

Höhe der Treibhausgasemissionen (entlang der gesamten Prozesskette) von importiertem flüssigen Erdgas im Vergleich mit anderen Energieträgern

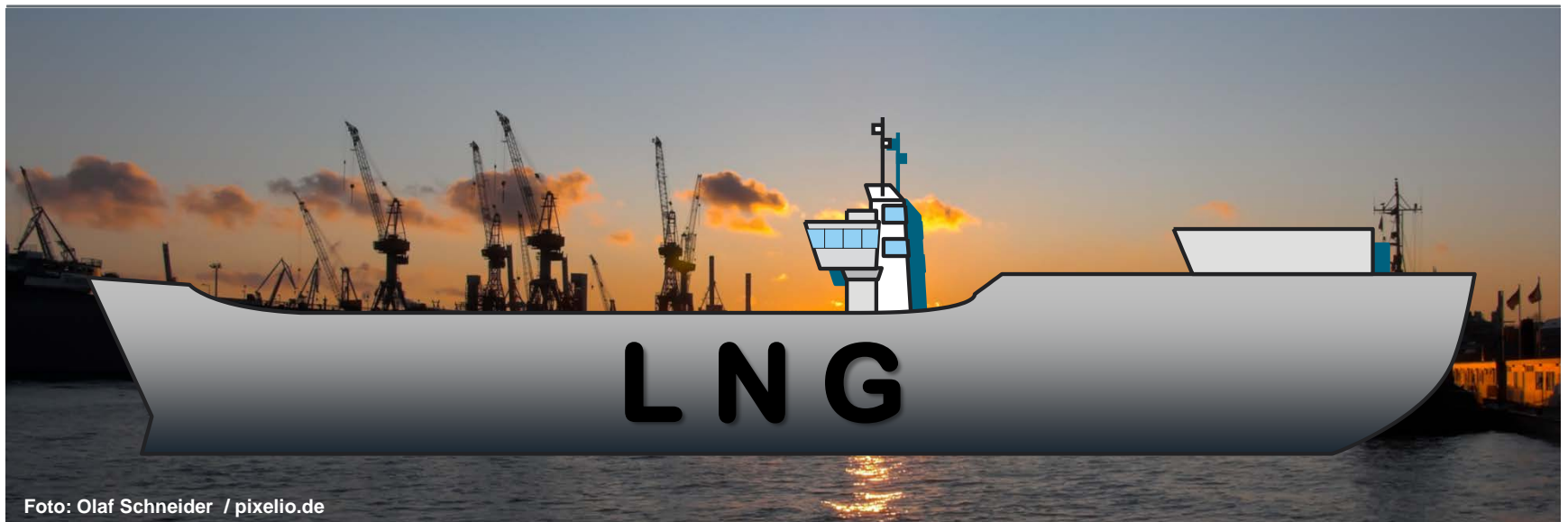


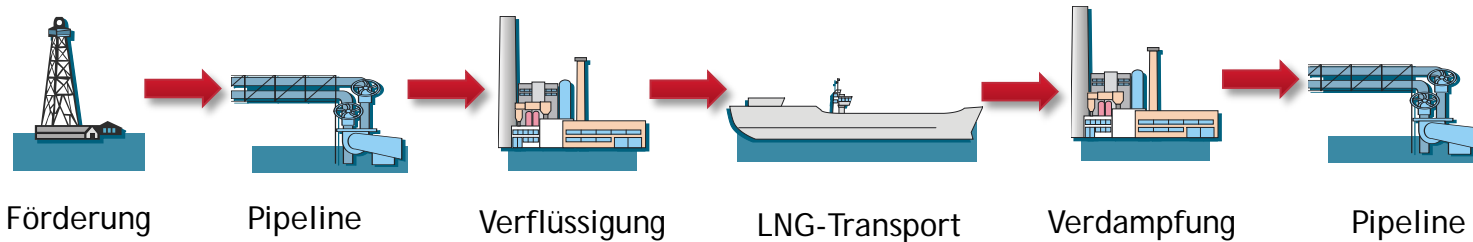
Foto: Olaf Schneider / pixelio.de

Treibhausgasemissionen

- Relevante THG-Emissionen bei der Bereitstellung und Nutzung von fossilen Energieträgern sind Kohlendioxid (CO₂) Methan (CH₄)
 - Treibhauswirksamkeit von Methan (und anderen THG) wird angegeben in CO₂-Äquivalenten und ist abhängig vom betrachteten Zeithorizont
 - **GWP₁₀₀** (Global Warming Potential over 100 years) = **30 kg CO₂eq/kg Methan**
 → Mittel-/langfristige Schäden
 (z.B. Meeresspiegelanstieg, Schädigung von Ökosystemen)
 - **GWP₂₀ = 85 kg CO₂eq/kg Methan**
 → Kurzfristige Schäden
 (z.B. Überschreitung von sog. „Kipppunkten“, Extremwetterereignisse)
- ➔ Beide Betrachtungszeiträume sind wichtig

Treibhausgasbilanz konventionelles flüssiges Erdgas

- Prozesskette LNG (Liquified Natural Gas)



- Treibhausgasemissionen von LNG aus **konventionellen** Erdgasquellen

	Kohlendioxid	Methan	GWP ₁₀₀ 30	GWP ₂₀ 85
	g/MJ	g/MJ	g CO ₂ eq/MJ	g CO ₂ eq/MJ
