

München • 4. März 2020



Energieversorgung von München (Strom und Wärme)

Werner Weindorf
LAG Energie

Ortsverband Berg am Laim/ Trudering/ Messestadt Riem
Baumkirchner Straße 5, 81673 München

- Aus welchen Quellen stammt die Münchner Energieversorgung ?
- Aus welchen Quellen kommt der jetzige Strommix in München?
- Warum gibt es nur eine Windkraftanlage?
- Wie geht es weiter mit dem Kohleheizkraftwerk Nord
- Atomstrom, wie viel noch?
- Wie sinnvoll sind die erneuerbaren Stromquellen der SWM weit außerhalb von München.
- Wärmeversorgung aus Geothermie-Anlagen
- Sonnenbausteine der Stadtwerke
- Welchen Verbesserungsbedarf gibt es?

Endenergieverbrauch München

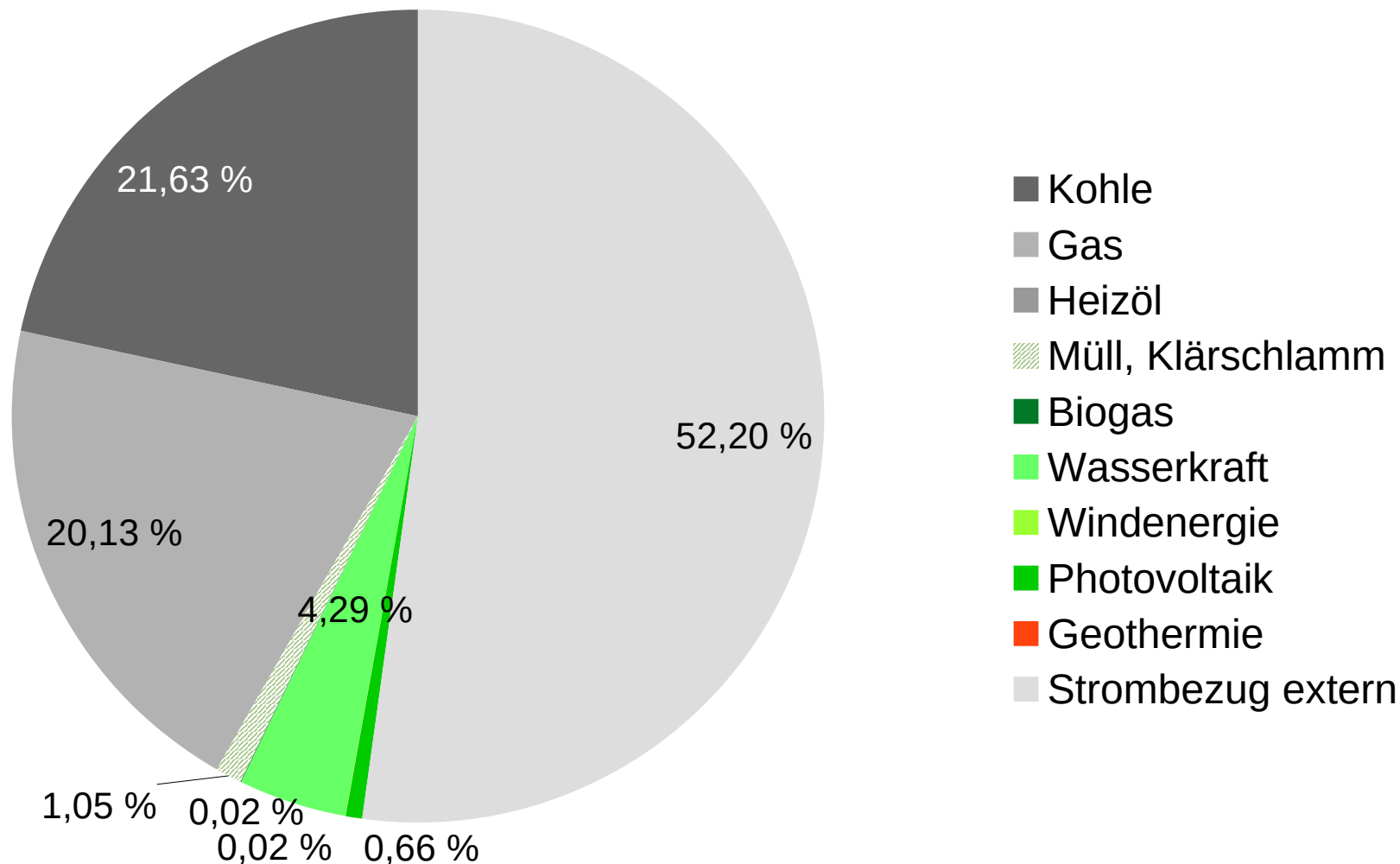
- Endenergieverbrauch ohne Verkehr 2014

	GWh	Anteil
Strom	7.310	32,7%
Erdgas	6.966	31,2%
Heizöl	3.529	15,8%
Fernwärme	4081	18,3%
Wärmepumpen	49	0,2%
Solarthermie	99	0,4%
Bioenergie (Holz)	288	1,3%
Kohle	3	0,0%
Summe	22.325	

