

The background of the slide is an aerial photograph of a city skyline, likely Frankfurt, Germany, showing several prominent skyscrapers and a dense urban landscape. The image is slightly hazy, giving it a soft, atmospheric feel.

# Großwärmepumpen – ein fachlicher Überblick

## Großwärmepumpen - der nächste Schritt der Wärmewende?

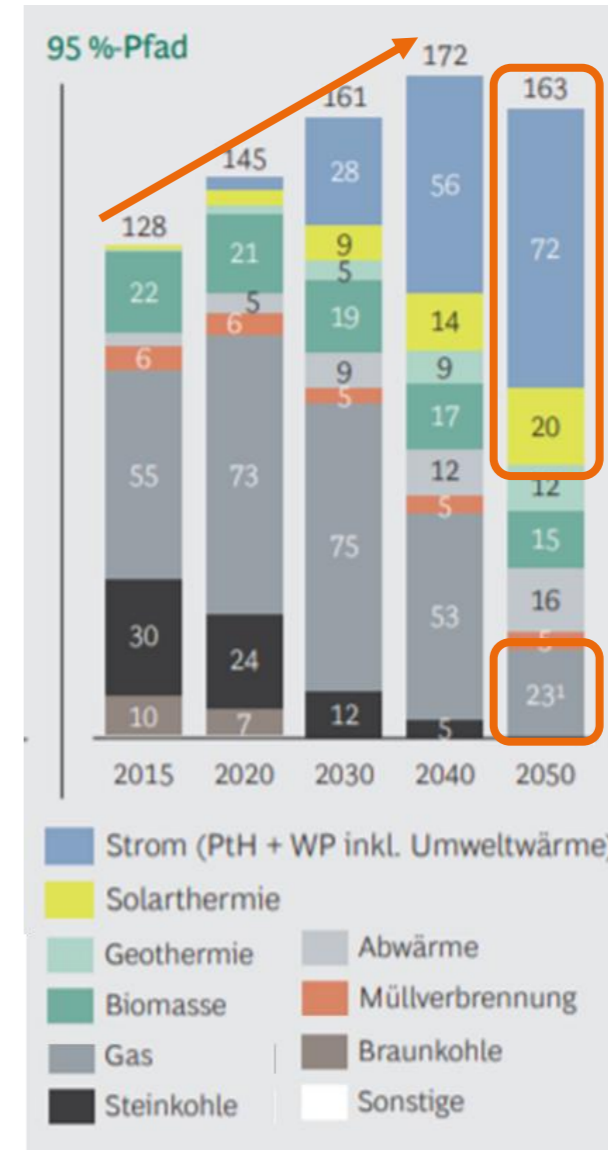
Dr. Jens Kühne, Bereichsleiter Erzeugung, Sektorkopplung und Speicher, AGFW e. V.

» **AGFW-Praxisleitfaden Großwärmepumpen**

*Tobias Roth und Dr. Jens Kühne, AGFW e. V.*

- Technik von Großwärmepumpen
- Wirtschaftlichkeit von Großwärmepumpen
- Regulatorische Rahmenbedingungen beim Einsatz von Großwärmepumpen

- » Die Fernwärme in Deutschland im Jahr 2050 wird anders aussehen als heute
- » Eine Vielzahl an Studien sagen der Fernwärme einen starken Ausbau voraus
- » Die Dekarbonisierung der Fernwärmeerzeugung wird eine Mammutaufgabe werden
  - Technologien, die 50 % der Wärme erzeugen sollen, sind heute noch nicht realisiert worden
  - Großwärmepumpen, Solarthermie und synthetische Gase
- » Es gilt hier so schnell wie möglich Wissen aufzubauen, zu lernen und Erfahrungen zu machen
- » Daher haben wir uns für die Erarbeitung von Praxisleitfäden entschieden
  - Großwärmepumpen (1. Auflage Juni 2020)
  - Solarthermie (1. Auflage März 2021)





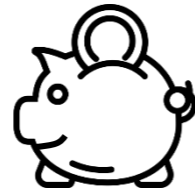
[www.agfw.de/praxisleitfaeden](http://www.agfw.de/praxisleitfaeden)  
 → anmelden, herunterladen, lesen



## Wirtschaftlichkeit

### Wärmegestehungskosten

- Investitionen
- Betriebskosten
- Fördermöglichkeiten
- ...