Förderung/Aufbereitung	1.6	0.040	2.8	4.9
Pipeline	0.8	0.003	0.9	1.1
Verflüssigung	4.9	0.023	5.6	6.9
LNG-Transport	3.2	0.001	3.3	3.4
Verdampfung	0.4	0.022	1.0	2.2
Sonstige	0.03	0.000	0.04	0.04
Summe	11.0	0.1	13.6	18.5

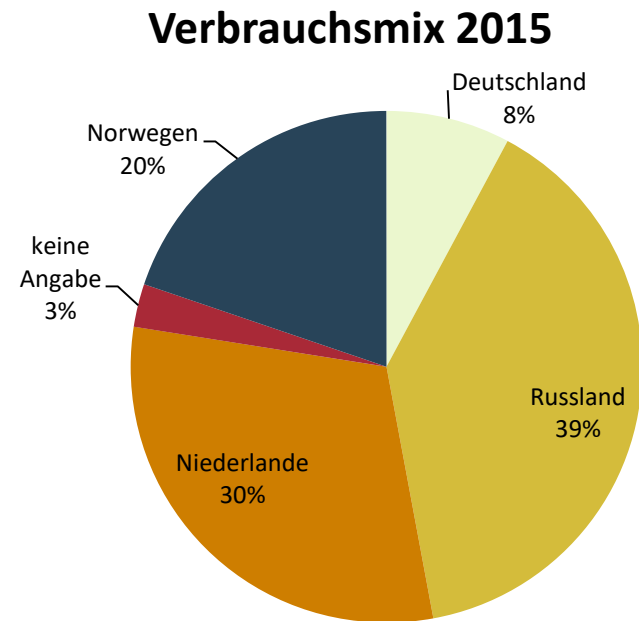
➔ $GWP_{100} = 14 \text{ g CO}_2\text{eq/MJ}$ und $GWP_{20} = 19 \text{ g CO}_2\text{eq/MJ}$ (Ohne Verbrennung, Bezug Heizwert)

- **Unkonventionelles** Erdgas aus Schiefergas (Fracking)
- Methanverluste sind maßgeblich für GWP
(Howarth 2011 und 2014, UBA 2014, Zavala-Araiza 2015 , Littlefield 2017, Alvarez 2018)
 - Ältere Messungen/Studien: 3,6% bis 7,9%
 - Aktuelle Messungen/Studien: 0,7% bis 2,3%
- Hauptquellen: Exploration, Gewinnung/Aufbereitung
- Treibhausgasemissionen für LNG aus USA (Ohne Verbrennung, Bezug Heizwert Erdgas)
 - ➔ **GWP₁₀₀ = 29** (24-35) g CO₂eq/MJ und **GWP₂₀ = 51** (36-67) g CO₂eq/MJ

Konventionelles Erdgas (Pipeline)

- Treibhausgasbilanz von in Deutschland eingesetztem Erdgas (ohne Verbrennung, Bezug Heizwert)

	GWP₁₀₀ g CO ₂ -Äq/MJ	GWP₂₀ g CO ₂ -Äq/MJ
Russland	16	27
Norwegen	2,0	2,2
Niederlande	1,0	1,4
Deutschland	4,4	4,9
Verbrauchsmix	7,4	12



