

Heizen und Kühlen der Zukunft: Welche Lösung für welchen Fall?

Gernlinden | Gemeinde Maisach

23. August 2023

[Dr.-Ing. Simon Herzog](#) 



Auf diese Fragen gibt es Antworten

Heizen und Kühlen: Welche Lösungen für welchen Fall?

- Was steht im „Heizungsgesetz“?
- Wie viel Energie brauchen die **Wohngebäude** in Deutschland?
- Für die Wärmeversorgung der Gemeinde **Maisach** erforderliche Fläche für die Versorgung mit **Holz** bzw. **Wasserstoff** aus **Photovoltaik**?
- Wie viele **Windräder** wären nötig bei **Heizung mit Strom**?
- Wann sind **Wärmepumpen** sinnvoll?
- Wie **Überhitzung im Sommer** vermeiden?

Gebäudeenergiegesetz (GEG): Was steht drin?

Einigung zum 13. Juni 2023 - Auswahl der wichtigsten Punkte.

- 1. Neue Heizungen** ab 1. Januar 2024 zu **65%** mit **Erneuerbaren**.
- 2. Punkt (1.) gilt nur**, wenn **kommunale Wärmeplanung** vorliegt. Sofern **keine kommunale Wärmeplanung** vorliegt, darf **bei Defekt neue Gasheizung** eingebaut werden, sofern diese für **Wasserstoff geeignet** ist. Gilt auch für Neubauten in Bestandsgebieten. In Neubaugebieten gilt (1.).
- 3. Holz** und **Holzpellets** bleiben **erlaubt**.
- Bei **klimaneutralem Gasnetz** weiterhin **neue Gasheizungen** erlaubt.
- 5. Neue Gasheizung** mit über **65% erneuerbaren Gasen** erlaubt.
- Interessenten sind über steigende Erdgas- und CO₂-Preise zu informieren.

Wichtige Fakten: Betrieb alter Heizungen erlaubt?

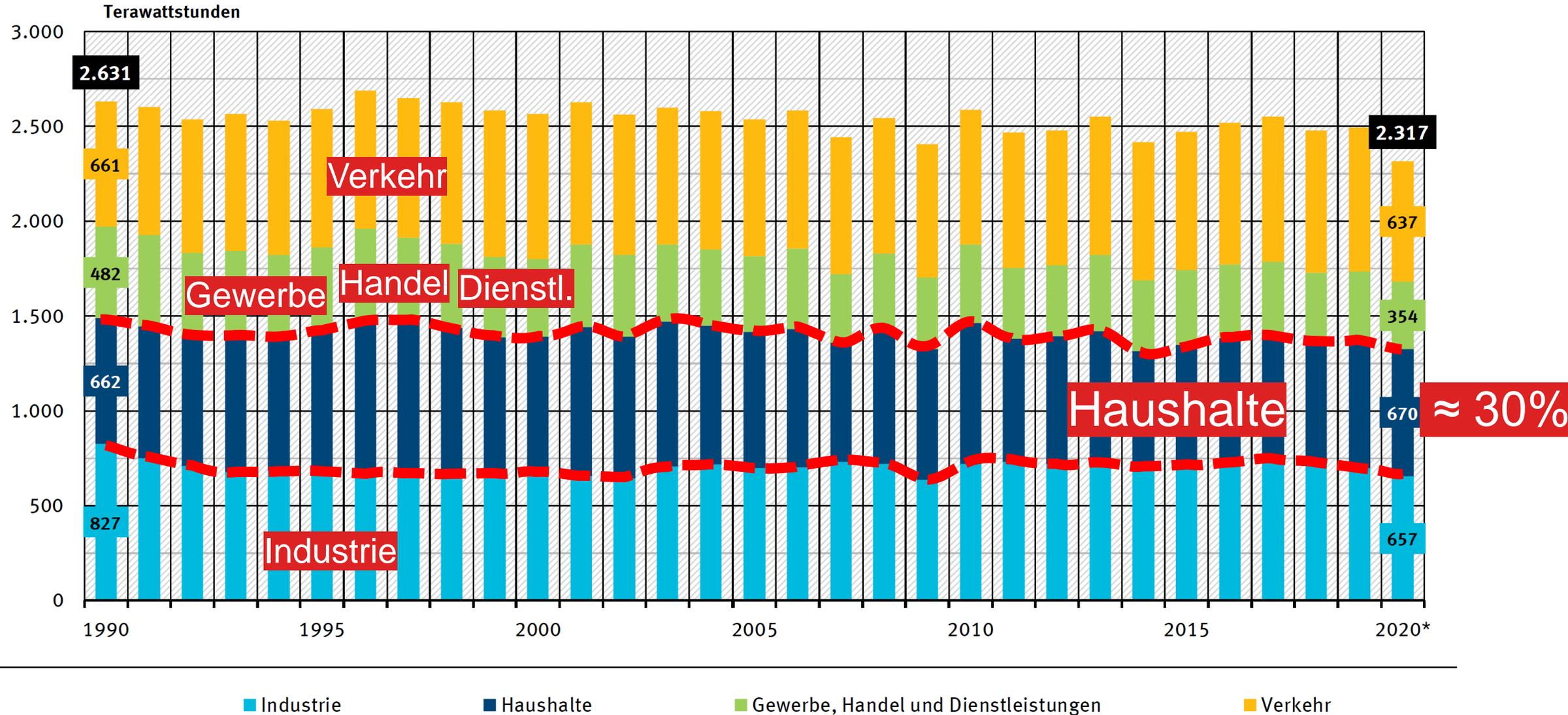
Wie lange dürfen „alte“ Heizungen betrieben werden?

Ölheizungen:

1. Betrieb von **Ölheizungen bis 2045 erlaubt** (Niedertemperatur- und Brennwertkessel, nach 1994 in Betrieb gegangen)
2. Ab **2045 kein Einsatz fossiler Brennstoffe** mehr erlaubt
3. **Ausnahmen für Ölheizungen im ländlichen Raum** derzeit noch Gegenstand der Diskussion

Verbrauch in Deutschland nach Sektoren

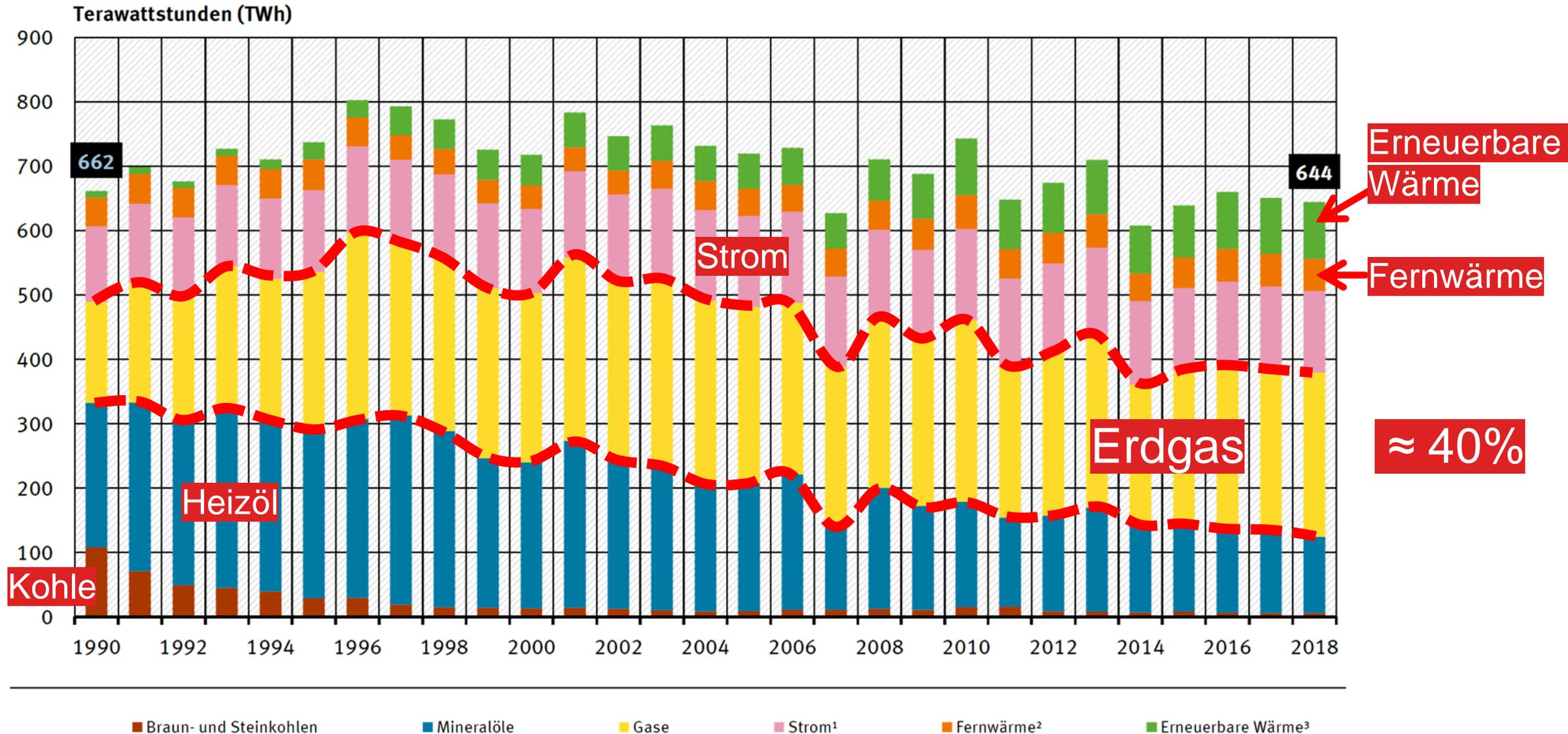
Endenergie von 1990 bis 2020 in Deutschland



Erdgas, Öl, Strom: Was versorgt Haushalte?

Verbrauch der privaten Haushalte

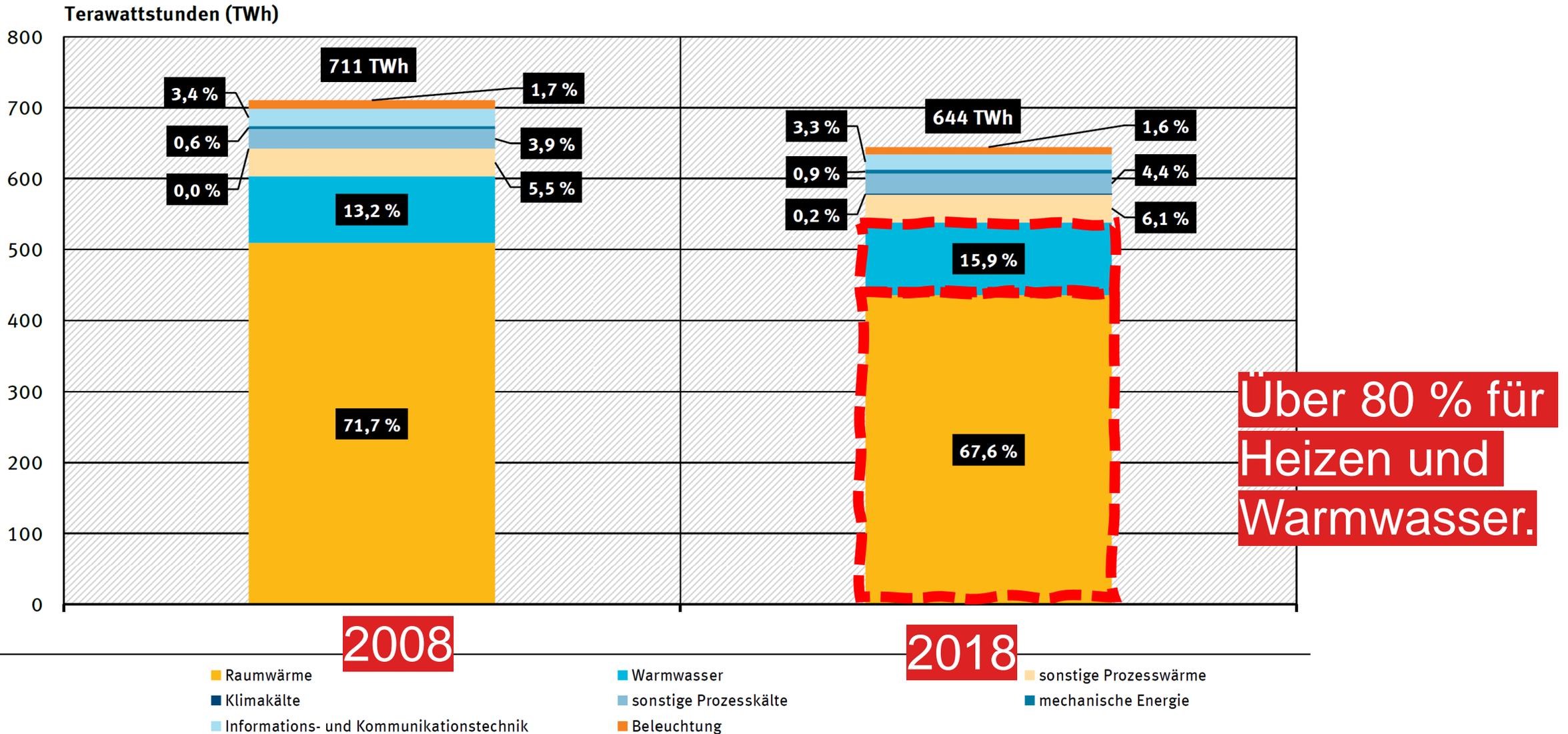
Endenergie von 1990 bis 2018 in Deutschland



Wofür wird die Energie zu Hause verwendet?

