

bioenergie.fnr.de

BASISDATEN BIOENERGIE DEUTSCHLAND 2024



DIAGRAMME
TABELLEN
KENNWERTE

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

GFNR

Fachagentur Nachhaltige Rohstoffe e.V.

IMPRESSUM

Herausgeber

Fachagentur Nachhaltende 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

✂ FNR_eV

▶ Fachagentur Nachhaltende Rohstoffe (FNR)

📷 fnr_ev

in Fachagentur Nachhaltende Rohstoffe e.V. (FNR)

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

Titelbild

Animaflora PicsStock/Adobe.Stock

Gestaltung/Realisierung

Kern GmbH, Bexbach

Druck

Kern GmbH, Bexbach

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier mit Farben auf Pflanzenölbasis

Bestell-Nr. 469

FNR 2023

Zur Erstellung der Abbildungen und Grafiken wurden die zum Zeitpunkt der Drucklegung (September 2023) verfügbaren, aktuellsten Daten verarbeitet. Unter [basisdaten.fnr.de](https://www.basisdaten.fnr.de) werden die Abbildungen und Grafiken fortlaufend aktualisiert.

INHALT

Klimaschutz	4
Bioenergie	8
Flächennutzung	16
Festbrennstoffe	22
Biokraftstoffe	34
Biogas	44

BASISDATEN BIOENERGIE 2023

Welche Bedeutung hat Bioenergie für Energieversorgung und Klimaschutz?

Welche landwirtschaftliche Anbaufläche wird für Bioenergie genutzt? Wieviel Wärme, Strom und Kraftstoffe werden aus Holz, Energiepflanzen und Reststoffen bereitgestellt? Wieviel Treibhausgas (THG)-Emissionen werden eingespart? Wie kann ich Mengen, Volumen und Energiegehalte von Bioenergeträgern umrechnen? Die Basisdaten Bioenergie unterstützen Ihre Entscheidungen!

KLIMASCHUTZ

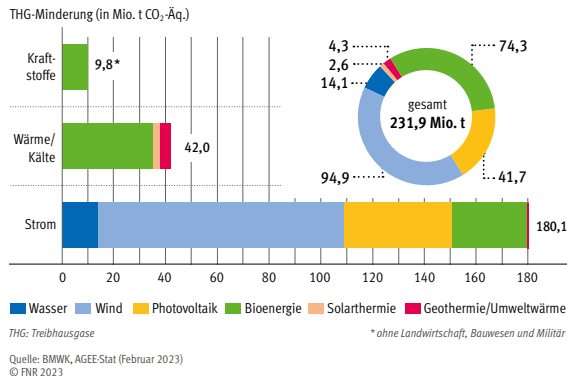
Ziele der Bundesregierung für Erneuerbare Energien

Anteil erneuerbarer Energien	Ist	Ziele
	2021	2030
Bruttoendenergieverbrauch	20,3 %	42,5 %*
Bruttostromverbrauch	46,2 %	80 %
Endenergieverbrauch Wärme und Kälte	17,4 %	27 %
Endenergieverbrauch Verkehr	6,8 %	29 %

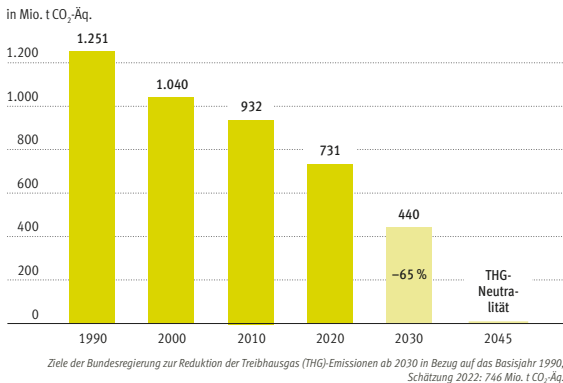
Quelle: AGEE-Stat (Februar 2023), NECP (Juni 2020), UBA (März 2020)

*Gesamtziel: EU

Reduktion von THG-Emissionen durch erneuerbare Energien 2022

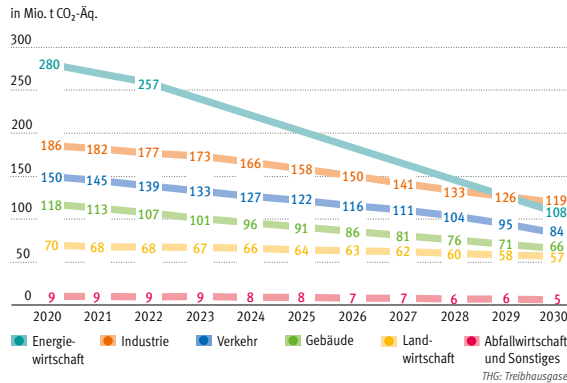


THG-Emissionen Deutschland



Quelle: UBA, Nationale Treibhausgas-Inventare 1990 bis 2021 (2023)
© FNR 2023

Ziele Reduktion THG-Emissionen nach Sektoren



Quelle: UBA-Berechnungen nach Klimaschutzgesetz (KSG) Stand: 15. März 2023
© FNR 2023

THG-Vermeidung durch Bioenergie 2022

	THG Vermeidung in 1.000 t CO ₂ -Äq			
	Strom	Wärme	Kraftstoffe	gesamt
feste Bioenergieträger	12.861	29.351	k. A.	42.212
flüssige Bioenergieträger	52	529	9.511	10.092
Biogas	16.350	5.320	323	21.993
gesamt	29.263	35.200	9.834	74.297

Quelle: FNR nach AGE-Stat (Februar 2023)

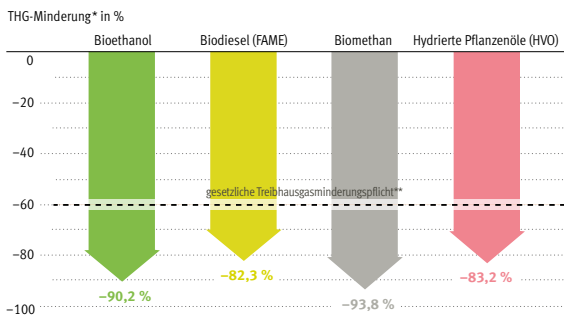
Klimafreundlich – Heizen mit Holz



Treibhausgas-Emissionen als CO₂-Äquivalente je erzeugter Kilowattstunde Wärme
Quelle: IER Universität Stuttgart (2018, gemäß GEMIS, Version 4.95, IFEU)

© FNR 2020

THG-Einsparung von Biokraftstoffen 2021



Quelle: BLE (2022)
© FNR 2023

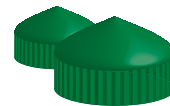
Wirtschaftsdünger vergären – Methan-Emissionen einsparen

250.000 t Methan pro Jahr



Offene Güllelagerung

bis zu 90 % weniger Methan pro Jahr

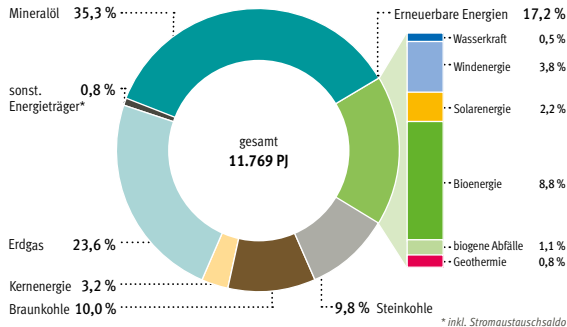


Güllevergärung in Biogasanlagen

Quelle: FNR nach KTBL
© FNR 2023

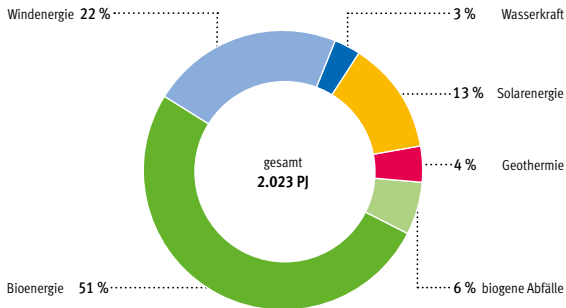
BIOENERGIE

Primärenergieverbrauch 2022



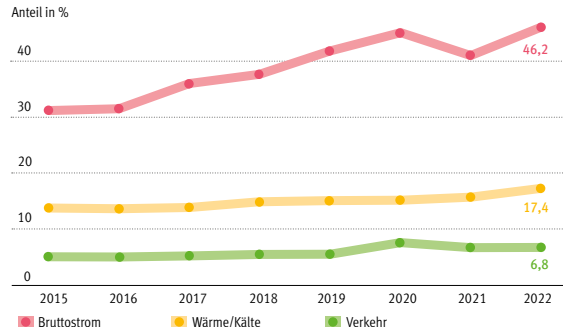
Quelle: FNR nach AGEB, AGEE-Stat (März 2023)
© FNR 2023