Quelle: Öko-Institut 2017

Stromversorgung München

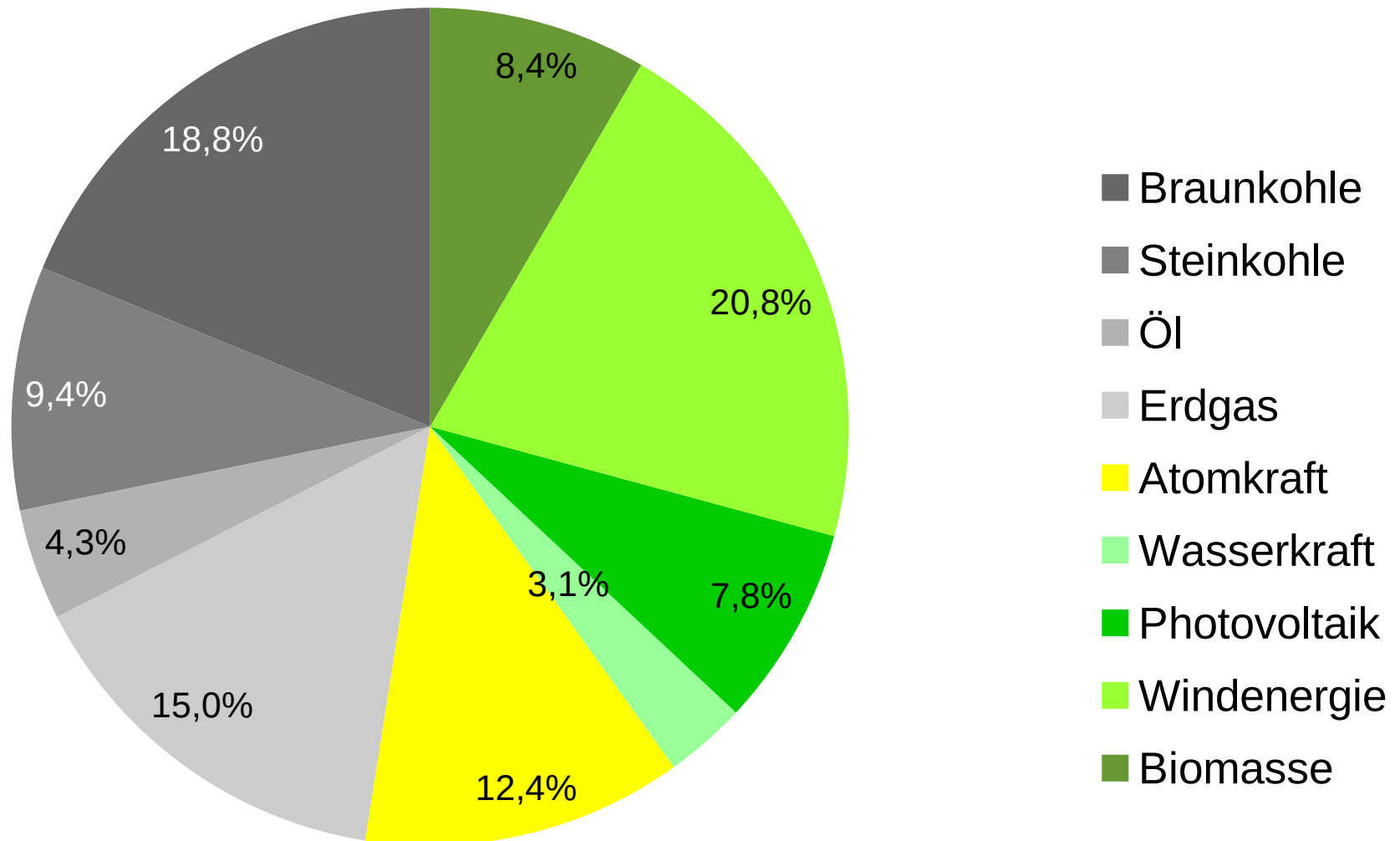
- Stromverbrauch 2014: 7310 GWh



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis TÜV 2019 und Öko-Institut 2017

Stromversorgung: Mix Deutschland

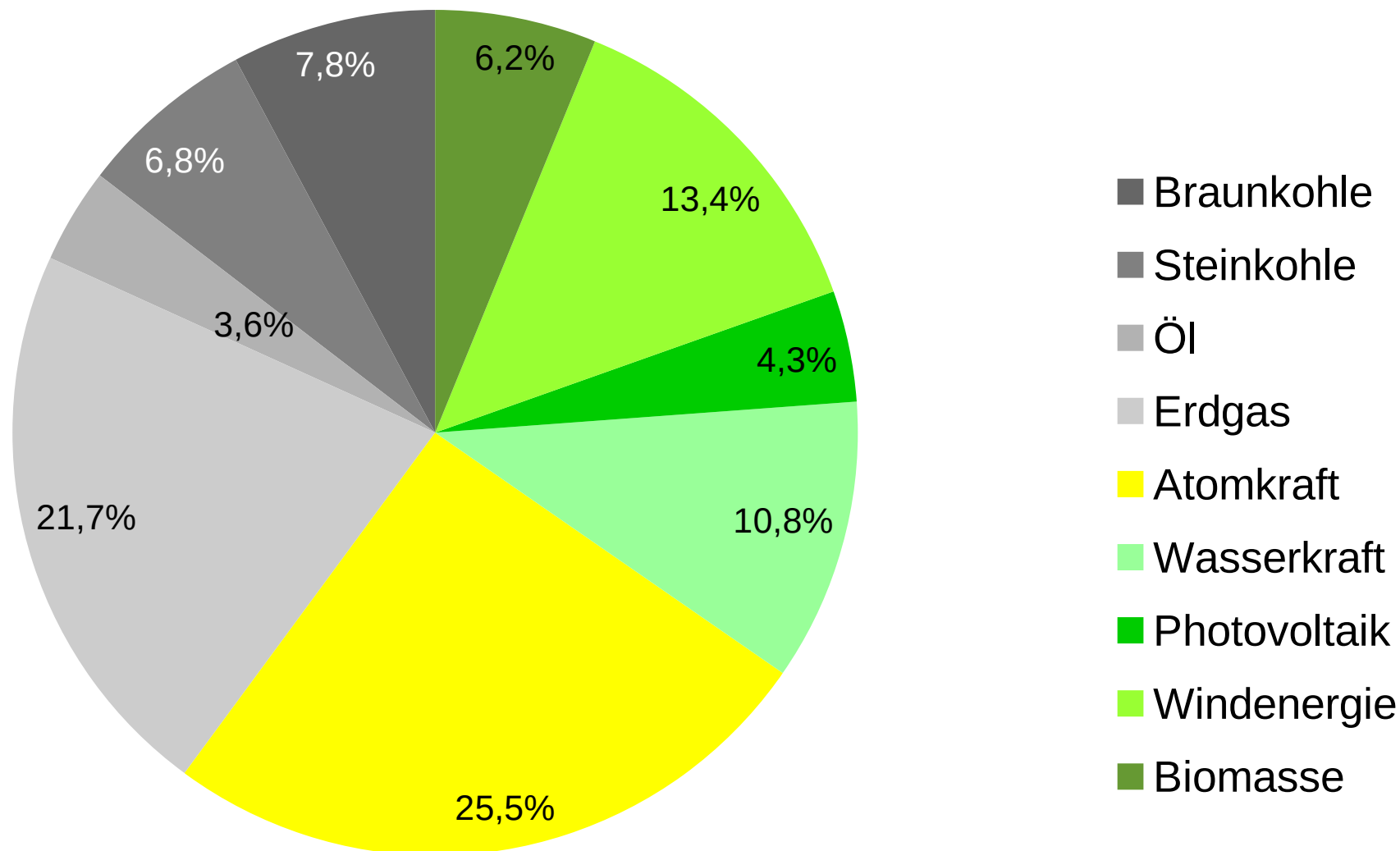
- Anteil erneuerbarer Energien 2019: 40,1%



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis Agora & Sandbag 2020

Stromversorgung: Mix EU

- Anteil erneuerbarer Energien 2019: 34,6%



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis Agora & Sandbag 2020

- Stadtgebiet: 1 Windenergieanlage mit 1,5 MW
- Potenzial innerhalb der Stadt München begrenzt
- Import von Strom aus Windenergieanlagen außerhalb Münchens erforderlich
- Die Stadtwerke errichten und betreiben Windparks u.a. in der Nordsee und tragen damit zur Verbesserung des Strommixes von Deutschland und EU bei

- Zusammenbruch des Zubaus an Windenergieanlagen in Bayern
- Gründe
 - 10-H-Abstandsregelung: Windräder müssen einen Abstand vom 10-fachen der Anlagehöhe zur Wohnbebauung einhalten. Bei modereren Windenergieanlagen sind das etwa 2 km
 - Aktivitäten von Windenergiegegnern
- Windenergie für Bayern muss außerhalb Bayerns errichtet werden z.B. in der Nordsee
- Für den Transport des Stroms nach Bayern Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) erforderlich

Wie geht es weiter mit der Kohle



Heizkraftwerk Nord

Bild: Florian Hurlbrink, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10739059>