Einsatz Endenergie in privaten Haushalte

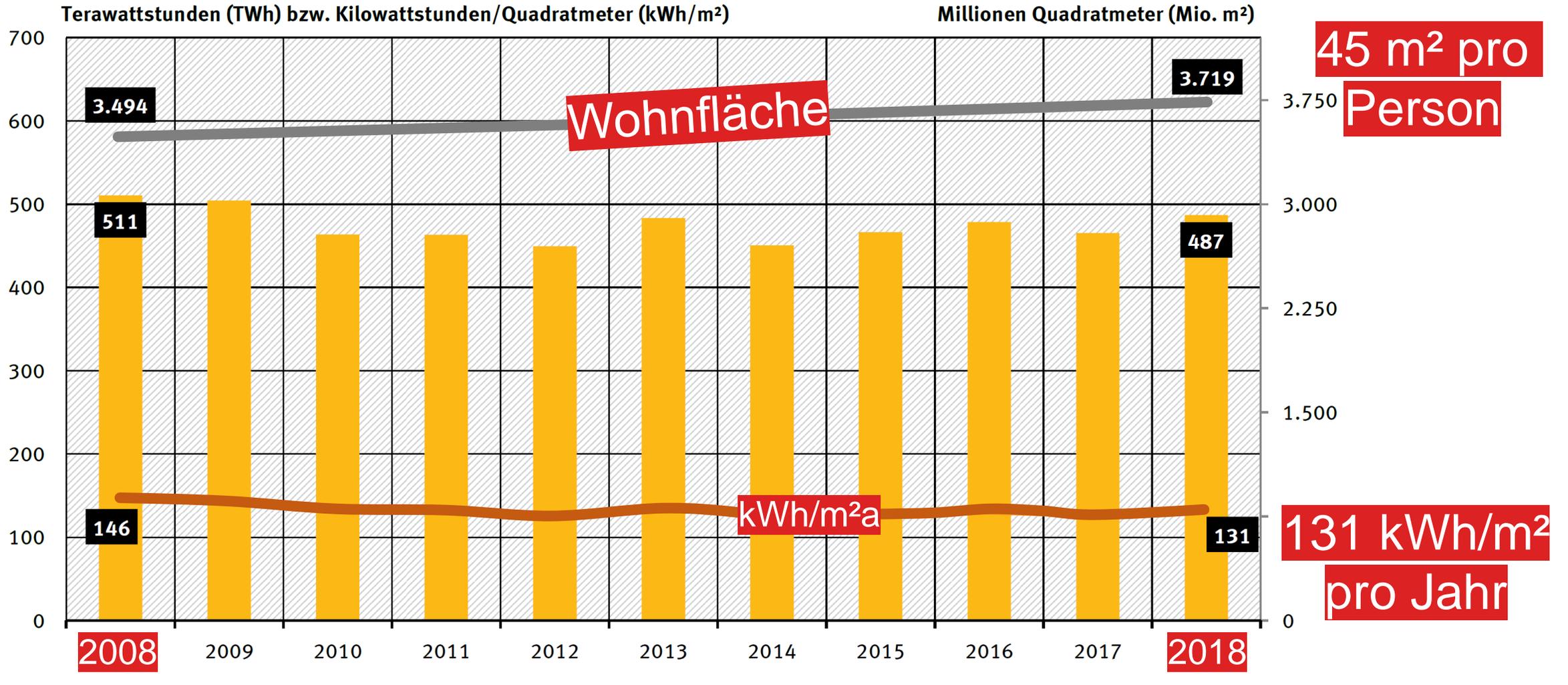
2008 bis 2018 in Deutschland



Welcher Heizbedarf pro m² Wohnfläche?

Verbrauch Raumwärme für private Haushalte

2008 bis 2018 in Deutschland



EEV für Raumwärme (TWh)

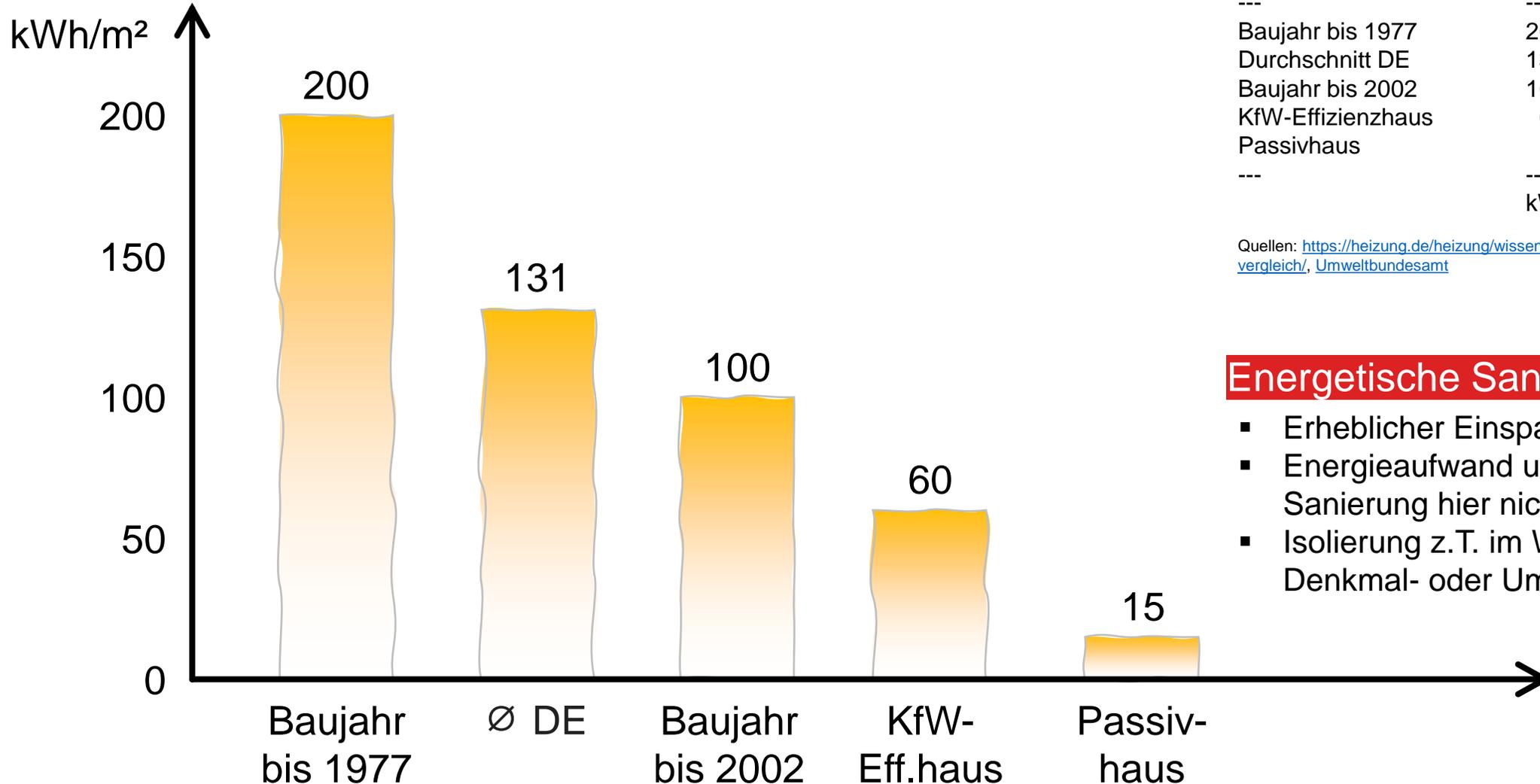
EEV für Raumwärme pro Wohnfläche (kWh/m²)

Bewohnte Wohnfläche (Mio. m²)

Wie unterscheidet sich der Heizbedarf
nach Art des Wohngebäudes?

Verbrauch Raumwärme pro Jahr und m² im Vergleich

Nach Baualtersklasse bzw. Energiestandard



| Gebäude | Heizwärmebedarf |
|-------------------|--------------------|
| --- | ---- |
| Baujahr bis 1977 | 200 |
| Durchschnitt DE | 131 im Jahr 2018 |
| Baujahr bis 2002 | 100 |
| KfW-Effizienzhaus | 60 |
| Passivhaus | 15 |
| --- | ---- |
| | kWh/m ² |

Quellen: <https://heizung.de/heizung/wissen/der-energieverbrauch-im-vergleich/>, [Umweltbundesamt](#)

Energetische Sanierung:

- Erheblicher Einsparbedarf
- Energieaufwand und Kosten für Sanierung hier nicht berücksichtigt
- Isolierung z.T. im Widerspruch zu Denkmal- oder Umweltschutz

Zwischenfazit

Welche Fragen können wir bis hier in beantworten?

- **Private Haushalte** (ohne Autos) ca. für 30% des Verbrauches an Endenergie verantwortlich.
- **Gas** ($\approx 40\%$) und **Öl** ($\approx 20\%$) sind noch die **wichtigsten Energieträger**
- Heizen und Warmwasser für über 80% des Energiebedarfes in Wohngebäuden verantwortlich.
- Durchschnittlich **45 m² Wohnfläche** und **131 kWh/m² Heizbedarf**
- Erhebliches **Einsparpotenzial** durch energetische **Sanierung**

Hinweis: Alleangaben für Deutschland. Quellen auf den Folien zuvor genannt.

Was sind Wärmepumpen
und wann sind sie sinnvoll?

Wärmepumpe und Kältemaschine: Prinzip

„Wärmepumpe funktioniert ähnlich wie ein Kühlschrank“

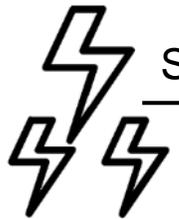
Wärmepumpe

Wärmeabgabe
(Zielgröße)

Beheiztes
Objekt



Wohnraum



Strom

Wärmepumpe

Wärme-
aufnahme

Umgebung



Außenluft

Eigene Darstellung

Kühlschrank

Wärmeabgabe
(Abwärme)

Umgebung

Rückseite
Kühlschrank



Strom

Kälte-
maschine

Wärmeaufnahme
(Zielgröße)