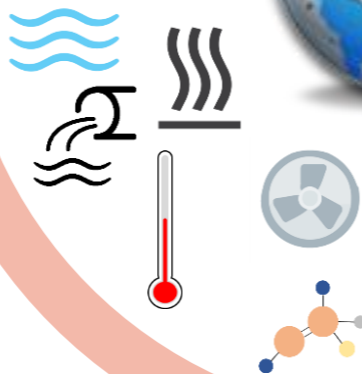
## Regulatorischer / rechtlicher Rahmen

- Gesetzliche Grundlagen
- Genehmigungen
- Fördermöglichkeiten
- ...



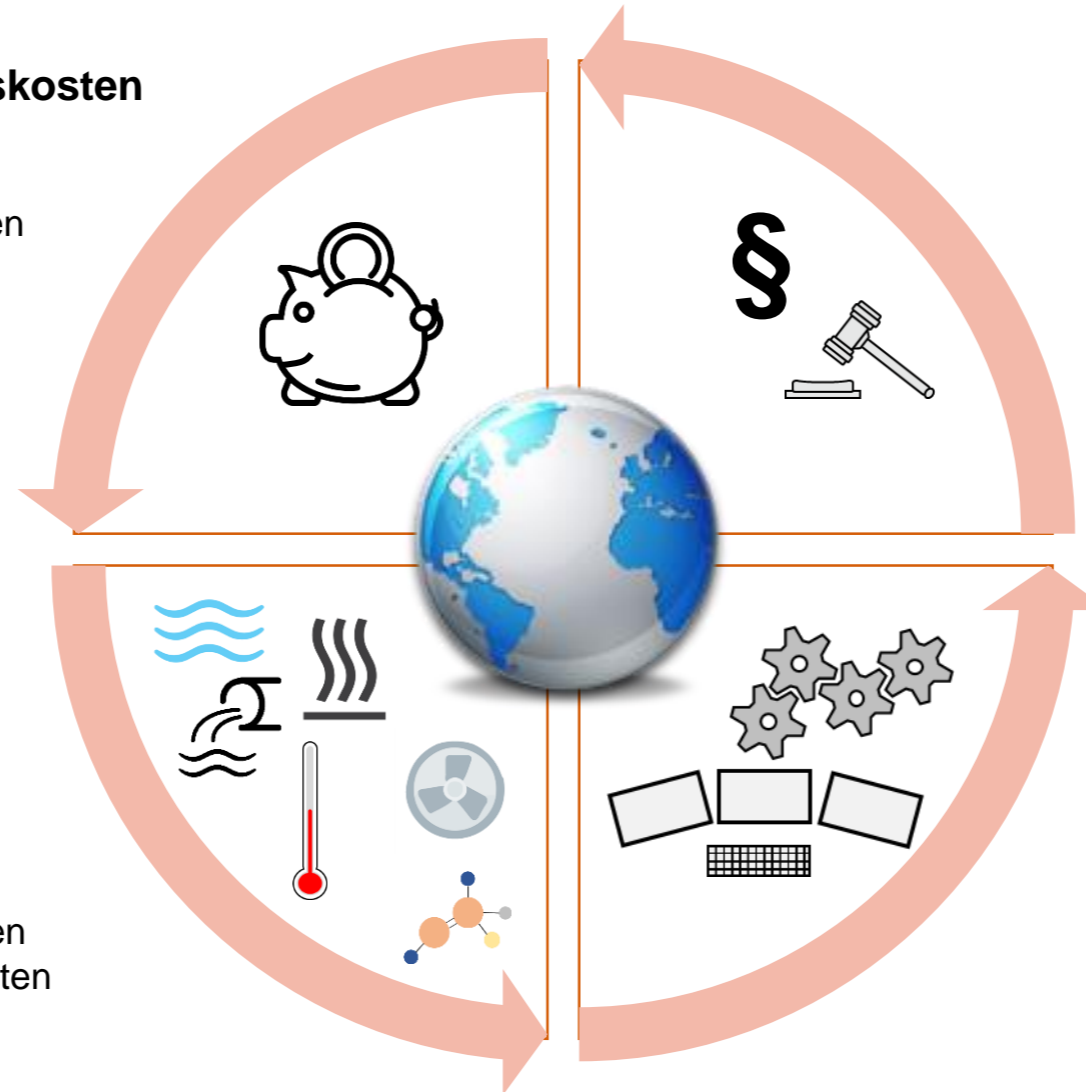
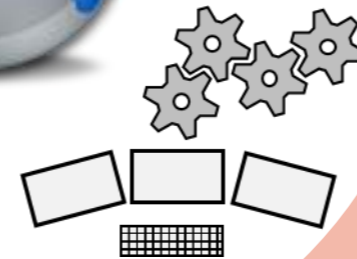
## Technologie

- Bauweisen
- Kältemittel
- Wärmequellen
- Technische Grenzen
- Betriebsmöglichkeiten
- ...