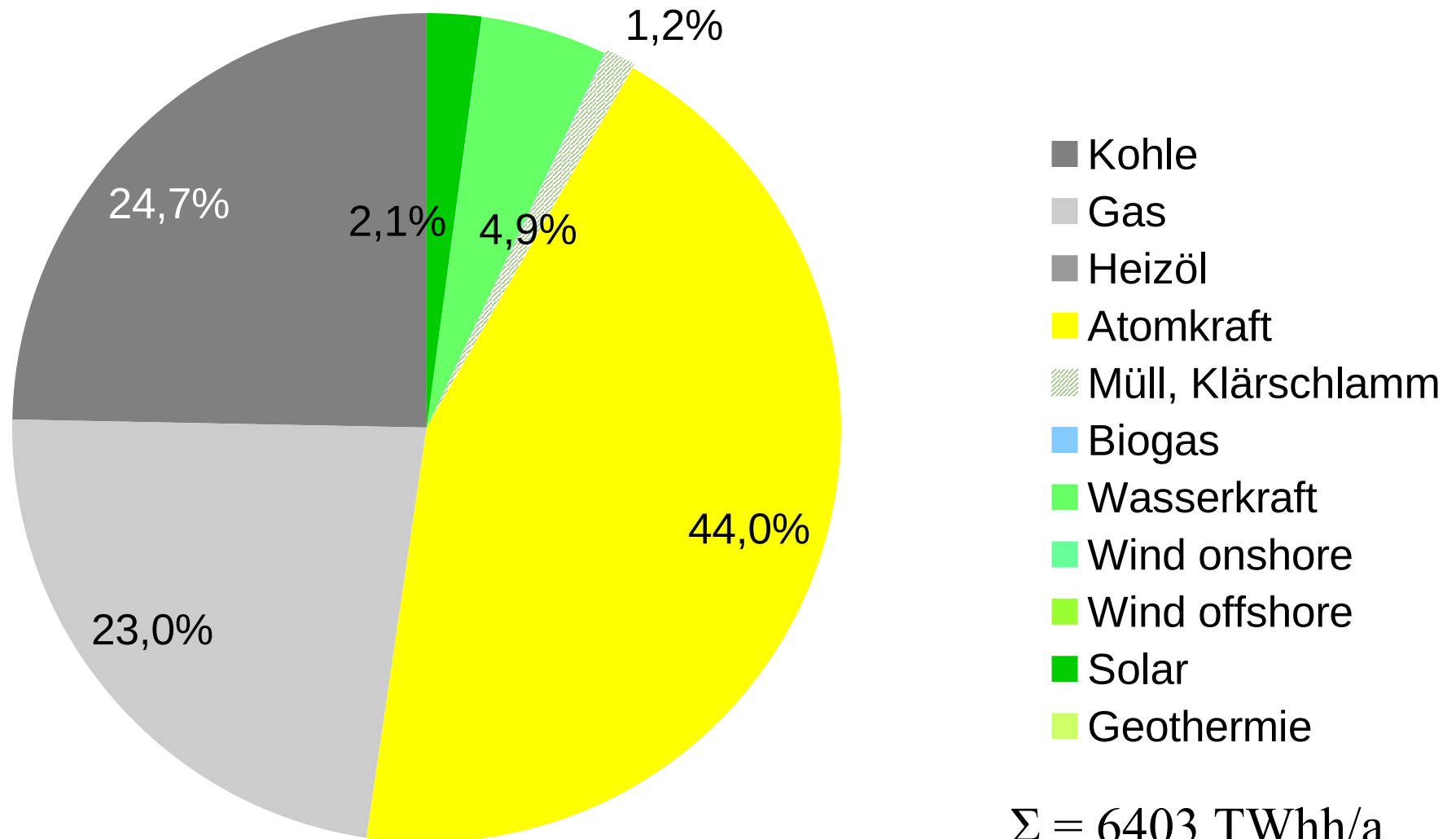
Wie geht es weiter mit der Kohle

- Gemeinderat Unterföhring lehnte Neubau eines Gas- und Dampfturbinen-Heizkraftwerk als Ersatz von Nord 2 ab.
- Das Kohle-Heizkraftwerk München Nord wird von der Bundesnetzagentur als systemrelevant eingestuft
- HGÜ-Trassen vorraussichtlich erst 2028 fertig, aber auch dann Reserveleistung erforderlich („dunkle Flaute“)
- Abschaltung von Kohleblock Nord 2 bis 2022 nicht möglich
- Nord 2 nur als Stromnetzreserve?
Eine Stilllegung länger als 12 Wochen ist bei Nord 2 nicht möglich wegen dann auftretender Standschäden
- CO₂-optimierter Betrieb von Nord 2 bis Ersatzkraftwerk auf Basis von Gas (langfristig erzeugt über Power-to-H₂)

- CO₂-optimierte Fahrweise des Kohleheizkraftwerks Nord 2 [TÜV 2019]:
 - 01.11. bis 31.03.: 60% Volllast
 - 12 Wochen: 0% Volllast
 - Rest: 24% Volllast
- Reduktion des Kohleeinsatzes auf maximal 350.000 t/a [Öko-Institut 2019], was mehr als einer Halbierung des Kohleeinsatzes gegenüber heute (etwa 800.000 t/a) entspricht.
- Reduktion der CO₂-Emissionen aus der Strom- und Fernwärmerzeugung um etwa 1,1 Mio. t/a

Stromerzeugungsmix SWM

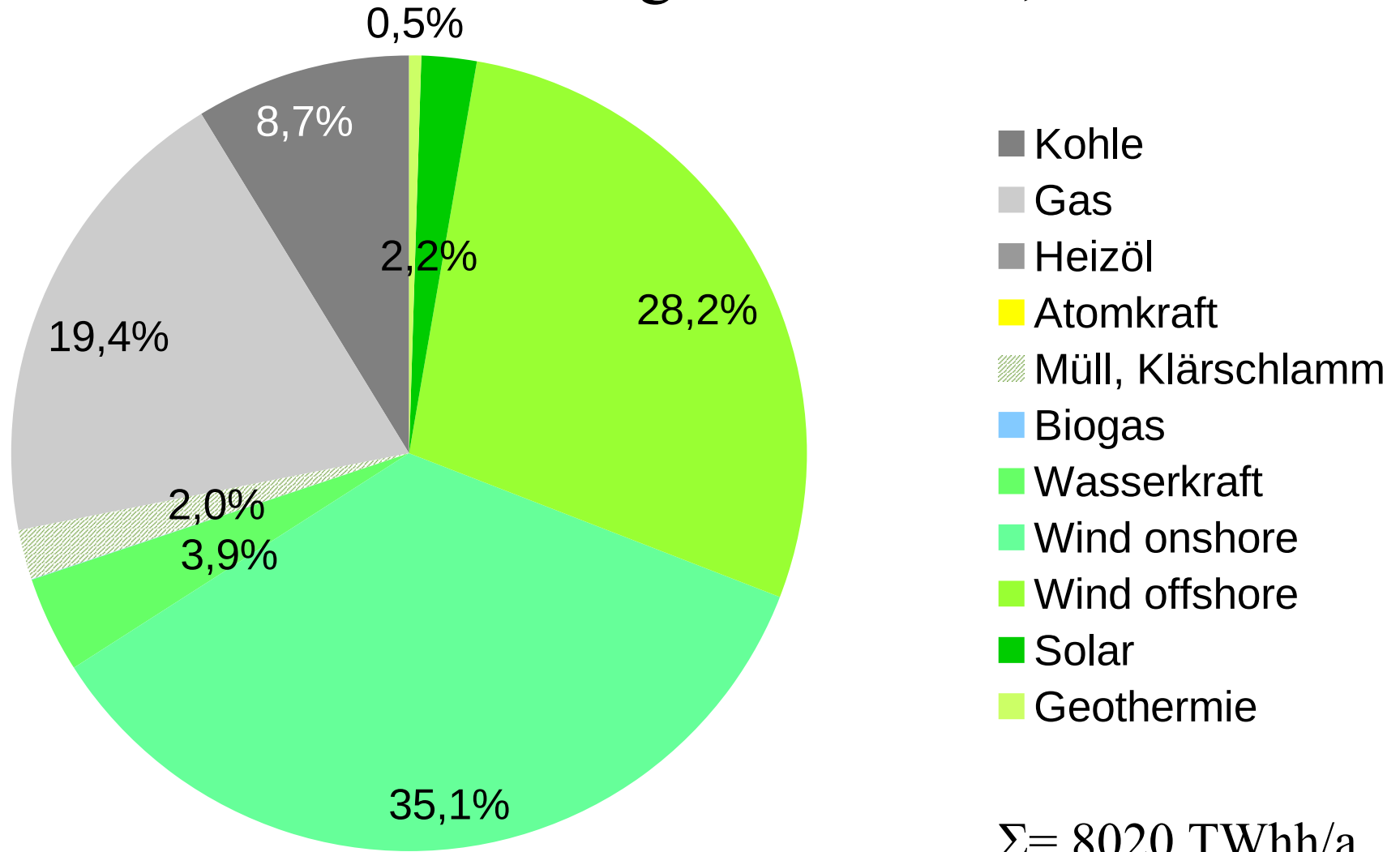
- Anteil erneuerbarer Energien 2014: 7,7%



