

Die Rolle der Fernwärme bei der Umsetzung der Energiewende

Vortrag auf der DPG Frühjahrstagung in Rostock



Dr. Marcel Krämer

12. März 2019

swb

Agenda

- I. Kurze Vorstellung
- II. Wärmebedarfe in Deutschland
- III. Fernwärme – Definition und Technologie
- IV. Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz
- V. Umbau und Erweiterung des Fernwärme-Systems in Bremen
- VI. Ausblick & Zielkonflikte?

QR-Code zum Download der Folien →



Zur Person

Dr. Marcel Krämer

marcel.kraemer@swb-gruppe.de



Physikstudium in Marburg 1993 – 1999

Mitglied der Solar-Arbeitsgruppe (Prof. Hans Ackermann)
Diplomarbeit über Einsatz unabgedeckter Solar-Kollektoren auf einem Fernheizwerk in Bischkek (Kirgistan).

Dissertation am Bremer Energie Institut (2000 – 2002)

Volkswirtschaftliche Promotion an der CvO-Universität Oldenburg
(Prof. Wolfgang Pfaffenberger)

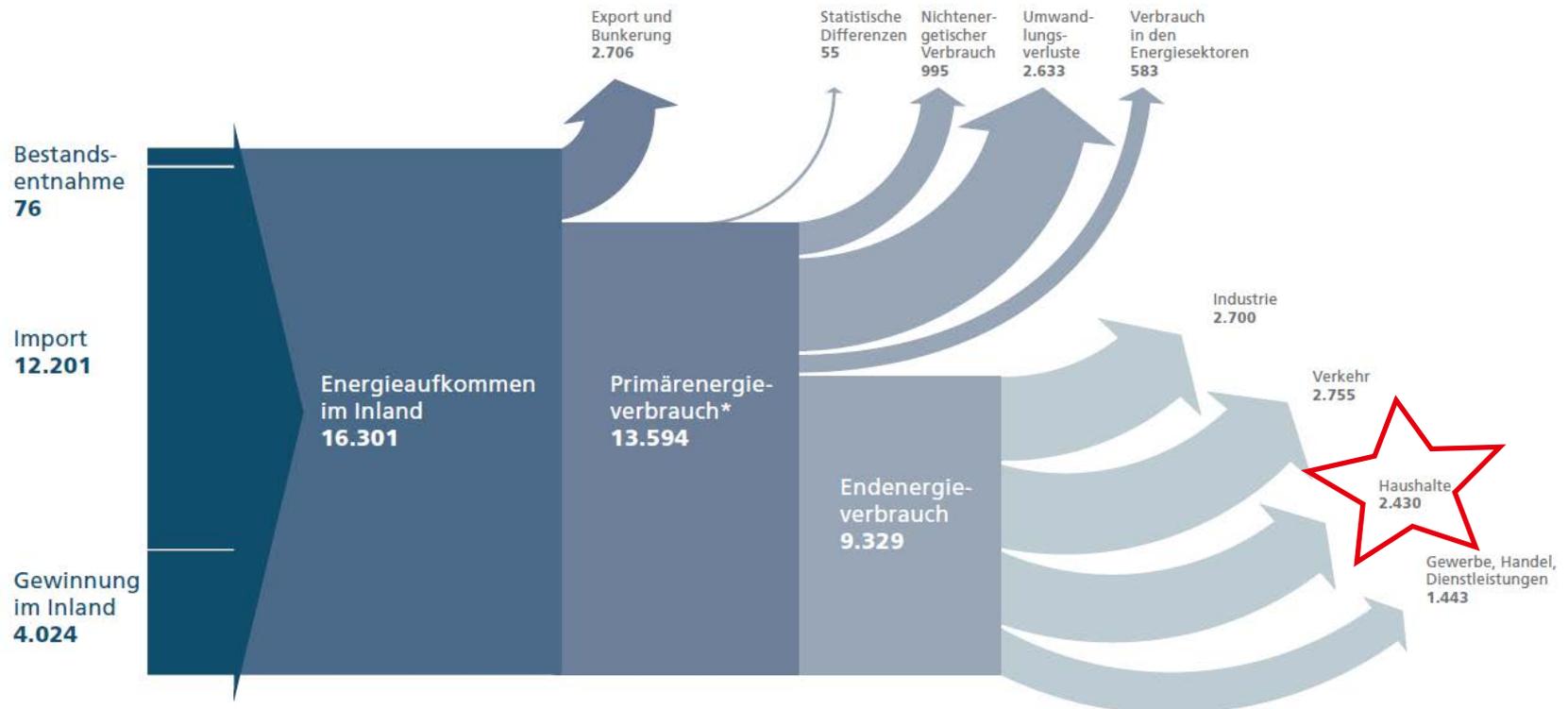
Thema: Erstellung eines Modells zur Optimierung hoher Einspeisung von Windenergie in das deutsche Stromnetz.

Seit 2006 bei swb in verschiedenen Funktionen, u.a.

Energiemarkt-Händler, Teamleiter Controlling

heute: Projektmanager und Geschäftsleiter

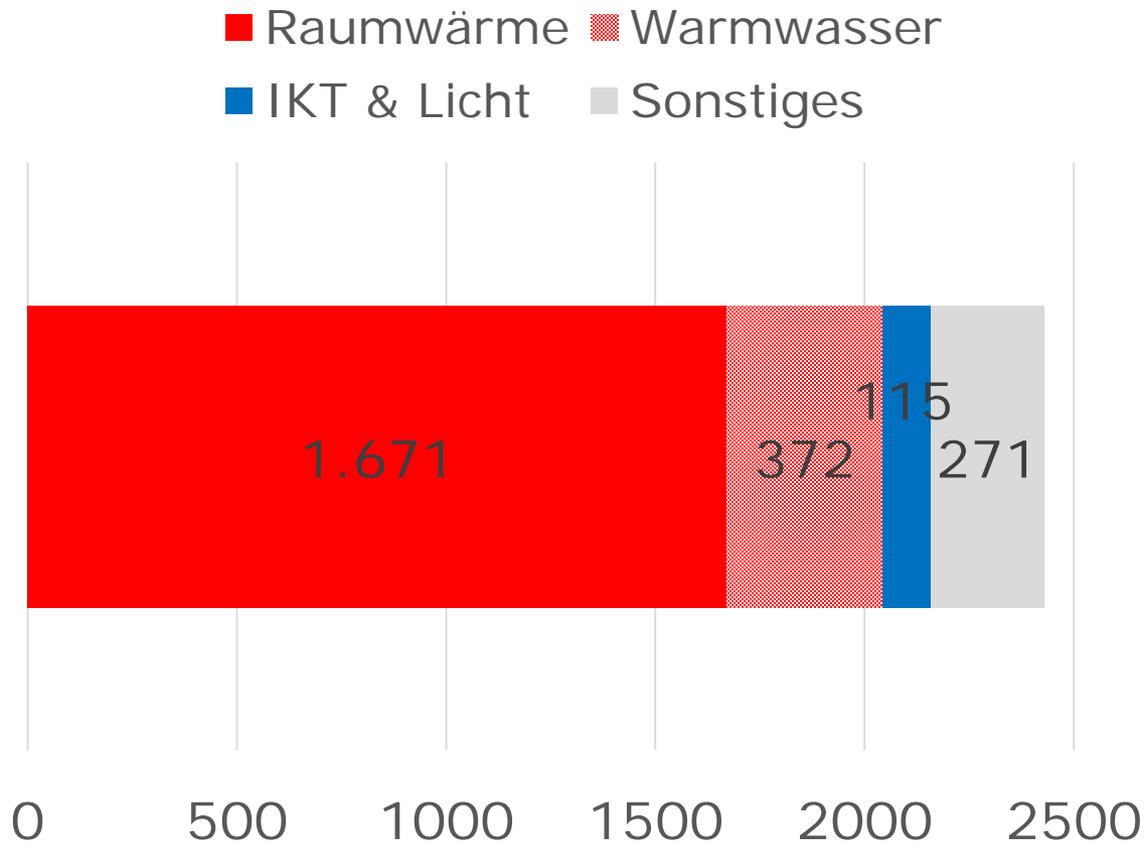
Energieflussbild Deutschland 2017



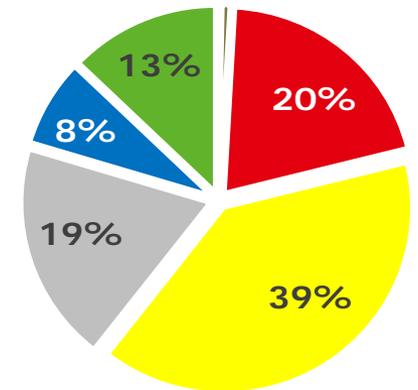
Der Anteil der erneuerbaren Energieträger am Primärenergieverbrauch liegt bei 13,1 %.
 Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
 * Alle Zahlen vorläufig/geschätzt.
 29,3 Petajoule (PJ) \approx 1 Mio. t SKE

Quelle: AG-Energiebilanzen

Energiebedarf Haushalte 2017 in PJ



Verteilung auf Energieträger



- Mineralöle
- Erdgas
- Strom
- Fernwärme
- Erneuerbare Energien

Potenzial für Fernwärme in D – eine einfache Abschätzung

Städte > 100.000 Einwohner: „Großstadt“

Stand 2011: 80 Großstädte in D mit insgesamt 25 Mio. Einwohnern

→ Anteil an der Gesamtbevölkerung in D: rd. 30%

→ Hypothese: Die 80 Großstädte benötigen auch rd. 30% des Energiebedarfs für Raumwärme und Warmwasser in den Haushalten, d.h. rd. 600 PJ.

→ Derzeit werden durch Fernwärme rund 180 PJ bereitgestellt.

Die Großstädte in D sind noch zu 2/3 nicht an die Fernwärme angeschlossen.