- Hauptursachen:
 - Methanverlust bei Förderung + Transport (< 1%)
 - Energieverbrauch der Förderung, Aufbereitung und Transport
 - Fackel

- Treibhausgasemissionen pro MJ (Heizwert)

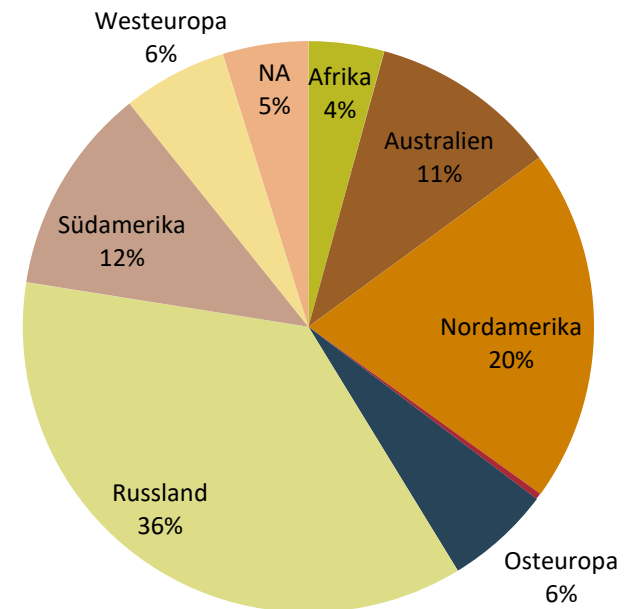
Energieträger	GWP ₁₀₀ g CO ₂ -Äq/MJ	GWP ₂₀ g CO ₂ -Äq/MJ
LNG – konventionell	14	19
LNG – Schiefergas, USA	29	51
Erdgas (Pipeline)	7,4	12

- ➔ Pipelinegebundenes Erdgas am günstigsten
- ➔ Treibhausgasbilanz von LNG aus **konventionellen** Quellen ist ungefähr doppelt so hoch wie die von Erdgas (Pipeline)
- ➔ Treibhausgasbilanz von LNG aus **unkonventionellen** Quellen ist ungefähr viermal so hoch wie die von Erdgas (Pipeline)

- Treibhausgase für die Bereitstellung bis zum Kraftwerk

Herkunftsland	GWP ₁₀₀ g CO ₂ -Äq/MJ	GWP ₂₀ g CO ₂ -Äq/MJ
Deutschland	20	28
Westeuropa	21	27
Osteuropa	17	43
Südafrika	12	19
Australien	19	32
Nordamerika	13	31
Russland	17	37
Südamerika	7,8	8,3
Ostasien	16	42
Verbrauchsmix	15	29

Verbrauchsmix 2017



- Hauptursachen:

- Grubengas (Methan)
- Transport (insb. Überseeschiff)
- Maschineneinsatz

- Treibhausgasemissionen pro MJ (Heizwert)

Energieträger	GWP ₁₀₀ g CO ₂ -Äq/MJ	GWP ₂₀ g CO ₂ -Äq/MJ
LNG – konventionell	14	19
LNG – Schiefergas, USA	29	51
Erdgas (Pipeline)	7,4	12
Steinkohle	15	27
Schweröl (HFO)	10	12
Marine Gasöl (MGO)	12	15
Heizöl (HEL)	14	16

- ➔ Steinkohle-Ergebnisse zwischen konventionellem LNG und Schiefergas-LNG
- ➔ Raffinerieprodukte zwischen Erdgas (Pipeline) und konventionellem LNG

- Durchschnittliche Kraftwerke in Deutschland 2017

	Wirkungsgrad, elektrisch (brutto)	Wirkungsgrad, thermisch	KW-Eigenstromverbrauch	Energieträger-Bedarf in MJ pro MJ Strom
Erdgas	45,6 %	18,6 %	3,3 %	2,1
Steinkohle	40,0 %	10,5 %	8,1 %	2,6