## Betrieb

- Einsatzmöglichkeiten/-strategien
- Auswirkung auf bestehende Erzeugung
- ...



## TECHNIK

## Luft



- » **Überall verfügbar**
- » **Hohe saisonale und tägliche Temperaturschwankungen**
  - Geringe Verfügbarkeit in Übergangszeiten (Frühling/Herbst)
  - Geringe JAZ

## Gewässer



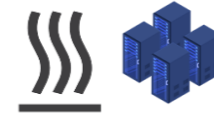
- » **Flüsse, Seen, Grundwasser, ...**
- » **Geringe tägliche Temperaturschwankungen**
  - Hohe Verfügbarkeit auch in den Übergangszeiten
  - Hohe JAZ
- » **Nicht überall verfügbar**
  - Zusätzliche Erschließungskosten
  - Genehmigungen erforderlich

## Abwasser



- » **Geringe tägliche Temperaturschwankungen**
  - Hohe Verfügbarkeit auch in den Übergangszeiten
  - Hohe JAZ
- » **Nicht überall verfügbar**
  - Zusätzliche Erschließungskosten
  - Genehmigungen erforderlich

## Abwärme

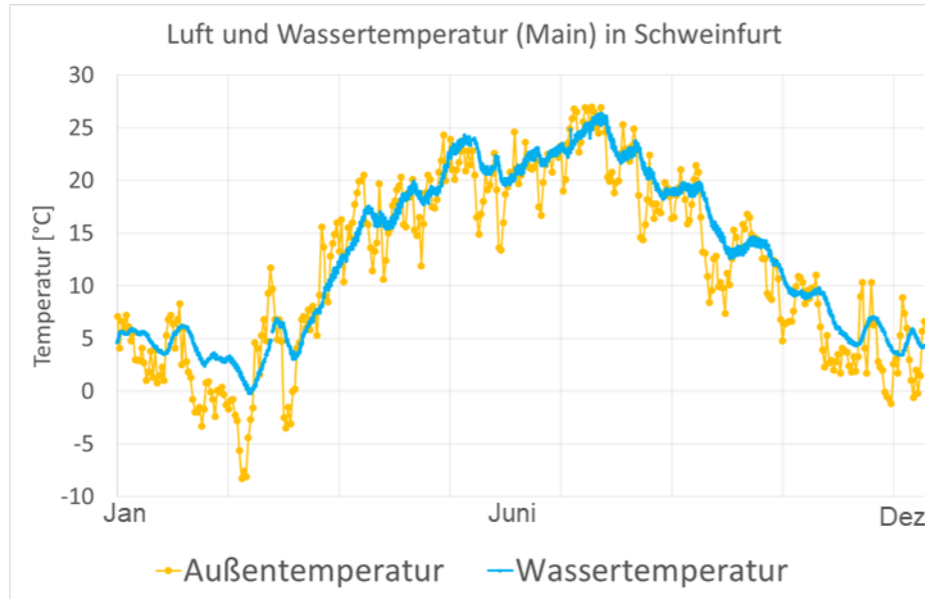


- » **Prozesswärme (bspw. Produktion), Rechenzentren, BHKW-Abwärme, ...**
- » **Im Idealfall keine Temperaturschwankung, dafür produktionsabhängige Verfügbarkeit**
  - Sehr hohe Verfügbarkeit
  - Sehr hohe JAZ
- » **Nicht überall verfügbar**
  - Zusätzliche Erschließungskosten
  - Zusätzliche Anforderungen „Dritter“

Luft



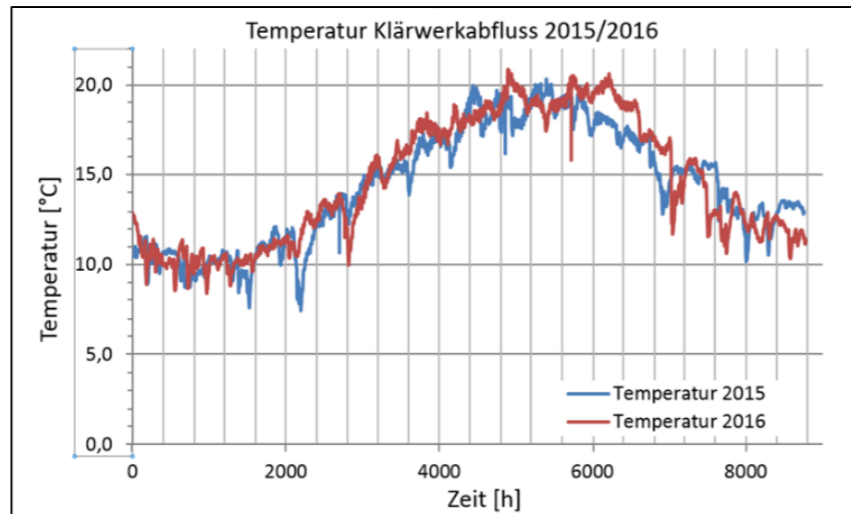
Gewässer



Quelle: Wetterstation Eselshöhe und Bayerisches Landesamt für Umwelt

» **Nutzungsdauer von Flusswasserwärmequelle bei Temperaturen > 7 °C: 6.000 – 6.500 Stunden**