Primärenergieverbrauch erneuerbarer Energieträger 2022



Quelle: FNR nach AGEE-Stat/AGEB (März 2023)
© FNR 2023

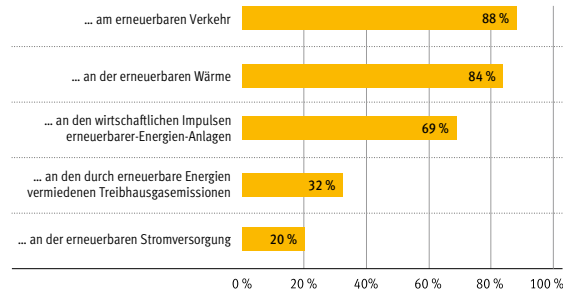
Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch



Quelle: BMWK, AGEE-Stat (Februar 2023)
© FNR 2023

Bioenergie – Starker Pfeiler für Klimaschutz und Energiewende

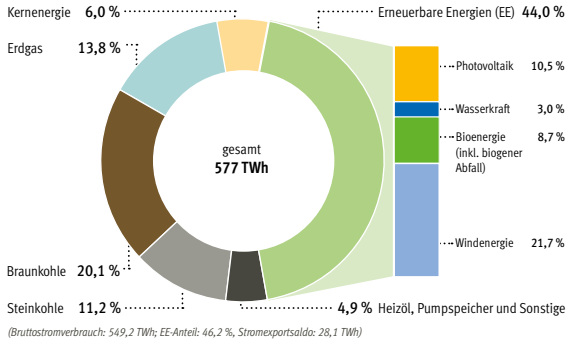
Beitrag der Bioenergie



Zahlen für Deutschland 2022

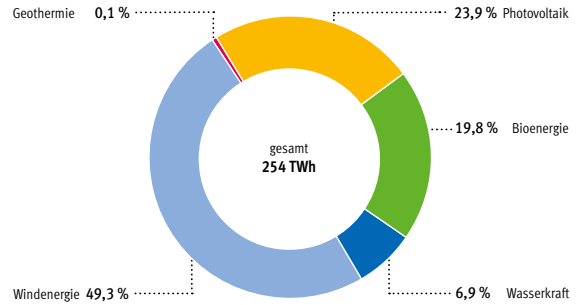
Quelle: BMWK, AGEE-Stat (Februar 2023)
© FNR 2023

Bruttostromerzeugung 2022



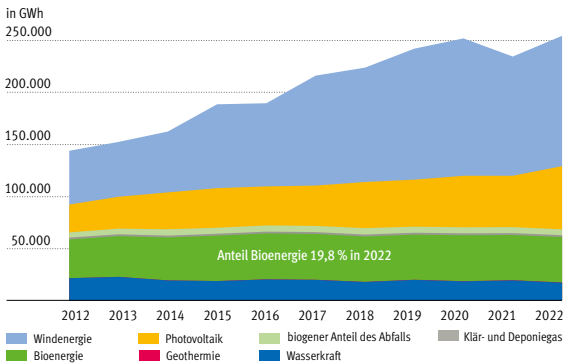
Quelle: FNR nach AGEB (Februar 2023)
© FNR 2023

Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien 2022



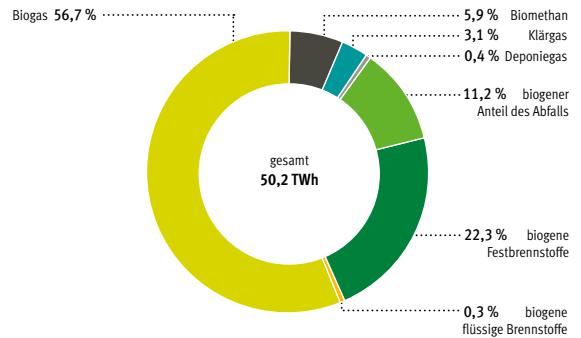
Quelle: BMWK, AGEE-Stat (Februar 2023)
© FNR 2023

Entwicklung Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien



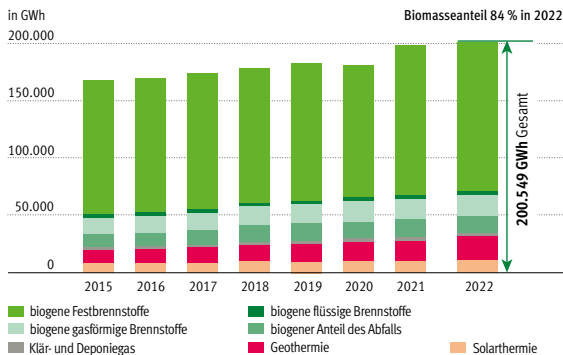
Quelle: BMWK, AGEE-Stat (Februar 2023)
© FNR 2023

Stromerzeugung aus Biomasse 2022

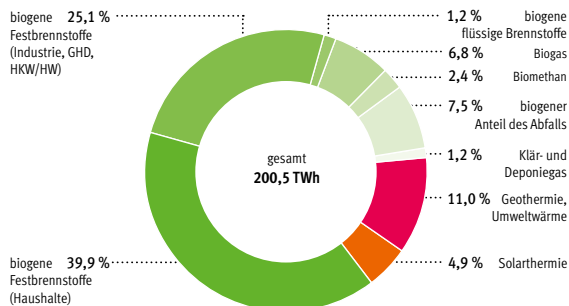


Quelle: BMWK, AGEE-Stat (Februar 2023)
© FNR 2023

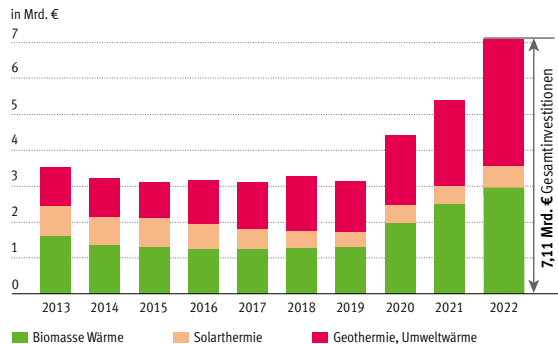
Entwicklung der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien



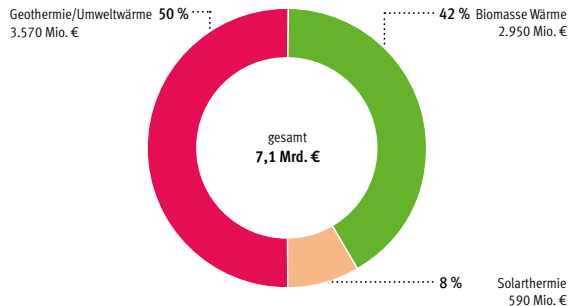
Erneuerbare Wärmebereitstellung 2022



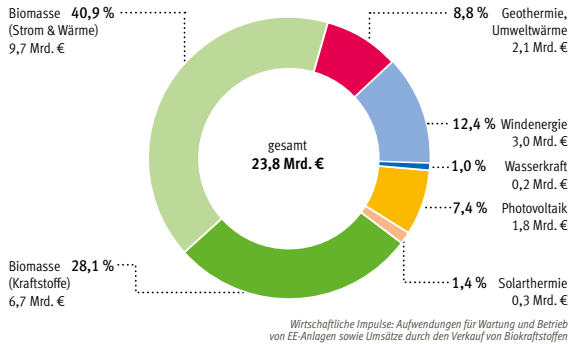
Investitionen in Anlagen für erneuerbare Wärme