Fernwärme - Definition

Arbeitsgemeinschaft Fernwärme (AGFW):

Fernwärme ist Wärme beliebiger Herkunft, die mit Hilfe eines Trägermediums (meistens Heizwasser oder Dampf) gewerblich aufgrund eines Vertrages gegen Entgelt geliefert wird und mit deren Lieferung keine eigenen mietrechtlichen Nebenverpflichtungen erfüllt werden.

Rechtlich umfasst der Begriff "Fernwärme" auch Contracting und Nahwärme.

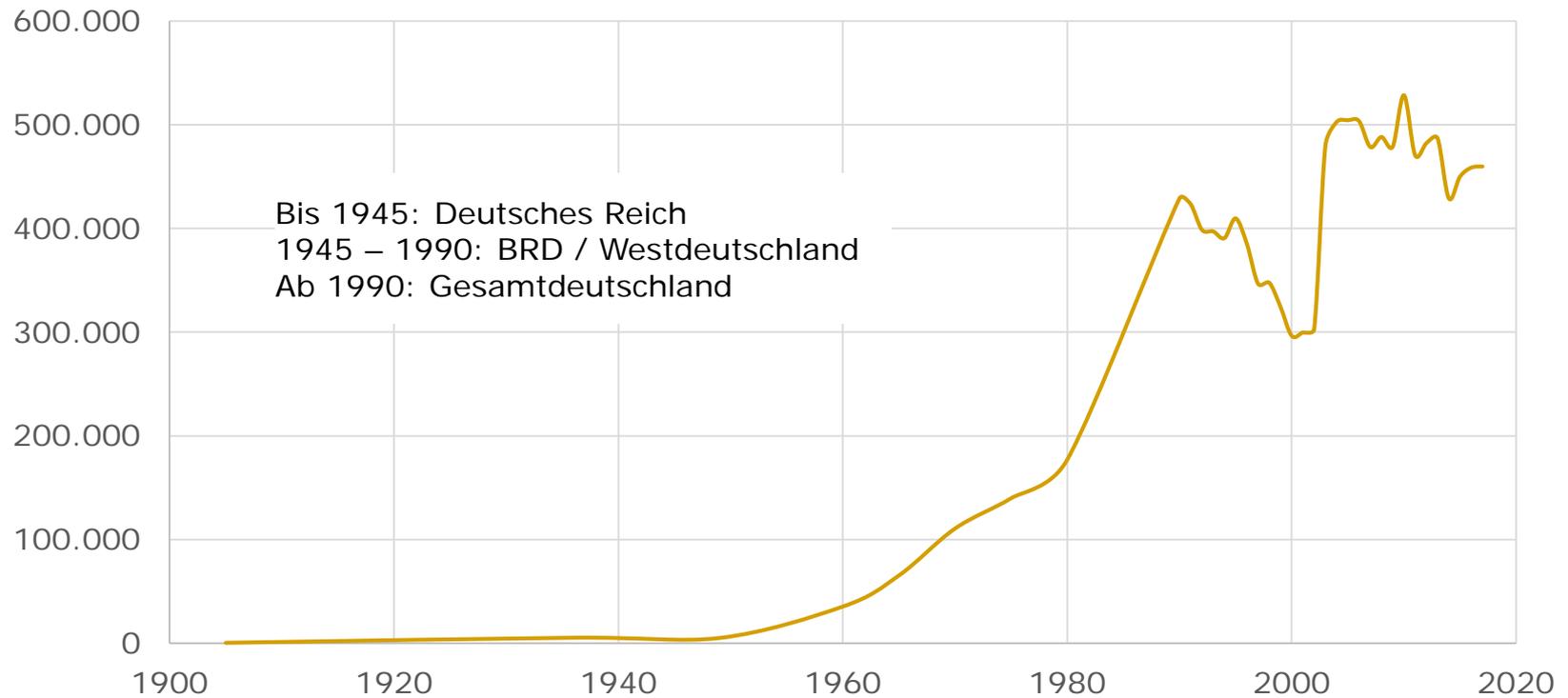
Fernwärme – historische Entwicklung

(nach Munser, Auszüge)

3. Jh. v. Chr.: „Kangheizung“ (Rauchgaskanäle in Fußböden und Wänden), China
- 140 v. Chr.: römische Gemeinschaftsbäder mit ähnlichem Heizungssystem
- 1770: James Watt beheizt seine Fabrik und Wohnräume mittels Dampf
- 1818/1824: Der Engländer Tretgold beheizt Gewächshäuser aus einer Zentrale in 270m Entfernung
- 1853: Bau einer Heizung mit einer Gesamtrohrlänge von 8km im französischen Palais du Luxembourg
- 1864: erste Warmwasser-Heizungen in Berlin und Magdeburg
- 1877: Birdsill Holly aus Lockport, NY, USA erstellt eine Heizwärmeversorgung mit 5km Rohrleitung, um mehrere Gebäude (Wohn-, Geschäfts- und Bürogebäude) mit Dampf zu beheizen.
- 1895: Dresdner Projekt zur Beheizung der zentralen Kulturstätten mittels Dampf
- 1900: Bau des ersten Fernheizwerks in Europa in Dresden; Dampf als Wärmeträger
- 1904: Inbetriebnahme von 4 Fernheizwerken in New York

Wärmenetzeinspeisung

TJ pro Jahr



Quellen:
Bis 1980: Buch, Alfred
Ab 1990: AG-Energiebilanzen (Endenergieverbrauch Fernwärme)

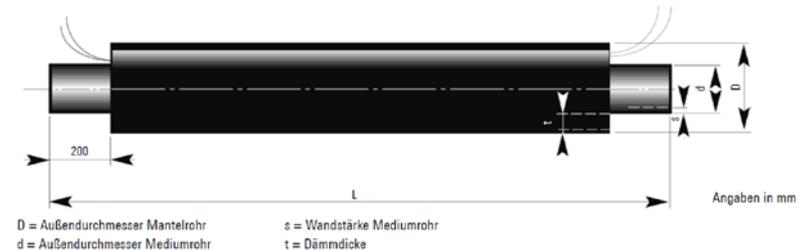
Fernwärme – heutige Technik

- Fernwärme wird heute üblicherweise mit dem Wärmeträger-Medium **Wasser** in einem **geschlossenen System** vom Heiz(kraft)werk zum Kunden transportiert.
- Üblich ist die Wärmeerzeugung in **Kraft-Wärme-Kopplung**, historisch gewachsen z.T. in Braun- bzw. Steinkohlekraftwerken, sonst auch in Erdgas-Heizkraftwerken, z.T. als GuD-Anlagen oder in Müllverbrennungsanlagen.
- Je nach Alter der KWK-Anlage werden dabei energetische Gesamtnutzungsgrade von bis zu 95% erreicht.
- Beim **Transport** werden heute üblicherweise **Verluste von rd. 10..12%** angenommen. Diese variieren im Jahresverlauf aufgrund des unterschiedlichen Wärmebedarfs Winter/Sommer und sind im Winter tendenziell spezifisch geringer.

Fernwärme – heutige Technologie - Leitungen

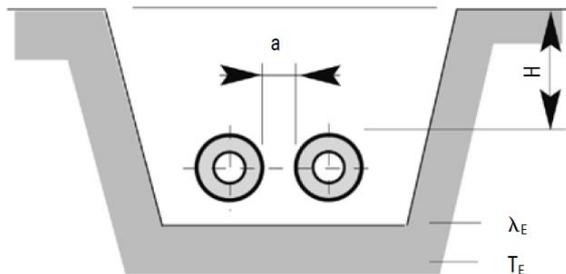
Aufbau (von innen nach außen):

- Stahlrohre (optional Edelstahl)
- Polyurethan-Hartschaum-Dämmung
- Mantelrohr aus Polyethylen-HD



Dämmstärken:

Bei einem Nenndurchmesser des Stahlrohrs von rd. 500mm (DN500) liegt die mittlere Dämmstärke bei rd. 150mm, so dass das Rohr dann einen Gesamtdurchmesser von rd. 800 mm hat.



Verlegeart:

2-Rohr erdverlegt

Rohrabstand:

$a = 0.20 \text{ m}$

Erdreichtemperatur:

$T_E = 10 \text{ °C}$

Überdeckungshöhe:

$H = 0.8 \text{ m}$

Leitfähigkeit des Bodens:

$\lambda_E = 1.2 \text{ W/mK}$

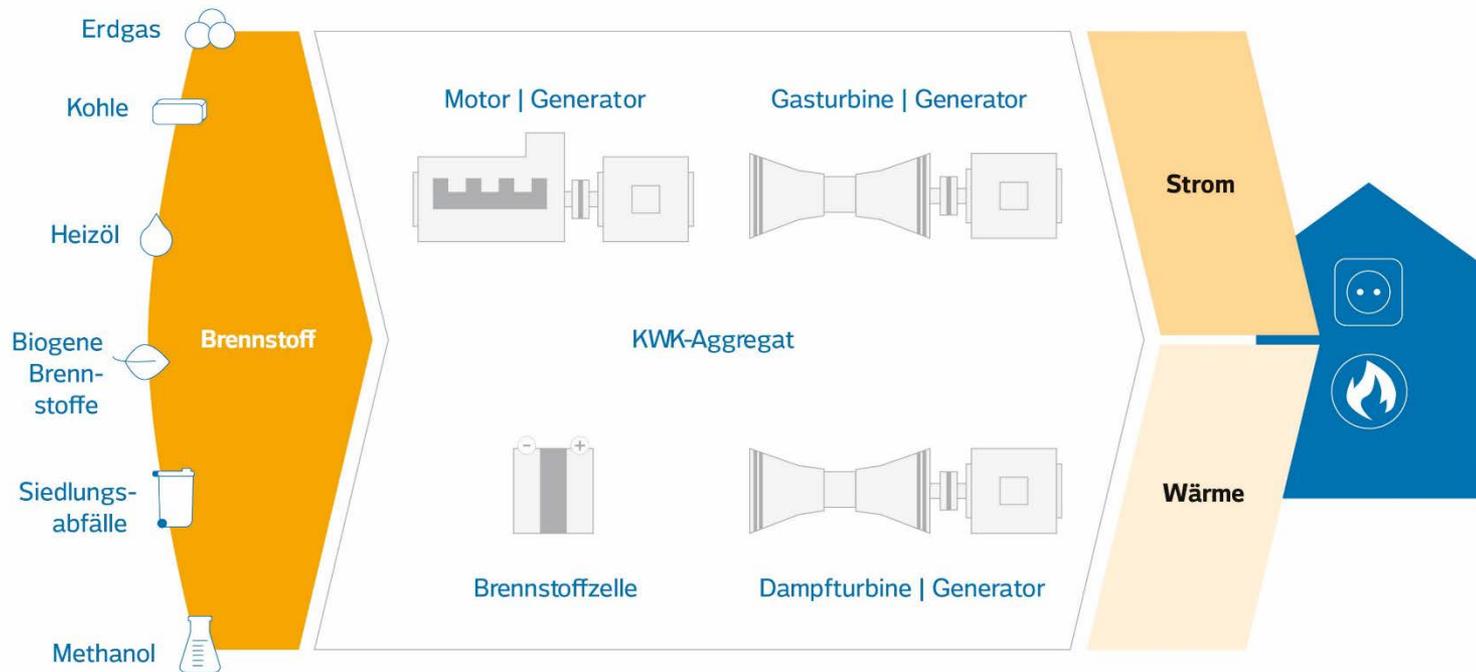
Leitfähigkeit des PE-Mantels:

$\lambda_{PE} = 0.4 \text{ W/mK}$

Leitfähigkeit des PUR-Schaumes:

$\lambda_{PUR} = 0.0260 \text{ W/mK}$

Fernwärme - heutige Technologie: KWK-Erzeugung



Ziele des KWK-G

Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz - KWKG)

Abschnitt 1 Allgemeine Bestimmungen

§ 1 Anwendungsbereich

- (1) Dieses Gesetz dient der Erhöhung der Nettostromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen **auf 110 Terawattstunden bis zum Jahr 2020 sowie auf 120 Terawattstunden bis zum Jahr 2025** im Interesse der Energieeinsparung sowie des Umwelt- und Klimaschutzes.
- (2) Dieses Gesetz regelt
 1. die Abnahme von KWK-Strom aus KWK-Anlagen, der auf Basis von Steinkohle, Braunkohle, Abfall, Abwärme, Biomasse, gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen gewonnen wird,
 2. die Zahlung von Zuschlägen durch die Netzbetreiber sowie die Vergütung für KWK-Strom aus neuen, modernisierten und nachgerüsteten KWK-Anlagen, der auf Basis von Abfall, Abwärme, Biomasse, gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen gewonnen wird,
 3. die Zahlung von Zuschlägen durch die Netzbetreiber für KWK-Strom aus bestehenden KWK-Anlagen, der auf Basis von gasförmigen Brennstoffen gewonnen wird,
 4. die Zahlung von Zuschlägen durch die Übertragungsnetzbetreiber für den Neu- und Ausbau von Wärmenetzen sowie für den Neubau von Wärmespeichern, in die Wärme aus KWK-Anlagen eingespeist wird,
 5. die Zahlung von Zuschlägen durch die Übertragungsnetzbetreiber für den Neu- und Ausbau von Kältenetzen sowie für den Neubau von Kältespeichern, in die Kälte aus Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungsanlagen eingespeist wird,
 6. die Umlage der Kosten.

KWK-G – Fördersätze (Auszüge)

1. KWK-Anlagen bis 50 kW_{el}

- a. Pauschal für Anlagen bis 2 kW_{el}: 4 ct/kWh für 60.000 Vollbenutzungsstunden (→ z.B. 4800 EUR bei 2 kW_{el} – Anlage)
- b. 8 ct/kWh bei Ausspeisung in das allgemeine Netz
- c. 4 ct/kWh bei Eigenbedarfsdeckung
- d. Förderdauer differenziert nach Neubau und Modernisierung (60.000 / 30.000 / 15.000 VBH)

2. KWK-Anlagen > 50 kW_{el} und < 2 MW_{el}

- a. Förderung für allgemein ausgespeisten Strom
 - i. 8 ct/kWh für den Leistungsanteil (LA) ≤ 50 kW_{el}
 - ii. 6 ct/kWh für den LA > 50 ≤ 100 kW_{el}
 - iii. 5 ct/kWh für den LA > 100 ≤ 250 kW_{el}
 - iv. 4,4 ct/kWh für den LA > 250 kW_{el} ≤ 2 MW_{el}
- b. Förderung für den selbstverbrauchten Strom
- c. TEHG-Zuschlag (+0,3 ct/kWh)
- d. Kohleersatz-Bonus (+0,6 ct/kWh)
- e. Förderdauer max. 30.000 VBH

3. KWK-Anlagen > 2 MW_{el}

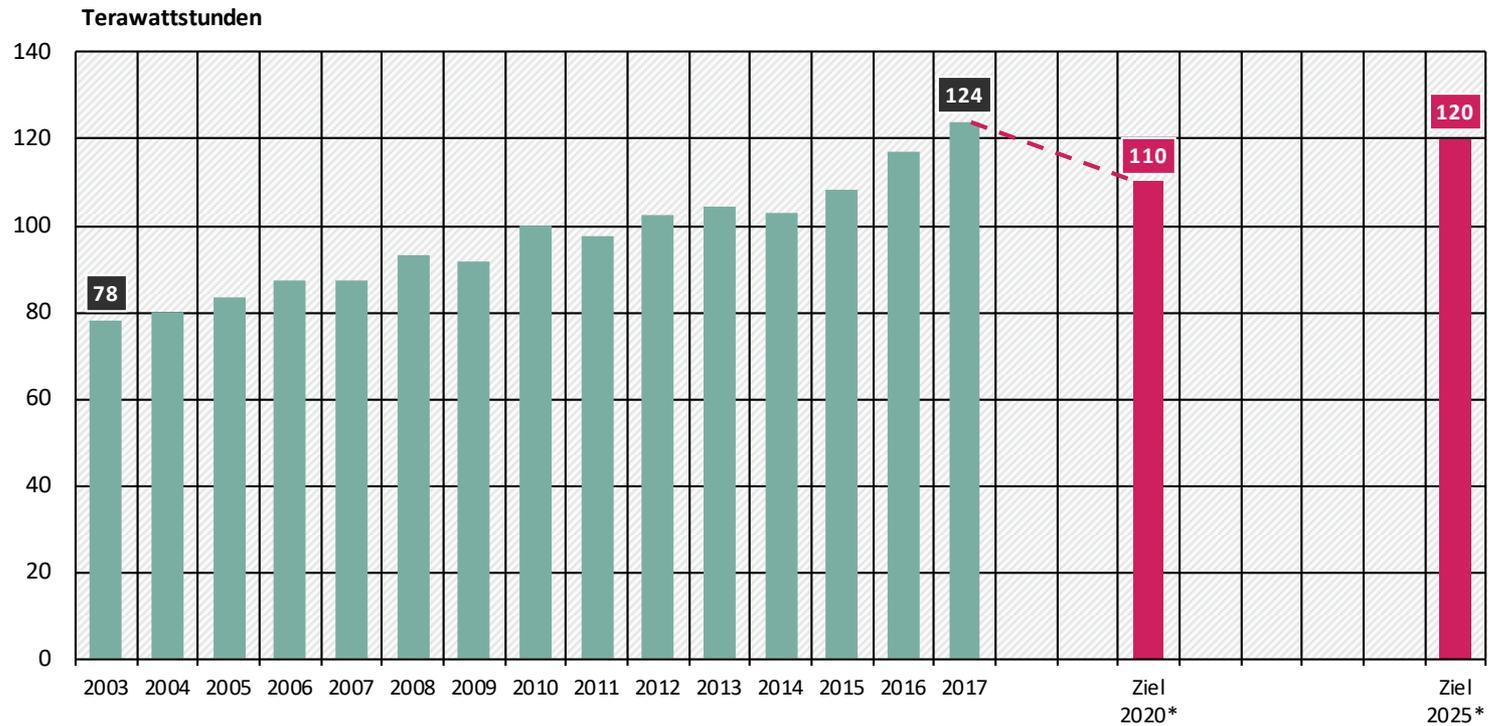
- a. Wie unter 2, zusätzlich 3,1 ct/kWh für den LA > 2 MW_{el}

→ BHKW mit 100 MW_{el} erhält über 30.000 Vollbenutzungsstunden
je 40 EUR/MWh, d.h. 120 Mio. EUR Fördergelder.

