

nachwachsende-rohstoffe.de

BASISDATEN BIOENERGIE DEUTSCHLAND

August 2013



FESTBRENNSTOFFE
BIOKRAFTSTOFFE
BIOGAS

Gefördert durch:



Bundesministerium für
Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz

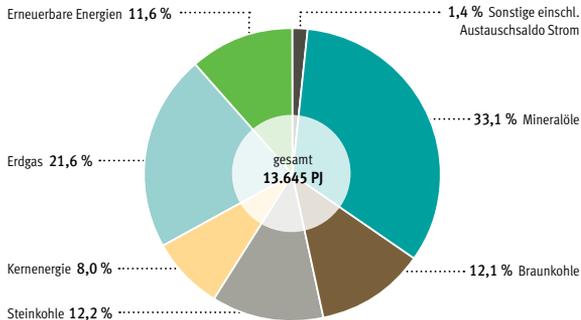


Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ERNEUERBARE ENERGIEN (BIOENERGIE)

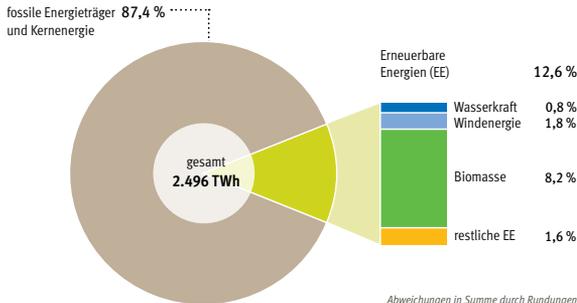
Struktur Primärenergieverbrauch 2012



Quelle: AGEB (März 2013)

© FNR 2013

Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch 2012

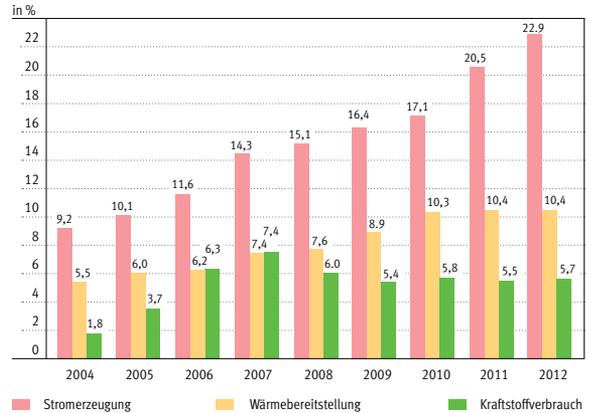


Abweichungen in Summe durch Rundungen

Quelle: BMU, AGEE-Stat (Februar 2013)

© FNR 2013

Entwicklung erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch 2012

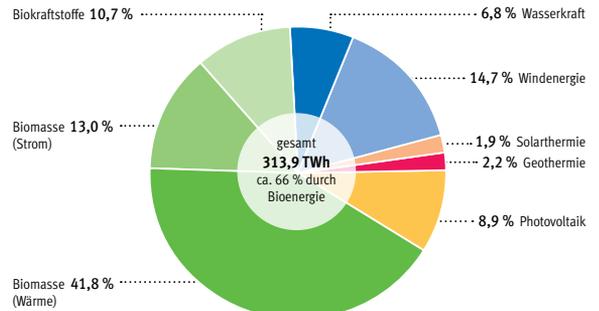


Quelle: BMU, AGEE-Stat, BAFA (März 2013)

© FNR 2013

Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien 2012

Anteil Bioenergie ca. 66 % – entspricht 8,2 % am Endenergieverbrauch



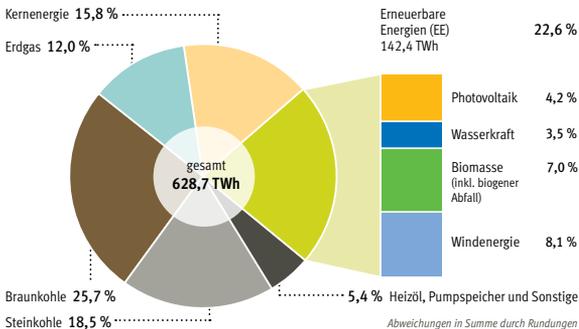
Ström und Wärme aus Biomasse inkl. Klär-, Deponiegas und biogener Anteil des Abfalls

Quelle: BMU, AGEE-Stat (März 2013)

© FNR 2013

Brutto-Stromerzeugung 2012

Bruttostromerzeugung 2012: 628,4 TWh (628,4 Mrd. kWh) – Anteil EE: 22,6 %
 Bruttostromverbrauch 2012: 605,6 TWh (605,6 Mrd. kWh) – Anteil EE: 23,5 %
 (Differenz: Stromexport-Saldo 2012 von 23,1 TWh)

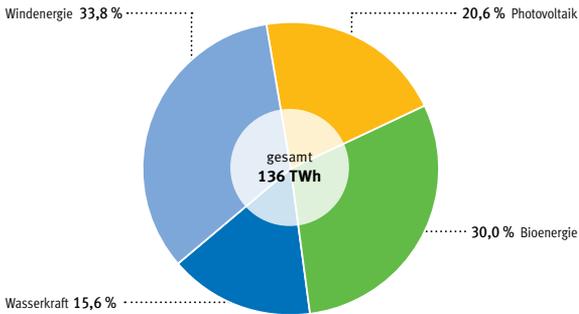


Quelle: FNR nach AGEB (August 2013)

© FNR 2013

Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien 2012

Anteil Bioenergie 30 % – entspricht 6,8 % am gesamten Stromverbrauch



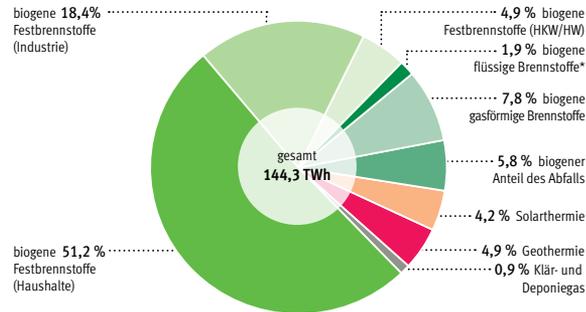
Geothermische Stromerzeugung auf Grund geringer Strommengen nicht dargestellt.

Quelle: BMU, AGEE-Stat (Februar 2013)

© FNR 2013

Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien

Anteil Bioenergie 91 % – entspricht ca. 10,4 % an der gesamten Wärmebereitstellung



HKW/HW = Heizkraftwerk- und Heizwerke

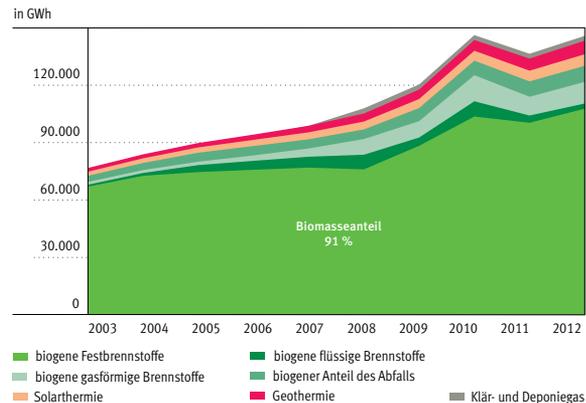
Quelle: BMU, AGEE-Stat (Februar 2013)

* inkl. Pflanzenöl

© FNR 2013

Entwicklung Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien

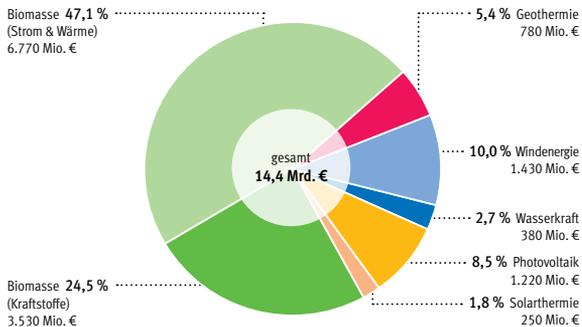
144,3 TWh in 2012 – davon 91 % bzw. 131,2 TWh aus Biomasse