Investitionen in Anlagen für erneuerbare Wärme 2022

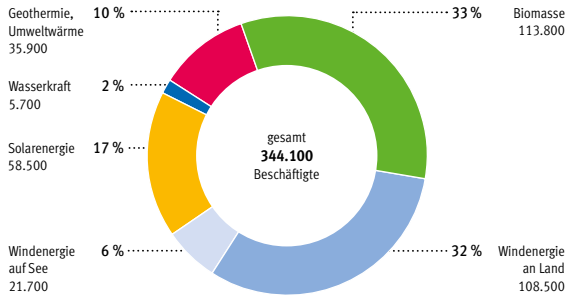


Wirtschaftliche Impulse aus dem Betrieb von Erneuerbare-Energien-Anlagen 2022



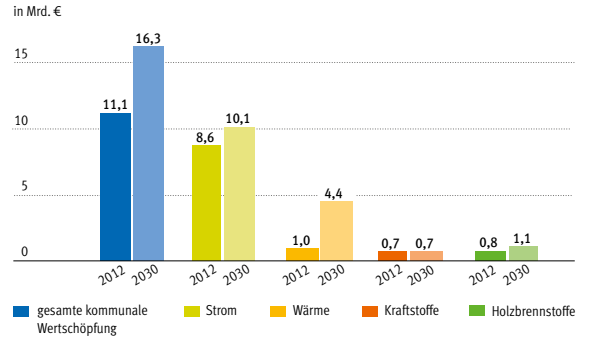
Quelle: BMWK, AGEE-Stat (Februar 2023)
© FNR 2023

Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien 2021



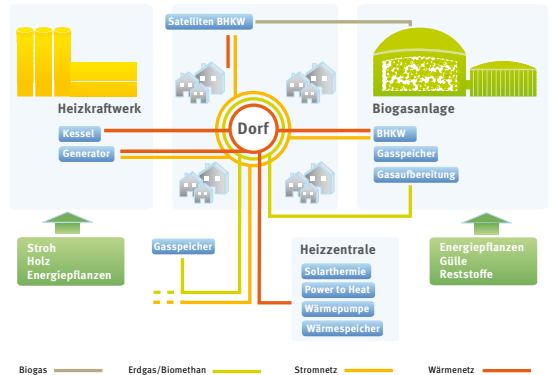
Quelle: DIW/DLR/GWS (2022)
© FNR 2023

Kommunale Wertschöpfung durch erneuerbare Energien 2012–2030



Quelle: IÖW (September 2014)
© FNR 2018

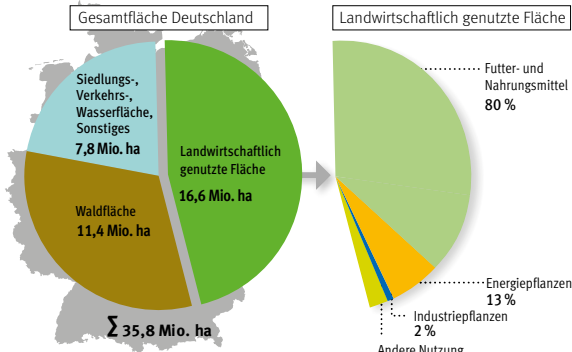
Stoffströme im Bioenergiesdorf



Quelle: FNR (2023)
© FNR 2023

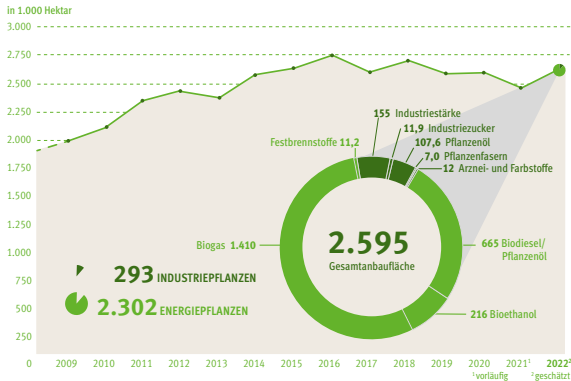
Flächennutzung/Potenziale

Flächennutzung in Deutschland



Quelle: FNR, BMEL, Statistisches Bundesamt
© FNR 2023

Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland



Quelle: FNR, BMEL
© FNR 2023

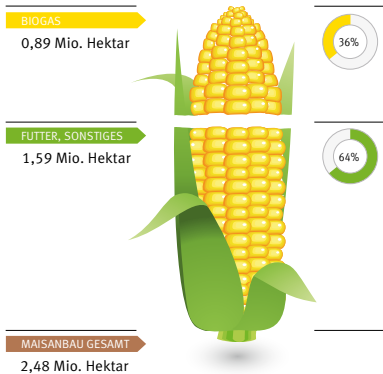
Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland für die Jahre 2020–2022 (in Hektar)

Pflanzen	Rohstoff	2020	2021*	2022**
Industriepflanzen	Industriestärke	142.000	150.000	155.000
	Industriezucker	12.600	11.700	11.900
	technisches Rapsöl	78.000	69.000	75.000
	technisches Sonnenblumenöl	8.900	12.330	27.470
	technisches Leinöl	3.900	5.200	5.100
	Pflanzenfasern	5.410	6.490	6.990
	Arznei- und Farbstoffe	12.000	12.000	12.000
Summe Industriepflanzen		263.000	267.000	293.000
Energiepflanzen	Rapsöl für Biodiesel/ Pflanzenöl	471.000	612.000	665.000
	Pflanzen für Bioethanol	188.000	216.000	216.000
	Pflanzen für Biogas	1.650.000	1.330.000	1.410.000
	Pflanzen für Festbrennstoffe (u.a. Agrarholz, Miscanthus)	11.200	11.200	11.200
	Summe Energiepflanzen	2.320.000	2.169.000	2.302.000
Gesamtanbaufläche NawaRo		2.583.000	2.436.000	2.595.000

Quelle: FNR, BMEL (2023)

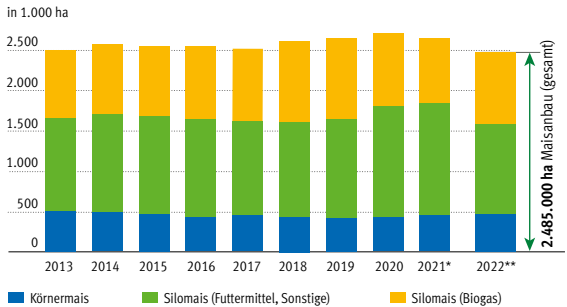
^{*}vorläufige Werte, ^{**}geschätzte Werte.
Werte gerundet auf signifikante Stellen, Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Runden der Zahlen

Maisanbau (Anbaujahr 2022)



Quelle: FNR, Statistisches Bundesamt (2023)
© FNR 2023

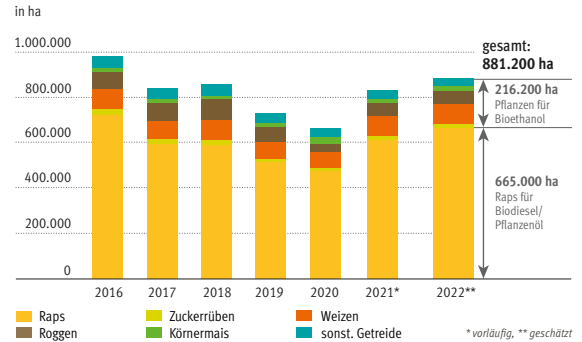
Entwicklung der Maisanbaufläche



* vorläufig, ** geschätzt

Quelle: FNR, Statistisches Bundesamt (2023)
© FNR 2023

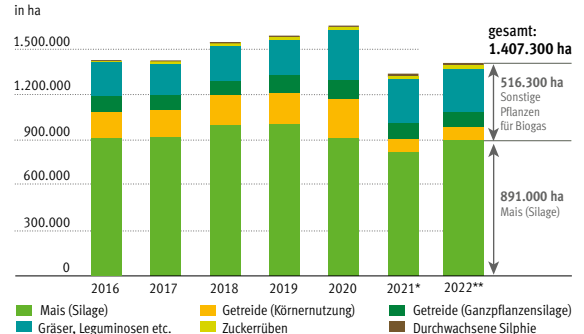
Entwicklung Energiepflanzenanbau für Biokraftstoffe



* vorläufig, ** geschätzt

Quelle: FNR, BMEL (2023)
© FNR 2023

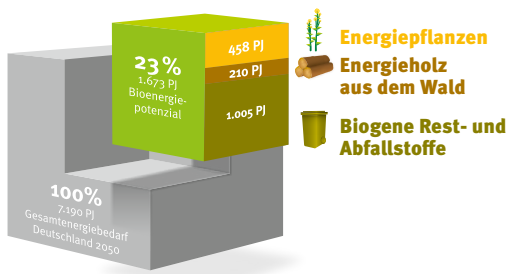
Entwicklung Energiepflanzenanbau für Biogas



* vorläufig, ** geschätzt

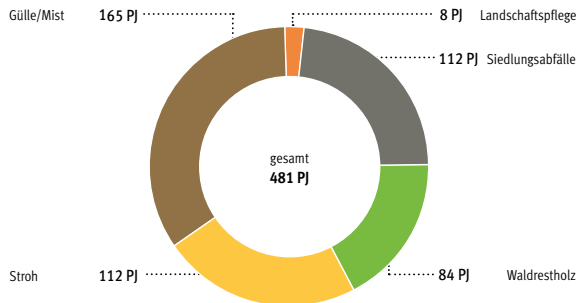
Quelle: FNR, BMEL (2023)
© FNR 2023

Bioenergiepotenzial 2050 – Was kann Bioenergie leisten?



