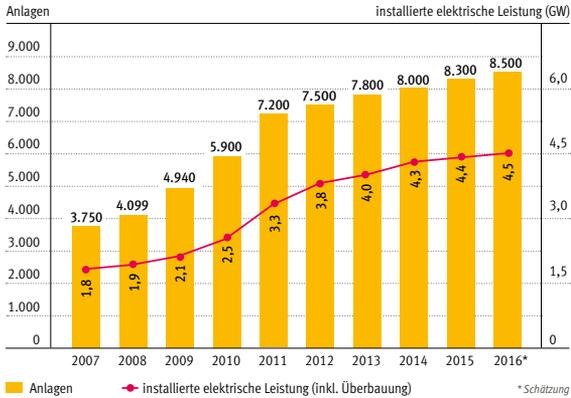
Kraftstoff	Norm	Erläuterung
Dieselmotorkraftstoff (B7)	DIN EN 590	Dieselmotorkraftstoffe mit bis zu 7 % (V/V) Biodiesel (Stand: 04/2014)
Biodiesel (B100)	DIN EN 14214	Fettsäure-Methylester (FAME) für Dieselmotoren (Stand: 06/2014)
Rapsölmotorkraftstoff	DIN 51605	Rapsölmotorkraftstoff für pflanzenölmotortaugliche Motoren (Stand: 01/2016)
Pflanzenölmotorkraftstoff	DIN 51623	Kraftstoffe für pflanzenölmotortaugliche Motoren „Pflanzenölmotorkraftstoff“ Anforderungen und Prüfverfahren (Stand: 12/2015)
Ottomotorkraftstoff (E5)	DIN EN 228	Unverbleite Ottomotorkraftstoffe mit bis zu 5 % (V/V) Ethanol bzw. 15 % (V/V) ETBE (Stand: 10/2014)
Ottomotorkraftstoff (E10)	DIN EN 228	Ottomotorkraftstoff E10 – mit bis zu 10 % (V/V) Ethanol (Stand: 10/2014)
Ethanol	DIN EN 15376	Ethanol als Blendkomponente in Ottomotorkraftstoff (Stand: 12/2014)
Ethanol (E85)	DIN 51625	– mind. 75 % bis max. 86 % (V/V) Ethanol – Klasse A (Sommer) – mind. 70 % bis max. 80 % (V/V) Ethanol – Klasse B (Winter) (Stand: 08/2008)
Erdgas & Biomethan	DIN EN 16723-2	Biomethan muss die Norm für Erdgas als Kraftstoff erfüllen – eine Mischung Biomethan-Erdgas ist in jedem Verhältnis möglich (Stand: 06/2014)

Quelle: FNR (Juli 2016)

V/V: Volumenprozent

BIOGAS

Anlagenstandorte Biogasproduktion in Deutschland

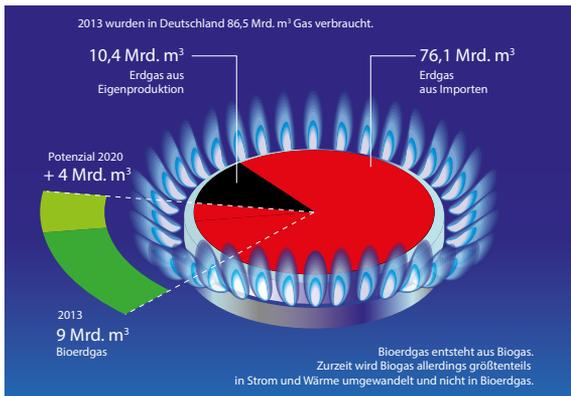


Ohne Anlagen mit Biogasaufbereitung zu Biomethan

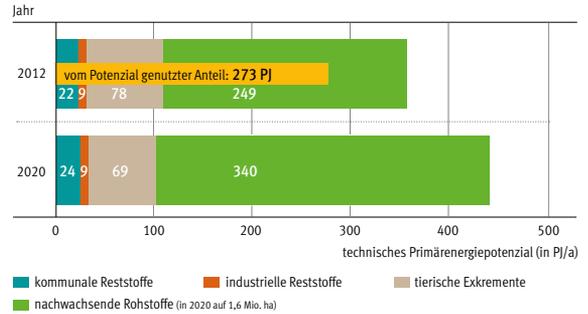
Quelle: DBFZ (2017)

