

bioenergie.fnr.de

# BASISDATEN BIOENERGIE DEUTSCHLAND 2021



FESTBRENNSTOFFE  
BIOKRAFTSTOFFE  
BIOGAS

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

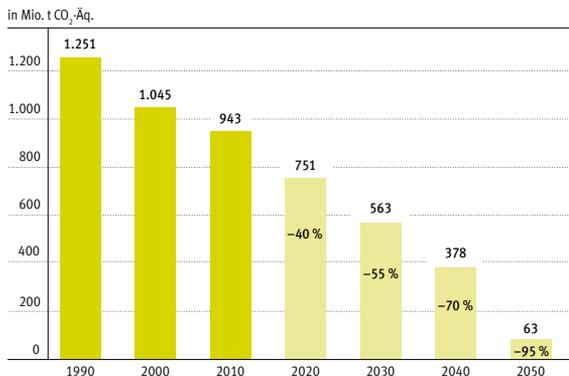
# KLIMASCHUTZ

## Ziele der Bundesregierung für Erneuerbare Energien

Anteil erneuerbarer Energien	Ist	Ziele		
	2019	2020	2030	2050
Bruttoendenergieverbrauch	17,5%	18%	30%	60%
Bruttostromverbrauch	42,1%	≥ 35%	65%	≥ 80%
Endenergieverbrauch Wärme und Kälte	14,5%	14%	27%	–
Endenergieverbrauch Verkehr	5,6%	10%	27%	–

Quelle: AGEE-Stat (Februar 2020), NECP (Juni 2020), UBA (März 2020)

## Treibhausgas-Emissionen Deutschland

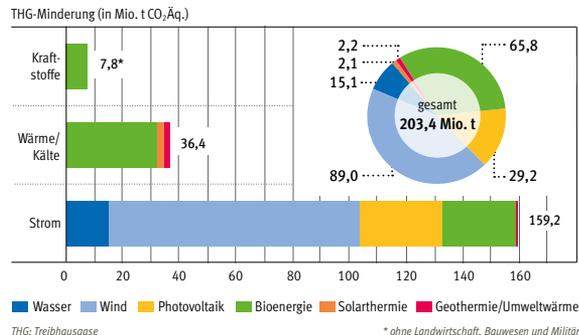


Schätzung 2019: 805 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq.; Ziele Treibhausgas-Reduktion (in %) in Bezug auf das Basisjahr 1990

Quelle: UBA (März 2020), Energiekonzept der Bundesregierung 2010

© FNR 2020

## Reduktion von Treibhausgas-Emissionen durch erneuerbare Energien 2019



THG: Treibhausgase

\* ohne Landwirtschaft, Bauwesen und Militär

Quelle: BMWi, AGEE-Stat nach EU-RL 2009/28/EG (Februar 2020)

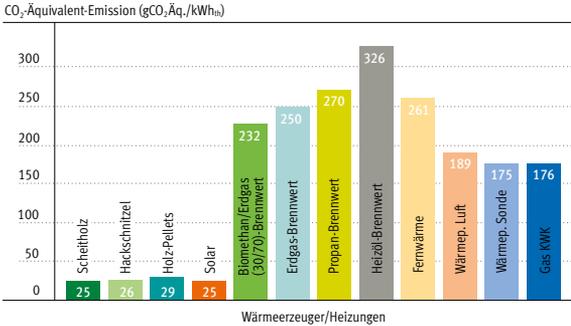
© FNR 2020

## THG-Vermeidung durch Bioenergie 2019

	THG Vermeidung in 1.000 t CO <sub>2</sub> -Äq			
	Strom	Wärme	Kraftstoffe	gesamt
feste Bioenergieträger	11.409	28.243	k. A.	39.652
flüssige Bioenergieträger	210	505	7.641	8.356
Biogas	14.222	3.424	124	17.770
<b>gesamt</b>	<b>25.841</b>	<b>32.172</b>	<b>7.765</b>	<b>65.778</b>

Quelle: FNR nach AGEE-Stat (Februar 2020)

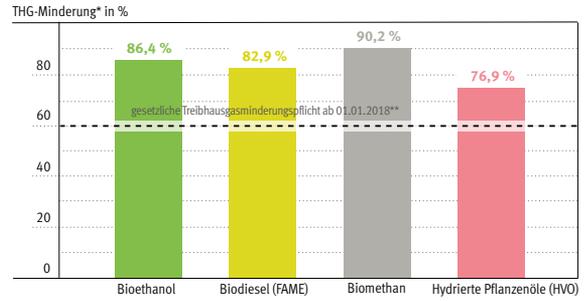
## Klimagasemissionen der Wärmebereitstellung



Quelle: IER Universität Stuttgart 2018 (gemäß GEMIS, Version 4.95, IFEU)

© FNR 2019

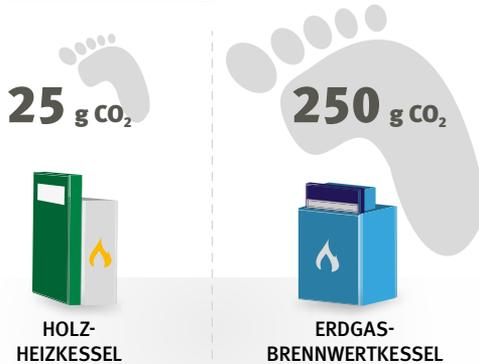
## Treibhausgas-Einsparung von Biokraftstoffen 2018



Quelle: BLE (2019)

© FNR 2019

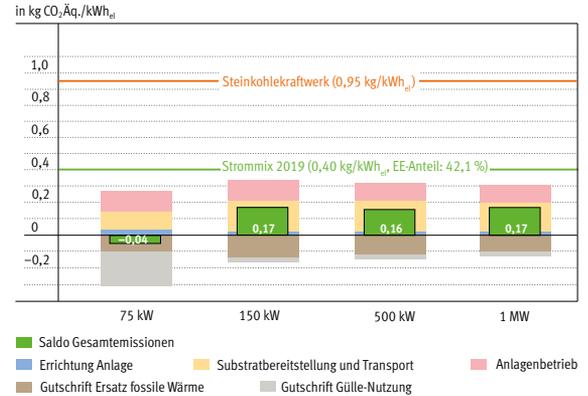
## KLIMAFREUNDLICH HEIZEN MIT HOLZ



Treibhausgas-Emissionen als CO<sub>2</sub>-Äquivalente je erzeugter Kilowattstunde Wärme  
Quelle: IER Universität Stuttgart 2018 (gemäß GEMIS, Version 4.95, IFEU)

© FNR 2020

## THG-Emissionen von Biogasanlagen im Vergleich zum deutschen Strommix



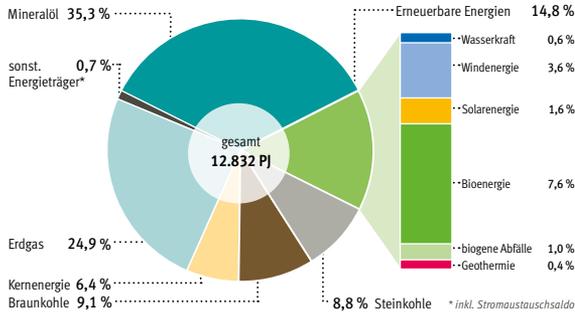
Quelle: KTBL (2011), UBA, AGEES-Stat (2020)

© FNR 2020

Weitere Erläuterungen unter Grafiken Biogas in mediathek.fnr.de

# ERNEUERBARE ENERGIEN (BIOENERGIE)

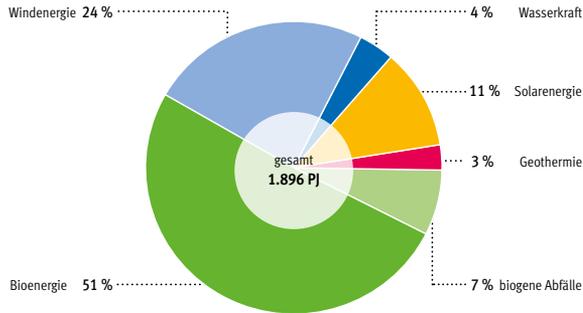
## Primärenergieverbrauch 2019



Quelle: FNR nach AGEB, AGEE-Stat (März 2020)

© FNR 2020

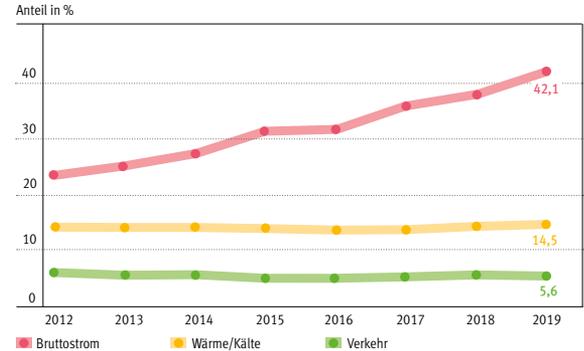
## Primärenergieverbrauch erneuerbarer Energieträger 2019



Quelle: FNR nach AGEE-Stat/AGEB (März 2020)