Quelle: AGEE-Stat (Februar 2013)

© FNR 2013

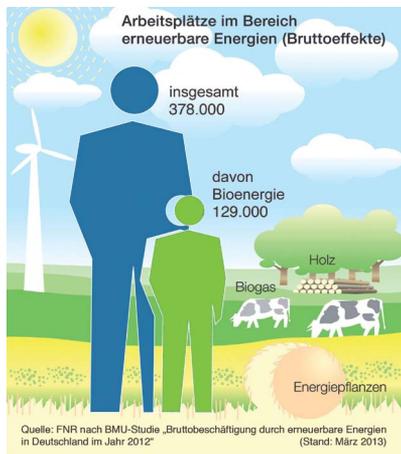
Umsatz aus dem Betrieb von Erneuerbare-Energien-Anlagen 2012



Quelle: BMU, AGEE-Stat (Februar 2013)

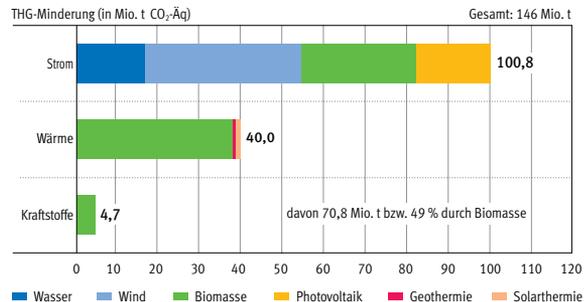
© FNR 2013

Wirtschaftsfaktor Bioenergie



Reduktion Treibhausgas-Emissionen durch erneuerbare Energien 2012

THG-Vermeidung gesamt: 146 Mio. t – durch Biomasse 70,8 Mio. t bzw. ca. 49 %



THG: Treibhausgas

Quelle: BMU, AGEE-Stat (Februar 2013)

© FNR 2013

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

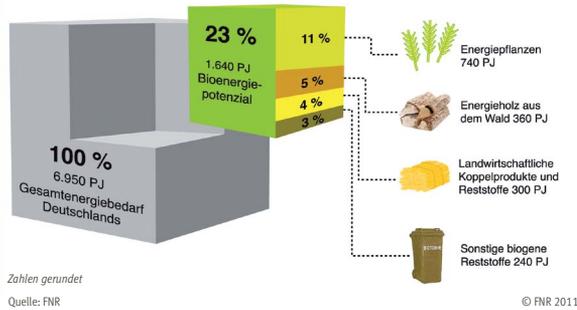
THG-Vermeidung durch Bioenergie 2012

	THG Vermeidung in 1.000 t CO ₂ -Äq			
	Strom	Wärme	Kraftstoffe	gesamt
feste Bioenergieträger*	13.883	35.074	k. a.	48.957
flüssige Bioenergieträger	677	747	4.667	6.091
Biogas**	13.463	2.303	k. a.	15.766
gesamt	28.023	38.124	4.667	70.814

Quelle: FNR nach AGEE-Stat (Februar 2013)

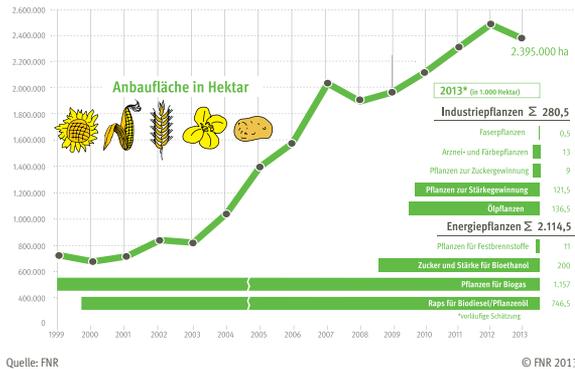
* inkl. biogener Anteil des Abfalls; ** inkl. Klär- und Deponiegas

Einheimische Bioenergie: Was kann sie 2050 leisten?



Einheimische Biomasse trägt in Deutschland zukünftig maßgeblich zur Energieversorgung bei. Bis zu 23 % des Bedarfs an Wärme, Strom und Kraftstoffen kann sie 2050 decken. Holz, Energiepflanzen, Stroh sowie Rest- und Abfallstoffe bieten das Potenzial, einen erheblichen Teil unserer Energie nachhaltig zu erzeugen.

Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland



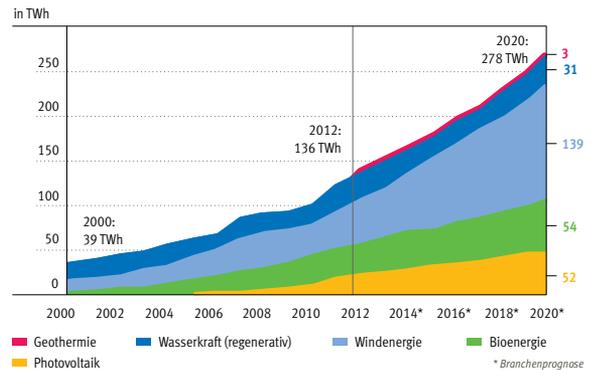
Biomasseanlagen zur EEG-Stromerzeugung 2012

	Anlagenanzahl	inst. Leistung [MW _e]	Stromerzeugung [TWh]
Biomasseheizkraftwerke*	540	1.560	8,4
Biogasanlagen	7.500	3.200	23,1
Biomethananlagen	120	200	1,4
Anlagen zur Stromerzeugung aus flüssiger Biomasse**	1.000	200	0,2
gesamt	9.160	5.160	33,1

Quelle: Stromerzeugung aus Biomasse, DBFZ (Juni 2013)

* davon ca. 300 Holzgas-BHKW; ** inkl. Pflanzenöl-BHKW

Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien bis 2020

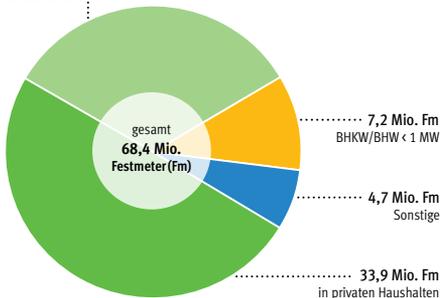


FESTBRENNSTOFFE

Energetische Nutzung von Holz 2010

gesamt: 68,4 Mio. Festmeter (Fm) entspricht 50,5 % des Holzaufkommens

22,6 Mio. Fm
BHKW/BHW > 1 MW

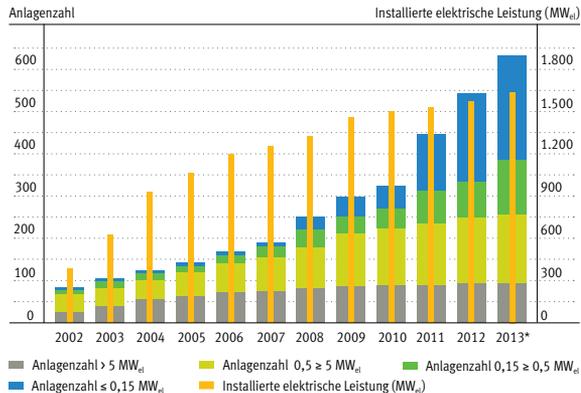


BHKW: Biomasseheizkraftwerk; BHW: Biomasseheizwerk

Quelle: Mantau/Holzrohstoffbilanz Deutschland 2012

© FNR 2012

Biomasseheizkraftwerke – Anlagenbestand und installierte elektrische Leistung

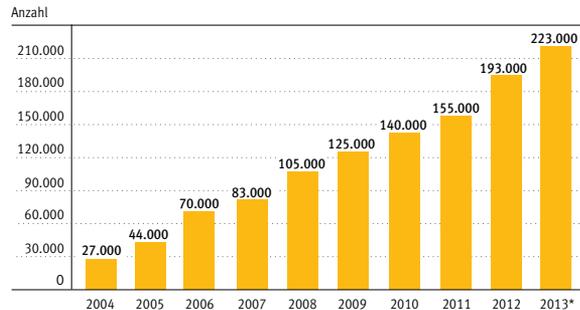


* Prognose; ohne Kleinst-KWK-Anlagen < 10 KW_{el} und Biomasse-Mitverbrennung in Kraftwerken