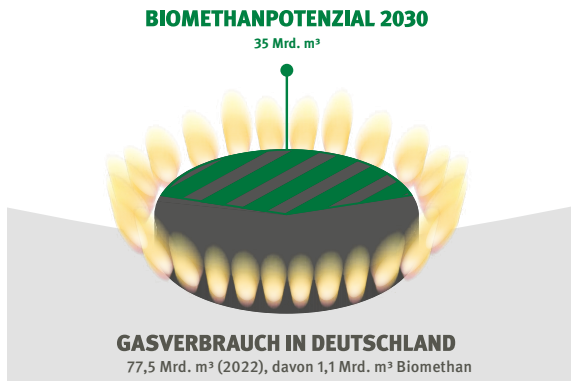
Quelle: FNR; TI, DBFZ
© FNR 2021

Mobilisierbare Potenziale biogener Rest- und Abfallstoffe



Quelle: DBFZ Rohstoffdatenbank
© FNR 2021

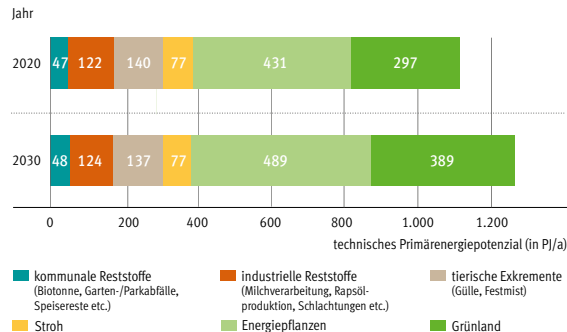
Klimaschutz im Gasnetz – Großes Potenzial für Biomethan



Potenzial 2030: Biomethanproduktion mit Energiepflanzen/Reststoffen

Quelle: AGEb, DBFZ, DENA
© FNR 2023

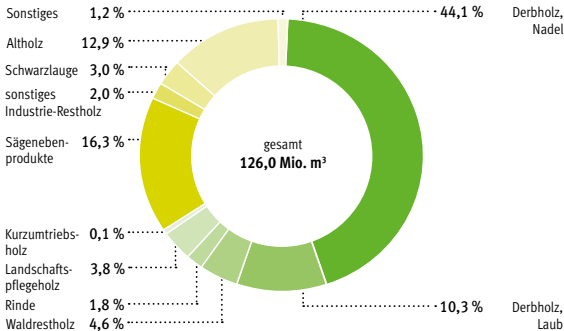
Technisches Primärenergiepotenzial für Biogas



Quelle: FNR nach DBFZ (2019)
© FNR 2019

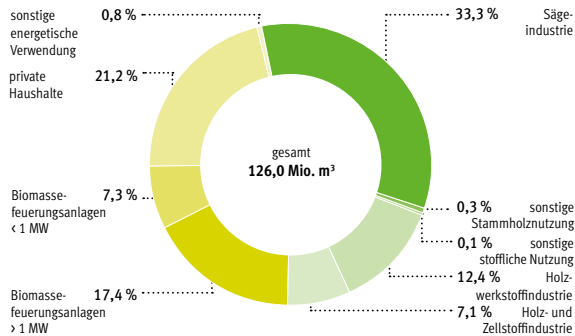
FESTBRENNSTOFFE

Aufkommen der verwendeten Holzrohstoffe 2020



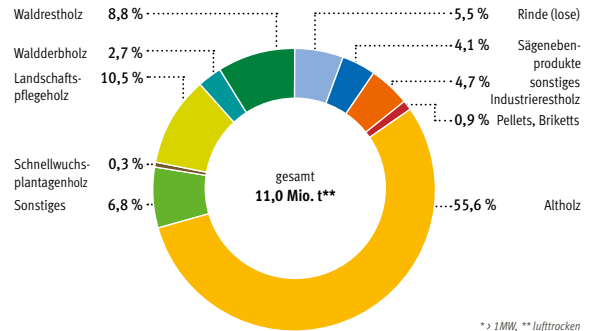
Quelle: INFRO e.K. (2022)
© FNR 2023

Verwendung der Holzrohstoffe nach Nutzergruppen 2020



Quelle: INFRO e.K. (2022)
© FNR 2023

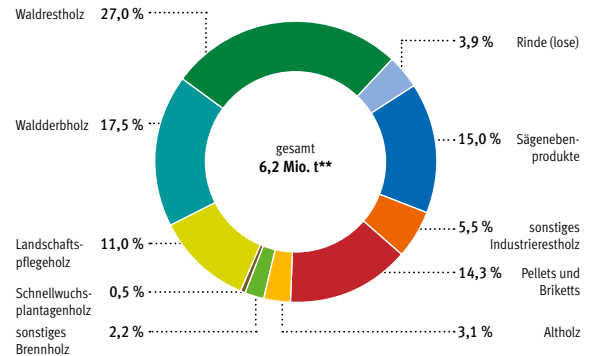
Holzverwendung in Großfeuerungsanlagen 2019*



* > 1 MW, ** lufttrocken

Quelle: Info e.K. (2021)
© FNR 2021

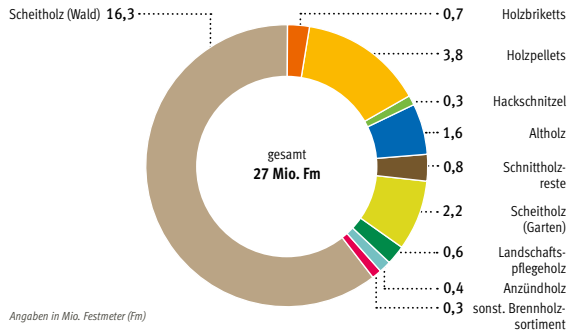
Holzverwendung in Kleinfeuerungsanlagen 2019*



* 16 bis 999 kW (ohne Biomasseanlagen in privaten Haushalten), ** lufttrocken

Quelle: Info e.K. (2021)
© FNR 2021

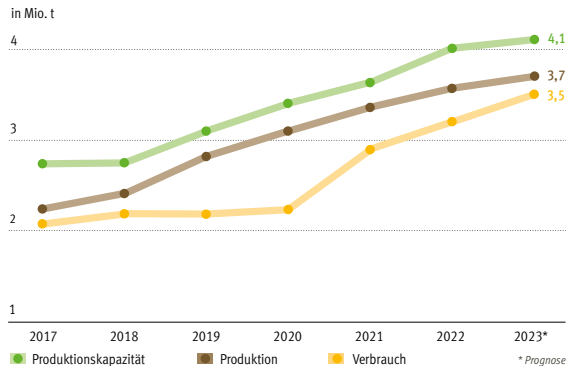
Energieholzeinsatz in privaten Haushalten 2020



Angaben in Mio. Festmeter (Fm)

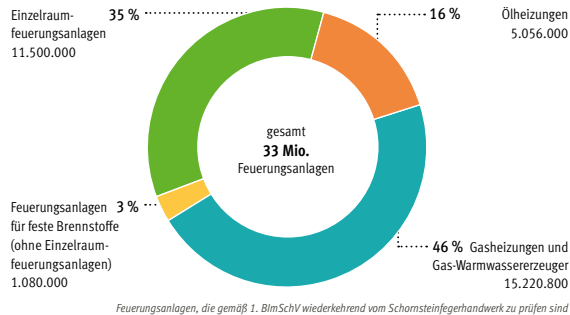
Quelle: Umweltbundesamt: Energetischer Holzverbrauch der privaten Haushalte (2023)
© FNR 2023