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis Öko-Institut 2017 und AVM 2015

Stromerzeugungsmix SWM

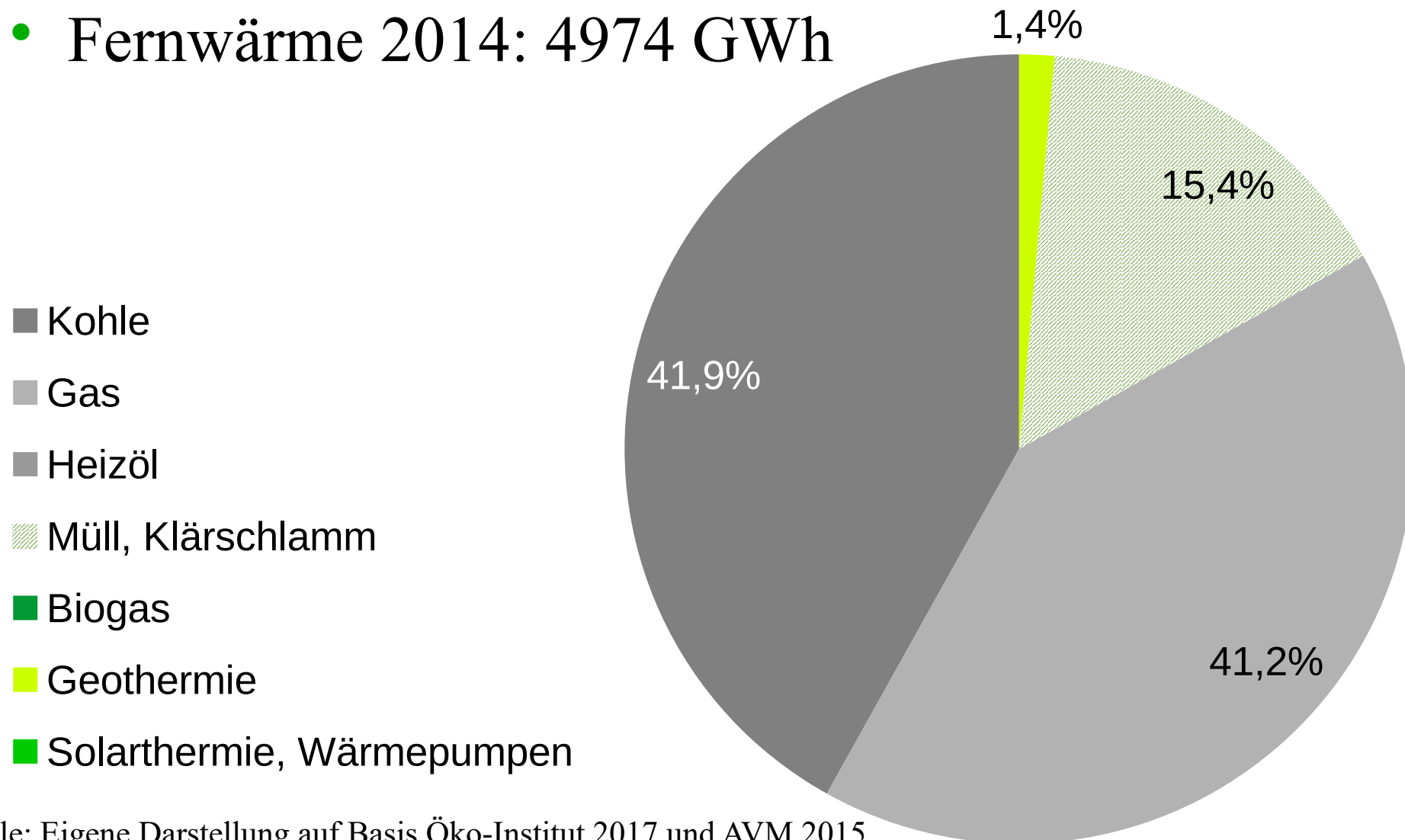
- Anteil erneuerbarer Energien 2023: 70,9%



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis Öko-Institut 2017, AVM 2015, SWM 2020

Wärmeversorgung: Fernwärme

- Fernwärme 2014: 4974 GWh



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis Öko-Institut 2017 und AVM 2015