Quelle: FNR nach DBFZ „Stromerzeugung aus Biomasse“ (Juni 2013)

© FNR 2013

Gesamtbestand an Pelletheizungen

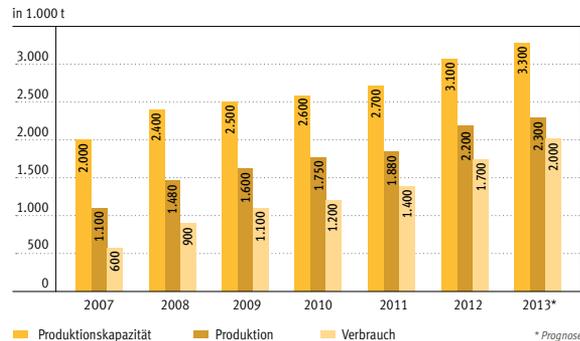


* Prognose

© FNR 2013

Quelle: DEPI auf Basis Biomasseatlas.de, ZIV, HKI (Januar 2013)

Holzpellets – Produktion und Verbrauch



* Prognose

© FNR 2013

Quelle: DEPI, FNR (2013)

Heizwertbezogene Äquivalentpreise von Holzbrennstoffen

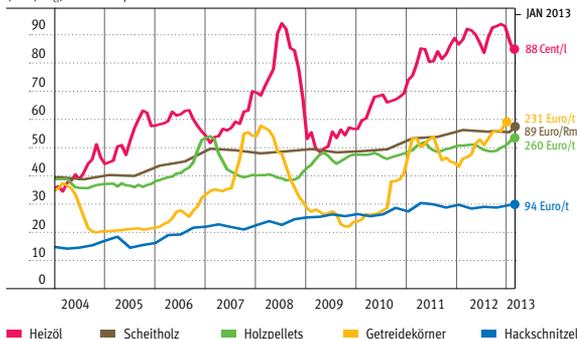
Heizöl in €/Liter	Holzpellets w < 10 % in €/t	Scheitholz Buche w = 15 % in €/Rm	Hackgut Fichte w = 30 % in €/Srm
0,5	250	95	37
0,6	300	114	45
0,7	350	133	52
0,8	400	152	60
0,9	450	172	76
1,0	500	191	75
1,1	550	210	82
1,2	600	229	89
1,3	650	248	97
1,4	700	267	104
1,5	750	286	112

Quelle: FNR (2012)

Die Brennstoffpreise werden mit Bezug auf den unteren Heizwert verglichen.

Energiepreisentwicklung

(Cent/l H_u) in Heizöläquivalent inkl. MwSt

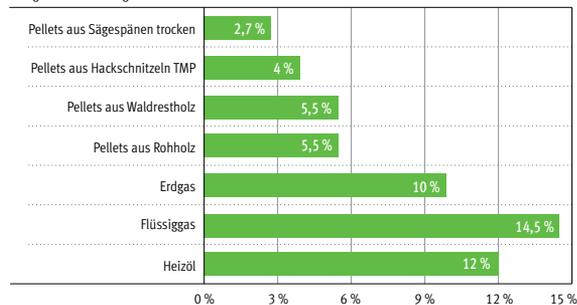


Quelle: FNR nach TFZ (Januar 2013)

© FNR 2013

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

für nichtindustrielle Verwendung – Brennstoffspezifikationen und -klassen

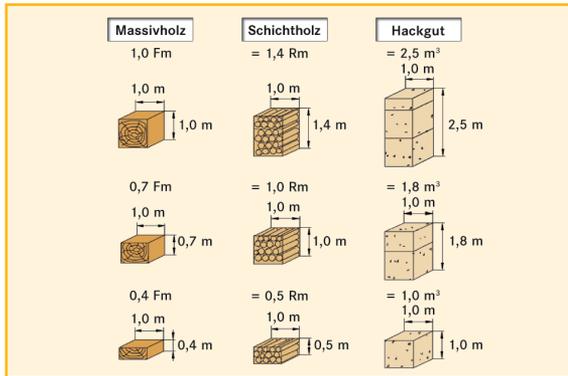
Brennstoff	Norm
Allgemeine Anforderungen	DIN EN 14961-1
Holzpellets	DIN EN 14961-2
Holzbricketts	DIN EN 14961-3
Holz hackschnitzel	DIN EN 14961-4
Stückholz für nichtindustrielle Verwendung	DIN EN 14961-5
Nicht-holzartige Pellets*	DIN EN 14961-6

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 (2007) 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

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

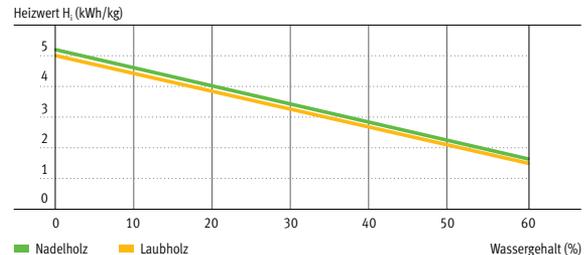
$H_i(w)$: Heizwert des Holzes (in MJ/kg) bei einem Wassergehalt w

$H_i(wf)$: Heizwert der Holztrockensubstanz (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 Landesinstitut für Forstwirtschaft (Merkblatt 12)

© FNR 2013

Typische Massen- und Energieerträge in der Land- und Forstwirtschaft

	Massenertrag (w = 15 %) in t/(ha · a)	Heizwert H _i (w = 15 %) in MJ/kg	Brutto- Jahresbrenn- stofffertrag in MWh/ (ha · a)	Heizöl- äquivalent in l/(ha · a)
Rückstände				
Waldrestholz	1,0	15,6	4	434
Getreidestroh	6,0	14,3	24	2.390
Rapsstroh	4,5	14,2	18	1.771
Landschafts- pflegeheu	4,5	14,4	18	1.803
Energiepflanzen				
Kurzumtriebs- plantagen (z. B. Pappel, Weiden)	12,0	15,4	51	5.120
Getreideganz- pflanzen	13,0	14,1	51	5.086
Getreidekörner	7,0	14,0	27	2.772
Futtergräser (z. B. Rohr- schwingel)	8,0	13,6	30	3.016
Miscanthus (Chinaschilf, ab 3. Jahr)	15,0	14,6	61	6.081

Quelle: Leitfaden Bioenergie, FNR (2007) und eigene Berechnungen

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/m ³	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

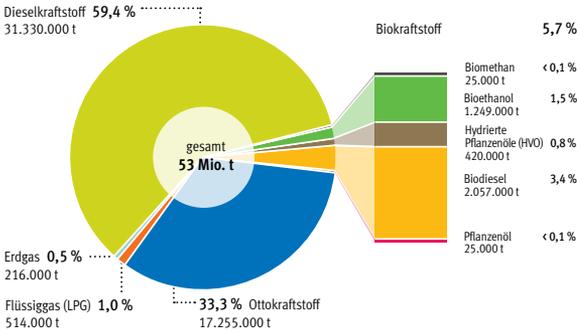
	Wassergehalt [%]	Masse [kg]	Heizwert [MJ/kg]	Energiegehalt		Heizöläquivalent [l]
				[MJ]	[kWh]	
Scheitholz (bezogen auf 1 Rm)						
• Hartholz (Buche)						
- lufttrocken	18	476	14,7	6.997	1.944	194
- sommertrocken	35	600	11,1	6.660	1.850	185
• Weichholz (Fichte)						
- lufttrocken	18	309	15,0	4.635	1.288	129
- sommertrocken	35	389	11,4	4.435	1.232	123
Hackgut (bezogen auf 1 m³)						
• Hartholz (Buche)						
- lufttrocken	18	280	14,7	4.116	1.143	114
- waldfrisch	50	460	8,0	3.680	1.022	102
• Weichholz (Fichte)						
- lufttrocken	18	182	15,0	2.730	758	76
- waldfrisch	50	298	8,2	2.444	679	68
Gewichtsmaße allg. (bezogen auf 1 t)						
• Hartholz (Buche)						
- lufttrocken	18	1.000	14,7	14.700	4.083	408
- sommertrocken	35	1.000	11,1	11.100	3.083	308
• Weichholz (Fichte)						
- lufttrocken	18	1.000	15,0	15.000	4.167	417
- sommertrocken	35	1.000	11,4	11.400	3.167	317
• Halmgut (Stroh, Getreide etc.)	15	1.000	14,5	14.500	4.028	403
Biokraftstoffe (bezogen auf 1 m³)						
• Rapsöl	< 0,1	920	37,6	34.590	9.609	961
• Biodiesel (Rapsölmethylester)	< 0,03	880	37,1	32.650	9.093	909
Biogas (bezogen auf 1 m³)	< 1	1,2	18,2	21,6	6	0,6