Holzpellets – Produktion und Verbrauch



Quelle: Deutsches Pelletinstitut (Februar 2023)
© FNR 2023

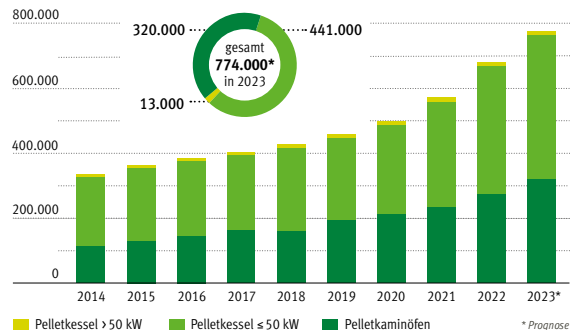
Feuerungsanlagen 2022



Feuerungsanlagen, die gemäß 1. BImSchV wiederkehrend vom Schornsteinfegerhandwerk zu prüfen sind

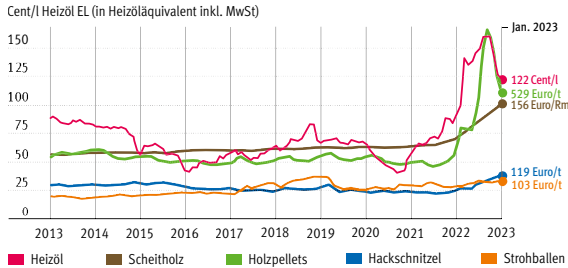
Quelle: Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks – Zentralinnungsverband (2022)
© FNR 2023

Holzpelletfeuerungen



Quelle: Deutsches Pelletinstitut (Februar 2023)
© FNR 2023

Energiepreisentwicklung



Quelle: FNR nach C.A.R.M.E.N. e.V., TFZ, tescan, AMI (Januar 2023)
© FNR 2023

Heizwertbezogene Äquivalentpreise von Holzbrennstoffen

Heizöl in €/Liter	Holzpellets (w < 10%) in €/t	Scheitholz Buche (w = 15%) in €/Rm	Hackgut Fichte (w = 30%) in €/Srm
0,8	400	152	60
0,9	450	172	67
1,0	500	191	75
1,1	550	210	82
1,2	600	229	89
1,3	650	248	96
1,4	700	267	104

Quelle: FNR (2023)

Die Brennstoffpreise werden mit Bezug auf den unteren Heizwert verglichen.

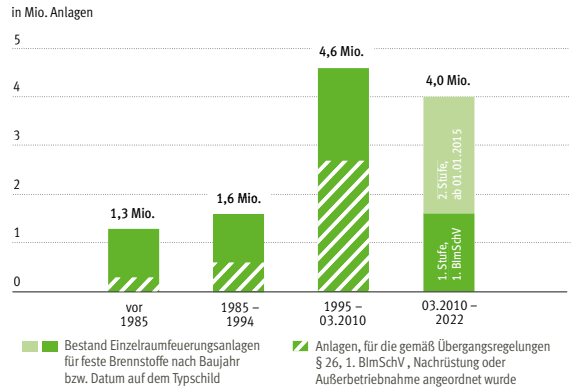
Übergangsregelung der 1. BImSchV (§ 25, § 26) für Feuerstätten für feste Brennstoffe

Typ	Datum auf dem Typenschild	Zeitpunkt der Außerbetriebnahme oder Nachrüstung*
Einzelraumfeuerstätten	1. Januar 1995 bis 21. März 2010	31. Dezember 2024
Heizkessel	1. Januar 2005 bis 21. März 2010	31. Dezember 2024

Quelle: FNR (2022)

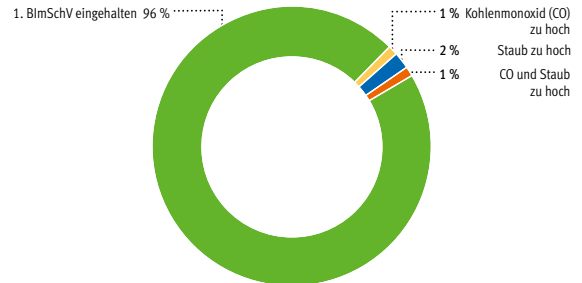
* Falls Emissionsforderungen der Stufe 1 nicht eingehalten werden.

Einzelraumfeuerstätten – Bestand und Übergangsregelungen



Quelle: Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks – Zentralinnungsverband (2022)
© FNR 2023

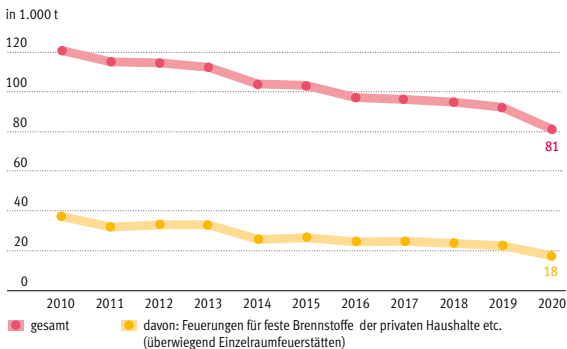
Schornsteinfeger-Messungen an Biomasseanlagen 2022



Automatisch beschickte Feuerungsanlagen, die gemäß 1. BImSchV wiederkehrend vom Schornsteinfegerhandwerk zu prüfen sind

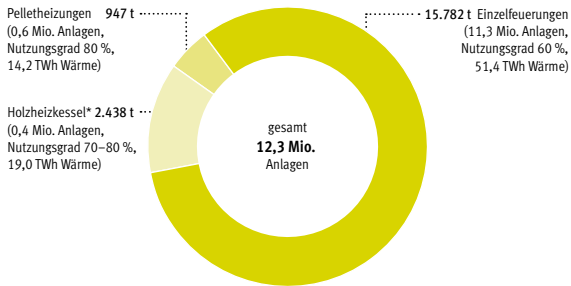
Quelle: Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks – Zentralinnungsverband (2023)
© FNR 2023

Entwicklung der Feinstaubemissionen 2010–2020



Quelle: UBA (2021)
© FNR 2022

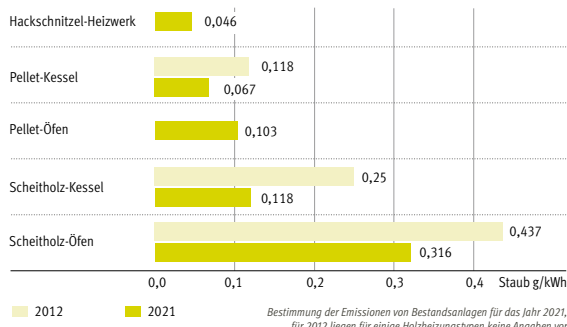
Staub aus Holzheizungen 2021



* ohne Pelletheizungen

Quelle: FNR (2023), UBA: Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger 2021 (2022)
© FNR 2023

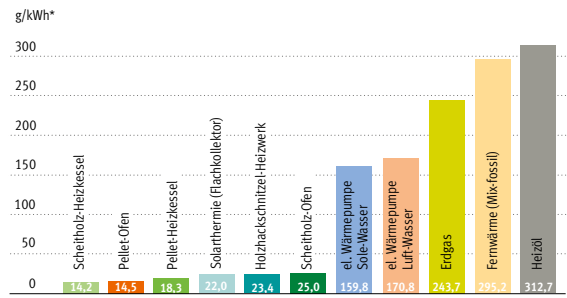
Spezifische Staub-Emissionsfaktoren von Holzheizungen



Quelle: UBA (2013), UBA: Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger 2021 (2022)
© FNR 2023

Bestimmung der Emissionen von Bestandsanlagen für das Jahr 2021, für 2012 liegen für einige Holzheizungstypen keine Angaben vor

CO₂-Emissionsfaktoren der Wärmebereitstellung 2021



* primärbezogene CO₂-Äquivalent-Emissionsfaktoren

Quelle: UBA 2022: Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger 2021
© FNR 2023

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
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