Abwasser



Quelle: Stadtwerke Lemgo



Bildquelle: Stadtwerke Lemgo



Bildquelle: Stadtwerke Lemgo



ODP?

» **ODP**

- „ODP wird als Ozonabbaupotential ins Deutsche übersetzt. Es handelt sich dabei um das relative Ozonabbaupotential im Vergleich zum FCKW-Kältemittel R-11.“ [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, www.kaeltemittel-info.de, 07.02.20]

GWP?

» **GWP (Global Warming Potential):**

- „Der Wert gibt die Treibhauswirksamkeit eines Stoffes im Vergleich zu CO<sub>2</sub> an und bezieht sich in der Regel auf einen Zeitraum von 100 Jahren.“ [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, www.kaeltemittel-info.de, 07.02.20]

B2L?

» **Einteilung in Sicherheitsgruppen**

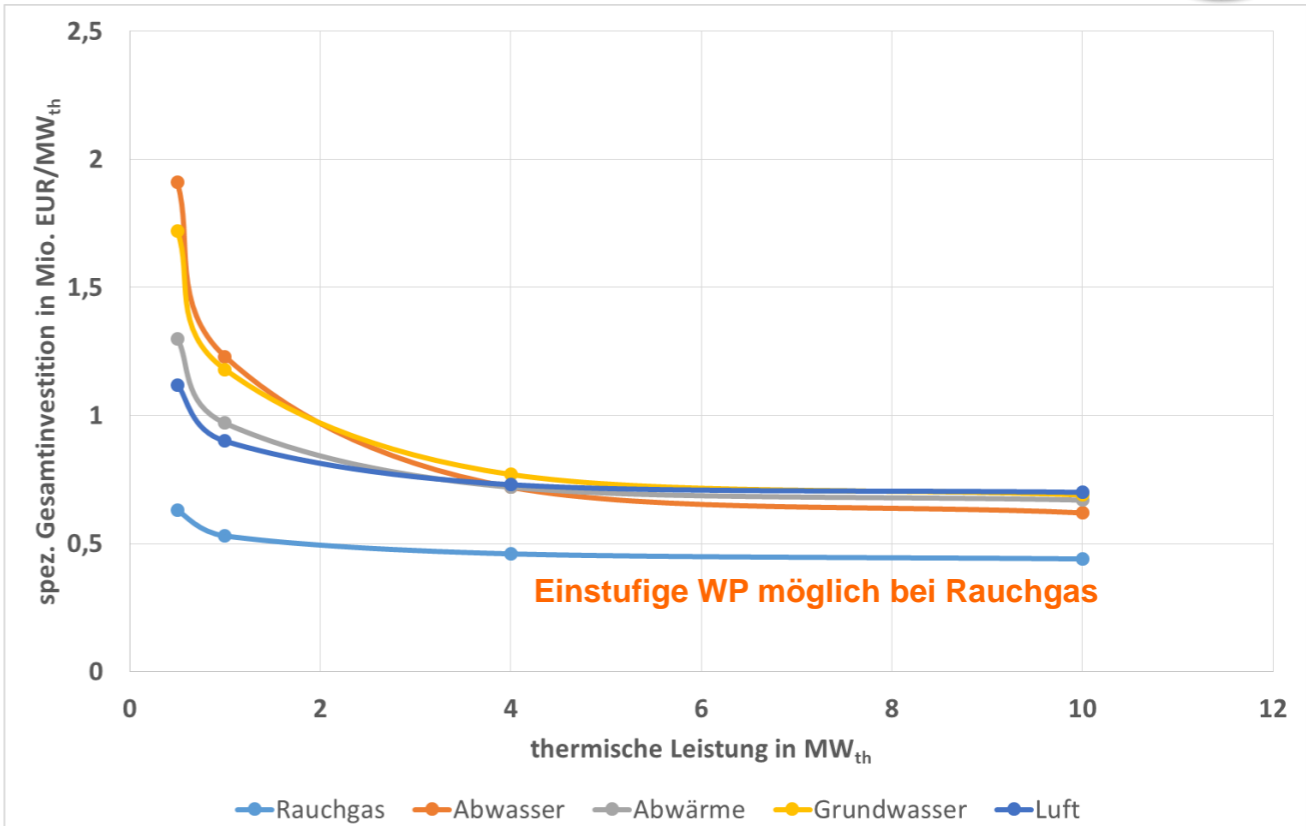
- Nach DIN EN 378-1, 2008 (oder ASHRAE Standard 34) können Kältemittel in entsprechende Sicherheitsgruppen unterteilt werden.