© FNR 2020

## Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch

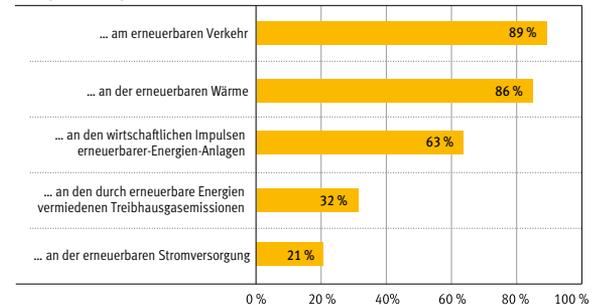


Quelle: BMWi, AGEE-Stat (Februar 2020)

© FNR 2020

## Bioenergie – Starker Pfeiler für Klimaschutz und Energiewende

### Beitrag der Bioenergie



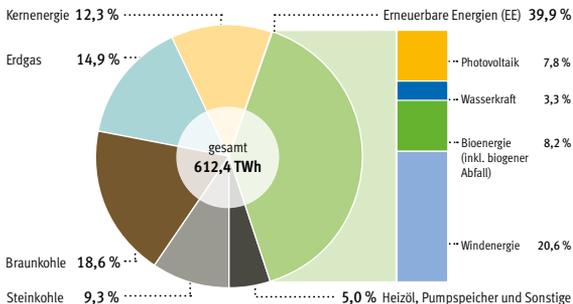
Zahlen für Deutschland 2019

Quelle: BMWi, AGEE-Stat (Februar 2020)

© FNR 2020

## Brutto-Stromerzeugung 2019

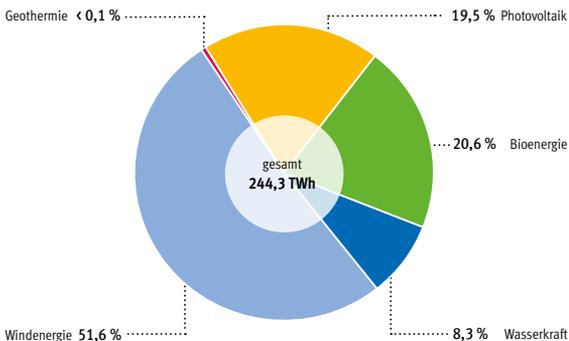
Bruttostromerzeugung 2019: 612,4 Mrd. kWh (612,4 TWh) – Anteil EE: 39,9%  
 Bruttostromverbrauch 2019: 579,8 Mrd. kWh (579,8 TWh) – Anteil EE: 42,1%  
 (Differenz: Stromexport-Saldo 2019: 32,6 TWh)



Quelle: FNR nach AGEF (Februar 2020)

© FNR 2020

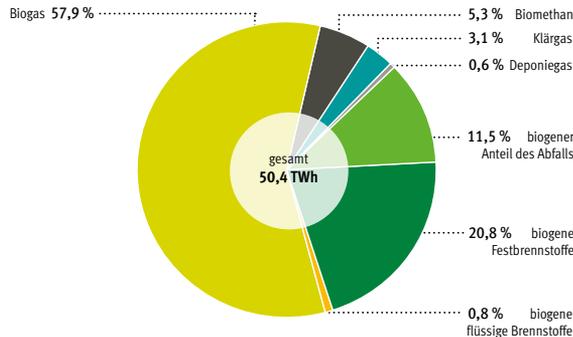
## Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien 2019



Quelle: BMWi, AGEE-Stat (Februar 2020)

© FNR 2020

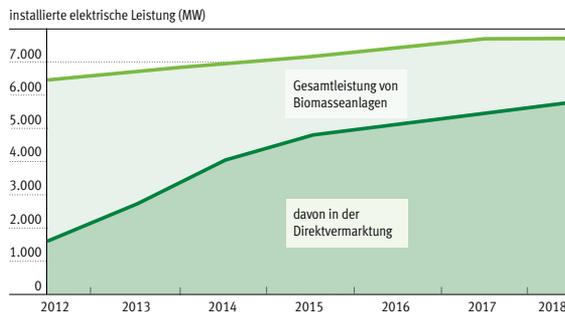
## Stromerzeugung aus Biomasse 2019



Quelle: BMWi, AGEE-Stat (Februar 2020)

© FNR 2020

## Biomassestrom in der Direktvermarktung

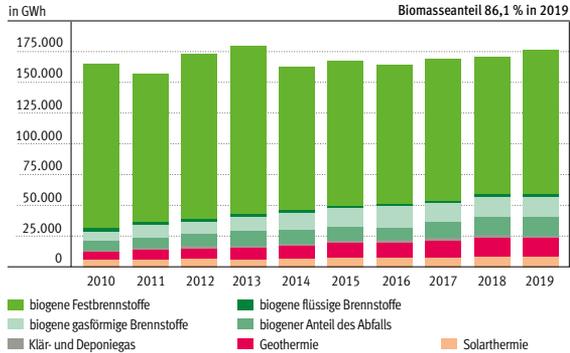


Quelle: Fraunhofer IWES, www.netztransparenz.de, AGEE-Stat (2018)

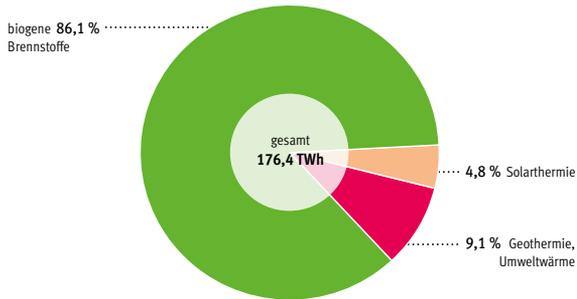
© FNR 2018

## Entwicklung der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien

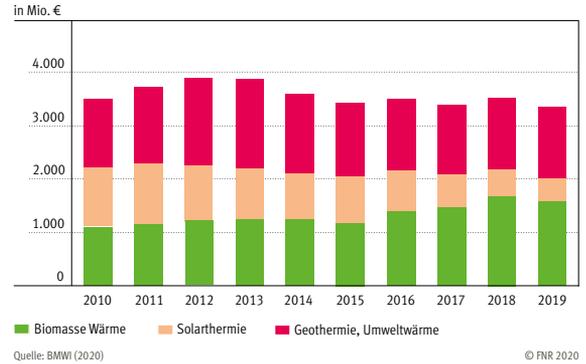
176 TWh in 2019 davon 86 % bzw. 152 TWh aus Biomasse



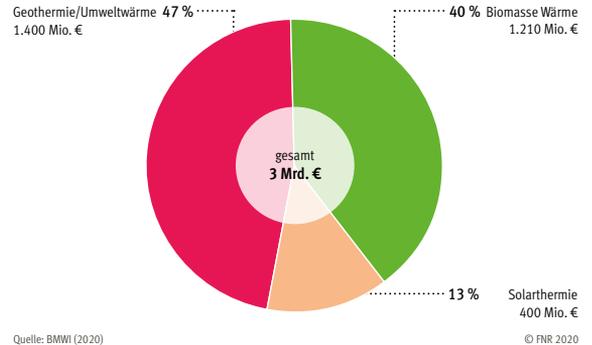
## Erneuerbare Wärme 2019



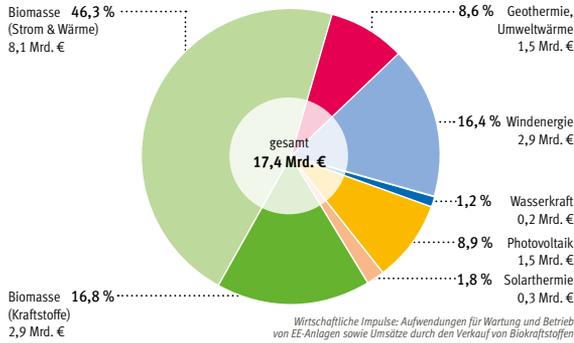
## Investitionen in Anlagen für erneuerbare Wärme



## Investitionen in Anlagen für erneuerbare Wärme 2019



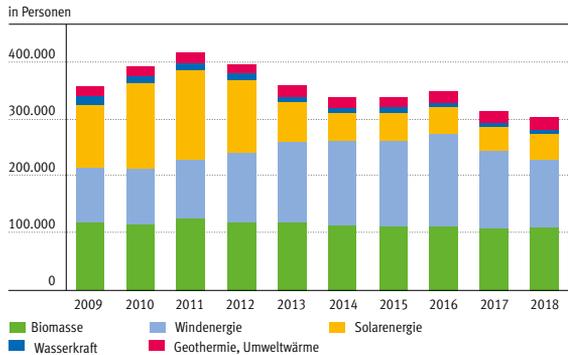
## Wirtschaftliche Impulse aus dem Betrieb von Erneuerbare-Energien-Anlagen 2019



Quelle: BMWi, AGEE-Stat (Februar 2020)