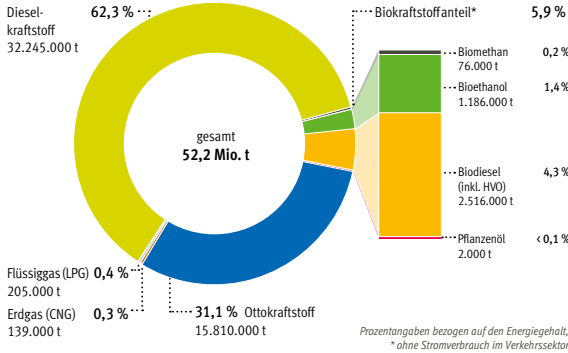
Brennstoff	Menge/ Einheit	Wassergehalt w in %	Masse (inkl. Wasser) in kg	Heizwert (bei w) in MJ/kg	Brennstoffmenge in		
					MJ	kWh	Heizöläquivalent (Liter)
Scheitholz (geschichtet)*							
Buche 33 cm, lufttrocken	1 Rm	15	445	15,3	6.797	1.888	189
Buche 33 cm, angetrocknet	1 Rm	30	495	12,1	6.018	1.672	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
Holz hackschnitzel*							
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
Holzbrennstoffe 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
Biobrenn- und 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
Bioethanol	m ³	< 0,3	789	26,8	21.140	5.870	588,9
Biogas	m ³	2–7	1,2	15–22,5	18–27	5–7,5	0,6
Biomethan	m ³	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.

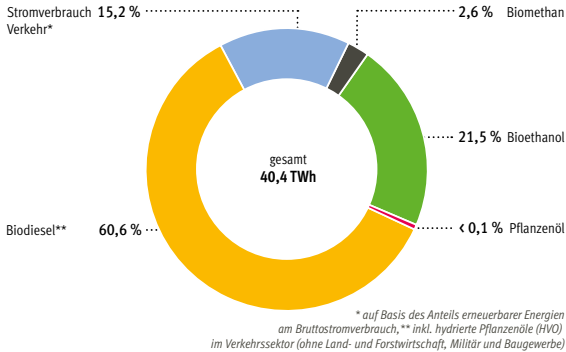
BIOKRAFTSTOFFE

Kraftstoffverbrauch 2022



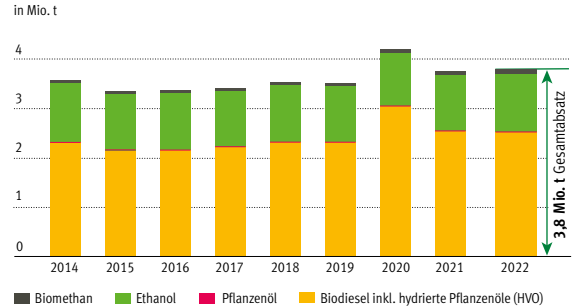
Quelle: FNR-Berechnung nach AGEB, AGEE-Stat, BAFA, BLE (2023)
© FNR 2023

Erneuerbare Energien im Verkehr 2022



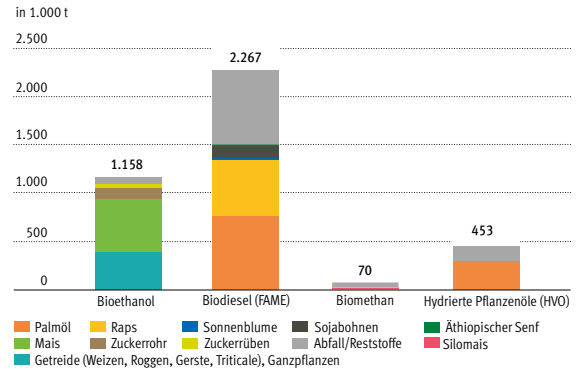
Quelle: FNR nach AGEE-Stat (Februar 2023)
© FNR 2023

Entwicklung Biokraftstoffverbrauch



Quelle: FNR nach BAFA, AGEE-Stat (2023)
© FNR 2023

Ausgangsstoffe für Biokraftstoffe 2021



Quelle: BLE (2022)
© FNR 2023

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

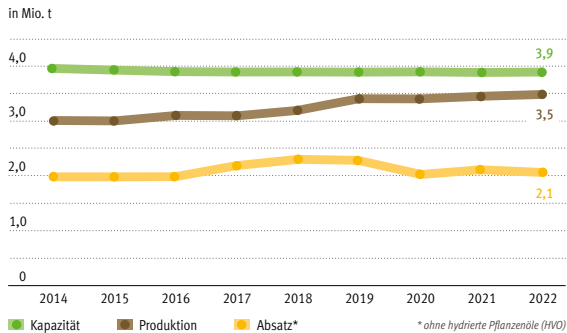
Absatz von Rapsölkraftstoff, Biodiesel und HVO

Absatz in 1.000 Tonnen	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Biodiesel*	2.183	2.292	2.275	2.042	2.113	2.068
hydrierte Pflanzenöle (HVO)*	33	27	42	995	447	447**
Rapsölkraftstoff***	3	1	2	2	2	2
Absatz gesamt	2.219	2.320	2.319	3.039	2.562	2.517

Quelle: FNR nach BAFA, AGEE-Stat, BLE (2023)

* Beimischung zu Dieselkraftstoff, ** Schätzung, *** Reinkraftstoff

Entwicklung Biodiesel-Produktion und -Absatz



Quelle: FNR, BAFA, UFOP, AGQM, VDB (2023)
© FNR 2023

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

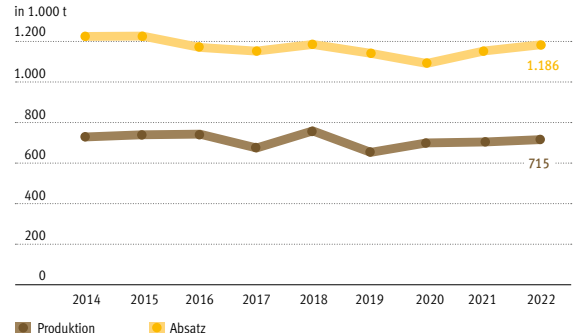
Bioethanolabsatz

Absatz in 1.000 Tonnen	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ethanol*	1.045	1.077	1.055	972	995	1.055
ETBE*	111	110	88	126	158	131
Absatz gesamt	1.157	1.187	1.143	1.098	1.153	1.186

Quelle: FNR nach BAFA (2023)

* Beimischung zum Ottokraftstoff, Volumenprozentanteil Bioethanol am ETBE = 47 %

Entwicklung Bioethanol



Quelle: BAFA, BDBE (2023)
© FNR 2023

Kraftstoffvergleich: Eigenschaften von Biokraftstoffen

Kraftstoff	Dichte [kg/l]	Heizwert [MJ/kg]	Heizwert [MJ/l]	Viskosität bei 20 °C [mm²/s]	Cetanzahl	Oktanzahl [ROZ]	Flammpunkt [°C]	Kraftstoff-äquivalenz ^b [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 ^d	> 70	–	60	–
Biomass-to-Liquid (BtL) ^e	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

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

Anforderungen an Pflanzenöl-Kraftstoffe

Pflanzenöl	Dichte (15 °C) in kg/l	Heizwert in MJ/kg	kin. Viskosität (40 °C) in mm²/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

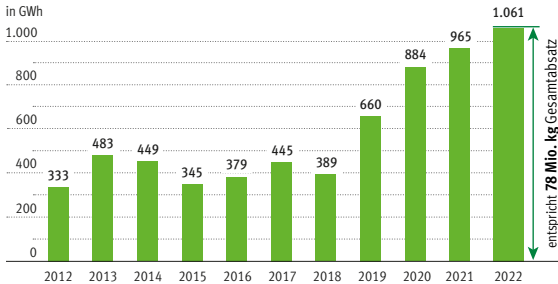
Quelle: TFZ, ASG, FNR (2015)

* kinematische Viskosität bei 50 °C

Biomethan

In Deutschland fahren nahezu 100.000 Erdgasfahrzeuge, denen ein Tankstellennetz von mehr als 800 Erdgastankstellen zur Verfügung steht. Ca. 1/3 der Tankstellen bieten 100 % Biomethan an.