Fernwärme und KWK-Gesetz

Nettostromerzeugung mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

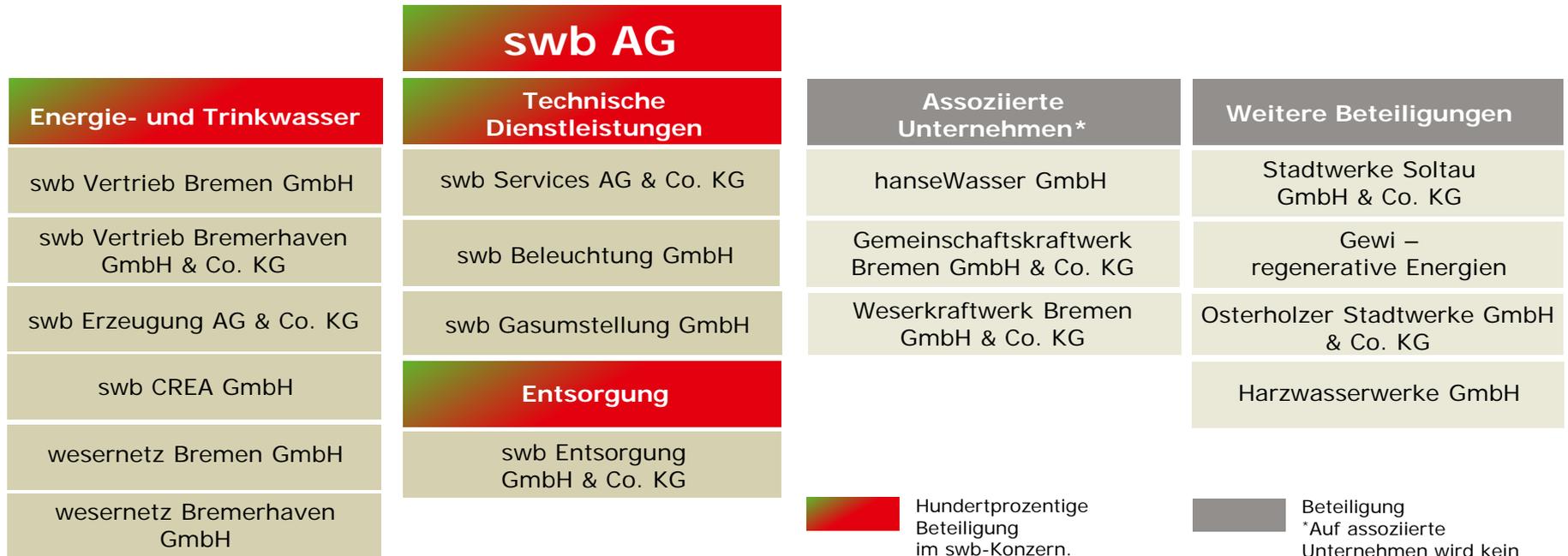
Vergleich der Entwicklung der KWK-Nettostromerzeugung mit den Zielen der Bundesregierung*



* Ziele für 2020 und 2025 nach KWKG

Quelle: Statistisches Bundesamt; Öko-Institut; Umweltbundesamt / Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien - Statistik / eigene Ergänzung, Stand 03/2019

swb im Überblick



 Hundertprozentige Beteiligung im swb-Konzern.

 Beteiligung
*Auf assoziierte Unternehmen wird kein beherrschender Einfluss ausgeübt.

www.swb.de

Geschichte der Bremer Energieversorgung

1854	Beginn der Geschichte der Bremer Stadtwerke mit der Inbetriebnahme der ersten Gasanstalt.
1873	Inbetriebnahme des Wasserwerks und Integration in die gemeinsamen Gas- und Wasserwerke.
1893	Bau des ersten Elektrizitätswerks.
1894	Umbenennung der städtischen Gesellschaft in Erleuchtungs- und Wasserwerke der Freien Hansestadt Bremen.
1929	Inbetriebnahme des ersten Heizwerks und damit der Beginn der Fernwärmeversorgung.
1941	Herauslösung des Betriebs aus der öffentlichen Verwaltung und Überführung in die Stadtwerke Bremen AG.
1999	Umfirmierung in swb AG
2004	Einführung der Dachmarke swb
2009	EWE AG übernimmt 100 Prozent (minus eine Aktie) der swb-Anteile.
2011	Zusammen mit Partnern legt swb den Grundstein für ein Gas- und Dampfturbinenkraftwerk unter dem Namen Gemeinschaftskraftwerk Bremen (GKB). Das Weserkraftwerk wird in Betrieb genommen.
2013	Umfassende Modernisierung des Müllheizkraftwerks in Bremen-Findorff.
2016	Inbetriebnahme des Gas- und Dampfturbinenkraftwerks.
2017	Inbetriebnahme Wärmespeicher am Standort Hastedt.

Kennzahlen swb

Absatz (Konzern)	2017	2016
Strom in Mio. kWh	14.057	9.388
Erdgas in Mio. kWh	5.636	5.570
Wärme in Mio. kWh	1.071	1.223
Trinkwasser in Mio. m ³	36,5	37,5
Abfallverwertung im Mg	911.014	919.292
Abwasser in Mio. m ³	50,0	50,3
Klärschlamm in Mg	15.900	16.150

Konzern-Kennzahlen (in Mio. Euro)	2017	2016
Umsatz	1.516	1.330
EBIT	80,4	195,8
Bilanzsumme	2.000	2.032
Investitionen	107,3	75,0
Mitarbeiter	2.160	2.180
Auszubildende	118	110



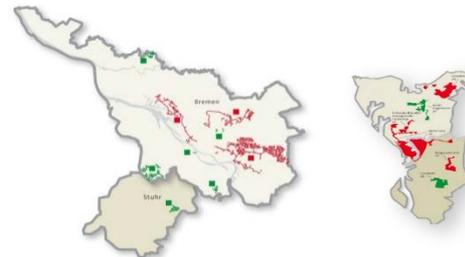
Stadtversorger swb

(Datenbasis 2016)

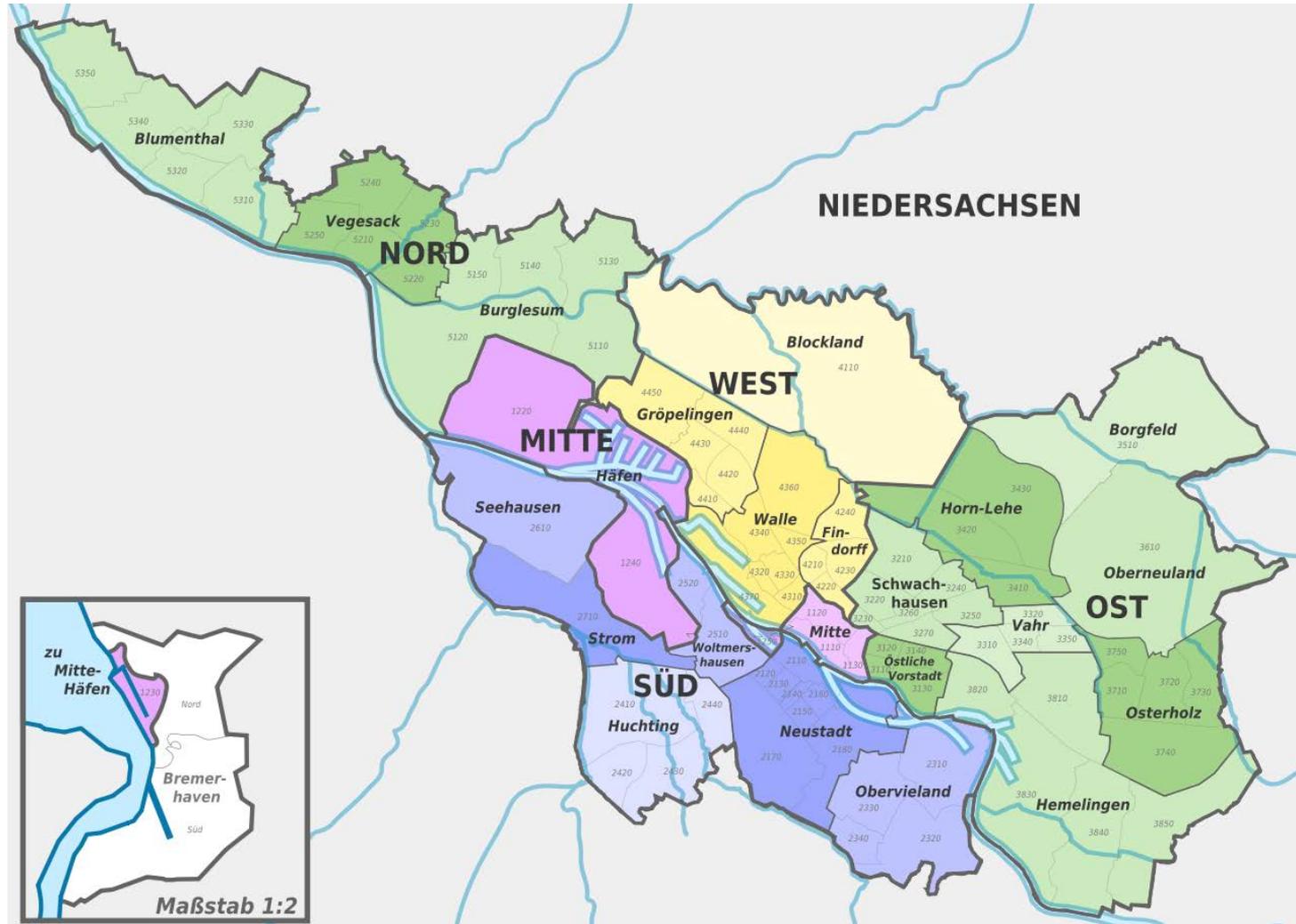
Konzernumsatz	1,3 Mrd.€
Wärmeumsatz	67 Mio.€
Anteil Wärme/Gesamtumsatz	5,0 %
Trassenlänge	424 km
installierte therm. Leistung	925 MW
(u.a. Großkraftwerke, BHKWs, ohne Contracting)	
Wärmeabsatz	1.100 GWh