Quelle: FNR (2007 – geändert und ergänzt nach Leitfaden Bioenergie 2005, Tab 3.1.12)

BIOKRAFTSTOFFE

Kraftstoffverbrauch im Verkehrssektor 2012

Biokraftstoffanteil: 5,7 % (energetisch)

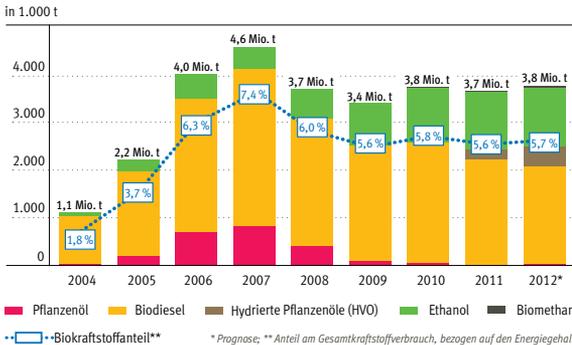


Quelle: BAFA, erdgas mobil, DVFG, BMF, FNR (2013)

© FNR 2013

In Deutschland wurden 2012 53 Mio. Tonnen Kraftstoff im Verkehrssektor verbraucht. Neben Dieselmotorkraftstoff mit 59,4 % und Ottomotorkraftstoff mit 33,3 % lag der Anteil biogener Kraftstoffe bei 5,7 % bzw. 3,8 Mio. Tonnen.

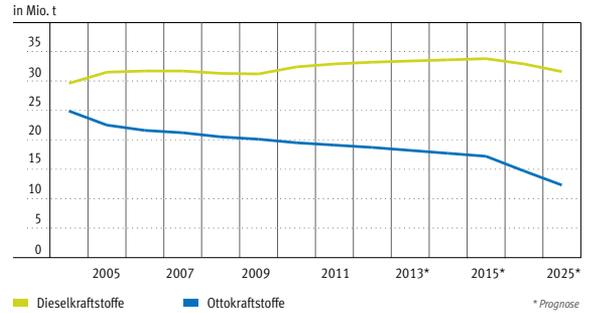
Entwicklung Biokraftstoffe



Quelle: BAFA, BMF, FNR (August 2013)

© FNR 2013

Entwicklung Kraftstoffverbrauch bis 2025

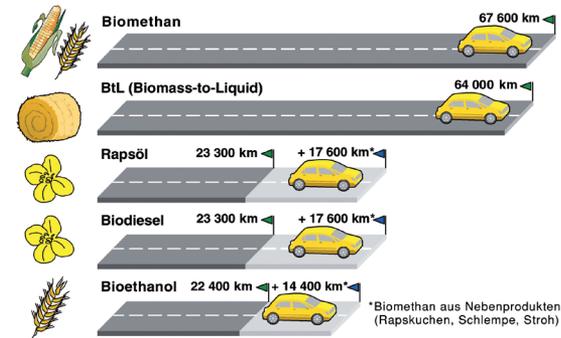


Quelle: BAFA, MWV, FNR

© FNR 2011

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 [l/ha]	erforderliche Biomasse pro Liter Kraftstoff [kg/l]
Rapsöl	3,5	1.590	2,2
Palmöl	20,0	4.440	4,5
Sojaöl	2,9	640	4,6
Jatropha	2,5	610	4,1

Quelle: Me6, FNR

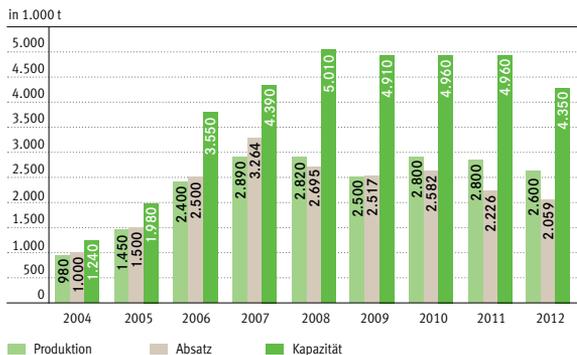
FM: Frischmasse

Biodieselsatz

Absatz in 1.000 Tonnen	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Beimischung	1.423	1.613	2.191	2.236	2.129	1.928
Reinkraftstoffe	1.895	1.082	241	293	97	131
Absatz gesamt	3.318	2.695	2.431	2.529	2.226	2.059

Quelle: BAFA, FNR

Entwicklung Biodiesel



Quelle: Ufop, VDB, BAFA, BMF, FNR (August 2013)

© FNR 2013

Bioethanol (Rohstoffe zur Herstellung)

Rohstoffe	Biomasseertrag (FM) [t/ha]	Bioethanol-ertrag [l/ha]	erforderliche Biomasse pro Liter Kraftstoff [kg/l]
Körnermais	9,0	3.740	2,4
Weizen	7,2	2.760	2,6
Roggen	4,9	2.030	2,4
Triticale	5,6	2.230	2,5
Zuckerrüben	70,0	7.540	9,3
Zuckerrohr	73,0	6.380	11,4
Stroh	7,0	2.310	3,0

Quelle: Me6, FNR

FM: Frischmasse

Bioethanolsatz

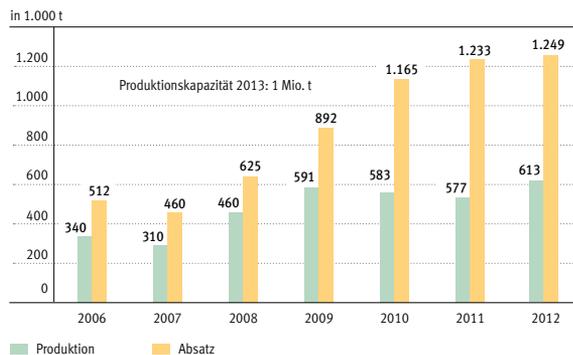
Absatz in 1.000 Tonnen	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ethanolanteil E 85*	5 (6)	7 (8)	7 (9)	15 (18)	16 (19)	17 (21)
Ethanol (BM)	88	251	687	1.028	1.054	1.090
ETBE** (BM)	366	367	198	122	162	142
Absatz gesamt	460	625	892	1.165	1.233	1.249

Quelle: BAFA, FNR

BM: Beimischung zum Ottokraftstoff;

* E 85: Bioethanolanteil 70–90 %; ** 47 % Ethanol und 53 % Isobuten

Entwicklung Bioethanol



Quelle: BAFA, BDBe (2013)

© FNR 2013

Pflanzenöle (Kraftstoffeigenschaften)