© FNR 2017

Biogas – erstaunlich große Potenziale



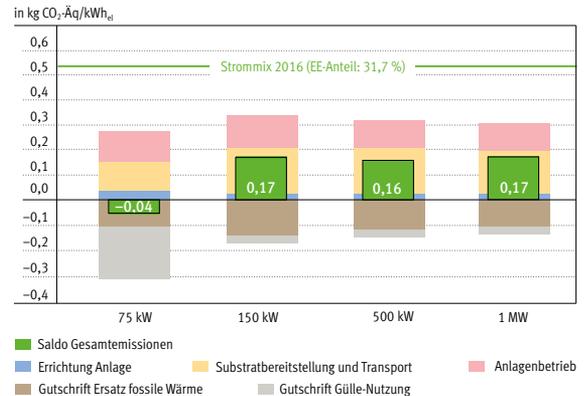
Technisches Primärenergiepotenzial für Biogas



Quelle: FNR nach DBFZ (2014)

© FNR 2014

Treibhausgasemissionen von Biogasanlagen im Vergleich zum deutschen Strommix

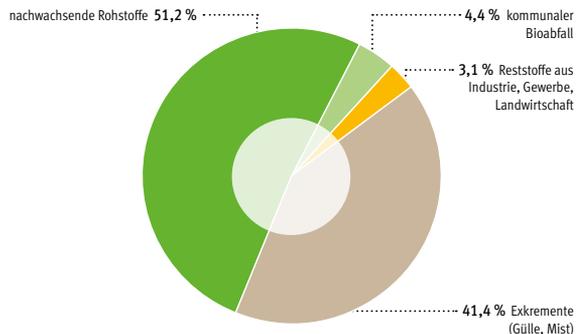


Quelle: KTBL (2011), UBA, AGEE-Stat (2017)

© FNR 2017

Weitere Erläuterungen unter Grafiken Biogas in <https://mediathek.fnr.de>

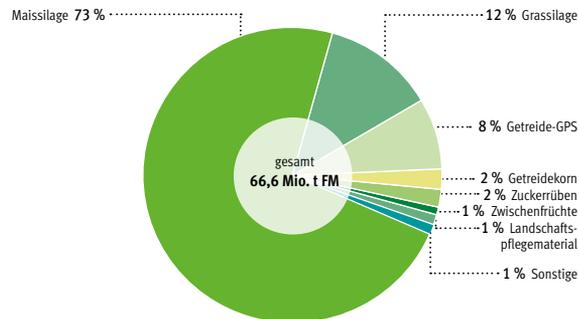
Massebezogener Substrateinsatz in Biogasanlagen 2015



Quelle: DBFZ Betreiberbefragung Biogas (2016)

© FNR 2017

Nachwachsende Rohstoffe in Biogasanlagen – Massebezogener Substrateinsatz 2015

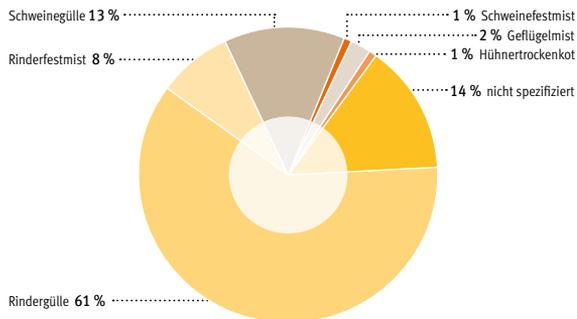


FM: Frischmasse

Quelle: DBFZ Betreiberbefragung Biogas (2016)

© FNR 2017

Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen – Massebezogener Substrateinsatz 2014



Quelle: Stromerzeugung aus Biomasse, DBFZ (2015)

© FNR 2015

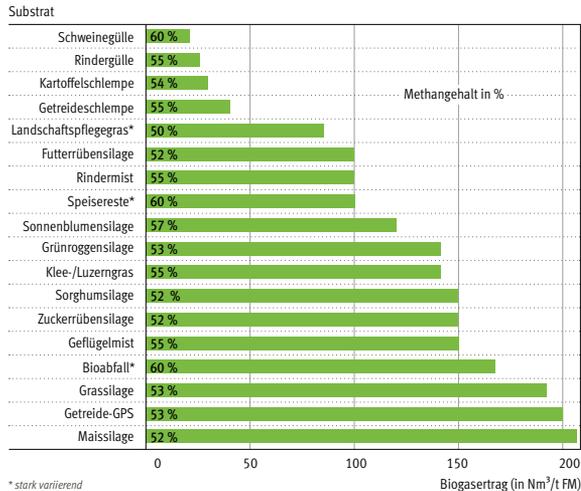
Theoretisches Strompotenzial verschiedener Energiepflanzen (in Hektar)