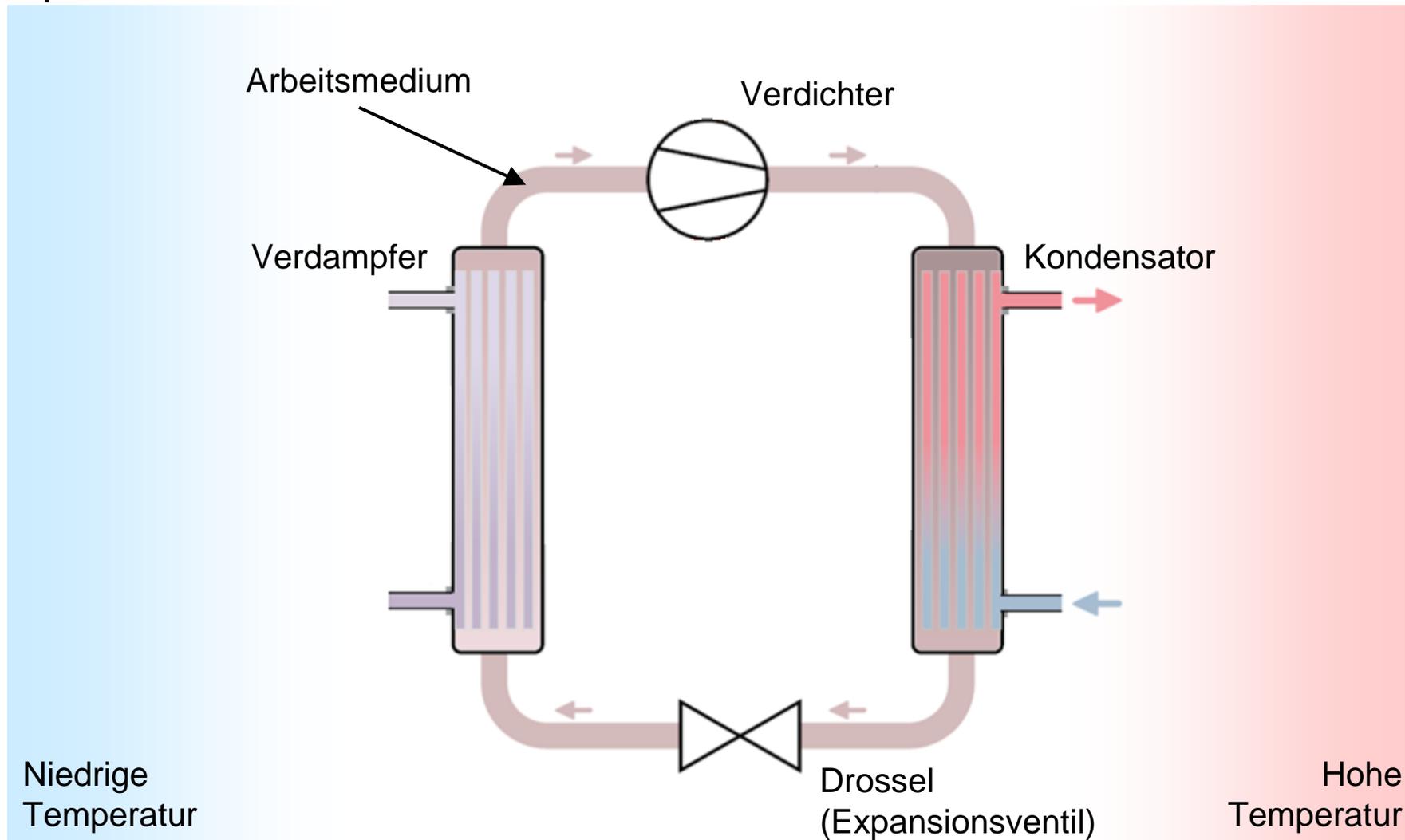
Gekühltes
Objekt



Getränke

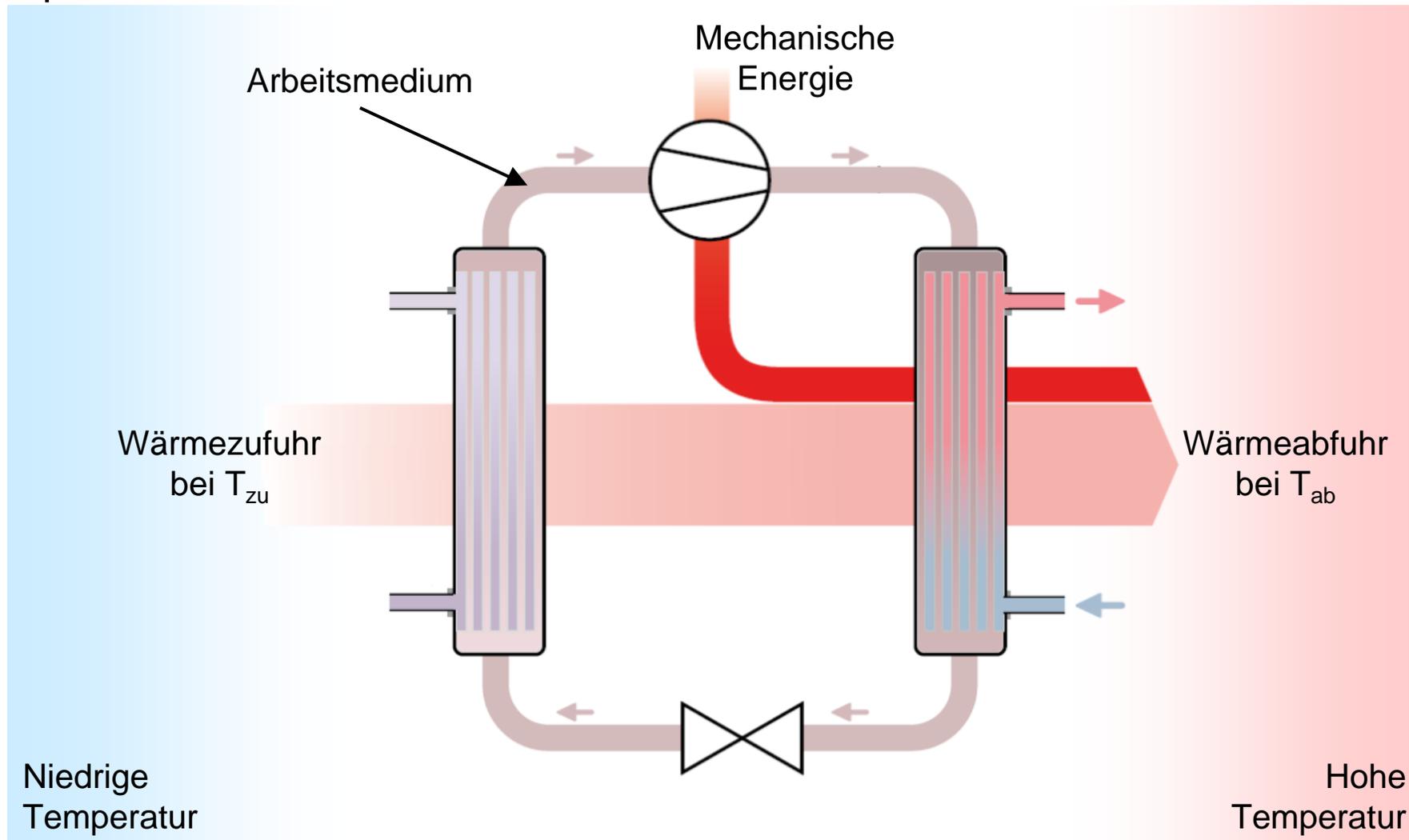
Wärmepumpe und Kältemaschine: Schaltbild

„Wärmepumpe funktioniert ähnlich wie ein Kühlschrank“



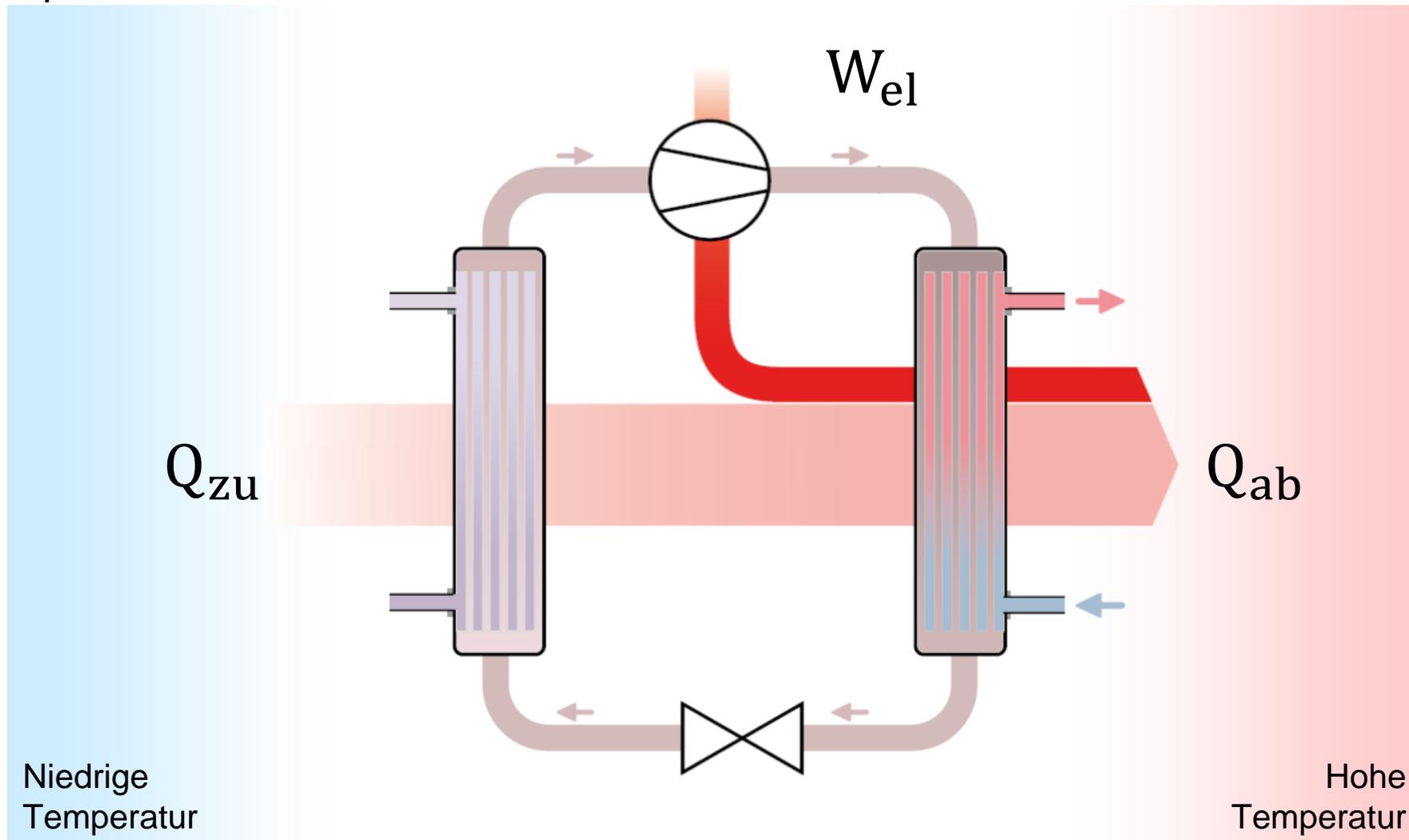
Wärmepumpe und Kältemaschine: Schaltbild

„Wärmepumpe funktioniert ähnlich wie ein Kühlschrank“



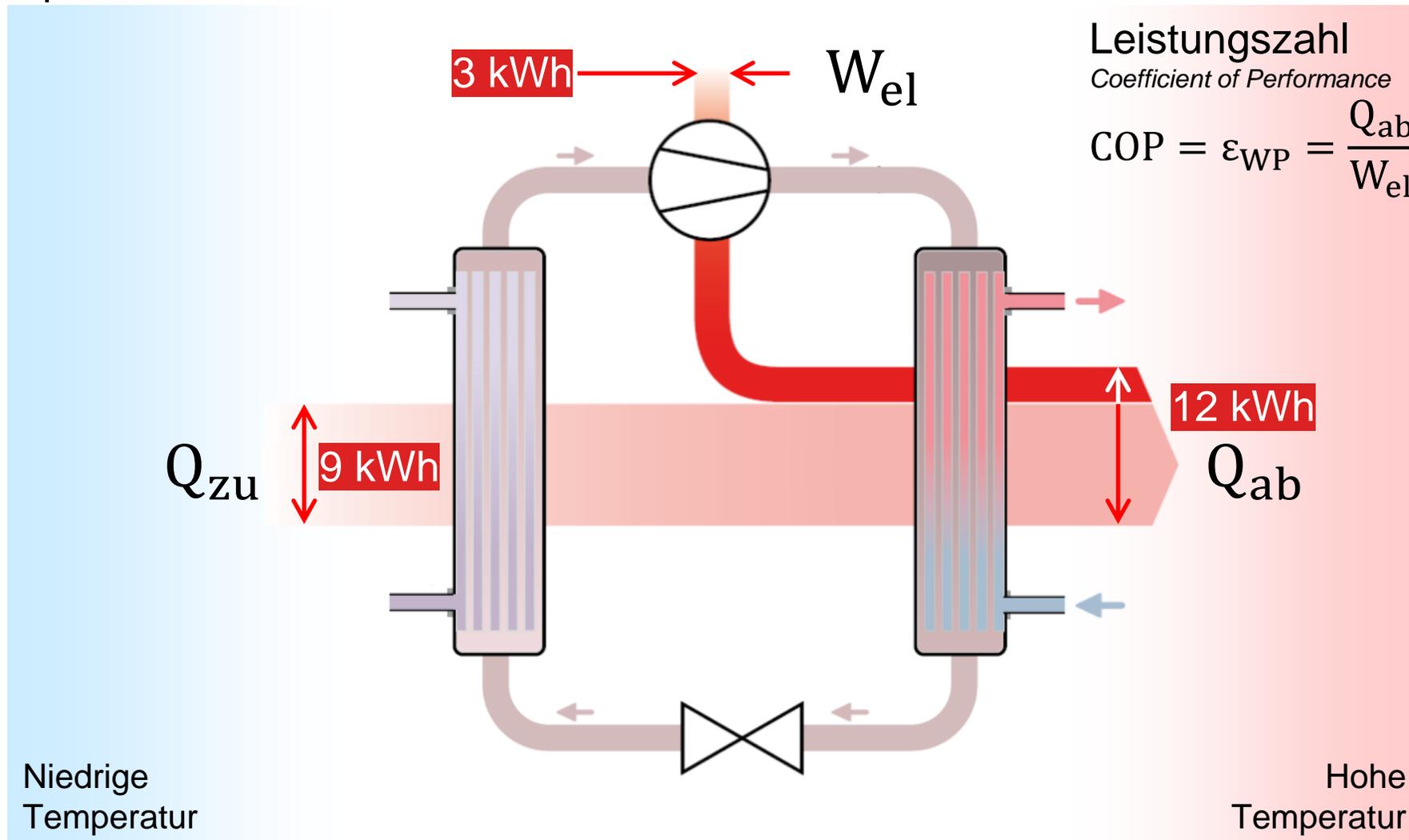
Wärmepumpe und Kältemaschine: Schaltbild