Pflanzenöl	Dichte (15 °C) [kg/l]	Heizwert [MJ/kg]	kin. Viskosität (40 °C) [mm ² /s]	Stockpunkt (°C)	Flammpunkt (°C)	Jodzahl
Anforderungen DIN 51605	0,910–0,925	min. 36	max. 36	–	min. 101	max. 125
Rapsöl	0,92	37,6	35	–2 bis –10	> 220	94 bis 113
Sonnenblumenöl	0,92	37,1	32	–16 bis –18	> 220	118 bis 144
Sojaöl	0,92	37,1	32	–8 bis –18	> 220	114 bis 138
Olivenöl	0,92	37,8	38	–5 bis –9	> 220	76 bis 90
Jatrophaöl	0,92	36,8	34	2 bis –3	> 220	102
Kokosöl	0,92	35,3	28	14 bis 25	> 220	7 bis 10
Palmöl	0,92	37,0	42	27 bis 43	> 220	34 bis 61
Leindotteröl	0,92	37,0	31	–11 bis –18	> 220	149 bis 155
Palmkernöl	0,93	35,5	24	20 bis 24	> 220	14 bis 22

Quelle: TFZ, ASG, FNR (geändert 2011)

Vergleich (de)zentraler Pflanzenölerzeugung

Ölgewinnung aus 1 t Rapssaat*		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]	1.387	1.718

Quelle: TFZ, FNR

* Ölgehalt der Saat 4,2 %

Entwicklung dezentraler Ölmühlen

Auslastung der dezentralen Ölmühlen 45 % in 2012

	2004 ^a	2006	2007 ^b	2008	2009 ^c	2010	2012
Anzahl der Ölmühlen	219	550	585	601	434	290	245 ^d
verarbeitete Rapssaat in 1.000 t	380	889	983	593	k. a.	348	266

Quelle: TFZ Umfragen

^a März 2004; ^b Aug. 2007; ^c Aug. 2009; ^d davon 44 Anlagen ausschließlich Speiseöl

Verwendung Pflanzenöl aus dezentralen Ölmühlen in %

	Rapsölkraftstoff*	Biodiesel	Futteröl	Speiseöl	techn. Öle
2007	58	38	3,4	0,3	0,7
2010	35	30	22	7	6
2012	19	17	20	30	14

Quelle: TFZ Umfragen

* mobil und stationär

Biomethan

Für die Nutzung von Biogas als Kraftstoff ist dessen Aufbereitung auf Erdgasqualität (Biomethan) erforderlich. In Deutschland fahren über 90.000 Erdgasfahrzeuge, denen ein Tankstellennetz von mehr als 900 Erdgastankstellen zur Verfügung steht.

Rohstofferträge zur Herstellung von Biomethan

Rohstoff- ertrag [t/ha] FM	Biogas- ausbeute [Nm ³ /t]	Methan- gehalt [%]	Methanausbeute	
			[Nm ³ /ha]	[kg/ha]
ca. 50*	ca. 200*	53	4.664	3.358

Quelle: FNR nach KTBL (2012)

* auf Basis von Silomais, mittleres Ertragsniveau; 12 % Lagerungsverluste;
Dichte Biomethan: 0,72 kg/m³

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 GH ₂	0,09 ^e	120,0	10,80 ^c	–	–	< 88	–	3,6 ^d

Quelle: FNR

^a Basis FF-Kraftstoffen; ^b bei 20 °C; ^c [MJ/m³]; ^d [kg]; ^e [kg/m³]; ^f Quelle: VTI; ^g bei 40 °C; ^h Lesebeispiel: 1 l Biodiesel entspricht 0,91 l Dieselmotorkraftstoff + 1 kg Bio-Wasserstoff entspricht 3,6 l Ottomotorkraftstoff (bei Nutzung über Brennstoffzelle 7 l)

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]	Kraftstoffertrag [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

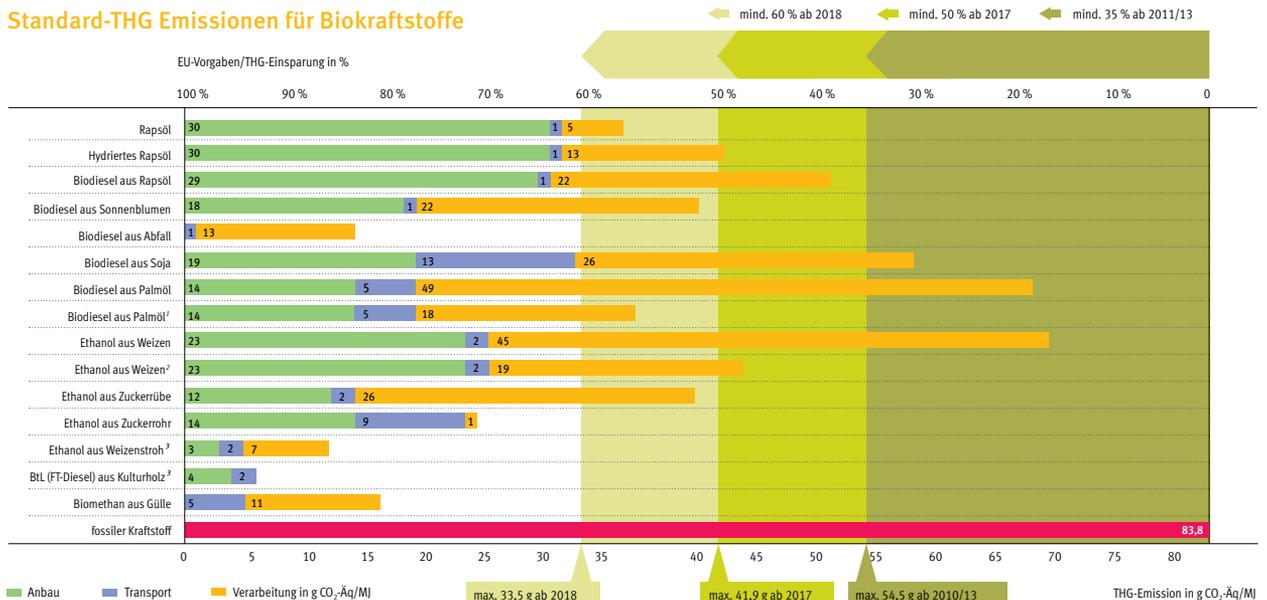
Rahmenbedingungen Biokraftstoffe

Die Erneuerbare-Energien-Richtlinie (Richtlinie 2009/28/EG)⁹ definiert verbindliche Ziele für Biokraftstoffe und regelt deren Nachhaltigkeit.

Nachhaltigkeit von Biokraftstoffen

Anforderungen zur Nachhaltigkeit von Biokraftstoffen und Strom aus flüssiger Biomasse gelten seit Jan. 2011. Die Kriterien sind in der Biokraftstoff- und Biostrom-Nachhaltigkeitsverordnung definiert. Biokraftstoffe müssen ab 2011 min. 35 % THG einsparen und weitere Nachhaltigkeitskriterien entlang der gesamten Herstellungs- und Lieferkette erfüllen.

Standard-THG Emissionen für Biokraftstoffe



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

⁹ mit Methanbindung; ² Erdgas-KWK; ³ künftige Biokraftstoffoptionen – Basis: geschätzte Standardwerte nach 2009/28/EG

EU-Ziel 2020:

Für alle EU-Mitgliedsstaaten gilt das verbindliche Ziel, in 2020 einen Mindestanteil von 10 % erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch im Verkehrssektor sicherzustellen.

Deutschland-Ziel 2020:

7 % THG-Einsparung durch 2020 in Verkehr gebrachte Biokraftstoffe – Basis sind Referenzwerte für Otto- und Dieselmotoren, 7 % THG-Reduktion entspricht einem Biokraftstoffanteil von etwa 10–12 % (BlmSchG: § 37 a, Abs. 3 a)

Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)

Jahr	Quote Dieselkraftstoff	Quote Ottokraftstoff	Gesamtquote	
2007	4,4 %	1,2 %	–	
2008		2,0 %	–	
2009		2,8 %	6,25 %	5,25 %
2010				
2011				
2012				
2013				
2014				
2015	Dekarbonisierung 3,0 %			
2017	Dekarbonisierung 4,5 %			
2020	Dekarbonisierung 7,0 %			

Quelle: FNR nach BImSchG

Für beigemischte und auf die Quote angerechnete Biokraftstoffe entfällt die Steuerentlastung – sie wird nur für besonders förderungswürdige Biokraftstoffe gewährt.