Energiepflanze	Ernteertrag [t FM]	Methan-ertrag [Nm ³]	Stromertrag [kWh]	Anzahl Haushalte
Silomais	50	4.945	18.731	5,2
Zuckerrüben	65	4.163	15.769	4,4
Getreide-GPS	40	3.846	14.568	4,0
Durchwachsene Silphie	55	3.509	13.291	3,7
Grünland	29	2.521	9.549	2,7

Quelle: FNR nach KTBL (2014)

Annahmen: mittleres Ertragsniveau, 12 % Lagerungsverluste, bei Zuckerrüben 15 % (Lagune); BHKW-Wirkungsgrad 38 %; Stromverbrauch 3.600 kWh/a • Haushalt

Gasausbeuten verschiedener Substrate



Quelle: KTBL (2015)

© FNR 2015

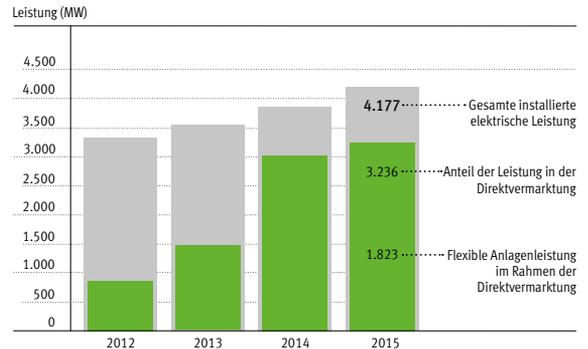
Energiebereitstellung aus Biogas

Jahr	Stromproduktion [GWh]	Wärmeerzeugung [GWh]
2008	11.001	3.495
2009	13.249	5.352
2010	15.656	8.033
2011	19.316	9.897
2012	25.477	11.951
2013	27.480	14.029
2014	29.324	15.339
2015	31.288	16.715
2016*	32.370	17.437

Quelle: AGEE-Stat (Februar 2017)

* vorläufig, ohne Klärgas, Deponiegas und biogener Anteil des Abfalls

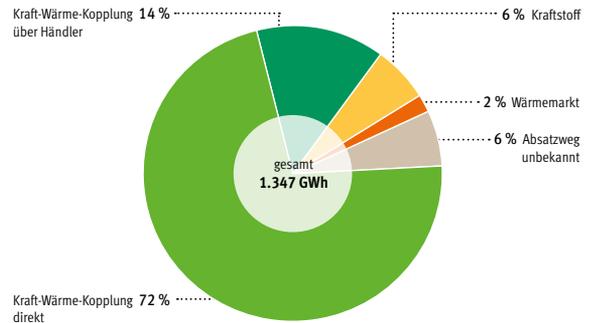
Direktvermarktung und flexible Stromerzeugung



Quelle: Fraunhofer IWES nach BNetzA und www.netztransparenz.de (2016)

© FNR 2016

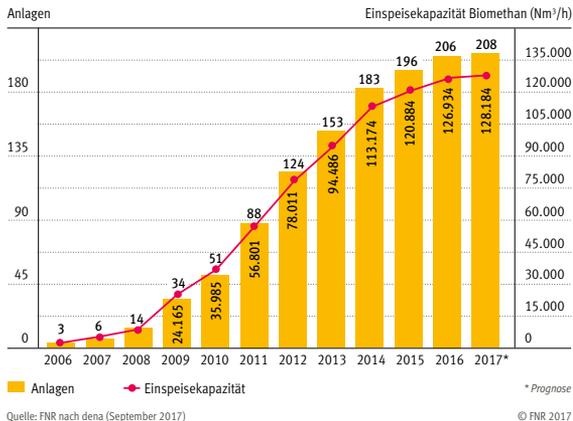
Vermarktung von Biomethan 2014



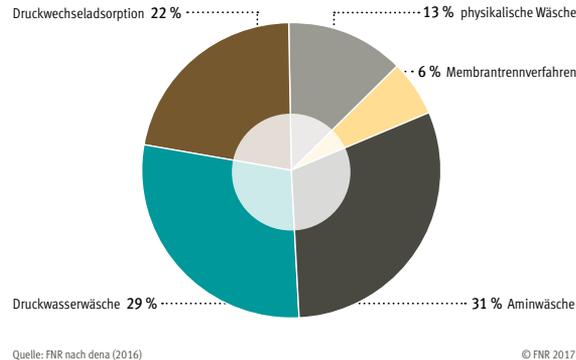
Quelle: Stromerzeugung aus Biomasse, DBFZ (2015)