Bremen

Bremerhaven

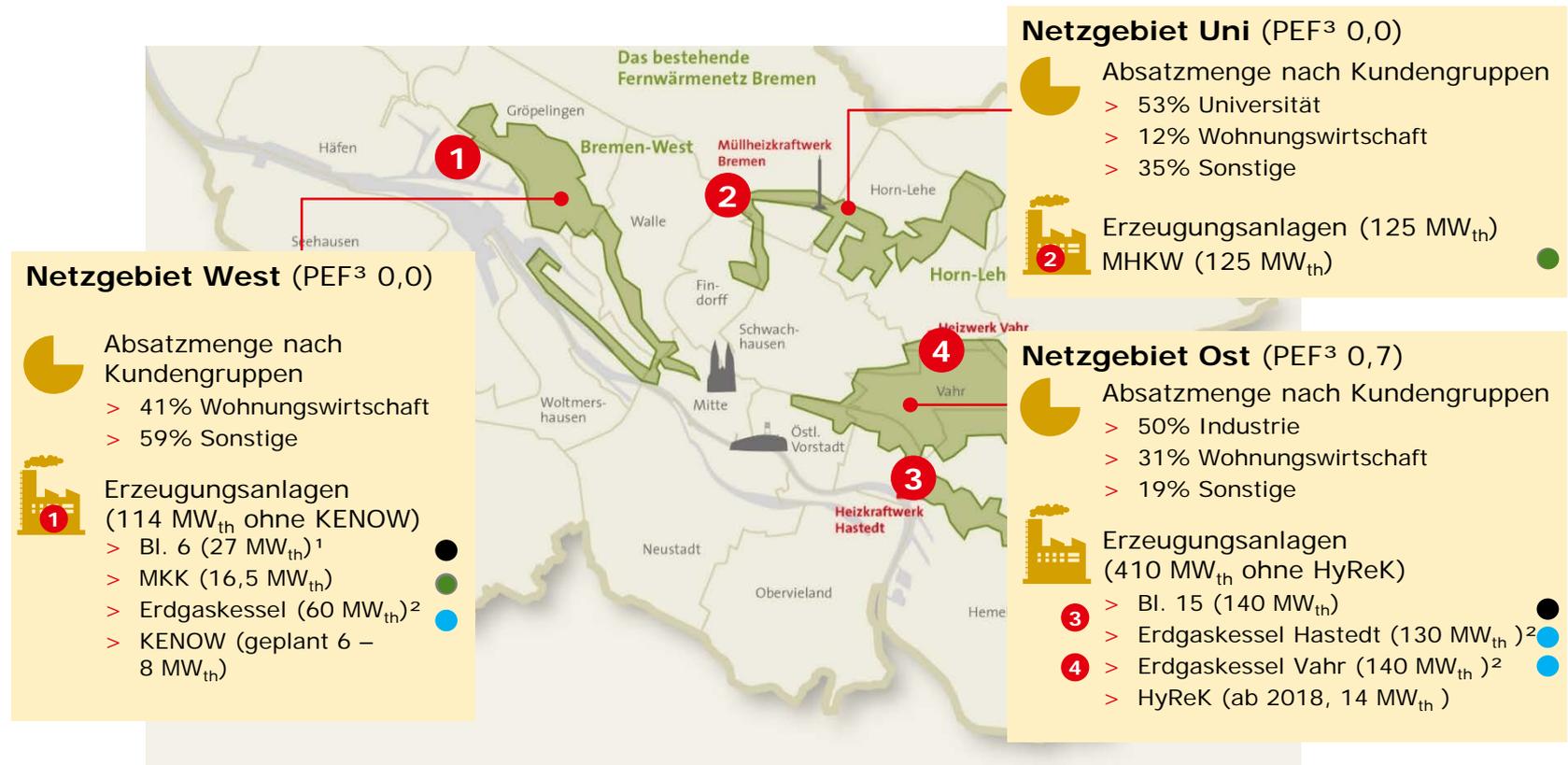



Bremen



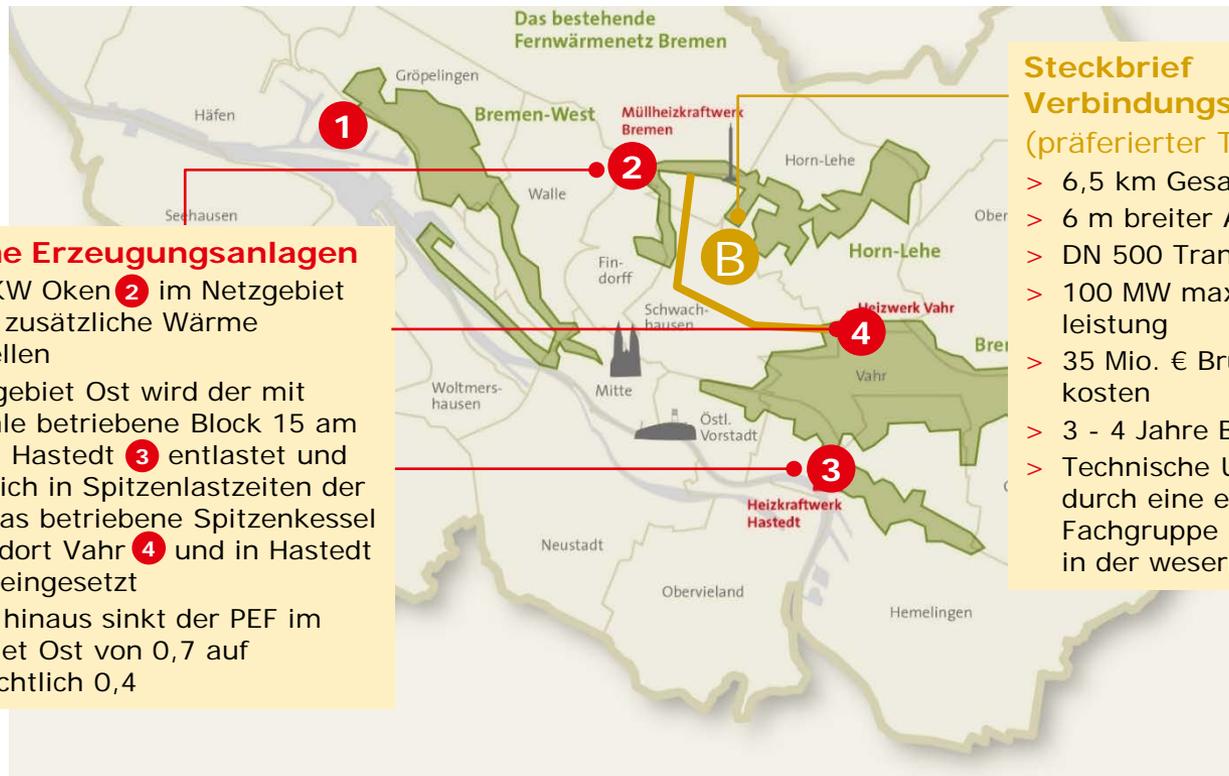
Darstellung der heutigen Bremer Fernwärmenetzgebiete inkl. Kundengruppen und Erzeugungsanlagen

Die Bremer Fernwärmenetzgebiete West, Uni und Ost sind die größten der swb Gruppe und versorgen ca. 20% der Bremer Bürgerinnen und Bürger



Zukünftige Verbindung der Netzgebiete Uni und Ost

Mit der geplanten Verbindungsleitung kann CO₂-neutral erzeugte Wärme aus dem MHKW Oken direkt ins Netzgebiet Ost transportiert werden und somit den Kohleblock 15 in Hastedt und die erdgasbetriebenen Spitzenkessel entlasten



Betroffene Erzeugungsanlagen

- > Das MHKW Oken **2** im Netzgebiet Uni wird zusätzliche Wärme bereitstellen
- > Im Netzgebiet Ost wird der mit Steinkohle betriebene Block 15 am Standort Hastedt **3** entlastet und maßgeblich in Spitzenlastzeiten der mit Erdgas betriebene Spitzenkessel am Standort Vahr **4** und in Hastedt weniger eingesetzt
- > Darüber hinaus sinkt der PEF im Netzgebiet Ost von 0,7 auf voraussichtlich 0,4

Steckbrief

Verbindungsleitung

(präferierter Trassenverlauf B)

- > 6,5 km Gesamtlänge
- > 6 m breiter Aushubgraben
- > DN 500 Transportleistung
- > 100 MW max. Transportleistung
- > 35 Mio. € Bruttoinvestitionskosten
- > 3 - 4 Jahre Bauzeit
- > Technische Umsetzung erfolgt durch eine eigens eingerichtete Fachgruppe „Wärmetransport“ in der wesernetz

Perspektive der Erzeugung am Standort Hastedt

Aktuell:

- KWK-Erzeugung v.a. mit Bl. 15 (Steinkohle; $130 \text{ MW}_{\text{el}}$ (brutto), $140 \text{ MW}_{\text{th}}$)
- Spitzenkessel mit $130 \text{ MW}_{\text{th}}$
- Primärenergiefaktor (PEF) (Fernwärme): ca. 0,7
- Maximal angeforderte thermische Leistung im Winter 2018: ca. $260 \text{ MW}_{\text{th}}$
- Wärmespeicher ($230 \text{ MWh}_{\text{th}}$), HyReK (Hybrid-Regel-Kraftwerk, 15 MW, 14 MWh)