„Wärmepumpe funktioniert ähnlich wie ein Kühlschrank“



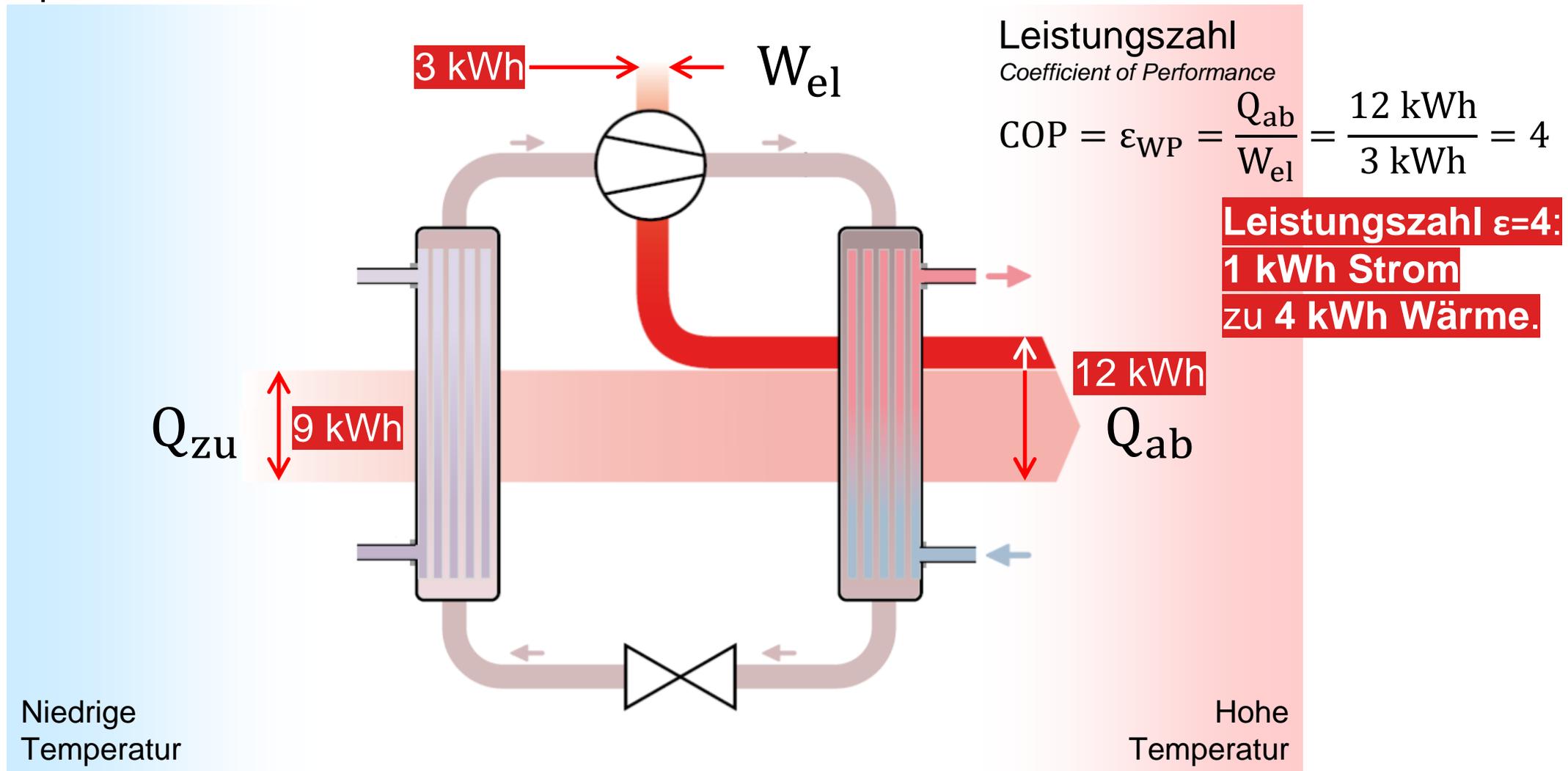
Wärmepumpe und Kältemaschine: Schaltbild

„Wärmepumpe funktioniert ähnlich wie ein Kühlschrank“



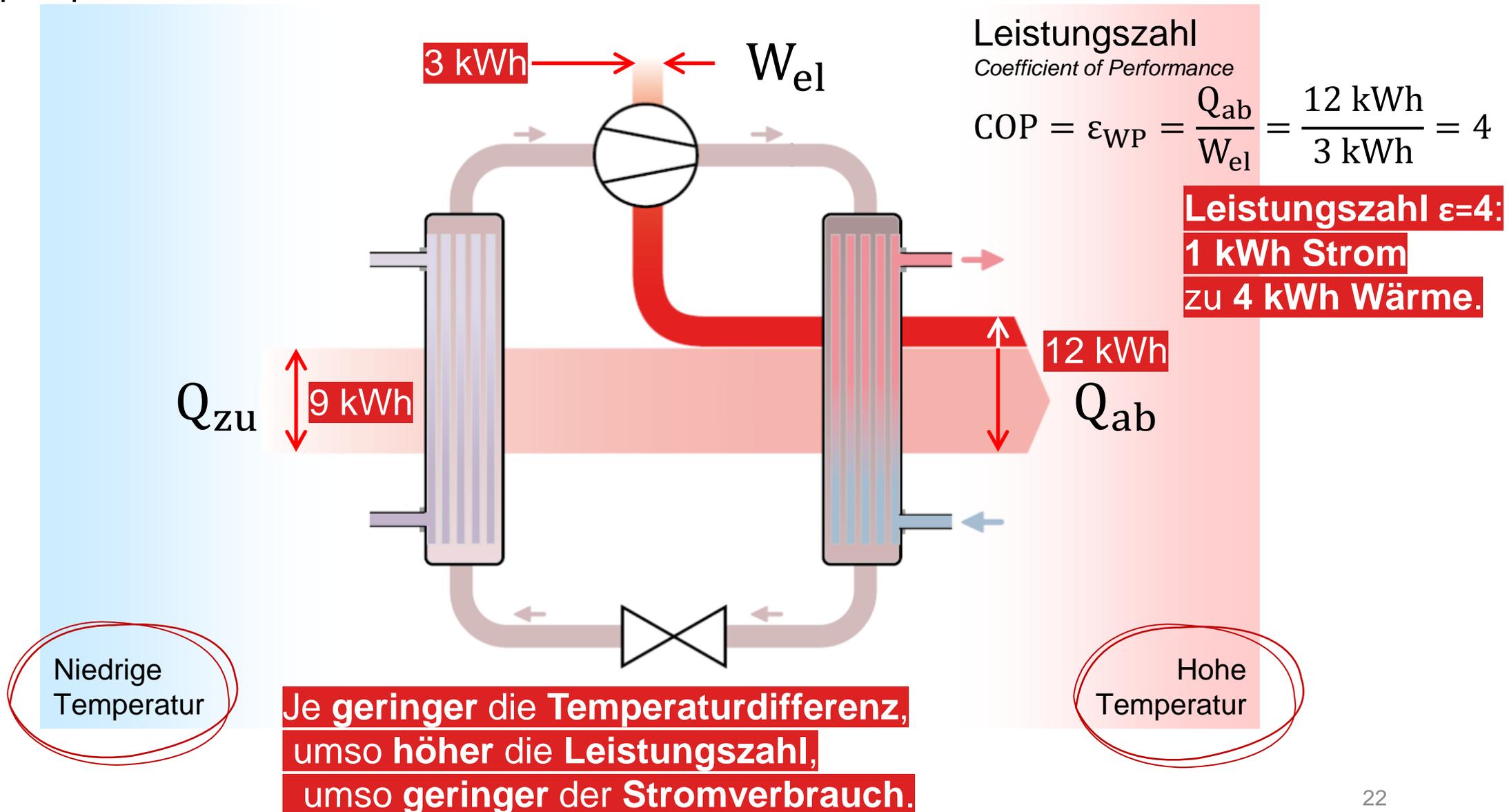
Wärmepumpe und Kältemaschine: Schaltbild

„Wärmepumpe funktioniert ähnlich wie ein Kühlschrank“



Wärmepumpe und Kältemaschine: Schaltbild

„Wärmepumpe funktioniert ähnlich wie ein Kühlschrank“



Wärmepumpe braucht eine Wärmequelle:
Welche **Wärmequellen** gibt es?

Wärmequellen für Wärmepumpen

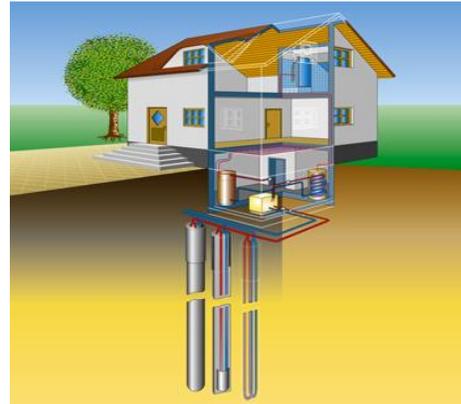
Luft

Erde

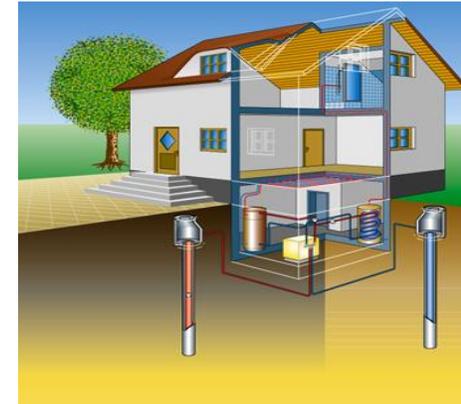
Wasser



Außenaufstellung



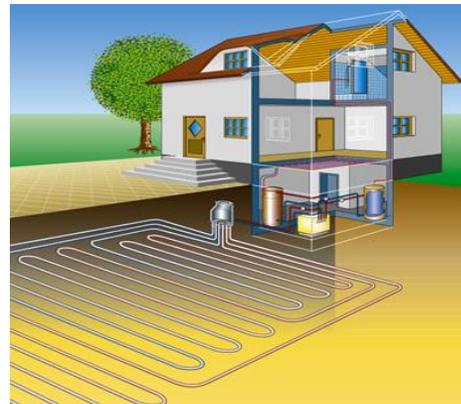
Erdwärmesonden



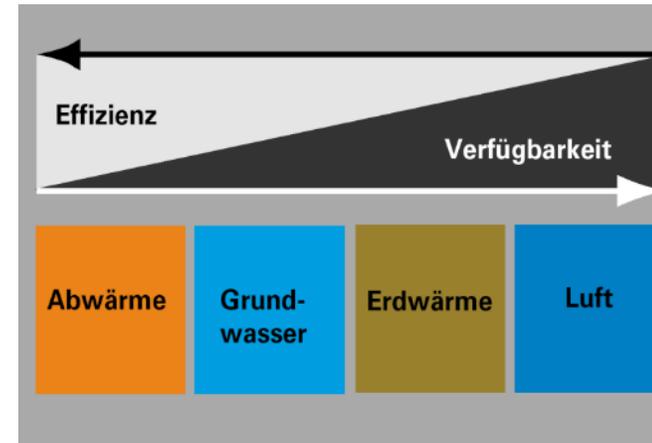
Grundwasser



Innenaufstellung



Erdwärmekollektoren

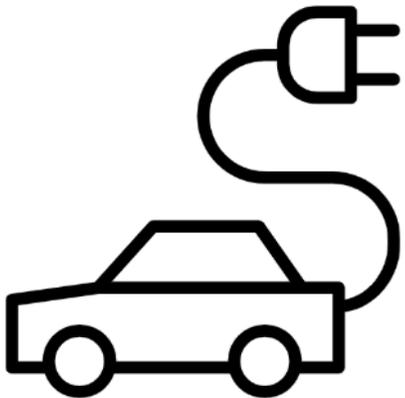


Qualitativer Zusammenhang zwischen Verfügbarkeit der Wärmequelle und Effizienz (mittlere reale Leistungszahl)

© TUM IfE 45-439-B06

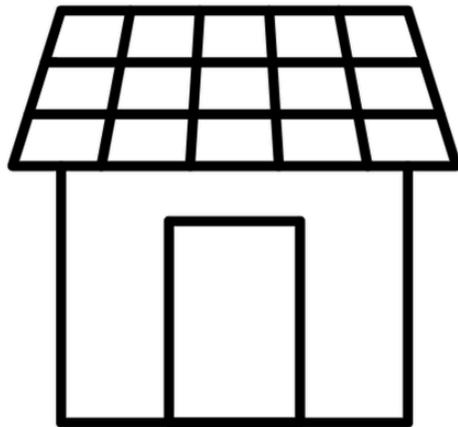
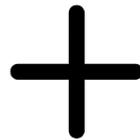
Neubau Einfamilienhaus: Optimaler Einsatz

Photovoltaik + Wärmepumpe + Fußbodenheizung



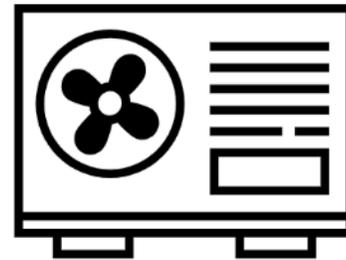
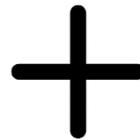
E-Auto

Abnahme Strom bei
geringem Heizbedarf



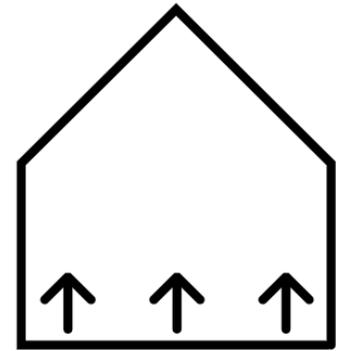
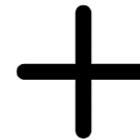
Photovoltaik

Günstiger Strom



Wärmepumpe

Effiziente
Umwandlung von
Strom in Wärme



Flächenheizung

z.B. Fußbodenheizung,
niedr. Vorlauftemperatur
garantiert hohe Effizienz
der Wärmepumpe

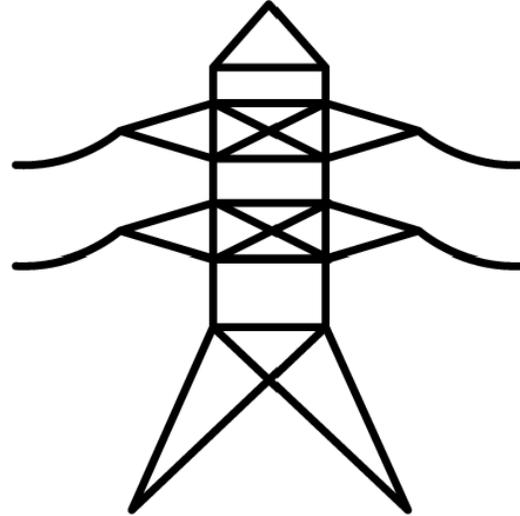


Nachteile Wärmepumpe: Wirkungsgrad

Leistungszahl niedrig, hohe Betriebskosten

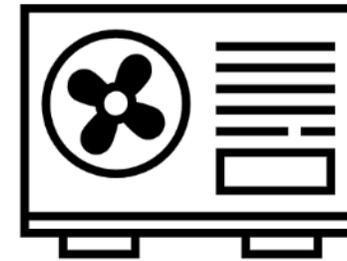
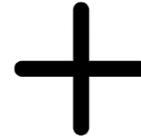
Schlechte Bedingungen für Wärmepumpe

- Hoher Strompreis
- Geringe Leistungszahl wegen ungünstiger Wärmequelle
- Geringe Leistungszahl wegen hoher Vorlauftemperatur des Heizsystems, z.B. Radiator



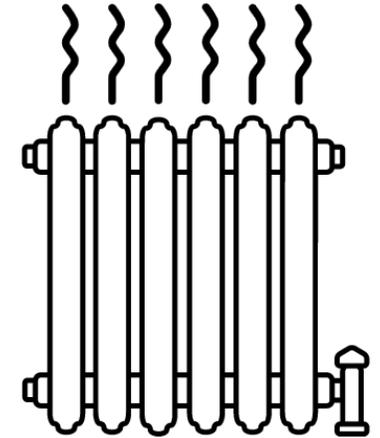
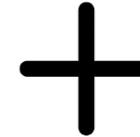
Teurer Strom aus Netz

Stromkosten deutlich über 0,30 €/kWh über das ganze Jahr machen Wärmepumpe ggf. unwirtschaftlich je nach Kosten der Alternativen.