© FNR 2015

Anlagen zur Biomethan-Produktion



Verteilung der Verfahren zur Biogasaufbereitung



Kennwerte verschiedener Biogasaufbereitungsverfahren

	Druckwechsel-adsorption PSA	Druckwasser-wäsche DWW	Physikalische Absorption*	Chemische Absorption*	Membran-verfahren	Kryogene Verfahren
Strombedarf (kWh/Nm³)	0,20–0,25	0,20–0,30	0,23–0,33	0,06–0,15	0,18–0,25	0,18–0,33
Wärmebedarf (kWh/Nm³)	0	0	~ 0,3	0,5–0,8	0	0
Temperatur Prozesswärme (°C)	–	–	55–80	110–160	–	–
Prozessdruck (bar)	4–7	5–10	4–7	0,1–4	5–10	–
Methanverlust (%)	1–5	0,5–2	1–4	0,1	2–8	–
Abgasnachbehandlung notwendig? (EEG & GasNZV)	ja	ja	ja	nein	ja	ja
Feinentschwefelung des Rohgases notwendig?	ja	nein	nein	ja	empfohlen	ja
Wasserbedarf	nein	ja	nein	ja	nein	nein
Chemikalienbedarf	nein	nein	ja	ja	nein	nein

Quelle: Fraunhofer-IWES nach DWA (2011)

* mit organischen Lösungsmitteln

Faustzahlen

Nachfolgende Kennzahlen können als Richtwerte für allgemeine Kalkulationen landwirtschaftlicher Biogasanlagen genutzt werden.

Allgemeine Umrechnung Biogas und Biomethan	
1 m ³ Biogas	5,0–7,5 kWh Energiegehalt
1 m ³ Biogas	50–75 % Methangehalt
1 m ³ Biogas	ca. 0,6 l Heizöläquivalent
1 m ³ Methan	9,97 kWh Energiegehalt
1 m ³ Methan	Heizwert 36 MJ/m ³ bzw. 50 MJ/kg
1 m ³ Methan	1 l Heizöläquivalent

Durchschnittliche Zusammensetzung von Biogas	
Bestandteil	Konzentration
Methan (CH ₄)	50–75 Vol.-%
Kohlendioxid (CO ₂)	25–45 Vol.-%
Wasserdampf (H ₂ O)	2–7 Vol.-%
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	20–20.000 ppm
Sauerstoff (O ₂)	< 2 Vol.-%
Stickstoff (N ₂)	< 2 Vol.-%
Ammoniak (NH ₃)	< 1 Vol.-%
Wasserstoff (H ₂)	< 1 Vol.-%
Spurengase	< 2 Vol.-%

Biogasertrag von	
Milchkuh (17 m ³ Gülle/TP • a)	289 Nm ³ Methan ≙ 1.095 kWh _{el} /TP • a*
Mastschwein (1,6 m ³ Gülle/TP • a)	19 Nm ³ Methan ≙ 73 kWh _{el} /TP • a*
Mastrind (2,8 t Festmist/TP • a)	185 Nm ³ Methan ≙ 562 kWh _{el} /TP • a*
Reitpferd (11,1 t Festmist/TP • a)	388 Nm ³ Methan ≙ 1.472 kWh _{el} /TP • a*
Legehühner (2,0 m ³ Rottemist/100 TP • a)	164 Nm ³ Methan ≙ 621 kWh _{el} /100 TP • a*
1 ha Silomais (40–60 t FM**)	3.956–5.934 Nm ³ Methan ≙ 14.985–22.477 kWh _{el} /ha*
1 ha Zuckerrüben (55–75 t FM**)	3.523–4.803 Nm ³ Methan ≙ 13.343–18.195 kWh _{el} /ha*
1 ha Getreide-GPS (30–50 t FM**)	2.884–4.807 Nm ³ Methan ≙ 10.926–18.210 kWh _{el} /ha*
1 ha Durchwachsene Silphie (45–60 t FM**)	2.871–3.828 Nm ³ Methan ≙ 10.874–14.499 kWh _{el} /ha*
1 ha Sudangras (35–55 t FM**)	2.392–3.759 Nm ³ Methan ≙ 9.061–14.238 kWh _{el} /ha*
1 ha Grünland (23–43 t FM**)	2.001–3.808 Nm ³ Methan ≙ 7.579–14.424 kWh _{el} /ha*
1 ha Getreidekorn Roggen (4,3–6,8 t FM**)	1.390–2.179 Nm ³ Methan ≙ 5.264–8.255 kWh _{el} /ha*