- Hauptkunden: Daimler, Gewoba, Privatkunden

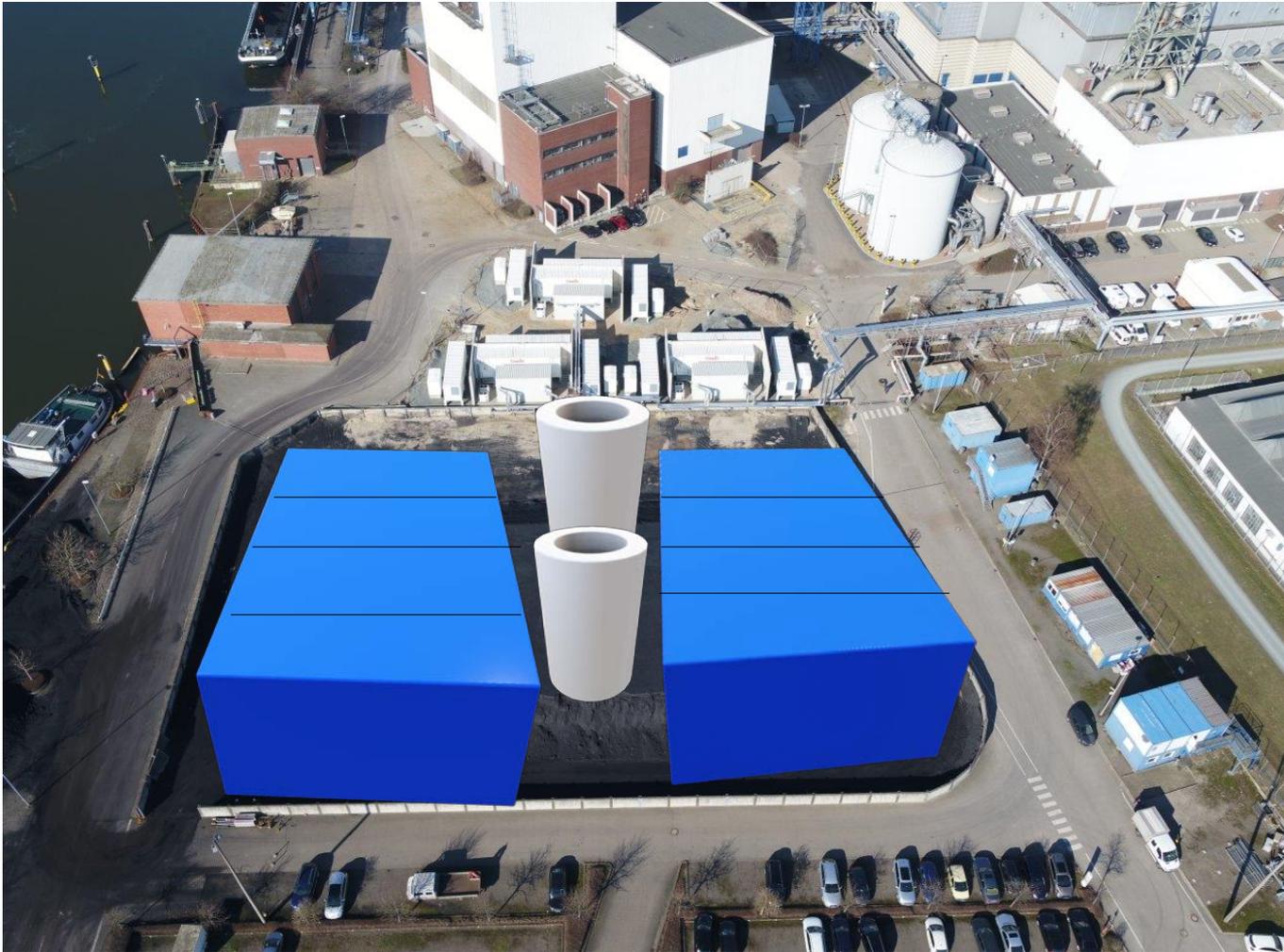
Zukünftig (derzeit in Prüfung):

- KWK-Anlage (Gas); Realisierung bis Ende 2022 notwendig (KWK-Förderung).
- Verbindungsleitung MHKW – Vahr: Verringerung der Spitzenlast für Hastedt?
- Mittelfristig: Umstieg auf „grüne“ Erzeugung der Fernwärme (PEF: 0)

Überblick über den Standort Bremen Hastedt



stark vereinfachte Projektion BHKW



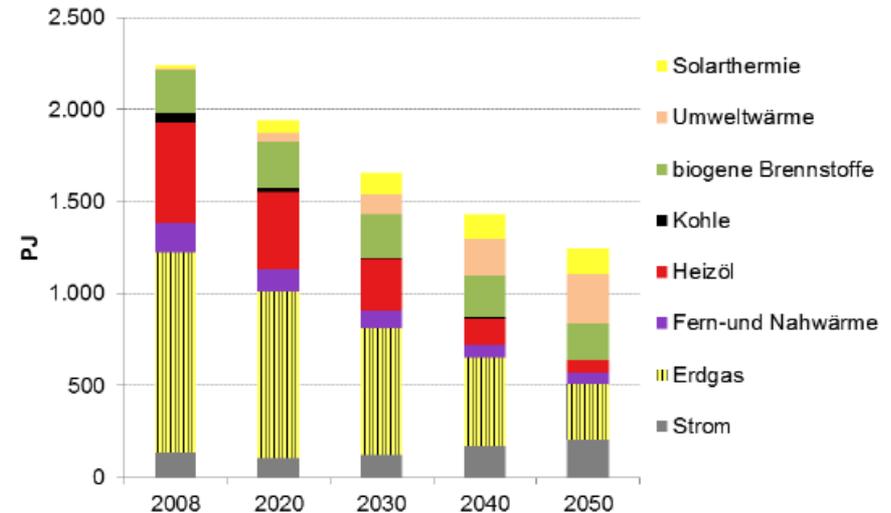
Perspektive der Fernwärme – BMU-Leitstudie 2015

Tabelle 5-4: Endenergiebedarf von Gebäuden im Haushaltssektor nach Energieträgern für das Aktuelle-Maßnahmen-Szenario (2012)

Energieträger	2008	2020	2030	2040	2050
	PJ				
Strom	134	108	126	172	205
Erdgas	1.090	905	686	481	306
Fern-und Nahwärme	161	122	96	70	57
Heizöl	549	421	281	146	71
Kohle	49	22	10	3	2
biogene Brennstoffe	234	249	237	227	195
Umweltwärme	12	48	110	202	274
Solarthermie	13	69	115	134	136
Summe	2.243	1.945	1.661	1.435	1.246
Minderung ggü. 2008		-298	-581	-807	-996
prozentuale Minderung ggü. 2008		-13%	-26%	-36%	-44%

Quelle: UBA (2012a), Eigene Berechnungen Fraunhofer ISI

Abbildung 5-2: Endenergiebedarf von Gebäuden im Haushaltssektor nach Energieträgern für das Aktuelle-Maßnahmen-Szenario (2012)



Quelle: UBA (2012a), Eigene Berechnungen Fraunhofer ISI

Der durch Fern- und Nahwärme gedeckte Endenergiebedarf nimmt im Zeitraum von 2008 bis 2050 von 161 PJ auf 57 PJ ab, also um etwa zwei Drittel. Da der gesamte Endenergiebedarf auf etwa die Hälfte schrumpft, sinkt der Fern- und Nahwärme Anteil von 7 % auf 5 %, also um nur 2 %-Punkte. Die bestehenden Fern- und Nahwärmesysteme werden weiter genutzt und ausgebaut. Durch energetische Gebäudesanierungen sinkt der über vorhandene Anschlüsse bezogene Wärmebedarf. Dieser Wegfall von Endenergiebedarf bei vorhandenen Fernwärmeanschlüssen wird durch Neuanschlüsse jedoch nicht ausgeglichen.

Perspektive der Fernwärme

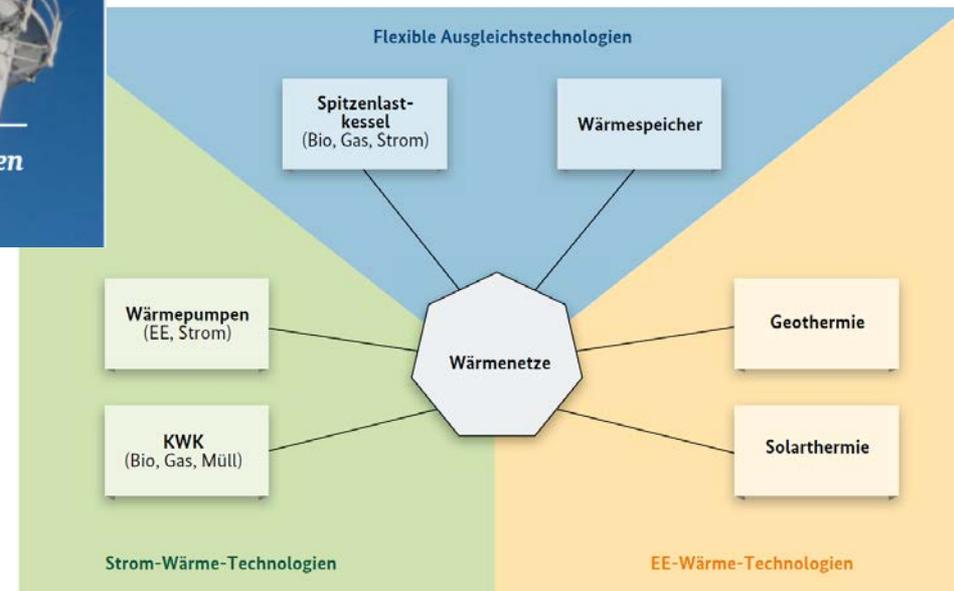

 Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

(Januar 2017)