Wärmepumpe

Effiziente Umwandlung von Strom in Wärme

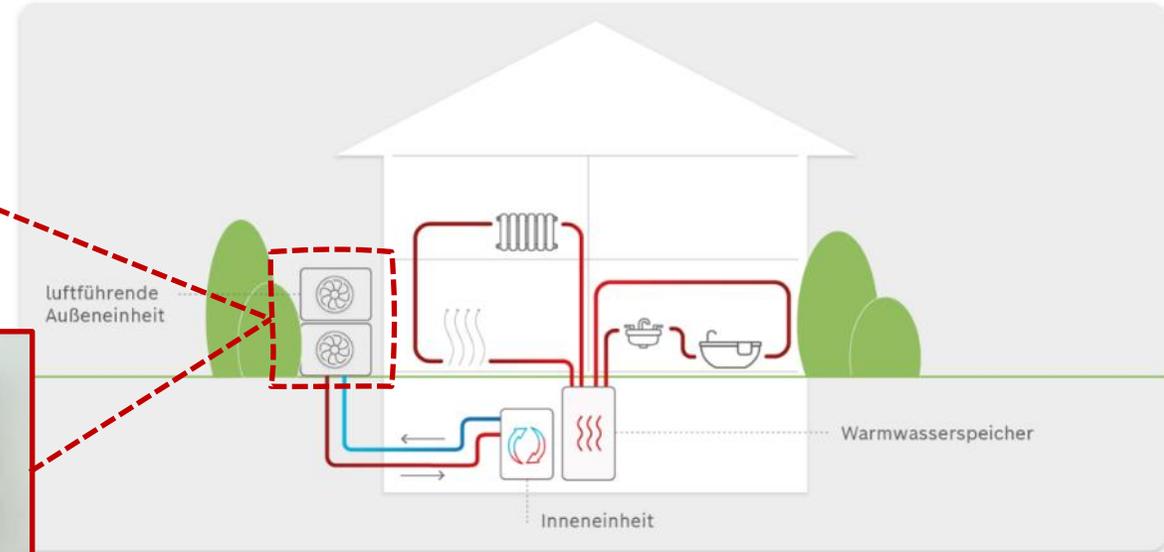


Radiator

Heizung mit hoher Vorlauftemperatur senkt Leistungszahl der Wärmepumpe → mehr Stromverbrauch

Luft als Wärmequelle

Vor- und Nachteile ggü. Erdreich als Wärmequelle (Auwahl)



Schematische Darstellung der Komponenten eines Wärmepumpenheizsystems mit Luft als Wärmequelle

Vorteile:

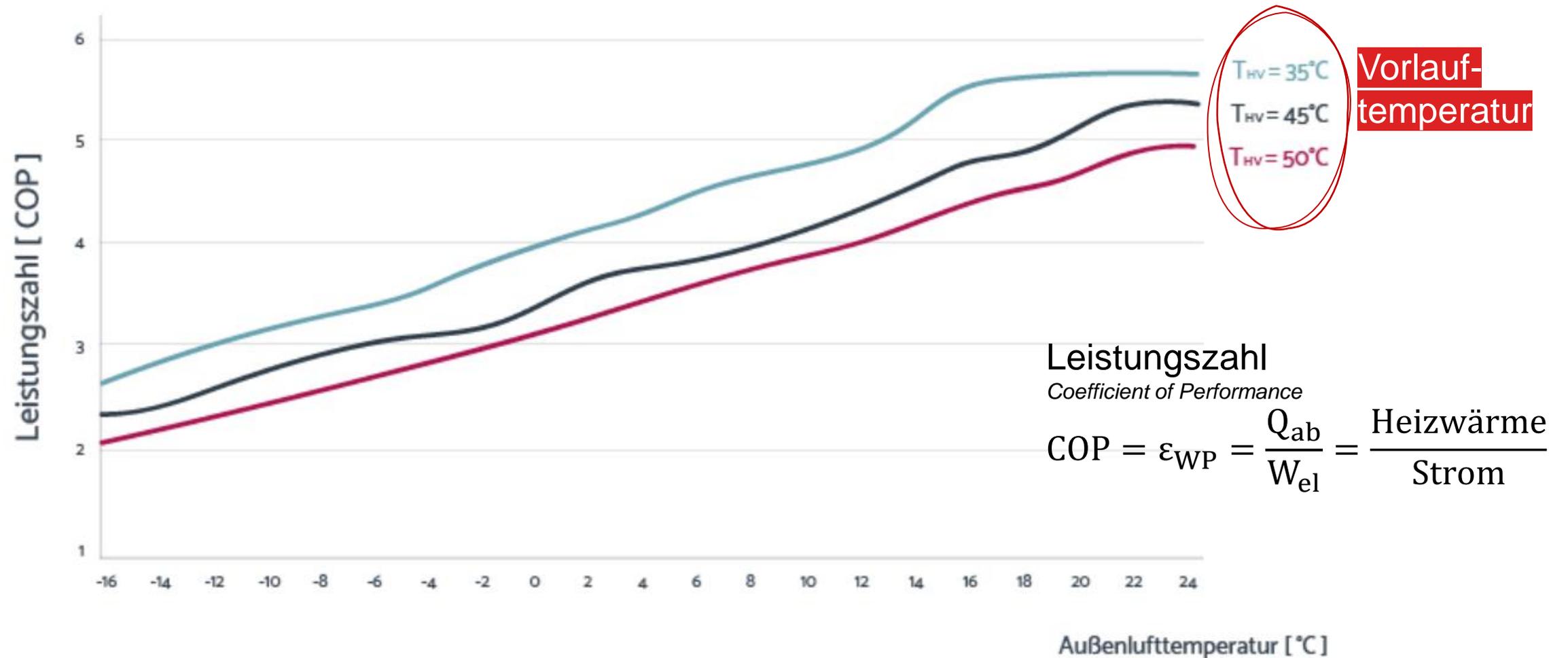
- Einfache Installation, relativ geringer Investitionsaufwand
- Geringer Flächenbedarf

Nachteile:

- Im Winter niedrige Leistungszahl → hoher Strombedarf
- Geräusche durch Ventilator
- Sichtbare Komponenten im Außenbereich

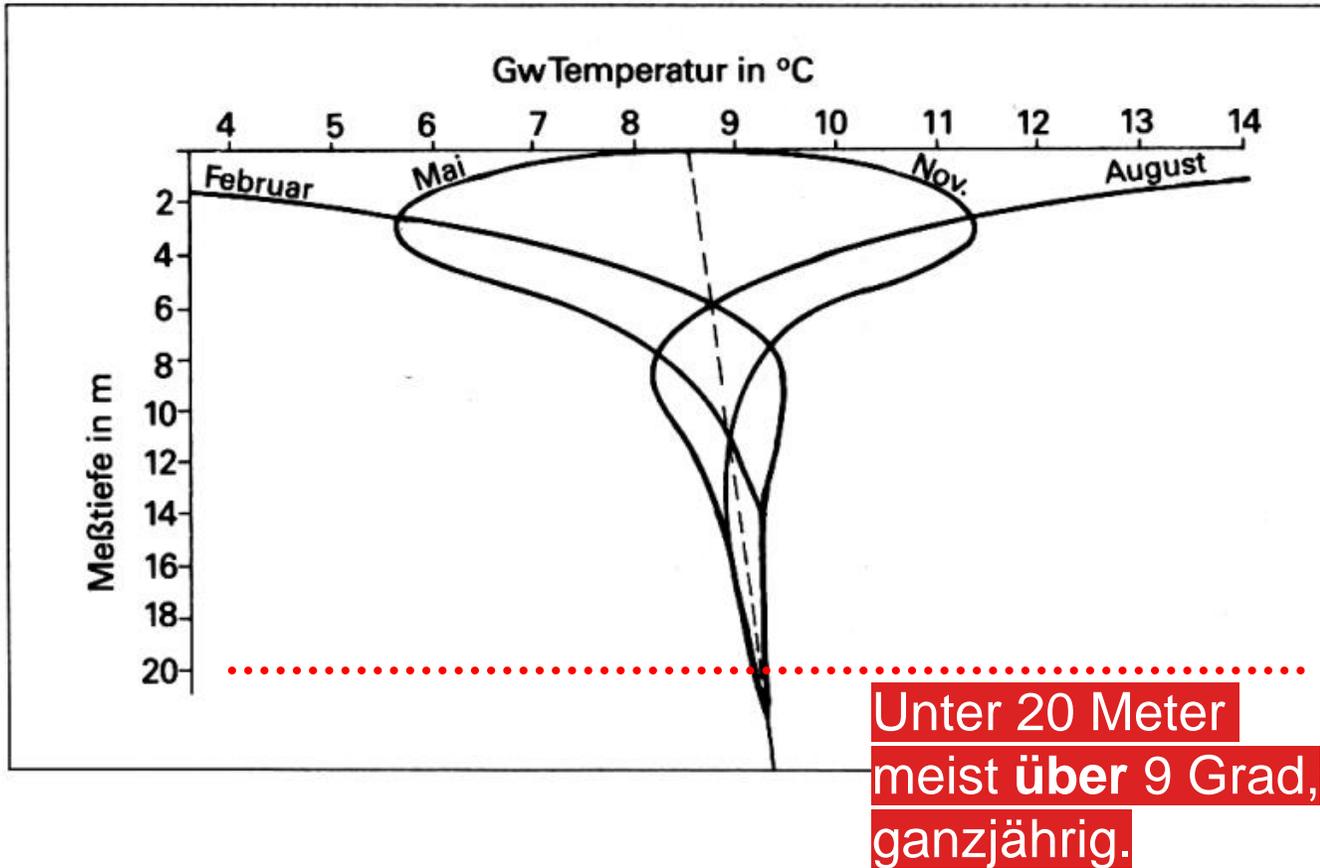
Außen- und Vorlauftemp. bestimmen Leistungszahl

Luft-Wasser-Wärmepumpe transportiert Wärme von Außenluft zum Heizwasser



Boden als Wärmequelle

Übliche Bodentemperatur in Bayern über das Jahr



Nachteile Wärmepumpe: Installationsaufwand

Kein Platz vor Außenkomponenten



Flächenkollektor



Grabenkollektor



Erdsonde



Kein Platz

Vorteile von Erdreich als Wärmequelle:

- Ganzjährig relativ konstantes Temperaturniveau → hohe Leistungszahl der Wärmepumpe
- Keine sichtbaren Komponenten im Außenbereich
- Schnee bleibt auf Kollektor länger liegen

Nachteile:

- Hoher Platzbedarf, hoher Investitionsaufwand
- Aufwändige Reparatur im Falle von Schäden
- Eingeschränkte Nutzung der Kollektorfläche, z.B. keine Pflanzung von Bäumen nachträglich möglich

Nachteile Wärmepumpe: Keine „Sofortlösung“



Deutschlandfunk

Umbau der Heizungssysteme

Heizungshersteller: Öl und Gas wird weiter eine Rolle spielen

In 15 bis 20 Jahren werde Deutschland vor allem mit Wärmepumpen, Fernwärme und Biomasse heizen, glaubt Frank Voßloh, Deutschland-Geschäftsführer des Heizungsherstellers Viessmann. Bislang seien die Altbestände an Öl- und Gaskesseln aber noch groß.

