

## ***Energiegase: Methan, Biogas, Wasserstoff, Synthesegase.***

Von den Versorgungsgrundlagen der klassischen Gaswirtschaft bis zu den H<sub>2</sub>-Innovationen zum Erreichen der Pariser Klimaziele und der Resilienz-Anforderungen des Green Deals

Teil 9 – Anwendungen:  
Heizgeräte, industrielle Anwendungen, Kraftwerke

# INHALTSVERZEICHNIS

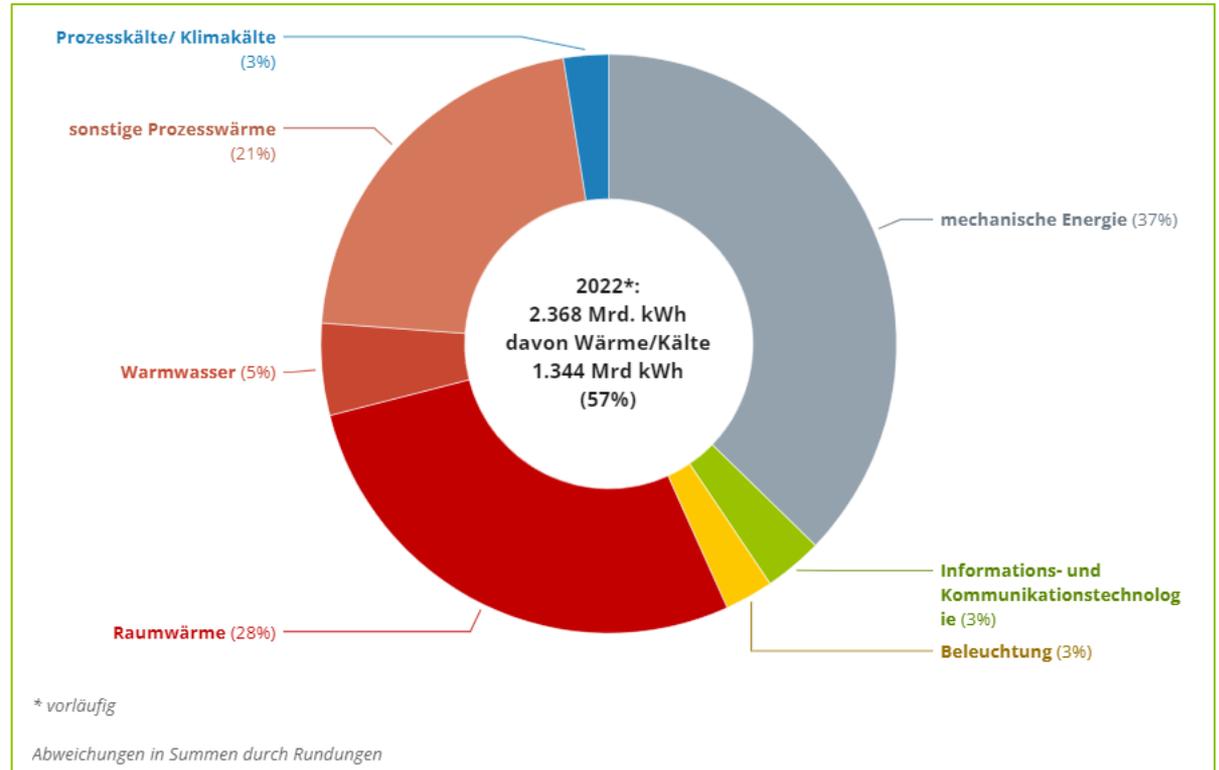
- A Häusliche Wärme
- B Wärmenetze
- C Wichtige Wärme-Gesetze
- D Wärmeeerzeuger – Technologieschau
- E Effizienzgewinne durch komplexe Heizungsanlagen
- F Förderprogramme und Sanierungsmaßnahmen
- G Gas- bzw. H<sub>2</sub>-Anwendungen in der Industrie
- H Weitere Anwendungsbereiche in der Kurzschau

## A Häusliche Wärme

---

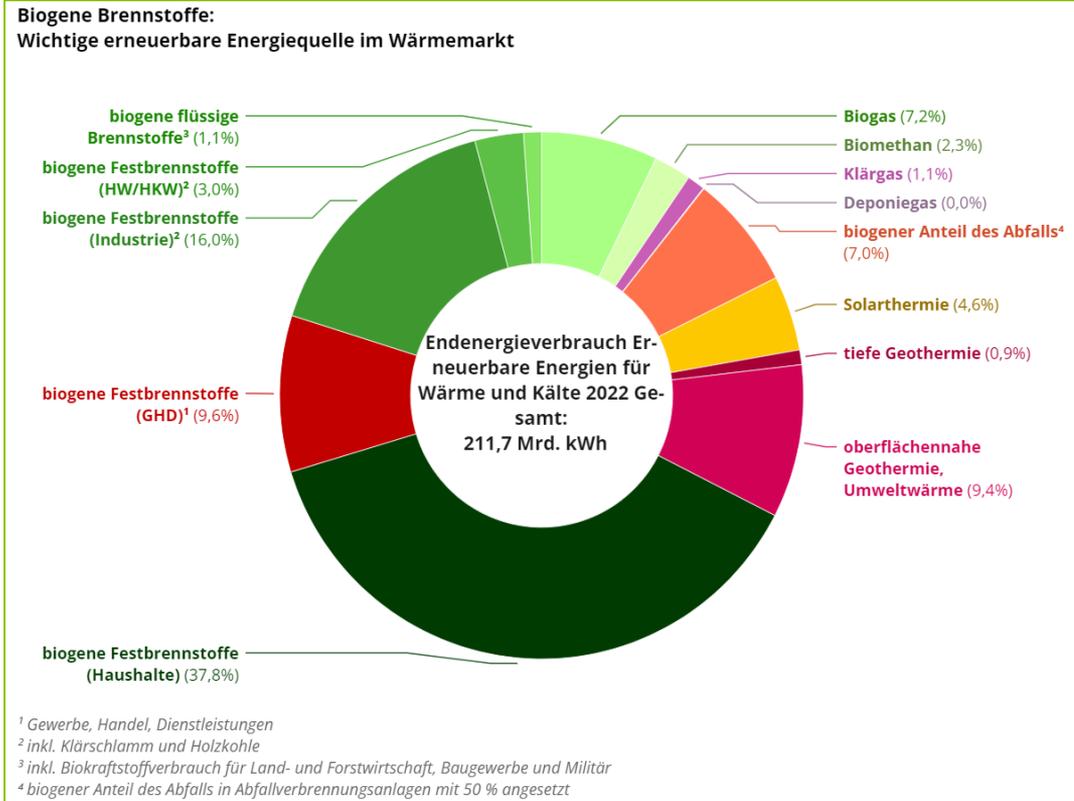
- ➔ Gesamtwärmebedarf in Deutschland
- ➔ Häusliche Wärme
  - ➔ Die Verteilung der unterschiedlichen Heizgeräte
  - ➔ Effizienzverteilung
  - ➔ Preisentwicklung (Fernwärme, Heizöl, Erdgas, Pellets, EWP)
  - ➔ Aktuelle Debatten zur „erlaubten“ Heiztechnik (GEG)
  - ➔ Objektbezogener Kostenvergleich für den Kunden
- ➔ Emissionsentwicklung bis heute und Minderungsziele
- ➔ Historie der gesetzlich vorgegebenen Effizienzen im Wärmesektor und Abgleich mit Gebäudestand in Deutschland
- ➔ Leistungsspitzen im Wärmesektor

**57% der Endenergie in D werden als Kälte oder Wärme genutzt**



Quelle: AG Energiebilanzen und BDEW-Berechnungen, Stand: 11/2023

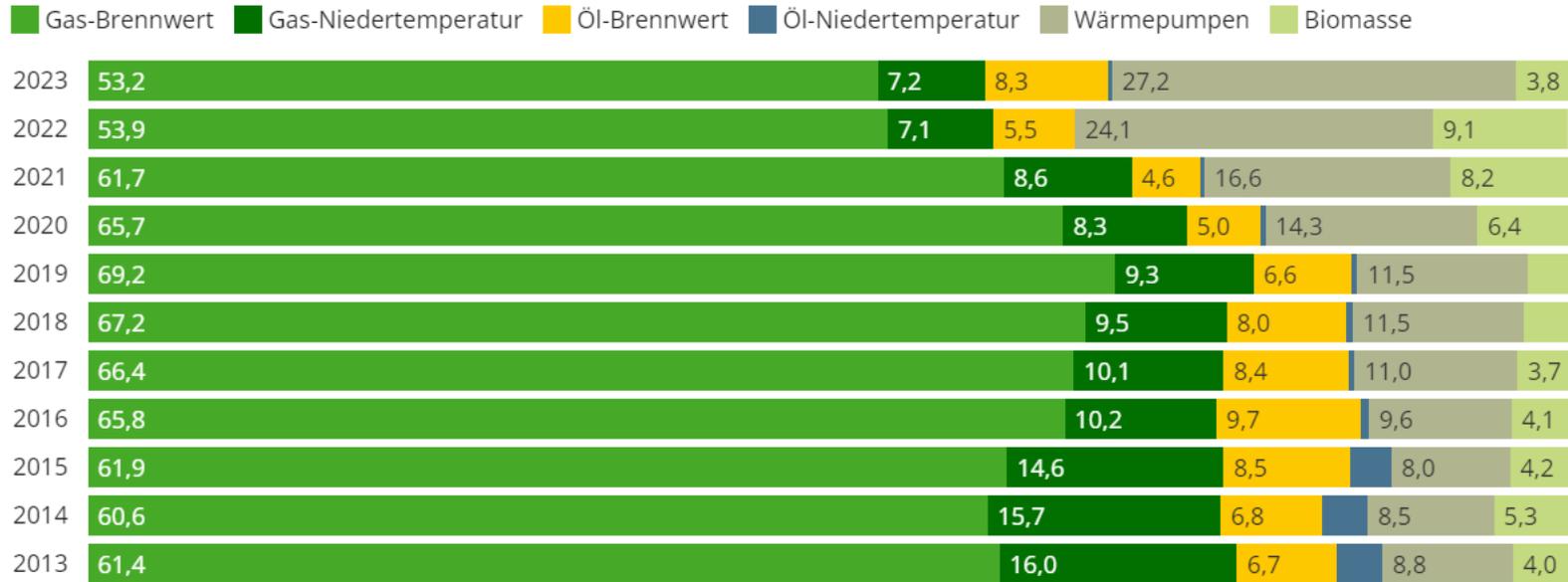
Ca. 212 kWh der über 1.300 kWh Gesamtwärme-/kältebedarfe stammen aus Erneuerbaren Energien



Quelle: AG Energiebilanzen und BDEW-Berechnungen, Stand: 11/2023

# Im häuslichen Bereich (Bestand) ist Erdgas nach wie vor die dominante Heizquelle

Anteil der verkauften Geräte in %

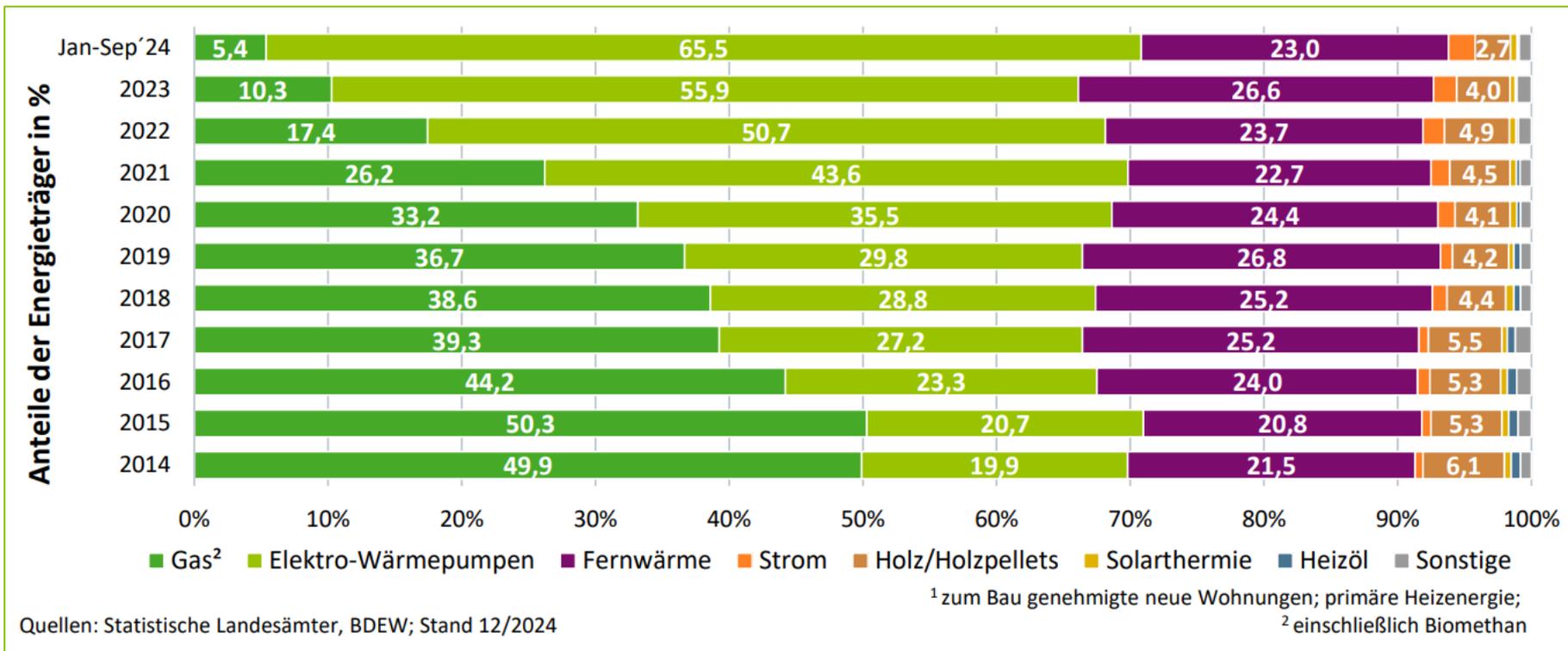


\* Eine Erweiterung des Meldekreises in der Produktstatistik „Biomassekessel“ im Jahr 2014 führte zu höheren Stückzahlen im Vergleich zum Vorjahr, die prozentuale Entwicklung zum Vorjahr ist aber negativ.

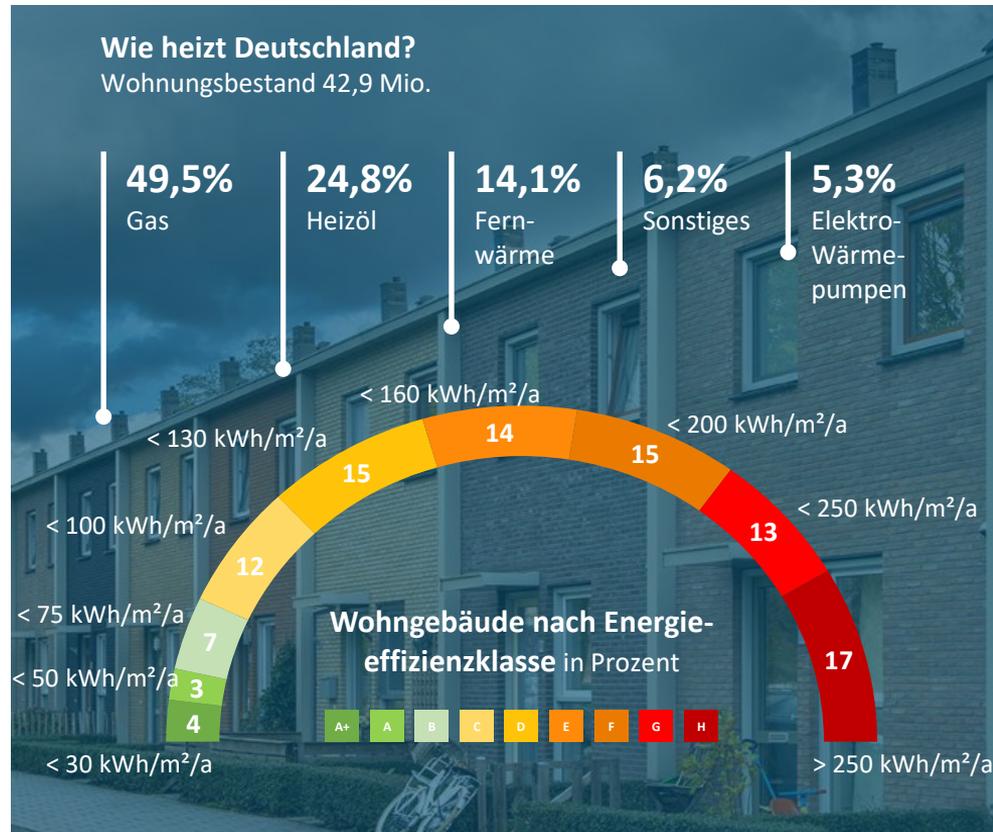
Stand: 03/2024

Quelle: BDH

# Im Neubau dagegen ist die EWP erste Käuferwahl: Entwicklung der Beheizungsstruktur im Neubau: 10-Jahres-Rückblick



# Der Gebäudebestand ist das Problem: Viele Gebäude gehören schlechten Effizienzklassen an



Daten: DVGW, 2022

## Preis-Schocks im Jahr 2022

### Gaspreise steigen am stärksten

Entwicklung der Heizkosten in den vergangenen zwölf Monaten

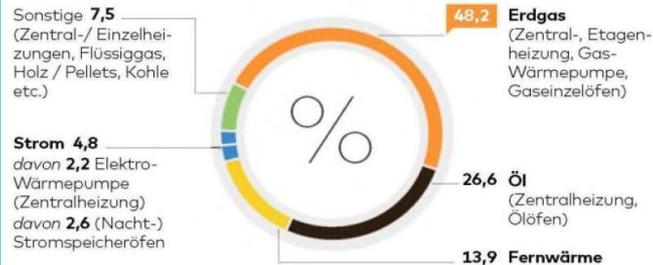
	Oktober 2021	Oktober 2022	Veränderung in Prozent
<b>Erdgas</b> Cent pro kWh	7	21	200
<b>Heizöl</b> Euro pro 100 l	89	154	73
<b>Holzpellets</b> Euro pro Tonne	234	692	196
<b>Strom</b> Cent pro kWh	32	54	69

WELT

Quelle: DEPI, Verivox, heizuel24.de ; Stichtag: 24. Oktober

### Jede zweite Wohnung wird mit Erdgas warm

Genutzte Energieträger in Deutschland



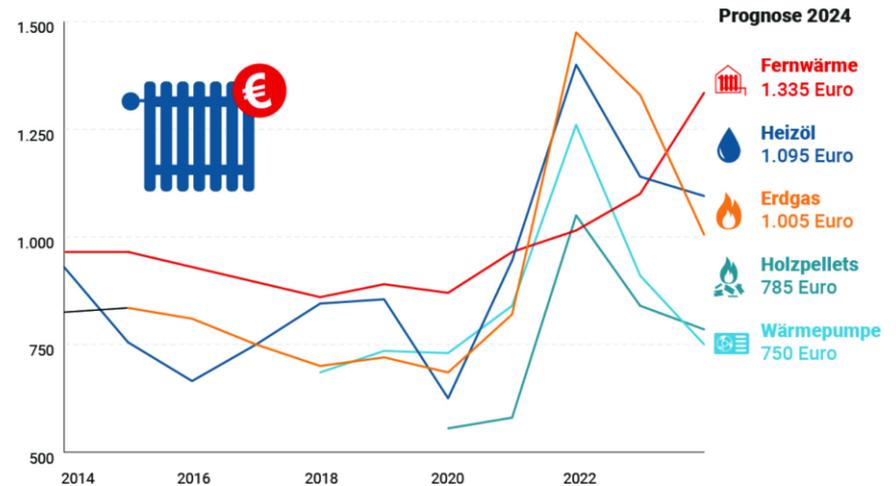
WELT

Quelle: BDEW, Stand: Oktober 2019; Basis: 40,6 Mio. Wohnraumen

... und jetzt?