- Energiesteuer Dieselkraftstoff: 47,04 ct/l
- Energiesteuer Ottokraftstoff: 65,45 ct/l

Steuersätze für reine Biokraftstoffe nach Energiesteuergesetz (EnergieStG)

Jahr	Biodiesel [ct/l]	Pflanzenöl [ct/l]
2006 (August)	9,00	0,00
2007	9,00	2,15
2008	14,88	9,85
2009	14,29	18,15
2010–2012	18,60	18,46
2013–2014	45,03	45,03

Quelle: FNR nach EnergieStG

Der Einsatz von Biokraftstoffen in der Landwirtschaft ist steuerbefreit. Biomethan als Reinkraftstoff ist steuerbefreit bis 2015.

Besonders förderungswürdige Biokraftstoffe

- Ethanol mit einem Ethanolanteil von min. 70 % (V/V), z. B. E 85 (steuerbegünstigt hinsichtlich des Ethanolanteils)
- BtL und Ethanol aus Cellulose (steuerbefreit bis 2015)

Kraftstoff-Normung

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

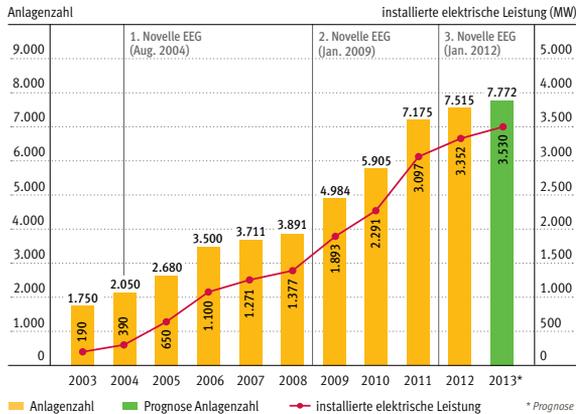
Kraftstoff	Norm	Erläuterung
Dieseldieselkraftstoff (B 7)	DIN EN 590	Dieseldieselkraftstoffe mit bis zu 7 % (V/V) Biodiesel (Stand: 05/2010)
Biodiesel (B 100)	DIN EN 14214	Fettsäure-Methylester (FAME) für Dieselmotoren (Stand: 04/2010)
Rapsölkraftstoff	DIN 51605	Rapsölkraftstoff für pflanzenöltaugliche Motoren (Stand: 09/2010)
Ottokraftstoff (E 5)	DIN EN 228	Unverbleite Ottokraftstoffe mit bis zu 5 % (V/V) Ethanol bzw. 15 % (V/V) ETBE (Stand: 09/2009)
Ethanol	DIN 15376	Ethanol als Blendkomponente in Ottokraftstoff (Stand: 04/2011)
Ottokraftstoff E 10	DIN 51626-1	Ottokraftstoff E 10 – mit bis zu 10 % (V/V) Ethanol (Stand: 04/2009)
Ethanol E 85	DIN 51625	– min. 75 % bis max. 86 % (V/V) Ethanol – Klasse A (Sommer) – min. 70 % bis max. 80 % (V/V) Ethanol – Klasse B (Winter) (Stand: 08/2008)
Erdgas & Biomethan	DIN 51624	Biomethan muss die Norm für Erdgas als Kraftstoff erfüllen – eine Mischung Biomethan-Erdgas ist in jedem Verhältnis möglich (Stand: 04/2009)

Quelle: FNR (2011)

V/V: Volumenprozent

BIOGAS

Bestandsentwicklung Biogasanlagen



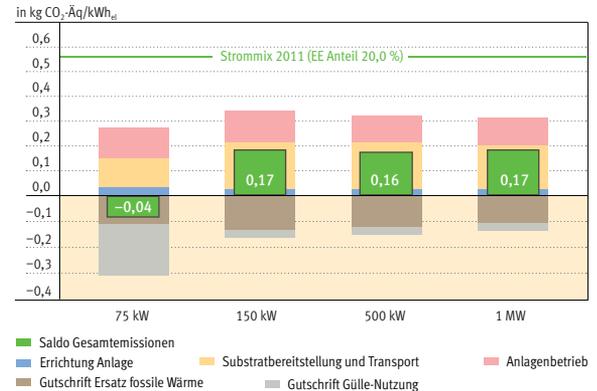
Quelle: FNR nach FvB (2013)

© FNR 2013

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.-%

Treibhausgasemissionen von Biogasanlagen im Vergleich zum deutschen Strommix

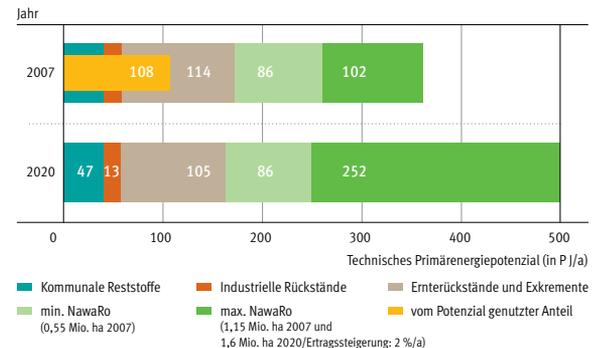


Quelle: KTBL (2011)

© FNR 2012

Weitere Erläuterungen unter Grafiken Biogas in mediathek.fnr.de

Technisches Primärenergiepotenzial für Biogas



Quelle: IE, DBFZ (2009)

© FNR 2011

Schematische Darstellung des Fermentationsprozesses



Wichtige Prozessgrößen bei der Biogasproduktion

Benötigtes Fermentervolumen [m³]
= tägl. Substratzugabe [m³/d] • mittlere Verweilzeit [d]

Hydraulische Verweilzeit [d]
HRT = $\frac{\text{Fermentervolumen [m}^3\text{]}}{\text{Substratzugabe [m}^3\text{/d]}}$

Raumbelastung [kg oTM/m³ • d]
 $B_R = \frac{\left(\frac{\text{zugeführte Substratmenge}}{\text{je Zeiteinheit [kg/d]}} \right) \cdot \left(\frac{\text{Konzentration}}{\text{org. Substanz [% oTM]} \right)}{\text{Fermentervolumen [m}^3\text{]} \cdot 100}$

Trockenmasse [kg]
TM = Frischmasse [kg] – Wasseranteil [kg]

organische Trockenmasse [kg]
oTM = Trockenmasse [kg] – Rohasche [kg]

Biogasertrag [m³]
= FM_{Substrat} [t] • TM [%] • oTM [%] • Ertrag [m³/t oTM]

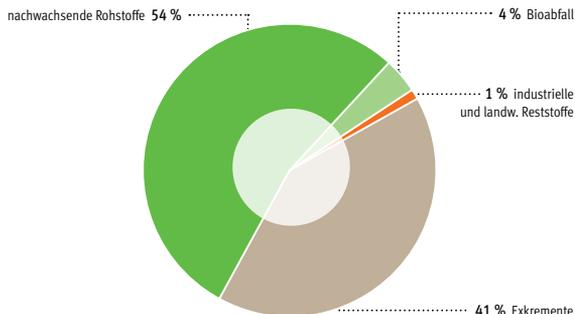
Welchen Energiegehalt hat Biogas?

Der Energiegehalt korreliert mit dem Methananteil im Biogas. Dieser kann abhängig von Substrat und Prozessablauf zwischen 50 und 75 % liegen. Ein Kubikmeter Methan hat einen Energiegehalt von rund 10 Kilowattstunden (9,97 kWh). Liegt der Methananteil im Biogas z.B. bei 55 %, so beträgt der energetische Nutzen von 1 m³ Biogas rund 5,5 kWh.