© FNR 2020

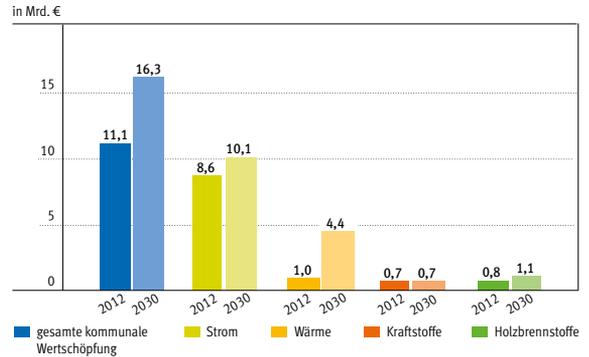
## Entwicklung Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien



Quelle: DIW/DLR (2020)

© FNR 2020

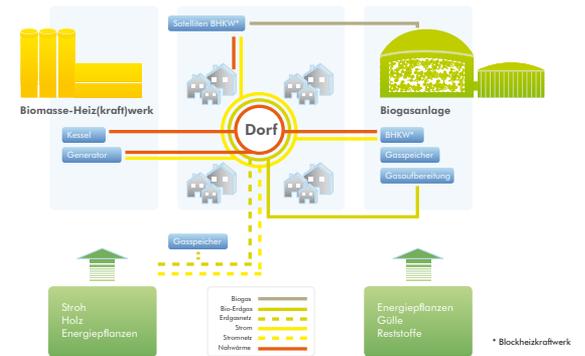
## Kommunale Wertschöpfung durch erneuerbare Energien 2012–2030



Quelle: IÖW (September 2014)

© FNR 2018

## Stoffströme im Bioenergiesiedorf

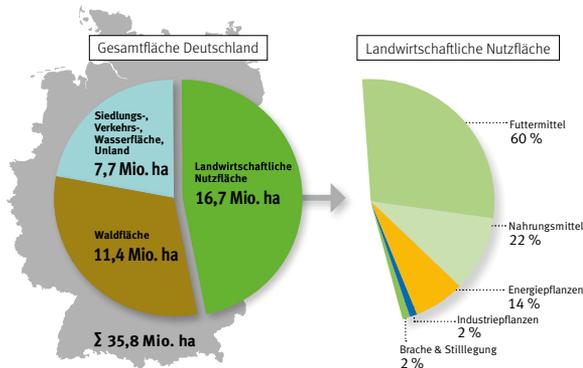


Quelle: FNR (2012)

© FNR 2018

# FLÄCHENNUTZUNG

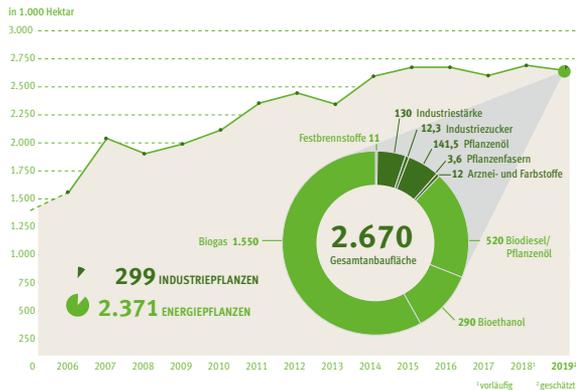
## Flächennutzung in Deutschland



Quelle: FNR nach Statistischem Bundesamt, BMEL (2019)

© FNR 2020

## Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland



Quelle: FNR, BMEL (2020)

© FNR 2020

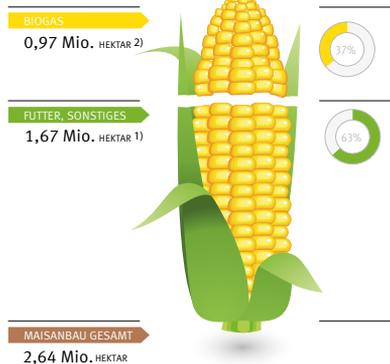
## Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland für die Jahre 2017–2019 (in Hektar)

Pflanzen	Rohstoff	2017	2018*	2019**
Industriepflanzen	Industriestärke	129.000	125.000	130.000
	Industriezucker	11.000	12.300	12.300
	technisches Rapsöl	157.000	138.000	130.000
	technisches Sonnenblumenöl	11.030	7.010	8.060
	technisches Leinöl	4.600	3.800	3.400
	Pflanzenfasern	2.200	3.160	3.550
	Arznei- und Farbstoffe	12.000	12.000	12.000
	<b>Summe Industriepflanzen</b>		<b>327.000</b>	<b>301.000</b>
Energiepflanzen	Rapsöl für Biodiesel/ Pflanzenöl	720.000	589.000	520.000
	Pflanzen für Bioethanol	259.000	266.000	290.000
	Pflanzen für Biogas	1.390.000	1.560.000	1.550.000
	Pflanzen für Festbrennstoffe	11.000	11.200	11.200
	<b>Summe Energiepflanzen</b>		<b>2.380.000</b>	<b>2.426.000</b>
<b>Gesamtanbaufläche NawaRo</b>		<b>2.678.000</b>	<b>2.727.000</b>	<b>2.670.000</b>

Quelle: FNR, BMEL (2020)

\*vorläufige Werte; \*\*geschätzte Werte; Werte gerundet auf signifikante Stellen, Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Runden der Zahlen

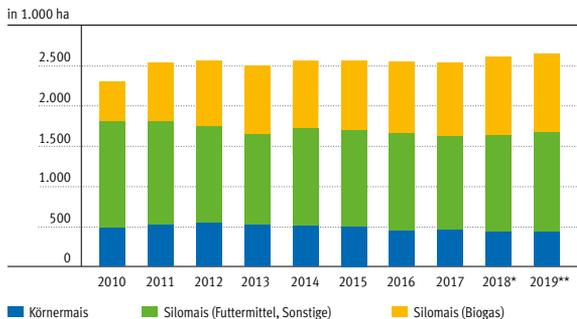
## Maisanbau (Anbaujahr 2019)



Quelle: 1) Statistisches Bundesamt (2019), 2) FNR

© FNR 2020

## Entwicklung der Maisanbaufläche

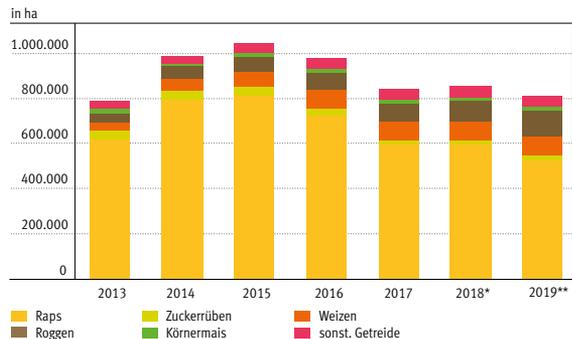


\* vorläufig, \*\* geschätzt

Quelle: FNR nach Stat. Bundesamt, DMK, BD9e, B1E, VDGS

© FNR 2020

## Entwicklung Energiepflanzenanbau für Biokraftstoffe

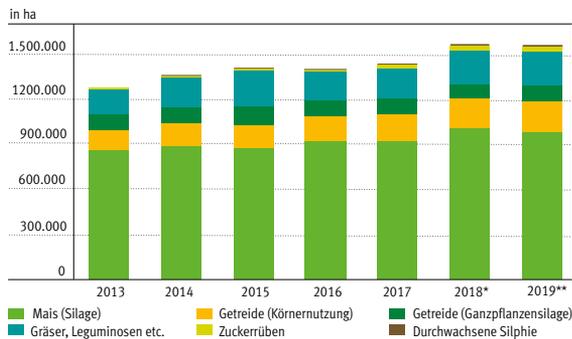


\* vorläufig, \*\* geschätzt

Quelle: FNR, BMEL (2020)

© FNR 2020

## Entwicklung Energiepflanzenanbau für Biogas



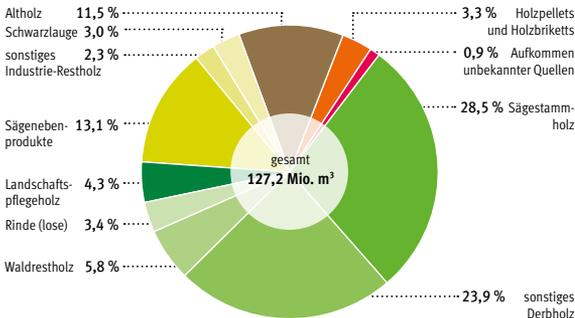
\* vorläufig, \*\* geschätzt

Quelle: FNR, BMEL (2020)

© FNR 2020

# FESTBRENNSTOFFE

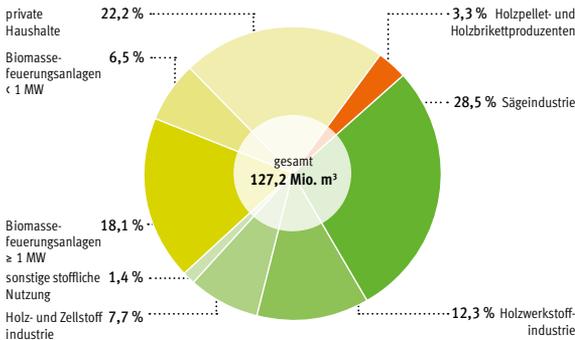
## Aufkommen der verwendeten Holzrohstoffe 2016