## Entwicklung der Heizkosten in Deutschland

Beispiel für durchschnittliche 70 m<sup>2</sup> große Wohnung im Mehrfamilienhaus



Stand: 09/2024 | Daten: www.co2online.de | Grafik: www.heizspiegel.de

heizspiegel  
Ein Angebot von co2online

Strompreissteigerung setzt sich bis 2023 weiter fort.

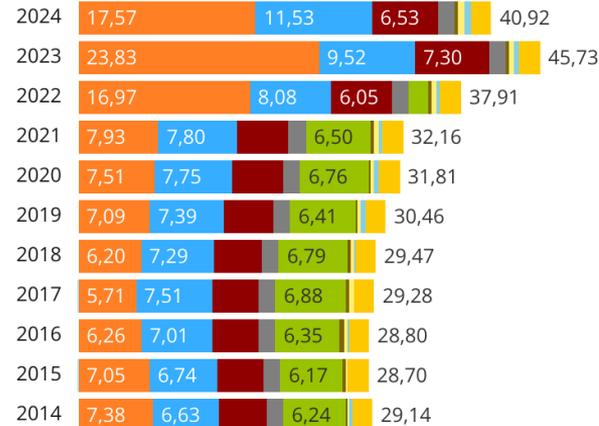
Leiter Rückgang in 2024.

Spread „Strom zu Gas“ nach wie vor ca. 3 : 1

## Strompreis für Haushalte

Durchschnittlicher Strompreis für einen Haushalt in ct/kWh, Jahresverbrauch 3.500 kWh  
Grundpreis anteilig enthalten, Tarifprodukte und Grundversorgungstarife inkl. Neukundentarife enthalten, nicht mengengewichtet

■ Beschaffung, Vertrieb ■ Netzentgelt inkl. Messung und Messstellenbetrieb ■ Mehrwertsteuer  
■ Konzessionsabgabe ■ EEG-Umlage ■ KWK-Aufschlag ■ §19 StromNEV-Umlage ■ Offshore-  
Netzumlage ■ Umlage f. abschaltbare Lasten ■ Stromsteuer ■ Summe



Stand: 12/2024

Quelle BDEW

## Strompreis bricht alle Rekorde

Erste Industriebetriebe stellen den Betrieb wegen der hohen Stromkosten ein.

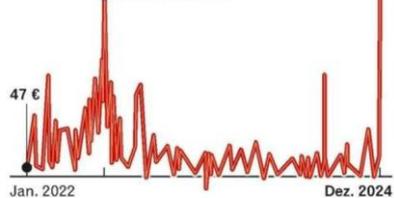
### Neuer Höchstwert

Börsenstrompreis für Deutschland in Euro je Megawattstunde

12.12.2024

936 €

Alter Höchstwert:  
29.8.2022: 871 €



Jeweils Tagesschlusspreise, mit Ausnahme der Höchststände im August 2022 und im Dez. 2024

HANDELSBLATT

Quelle: Bloomberg; EPEX Baseload Day-Ahead



Erstine Hoffnung  
Wärmepumpen  
sollen den Gebäu-  
desektor klima-  
freundlicher  
machen

## Lohnt sich die Wärmepumpe?

Die Heizung wurde unter Robert Habeck zur Glaubensfrage, nach dem Aus der Ampel ist die **Verunsicherung** groß. Was Verbraucher jetzt beachten müssen

Energie Noch heizen viele Haushalte mit Gas.  
Mannheim plant bereits den frühzeitigen Ausstieg.

## Gas wird günstiger – für manche

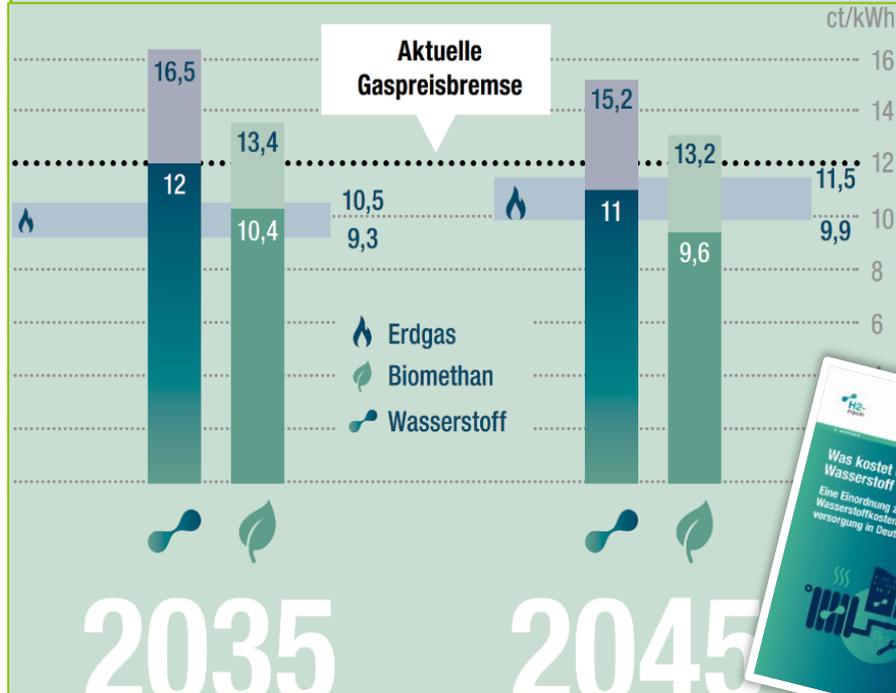
Warum es regional unterschiedliche Entwicklungen bei den Preisen gibt und welche Rolle Netzentgelte spielen / Von Frank-Thomas Wenzel

## Was wird aus dem Heizungsgesetz?

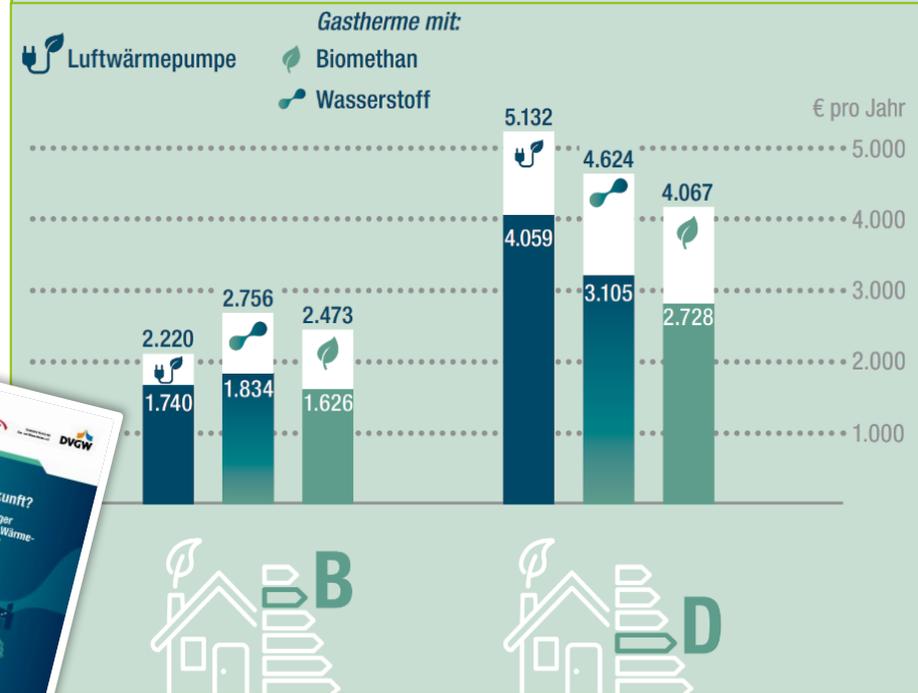
Die Union will es zurücknehmen, die SPD überarbeiten.  
Nur die Grünen stehen zu der Regelung

# Studie des DVGW zu den zukünftig zu erwartenden Wärmekosten

Langfristig (ca. 2045) könnten sich die Endkundenpreise für grünen Wasserstoff den Endkundenpreisen für Erdgas und Biomethan annähern



Wärmepumpen können bei Gebäuden mit einer höheren Effizienzklasse und Grüngasthermen bei Gebäuden einer niedrigeren Effizienzklasse geringere Gesamtkosten aufweisen.



# Was konnte bis heute schon an Emissionen im Wärmesektor erzielt werden?

Seit den 1990er Jahren hat Deutschland erhebliche Fortschritte bei der Reduzierung der Emissionen im Wärmesektor gemacht.

- 1990 bis 2021: Die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen im Wärmesektor sind um etwa **40 %** gesunken.
- 2020: Durch die Corona-Pandemie gab es einen deutlichen Rückgang der Emissionen im Vergleich zum Vorjahr.
- 2023: Der Endenergieverbrauch im Wärmesektor sank auf den niedrigsten Stand seit 15 Jahren.

Diese Reduktionen wurden durch verschiedene Maßnahmen erreicht, darunter die Verbesserung der Energieeffizienz, der verstärkte Einsatz erneuerbarer Energien und die Modernisierung von Heizsystemen.

Abbildung 2: Entwicklung der energiebedingten THG-Emissionen<sup>1</sup> 1990-2021



<sup>1</sup> in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, berücksichtigt CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O

<sup>2</sup> einschließlich Militär und Landwirtschaft (energiebedingt)

<sup>3</sup> enthält nur Emissionen aus Industriefeuerungen, keine Prozessemissionen

<sup>4</sup> diffuse Emissionen aus der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung von Brennstoffen

Quelle: Umweltbundesamt: Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990-2021, Stand 03/2023

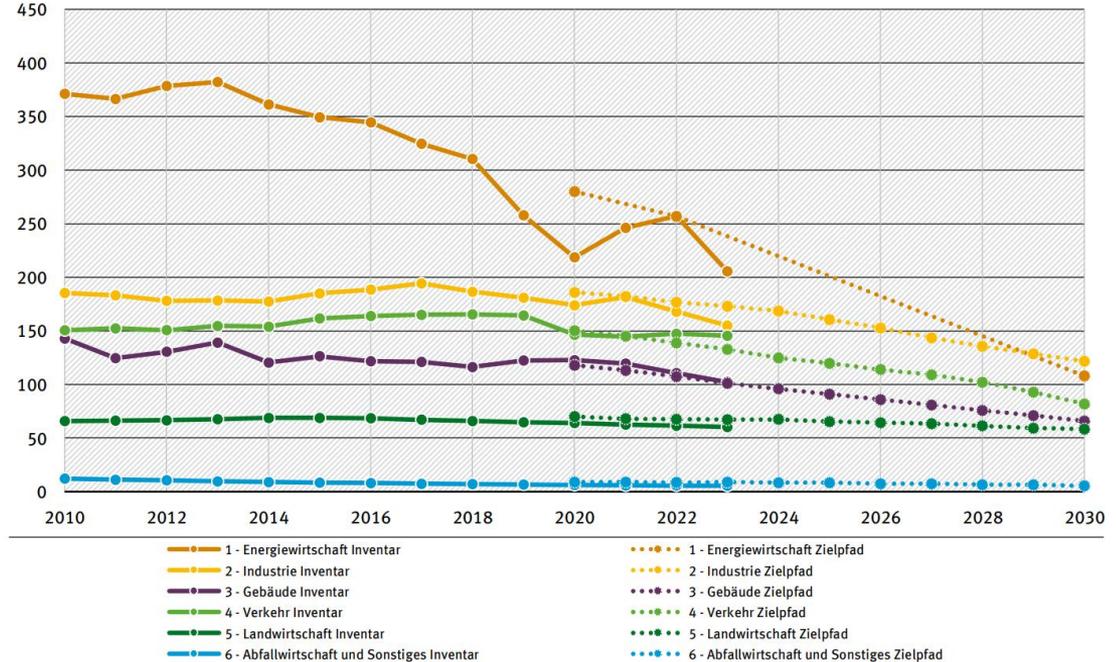
# Welche Emissions-Minderungsziele für die kommenden Jahre gibt es?

## Treibhausgasminderungsziele Deutschlands

Die deutschen Treibhausgasminderungsziele sind im Bundes-Klimaschutzgesetzes (Stand August 2024) festgelegt. Die Emissionen sollen bis 2030 um mind. 65 % und bis 2040 um mind. 88 % gesenkt werden (gegenüber 1990). Bis zum Jahr 2045 hat Deutschland das Ziel Netto-Treibhausgasneutralität zu erreichen. Nach dem Jahr 2050 sollen negative Treibhausgasemissionen erreicht werden.

## Entwicklung und Zielerreichung\* der Treibhausgas-Emissionen in Deutschland in der Abgrenzung der Sektoren des Bundes-Klimaschutzgesetzes\*\*

Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente

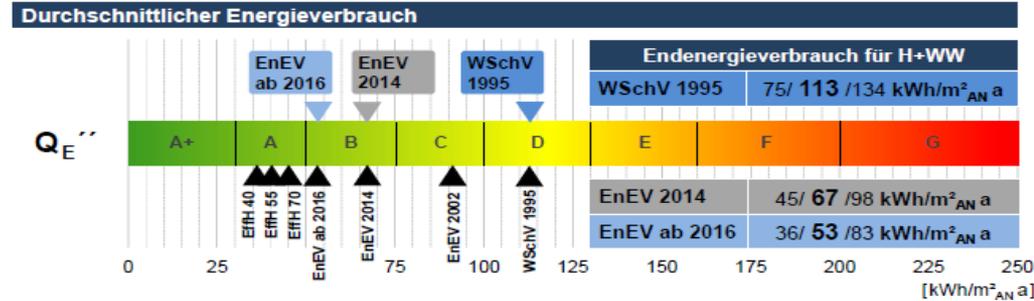
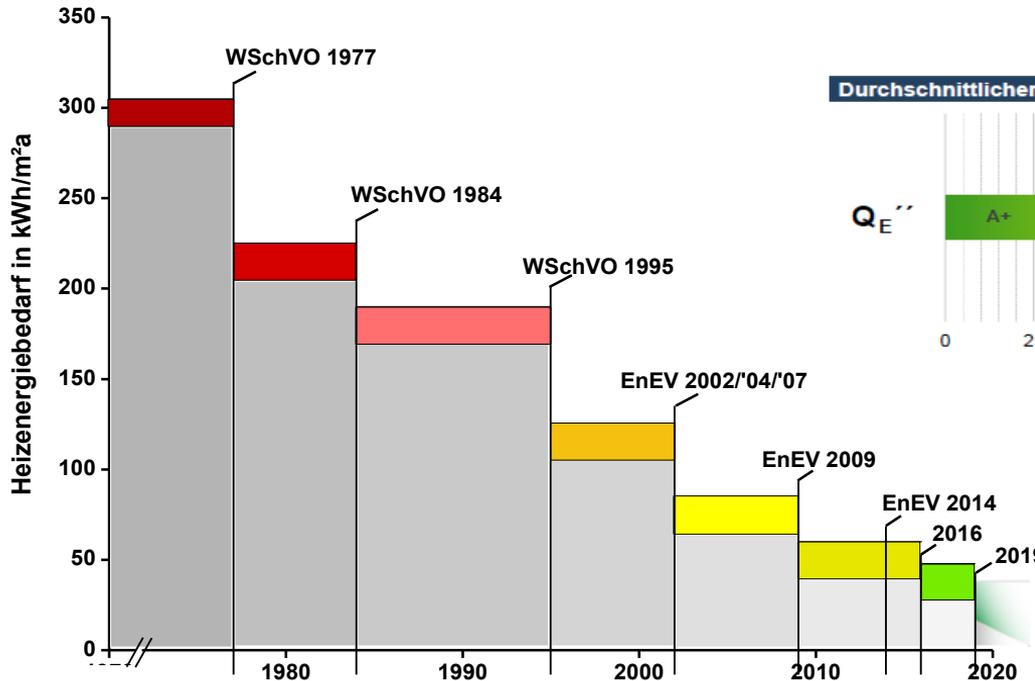


\* Die Emissionshöchstmenge weichen von den Angaben im Bundes-Klimaschutzgesetz ab. Gemäß § 4 Absatz 3 des Bundesklimaschutzgesetzes sollen Über- bzw. Unterschreitungen der jeweils zulässigen Jahresemissionsmenge eines Sektors (Differenzmenge der berechneten Emissionen zu den zulässigen Jahresemissionsmengen im betreffenden Jahr) gleichmäßig auf die Jahresemissionsmengen des Sektors bis zum nächsten Zieljahr (2030) angerechnet werden. Die Über- bzw. Unterschreitungen der UBA-Prognose für das Jahr 2021 wurden hier bereits berücksichtigt.  
\*\* Die Aufteilung der Emissionen weicht von der UN-Berichterstattung ab, die Gesamtemissionen sind identisch.