Biomethanabsatz als Kraftstoff



Quelle: AGEE-Stat (Februar 2023)
© FNR 2023

Überblick Treibhausgasquoten im Verkehrssektor (Umsetzung der Erneuerbare-Energien-Richtlinie – RED II)

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
THG-Quote (CO ₂ -Minderung)	7 %	8 %	9,25 %	10,5 %	12 %	14,5 %	17,5 %	21 %	25 %
Biokraftstoffe aus Nahrungs- und Futtermittelpflanzen (Obergrenze, energetisch)	4,4 %								
Abfallbasierte Biokraftstoffe aus Altspeseölen und tierischen Fetten (Obergrenze, energetisch)	1,9 %								
Fortschrittliche Biokraftstoffe (Mindestanteil, energetisch)	0,2 %	0,3 %	0,4 %	0,7 %	1,0 %	1,0 %	1,7 %	1,7 %	2,6 %
	Mengen oberhalb des Mindestanteils werden mit Faktor 2 angerechnet.								
Wasserstoff und PtX-Kraftstoffe	Mengen werden mit Faktor 2 angerechnet (Raffinerien und Straßenverkehr)								
Strom	Mengen werden mit Faktor 3 angerechnet								
Luftverkehr					0,5 %	0,5 %	1 %	1 %	2 %

Quelle: BMUV (Stand: 09.2021)

EU-Ziel 2030

Die Erneuerbare-Energien-Richtlinie¹ definiert verbindliche Ziele für Biokraftstoffe und regelt Anforderungen an deren Nachhaltigkeit.

- 14 % erneuerbare Energien im Verkehrssektor²

Deutschland-Ziel 2030

- 32 % erneuerbare Energien im Verkehrssektor (Straße und Schiene)²
- 25 % THG-Einsparung durch in Verkehr gebrachte Biokraftstoffe und andere Erfüllungsoptionen³

THG: Treibhausgas

¹ Erneuerbare-Energien-Richtlinie 2018/2001 der EU (RED II).

² Gesetz zur Weiterentwicklung der Treibhausgasminderungsquote (THG-Quote) im Bundesimmissionschutzgesetz (BImSchG).

³ § 37a BImSchG, 38. BImSchV: 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 2023

Kraftstoff	Energiesteuer
Diesekraftstoff (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)	22,09 Cent/l

Quelle: Energiesteuergesetz (EnergieStG, § 2, Stand 2023)

Steuersatz für Betriebe der Land- und Forstwirtschaft

Energieerzeugnis	Steuersatz
Diesekraftstoff (Agrardiesel*)	25,56 Cent/l
Biokraftstoffe (Biodiesel, Pflanzenöl)	47,04 Cent/l

Quelle: Energiesteuergesetz (EnergieStG) § 57

* Entlastungssatz Agrardiesels: 21,48 Cent/l als Rückerstattung

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)

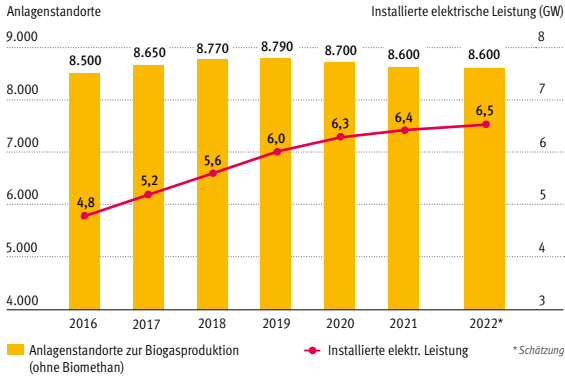
Kraftstoff	Norm	Erläuterung
Diesekraftstoff (B7)	DIN EN 590	Diesekraftstoffe mit bis zu 7 % (V/V) Biodiesel (Stand: 5/2022)
Biodiesel (B100)	DIN EN 14214	Fettsäure-Methylester (FAME) für Dieselmotoren (Stand: 5/2019)
Rapsölkraftstoff	DIN 51605	Kraftstoff für pflanzenötaugliche Motoren „Rapsölkraftstoff“ Anforderungen und Prüfverfahren (Stand: 11/2020)
Pflanzenölkraftstoff	DIN 51623	Kraftstoffe für pflanzenötaugliche Motoren „Pflanzenölkraftstoff“ Anforderungen und Prüfverfahren (Stand: 11/2020)
Ottokraftstoff (E5)	DIN EN 228	Unverbleite Ottokraftstoffe mit bis zu 5 % (V/V) Ethanol bzw. 15 % (V/V) ETBE (Stand: 8/2017)
Ottokraftstoff (E10)	DIN EN 228	Ottokraftstoff E 10 – mit bis zu 10 % (V/V) Ethanol (Stand: 8/2017)
Ethanol	DIN EN 15376	Ethanol als Blendkomponente in Ottokraftstoff (Stand: 12/2014)
Ethanol (E85)	DIN 15293	Kraftstoffe „Ethanolkraftstoff (E 85)“ Anforderungen und Prüfverfahren (Stand: 10/2018)
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)
Wasserstoff	DIN EN 17124	Wasserstoff als Kraftstoff – Produktfestlegung und Qualitätssicherung für Wasserstoffbetankungsanlagen (Stand: 12/2022)

Quelle: FNR (Juni 2023)

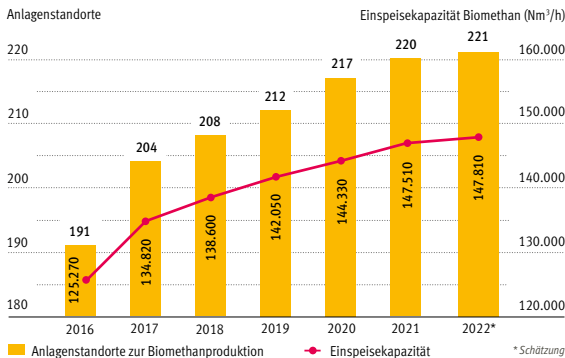
V/V: Volumenprozent

BIOGAS

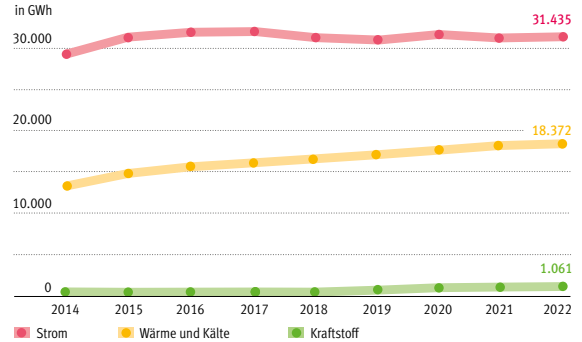
Entwicklung der Anlagenstandorte zur Biogasproduktion



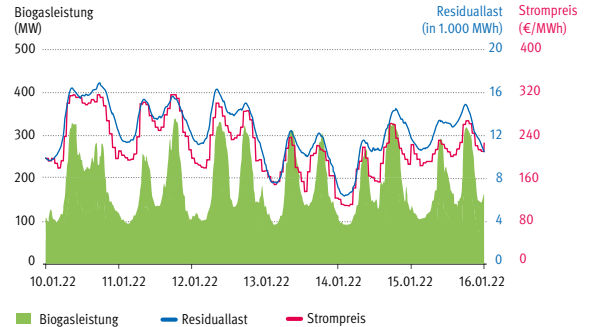
Entwicklung der Anlagenstandorte zur Biomethan-Produktion



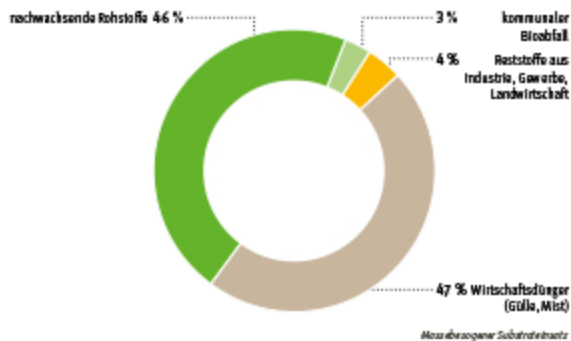
Entwicklung Energiebereitstellung aus Biogas/Biomethan