Quelle: INFRO e.K. (2018)

© FNR 2018

## Verwendung der Holzrohstoffe nach Nutzergruppen 2016

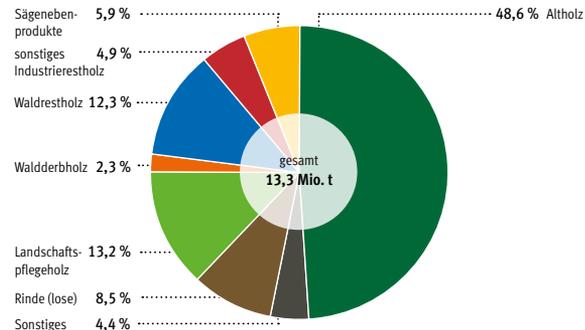


Quelle: INFRO e.K. (2018)

© FNR 2018

## Holzverwendung in Großfeuerungsanlagen

Anlagen: ≥ 1 MW

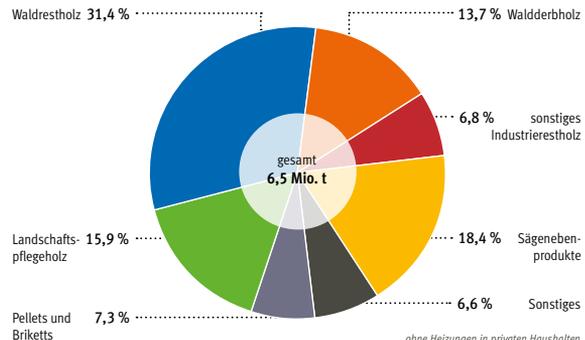


Quelle: INFRO e.K. (2018)

© FNR 2018

## Holzverwendung in Kleinfeuerungsanlagen

Anlagen: 16 kW – < 1 MW

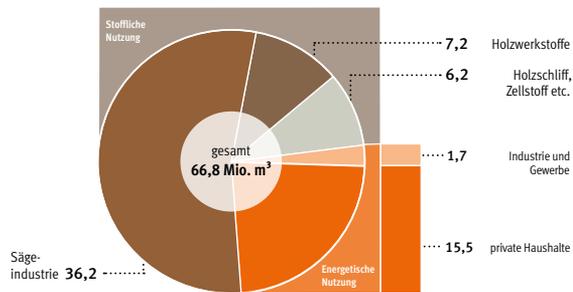


Quelle: INFRO e.K. (2018)

ohne Heizungen in privaten Haushalten

© FNR 2018

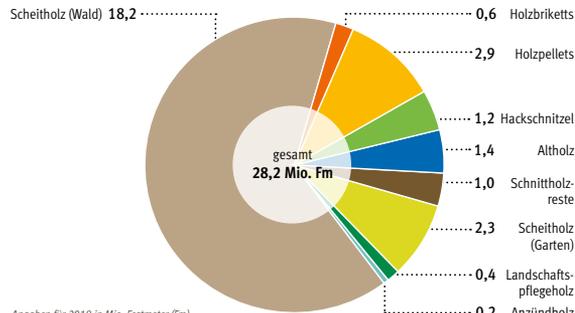
## Verwendung von Waldholz 2016



Quelle: Mantau (2018)

© FNR 2020

## Energieholzeinsatz in privaten Haushalten

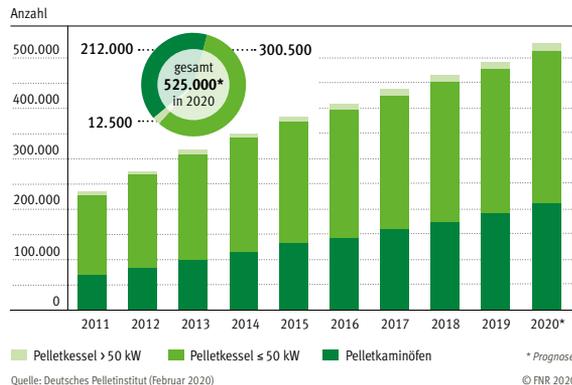


Angaben für 2018 in Mio. Festmeter (Fm)

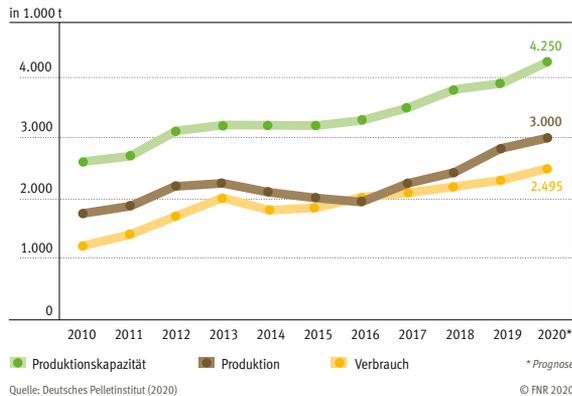
Quelle: INFRO (2020)

© FNR 2020

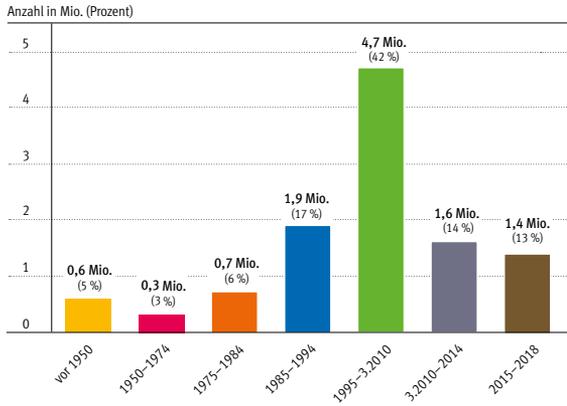
## Holzpelletfeuerungen in Deutschland



## Holzpellets – Produktion und Verbrauch



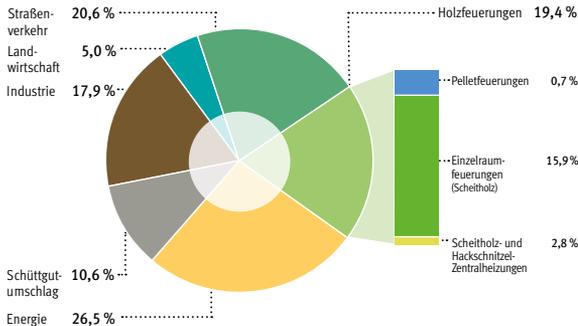
## Einzelraumfeuerstätten – Anlagenbestand nach Errichtungszeitraum



Quelle: ZIV Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks (2019)

© FNR 2020

## Feinstaubemissionen (PM 2,5)



Quelle: Deutsches Pelletinstitut GmbH nach Umweltbundesamt 2019, Daten für 2017

© FNR 2020

## Heizwertbezogene Äquivalentpreise v. 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	67
1,0	500	191	75
1,1	550	210	82
1,2	600	229	89

Quelle: FNR (2016)

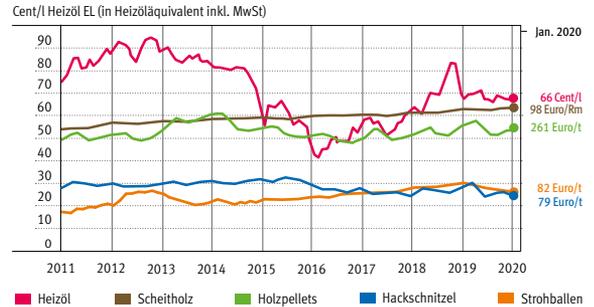
Die Brennstoffpreise werden mit Bezug auf den unteren Heizwert verglichen.

## Staubfilter-Nachrüstung oder Außerbetriebnahme von Einzelraumfeuerstätten für feste Brennstoffe

(gem. Übergangsregelung § 26, 1. BImSchV)

Datum auf dem Typenschild	Zeitpunkt der Nachrüstung oder Außerbetriebnahme
1. Januar 1985 bis 31. Dezember 1994	31. Dezember 2020
1. Januar 1995 bis 21. März 2010	31. Dezember 2024

## Energiepreisentwicklung



Quelle: FNR nach TEZ, AMI (2020)

© FNR 2020

## Allgemeine Umrechnungsfaktoren für Holzmengen (Faustzahlen)

	t <sub>atro</sub>	Fm	Rm	Srm
1 t <sub>atro</sub>	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

### Abkürzungen

**atro:** absolut trocken (0 % Wassergehalt)

**Fm:** (Festmeter) In der Forst- und Holzwirtschaft übliche Benennung für 1 m<sup>3</sup> Holz ohne Zwischenräume.

**Rm:** (Raummeter) In der Forst- und Holzwirtschaft übliche Benennung für 1 m<sup>3</sup> geschichtetes Holz unter Einschluss der Luftzwischenräume.