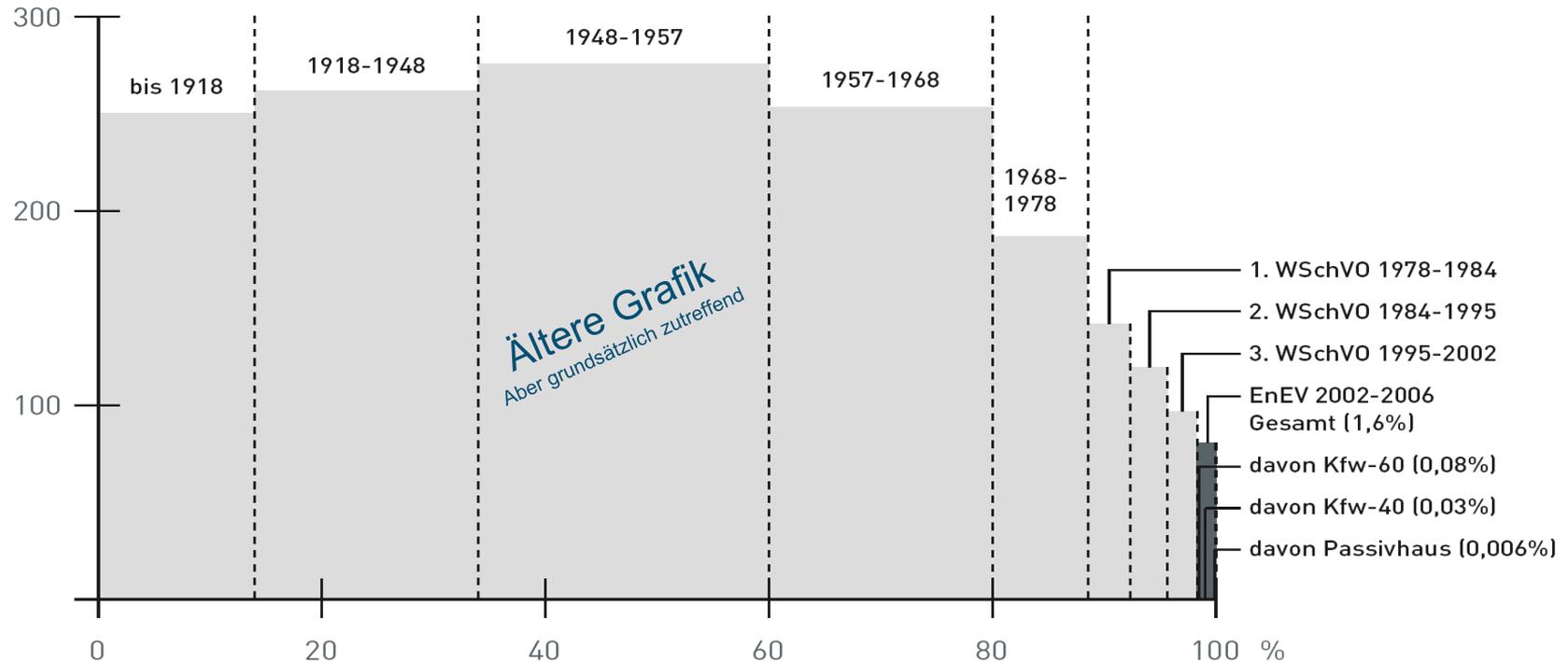
Quelle: Umweltbundesamt: Presse-Information 11/2024 vom 15.03.2024 - Klimaemissionen sinken 2023 um 10,1 Prozent – größter Rückgang seit 1990, UBA-Projektion: Nationales Klimaziel bis 2030 erreichbar

# Worin liegt das eigentliche Problem einer Wärmewende?

Zwar hat es in Deutschland immer seit 1977 Weiterentwicklungen der Effizianzorderungen an Neubauten gegeben, aber nach wie vor ist der Gebäudealtbestand groß: Rund 90 % der 40,6 Millionen Wohnungen in Deutschland stammen aus den Jahren vor 2000.



Der energetische Zustand des Gebäudebestandes in Deutschland hinkt den Ansprüchen und Zielen weit hinterher.



Durchschnittlicher Heizwärmebedarf für **Ein-/Zweifamilienhäuser 172 kWh/m<sup>2</sup>a**, für kleinere Mehrfamilienhäuser 145 kWh/m<sup>2</sup>a (inkl. WW-Bereitung).

# Worin liegt das eigentliche Problem einer Wärmewende? Auch der Leistungsbedarf im Gebäudesektor ist hoch.

## Abschätzung der Spitzenheizleistung in Gebäuden basierend auf einer detaillierten Baualtersklassenerhebung

Auswertung der Gebäude- und Wohnungszählung 2011 Stichtag: 9.5.2011		Baualtersklassen										Summe	Anteil
		bis 1860	1861 - 1918	1919 - 1948	1949 - 1957	1958 - 1968	1969 - 1978	1979 - 1983	1984 - 1994	1995 - 2001	2002 - 2009		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
Deutscher Wohngebäudebestand Baujahre bis 2009	<b>EFH</b>												
	Anzahl Wohngebäude in Tsd.	330	966	1.131	859	1.509	1.507	704	1.160	1.035	775	<b>9.976</b>	55%
	Anzahl Wohnungen in Tsd.	399	1.213	1.389	1.060	1.948	1.915	881	1.397	1.204	858	<b>12.263</b>	31%
	Wohnfläche in Mio. m <sup>2</sup>	46	135	150	116	218	233	110	178	158	119	<b>1.463</b>	41%
	<b>RH</b>												
	Anzahl Wohngebäude in Tsd.	148	492	710	447	633	611	335	652	619	384	<b>5.030</b>	28%
	Anzahl Wohnungen in Tsd.	181	617	840	546	749	685	374	722	674	409	<b>5.796</b>	15%
	Wohnfläche in Mio. m <sup>2</sup>	19	62	82	52	76	79	45	85	80	52	<b>633</b>	18%
	<b>MFH</b>												
	Anzahl Wohngebäude in Tsd.	54	442	388	356	586	412	146	309	244	85	<b>3.023</b>	17%
	Anzahl Wohnungen in Tsd.	214	2.177	1.911	2.003	3.348	2.313	852	1.826	1.390	461	<b>16.495</b>	42%
	Wohnfläche in Mio. m <sup>2</sup>	16	163	129	125	225	169	64	133	104	39	<b>1.168</b>	33%
<b>GMH</b>													
Anzahl Wohngebäude in Tsd.	0,6	28,7	7,4	17,3	34,0	50,1	15,0	28,7	20,9	7,6	<b>210</b>	1%	
Anzahl Wohnungen in Tsd.	11	526	126	308	818	1.366	356	605	408	151	<b>4.674</b>	12%	
Wohnfläche in Mio. m <sup>2</sup>	0,7	35,8	7,9	17,0	47,1	86,7	21,9	34,8	25,5	10,4	<b>288</b>	8%	
<b>Anzahl Wohngebäude in Tsd.</b>	<b>533</b>	<b>1.929</b>	<b>2.236</b>	<b>1.679</b>	<b>2.762</b>	<b>2.580</b>	<b>1.200</b>	<b>2.150</b>	<b>1.919</b>	<b>1.251</b>	<b>18.239</b>		
<i>Anteil</i>	3%	11%	12%	9%	15%	14%	7%	12%	11%	7%			
<b>Anzahl Wohnungen in Tsd.</b>	<b>806</b>	<b>4.533</b>	<b>4.265</b>	<b>3.915</b>	<b>6.863</b>	<b>6.279</b>	<b>2.463</b>	<b>4.550</b>	<b>3.675</b>	<b>1.880</b>	<b>39.228</b>		
<i>Anteil</i>	2%	12%	11%	10%	17%	16%	6%	12%	9%	5%			
<b>Wohnfläche in Mio. m<sup>2</sup></b>	<b>82</b>	<b>396</b>	<b>370</b>	<b>309</b>	<b>567</b>	<b>569</b>	<b>240</b>	<b>431</b>	<b>368</b>	<b>220</b>	<b>3.552</b>		
<i>Anteil</i>	2%	11%	10%	9%	16%	16%	7%	12%	10%	6%			

Baualtersklassen  
und spezifische  
Wärmebedarfe  
sind bekannt

Gewählte Zuordnung: EFH: freistehende Ein-/Zweifamilienhäuser; RH: Ein-/Zweifamilienhäuser als Doppelhaushälfte, Reihenhaus oder sonstiger Gebäudetyp  
MFH: Mehrfamilienhäuser mit 3-12 Wohnungen, GMH: Mehrfamilienhäuser ab 13 Wohnungen  
Die Angaben beziehen sich ausschließlich auf Wohngebäude (ohne Wohnheime, ohne "sonstige Gebäude mit Wohnraum", ohne "bewohnte Unterkünfte")

# Worin liegt das eigentliche Problem einer Wärmewende? Auch der Leistungsbedarf im Gebäudesektor ist hoch.

## Heizlast des Gebäudesektors (Wohngebäude mit Gas direkt)

BAKs	Fläche	Wärmeverbr.	Wärmeverbr.	GW	GW
	Mio m2	spez.	total	total	total
		kWh/m2a Mio	kWh/m2a Mio	2000 VLh	Gas
A	82	260	21320		
B	396	260	102960		
C	370	250	92500		
D	309	240	74160		
E	567	230	130410		
F	569	225	128025		
G	240	235	56400		
H	431	215	92665		
I	368	180	66240		
J	220	115	25300	395	197
Summe			789980		

Heizlast  
197 GW

# Worin liegt das eigentliche Problem einer Wärmewende? Auch der Leistungsbedarf im Gebäudesektor ist hoch.

## Installierte Leistung (Wohngebäude mit Gas direkt)

BAK	Häuser	Wohnungen	Anzahl total	Gas (50 %)	Inst. Leistung	Total	Total
	in Tsd.	in Tsd.	in Tsd.		Kessel	kW (*Tsd.)	GW
					kW *)		
A	533	806	1339	669,5	19	12721	13
B	1929	4533	6462	3231	18	58158	58
C	2236	4265	6501	3250,5	17	55259	55
D	1679	3915	5594	2797	16	44752	45
E	2762	6863	9625	4812,5	15	72188	72
F	2580	6279	8859	4429,5	14	62013	62
G	1200	2463	3663	1831,5	13	23810	24
H	2150	4550	6700	3350	12	40200	40
I	1919	3675	5594	2797	11	30767	31
J	1251	1880	3131	1565,5	10	15655	16
Summe							416

Inst. Leistung  
416 GW

\*) Annahme

## B Wärmenetze

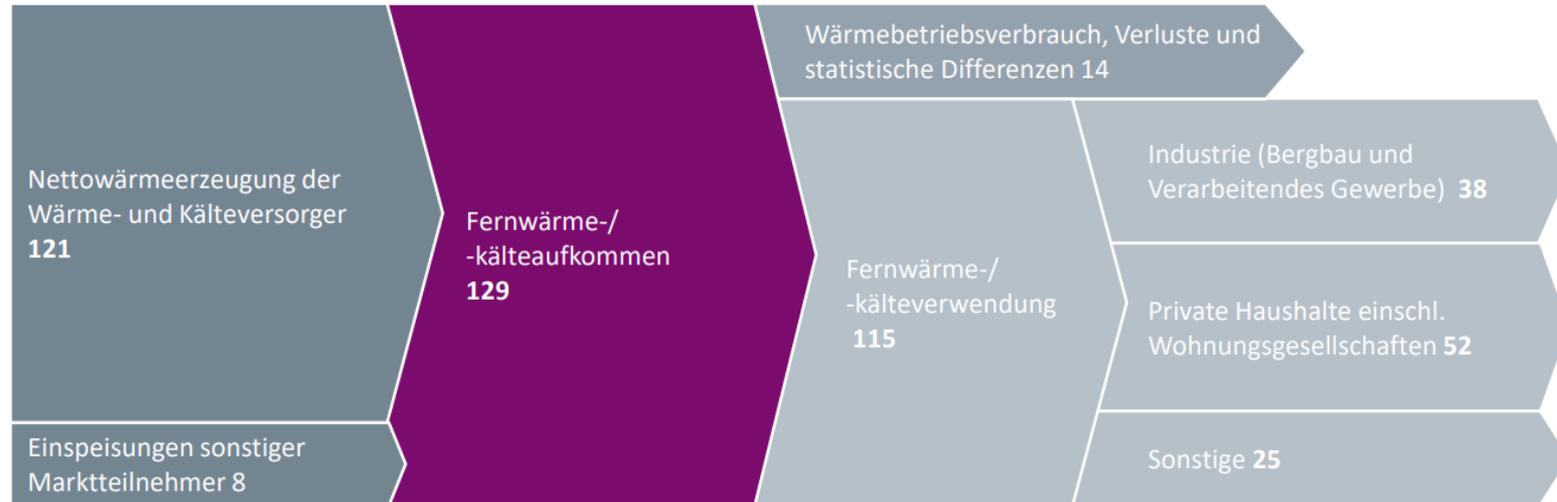
---

- ➔ Wärmestrombilanzen
- ➔ Wärmeherkunft/-einträge
- ➔ Wärmenetzlängen und –investitionen
- ➔ Wärmenetze sind nicht per se klimaneutral

## Fernwärmefluss

Von der Erzeugung zum Verbrauch

Fernwärmefluss 2023 (vorläufig) in Mrd. kWh



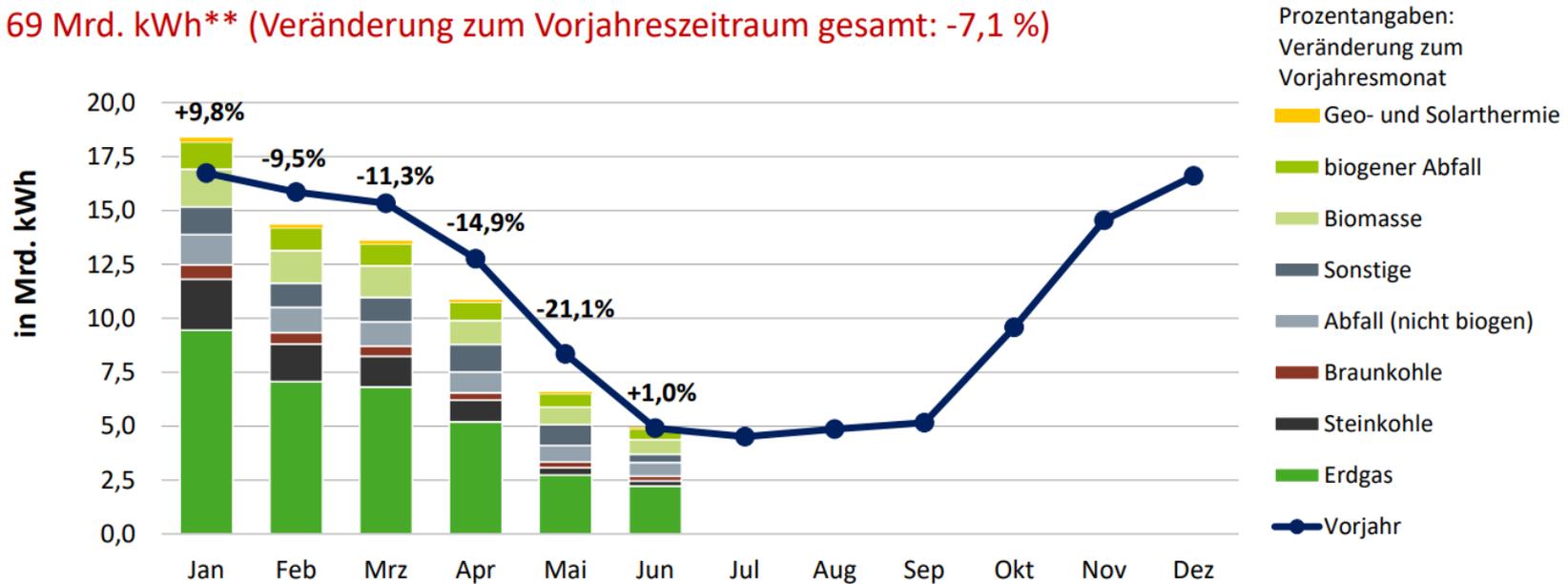
Quellen: Destatis, BDEW; Stand 04/2024

Rundungsdifferenzen möglich

# Wärmenetze: Wie wird die Wärme zentral erzeugt? Auch hier ist Erdgas der wichtigste Kraftstoff

## Monatliche Wärmeerzeugung zur Versorgung über Wärmenetze

Nettowärmeerzeugung\* zur leitungsgebundenen Wärmeversorgung 2024 bisher:  
69 Mrd. kWh\*\* (Veränderung zum Vorjahreszeitraum gesamt: -7,1 %)

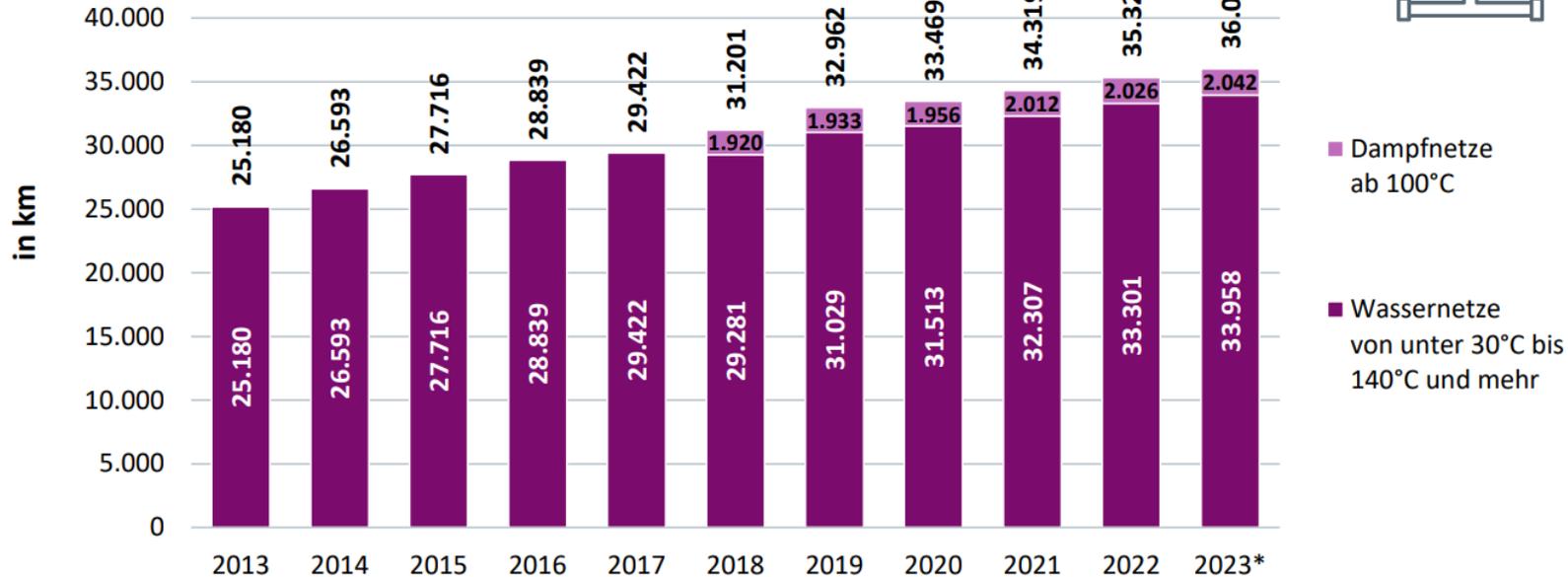


Quellen: Destatis, BDEW, Stand 09/2024

\* der Fernwärme-/kälteversorger sowie Einspeisungen von Industrie und Sonstigen; \*\* vorläufig

## Entwicklung der Fernwärmenetze in Deutschland

Trassenlängen nach vorwiegend verwendetem Wärmeträger



Quellen: AGFW, Destatis, BDEW; Stand 01/2024

\* vorläufig, teilweise geschätzt  
Differenzierung von Wasser- und Dampfnetzen ab 2018

# Investitionen der Wärme- und Kälteversorger in die Fernwärmenetze in Deutschland nehmen zu



Quellen: Destatis, BDEW; Stand: 12/2023

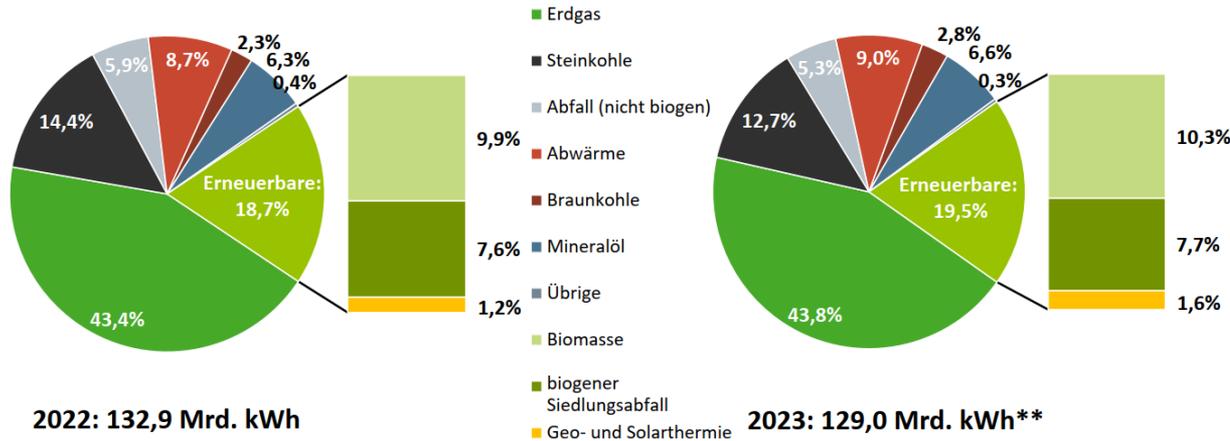
\* vorläufig, teilweise geschätzt

Der sich seit Jahren abzeichnende Trend der zunehmenden Investitionen im Wärmemarkt, gekoppelt mit den gleichzeitig stattfindenden Effizienzverbesserung der beheizten Objekte wird zu spez. höheren Kosten der an Wärmenetzen angeschlossenen Kunden führen.