	Bezeichnung		Sicherheitsgruppe	Klimawirkung	
	Kürzel	Name		ODP	GWP <sub>100</sub>
Natürliche Kältemittel	R 717	Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	B2L	0	0
	R 744	Kohlenstoffdioxid (CO <sub>2</sub> )	A1	0	1
	R 290	Propan (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	A3	0	3
Synthetische Kältemittel	R 1234ze		A2L	0	7
	R1233zd		A1	0,00034	4,5
	R 1234yf		A2L	0	4
	R 134a		A1	0	1.430

Empfehlung

## WIRTSCHAFTLICHKEIT

- » **Datenbasis in Deutschland (noch) nicht vorhanden**
  - Aufstellung der Kostenstrukturen anhand realisierter Projekte in Dänemark
  - Daten decken sich mit Angeboten in Deutschland
  - Untersuchungen nur bis 10 MW<sub>th</sub> (fehlende Datenbasis in Analysen)
  
- » **Sie beinhaltet alle Einzelkostenpositionen**
  
- » **Die Gesamtinvestition ist abhängig von**
  - thermischen Leistung (Skaleneffekte)
  - der verwendeten Wärmequelle
  - Temperaturhub zwischen Wärmequelle und Wärmenetz



Spez. Investition (gesamt) in Mio. €/MW <sub>th</sub>	Rauchgas	Abwasser	Abwärme	Grundwasser	Luft
0,5 – 1 MW <sub>th</sub>	0,53 – 0,63	1,23 – 1,91	0,97 – 1,3	1,18 – 1,72	0,9 – 1,12
1 – 4 MW <sub>th</sub>	0,46 – 0,53	0,72 – 1,23	0,72 – 0,97	0,77 – 1,18	0,73 – 0,9
4 – 10 MW <sub>th</sub>	0,44 – 0,46	0,62 – 0,72	0,67 – 0,72	0,69 – 0,77	0,7 – 0,73

» **Die Gesamtinvestition kann aufgeteilt werden in Einzelpositionen**

- **Großwärmepumpe**

Die Wärmequelle/-senke (insb. Temperaturhub) prägt die Bauart und damit die Kosten sehr

- **Erschließung und Anbindung der Wärmequelle**

Stark abhängig von der Zugänglichkeit, bauliche Voraussetzungen, Wartungsintensität der Wärmequelle

- **Elektrische Anbindung**

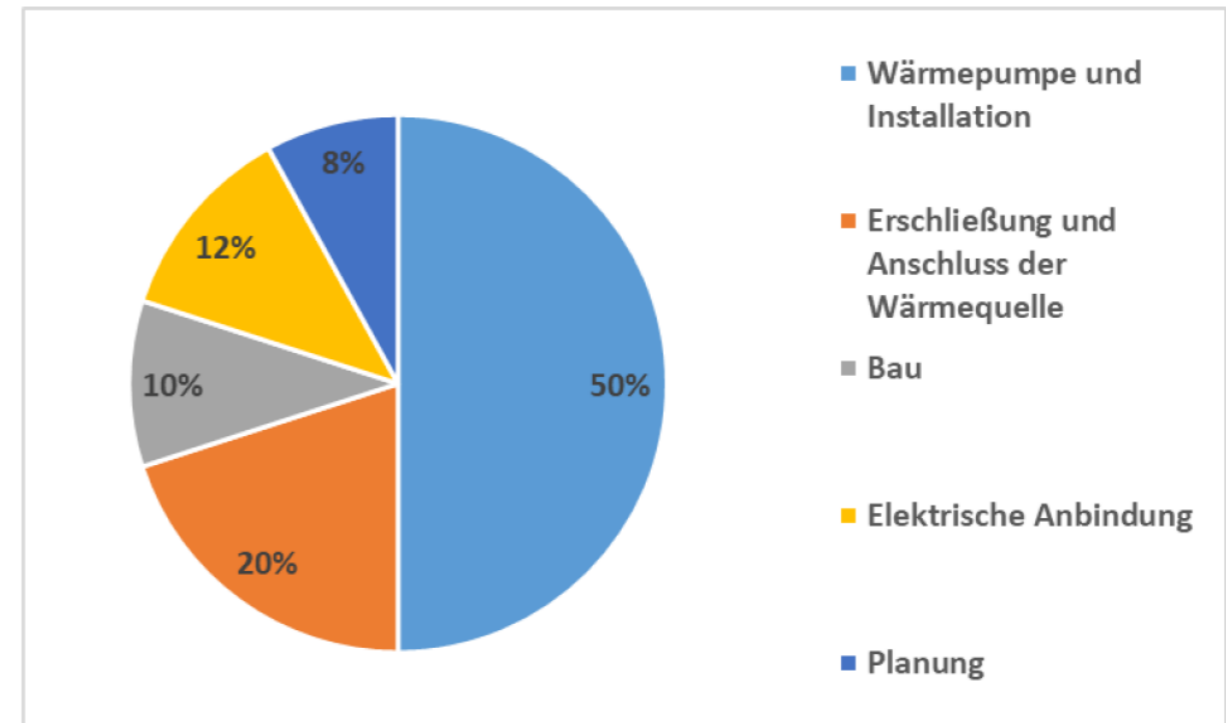
Anschluss in der Regel auf Mittelspannungsebene (10 kV). Notwendigkeit eines neuen Transformators erhöht die Kosten. Bei Netzbezug ggf. BKZ beachten!