Prozesskennzahlen		
Temperatur	<i>mesophil</i>	32–34 °C
	<i>thermophil</i>	50–57 °C
pH-Wert	<i>Hydrolyse/ Acidogenese</i>	4,5–7
	<i>Acetogenese/ Methanogenese</i>	6,8–8,2
Faulraumbelastung	Ø 3,2 kg oTM/(m³ • d); (von 1,1–9,3)	
mittlere hydraulische Verweilzeit	<i>einstufig</i>	22–88 Tage (Ø 58)
	<i>mehrstufig</i>	37–210 Tage (Ø 101)
FOS/TAC-Verhältnis	< 0,6	
Biogasspeicher Gasdurchlässigkeit	1–5 ‰ Biogas/Tag	
Strombedarf BGA	Ø 7,6 %	
Wärmebedarf BGA	Ø 27 %	
Arbeitsbedarf BGA pro Jahr	1,15–8,5 Akh/(kW _{el} • a)	
Betriebsstörungen BGA pro Jahr	1,2 je 10 kW _{el}	

Kennziffern Gasverwertung	
BHKW Wirkungsgrad _{el}	28–47 %
BHKW Wirkungsgrad _{th}	34–55 %
BHKW Wirkungsgrad _{gesamt}	ca. 85–90 %
BHKW Nutzungsumfang	60.000 Betriebsstunden
Mikrogasturbine Wirkungsgrad _{el}	26–33 %
Mikrogasturbine Wirkungsgrad _{th}	40–55 %
Brennstoffzelle Wirkungsgrad _{el}	40–60 %
ORC-Anlage Wirkungsgrad _{el}	6–16 %

Ökonomische Kennzahlen	
spezifische Investitionskosten	
BGA 75 kW _{el}	ca. 9.000 €/kW _{el}
BGA 150 kW _{el}	ca. 6.500 €/kW _{el}
BGA 250 kW _{el}	ca. 6.000 €/kW _{el}
BGA 500 kW _{el}	ca. 4.600 €/kW _{el}
BGA 750 kW _{el}	ca. 4.000 €/kW _{el}
BGA 1.000 kW _{el}	ca. 3.500 €/kW _{el}
BGA mit Aufbereitung 400 Nm³/h	ca. 9.600 €/Nm³ • h
BGA mit Aufbereitung 700 Nm³/h	ca. 9.100 €/Nm³ • h
ORC-Anlage 13–375 kW _{el}	ca. 5.000–7.700 €/kW _{el}
Stromgestehungskosten	
BGA 75 kW _{el}	ca. 30 ct/kWh
BGA 500 kW _{el}	ca. 17 ct/kWh
BGA 1.000 kW _{el}	ca. 15 ct/kWh
Biomethanproduktionskosten	
400 Nm³/h	7–9 ct/kWh
700 Nm³/h	6–8 ct/kWh

Beispiel jährlicher Substratbedarf Biogasanlage 75 kW_{el}

3.300 t Rindergülle (194 Milchkühe; bei Ø 8.000 Milchleistung/a)
790 t Maissilage (18 ha; bei Ø 50 t FM/ha Ertrag**)

Beispiel jährlicher Substratbedarf Biogasanlage 500 kW_{el}

2.200 t Rindergülle (129 Milchkühe; bei Ø 8.000 l Milchleistung/a)
6.500 t Maissilage (148 ha; bei Ø 50 t FM/ha Ertrag**)
1.100 t Getreide-GPS (31 ha; bei Ø 40 t FM/ha Ertrag**)
1.100 t Grassilage vom Dauergrünland (42 ha; bei Ø 30 t FM/ha Ertrag**)

* BHKWWirkungsgrad 38 %_{el}

** 12 % Silierverluste berücksichtigt, bei Zuckerrüben 15 % (Lagune), bei Getreidekorn Roggen 1,4 %

Quelle: Biomasse-Verordnung (2012); Faustzahlen Biogas (KTBL, 2013); Leitfaden Biogas (FNR, 2013); Leitfaden Biogasaufbereitung und -einspeisung (FNR, 2014); Stromerzeugung aus Biomasse (DBFZ, 2014) und eigene Berechnungen

ANHANG

EGG 2017

(gültig ab 01.01.2017)

Mit dem überarbeiteten EEG 2017 wird die Förderung für Strom aus Biomasse jährlich ausgeschrieben (Gebotstermin 1. September).