Aber mit der Anbindung an Fernwärmenetze ist noch keine Dekarbonisierungsstrategie umgesetzt. Die Fernwärmeerzeugung selbst muss noch dekarbonisiert werden.

## Nettowärmeerzeugung\* nach Energieträgern in Deutschland

Vorjahresvergleich



Quellen: Destatis, BDEW; Stand 12/2023

\* der Fernwärme-/kälteversorger sowie Einspeisungen von Industrie und Sonstigen

\*\* vorläufig, teilweise geschätzt

Hierbei wird Erneuerbaren und Wasserstoff eine tragende Rolle zukommen.

## C Wichtige Wärme-Gesetze

---

- ➔ GEG – Gebäude-Energie-Gesetz
- ➔ WPK – Gesetz zur kommunalen Wärmeplanung
- ➔ Praxisleitfäden für eine kWP

## Methoden des GEG (Auswahl)

- Verschärfung des Mindestenergiestandards im Neubau
- Jede neue Heizung: Mindestens 65 % Erneuerbare Energie
- **Heizungsreparaturen sind möglich**
- Bei Havarien (irreparabler Schaden):
  - 3 Jahre Übergangsfrist für neue Heizung mit 65 % EE
  - 10 Jahre, wenn Gebäude in Wärmenetzgebiet einer kWP liegt
  - 13 Jahre, bei Gasetagenheizungen
- Austauschpflicht für alte Heizungen (> 30 Jahre), Enddatum für die Nutzung fossiler Brennstoffe ist der 31.12.2045.
- Zielgenaue Förderung wird derzeit entwickelt (im EFH u. a. via WPB-Bonus, Geschwindigkeits-Bonus, maximal 70 % vom Invest, max. 30 k€)

## Das GEG erlaubt aber auch den Anschluss an Wärmenetze und den Einsatz von Gasen

- Dazu sind Transformationspläne/Fahrpläne zu erstellen, die z.B. im Fall des Weiterheizens mit Erdgas
  - In ausgewiesenen Wasserstoffgebieten eine H<sub>2</sub>-Umstellung bis 2045 verlangen
  - In anderen Gebieten die stufenweise Erhöhung des dem Erdgas beigemischten Biomethananteils

# Das GEG weist einen Transformationspfad für das Heizen mit Wasserstoff aus – die Branche kann die Anforderungen erfüllen



## Regelungen zum Heizen mit Wasserstoff im Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Wärmeplan liegt nicht vor

Gasheizungen dürfen bis zur Vorlage der Wärmeplanung eingebaut werden. Bis dahin eingebaute Gasheizungen, die nicht in einem Wasserstoffnetzausbaubereich liegen, müssen bilanziell mit Wasserstoff-/ Biomethananteilen betrieben werden (15% ab 2029, 30% ab 2035 und 60% ab 2040)



Wärmeplan liegt vor

Wärmeplanung sieht Wasserstoff vor und Netzbetreiber legt einen „Fahrplan“ für ein „Wasserstoffnetzausbaubereich“ vor

Gasheizungen dürfen eingebaut werden, sofern mit „niederschweligen Maßnahmen“ auf einen 100-prozentigen Wasserstoff-Betrieb umrüstbar



Der Transformationsplan für Gasverteilnetze (GTP) nach DVGW-Regelwerk deckt die Anforderungen größtenteils schon ab und wird aktuell entsprechend der neuen Vorschriften überarbeitet.



Die H2ready-Gaskessel sind bereits entwickelt worden und können spätestens 2029 zum neuen Standard werden. Die Mehrkosten sind förderfähig.



Die Gasbranche kann **ausreichend klimaneutrale Gase** für die Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften bereitstellen.



Allein das bis 2030 hebbare zusätzliche **Biomethanpotenzial** liegt bei rund **100 TWh**.

# Je nach Größe einer Kommune müssen nun die Wärmepläne bis Mitte 2026 oder Mitte 2028 erstellt werden

	2024	2025	2026	2027	2028	...	ab 2045
<100.000 Einwohner	bis spätestens <b>07.2028</b>						Ausschließlich Betrieb mit erneuerbaren Energien/ biogenen Brennstoffen
>100.000 Einwohner	bis spätestens <b>07.2026</b>						Ausschließlich Betrieb mit erneuerbaren Energien/ biogenen Brennstoffen



## Transformationspläne für Gasnetze sind zu berücksichtigen

.....

§ 8 (1) Im Rahmen der Mitwirkung [...] teilen die [...] Beteiligten der planungsverantwortlichen Stelle [...] ihre jeweiligen **Planungen über den Aus- oder Umbau von Strom- Gas- oder Wärmenetzinfrastruktur im beplanten Gebiet** mit bis zum Zieljahr, sofern solche Planungen vorliegen.

§ 9 (2) **Die planungsverantwortliche Stelle berücksichtigt vorliegende Planungen gemäß § 8 Absatz 1**, von der Bundesnetzagentur genehmigte verbindliche Fahrpläne gemäß § 71 k Absatz 1 Nummer 2 des Gebäudeenergiegesetzes [...]



## Biomethangebiete nun ebenfalls berücksichtigt

.....

§ 28 (2) Die planungsverantwortliche Stelle bestimmt für jedes beplante Teilgebiet, das [...] als Prüfgebiet [...] ausgewiesen wurde und in dem ein **Gasverteilernetz** besteht oder ein künftiges Gasverteilernetz geplant ist, die **Eignung für eine Versorgung mit grünem Methan** [...]

1. in Übereinstimmung mit den Netzentwicklungsplänen der Fernleitungsebene und den Planungen der Betreiber der vorgelagerten Gasverteilernetzen [...] oder
2. der Betreiber des Gasverteilernetzes oder des künftigen Gasverteilernetzes darlegt, wie ausreichend grünes Methan produziert und gespeichert werden kann.

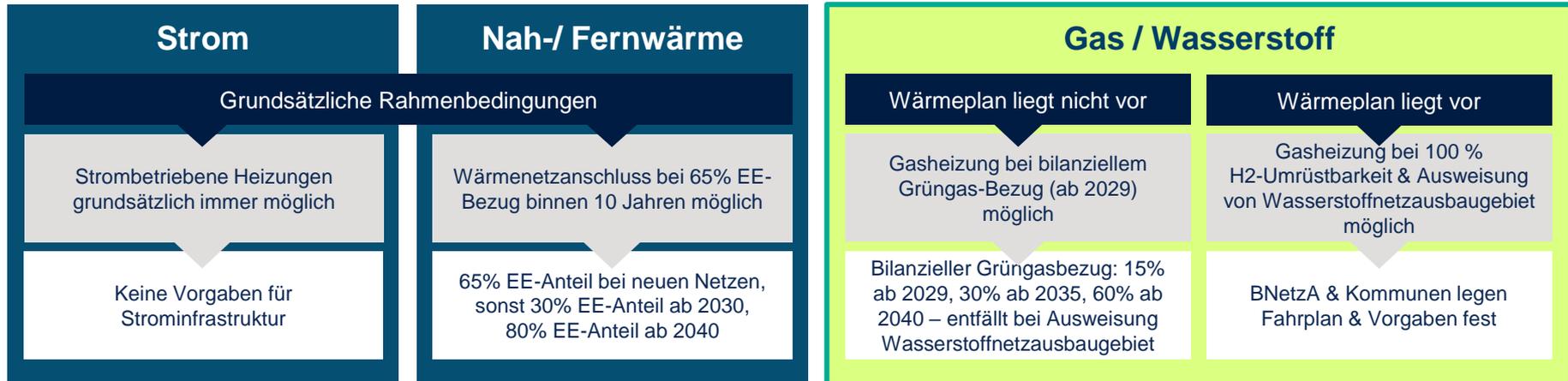
# Beide Regelungen (GEG und WPG) im Überblick: GEG richtet sich an Privatkunden, WPG an die Kommunen

## Gebäudeenergiegesetz (GEG)

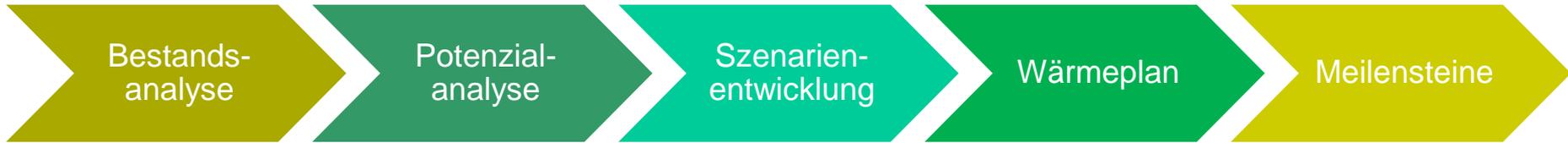
- Ab 2024 soll „möglichst jede neu eingebaute Heizung zu 65 % mit Erneuerbaren Energien betrieben werden“ (KoaA 23.03.2023)
- Enthält Vorgaben für Heizungstausch (inkl. Beratungspflicht), mit Auswirkungen insb. auf die Gas- & Wärmeversorgung
- Gilt im Neubau ab 2024, im Bestand spätestens ab 2026 bzw. 2028 (je nach Größe der Kommune / Deadline des WPG)

## Wärmeplanungsgesetz (WPG)

- Kommunen müssen bis Mitte 2026 (> 100.000 EW) bzw. Mitte 2028 (< 100.000 EW) einen Wärmeplan vorlegen
- Wärmepläne weisen verschiedene Gebiete (insb. Wärme- & Wasserstoffgebiete) aus & schaffen Planungssicherheit bei Heizungstausch
- Aktualisierung der Wärmepläne spätestens alle fünf Jahre



# So geht man methodisch korrekt bei einer kommunalen Wärmeplanung vor



- Gebäudestruktur
- Wärmekataster
- Betriebe / Unternehmen
- Netze (Strom, Gas, Wasser, Wärme)
- Vorhandene EE-Anlagen

- Flächen für PV, Solarthermie, Wind, Geothermie
- Biomasseverfügbarkeit
- GTP/Trafopläne/Netz-ausbau

- Einrichtung von Fokusgebieten
- Bemessung von Bedarfen und Emissionen
- Aufwandsabschätzung

- Verbindliche Festlegung auf ein Szenario mit kommunalem Beschluss
- Ziel: Klimaneutralität 2045

- Fortschreibung alle 5 Jahre
- Strukturierung der weiteren Arbeiten durch Vorplanung konkreter Maßnahmen

# Der DVGW hat hierzu Praxisleitfäden geschrieben, die den Kommunen helfen sollen, ihre Wärmeplanung vorzunehmen

## Praxisleitfaden Kommunale Wärmeplanung

### Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b> .....	<b>5</b>
1.1 Definition Kommunale Wärmeplanung.....	5
1.2 Zielgruppen.....	6
1.3 Gemeindliche Größenordnungen und Zeithorizonte.....	6
<b>2 Rahmenbedingungen in der Wärmeplanung</b> .....	<b>8</b>
2.1 Einordnung der kommunalen Wärmeplanung in die Planungsebenen der Gemeinden.....	9
2.1.1 Integrierte Stadtentwicklungskonzepte (InSEK/ISEK).....	11
2.1.2 Integrierte Klimaschutzkonzepte (IKK) oder Integrierte Energie- und Klimaschutzkonzepte (IEKK).....	11
2.1.3 Transformations- / Dekarbonisierungsfahrpläne.....	12
2.1.4 Weitere Klimaschutzprojekte in der Gemeinde.....	12
2.2 Struktureller Aufbau und Organisation.....	13
2.3 Kommunale Handlungsoptionen.....	17
2.3.1 Eigene stadtplanerische Vorgaben.....	17
2.3.2 Vorbildcharakter der öffentlichen Stelle und Kommune zur Umsetzung der Wärmeplanung.....	18
2.3.3 Bauleitplanung.....	18
2.3.3.1 Flächennutzungsplan.....	18
2.3.3.2 Städtebaulicher Vertrag.....	18
2.3.3.3 Stadumbaumaßnahmen.....	18
2.3.4 Öffentlichkeitsbeteiligung / Bürgerbeteiligung / Akzeptanz.....	19
2.4 Methodeneempfehlungen.....	19
2.4.1 Einbeziehung von Klimamodellen.....	19
2.4.2 Erstellung einer CO <sub>2</sub> - Bilanzierung auf kommunaler Ebene.....	20
2.4.3 Technisch-wirtschaftliche Grundlagen.....	21
2.4.4 Verwendung und Nutzen von Wärmekatastern.....	22
<b>3 Bestandsanalyse</b> .....	<b>22</b>
3.1 Wärmebedarf.....	23
3.2 Wärmeversorgungsart.....	24
<b>4 Vorarbeiten für die Szenarienenwicklung</b> .....	<b>25</b>
4.1 Bedarfsentwicklung Wärme- und Kaltebedarf.....	26
4.2 Grobplanung zur Versorgungsart.....	26
4.3 Potenzialanalyse erneuerbarer Energiequellen.....	29
4.4 Auswahl Erzeugungsarten.....	32
4.5 Bewertung und Entwicklung von Netzinfrastrukturen.....	34
4.5.1 Wärmenetzinfrastruktur.....	34

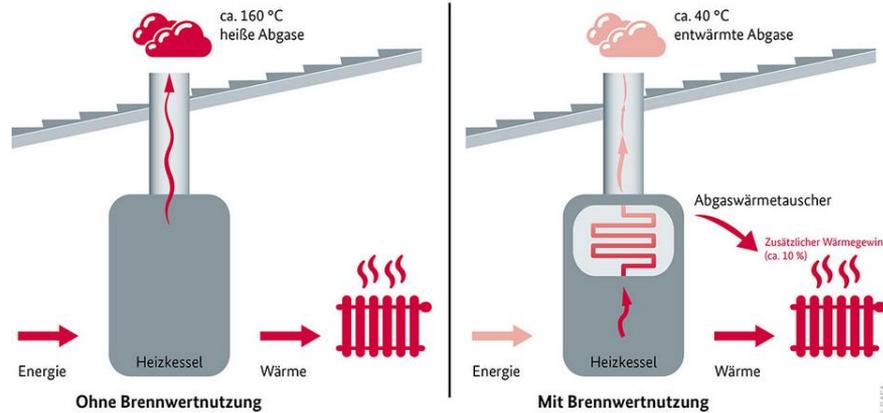
4.5.2 Gasnetzinfrastruktur.....	36
4.5.3 Mischgebiete aus Wärme- und Gasnetzinfrastruktur.....	37
4.6 Koordinierte Planung der kommunalen Infrastrukturmaßnahmen.....	37
<b>5 Zielszenarien</b> .....	<b>37</b>
5.1 Entwicklung von Szenarien.....	38
5.2 Abgleich mit Stadtentwicklungskonzepten.....	39
5.3 Bewertungsverfahren.....	40
<b>6 Umsetzung auf Quartiersebene</b> .....	<b>41</b>
7 Förderung und Finanzierung.....	43
8 Digitalisierung und Datenschutz.....	45
9 Quellen.....	46
<b>Anhang I</b> .....	<b>48</b>
<b>Anhang II</b> .....	<b>49</b>
<b>Anhang III</b> .....	<b>50</b>
<b>Anhang IV</b> .....	<b>50</b>

## D Wärmerezeuger - Technologieschau

---

- ➔ Brennwertheizung
- ➔ Gas-Wärmepumpe
- ➔ Strom-Wärmepumpe
- ➔ Brennstoffzelle
- ➔ KWK-Anlagen
- ➔ Hybridtechnologien

Alter Heizkessel  
 $\eta = 86 - 96 \%$



Brennwertkessel  
 $\eta = 98 - 109 \%$

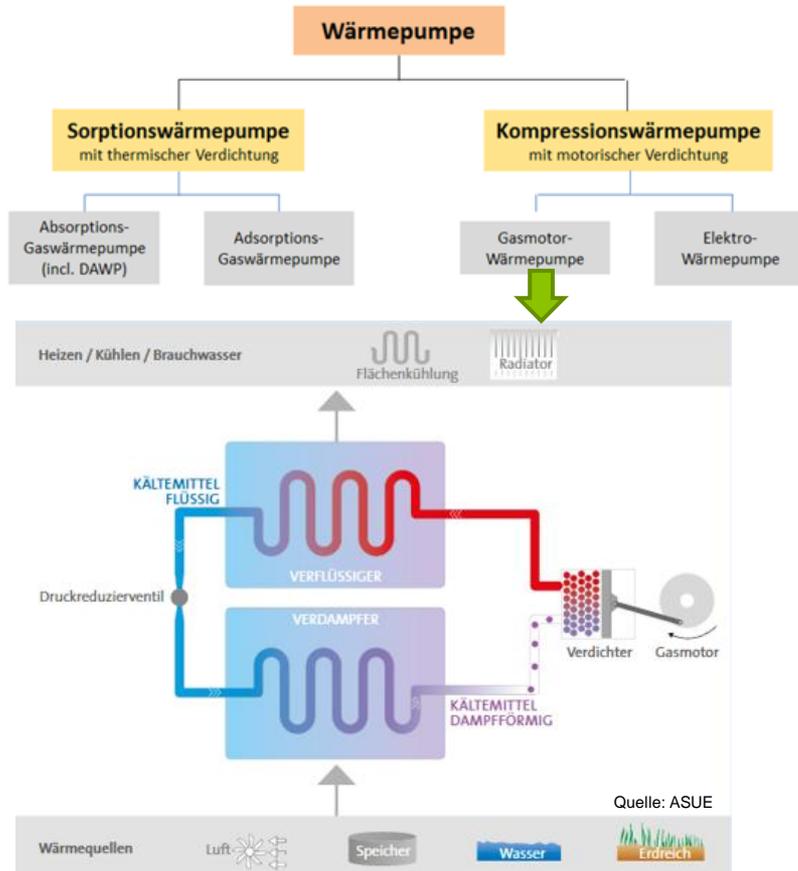
Quelle: Vattenfall/Bafa

- Einsatz von 50 % Biogas möglich zur Erfüllung der 15 % EE-Anforderung lt. GEG
- Einsatz von EE mit Solarkollektoren zur TWE und Heizungsunterstützung üblich
- Platzsparend im EFH/ZFH einsetzbar, auch als Dachheizzentrale
- in Etagenwohnungen einsetzbar
- im MFH bis 100 kW wandhängend, Kaskadierung möglich
- etwa 10 % bessere Energieausnutzung als Niedertemperaturkessel
- In Kombination mit einer Lüftungsanlage mit WRG kann im Neubau der Effizienzhausstandard EH 40 erreicht werden

Gasbrennwertgeräte sind hocheffizient, kostengünstig und eine etablierte Technologie.