- **Baukosten**

Stark abhängig von baulichen Gegebenheiten und Randbedingungen (neues Gebäude, Platzbedarf, etc.)

- **Kosten für Planung und Genehmigungen**

Abhängig von internen/externen Planungsleistungen, etc.



» **Betriebskosten von elektr. betriebenen Großwärmepumpen**

- Wartungs- und Instandhaltungskosten
- Stromkosten

» **Jährliche Wartungs- und Instandhaltungskosten können mit 1,5 bis 2,5 % des Gesamtinvestitionskosten angesetzt werden**

» **Stromkosten sind abhängig von den energierechtlichen Rahmenbedingungen**

- Stromnetzbezug
- Nutzung von eigenerzeugtem Strom
- weitere Befreiungstatbestände von Strompreisbestandteilen

→ <http://strompreisbestandteile.de/>  
(erstellt im Rahmen von NEW 4.0, Stiftung Umweltenergierecht)

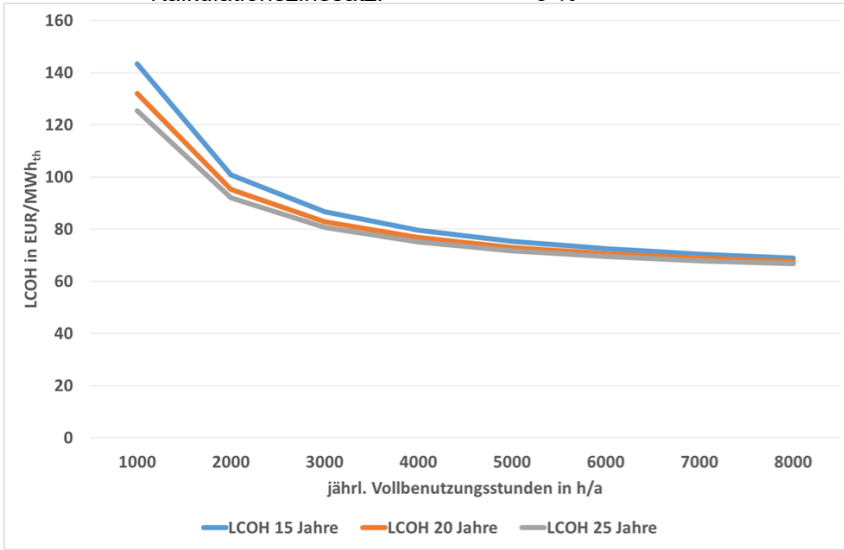
Strompreisbestandteil	2019 [EUR/MWh]	2020 [EUR/MWh]	2021 [EUR/MWh]
Börsenstrompreis	37,74	30,47	48,48
EEG-Umlage	64,05	67,56	65,00
Stromsteuer	20,50	20,50	20,50
Netznutzungsentgelte <sup>1</sup>	25,00	25,00	25,00
KWK-Umlage	2,80	2,26	2,54
§ 17-Umlage (Offshore-Umlage)	4,16	4,16	3,95
§ 18-Umlage (abschaltbare Lasten)	0,05	0,07	0,09
§ 19-Umlage (Netznutzungsentgeltbefreiung)	3,05	3,58	4,32
Konzessionsabgabe	1,10	1,10	1,10
<b>Summe</b>	<b>158,45</b>	<b>154,70</b>	<b>170,98</b>

<sup>1</sup> abhängig von Netzgebiet, daher vereinfachte Annahme.