Armbrüster, Tobias | 30. September 2022, 06:49 Uhr

Hören 09:11

Audio herunterladen



Frank Vossloh, Deutschland- Chef Viessmann

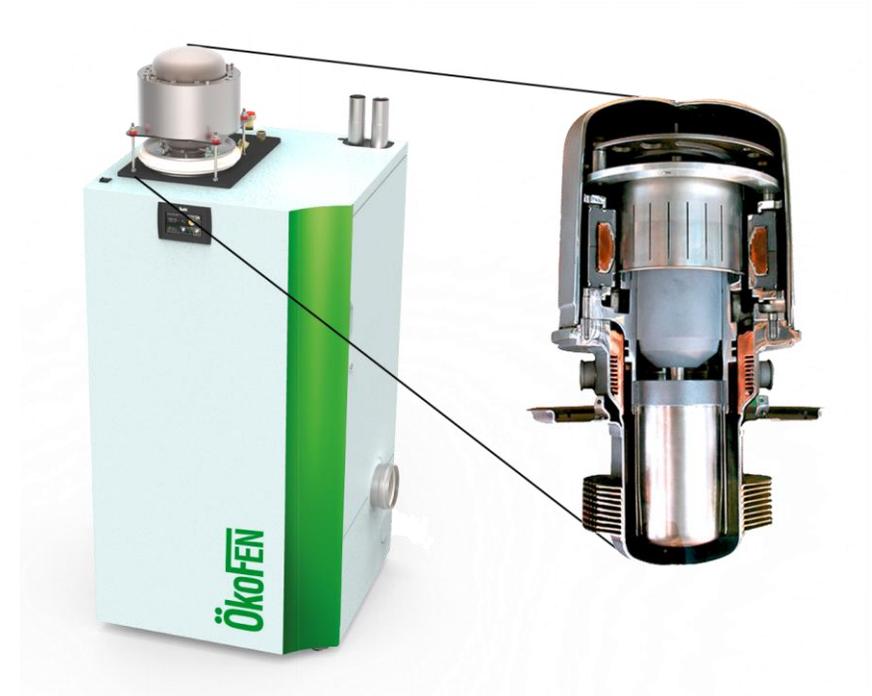
- In Deutschland 13 Mio. Gasheizungen, 5 Mio. mit Öl
- Pro Jahr ca. 1 Mio. neue Anlagen als Ersatz

→ ≈18 Jahre bis bestehende Anlagen ersetzt sind.



Welche Alternativen zur Wärmepumpe?

Holzheizung für Wärme und **Strom**

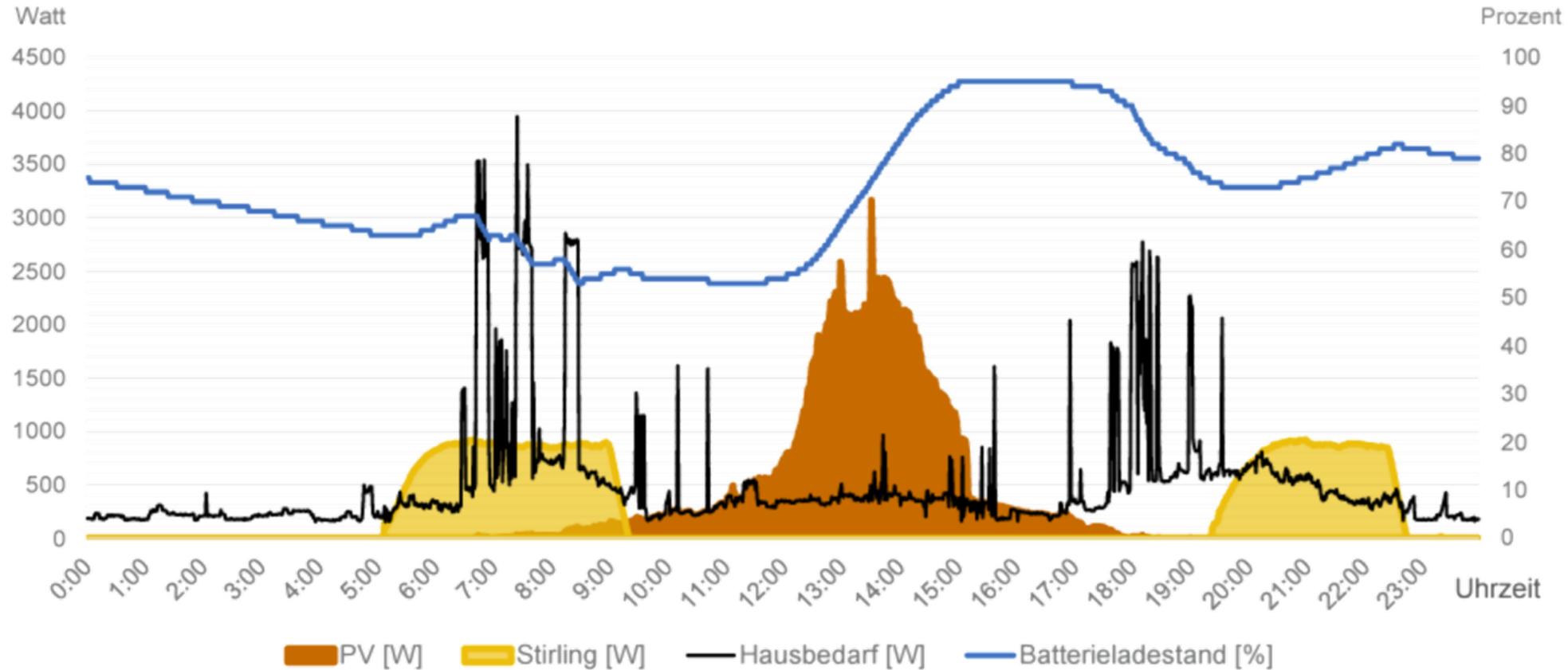


Technische Daten

- **10-16 kW Wärme** von Holzheizung
- **600 W Strom** vom [Stirlingmotor](#)
- **100% Autarkie** über das ganze Jahr
- Hersteller aus Österreich
- Stirlingmotor ca. 8.000 EUR

Holzheizung für Wärme und **Strom**: Messung

Messtag: 4. März



Strombedarf

Hausbedarf: 11,6 kWh

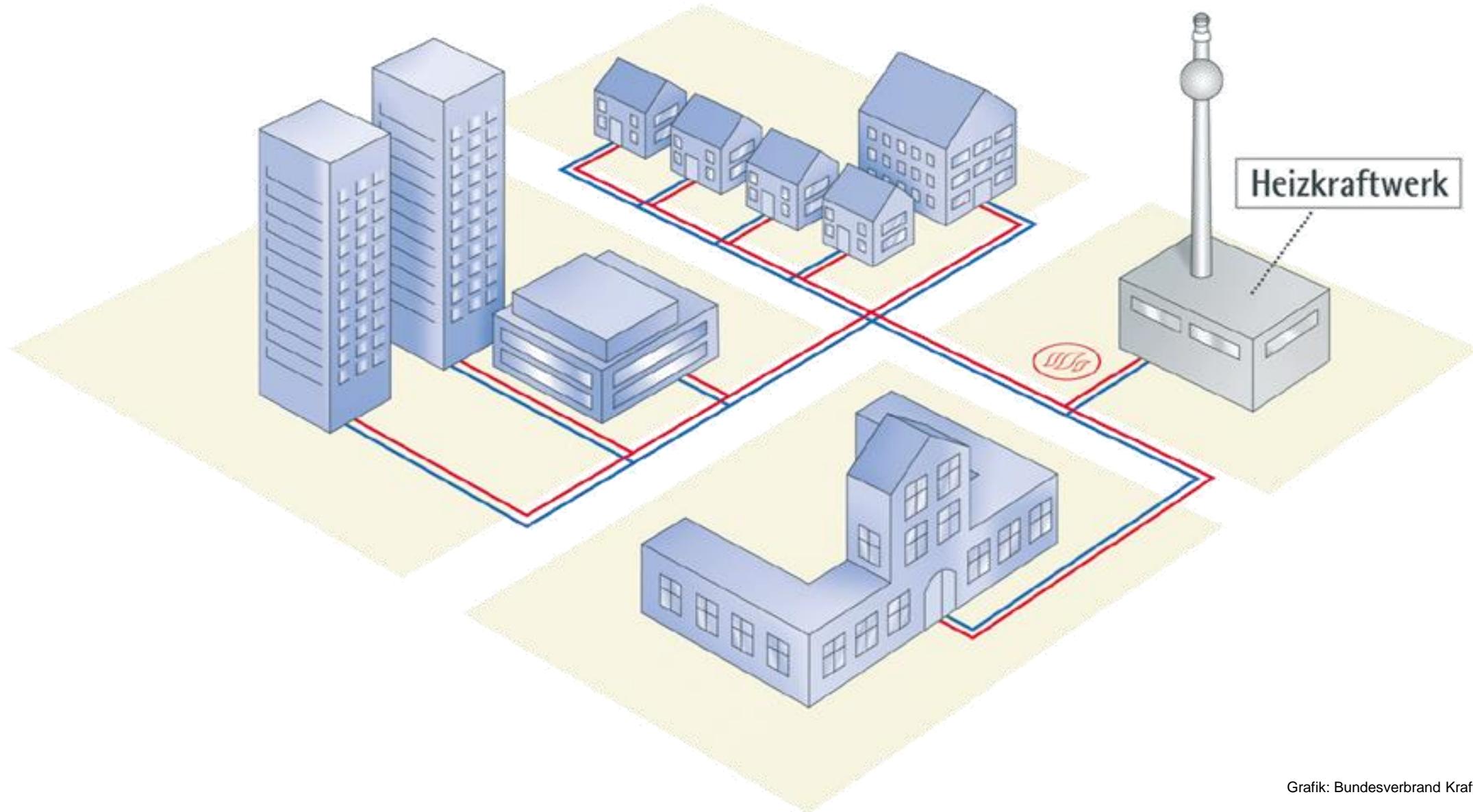
Netzbezug: 0 kWh

Stromproduktion

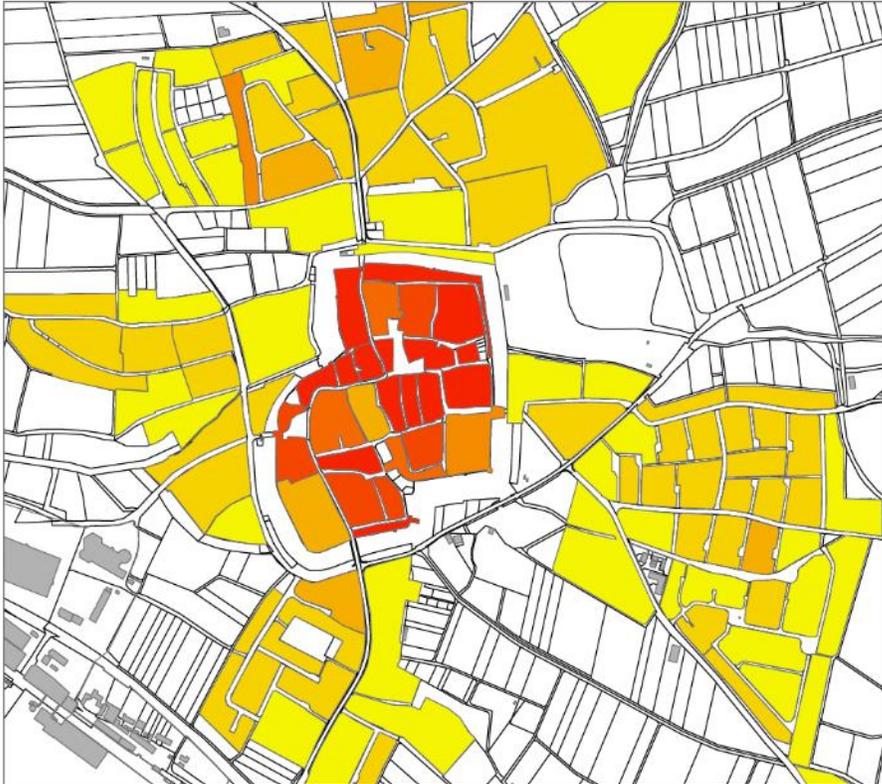
Stirling: 5,6 kWh

PV-Anlage: 6,6 kWh

Schema von Nah- und Fernwärmenetzen



Wärmebedarfsdichte: Ein Kriterium für Ausbau der Fernwärme



Iphofen (Franken)



Fernwärme vorteilhaft:

Hohe Wärmebedarfsdichte

(z.B. historische Altstadt, Industriekunde) → großer Wärmeabsatz bei kleiner Netzausdehnung

Fernwärme ungünstig:

Niedrige Wärmebedarfsdichte

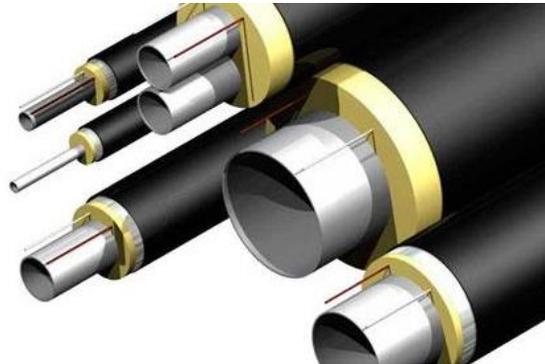
(z.B. Einfamilienhaussiedlung in Niedrigenergiebauweise) → geringer Wärmeabsatz bei großer Netzausdehnung