- Markteinführung Mitte der 80er-Jahre.
- Große Hersteller- und Gerätevielfalt.
- Kostengünstig.
- Hoher Marktanteil an neu verkauften Geräten (67 % in 2016), Marktdurchdringung erst bei ca. 26 %, derzeit aufgrund vom GEG 2023 Marktabriss.
- Aktuelle Technologieschritte:
  - komplexe Hybridtechnologien





- geeignet für MFH/Gewerbe
- Vier-Takt-Otto-Motor
- mit Einsatz eines Kältemittels wird Umgebungswärme von tieferen zu höheren Temperaturen gepumpt
- Prozess kann umgekehrt auch zum Kühlen genutzt werden
- Jahresheizzahl COP bei 55/45 °C ca. 1,30 – 1,36



Quelle: ASUE/Panasonic

## Wärmequellen

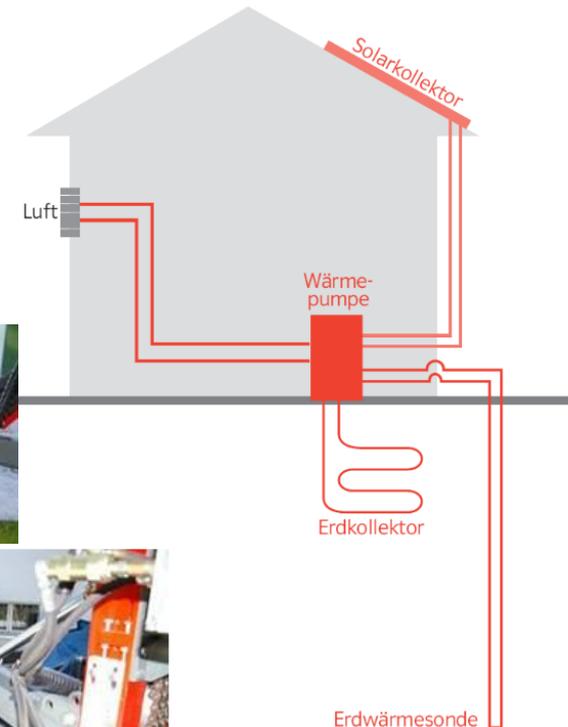
Die Energieeffizienz einer Wärmepumpenanlage nimmt ausgehend von den Umweltwärmequellen Grundwasser, Erdreich (Erdwärmesonde / Erdkollektor) über Solarkollektoren bis hin zu Luft ab

## Bohrtechnologien

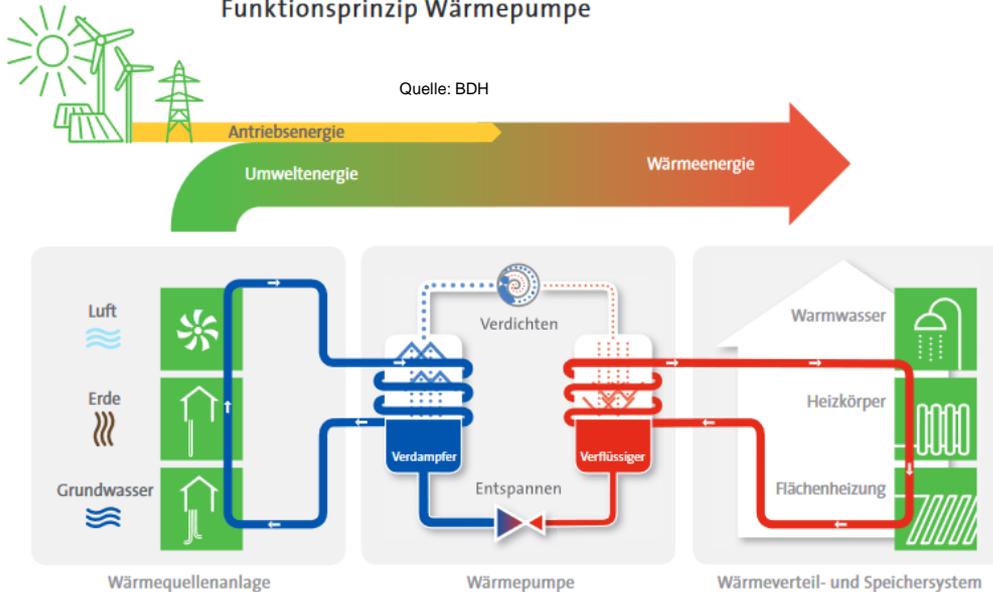
- Kleine, leistungsfähige Einheiten
- Erschließung des Gebäude-bestands (Garten schonende Bohrmaßnahmen, Hinterhof)
- Horizontale Bohrtechnologien

## Hemmnisse bei der Erschließung der Erdwärme:

- Bürokratie bei den Genehmigungsverfahren
- Hohe Bohrkosten



## Funktionsprinzip Wärmepumpe



- geeignet für EFH/MFH/Gewerbe
- Neubau und Modernisierung
- eignet sich zum Heizen und Kühlen
- auch in Kombination mit GBW als Zusatzheizgerät
- Jahresheizzahl COP abhängig von Umweltwärmequelle, z. B.
- COP bei Sole/Wasser WP bei B0/W35 mindestens 4,3

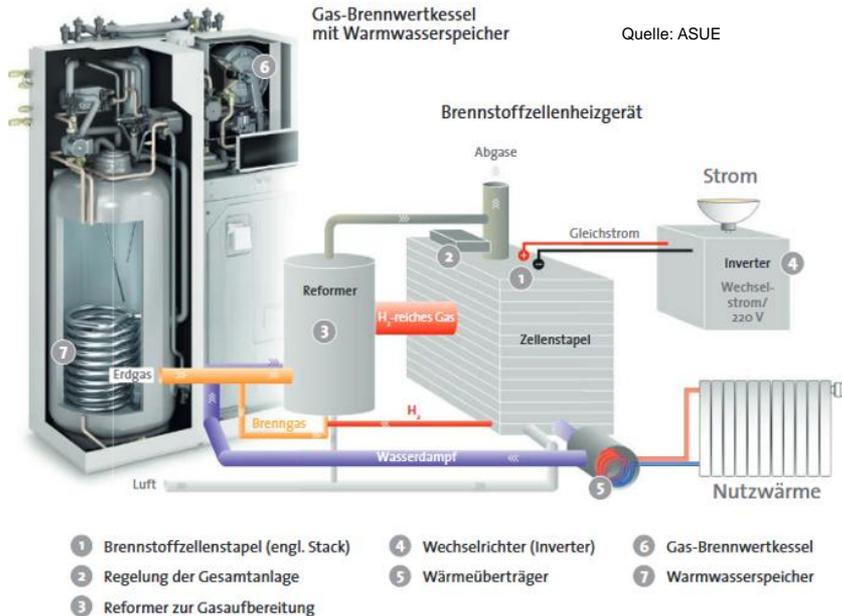


- Flächenkollektoren: Tiefe von ca. 1,20 m; Fläche ca. 2-fache zu beheizende Wohnfläche
- Erdwärmesonden: Tiefe bis zu 99 m, im Vorfeld Untergrund prüfen



- Eisspeicher: Wasserzisterne in der Erde und Solar-Luftkollektoren

# Wärmeerzeuger – Brennstoffzelle



	PEMFC Proton Exchange Membrane	SOFC Oxidkeramik
Elektrolyt	Polymer-Membran	Festkeramischer Elektrolyt
Arbeits- temperatur	70–90 °C	650–1.000 °C
Brennstoff	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wasserstoff</li> <li>• Erdgas</li> <li>• Methanol</li> <li>• Methan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wasserstoff</li> <li>• Erdgas</li> <li>• Methan</li> </ul>
Einsatzbereich	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kfz-Antrieb</li> <li>• BHKW</li> <li>• Mikro-KWK</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kraftwerk</li> <li>• BHKW</li> <li>• Mikro-KWK</li> </ul>
Anlagen- wirkungsgrad (elektrisch)	~ 32–38 %	~ 33–60 %

Quelle: ASUE

- innovativste und hocheffiziente Heiztechnologie
- geeignet für ZFH/Gewerbe
- In Kombination mit BWG als Zusatzheizgerät
- geräusch- und vibrationsfrei

# Die Brennstoffzelle etabliert sich langsam im Wärmemarkt: Marktübersicht

Die Hersteller bieten neben Gesamtsystemen auch Beistell-Lösungen an, d. h. Standalone-Brennstoffzellen als Nachrüstung für Bestandsanlagen.

## Beistell-Lösungen



**Remeha  
eLecta 300**

PEM-Brennstoffzelle (PEMFC) mit Speicher und 20 kW<sub>th</sub> BW-Gerät  
el. Leistung: 750 W  
el. Wirkungsgrad: 38 %

ca. 25.000 €



**SenerTec  
Dachs 0.8**

PEM-Brennstoffzelle (PEMFC) mit Speicher und 20 kW<sub>th</sub> BW-Gerät  
el. Leistung: 750 W  
el. Wirkungsgrad: 38 %

ca. 29.000 €



**Viessmann  
Vitocalor PT2**

PEM-Brennstoffzelle (PEMFC) mit Speicher und 20 kW<sub>th</sub> BW-Gerät  
el. Leistung: 750 W  
el. Wirkungsgrad: 38 %

ca. 28.500 €



**Viessmann  
Vitocalor PA2**

PEM-Brennstoffzelle (PEMFC)  
el. Leistung: 750 W  
el. Wirkungsgrad: 38 %

ca. 24.000 €



**Solidpower (Buderus)  
Bluegen BG-15**

SOFC-Brennstoffzelle  
el. Leistung: 500 W bis 1.500 W modulierbar  
el. Wirkungsgrad 55 %

ca. 25.000 €



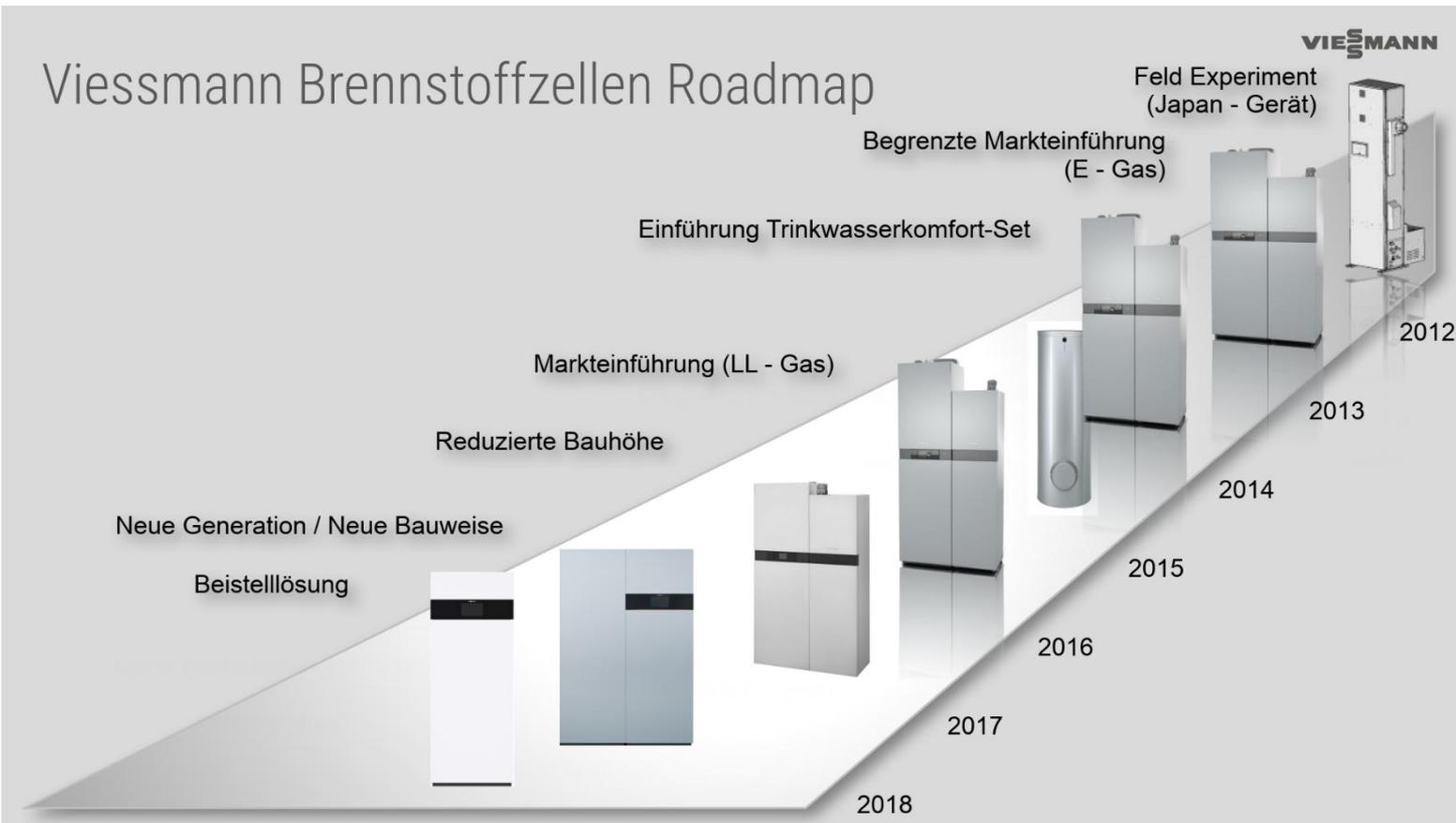
**Sunfire Sunfire-Home  
750**

SOFC-Brennstoffzelle  
el. Leistung: 375 W bis 750 W  
el. Wirkungsgrad 40 %

ca. 20.000 €

# Die Brennstoffzelle etabliert sich langsam im Wärmemarkt. Entwicklungspfad am Beispiel Viessmann:

## Viessmann Brennstoffzellen Roadmap



# Brennstoffzellensysteme im größeren Leistungsbereich: Marktübersicht



Hersteller	Convion	PowerCell	N <sub>2</sub> telligence	Bloom Energy	Doosan Fuel Cell	Hydrogenics	Fuel Cell Energy
Typ	SOFC	PEM	PAFC	SOFC	PAFC	PEM	MCFC
el. Leistung	58 kW	20 – 100 kW	100 kW	100 – 250 kW	440 kW	1.000 kW	1.400 – 3.700 kW
th. Leistung	k. A.	k. A.	50 – 70 kW opt. 40 kW Kälte	k. A.	ca. 240 kW	1.500 kW	649 – 2.184 kW
Effizienz	> 80%	k. A.	> 90%	53 – 65 % (el.)	≈ 90%	49% (el.)	≈ 90%
Energieträger	Erdgas, Biogas	H <sub>2</sub>	Erdgas, Biogas, H <sub>2</sub>	Erdgas, Biogas	Erdgas, H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	Erdgas, Biogas
Quelle	<a href="#">Convion C50</a>	<a href="#">PowerCell PS-100</a>	<a href="#">N2telligence</a>	<a href="#">Energy Server</a>	<a href="#">Doosan M400 NG</a>	<a href="#">Power Generator</a>	<a href="#">SureSource 1500</a>

Einsatzbereich	Bezeichnung	Elektrische Leistung
EFH und ZFH	Brennstoffzelle (Nano-BHKW)	< 1 kW
EFH und ZFH	Mikro-BHKW	1 – 2 kW
EFH und MFH	Mini-BHKW	2 – 20 kW
MFH, Wohnblocks, Gewerbe	Midi-BHKW	20 – 50 kW
Wohnblocks, Gewerbe, Industrie, Ämter	BHKW	50 – 1 MW
Quartiere, Industrie	Groß-BHKW	1 – 10 MW

Quelle: GWI

## Mini - BHKW



**Brennstoffe:** Erdgas, synthetisches Erdgas, Biogas, Wasserstoff

**Einsatzmöglichkeiten:**

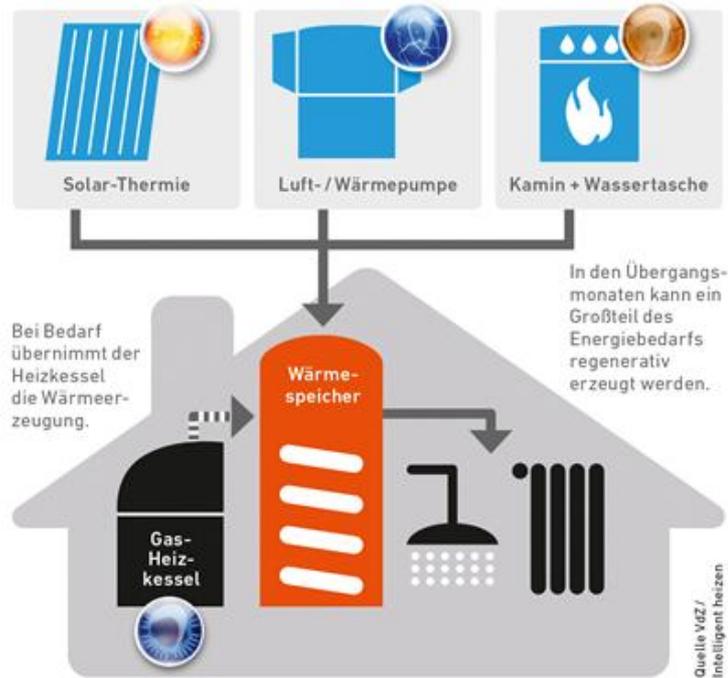
**Gebäude:** Größere EFH, MFH, größere MFH

**Wohnsiedlungen:** Nahwärme- und Fernwärmeversorgung, Quartierslösungen

**Gewerbe, Industrie:** Supermärkte, Bäckereien, Kaufhäuser, Hotels und Gaststätten, Brauereien, etc.

**Öffentliche Einrichtungen:** Schwimmbad, Sportstätten, Krankenhaus, Altenheime, Verwaltungen

Kombination aus konventionellen Technologien wie GBW und Erneuerbaren Energien



Durch intelligente Regelungssysteme kann der Bivalenzpunkt der Anlage je nach Kundenwunsch und Energiepreis flexibel definiert werden. Die optimale Einbindung von Erneuerbaren Energien ergibt zusätzliches Einsparpotenzial.



Erdgas

Biogas

Wasserstoff

## E Effizienzgewinne durch komplexe Heizungsanlagen

---

- ➔ Brennwertheizung
- ➔ Gas-Wärmepumpe
- ➔ Strom-Wärmepumpe
- ➔ Brennstoffzelle
- ➔ KWK-Anlagen
- ➔ Hybridtechnologien

## Ergebnisse einer Studie von Prof. Oschatz, ITG Dresden zur Frage: Welche Möglichkeiten bestehen, den EH 55 – Standard zu erfüllen und wie gelangt man im zweiten Schritt auf einen 65% EE-Anteil?