**Srm:** (Schüttraummeter oder -kubikmeter) Raummeter geschütteter Holzteile (z. B. Hackschnitzel).

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

## Holzpellet-Lagerbedarf Kalkulation für ein Einfamilienhaus Neubau 150 m<sup>2</sup>

Endenergiebedarf Heizung:	100 kWh/m <sup>2</sup> /a
Endenergiebedarf Warmwasser:	50 kWh/m <sup>2</sup> /a
Wärmebedarf in kWh/Jahr:	(100 + 50) • 150 = 22.500
Holzpelletbedarf in kg:	22.500 : 4 = 5.625 (= 5,625 t)
Lagerbedarf in m <sup>3</sup> :	5,625 • 2 = 11,25

Quelle: DEPI (2015)

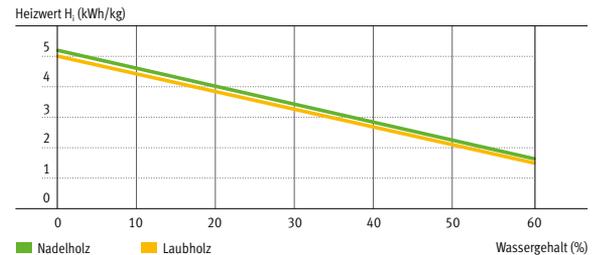
## Wassergehalt und Holzfeuchte

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

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

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

## 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 <sub>i</sub> (w = 15 %) in MJ/kg	Brutto- jahresbrenn- stoffertrag in Gj/(ha · a)	Heizöl- äquivalent in l/(ha · a)
<b>Reststoffe</b>				
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
<b>Energiepflanzen</b>				
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 <sub>OE</sub>	kg/kg <sub>OE</sub>
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
Ethanol	0,79 kg/l	7,41	5,85	1,70	1,35
Holzpellets (w = 10 %)	664 kg/m <sup>3</sup>	5,00	3,32	3,00	1,99
Strohpellets (w = 10 %)	603 kg/m <sup>3</sup>	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 <sup>3</sup>	4,33	0,69	14,37	2,30
Getreide Ganzpflanze (w = 15 %)	150 kg/m <sup>3</sup>	3,92	0,59	16,96	2,54
Getreidestroh Großballen (w = 15 %)	140 kg/m <sup>3</sup>	3,96	0,55	17,98	2,52
Miscanthus Häckselgut (w = 15 %)	130 kg/m <sup>3</sup>	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)
<b>Scheitholz (geschichtet)*</b>							
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
<b>Holz hackschnitzel*</b>							
Buche, trocken	m <sup>3</sup>	15	295	15,3	4.503	1.251	125
Buche, beschränkt lagerfähig	m <sup>3</sup>	30	328	12,1	3.987	1.107	111
Fichte, trocken	m <sup>3</sup>	15	194	15,6	3.032	842	84
Fichte, beschränkt lagerfähig	m <sup>3</sup>	30	223	12,4	2.768	769	77
<b>Pellets</b>							
Holzpellets, nach Volumen	m <sup>3</sup>	8	650	17,1	11.115	3.088	309
Holzpellets, nach Gewicht	1 t	8	1.000	17,1	17.101	4.750	475
<b>Holzbrennstoffe nach Gewicht</b>							
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
<b>Biobrenn- und Biokraftstoffe</b>							
Rapsöl	m <sup>3</sup>	< 0,1	920	37,6	34.590	9.609	961
Biodiesel (Rapsölmethylester)	m <sup>3</sup>	< 0,03	880	37,1	32.650	9.093	909
Bioethanol	m <sup>3</sup>	< 0,3	789	26,8	21.140	5.870	588,9
Biogas	m <sup>3</sup>	2–7	1,2	15–22,5	18–27	5–7,5	0,6
Biomethan	m <sup>3</sup>	0	0,72	50	38,9	10,8	1

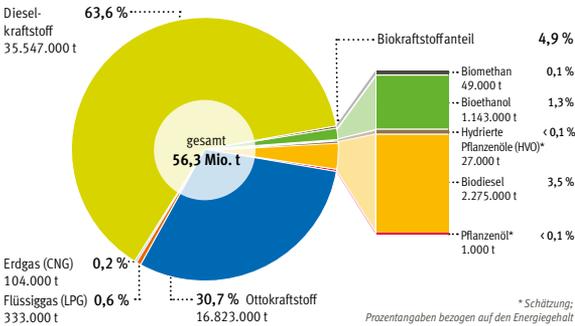
Quelle: KTBL (2013), FNR (2013) und eigene Berechnungen

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

# BIOKRAFTSTOFFE

## Kraftstoffverbrauch 2019

Biokraftstoffanteil: 4,9 % (energetisch)



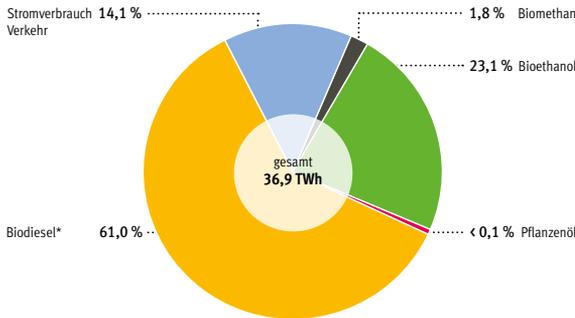
Quelle: FNR nach AGEB, BAFA, BLE, DVFG (2020)

© FNR 2020

## Erneuerbare Energien im Verkehr 2019

Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch Verkehr:

5,6 % – davon 89 % durch Bioenergie

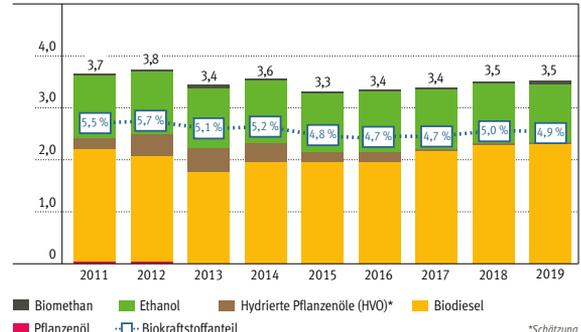


Quelle: FNR nach AGEE-Stat (Februar 2020)

© FNR 2020

## Entwicklung Biokraftstoffverbrauch

in Mio. t

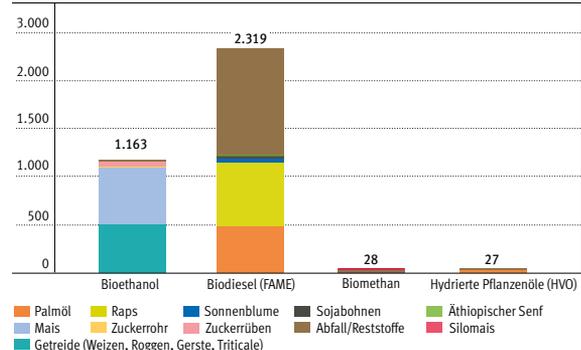


Quelle: FNR nach BAFA, BLE (2020)

© FNR 2020

## Ausgangsstoffe für Biokraftstoffe 2018

in 1000 t



Quelle: BLE (2019)

© FNR 2020

## Biodiesel (Rohstoffe zur Herstellung)

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

Quelle: Meo, FNR

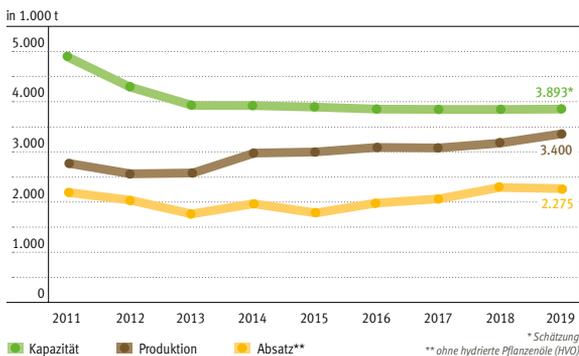
FM: Frischmasse; BM: Biomasse

## Biodieselsabsatz

Absatz in 1.000 Tonnen	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Beimischung	1.970	1.978	1.987	2.183	2.296	2.275
Reinkraftstoffe	5	3	<1	<1	<1	<1
<b>Absatz gesamt</b>	<b>1.975</b>	<b>1.981</b>	<b>1.987</b>	<b>2.183</b>	<b>2.296</b>	<b>2.275</b>

Quelle: BAFA, BLE, FNR (2020)

## Entwicklung Biodiesel-Produktion und -Absatz



Quelle: FNR, BAFA, UFOP, VDB (2020)

© FNR 2020

## 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

FM: Frischmasse; BM: Biomasse

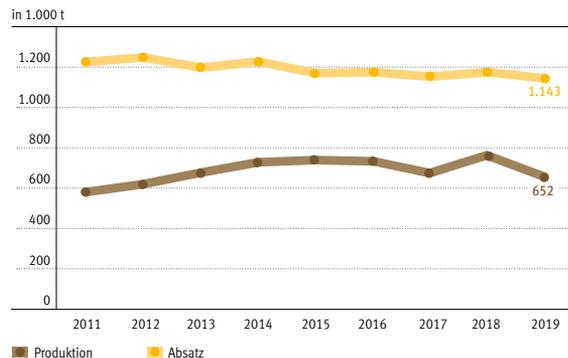
## Bioethanolabsatz

Absatz in 1.000 Tonnen	2014	2015	2016	2017	2018	2019
E 85 (Ethanolanteil)	10 (8)	7 (6)	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Ethanol*	1.082	1.054	1.047	1.045	1.077	1.055
ETBE**	139	119	129	111	110	88
<b>Absatz gesamt</b>	<b>1.229</b>	<b>1.179</b>	<b>1.175</b>	<b>1.157</b>	<b>1.187</b>	<b>1.143</b>