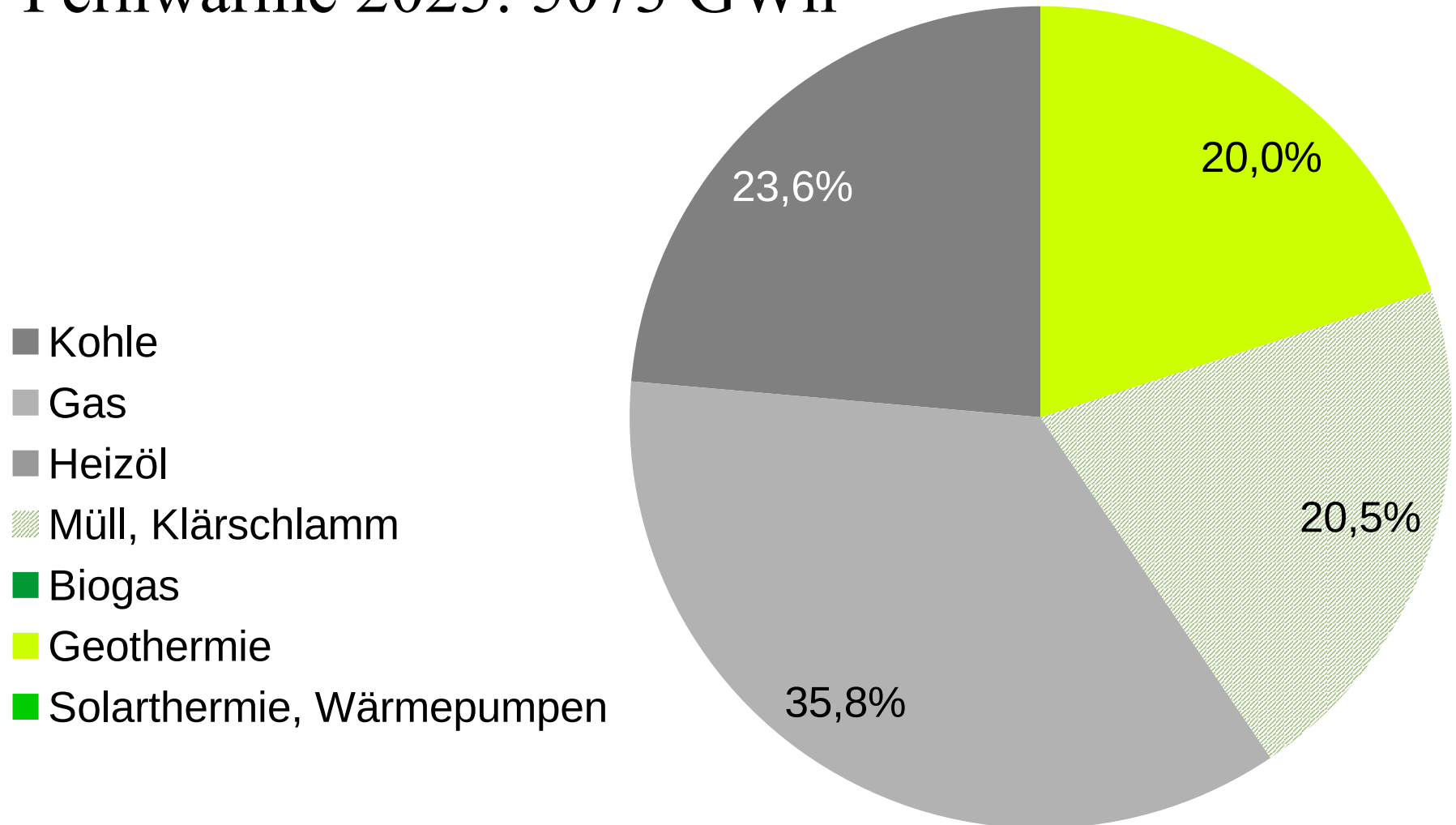
- Wärmestrom aus dem Erdinnern liegt bei etwa $0,06 \text{ W/m}^2$ oder etwa $0,53 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
 - ➔ etwa $19 \text{ MW}_{\text{th}}$
 - ➔ etwa $160 \text{ GWh}_{\text{th}}/\text{a}$
- Zum Vergleich Ertrag Sonnenkollektoren: etwa $400 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ oder etwa 1243 GWh auf 1% der Fläche Münchens
- Geothermie in München: Warmwasserstrom aus den Alpen durch das süddeutsche Molassebecken

- Szenario Klimaneutrales München [Öko-Insitut 2017]:
 - 2025: 900 GWh/a
 - 2040: 2240 GWh/a
- Anlagen im Stadtgebiet bis etwa 2023

	MW _{th}	h/a	GWh _{th} /a
Freiham	19	8000	152
Schäftlarnstraße	51	8000	408
Claim Perlach	51	8000	408
Riem	10	4800	80
Summe	131		1016

Wärmeversorgung: Fernwärme

- Fernwärme 2023: 5073 GWh



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis Öko-Institut 2017, AVM 2015, SWM 2020

- Geothermie eher für Wärmegrundlast
- In der Heizperiode zusätzlich mit Gas-KWK und Gas-Heizwerke, perspektivisch betrieben mit erneuerbarem Gas (Wasserstoff über Power-to-H₂ oder Methan über Power-to-CH₄)
- Weitere Quellen:
 - Solarthermie
 - (Groß-)Wärmepumpen

- Große Solarthermieanlagen zur Bereitstellung von Nah- und Fernwärme
- Große Warmwasserspeicher als Saisonspeicher
- Führend auf dem Gebiet der solaren Nah- und Fernwärme ist Dänemark
- Auch in München kann die Solarthermie einen signifikanten Beitrag zur Bereitstellung von Fernwärme leisten
- Bei der Wärme hat die Stadt einen größeren Handlungsspielraum als bei Strom

- Beispiel: Silkeborg
 - Etwa 46.000 Einwohner
 - 156.694 m² Kollektorfläche
 - 110 MW_{th}
 - 80 GWh_{th}/a
 - Speicher: 64.000 m³
 - 21.000 Fernwärmekunden
 - Solaranteil: 20 %
 - Rest: Überschussstrom und Erdgas
 - Inbetriebnahme: 2016