- Daten
  - Berechnungen von Prof. Oschatz, ITG Dresden
  - Verarbeitet in der ASUE-Broschüre „Vom Niedrigst-Energiehaus zum Hocheffizienzhaus“
- 01.01.2024: Neubau „**möglichst** 65 % EE enthalten“



## Effizienzklassen wie EH55 und andere:

- Die Effizienzklassen wie EH55 (Effizienzhaus 55) sind energetische Standards für Wohngebäude, die von der KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) festgelegt wurden. Diese Klassen geben an, wie energieeffizient ein Gebäude im Vergleich zu einem Referenzgebäude ist, das den Vorgaben des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) entspricht.
- Ein Effizienzhaus 55 benötigt beispielsweise nur 55 % der Primärenergie eines Referenzgebäudes und hat einen um 30 % besseren baulichen Wärmeschutz<sup>1</sup>. Je niedriger die Zahl, desto energieeffizienter ist das Gebäude. Andere gängige Effizienzklassen sind EH40 und EH70, wobei EH40 noch energieeffizienter ist als EH55.
- Diese Standards sind wichtig, weil sie nicht nur den Energieverbrauch und die Heizkosten senken, sondern auch Voraussetzung für staatliche Förderungen und Zuschüsse sind<sup>2</sup>.



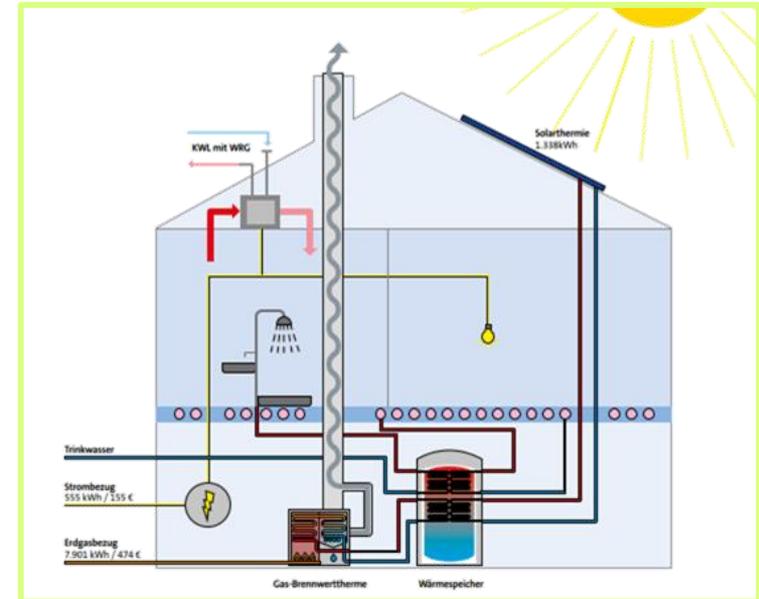
Im GEG 2023 werden Vorgaben zum Anteil der Erneuerbaren Energien im Heizungssektor gemacht. Das ist eine größere Technologie-Einengung als die Effizienzvorgaben!

## Variante 0

Gas-Brennwerttherme (12 kW<sub>el</sub>) mit

- ➔ Solarthermie mit Heizungsunterstützung (15 m<sup>2</sup>)
- ➔ Warmwasserspeicher (300 l)
- ➔ Kontrollierte Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

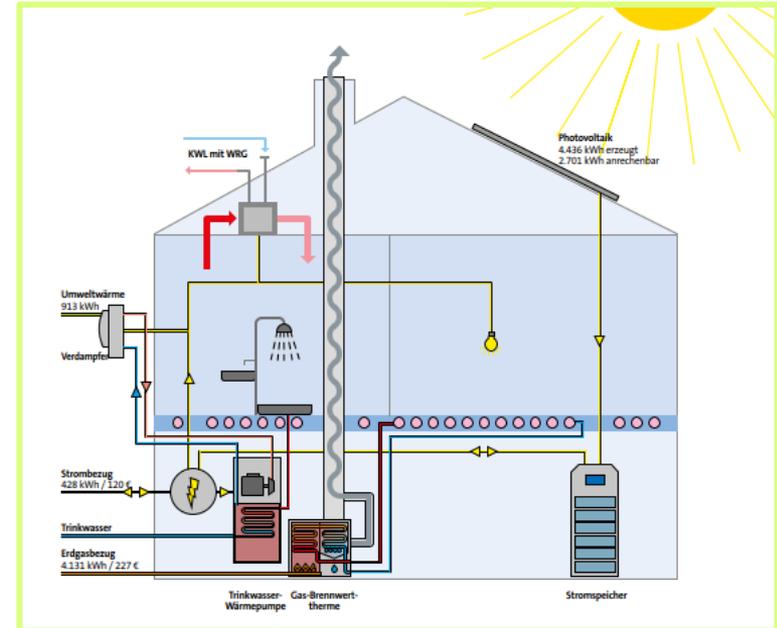
- ➔ EH 70 Minimalanforderung
- ➔ CAPEX: 20.300 €



## Variante 2

- Gas-Brennwerttherme (12 kW<sub>el</sub>) mit
- ➔ Photovoltaik-Anlage, 30 m<sup>2</sup> (5,5 kW<sub>el</sub>) mit
- ➔ Stromspeicher (6 kW)
- ➔ Trinkwasser-WP, Außenluft (1 kW<sub>el</sub>)
- ➔ Kontrollierte Lüftungsanlage mit WRG

- ➔ 5 Technologien (!)
- ➔ Berechnung EE-Anteil unklar
- ➔ CAPEX: 30.500 €



## Variante 3: PEM-BZ

Brennstoffzelle (PEM) ( $0,75 \text{ kW}_{el}$  und  $1,12 \text{ kW}_{th}$ ), elektr. WG = 37%

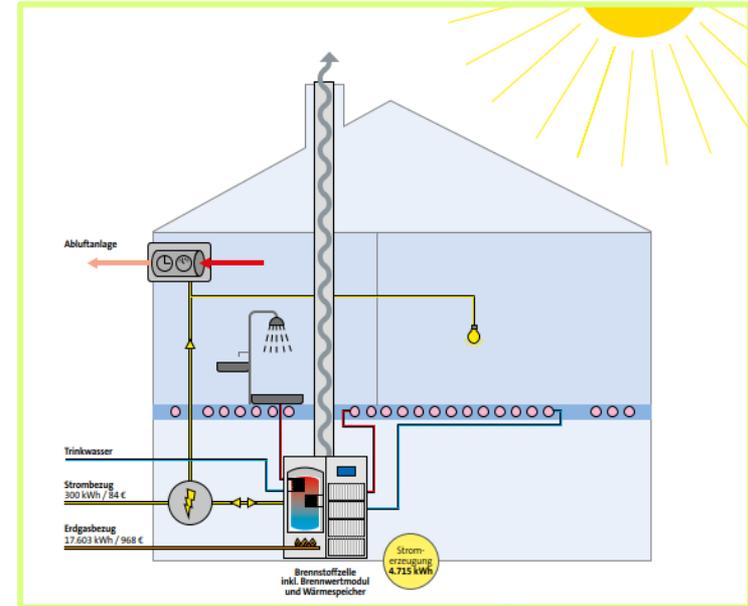
- ➔ mit integrierter Gas-BW-Terme ( $11,4 \text{ kW}_{th}$ )
- ➔ mit integriertem Wärmespeicher (220 l) und Außenlaufanlage

EH 55 knapp nicht erfüllt

- ➔ EE-Anteil nur über Biomethan
- ➔ CAPEX: 32.000 €

Zusatzmaßnahmen für  
EH 40

- ➔ PV-Anlage mit Akku
- ➔ Trinkwasser-WP
- ➔ CAPEX: 17.000 €



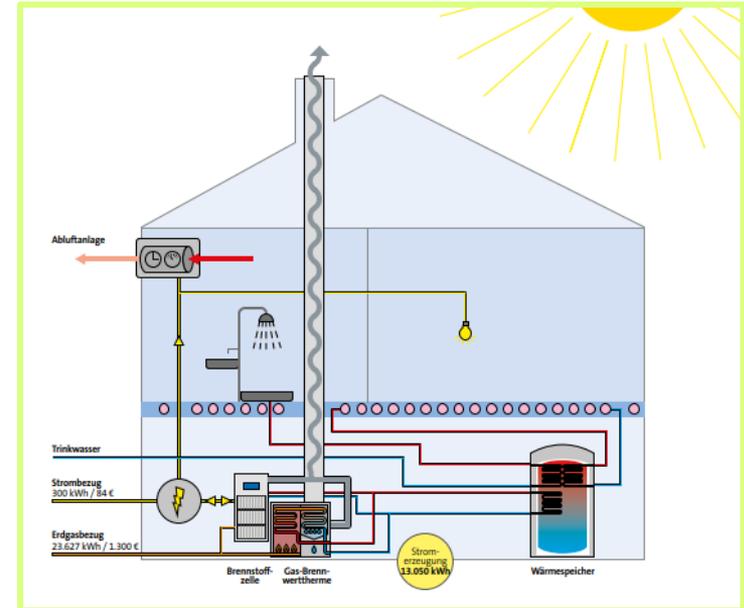
## Variante 4: SOFC-BZ

Brennstoffzelle (SOFC) ( $1,5 \text{ kW}_{\text{el}}$  und  $0,6 \text{ kW}_{\text{th}}$ ), elektr. WG = 60%

- ➔ mit integrierter Gas-BW-Terme ( $12 \text{ kW}_{\text{th}}$ )
- ➔ mit integriertem Wärmespeicher (400 l) und Abluftanlage

### EH 40 erfüllt

- ➔ EE-Anteil nur über Biomethan
- ➔ CAPEX: 40.000



## Variante 7: GWP

Monovalent: Kein EH 55!

➔ CAPEX 23.000 €

Zusatzmaßnahmen  
bis EH 40:

➔ PV-Anlage mit Akku und

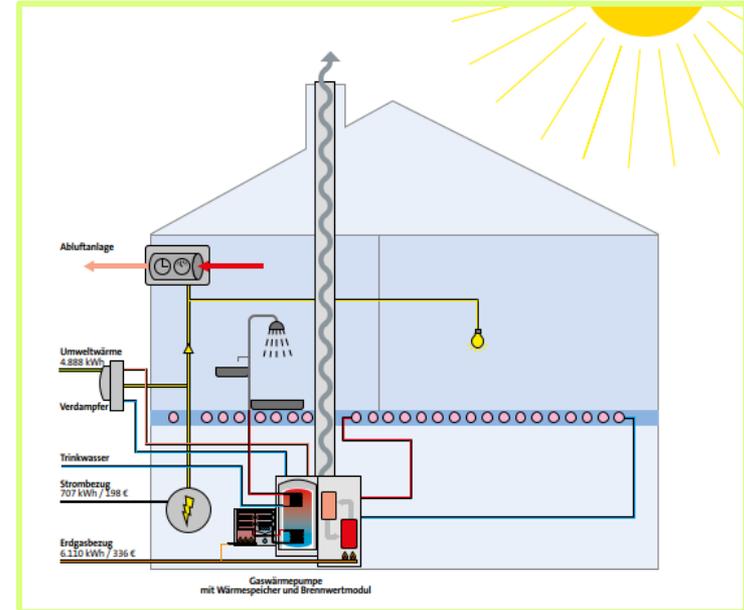
TWWP

➔ CAPEX: 17.000 €

➔ Auch: Solarthermie (6.800 €)

Gaswärmepumpe mit CO<sub>2</sub> als klimafreundliches Kältemittel

- ➔ integrierte Gas-BW-Therme zur WW-Bereitstellung im Sommer
- ➔ integrierter Wärmespeicher (65 l) und Abluftanlage



## Variante 8a: Hybrid

Gas-BW-Wärmepumpen(elektrisch)-Hybridgerät (3 bis 12 kW<sub>el</sub>)

- ➔ integrierter Wärmespeicher (300 l)
- ➔ Abluftanlage

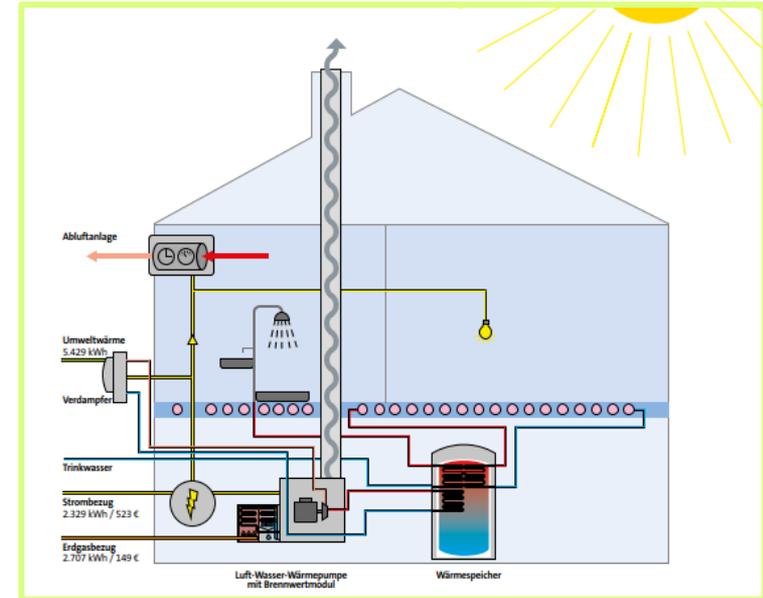
Kein EH 55 erreicht

➔ CAPEX: 21.200 €

Zusatzmaßnahmen:

➔ PV-Anlage mit Akku für EH 40

➔ CAPEX: 14.600 €



# Vergleich verschiedener Hybrid-Technologie in Bezug auf die Erfüllung von Effizienzstandards und den notwendigen Einsatz von EE-Gasen

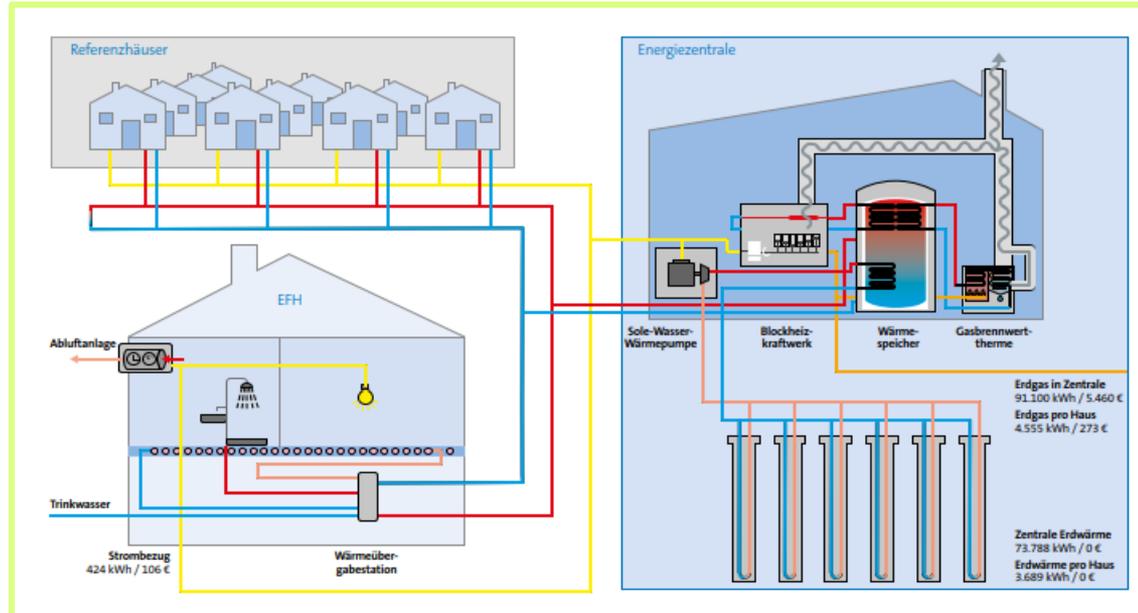
## Variante 13: Nahwärme mit BHKW und Spitzenlastbrenner

Nutzwärmebedarf (Heizung)	7.070 kWh/a	Anschaffungskosten	~ 12.600 €
Nutzwärmebedarf (Trinkw.)	1.309 kWh/a	Jährliche Kosten	856 €/a
Energiebedarf (Gas)	4.555 kWh/a	Äqu. CO <sub>2</sub> -Emissionen	1.331 kg/a
Energiebedarf (Strom)	424 kWh/a	Primärenergie pro m <sup>2</sup>	35,21 kWh/a (gesamt: 5.774 kWh/a)

EH 55

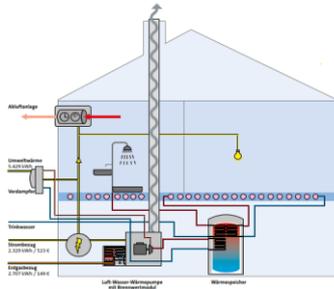
Zusatzmaßnahmen:

- ➔ PV-Anlage pro Haus für EH 40



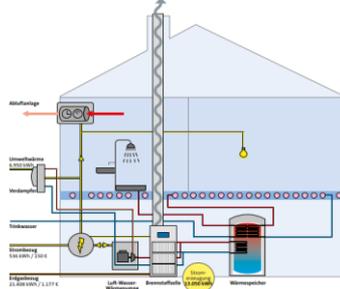
## Zusammenfassung KfW-Klassen

**EH 40**



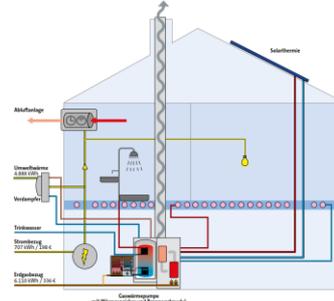
**Gasbrennwert/WP-Hybrid mit Lüftung**

**EH 40**



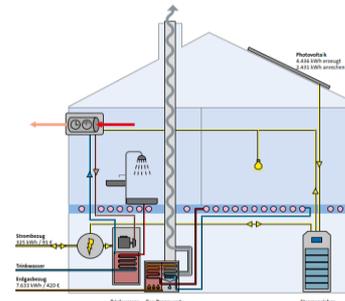
**Brennstoffzelle mit TW-WP und Lüftung.**

**EH 55**



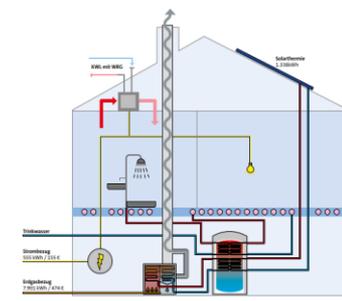
**Gaswärmepumpe mit Gasbrennwert, Solarthermie und Lüftung**

**EH 55**



**Gasbrennwert mit TW-WP und Lüftung mit WRG und PV+Akku**

**EH 70**



**Gasbrennwert mit Solarthermie und Lüftung mit WRG**



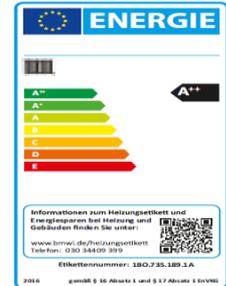
## F Förderprogramme und Sanierungsmaßnahmen

---

- ➔ Förderprogramme: siehe dazu: [BMWK - Neue Förderung für Heizungstausch und Gebäude-Effizienzmaßnahmen startet](#)
- ➔ Pflichten des Verkäufers
- ➔ Sanierungsmaßnahmen und Einspareffekte
- ➔ Optimierte Fahrweise von Heizungen