Vor- und Nachteile von Fernwärme

Auswahl



Infrastruktur für Fernwärme



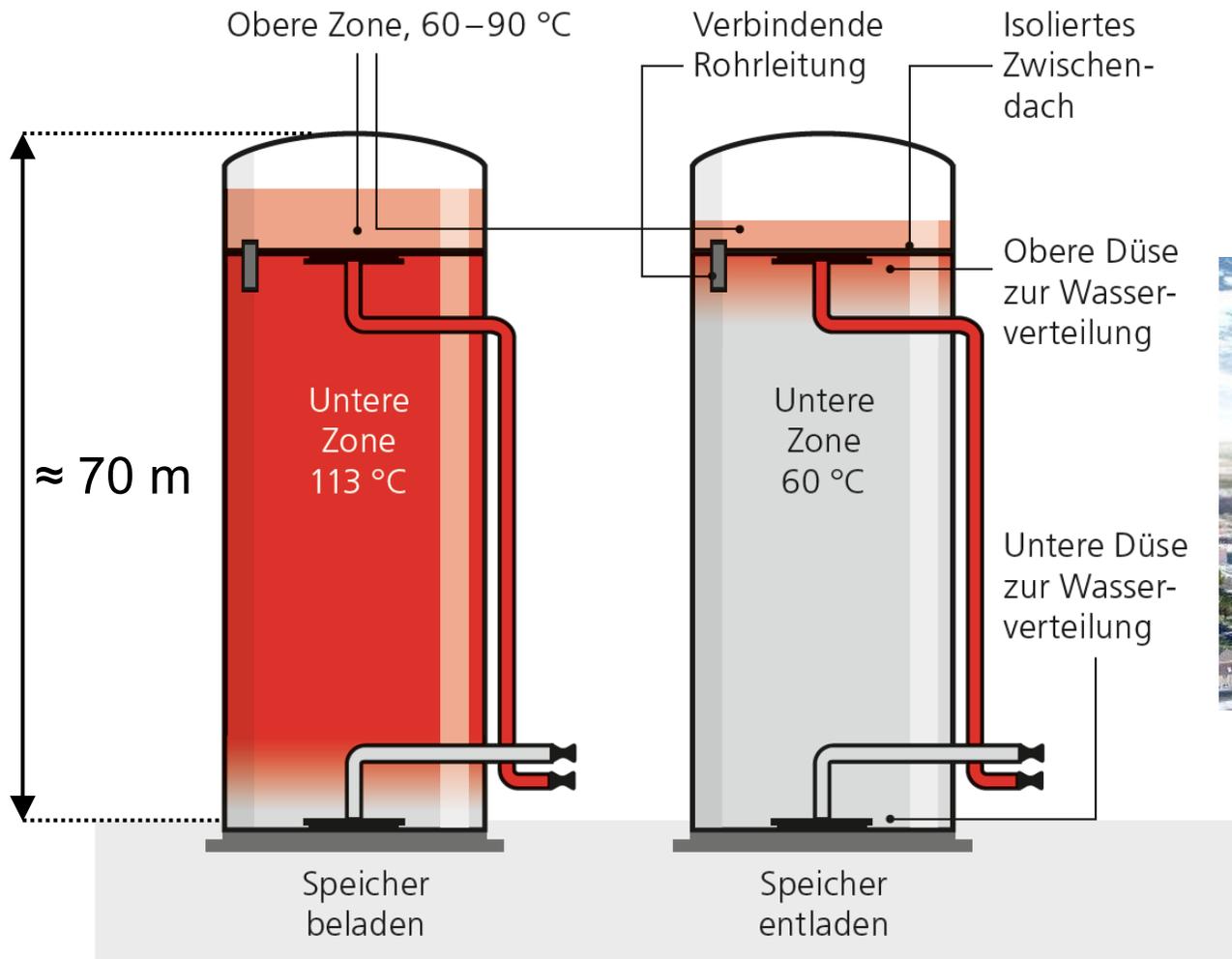
Nachteile:

- Erheblicher Investitionsaufwand für Aufbau von Fernwärmenetzen
- Fernwärmenetz als „Natürliches Monopol“
- Anbieterwechsel problematisch

Vorteile:

- Keine Emissionen und wenig Platzbedarf beim Verbraucher
- Flexibilität bei Energieträgern für Wärmeerzeugung

Wärmespeicher Nürnberg



Volumen: 33.000 m³ Wasser
Kapazität: 1500 MWh_{th}
Leistung Elektroheizer: 2x25 MW_{el}



Bilder und Zahlen: N-Eergie AG, Flyer: Wahrzeichen der Energiewende – Der Wärmespeicher der N-Eergie

Schichtladespeicher mit 6.000 m³:

Beispiel Olympiapark München, Wohngebiet am Ackermannbogen



Person

„Schichtladelanze“



Person

Bilder: Kuckelkorn et al., Solare Wärme am Ackermannbogen (ZAE Bayern)

Schichtladespeicher mit 6.000 m³: Wärme vom Sommer in Winter

Beispiel Olympiapark München, Wohngebiet am Ackermannbogen



Integration in Spielplatz:
Speicher unter Grashügel



Bilder: <http://www.bine.info>

Wasserstoff als Speicher und zum Heizen?

Autarkes Quartier mit Wasserstoffspeicher



Handelsblatt

ENERGIESPEICHER

Wasserstoff als Klimaretter im Eigenheim? Was Experten sagen

Brennstoffzellen als Energiespeicher in Wohnhäusern gelten als zu ineffizient und zu teuer. Doch Forscher und Start-ups wollen Skeptiker widerlegen.

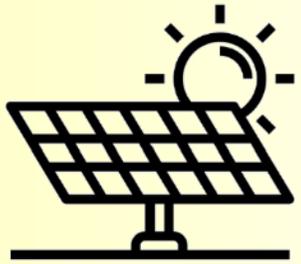
Über 100 Systeme habe das 2014 gegründete Unternehmen schon im Einsatz. Zwischen 70.000 und 100.000 Euro kostet die Installation, der Bund fördert diese mit rund 15.000 Euro. „Wir müssen Energie in der Zeit und im Raum verschieben, wenn wir eine klimaneutrale Versorgung wollen.“

Mit kommunalem Wasserstoff ...

Solarenergie in den Winter holen?

Saisonale Speicherung: Wasserstoff in Kavernen

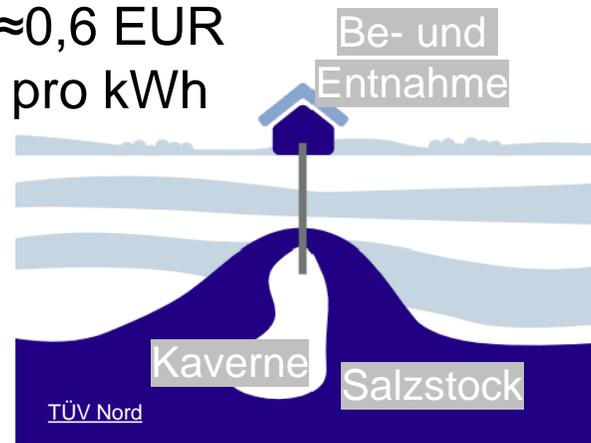
Sommer



Strom für
5 ct/kWh

$\eta \approx 50\%$

Investition
 $\approx 0,6$ EUR
pro kWh



Winter

Wärme für
0,18 EUR/kWh



100 EUR/kWh: Kosten Lithium-Ionen-Akkus 2020 pro kWh: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/534429/umfrage/weltweite-preise-fuer-lithium-ionen-akkus/>

0,60 EUR/kWh: Kosten für unterirdische Wasserstoffspeicher, vgl. S. 26 in Prognos (2020): Kosten und Transformationspfade für strombasierte Energieträger

1,5 USD/kg für Herstellung H₂ < 0,05 EUR/kWh, v.a. Abschreibung Elektrolyseur, <https://nelhydrogen.com/press-release/nel-cmd-2021-launches-1-5-usd-kg-target-for-green-renewable-hydrogen-to-outcompete-fossil-alternatives>

Beispiel:

*Regionale Erzeugung von Heizwärme für **Gemeinde Maisach.***

- *1/3 Wind für Wärmepumpen*
- *1/3 Wasserstoff aus Photovoltaik*
- *1/3 Wald für Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft*



1...2 Windräder à 4 MW

für Wärmepumpen.

und

Photovoltaik

für H₂

60 ha

Wald

3,2 km

10 km²

Für lokale

Erzeugung

von Heizwärme

Annahmen für Gemeinde Maisach

| | |
|----------------------|--|
| Einwohner | 15.000 |
| Wohnfläche | 45 m ² pro Einw. ca. 672.000 m ² gesamt |
| Heizwärmebedarf | 131 kWh/m ² p.a. 5.870 kWh p.a. pro Einw. |
| Holz Zuwachs pro ha | 7.200 kg bzw. 22 Rm |
| Heizwert Holz | 4 kWh/kg |
| Photovoltaik | 100.000 MWh/km ² |
| Strom zu Wasserstoff | 50% |
| Windkraft | 1.800 Volllaststunden |
| Leistungszahl | 2...3 |

Beispiel:

*Regionale Erzeugung von Heizwärme für **Gemeinde Maisach.***

- *1/3 Wind für Wärmepumpen*
- *1/3 Wasserstoff aus Photovoltaik*
- *1/3 Wald für Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft*

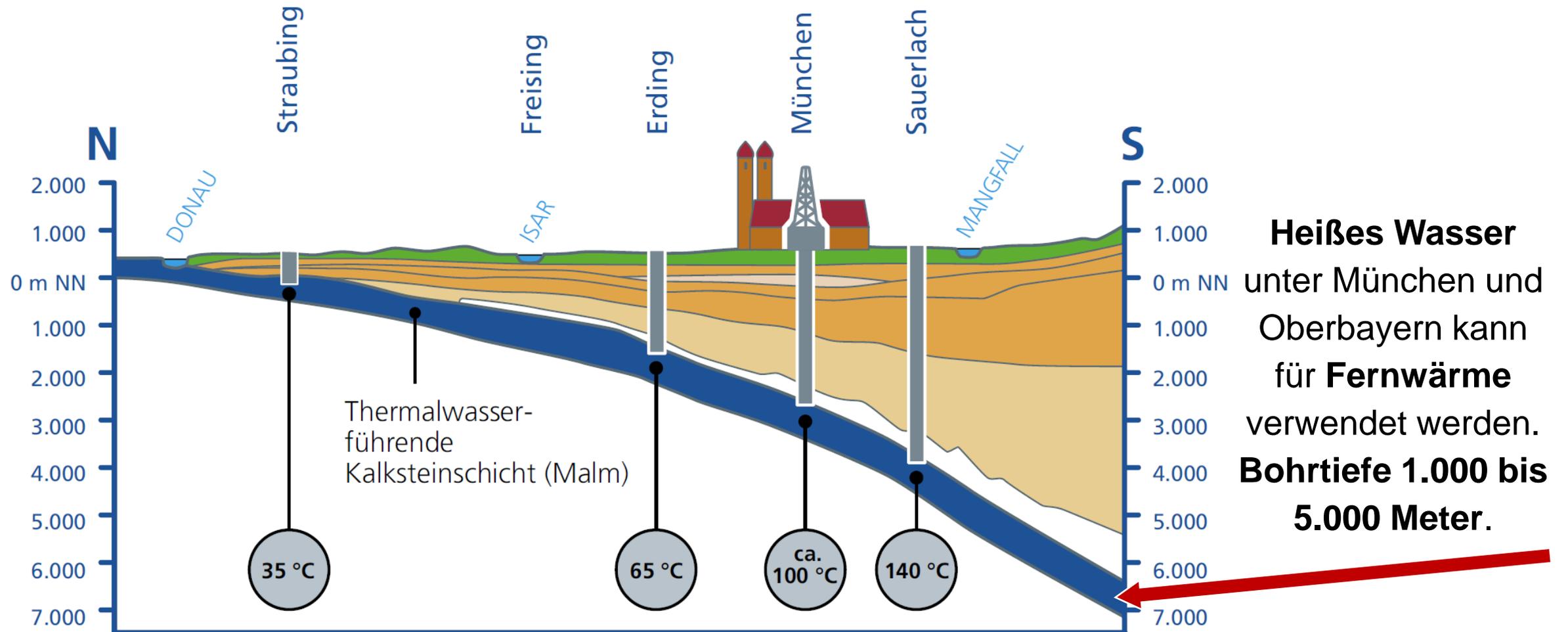
Könnte klappen.

*Wie **Energie-** und damit **Flächenbedarf** reduzieren?*

- *Gebäude **besser isolieren***
- ***Intelligenter und sparsamer Heizen***
- *Nutzung von **Tiefengeothermie***
- *Import von Energie, z.B. **Strom, Wasserstoff, Holz***