Quelle: FNR nach BAFA (2020)

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

## Entwicklung Bioethanol



Quelle: BAFA, BDBe (2020)

© FNR 2020

## Kraftstoffvergleich: Eigenschaften von Biokraftstoffen

Kraftstoff	Dichte [kg/l]	Heizwert [MJ/kg]	Heizwert [MJ/l]	Viskosität bei 20 °C [mm <sup>2</sup> /s]	Cetanzahl	Oktanzahl [ROZ]	Flammpunkt [°C]	Kraftstoff-äquivalenz <sup>h</sup> [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) <sup>f</sup>	0,78	44,1	34,30	> 3,5 <sup>g</sup>	> 70	–	60	–
Biomass-to-Liquid (BtL) <sup>g</sup>	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 <sup>b</sup>	28,4	19,03	–	60	–	–	0,59
Biomethan	0,72 <sup>e</sup>	50,0	36,00 <sup>c</sup>	–	–	130	–	1,5 <sup>d</sup>
Bio-Wasserstoff (H <sub>2</sub> )	0,09 <sup>e</sup>	120,0	10,80 <sup>c</sup>	–	–	< 88	–	3,6 <sup>d</sup>

Quelle: FNR

<sup>a</sup> Basis Fischer-Tropsch-Kraftstoffe; <sup>b</sup> bei 20 °C; <sup>c</sup> [MJ/m<sup>3</sup>]; <sup>d</sup> [kg]; <sup>e</sup> [kg/m<sup>3</sup>]; <sup>f</sup> Quelle: VTI; <sup>g</sup> bei 40 °C; <sup>h</sup> Lesebeispiel: 1 l Biodiesel entspricht 0,91 l Dieselmotorkraftstoff • 1 kg Bio-Wasserstoff entspricht 3,6 l Ottomotorkraftstoff (bei Nutzung über Brennstoffzelle 7)

## Anforderungen an Pflanzenöl-Kraftstoffe

Pflanzenöl	Dichte (15 °C) in kg/l	Heizwert in MJ/kg	kin. Viskosität (40 °C) in mm <sup>2</sup> /s	Stockpunkt in °C	Flammpunkt in °C	Jodzahl
Anforderungen DIN 51605 (Rapsölmotorkraftstoff)	0,910–0,925	mind. 36,0	max. 36,0	k. A.	mind. 101	max. 125
Anforderungen DIN 51623 (Pflanzenölmotorkraftstoff)	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
Jatrophaöl	0,92	36,8	30,5	2 bis –3	> 220	102
Palmöl	0,92	37,0	26,9	27 bis 43	> 220	34 bis 61
Palmkernöl	0,93	35,5	k. A.	20 bis 24	> 220	14 bis 22

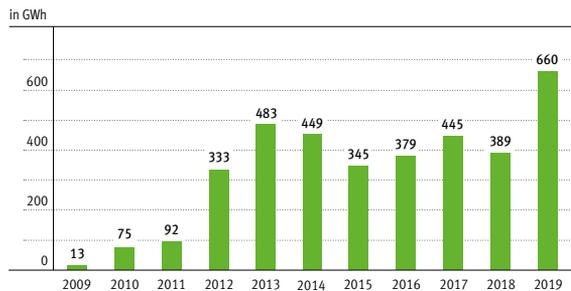
Quelle: TFZ, ASG, FNR (2015)

\* kinematische Viskosität bei 50 °C

## Biomethan

In Deutschland fahren nahezu 100.000 Erdgasfahrzeuge, denen ein Tankstellennetz von rund 850 Erdgastankstellen zur Verfügung steht. Ca. 1/3 der Tankstellen bieten 100% Biomethan an.

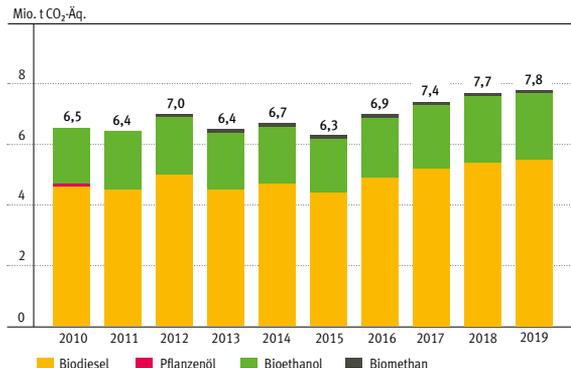
## Biomethanabsatz als Kraftstoff



Quelle: AGEE-Stat (Februar 2020)

© FNR 2020

## THG-Vermeidung durch Biokraftstoffe



gemäß Rl. 2009/28/EG (Referenzwert: 83,8 g CO<sub>2</sub>-Äq./MJ)

Quelle: FNR nach AGEE-Stat (2020)

© FNR 2020

## Treibhausgasminderung im Verkehr – EU-Anforderungen

Optionen für die Umsetzung nach Richtlinie 2009/28/EG und 2015/1513 <sup>a</sup>	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

### EU-Ziel 2020

Die Erneuerbare-Energien-Richtlinie (2009/28/EG)<sup>a</sup> definiert verbindliche Ziele für Biokraftstoffe und regelt Anforderungen an deren Nachhaltigkeit.

- 10% Anteil erneuerbare Energien am Endenergieverbrauch im Verkehr

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

- 6% THG-Einsparung in Verkehr gebrachter Kraftstoffe

### Deutschland-Ziel 2020

6% THG-Einsparung im Verkehr gegenüber Referenzwert im Jahr 2020 durch in Verkehr gebrachte Biokraftstoffe und andere Erfüllungsoptionen (§ 37a BImSchG, 38. BImSchV)<sup>c</sup>.

THG: Treibhausgas

<sup>a</sup> 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.

<sup>b</sup> Richtlinie 98/70/EG über die Qualität von Otto- und Dieselmotoren und Änderungsrichtlinie 2015/1513/EU vom September 2015.

<sup>c</sup> 38. BImSchV vom 08.12.2017: Verordnung zur Festlegung weiterer Bestimmungen zur Treibhausgasminderung bei Kraftstoffen.

## Nachhaltigkeit von Biokraftstoffen

Seit 2011 gelten Anforderungen zur Nachhaltigkeit von Biokraftstoffen und von Strom aus flüssiger Biomasse. 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:

- 50 % für Anlagen mit Inbetriebnahme bis 5. Oktober 2015
- 60 % für Anlagen mit Inbetriebnahme nach dem 5. Oktober 2015

*Richtlinie EU 2015/1513 vom 09.09.2015 führte zu Änderungen der Richtlinie 98/70/EG und 2009/28/EG*

## Energiesteuer für Kraftstoffe 2019

Kraftstoff	Energiesteuer
Dieselmotorkraftstoff (auch mit Biodiesel)	47,04 Cent/l
Ottokraftstoff	65,45 Cent/l
Ethanol/E85	65,45 Cent/l
Erdgas/Biomethan (CNG: Compressed Natural Gas, LNG: Liquefied Natural Gas)	13,90 Euro/MWh bzw. 17,79 Cent/kg
Flüssiggas/Autogas (LPG: Liquefied Petroleum Gas)	22,6 Cent/kg

## Steuerentlastung für Betriebe der Land- und Forstwirtschaft (Agrardiesel)

Energieerzeugnis	Entlastungssatz
Diesel	21,48 Cent/l
Pflanzenöl	45,03 Cent/l (endet am 31.12.2020)
Biodiesel	45,00 Cent/l (endet am 31.12.2020)

## Kraftstoff-Normung

Die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualität von Kraftstoffen regelt die „Verordnung über die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualität von Kraft- und Brennstoffen“ (10. BImSchV)

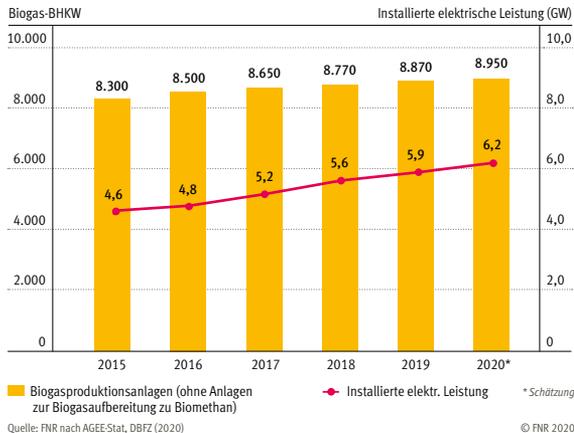
Kraftstoff	Norm	Erläuterung
Dieselmotorkraftstoff (B7)	DIN EN 590	Dieselmotorkraftstoffe mit bis zu 7 % (V/V) Biodiesel (Stand: 10/2017)
Biodiesel (B100)	DIN EN 14214	Fettsäure-Methylester (FAME) für Dieselmotoren (Stand: 05/2019)
Rapsölkraftstoff	DIN 51605	Rapsölkraftstoff für pflanzenölaugliche Motoren (Stand: 01/2016)
Pflanzenölkraftstoff	DIN 51623	Kraftstoffe für pflanzenölaugliche Motoren „Pflanzenölkraftstoff“ Anforderungen und Prüfverfahren (Stand: 12/2015)
Ottokraftstoff (E5)	DIN EN 228	Unverbleite Ottokraftstoffe mit bis zu 5 % (V/V) Ethanol bzw. 15 % (V/V) ETBE (Stand: 08/2017)
Ottokraftstoff (E10)	DIN EN 228	Ottokraftstoff E 10 – mit bis zu 10 % (V/V) Ethanol (Stand: 08/2017)
Ethanol	DIN EN 15376	Ethanol als Blendkomponente in Ottokraftstoff (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: 10/2017)