## Gesetze und Richtlinien:

- **EnEV 2014**
- **ESanMV** : Energetische Sanierungsmaßnahmen-Verordnung, z. B. Mindestanforderungen an energetische Einzelmaßnahmen
- **Ökodesign-Richtlinie** (Europäische Verordnung Nr. 813/2011)



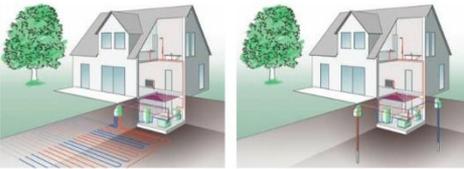
## Verpflichtung der Eigentümer

- Austausch von Heizungen, die älter als 30 Jahre sind, Ausnahmen siehe EnEV
- Beim Heizungsaustausch die Heizungs- und Warmwasserrohre dämmen
- einen Energieausweis vorweisen, wenn das Haus vermietet oder zum Verkauf angeboten wird

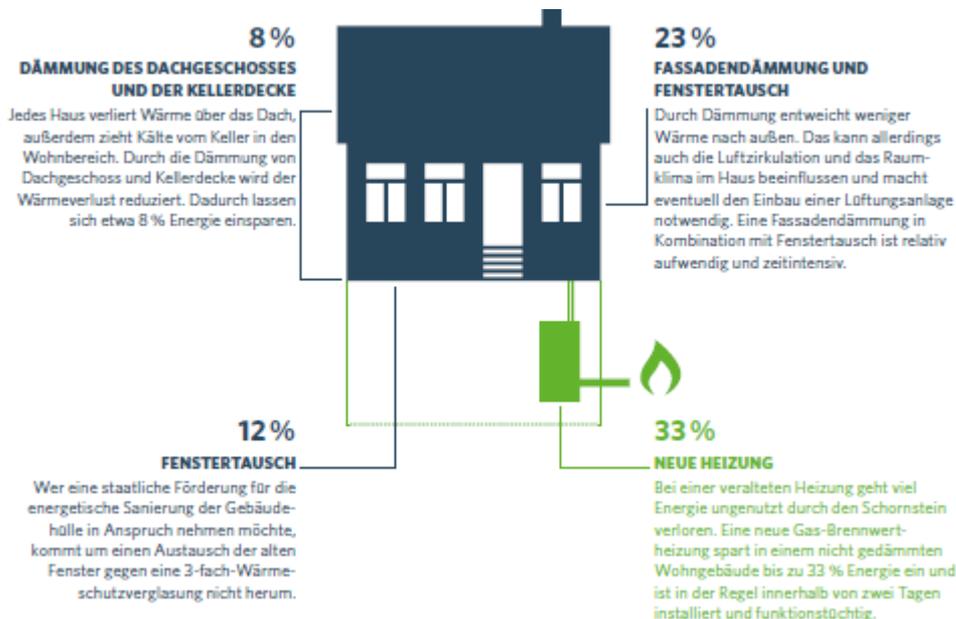
## Verpflichtung der Käufer

- Beim Kauf von vor dem 01. Februar 2002 gebauten EFH/ZFH ist laut EnEV der Käufer innerhalb der nächsten 2 Jahre zur energetischen Sanierung verpflichtet, wenn die entsprechenden Standards bisher nicht eingehalten wurden:
  - Austausch der alten Heizung
  - Dämmung von Heizung- und Warm-wasserleitungen in unbeheizten Kellern
  - Dämmen des Dachs oder der obersten Geschosdecke

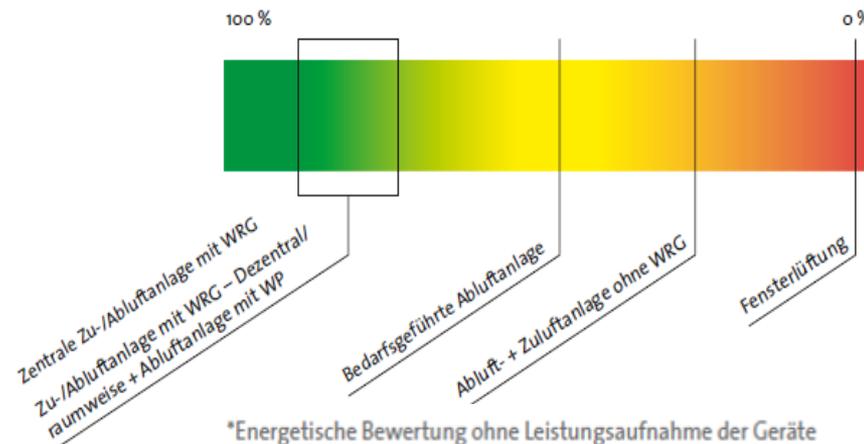
# (Teil-)Sanierung von Bestandsgebäuden: Welche Vorsetzungen sind vor Ort gegeben?

Fragestellung	Auswahl	Möglichkeiten
Welches Wärmeübertragungssystem ist vorhanden? Erforderliche Vorlauftemperatur?	Radiatoren: $T_{VL}/T_{RL}$ 60/45 °C Fußbodenheizung: $T_{VL}/T_{RL}$ 40/30 °C	GBW, BZ GWP, EWP
Soll Erneuerbare Energie eingebunden werden?  Sind Erdsonden erlaubt? Bohrtiefe?	<b>Solarthermie</b>  <b>Geothermie</b>	 Flachkollektoren   Flachkollektoren Röhrenkollektoren  
Soll eine Lüftungsanlage nachgerüstet werden?	Abluftanlage Wärmerückgewinnungsanlage	WRG spart 16-18 % PE

# Welche Energieeinsparung bei Sanierungsmaßnahmen können erwartet werden?



**16 – 18 % Effizienzsteigerung durch den Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung**



Quelle: Zukunft Erdgas e.V., Der Modernisierungskompass

Quelle: BDH: Broschüre Effiziente Systeme und erneuerbare Energien 2019

# Welche Energieeinsparung kann man mit kleinen Anpassungen herausholen?

## Effizienzsteigerungsmöglichkeiten bei Heizungsanlagen

Elektronische Heizungssteuerung

Witterungsgeführte Regler (2,5 %)

Hydraulischer Abgleich (2 %)

Dämmung der Verteilleitungen bei Aufstellung des Wärmeerzeugers im unbeheizten Bereich (7 %)

Abschaltung der Zirkulation (ca. 5 %)

Austausch alter Pumpen durch Hocheffizienzpumpen (1 %)

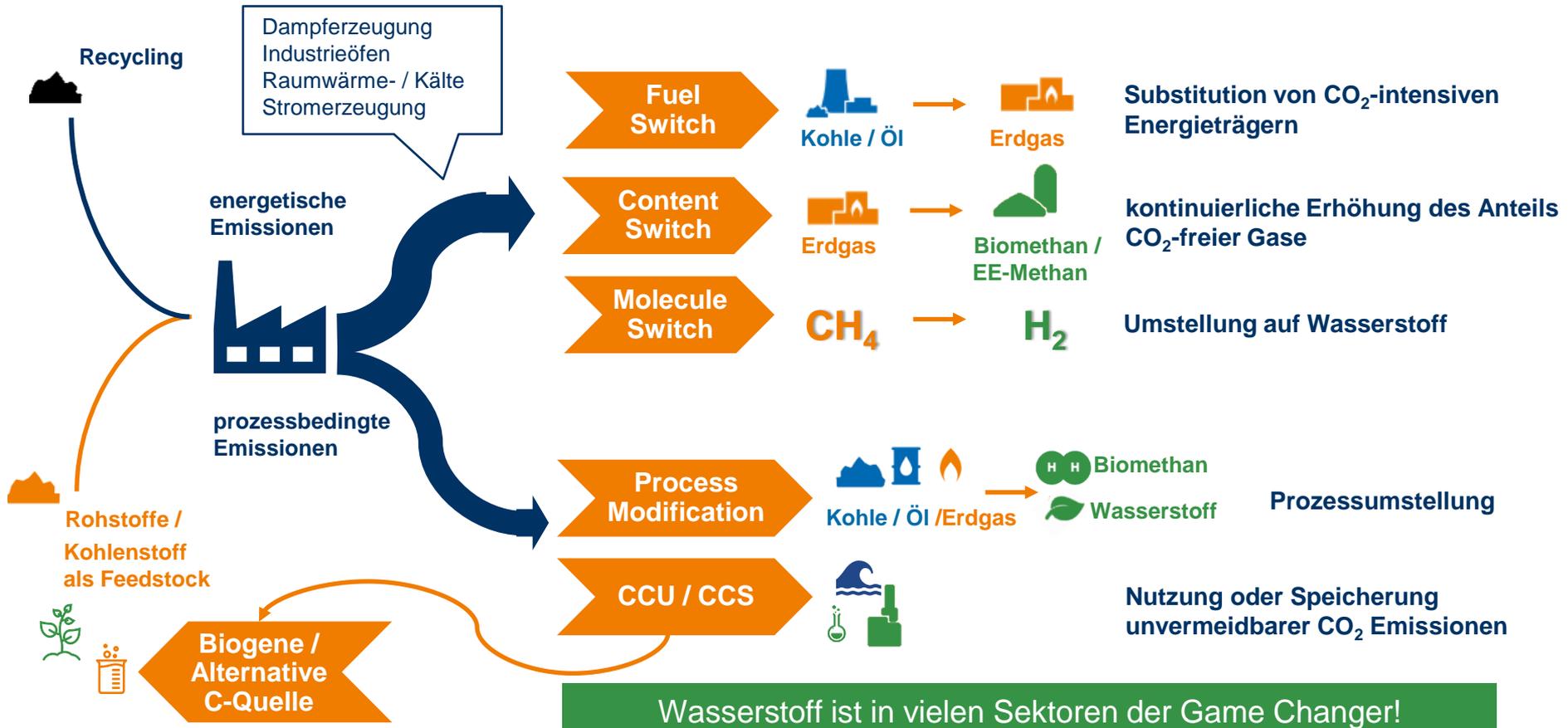
Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung (16 %)

## G Gas- bzw. H<sub>2</sub>-Anwendungen in der Industrie

---

- ➔ Automotive (H<sub>2</sub>-Einsatz in Lackiererei und in der Werks-Logistik)
- ➔ H<sub>2</sub> in der Stahlproduktion
- ➔ H<sub>2</sub> in der Glasschmelze
- ➔ H<sub>2</sub> in Industrie-KWK
- ➔ H<sub>2</sub> in der Ammoniaksynthese

# Schematische Darstellung möglicher Gasanwendungen: Wasserstoff und CO<sub>2</sub>-Abscheidung für eine klimaneutrale Industrie



## Molecule Switch



- Wasserstoff in der Prozesswärmeerzeugung
- Einsatz von Wasserstoffbrennern in der Lackiererei

## Process Modification



- Wasserstoff in der Stahlproduktion
- Transformation des Stahlherstellungsprozesses

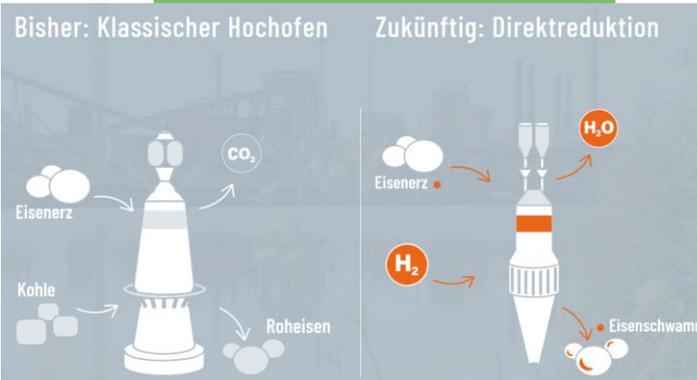
## CCU / CCS



- CO<sub>2</sub>-Abscheidung mit dem Oxyfuel-Verfahren
- Zementproduktion ohne CO<sub>2</sub> Emissionen



© Copyright BMW AG



© Copyright Salzgitter AG



© Oxyfuel technology - Ecra

## Molecule Switch



AUTOMOTIVE

- Wasserstoff in der Intralogistik
- Flurförderfahrzeuge mit Brennstoffzelle

## Molecule Switch



GLAS

- Wasserstoff in der Glasproduktion
- Glasschmelzwannen mit Wasserstoffbrennern

## Molecule Switch

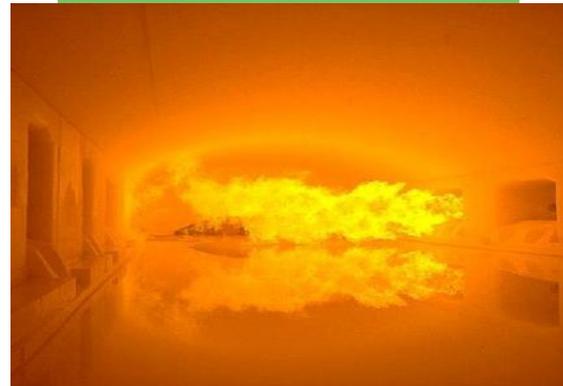


PROZESSWÄRME

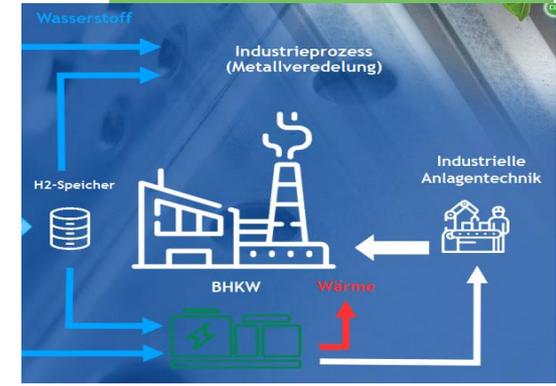
- Dekarbonisieren der Prozesswärme
- Wasserstoffeinsatz im BHKW



© Copyright BMW AG



© Schott AG



© ZinQ

# Klimaneutrale Intralogistik für die Fabrik der Zukunft

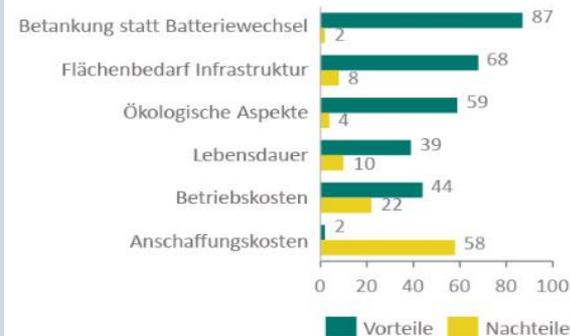
## Wasserstoffbetriebene Flurförderfahrzeuge als wichtige Alternative in Logistikprozessen



### Wasserstoff als Treibstoff

- ✓ 3-Schicht-Betrieb möglich
- ✓ Reduzierte Fahrzeuganzahl
- ✓ Effizienter Personaleinsatz

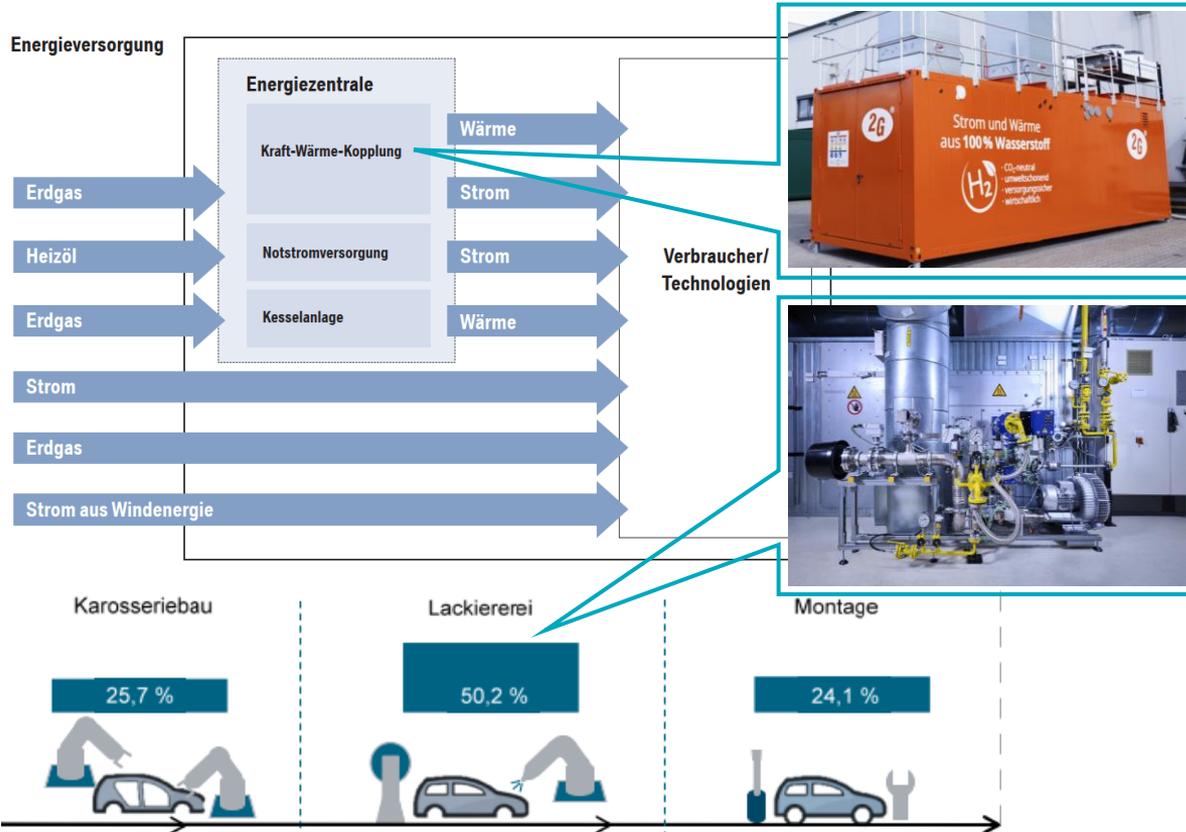
*Was sind die wichtigsten Vor- und Nachteile von Brennstoffzellen im Vergleich zu Blei-Säure-Batterien bei Flurförderzeugen?*



Quelle: BMW Werk Leipzig; <https://www.roi.de/news/artikel/news/batterie-vs-wasserstoff-was-bewegt-die-intralogistik-der-future-factory>

# Dekarbonisierungsoptionen im Bereich Automotive

## Dekarbonisierung komplexer Fertigungssysteme mit neuen Prozessschritten



### Herausforderung

Energieintensive Produktionsanlagen in der Fahrzeugherstellung: Wichtigster Nutzungspfad von Energie ist die Prozesswärmeerzeugung wie bspw. in der Lackiererei

Energieversorgung vor Ort basiert auf Nutzung fossiler Energieträger

### Dekarbonisierung mit Wasserstoff

- ✓ Verbesserung der Energieeffizienz
- ✓ Energetische Nutzung von Wasserstoff als Brennstoff
- ✓ Dekarbonisierung der Prozesswärmeerzeugung mit H<sub>2</sub>: Vollständige Umstellung auf Wasserstoff oder Beimischung von Wasserstoff in Erdgas
- ✓ Wasserstoff ist auch im Bereich KWK, Raumwärme und Warmwasser denkbar

Quelle: BMW Werk Leipzig; 2G; Dehning, Steigerung der Energieeffizienz von Fabriken der Automobilproduktion

# Senkung der energetischen Emissionen in der Glasherstellung

## Prozesswärmeerzeugung mit klimafreundlichen Molekülen



### Herausforderung

Energieintensive Kernprozesse am Anfang der Glasproduktion: Glasschmelze und Umformung. Spezialgläser werden bei Temperaturen von bis zu 1.700 Grad Celsius geschmolzen.