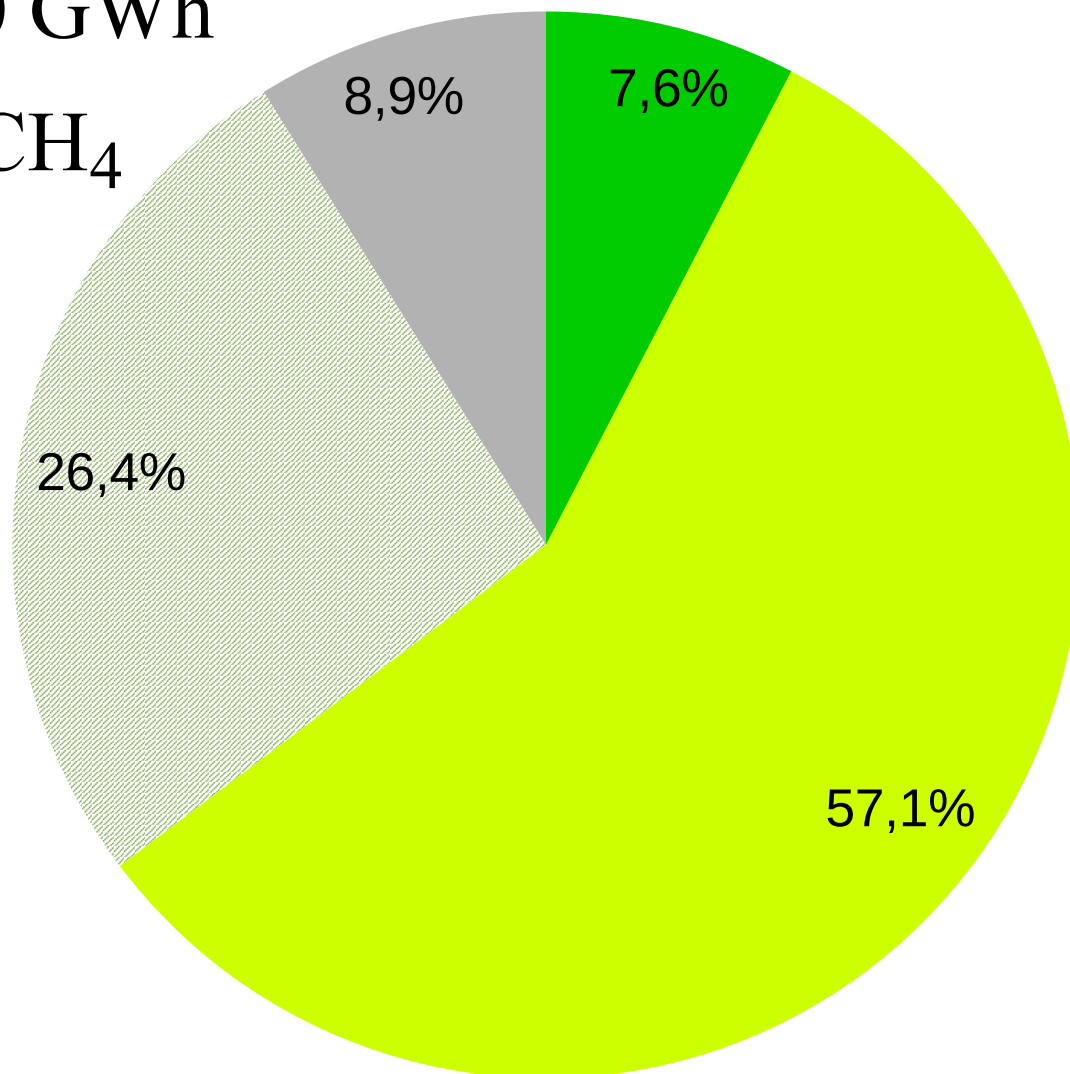


Quelle: Wittrup 2016, Energy Supply 2017, Euroheat 2017

Wärmeversorgung: Fernwärme

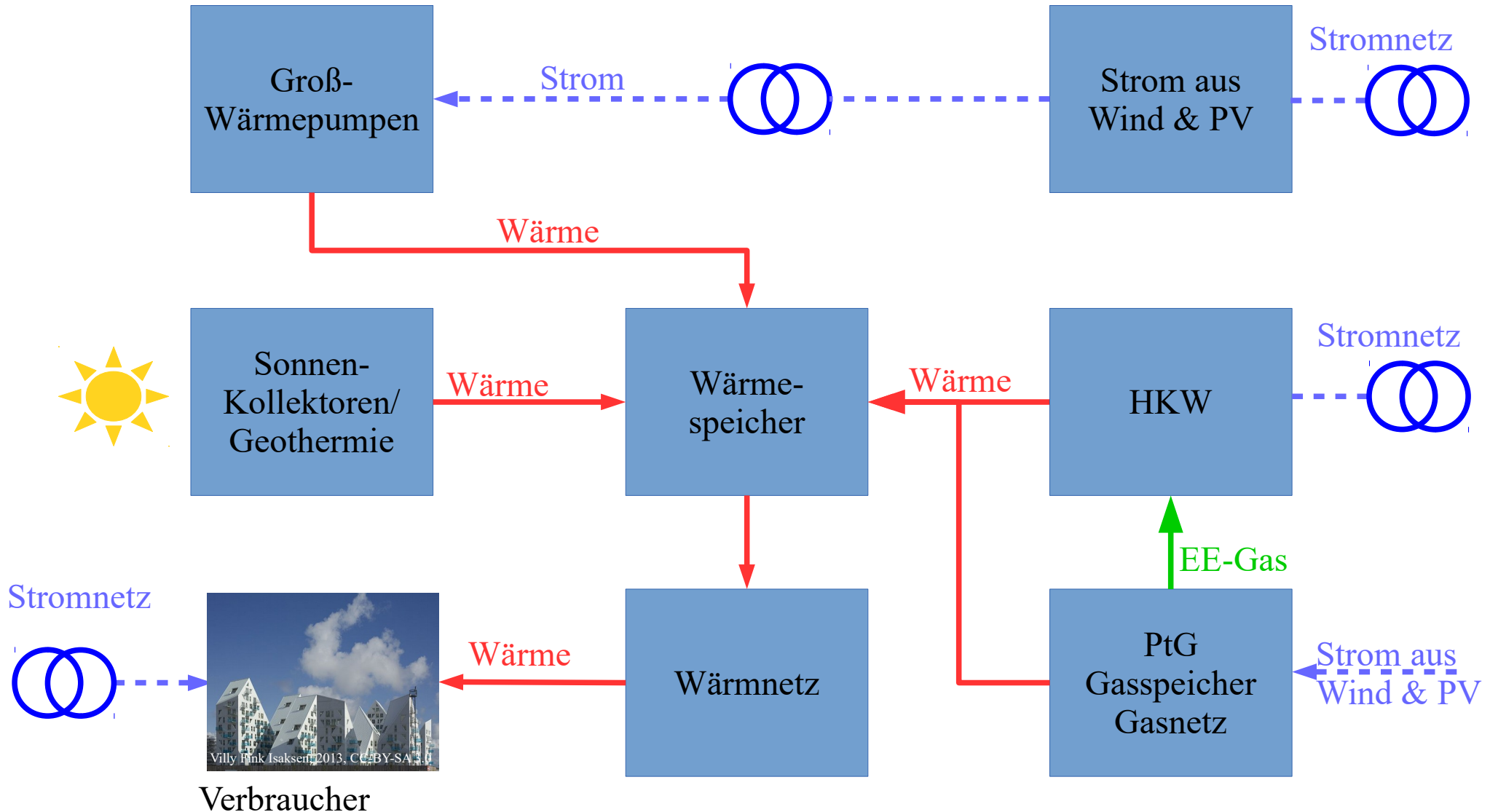
- Fernwärme 2040: 3940 GWh
- Gas über PtH₂ oder PtCH₄
(hauptsächlich KWK)

- Kohle
- Gas
- Heizöl
- ▨ Müll, Klärschlamm
- Biogas
- Geothermie
- Solarthermie, Wärmepumpen



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis Öko-Institut 2017, AVM 2015, SWM 2020

Strom- und Wärmeversorgung Zukunft



- Die SWM errichten Photovoltaikanlagen auf Dächern in München
- Dachfläche mindestens 500 m²
- Bürger mit Wohnsitz in München können sich über Nachrangdarlehen beteiligen
- Zinssatz:
 - 2,0% für Sonnenstrom-Kunden
 - 0,5% für andere
- Projekt in Perlach:
 - Investitionshöhe: 500 bis 5000 €/Anleger
 - Investitionsvolumen: 120.000 €

- Wärme
 - Energetische Sanierung des Gebäudebestands
 - Passivhausstandard im Neubau
 - Ausbau der Solarthermie in Kombination mit großen Wärmespeichern (solare Fernwärme) wie in Dänemark
- Strom
 - Ausbau der Photovoltaik auf Dachflächen im Stadtgebiet
 - Abbau von Hemmnissen für den Ausbau erneuerbarer Energien
 - Bau eines hochflexiblen Ersatzkraftwerks auf Basis eines GuD oder auf Basis Brennstoffzellen für Nord 2 vorantreiben,
 - Betrieb aller Heizkraftwerke und Gas-Heizwerke langfristig über Power-to-H₂ erzeugtem Gas

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Anhang

- [AVM 2015] Abfallwirtschaftsbetrieb München (AVM) Geschäfts- und Nachhaltigkeitsbericht 2014
- [AVM 2016] Abfallwirtschaftsbetrieb München (AVM) Geschäfts- und Nachhaltigkeitsbericht 2015
- [AVM 2017] Abfallwirtschaftsbetrieb München (AVM) Geschäfts- und Nachhaltigkeitsbericht 2016
- [AVM 2018] Abfallwirtschaftsbetrieb München (AVM) Geschäftsbericht 2017
- [DMCEB 2012] Danish Ministry of Climate, Energy, and Building: DK Energy Agreement; 22 March 2012
- [Energy Supply 2017] Energy Supply: Gigantic Danish Solar Heating System Completed; 16 January 2017;
<https://stateofgreen.com/en/profiles/state-of-green/news/gigantic-spinning-photovoltaic-system-completed>
- [Euroheat 2017] Euroheat & Power: Record-breaking solar heating system ready on time; 9 January 2017;
<https://www.euroheat.org/news/record-breaking-solar-heating-system-ready-time/>

- Gothe, O.: Verbesserungspotenziale Energieeffizienz; 13. Fachtagung Thermische Abfallbehandlung; 2008
- [Ökoin-Institut 2019] Öko-Institut e.V.: Kommentierung des Gutachtens „Prüfung der Umsetzung des Bürgerbegehrens ‚Raus aus der Steinkohle‘“; Kurzgutachten im Auftrag des Green City e.V., München; 12. November 2019;
https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Kommentierung-TUEV-Gutachten-zum_HKW-Nord-2-Muenchen.pdf
- [Öko-Institut 2017] Öko-Institut e.V.: Klimaschutzziel und –strategie München 2050; Juli 2017
- [Popel & Perus 2016] Poppel, J.; Perus, M.: Studie zur Wärmenutzung aus der hydrothermalen Geothermie; Januar 2016