	Wert	Einheit	In Abhängigkeit von
<b>Basisdaten</b>			
Thermische Abgabeleistung	10	MW <sub>th</sub>	Wärmequelle, Wärmesenke
Jahresarbeitszahl/COP	2,7		Wärmequelle, Wärmesenke, Effizienz
Elektr. Aufnahmeleistung	3,7	MW <sub>el</sub>	Jahresarbeitszahl/COP, Effizienz
Interner Kalkulationszins	5	%	Unternehmenspolitik
<b>Energiemengen</b>			
Jährl. Vollbenutzungsstunden	5.000	h/a	Wärmequelle, Wärmesenke, Betriebsphilosophie
Jährl. erzeugte Wärmemenge	50.000	MWh <sub>th</sub> /a	
Jährl. verbrauchte Strommenge	18.519	MWh <sub>el</sub> /a	
<b>Investition</b>			
Gesamtinvestition	7.000.000	EUR	Technologie, Standort-/Baurahmenbedingungen
<b>Betriebskosten</b>			
Stromkosten	2.916.667	EUR/a	Verschaltungskonzept, energiewirtschaftliche Einordnung
Wartung/Instandhaltung	175.000	EUR/a	Technologie
<b>Wärmegestehungskosten</b>			
Variable Wärmerestkosten	61,83	EUR/MWh <sub>th</sub>	
LCOH auf 20 Jahre	73,07	EUR/MWh <sub>th</sub>	

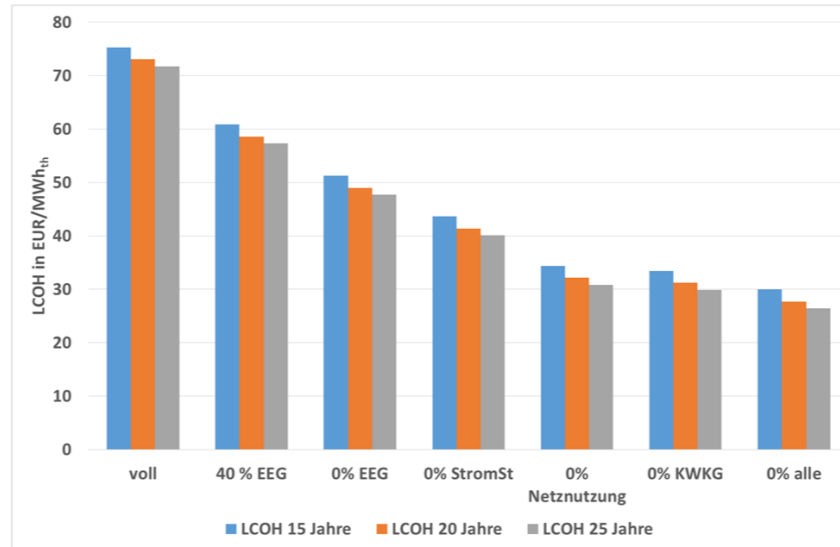
» **Variation der jährlichen Vollbenutzungsstunden und der erzeugten Wärmemenge**

- COP: 2,7
- Alle Strompreisbestandteile; Börsenstrompreis 35 €/MWh<sub>el</sub>
- Kalkulationszinssatz: 5 %