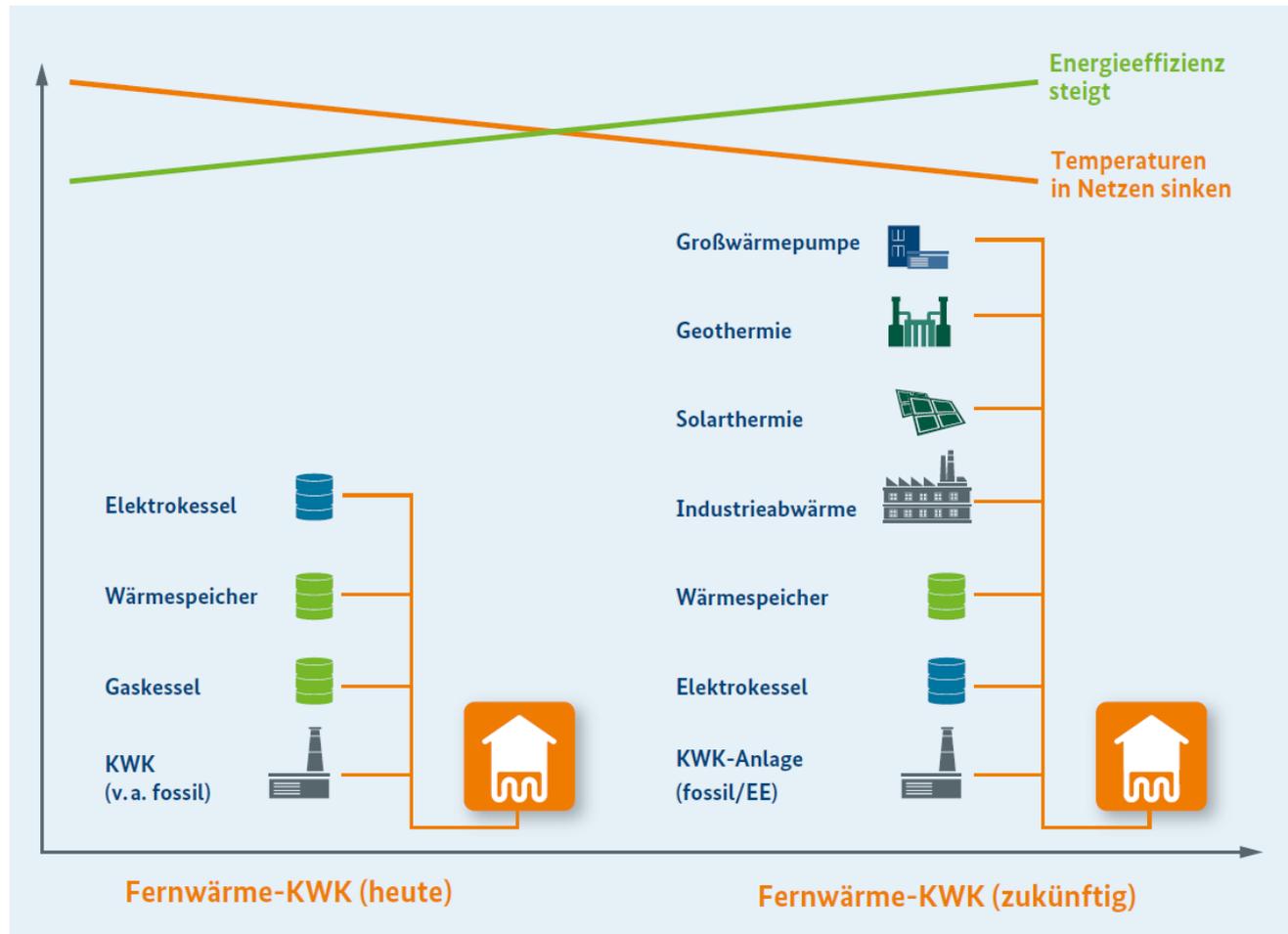

 Energie wende
Umschalten auf Zukunft

Strom 2030: Langfristige Trends – Aufgaben für die kommenden Jahre

Ergebnisbericht zum Trend 7: „Moderne KWK-Anlagen produzieren den residualen Strom und tragen zur Wärmewende bei“



Zukünftige Fernwärme



Quelle: Dr. Marie Münster/AG1 27.10.16 -> zitiert aus Lund et al. (2014) in Energy 68, 1-11, 4th generation district heating – integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems

Bremen baut auf Fernwärme!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Backup

Quellen

Buch, Alfred: Fernwärme – Resch-Verlag, 1983

Lubinski, Boris: Fernwärme in Dortmund – TU Dortmund, Blaue Reihe – Dortmunder Beiträge zur Raumplanung 136

Munser, Herbert: Fernwärmeversorgung – VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig; Wärmelehre und Wärmewirtschaft, Band 26

www.ag-energiebilanzen.de

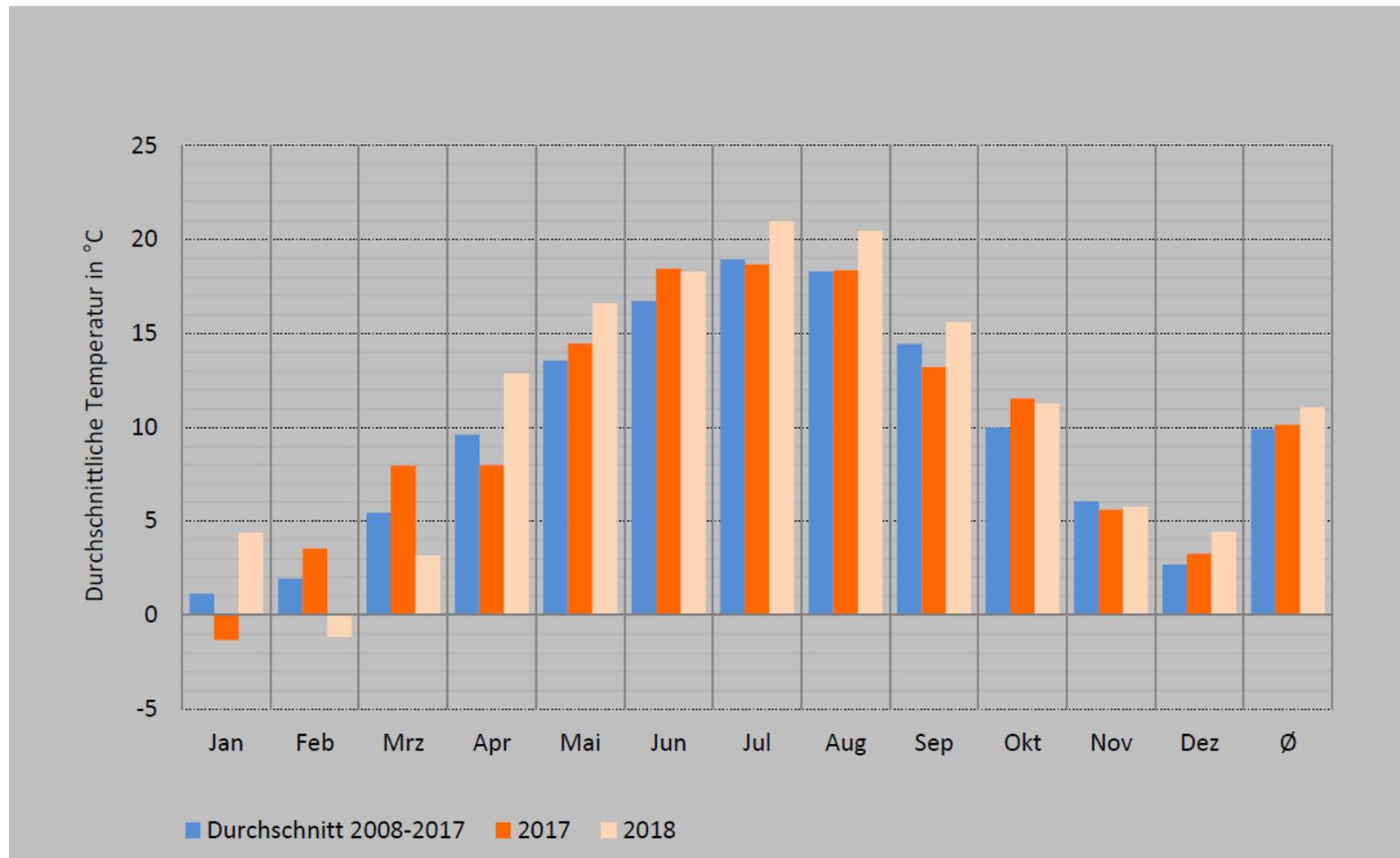
Hensing, Ingo (mit Pfaffenberger, Wolfgang und Ströbele, Wolfgang): Energiewirtschaft – Oldenbourg Verlag 1998

BMWi: Strom 2030 - Langfristige Trends - Aufgaben für die kommenden Jahre (2017)
<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/strom-2030.html>

BMU: Klimaschutzszenario 2050, 2. Endbericht; Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit; Autoren: Öko-Insitut, Fraunhofer ISI; <https://www.bmu.de/download/ergebnisse-des-projekts-klimaschutzszenarien-2050/>