Ausbaupfad für Strom aus Biomasse

Bruttozubau für Neu- und Bestandsanlagen

- 2017–2019 – jährlich 150 MW installierte Leistung
- 2020–2022 – jährlich 200 MW installierte Leistung (Altholzanlagen von der Förderung ausgeschlossen)

Förderdauer

- für Neuanlagen 20 Jahre
- für Bestandsanlagen einmalig weitere 10 Jahre

Voraussetzungen

- bedarfsgerechte und flexible Stromerzeugung
- begrenzter Einsatz von Getreidekorn und Mais
 - 2017 und 2018 maximal 50 Masseprozent
 - 2019 und 2020 maximal 47 Masseprozent
 - 2021 und 2022 maximal 44 Masseprozent

Vergütung (Inbetriebnahmejahr 2017)

Höchstwert bei Ausschreibungen (Marktprämie)

- für Neuanlagen 14,88 ct/kWh
- für Bestandsanlagen 16,9 ct/kWh (Degression 1 % pro Jahr)

Einspeisevergütung (ohne Ausschreibung)

- für kleine Anlagen bis 150 kW = 13,32 ct/kWh
- für Güllekleinanlagen = 23,14 ct/kWh
- für Bioabfallanlagen bis 500 kW = 14,88 ct/kWh
- für Bioabfallanlagen > 500 kW bis 1 MW = 13,05 ct/kWh (Degression 0,5 % im Halbjahr)

Ohne Teilnahme an der Direktvermarktung:
Absenkung der Vergütung um 0,2 ct/kWh

Quelle: EEG 2017

Marktberichte und Preise für Brennstoffe und Biomasse

Biodiesel	www.ufop.de
Ölsaaten und Pflanzenöle	www.oilworld.biz
Hackschnitzel und Pellets	www.carmen-ev.de
Scheitholz	www.tfz.bayern.de
Pellets	www.depi.de
Agrarsektor	www.ami-informiert.de
Statistisches Bundesamt	www.destatis.de
Heizöl/Rohöl	www.tecson.de/oelweltmarkt.html

Umrechnung von Einheiten

	MJ	kWh	m³ Erdgas
1 MJ	1	0,278	0,032
1 kWh	3,6	1	0,113
1 m³ Erdgas	31,74	8,82	1

	m³	l	Barrel
1 m³	1	1.000	6,3
1 l	0,001	1	0,0063
1 Barrel	0,159	159	1

Vorzeichen für Einheiten

Vorsatz	Vorsatzzeichen	Faktor	Zahlwort
Kilo	k	10 ³	Tausend
Mega	M	10 ⁶	Million
Giga	G	10 ⁹	Milliarde
Tera	T	10 ¹²	Billion
Peta	P	10 ¹⁵	Billiarde
Exa	E	10 ¹⁸	Trillion

Weitere Informationen

Bioenergie

<https://bioenergie.fnr.de>

Daten und Fakten zum Thema Bioenergie

<https://mediathek.fnr.de/grafiken.html>

Basisdaten Bioenergie der FNR

<https://basisdaten.fnr.de>

Bioenergieidörfer

<https://bioenergieidorf.fnr.de>

Energiepflanzen

<https://energiepflanzen.fnr.de>

IMPRESSUM

Herausgeber

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
OT Gülzow, Hofplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen
Tel.: 03843/6930-0
Fax: 03843/6930-102
info@fnr.de
www.fnr.de

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Bilder

Titel: Fotolia.com, FNR

Gestaltung/Realisierung

www.tangram.de, Rostock

Druck

www.druckerei-weidner.de, Rostock

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier mit Farben auf Pflanzenölbasis

Bestell-Nr. 469

FNR 2017

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
OT Gülzow, Hofplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen
Tel.: 03843/6930-0
Fax: 03843/6930-102
info@fnr.de
www.fnr.de

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier
mit Farben auf Pflanzenölbasis

Bestell-Nr. 469
<https://mediathek.fnr.de>
FNR 2017