Heizwert: 5–7,5 kWh/m³ (abhängig vom Methan-Gehalt)
Durchschnitt: 6 kWh/m³ bzw. 21,6 MJ/m³

Heizöläquivalent: 1 m³ Biogas entspricht ca. 0,6 l Heizöl

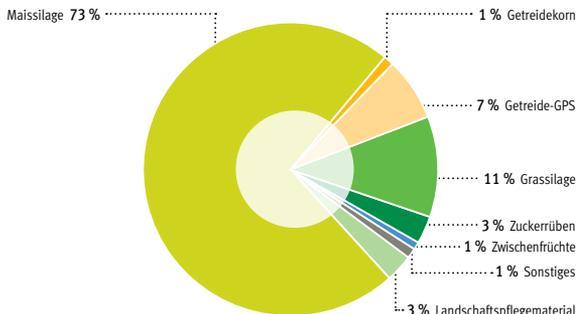
Massebezogener Substrateinsatz in Biogasanlagen 2012



Quelle: DBFZ-Betreiberumfrage (2013)

© FNR 2013

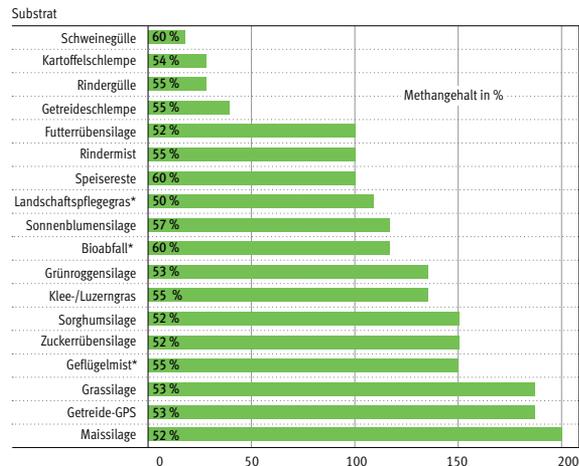
Nachwachsende Rohstoffe in Biogasanlagen – Massebezogener Substrateinsatz 2012



Quelle: DBFZ-Betreiberumfrage (2013)

© FNR 2013

Gasausbeuten verschiedener Substrate



* varierend nach TM-Gehalt bzw. Zusammensetzung

Quelle: KTBL (2010)

© FNR 2013

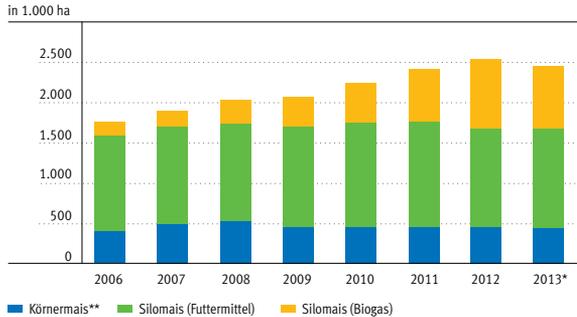
Anbau von verschiedenen Energiepflanzen und deren theoretisches Strompotenzial (Angaben je Hektar)

Energiepflanze	Ernteertrag [t FM]	Methanertrag [Nm³]	Stromertrag [kWh]	Anzahl Haushalte
Maissilage	50	4.664	17.257	4,8
Zuckerrüben	55	3.960	14.652	4,1
Getreide-GPS	40	3.696	13.675	3,8
Sudangras	55	3.388	12.536	3,5
Grassilage	36	3.105	11.487	3,2

Quelle: FNR nach KTBL (2012)

Annahmen: mittleres Ertragsniveau, 1,2 % Lagerungsverluste (außer Zuckerrüben); BHKW-Wirkungsgrad 37 %; Stromverbrauch 3.600 kWh/a • Haushalt

Entwicklung der Maisanbaufläche



* Prognose; ** ca. 85 % Futtermittel, 6 % Industrie (Stärke), 5 % Energie (Ethanol), 3 % Verluste, 1 % Saatgut

Quelle: Stat. Bundesamt, DMK, ZMP, AFC, FNR

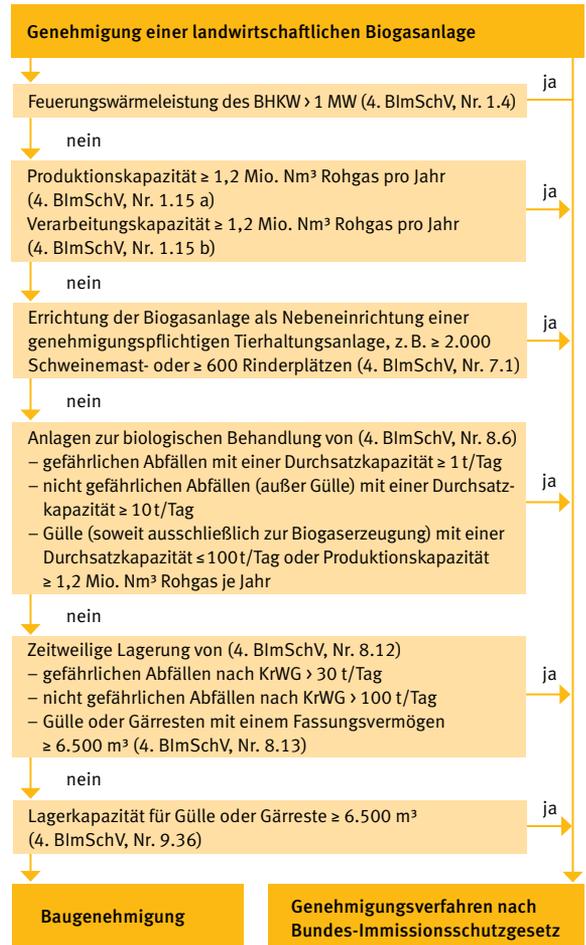
© FNR 2013

Vorschriften für die Ausbringung von Gärrückständen

Gärrückstand aus	Ausbringung auf hofeigenen Flächen	Ausbringung auf fremden Flächen
Wirtschaftsdünger	DüV, KrWG, ggf. BioAbfV	DüV, KrWG, ggf. BioAbfV, WDüngV
Nachwachsenden Rohstoffen	DüV	DüV, DüMV
Pflanzlichen Abfällen aus dem Betrieb	DüV	DüV, DüMV
Bioabfällen nach BioAbfV und DüMV	BioAbfV, DüV	BioAbfV, DüV, DüMV
Speiseabfällen und anderen Stoffen nach EU 1069/2009	BioAbfV, TierNebG, DüV, EU 142/2011	DüV, DüMV, TierNebG, EU 142/2011
Klärschlamm und Wirtschaftsdünger oder Bioabfällen nach BioAbfV, Anh. 1	AbfklärV, DüV	AbfklärV, DüV, DüMV

Quelle: aid infodienst e.V.

Rechtliche Rahmenbedingungen



Quelle: FNR 2013

kein Anspruch auf Vollständigkeit

BIOENERGIE

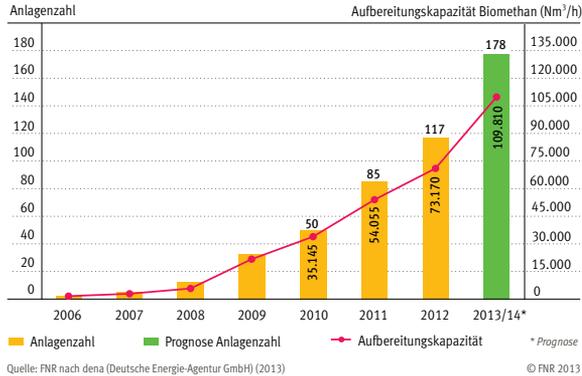
FESTBRENNSTOFFE

BIOKRAFTSTOFFE

BIOGAS

ANHANG

Biogasanlagen zur Biomethan-Produktion



Verfahrensschritte zur Biogasaufbereitung



Kennwerte verschiedener Biogasaufbereitungsverfahren

	Druckwechsel-adsorption PSA	Druckwasser-wäsche DWW	Physikalische Absorption*	Chemische Absorption*	Membranverfahren	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	na	nein	nein
Chemikalienbedarf	nein	nein	ja	na	nein	nein

Quelle: Fraunhofer IWES nach DWA (2011)