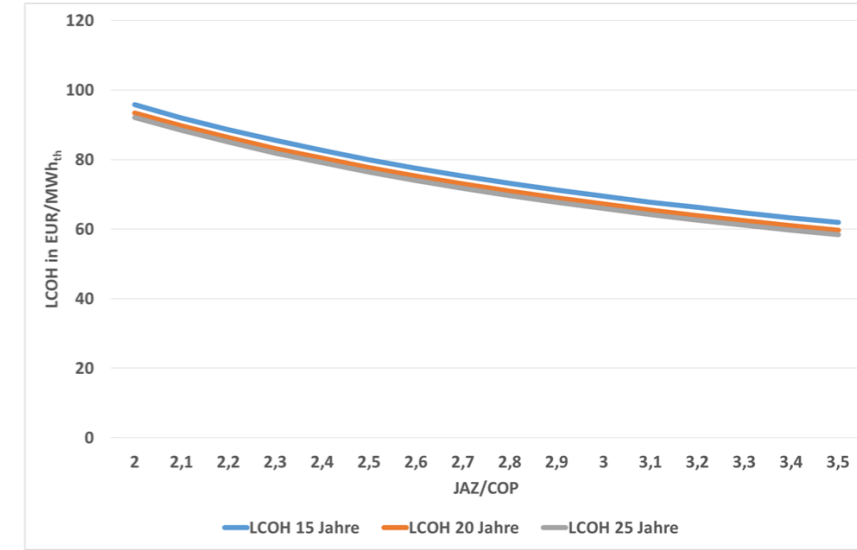
» **Variation des Strombezugspreises**

- COP: 2,7
- Vollbenutzungsstunden: 5.000 h/a
- Kalkulationszinssatz: 5 %



» **Variation der Jahresarbeitszahl**

- Jährl. Vollbenutzungsstunden: 5.000 h/a
- Alle Strompreisbestandteile; Börsenstrompreis 35 €/MWh<sub>el</sub>
- Kalkulationszinssatz: 5 %



- » **Welche gibt es?**
  - Welche sind für „die Masse“ anwendbar?
  - Welche eignen sich?
- » **Wie funktioniert die Förderung grundsätzlich?**
- » **Woher bekomme ich detailliertere Informationen?**



**B** Bundesförderung für  
**E** effiziente  
**W** Wärmenetze

**Machbarkeitsstudien/Trafo-Pläne**

**Investive Grundförderung**  
 Einzelmaßnahmen | Systemische Förderung

**Betriebsförderung**  

**BMWi-Wettbewerb Energieeffizienz**

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie



## REGULATORIK

» **Berechnung von charakteristischen Kennzahlen der Fernwärme hängt stark von Geltungsbereich ab**

- Unterschiedliche Regelungen in unterschiedlichen Gesetzen
  - Anrechnung zur Referenzwärme bei iKWK im Rahmen des KWKG → gesamte Wärme aus Wärmepumpe wird als innovativ erneuerbar angesehen
  - Wärmenetzsysteme 4.0 → EE-Anteil des eingesetzten Strommixes aus statistischen Werten des UBA aus dem BAFA-Merkblatt

» **Beispielhafte Erläuterung für Gebäudeenergiegesetz (GEG)**

- Primärenergiefaktor und CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor gemäß Arbeitsblatt AGFW FW 309 Teil 1 (Neue Fassung wird im Mai 2021 veröffentlicht)
  - Keine generelle Saldierung von erzeugtem KWK-Strom und Hilfsstrom mehr
  - Antriebsstrom kann generell als netzbezogen angenommen werden
- Energiequellenkennzahlen für erneuerbaren Anteil oder Abwärme-/Abfall-Anteil gemäß Arbeitsblatt FW 309 Teil 5 (neue Fassung wird im Mai 2021 veröffentlicht)
  - Berücksichtigung des Erneuerbaren-Anteils des Strom gemäß UBA-Statistik

	Regelung	Berücksichtigung des Stroms (ab Mai 2021)
<b>Primärenergiefaktor</b>	AGFW FW 309-1 (Mai 2021)	$f_{P,Strom}=1,8$
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor</b>	AGFW FW 309-1 (Mai 2021)	$f_{CO_2eq}=560$
<b>Erneuerbarer/Abwärme-Anteil</b>	AGFW FW 309-5 (Mai 2021)	Anhand Statistik des Umweltbundesamtes

» **Baugenehmigung**

- gemäß Landesbauordnung

» **BImSchG**

- In der Regel nicht genehmigungsbedürftig im Sinne des § 4 BImSchG
- Gilt Wärmepumpe als Anbau oder Erweiterung einer BImSchG-genehmigungsbedürftigen Anlage, führt die Verklammerungsregel zur Genehmigungsbedürftigkeit

» **Genehmigungen für Wärmequellennutzung**

- **Oberflächengewässer** → ggf. Umweltverträglichkeitsprüfung, wasserrechtliche Genehmigung zur Entnahme des Wassers und Vorgaben zum Bauwerk zur Wasserentnahme durch örtliche (meist untere) Wasserbehörde
- **Grundwasser** → Wasserrechtliche Genehmigung durch örtliche (meist untere) Wasserbehörde
- **Klarwasser aus Kläranlage** → Erlaubnis zum Abkühlen des Klarwassers und u.U. Änderungsgenehmigung des Klärwerks durch für Klärwerk zuständige Wasserbehörde, ggf. Artenschutzrechtliches Gutachten erforderlich

# darum fernwärme ...

denn sie ist stubenrein und hilft,  
CO<sub>2</sub> zu vermeiden.

[www.fernwaerme-info.eu](http://www.fernwaerme-info.eu)

**fernwärme**   
rein ins haus.

**Noch Fragen?**



**Dr.-Ing. Jens Kühne**

[j.kuehne@agfw.de](mailto:j.kuehne@agfw.de)  
069 / 6304-280