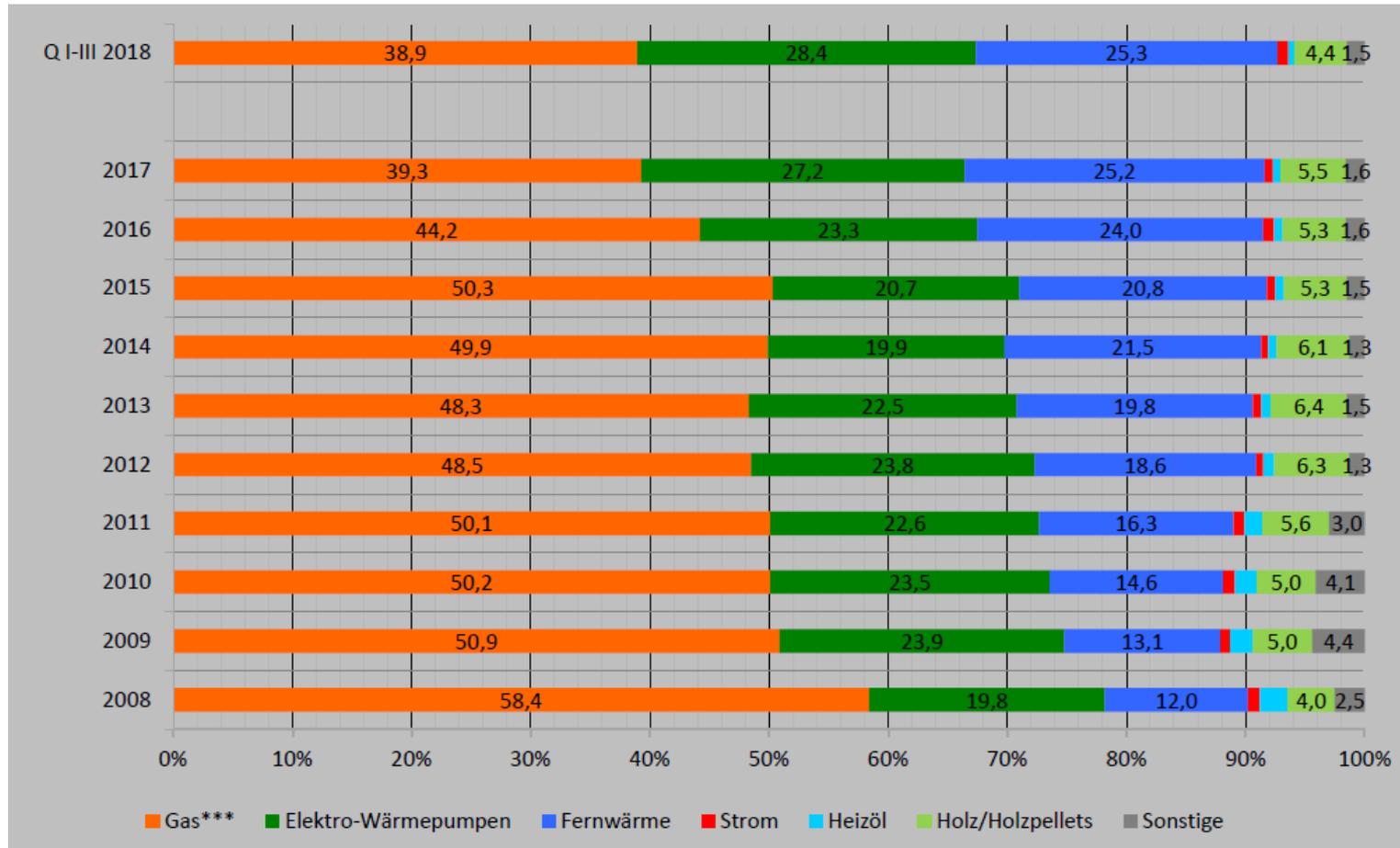
Temperaturverlauf 2018

(im Vergleich zu 2017 und Durchschnitt 2008-2017)



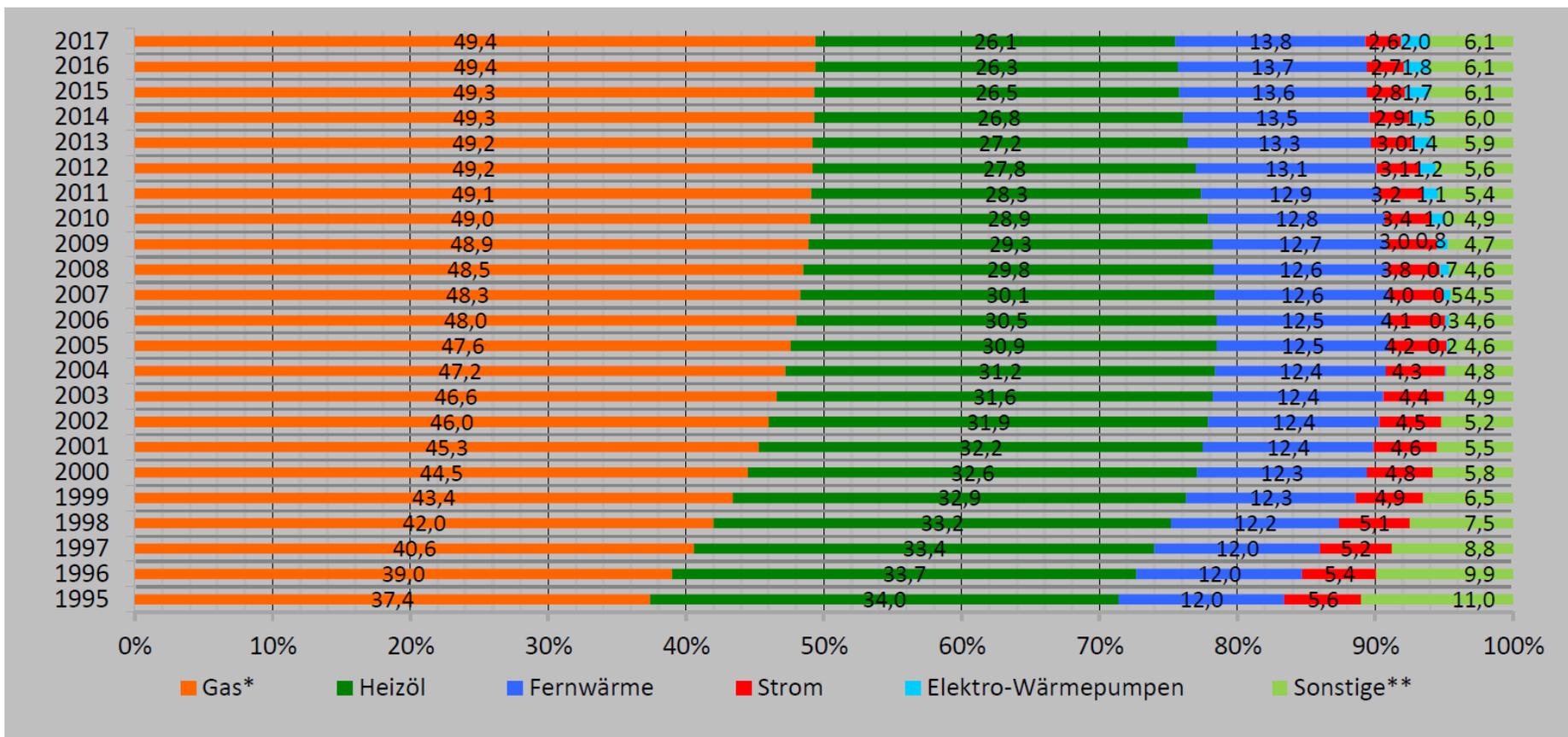
Quelle: AG-Energiebilanzen / BDEW / DWD

Heizungen bei Neubauten



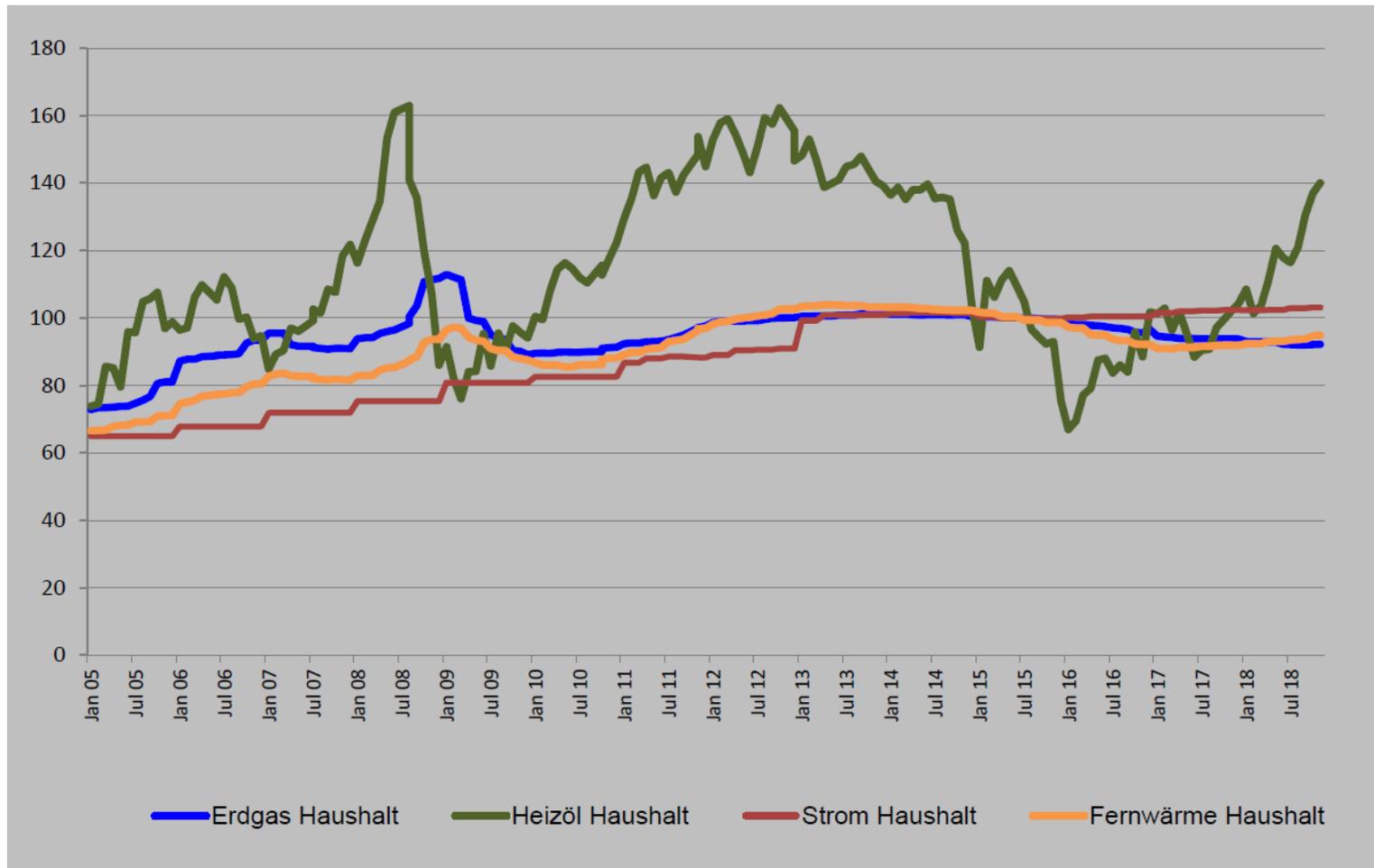
Quelle: AG-Energiebilanzen / BDEW / Stat. Landesämter

Heizungen im Bestand



Quelle: AG-Energiebilanzen / BDEW

Preisentwicklung nach Heizart 2005 - 2018



Quelle: AG-Energiebilanzen / BDEW / Stat. Bundesamt