- [Rühle et al. 2018] Rühle, W.; Pletle, Chr.; Pache, I.: Wärmewende in München: Die Geothermie-Strategie der SWM; Bündnis 90/Die Grünen im Bayerischen Landtag, Bayerischer Energiekongress, 14. April 2018
- [TÜV 2019] TÜV Süd: Prüfung der Umsetzung des Bürgerbegehrens "Raus aus der Steinkohle"; Bericht erstellt für Landeshauptstadt München, Referat für Arbeit und Wirtschaft, München, 7. Oktober 2019;
https://www.raus-aus-der-steinkohle.de/wp-content/uploads/sites/3/2019Okt_Gutachten_T%C3%9CVs%C3%BCd.pdf
- [Wittrup 2017] Wittrup, S.: Verdens største solfangeranlæg i drift i Silkeborg; Ingeniøren, 10 January 2017; <https://ing.dk/artikel/verdens-stoerste-solfangeranlaeg-drift-silkeborg-191730>

- Fahrweise: Maximale Stromerzeugung 2023

	Brennstoff	MW _{Brennstoff}	MW _{el, brutto}	MW _{th}
Nord 1	Müll, Klärschlamm	176	21	114
Nord 2	Kohle	870	363	0
Nord 3	Müll, Klärschlamm	117	27	58
Süd GuD 1	Gas		280*	168*
Süd GuD 2	Gas		420	436
Freimann GT	Gas		100**	120**
Summe			1211	896

*Inbetriebnahme Neue Gasturbine Oktober 2022

** Inbetriebnahme Neue Gasturbine 2020

Kapazitäten Heizkraftwerke SWM 2023

- Fahrweise: Maximale Wärmeerzeugung 2023

	Brennstoff	MW _{Brennstoff}	MW _{el, brutto}	MW _{th}
Nord 1	Müll, Klärschlamm	176	21	114
Nord 2	Kohle	870	237	550
Nord 3	Müll, Klärschlamm	117	17	58
Süd GuD 1	Gas		280*	168*
Süd GuD 2	Gas		420	436
Freimann GT	Gas		100**	120**
Summe			1076	1446

*Inbetriebnahme Neue Gasturbine Oktober 2022

** Inbetriebnahme Neue Gasturbine 2020

- Versorgungssicherheit bei Strom [TÜV 2019]:
 - Bei Abschaltung von Nord 2 würde die Schwarzstartfähigkeit erhalten, da die HKW GT Freimann und das neue GuD 1 Süd schwarzstartfähig sind
 - Für den Inselbetrieb des kleinsten Netzes in München ist mindestens eine Leistung von 375 MW_{e1} erforderlich.
 - Das gesamte Netz kann von diesem kleinsten Netz aus wieder aufgebaut werden

Kapazitäten Heizkraftwerke SWM 2023

- Fahrweise: Maximale Wärmeerzeugung 2023 und Stilllegung von Nord 2

	Brennstoff	MW _{Brennstoff}	MW _{el, brutto}	MW _{th}
Nord 1	Müll, Klärschlamm	176	21	114
Nord 2	Kohle	870	237	550
Nord 3	Müll, Klärschlamm	117	17	58
Süd GuD 1	Gas		280*	168*
Süd GuD 2	Gas		420	436
Freimann GT	Gas		100**	120**
Summe			839	896

*Inbetriebnahme Neue Gasturbine Oktober 2022

** Inbetriebnahme Neue Gasturbine 2020

Kapazitäten Heizkraftwerke SWM 2023

- Fahrweise: Maximale Wärmeerzeugung 2023 und Stilllegung von Nord 2 und Ausfall von Süd GuD 2

	Brennstoff	MW _{Brennstoff}	MW _{el, brutto}	MW _{th}
Nord 1	Müll, Klärschlamm	176	21	114
Nord 2	Kohle	870	237	550
Nord 3	Müll, Klärschlamm	117	17	58
Süd GuD 1	Gas		280*	168*
Süd GuD 2	Gas		0	0
Freimann GT	Gas		100**	120**
Summe			419	460

*Inbetriebnahme Neue Gasturbine Oktober 2022

** Inbetriebnahme Neue Gasturbine 2020

Kapazitäten Heizwerke SWM 2023

	Brennstoff	MW _{th}	Kommentar
Freimann	Gas	262	
Theresienstraße	Gas	174	
Perlach	Gas	140	
Gaisbergerstraße	Gas	127	
Nord	Gas	124	Neubau erf.
Nord (Hilfsheizwerk)	Gas	64	
Koppstraße	Gas	81	
Freiham	Gas	65	
Kathi Kobus Straße	Gas	64	
Power-to-Heat	Strom	10	
Summe		1111	

Quelle: TÜV 2019

Gesicherte Leistung Wärme 2023 ohne Nord 2

	Basis TÜV 2019 (MW _{th})	Basis Schabl 2016 (MW _{th})
Heizkraftwerke	896	1020*
1 Ofenlinie Müll nicht verfügbar	-57	-57
Heizkraftwerke verfügbar	839	963
Heizwerke	1101	1288*
Geothermie	121	120
Summe	2061	2371
Ausfall größte Einheit (n-1)	-436	-436
Summe verfügbar	1625	1935
Maximale Last	1980	1764
Differenz	-355	171

*Teilweise veraltete Angaben für HKW, Stilllegng der Heizwerke mit 91 MW_{th} am Standort des HKW Süd und 8 MW in Schwabing nicht berücksichtigt, teilweise andere Leistungsangaben für die Heizwerke