* mit organischen Lösungsmitteln

Faustzahlen

1 m ³ Biogas	5,0–7,5 kWh _{gesamt}
1 m ³ Biogas	50–75 % Methangehalt
1 m ³ Biogas	1,9–3,2 kWh _{el}
1 m ³ Biogas	ca. 0,6 l Heizöl Äquiv.
1 m ³ Methan	9,97 kWh _{gesamt}
1 m ³ Methan	3,3–4,3 kWh _{el}
1 m ³ Methan	1 l Heizöl Äquiv.
BHKW Wirkungsgrad _{el}	33–45 %
BHKW Wirkungsgrad _{th}	35–56 %
BHKW Wirkungsgrad _{gesamt}	ca. 85 %
BHKW-Laufzeit	7.900–8.200 Betriebsstunden/a
Mikrogasturbine Wirkungsgrad _{el}	26–33 %
Brennstoffzellen Wirkungsgrad _{el}	40–55 %
Strombedarf Biogasanlage (BGA)	5–20 %
Wärmebedarf BGA	5–25 %
Arbeitsbedarf BGA	4–10 Akh/kW _{el} • a
Optimaler FOS/TAC-Bereich	< 0,8
Foliendurchlässigkeit	1–1,5 ‰ Biogas/Tag
Betriebsstörungen BGA pro Jahr	1,2 je 10 kW _{el}
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 bis 500 kW _{el}	ca. 4.500 €/kW _{el}

BGA 1 MW _{el}	ca. 3.500 €/kW _{el}
Biogasaufbereitungsanlage 500 Nm ³ /h	ca. 7.500 €/Nm ³ • h
ORC-Anlage 75 kW _{el}	ca. 4.000 €/kW _{el}
Mikrogasturbine 65 kW _{el}	ca. 2.000 €/kW _{el}
Kosten Biomethanproduktion 500 Nm ³ /h	7,8–8,4 ct/kWh
Kosten Biomethanproduktion 2.000 Nm ³ /h	6,4–7,0 ct/kWh
Biogaserträge in der Landwirtschaft	
Milchkuh: 20 m ³ Gülle/a	500 Nm ³ Biogas
Schwein: 1,5–6 m ³ Gülle/a	42–168 Nm ³ Biogas
Rind: 3–11 t Festmist/a	240–880 Nm ³ Biogas
Pferd: 8 t Festmist/a	504 Nm ³ Biogas
100 Hühner: 1,8 m ³ Trockenkot/a	252 Nm ³ Biogas
Silomais: 40–60 t FM/ha*	7.040–10.560 Nm ³ Biogas
Zuckerrüben: 40–70 t FM/ha	5.200–9.100 Nm ³ Biogas
Getreide-Ganzpflanzensilage (GPS): 30–50 t FM/ha*	5.016–8.360 Nm ³ Biogas
Gras: 26–43 t FM/ha*	4.118–6.811 Nm ³ Biogas
Beispiel jährlicher Substratbedarf Biogasanlage 350 kW _{el}	5.500 t Maissilage (125 ha)
	3.000 t Rindergülle (150 Milchkühe)
	1.000 t Getreide-GPS (28,5 ha)

Quelle: FNR nach KTBL, Leitfaden Biogas, Fraunhofer-IMES, DBFZ

* 12 % Silienerluste berücksichtigt

ANHANG

Vergütung für Biomasse-/Biogasanlagen (EEG 2012)

[in ct/kWh]

		Vergütung ct/kWh	
		2013 ⁹	2014 ⁹
Grundvergütung^{1,3}			
	bis 150 kW _{el}	14,01	13,73
	> 150 kW _{el} , bis 500 kW _{el}	12,05	11,81
	> 500 kW _{el} , bis 5 MW _{el} ⁸	10,78	10,56
	> 750 kW _{el} , bis 5 MW _{el}	10,78	10,56 ⁸
	> 5 MW _{el} , bis 20 MW _{el} ⁸	5,88	5,76 ⁸
Sondervergütung²			
	bis 75 kW _{el}	24,50	24,01
Rohstoffvergütung³			
Einsatzstoff- vergütungskategorie I	bis 500 kW _{el}	6/6 ⁴	6/6 ⁴
	> 500 kW _{el} , bis 750 kW _{el}	5/2,5 ⁴	5/2,5 ⁴
	> 750 kW _{el} , bis 5 MW _{el}	4/2,5 ⁴	4/2,5 ⁴
Einsatzstoff- vergütungskategorie II	bis 500 kW _{el}	8	8
	> 500 kW _{el} , bis 5 MW _{el}	8/6 ⁵	8/6 ⁵
Gasaufbereitungsbonus⁶			
	bis 700 Nm ³	2,94	2,88
	bis 1.000 Nm ³	1,96	1,92
	bis 1.400 Nm ³	0,98	0,96
Bioabfallvergärung⁷			
	bis 500 kW _{el}	15,68	15,37
	> 500 kW _{el} , bis 20 MW _{el}	13,72	13,45

Quelle: EEG 2012

Angaben sind rechtsverbindlich

¹ einschließlich Wärmenutzungsverpflichtung, d. h. mindestens 60 % des in der Anlage erzeugten Stroms muss in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt werden und die Wärme muss gemäß Vorgaben von Anlage 2 des EEG genutzt werden – Ausnahmen: Anlagen mit ≥ 60 Masse % Gülleinsatz oder Teilnahme an der Direktvermarktung

² Güllekleinanlagen, Einsatz von ≥ 80 Masse % Gülle/Mist (ohne Geflügelmist/Hühnertrockenkot)

³ Grund- und Rohstoffvergütung nur bei Einsatz von ≤ 60 Masse % Mais und Getreidekorn

⁴ Rinden und Waldrestholz

⁵ für Gülle/Mist 6 ct/kWh bei Anlagen > 500 kW bis 5 MW

⁶ 700 Nm³/ha (ca. 2,8 MW_{el}), 1.000 Nm³/h (ca. 4,0 MW_{el}), 1.400 Nm³/h (ca. 5,5 MW_{el}) – Voraussetzungen: Methanemissionen ≤ 2 %; Stromverbrauch Aufbereitung max. 0,5 kWh/Nm³; Prozesswärme zur Aufbereitung nicht aus zusätzlicher fossiler Energie

⁷ ≥ 90 Masse % Bioabfälle gemäß Bioabfallverordnung, mit Einrichtung zur Nachrotte und stofflicher Verwertung der Gärreste

⁸ ab 2014 für Neuanlagen > 750 kW_{el} Vergütung nur noch über Direktvermarktung, dargestellte Vergütungssätze bilden Grundlage für Berechnung der Marktprämie

⁹ jährliche Degression von 2 % auf Grundvergütung und Boni, nicht auf Rohstoffvergütung

Marktberichte und Preise für Brennstoffe und Biomasse

Bioenergie	http://mediathek.fnr.de
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 Energieeinheiten

	MJ	kWh	m ³ Erdgas
1 MJ	1	0,278	0,032
1 kWh	3,6	1	0,113
1 kg SKE	29,31	8,14	0,924
1 kg RÖE	41,87	11,63	1,319
1 m ³ Erdgas	31,74	8,82	1

	m ³	l	Barrel	Gallone
1 m ³	1	1.000	6,3	264
1 l	0,001	1	0,0063	0,26
1 Barrel	0,159	159	1	42
1 Gallone	0,0038	3,79	0,0238	1

SKE: Steinkohleeinheiten; RÖE: Rohöleeinheiten

Vorzeichen für Energieeinheiten

Vorsatz	Vorsatzzeichen	Faktor	Zahlwort
Deka	Da	10	Zehn
Hekto	h	10 ²	Hundert
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

<http://bioenergie.fnr.de>

Daten und Fakten zum Thema Bioenergie

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

Wege zum Bioenergieort

www.wege-zum-bioenergieort.de

Bioenergie-Regionen

www.bioenergie-regionen.de

IMPRESSUM

Herausgeber

Fachagentur Nachhaltige Rohstoffe e. V. (FNR)
www.fnr.de

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

Bilder

Dr. H. Hansen, 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 2013

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.nachwachsende-rohstoffe.de
www.fnr.de

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier
mit Farben auf Pflanzenölbasis

Bestell-Nr. 469
FNR 2013