Quelle: FNR (Juli 2019)

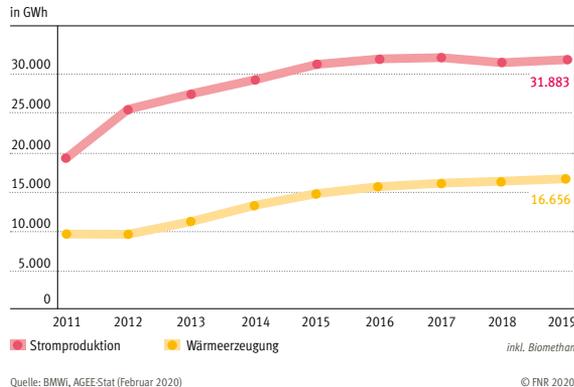
V/V: Volumenprozent

# BIOGAS

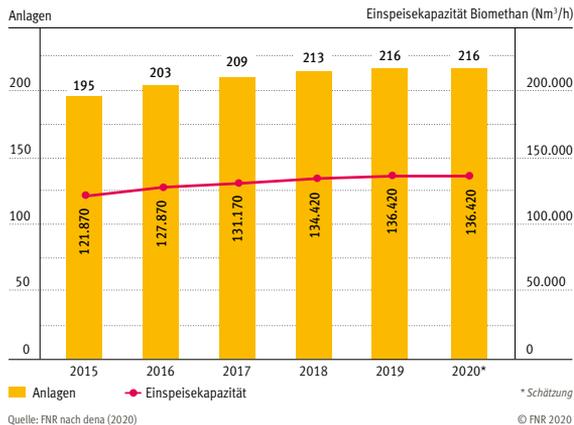
## Anlagenstandorte Biogasproduktion



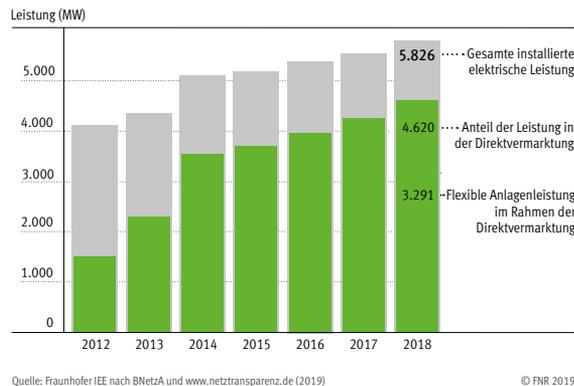
## Energiebereitstellung aus Biogas



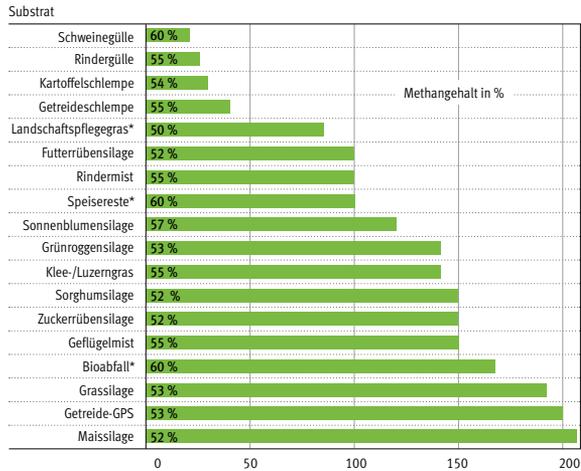
## Anlagen zur Biomethan-Produktion



## Direktvermarktung und flexible Stromerzeugung



## Gasausbeuten verschiedener Substrate



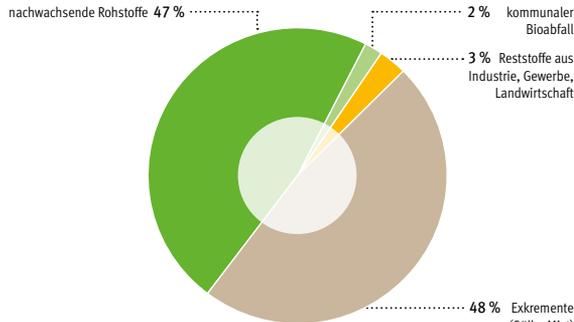
\* stark variierend

Quelle: KTBL (2015)

© FNR 2015

Biogasertrag (in Nm<sup>3</sup>/t FM)

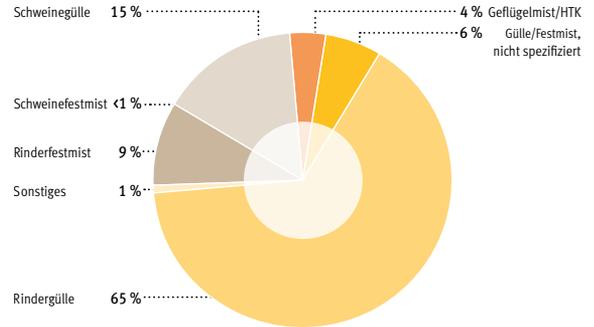
## Massebezogener Substrateinsatz in Biogasanlagen 2018



Quelle: DBFZ Betreiberbefragung Biogas (2019)

© FNR 2020

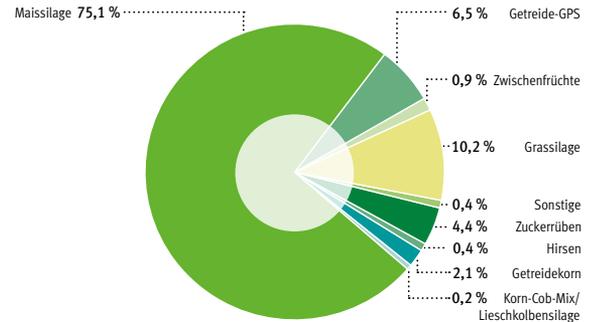
## Massebezogener Substrateinsatz von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen



Quelle: DBFZ Betreiberbefragung, Bezugsjahr 2015–2017 (2019)

© FNR 2020

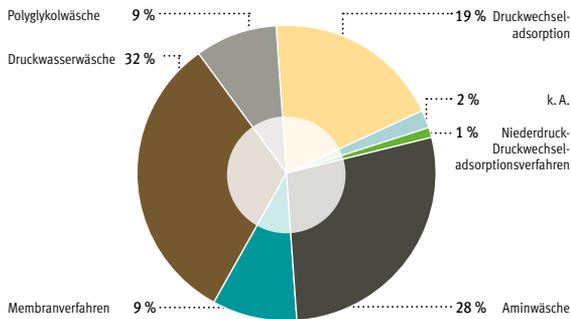
## Massebezogener Substrateinsatz Nachwachsender Rohstoffe in Biogasanlagen 2018



Quelle: DBFZ Betreiberbefragung Biogas (2019)

© FNR 2020

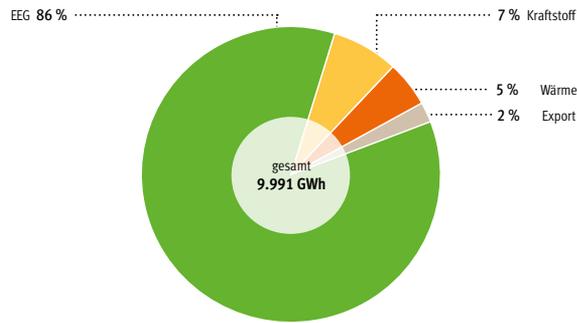
## Verteilung der Verfahren zur Biogasaufbereitung



Quelle: FNR nach DBFZ (2019)

© FNR 2020

## Vermarktung von Biomethan 2019



Quelle: Deutsche Energie-Agentur „Branchenbarometer Biomethan 2020“ (2020)

© FNR 2020

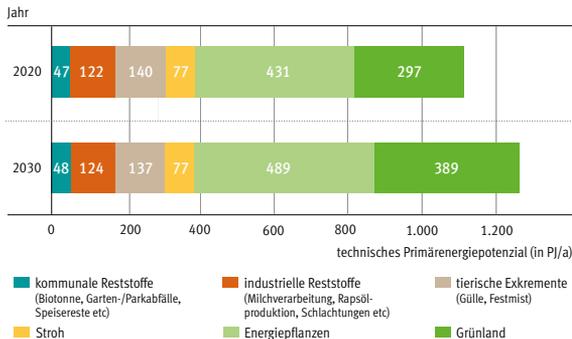
## Kennwerte verschiedener Biogasaufbereitungsverfahren