### Heiztechnologien für Glasschmelzanlagen

**Air-fuel:** Verbrennung von Erdgas mit Luft

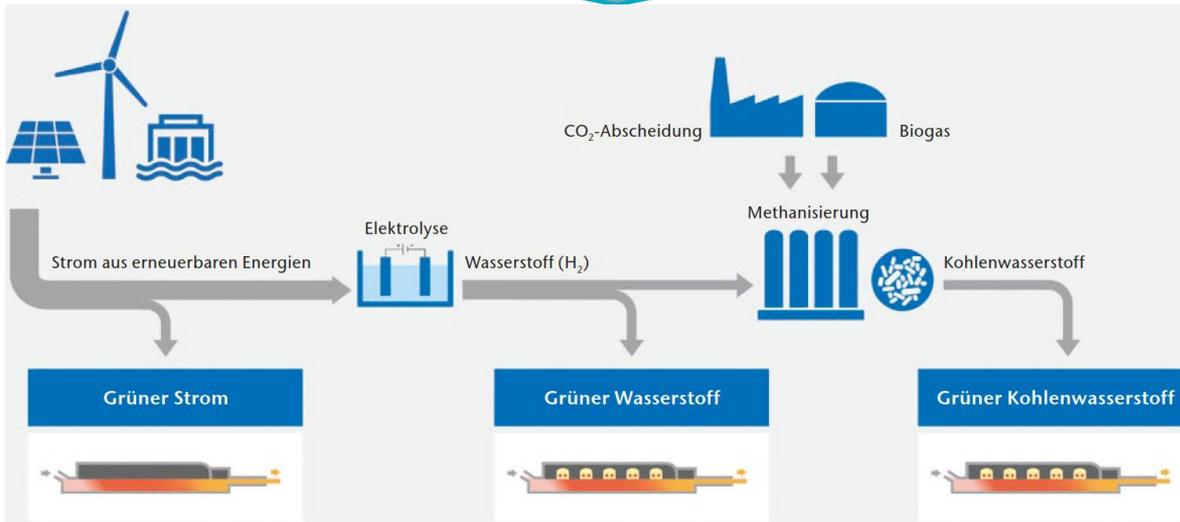
**Oxy-fuel:** Verbrennung von Erdgas mit Sauerstoff

**Hybrid:** Kombination von Oxyfuel Verbrennung mit elektrischer Zusatzheizung

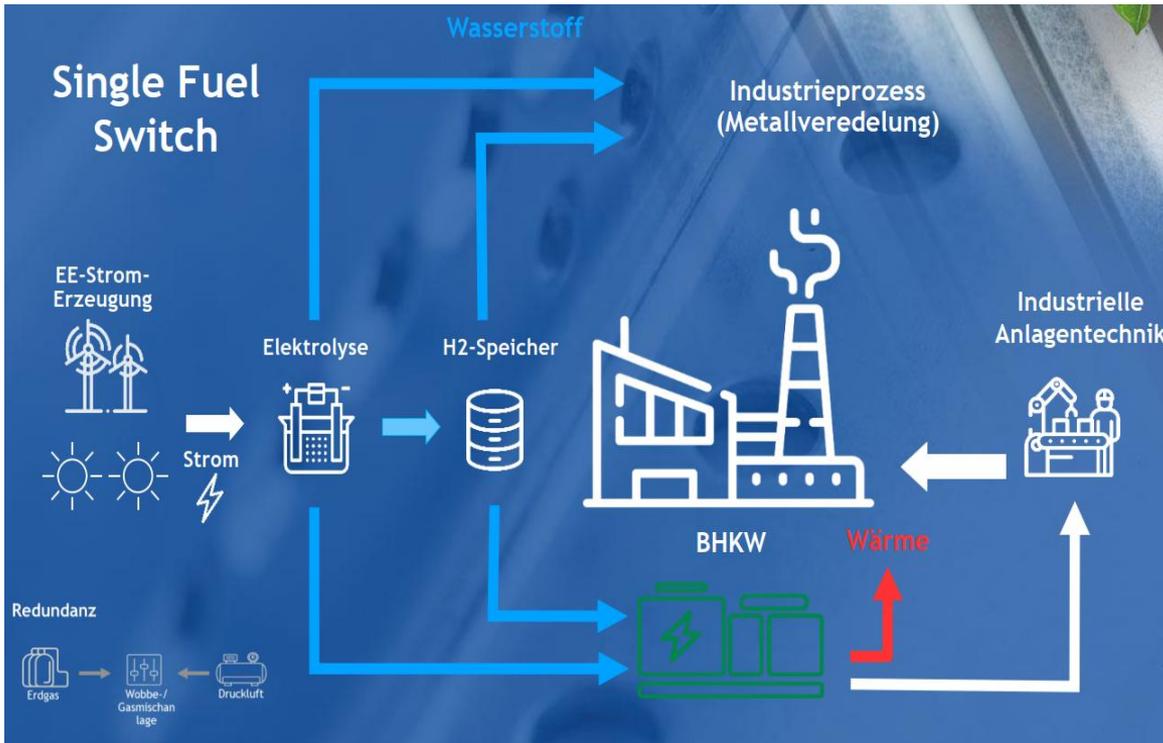
**Elektro:** Heizung ausschließlich mit Elektrizität

### Decarbonisierung

- ✓ Verbesserung der Energieeffizienz
- ✓ Umstellung auf erneuerbare Energien und grüne Kohlenwasserstoffe
- ✓ Technologiewechsel durch Umstellung des Prozesses von Erdgas auf 100%ige Verwendung von Wasserstoff



Quelle: Schott – Klimaneutral bis 2030



Quelle: ZINQ

## Herausforderung

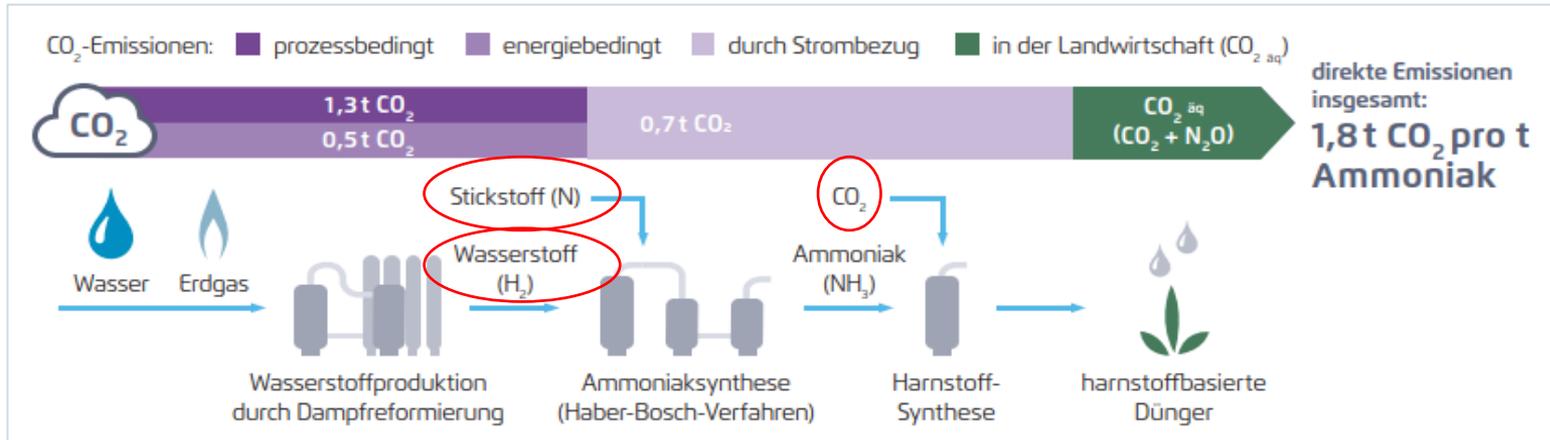
Versorgung der energieintensiven Thermoprozesse und der Energieversorgung vor Ort mit fossilen Energieträgern

## Dekarbonisierung mit Wasserstoff

- ✓ Verbesserung der Energieeffizienz
- ✓ Energetische Nutzung von Wasserstoff als Brennstoff
- ✓ Dekarbonisierung der Prozesswärmeerzeugung mit Wasserstoff
  - Vollständige Umstellung auf H<sub>2</sub> oder
  - Beimischung von H<sub>2</sub> im Erdgas
- ✓ Einsatz von Wasserstoff im BHKW

# Ammoniak- und Harnstoffsynthese zur Erzeugung von Düngemitteln

## Maßnahmenkatalog für eine perspektivisch CO<sub>2</sub>-neutrale Produktion



### Herausforderung

- Der benötigte Wasserstoff wird derzeit hauptsächlich über die Dampfreformierung von Erdgas gewonnen.
- Zusätzlich wird Prozesswärme auf hohen Temperaturniveaus von bis zu >1.000°C benötigt, wobei energetische Emissionen entstehen.

### Treibhausgasneutrale Produktion von Düngemittel

- ✓ Produktion von grünem Wasserstoff über Elektrolyse
- ✓ Substitution von fossilen Kohlestoffquellen bei der Synthese von Harnstoff (CCU / Biomasse)
- ✓ Einsatz von grünem Strom zur Abscheidung von Stickstoff aus der Luft

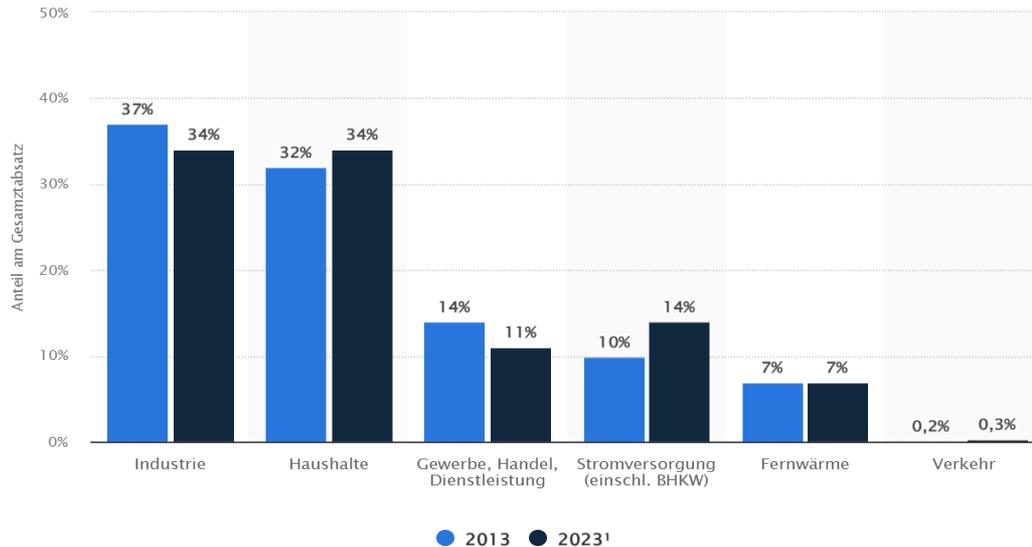
## H Weitere Anwendungsbereiche in der Kurzschau

---

- ➔ Gaskraftwerke
- ➔ Mobilität

# Erdgas kommt vor allem in der Industrie und im Handel und in den Haushalten zur Anwendung.

## Nächst größter Anwendungsbereich ist die Stromversorgung



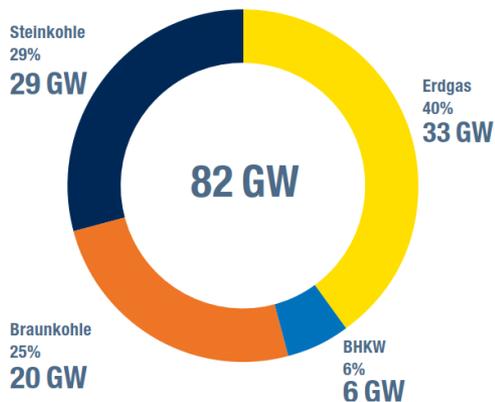
[Details zur Statistik](#)

© Statista 2024

[Quellen anzeigen](#)

## Kraftwerkstypen

Leistung



## Beispiel: Gas-Kraftwerk Irsching (Bay.)



Fall Irsching zeigt:

- Gaskraftwerke können hohe Wirkungsgrade erreichen,
- weisen dennoch – je nach Lage - niedrige Laufzeiten aus und fungieren als Back-up- oder Netzstabilisierungskraftwerke

Block	Brennstoff	Elektrische Leistung		Netto-wirkungs-grad	Baubeginn	Inbetrieb-nahme	Status
		Netto	Brutto				
Irsching 4	Erdgas	561 MW	569 MW	60,4 %	2006	2011	In Betrieb
Irsching 5	Erdgas	847 MW	860 MW	59,7 %	2008	2010	In Betrieb
Irsching 6	Erdgas	(300 MW)			2020	2023	In Betrieb

Installierte Leistung

**33 GW**

Geplanter Zubau nach Kraftwerksicherungsgesetz: 12 GW  
Benötigter Zubau ca. 40 GW

Stromerzeugung in 2023

**ca. 78 TWh (entspricht 17%)**

Startfähigkeit in ... min

**~ 15**

CO<sub>2</sub>-Emissionen je kWh

**0,4 kg/kWh**

Braunkohle: 1,1 • Hartkohle: 0,9 • Erdgas: 0,4 • Strommix<sub>2023</sub>: 0,38

Umstellprojekte auf H<sub>2</sub>

**in der Erprobung**

Kraftwerksstrategie: Gaskraftwerke, die auch mit Wasserstoff laufen - SWR Kultur

## Erdgasmobilität fristet in D ein Schattendasein und spielt gegenüber der e-Mobilität eine untergeordnete Rolle

Grund dafür war ist auch die Emissionsbemessung am Auspuff statt über eine Well-to wheel-Betrachtung, bei der der e-Mobilität die Kraftwerksemissionen anzurechnen wären.

### Erdgasfahrzeuge: Vor- und Nachteile

- ☺ 25% weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen als Dieselfahrzeuge
- ☺ Wegen der hohen Biogasbeimischung (>>50%) weniger Emissionen als e-Fahrzeuge!
- ☺ keine Feinstaubbelastung
- ☺ kosteneffizienter als Diesel/Benzin
- ☺ leiserer Betrieb
- ☺ übliche Reichweiten
- ☹ Limitierungen in der Modellwahl

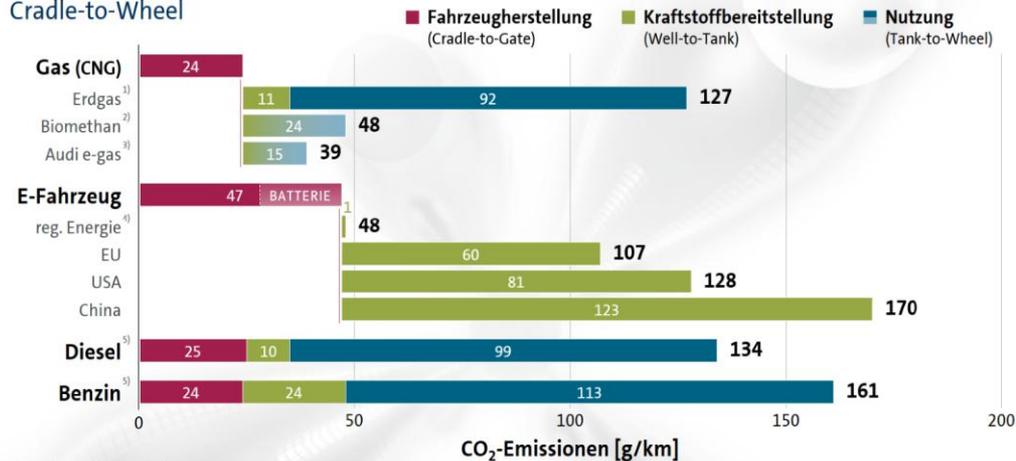


## Synthetisches Erdgas (aus P2G) konnte sich trotz der enormen Emissionsvorteile auch gegenüber e-Fahrzeuge nicht durchsetzen

**VOLKSWAGEN**  
AKTIENGESELLSCHAFT

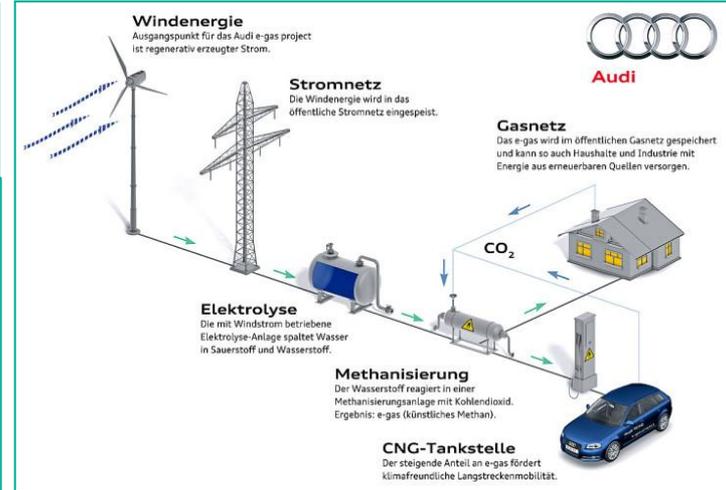
### CO<sub>2</sub>-Emissionen Cradle-to-Wheel

Vergleichsfahrzeug Volkswagen Golf (Laufleistung 200.000 km)



Quelle: Konzernforschung Volkswagen

<sup>1)</sup> Annahme BAT: Erdgas aus Norwegen ohne Biogasanteil <sup>2)</sup> Renewable Energy Directive (EU) <sup>3)</sup> Methan aus Windstrom am Bsp. der Audi e-gas Anlage in Werlitz <sup>4)</sup> berechnet mit Windstrom <sup>5)</sup> WTW-Bilanz mit 7% Biodiesel bzw. 5% Bioethanol gemäß EN 590 und EN 228, spez. CO<sub>2</sub>-Reduktion der Biokraftstoffe beträgt 35% gemäß EU-Direktive 2009/28/EC



Dagegen wird LNG immer mehr im Schwerlasttransportsektor eingesetzt (siehe Vorlesungsteil LNG/small scale LNG)



## LNG-Antrieb: Vor- und Nachteile

- ☺ Wie bei Erdgas: ca. 25% weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen als Dieselfahrzeuge
- ☺ Wegen Biogasbeimischung-Option weiteres Absenkpotenzial
- ☺ keine Feinstaubbelastung
- ☺ kosteneffizienter als Diesel/Benzin
- ☺ leiserer Betrieb
- ☺ geringes Gewicht
- ☺ hohen Reichweiten

Siehe Vorlesungsteil 4 & 5



# Ende Teil 9 – Anwendungen

## Nächster Teil 10 –

**LNG** Beschaffung, Transport, Verwendung | **Ammoniak** | **LOHC**