- Treibhausgasemissionen pro MJ Strom

	Bereitstellung Energieträger		Kraftwerks-Emissionen g CO ₂ /MJ	Treibhausgasemissionen, gesamt	
	GWP ₁₀₀ g CO ₂ -Äq/MJ	GWP ₂₀ g CO ₂ -Äq/MJ		GWP ₁₀₀ g CO ₂ -Äq/MJ	GWP ₂₀ g CO ₂ -Äq/MJ
LNG – konventionell	28,5	38,8	117	146	156
LNG – Schiefergas, USA	60,7	106,2	117	178	224
Erdgas (Pipeline)	15,5	25,4	117	133	143
Steinkohle	38,6	70,1	239	278	309

➔ Steinkohle-Kraftwerk ist ungünstiger als Erdgas- bzw. LNG-Option

- Annahme: Motorenwirkungsgrade unabhängig vom Kraftstoff
- Methanschlupf von LNG-Schiffsmotoren: 3,1% (LBSI: 2,3%, LPDF: 4,1%)
(Quelle: Ushakov et al, 2019)
- Treibhausgasemissionen pro MJ verbrannten Kraftstoff (Bezug Heizwert)

	Bereitstellung Energieträger		Motor-Emissionen		Treibhausgasemissionen, gesamt	
	GWP ₁₀₀ g CO ₂ -Äq/MJ	GWP ₂₀ g CO ₂ -Äq/MJ	GWP ₁₀₀ g CO ₂ -Äq/MJ	GWP ₂₀ g CO ₂ -Äq/MJ	GWP ₁₀₀ g CO ₂ -Äq/MJ	GWP ₂₀ g CO ₂ -Äq/MJ
LNG – konventionell	14,1	19,1	74,7	109	89	128
LNG – Schiefergas, USA	29,9	52,3	74,7	109	105	161
Schweröl (HFO)	9,7	12,4	76,6	77	86	89
Marine Gasöl (MGO)	12,5	14,7	75,1	75	88	90

➔ Die Treibhausgasbilanz für LNG fällt allgemein ungünstiger aus

- Annahme: Wirkungsgrad Brennwertkessel Erdöl/Erdgas: 90 % (EWG 2019)
- Treibhausgasemissionen pro MJ Wärme

	Bereitstellung Energieträger		Brennwertkessel- Emissionen g CO ₂ /MJ	Treibhausgasemissionen, gesamt	
	GWP ₁₀₀ g CO ₂ -Äq/MJ	GWP ₂₀ g CO ₂ -Äq/MJ		GWP ₁₀₀ g CO ₂ -Äq/MJ	GWP ₂₀ g CO ₂ -Äq/MJ
LNG – konventionell	15,1	20,6	62,3	77	83
LNG – Schiefergas, USA	32,2	56,3	62,3	95	119
Erdgas (Pipeline)	8,2	13,5	62,3	71	76
Heizöl	15,3	17,8	83,3	99	101

- ➔ Erdgas (Pipeline) sowie konventionelles LNG sind günstiger als Heizöl
- ➔ Heizöl hat bei der 20-jährigen Betrachtung der Treibhausgaswirkungen Vorteile gegenüber unkonventionellem LNG

- Beide Betrachtungszeiträume 100 und 20 Jahre sind wichtig für Bewertung
- Vorketten der Energieträger
 - Pipelinegebundenes Erdgas hat günstigste Treibhausgasbilanz
 - THG-Emissionen von konventionellem LNG beträgt ungefähr Faktor 2 und die von unkonventionellem ca. Faktor 4 im Vergleich zu Pipeline-Erdgas
 - Steinkohle weist ebenfalls hohe Methanverluste auf (Grubengas)
 - Raffinerieprodukte liegen zwischen Erdgas und konventionellem LNG
- Anwendung der Energieträger (Gesamtemissionen)
 - Kraftwerk: Pipelinegebundenes Erdgas hat die niedrigsten Treibhausgasemissionen und Steinkohle die höchsten (ungefähr Faktor 2)
 - Schiff: LNG ist ungünstiger als HFO/MGO (insb. GWP20) bei Methanschleup > 1%
 - Raumwärme: Pipelinegebundenes Erdgas am besten, unkonventionelles LNG aus USA zu vermeiden



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG

Höhe der Treibhausgasemissionen (entlang der ges. Prozesskette) von importiertem flüssigen Erdgas im Vergleich mit anderen Energieträgern

Dip.-Ing. (FH) Axel Liebich, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg

Im Weiher 10

69121 Heidelberg

axel.liebich@ifeu.de

fon: +49 6221 47 67 29

fax: +49 6 221 47 67 19

www.ifeu.de