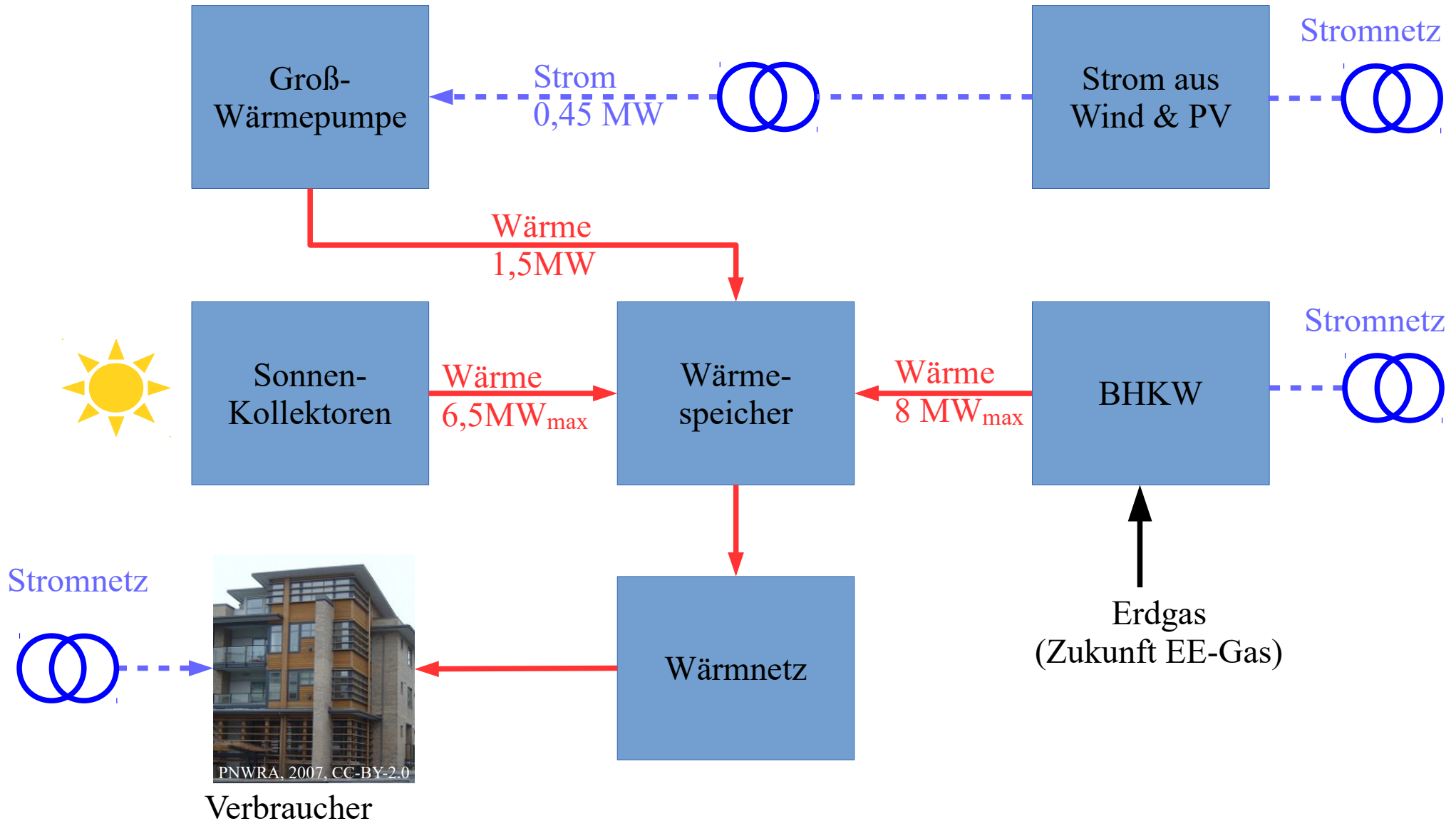
Solare Nah-/Fernwärme in Dänemark

- Energiegenossenschaften
- Versorgung der eigenen Mitglieder mit Wärme
- Nicht gewinnorientiert



Marstal: Bild: Erik Christensen, 2005, CC-BY-SA 3.0

Brædstrup Fjernvarme, Dänemark



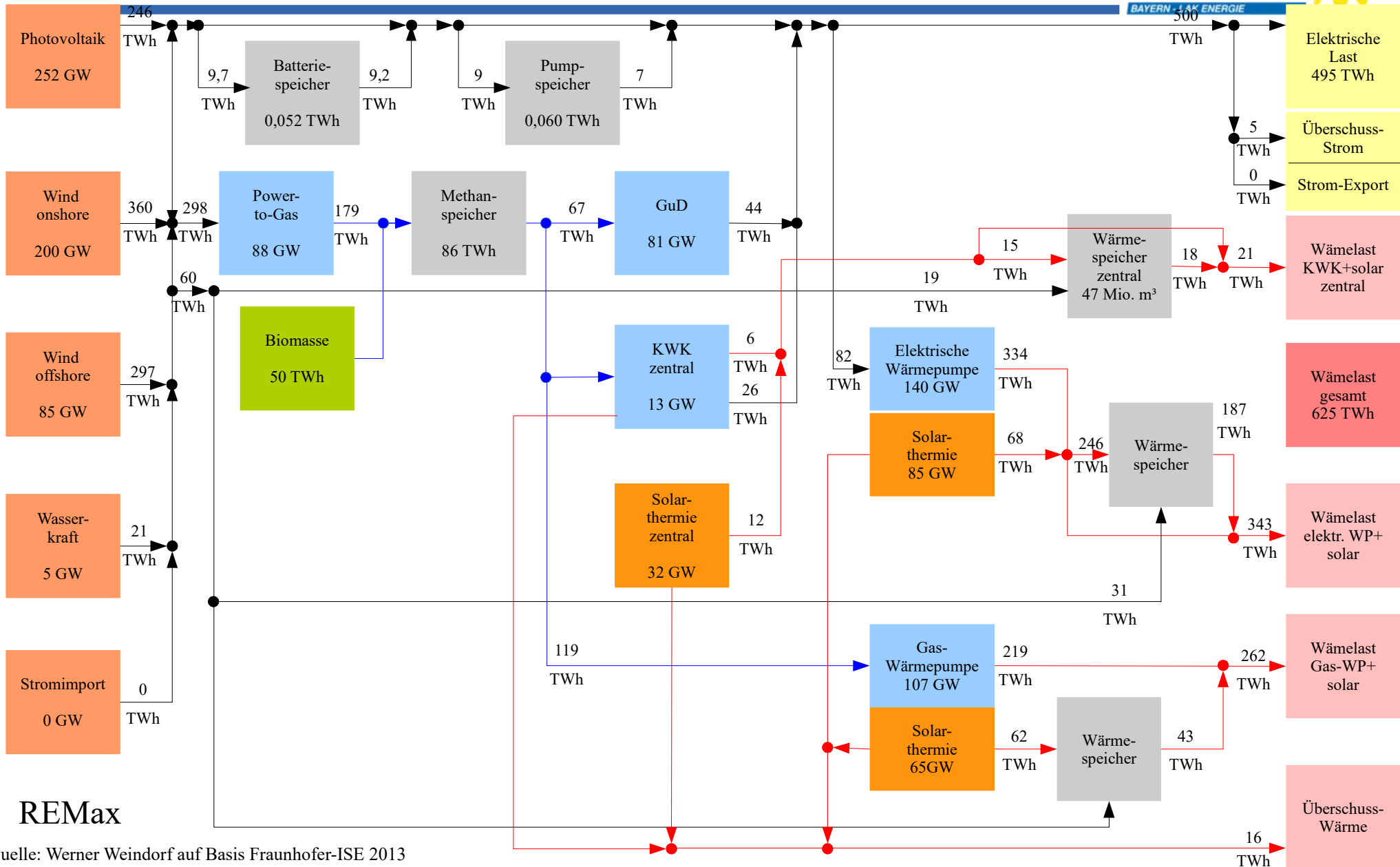
- Maßnahmen im Wärmebereich
 - Seit 1. Januar 2013 Verbot von Öl- und Erdgaskesseln in Neubauten
 - Seit 1. Januar 2016 Verbot von Ölkesseln auch im Gebäudebestand, wenn ein Fernwärmenetz oder ein Erdgasnetz vorhanden
 - Förderprogramm von 42 Mio. DKK (ca. 6 Mio. €) von 2012-2015 zur Umstellung von Öl- und Erdgaskesseln auf erneuerbare Energien

100% erneuerbare Energien in Deutschland (Strom und Wärme)



- Henning, H-M.; Palzer, A.; Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE): 100% erneuerbare Energien für Strom und Wärme in Deutschland; 12. November 2012;
<http://Fraunhofer/de/veroeffentlichungen/studien-und-positions-papiere/studie-100-erneuerbare-energien-fuer-strom-und-waerme-in-deutschland>

100% erneuerbare Energien in Deutschland (Strom und Wärme)



Kontakt



LAG Energie

Werner Weindorf

E-Mail: lag-energie@bayern.gruene.de

Internet: <http://www.gruene-bayern.de>