	Druckwechsel-adsorption PSA	Druckwasser-wäsche DWW*	Physikalische Absorption** (mit org. Lösungsmitteln)	Chemische Absorption*** (mit org. Lösungsmitteln)	Membran-verfahren***	Kryogene Verfahren
Strombedarf (kWh/Nm <sup>3</sup> )	0,20–0,25	0,18–0,21	0,15–0,24	0,06–0,15	0,18–0,29	0,18–0,33
Wärmebedarf (kWh/Nm <sup>3</sup> )	0	0	0	0,5–0,7	0	0
Temperatur Prozesswärme (°C)	–	–	55–80	110–140	0	–
Prozessdruck (bar)	4–7	5–10	4–6	0,1–0,25	9,5–16	–
Methanverlust (%)	1–5	1	0,5–1,5	0,1	0,5–1	–
Abgasnachbehandlung notwendig? (EEG & GasNZV)	ja	ja	ja	nein	ja	ja
Feinentschwefelung des Rohgases notwendig?	ja	nein	ja	ja	ja	ja
Wasserbedarf	nein	ja	nein	ja	nein	nein
Chemikalienbedarf	nein	nein	ja	ja	nein	nein

Quelle: Fraunhofer-IWES nach DWA (2011), Herstellerangaben (2018)

Herstellerangaben nach \* Malmberg Bioerdgastech GmbH; \*\* BMF Hoase Energietechnik GmbH; \*\*\* Hitachi Zosen Inova Biomethan GmbH

## Technisches Primärenergiepotenzial für Biogas



Quelle: FNR nach DBFZ (2019)

© FNR 2019

## Theoretisches Strompotenzial verschiedener Energiepflanzen (in Hektar)

Energiepflanze	Ernteertrag [t FM]	Methan-ertrag [Nm³]	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

## Faustzahlen

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

### Allgemeine Umrechnung Biogas und Biomethan

1 m³ Biogas	5,0–7,5 kWh Energiegehalt
1 m³ Biogas	50–75 % Methangehalt
1 m³ Biogas	ca. 0,6 l Heizöläquivalent
1 m³ Methan	9,97 kWh Energiegehalt
1 m³ Methan	Heizwert 36 MJ/m³ bzw. 50 MJ/kg
1 m³ Methan	1 l Heizöläquivalent

### Durchschnittliche Zusammensetzung von Biogas

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

Biogasertrag von	
Milchkuh (17 m³ Gülle/TP • a)	289 Nm³ Methan ≅ 1.095 kWh <sub>el</sub> /TP • a*
Mastschwein (1,6 m³ Gülle/TP • a)	19 Nm³ Methan ≅ 73 kWh <sub>el</sub> /TP • a*
Mastrind (2,8 t Festmist/TP • a)	185 Nm³ Methan ≅ 562 kWh <sub>el</sub> /TP • a*
Reitpferd (11,1 t Festmist/TP • a)	388 Nm³ Methan ≅ 1.472 kWh <sub>el</sub> /TP • a*
Legehühner (2,0 m³ Rottemist/ 100 TP • a)	164 Nm³ Methan ≅ 621 kWh <sub>el</sub> /100 TP • a*
1 ha Silomais (40–60 t FM**)	3.956–5.934 Nm³ Methan ≅ 14.985–22.477 kWh <sub>el</sub> /ha*
1 ha Zuckerrüben (55–75 t FM**)	3.523–4.803 Nm³ Methan ≅ 13.343–18.195 kWh <sub>el</sub> /ha*
1 ha Getreide-GPS (30–50 t FM**)	2.884–4.807 Nm³ Methan ≅ 10.926–18.210 kWh <sub>el</sub> /ha*
1 ha Durchwachsene Silphie (45–60 t FM**)	2.871–3.828 Nm³ Methan ≅ 10.874–14.499 kWh <sub>el</sub> /ha*
1 ha Sudangras (35–55 t FM**)	2.392–3.759 Nm³ Methan ≅ 9.061–14.238 kWh <sub>el</sub> /ha*
1 ha Grünland (23–43 t FM**)	2.001–3.808 Nm³ Methan ≅ 7.579–14.424 kWh <sub>el</sub> /ha*
1 ha Getreidekorn Roggen (4,3–6,8 t FM**)	1.390–2.179 Nm³ Methan ≅ 5.264–8.255 kWh <sub>el</sub> /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 <sub>el</sub> • a)	
Betriebsstörungen BGA pro Jahr	1,2 je 10 kW <sub>el</sub>	

Kennziffern Gasverwertung	
BHKW Wirkungsgrad <sub>el</sub>	28–47 ‰
BHKW Wirkungsgrad <sub>th</sub>	34–55 ‰
BHKW Wirkungsgrad <sub>gesamt</sub>	ca. 85–90 ‰
BHKW Nutzungsumfang	60.000 Betriebsstunden
Mikrogasturbine Wirkungsgrad <sub>el</sub>	26–33 ‰
Mikrogasturbine Wirkungsgrad <sub>th</sub>	40–55 ‰
Brennstoffzelle Wirkungsgrad <sub>el</sub>	40–60 ‰
ORC-Anlage Wirkungsgrad <sub>el</sub>	6–16 ‰

### Ökonomische Kennzahlen

#### spezifische Investitionskosten

BGA 75 kW <sub>el</sub>	ca. 9.000 €/kW <sub>el</sub>
BGA 150 kW <sub>el</sub>	ca. 6.500 €/kW <sub>el</sub>
BGA 250 kW <sub>el</sub>	ca. 6.000 €/kW <sub>el</sub>
BGA 500 kW <sub>el</sub>	ca. 4.600 €/kW <sub>el</sub>
BGA 750 kW <sub>el</sub>	ca. 4.000 €/kW <sub>el</sub>
BGA 1.000 kW <sub>el</sub>	ca. 3.500 €/kW <sub>el</sub>
BGA mit Aufbereitung 400 Nm <sup>3</sup> /h	ca. 9.600 €/Nm <sup>3</sup> • h
BGA mit Aufbereitung 700 Nm <sup>3</sup> /h	ca. 9.100 €/Nm <sup>3</sup> • h
ORC-Anlage 13–375 kW <sub>el</sub>	ca. 5.000–7.700 €/kW <sub>el</sub>

#### Stromgestehungskosten

BGA 75 kW <sub>el</sub>	ca. 30 ct/kWh
BGA 500 kW <sub>el</sub>	ca. 17 ct/kWh
BGA 1.000 kW <sub>el</sub>	ca. 15 ct/kWh

#### Biomethanproduktionskosten

400 Nm <sup>3</sup> /h	7–9 ct/kWh
700 Nm <sup>3</sup> /h	6–8 ct/kWh

#### Beispiel jährlicher Substratbedarf Biogasanlage 75 kW<sub>el</sub>

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<sub>el</sub>

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\*\*)

\* BHKW-Wirkungsgrad 38 %<sub>el</sub>

\*\* 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

### Marktberichte und Preise für Brennstoffe und Biomasse

Biodiesel	www.ufop.de
Ölsaaten und Pflanzenöle	www.ufop.de
Hackschnitzel und Pellets	www.carmen-ev.de
Scheitholz	www.tfz.bayern.de
Pellets	www.depi.de
Agrarsektor	www.ami-informiert.de
Statistisches Bundesamt	www-genesis.destatis.de

### Umrechnung von Einheiten

	MJ	kWh	m <sup>3</sup> Erdgas
1 MJ	1	0,278	0,032
1 kWh	3,6	1	0,113
1 m <sup>3</sup> Erdgas	31,74	8,82	1

	m <sup>3</sup>	l	Barrel
1 m <sup>3</sup>	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 <sup>3</sup>	Tausend
Mega	M	10 <sup>6</sup>	Million
Giga	G	10 <sup>9</sup>	Milliarde
Tera	T	10 <sup>12</sup>	Billion
Peta	P	10 <sup>15</sup>	Billiarde
Exa	E	10 <sup>18</sup>	Trillion

Zur Erstellung der Abbildungen und Grafiken wurden die zum Zeitpunkt der Drucklegung (September 2020) verfügbaren, aktuellsten Daten verarbeitet. Unter [basisdaten.fnr.de](https://www.fnr.de/basisdaten) werden die Abbildungen und Grafiken fortlaufend aktualisiert.

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)

OT Gülzow, Hofplatz 1

18276 Gülzow-Prüzen

Tel.: 03843/6930-0

[info@fnr.de](mailto:info@fnr.de)

[www.fnr.de](https://www.fnr.de)

Bilder Titel: Dr. H. Hansen, FNR

Gestaltung/Realisierung: [www.tangram.de](https://www.tangram.de), Rostock

Druck: MKL Druck GmbH & Co. KG, Ostbevern

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

mit Farben auf Pflanzenölbasis

Bestell-Nr. 469

[mediathek.fnr.de](https://mediathek.fnr.de)

FNR 2020



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.