Visualisierung flexibilisierter Biogas-Stromerzeugung

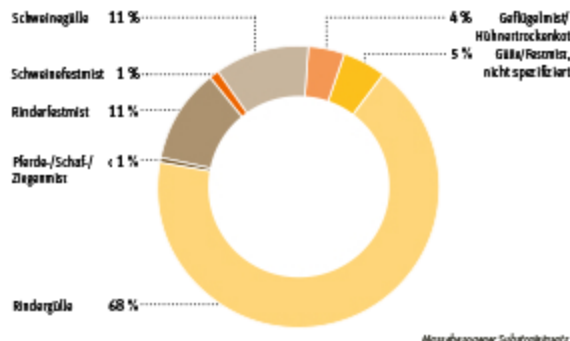


Substrateinsatz in Biogasanlagen 2022



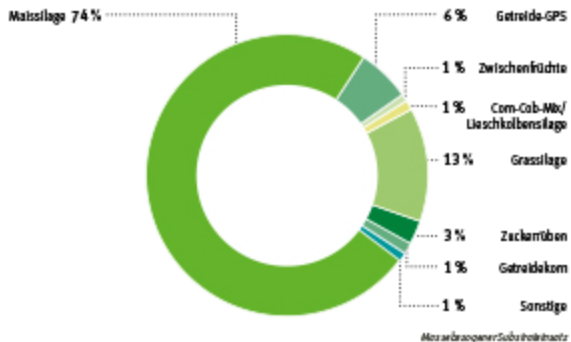
Quelle: DBFZ Betriebsbefragung Biogas (2022)
© FNR 2022

Wirtschaftsdünger als Substrat in Biogasanlagen 2022



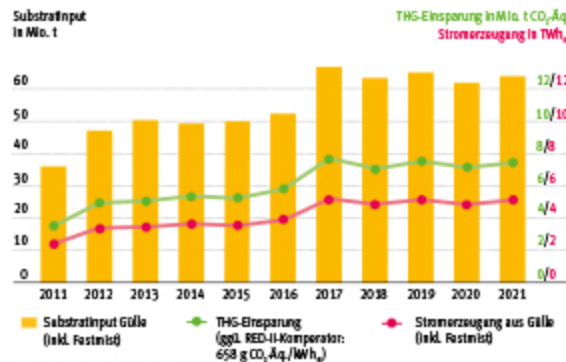
Quelle: DBFZ Betriebsbefragung Biogas (2022)
© FNR 2022

Nachwachsende Rohstoffe in Biogasanlagen 2022



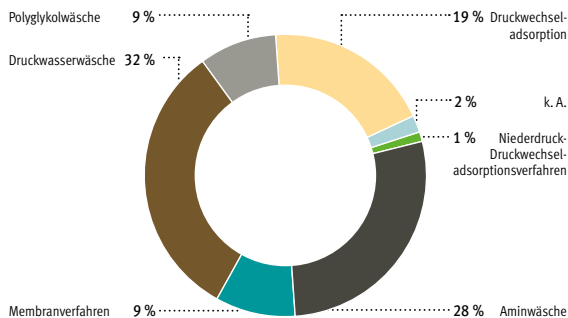
Quelle: DBFZ Betriebsbefragung Biogas (2022)
© FNR 2022

Entwicklung der THG-Vermeidung und Stromerzeugung durch Güllevergärung



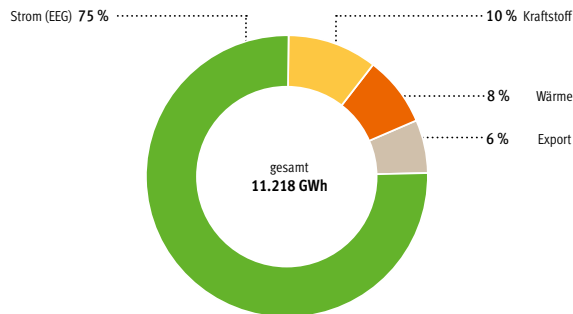
Quelle: FNR nach UBA, DBFZ (2022)
© FNR 2022

Verteilung der Verfahren zur Biogasaufbereitung



Quelle: FNR nach DBFZ (2019)
© FNR 2020

Vermarktung von Biomethan 2022



Quelle: Deutsche Energie-Agentur (2023)
© FNR 2023

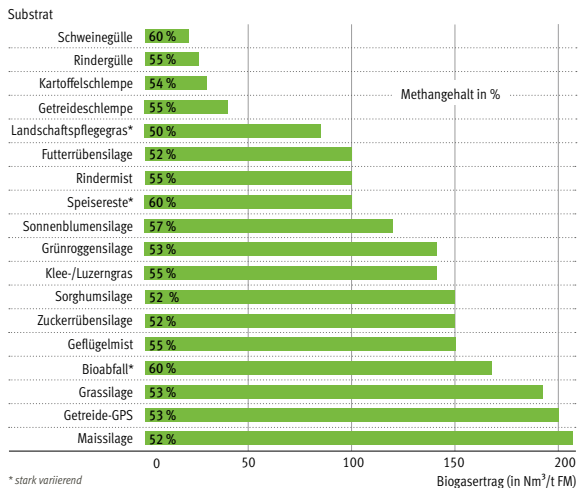
Kennwerte verschiedener Biogasaufbereitungsverfahren

	Druckwechsel-adsorption PSA	Druckwasser-wäsche DWW*	Physikalische Absorption** (mit org. Lösungsmitteln)	Chemische Absorption*** (mit org. Lösungsmitteln)	Membran-verfahren***	Kryogene Verfahren
Strombedarf (kWh/Nm ³)	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 ³)	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 Haase Energietechnik GmbH, *** Hitachi Zosen Inova Biomethan GmbH

Biogausausbeuten



Quelle: KTBL (2015)
© FNR 2015

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 (CH₄)	50–75 Vol.-%
Kohlendioxid (CO₂)	25–45 Vol.-%
Wasserdampf (H₂O)	2–7 Vol.-%
Schwefelwasserstoff (H₂S)	20–20.000 ppm
Sauerstoff (O₂)	< 2 Vol.-%
Stickstoff (N₂)	< 2 Vol.-%
Ammoniak (NH₃)	< 1 Vol.-%
Wasserstoff (H₂)	< 1 Vol.-%
Spurengase	< 2 Vol.-%

Biogasertrag von	
Milchkuh (17 m³ Gülle/TP • a)	289 Nm³ Methan ≅ 1.095 kWh _{el} /TP • a*
Mastschwein (1,6 m³ Gülle/TP • a)	19 Nm³ Methan ≅ 73 kWh _{el} /TP • a*
Mastrind (2,8 t Festmist/TP • a)	185 Nm³ Methan ≅ 562 kWh _{el} /TP • a*
Reitpferd (11,1 t Festmist/TP • a)	388 Nm³ Methan ≅ 1.472 kWh _{el} /TP • a*
Legehühner (2,0 m³ Rottemist/ 100 TP • a)	164 Nm³ Methan ≅ 621 kWh _{el} /100 TP • a*
1 ha Silomais (40–60 t FM**)	3.956–5.934 Nm³ Methan ≅ 14.985–22.477 kWh _{el} /ha*
1 ha Zuckerrüben (55–75 t FM**)	3.523–4.803 Nm³ Methan ≅ 13.343–18.195 kWh _{el} /ha*
1 ha Getreide-GPS (30–50 t FM**)	2.884–4.807 Nm³ Methan ≅ 10.926–18.210 kWh _{el} /ha*
1 ha Durchwachsene Silphie (45–60 t FM**)	2.871–3.828 Nm³ Methan ≅ 10.874–14.499 kWh _{el} /ha*
1 ha Sudangras (35–55 t FM**)	2.392–3.759 Nm³ Methan ≅ 9.061–14.238 kWh _{el} /ha*
1 ha Grünland (23–43 t FM**)	2.001–3.808 Nm³ Methan ≅ 7.579–14.424 kWh _{el} /ha*
1 ha Getreidekorn Roggen (4,3–6,8 t FM**)	1.390–2.179 Nm³ 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 Nm ³ /h	ca. 9.600 €/Nm ³ • h
BGA mit Aufbereitung 700 Nm ³ /h	ca. 9.100 €/Nm ³ • 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 Nm ³ /h	7–9 ct/kWh
700 Nm ³ /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**)

* BHKW-Wirkungsgrad 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

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

	m ³	l	Barrel
1 m ³	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



www.blauer-engel.de/uz195

Dieses Druckerzeugnis ist mit dem
Blauen Engel ausgezeichnet.



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

Folgen Sie uns:    

Bestell-Nr. 469
mediathek.fnr.de
FNR 2023



basisdaten.fnr.de