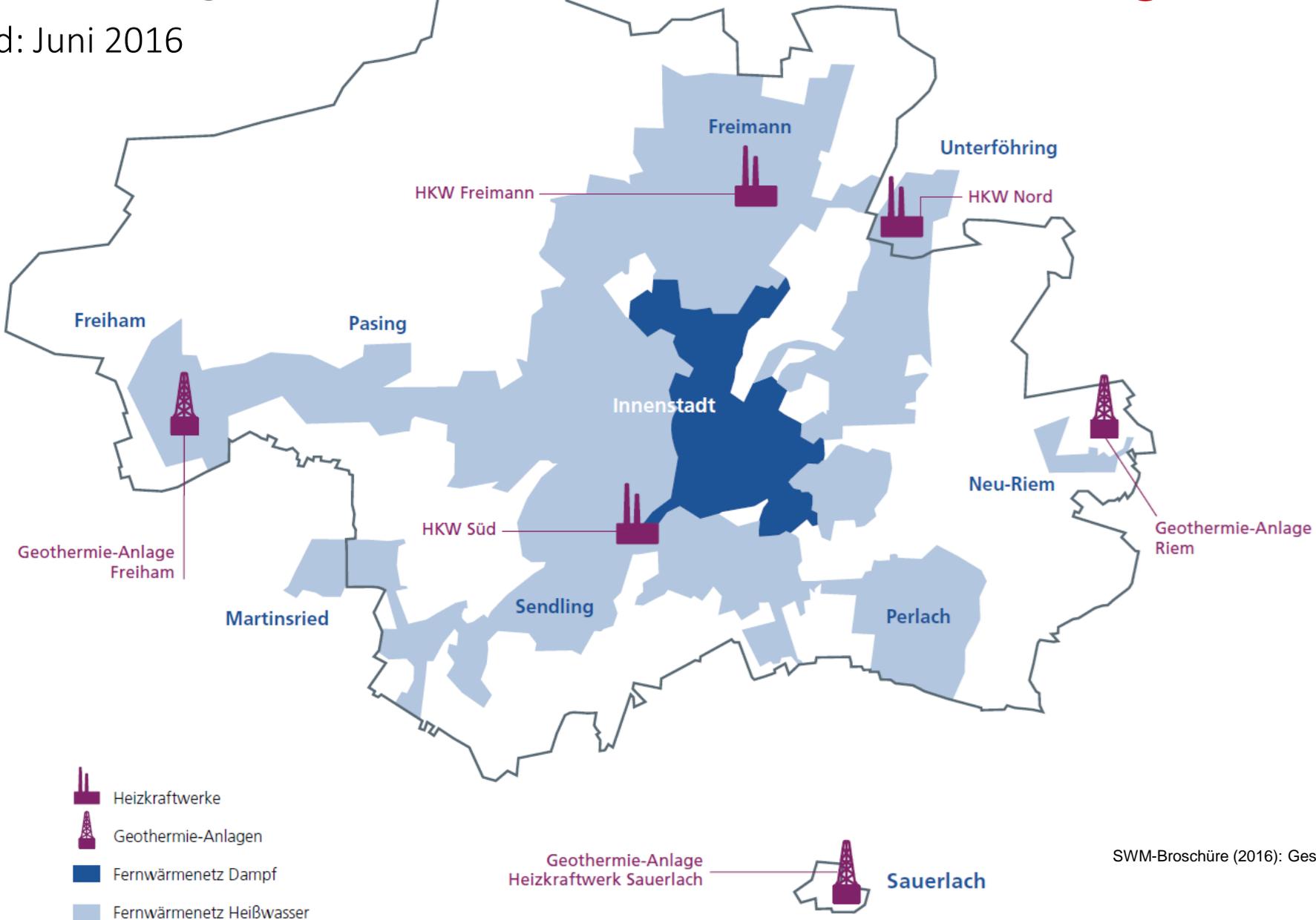
Strategie der Stadtwerke München (SWM)

„Gestalter der Wärmewende – 100 Prozent erneuerbar“



Fernwärmegebiete München und Geothermie-Anlagen

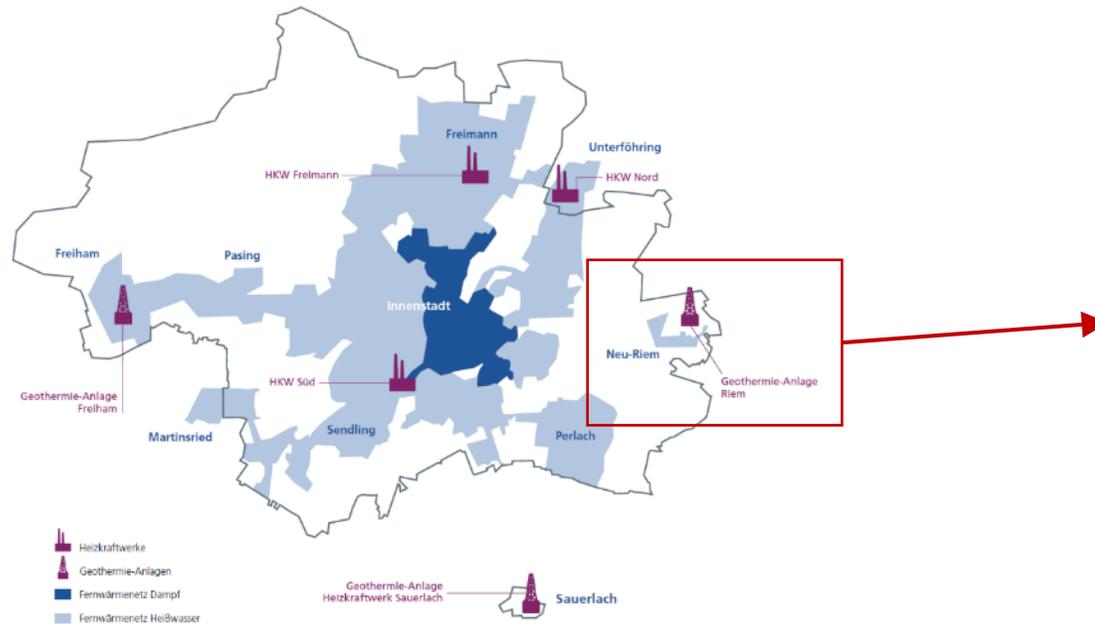
Stand: Juni 2016



SWM-Broschüre (2016): Gestalter der Wärmewende – 100 Prozent erneuerbar

Fernwärmegebiete München **und Geothermie-Anlagen**

Stand: Juni 2016



Geothermieanlage München-Riem



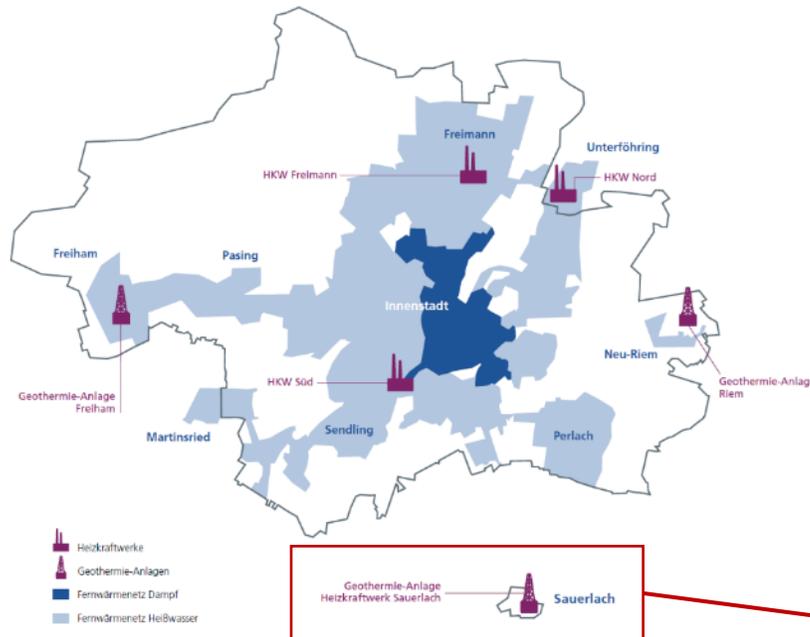
| | |
|--------------------------|-----------------|
| Tiefe der Bohrungen: | 3.275 m/3.019 m |
| Thermalwassertemperatur: | ca. 95 °C |
| Thermalwassermenge: | ca. 90 l/s |
| Erzeugungsleistung: | ca. 13 MW |

Fernwärmegebiete München **und Geothermie-Anlagen**

Stand: Juni 2016

Geothermie-Heizkraftwerk in Sauerlach

| | |
|---------------------------------|--------------------------|
| Tiefe der Bohrungen: | 4.757, 5.060 und 5.567 m |
| Thermalwassertemperatur: | ca. 140 °C |
| Thermalwassermenge: | ca. 110 l/s |
| Elektrische Erzeugungsleistung: | ca. 5 MW |
| Jährliche Stromerzeugung: | ca. 40 Mio. kWh |
| max. Wärmeauskopplung: | 4 MW bzw. 4 Mio. kWh/a |



Zentrale Versorgung mit Tiefengeothermie

Vorteile

- Bereitstellung von Wärme und Strom unabhängig von Jahreszeit und Witterung
- Kein Brennstoffbedarf oder CO₂-Ausstoss für Wärmeerzeugung
- Beispiel München: Fernwärmenetz zur Verteilung der Wärme bereits vorhanden

Nachteile

- Geologische Voraussetzungen
- Hoher Investitionsaufwand
- Risiko induzierter Erdbeben oder Bodenbewegungen
- Ertrag von Geothermiebohrungen ungewiss

Foto: https://de.wikipedia.org/wiki/Hebungsrisse_in_Staufen_im_Breisgau

Risse in Häusern
durch Hebung
des Erdbodens

Staufen im
Breisgau

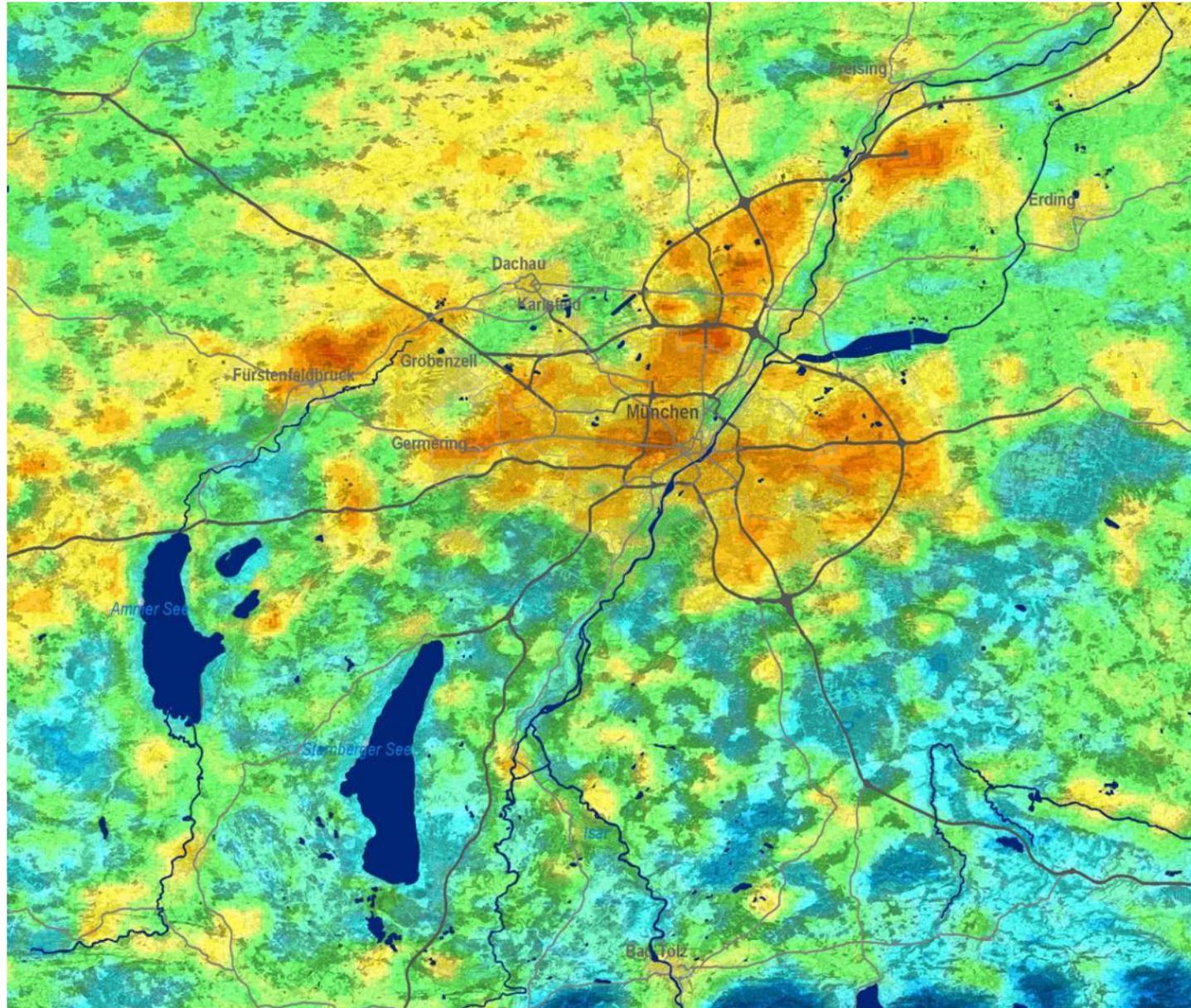


Vermeidung von Energiebedarf für Kühlung

Hitzeinsel München

Relevanz für:

- Ermittlung **Klimatisierungsbedarf**
- Einfluss von **Grünflächen** auf **Stadtklima**
- Wärmeeintrag durch **Abwärme**



25. Juni 2006
14:06 Uhr

Blau $\approx 20^{\circ}\text{C}$
Rot $< 50^{\circ}\text{C}$

Typisches Straßenbild einer deutschen Innenstadt



Bild: BMW Group

Vision von BMW für Straße der Zukunft



Bild: BMW Group

Grüne Dächer und Fassaden

Beispiel für Vermeidung von Energiebedarf für Kühlung



Dachgarten in New York City

Welche Zwecke haben Dachgärten?

- Kühlere Dachfläche durch Verdunstung, Verschattung und thermische Trägheit
- Zurückhaltung von Regenwasser im Erdreich auf dem Dach → Vermeidung Überlastung der Kanalisation bei Starkregen
- Erhöhte Biodiversität
- z.T. Reduktion von Feinstaub
- Naherholung
- Wertsteigerung der Immobilie
- ...

Foto: Annie Schlechter

Abschätzung der Kühlleistung eines Baumes

durch Verdunstung von Wasser

| Baumart | Verdunstung V_W^1 | Kühlleistung $\dot{Q}_{\text{Kühl}}$ durch Verdunstung (Rechnung siehe unten) |
|--------------|----------------------------------|---|
| Fichte | ≈10 Liter/Tag | ≈0,6 kW |
| Buche | ≈30 Liter/Tag | ≈1,7 kW |
| Eiche | ≈40 Liter/Tag | ≈2,3 kW |
| Birke | >100 Liter/Tag (an heißen Tagen) | ≈5,8 kW |

nach Prof. Rupert Wimmer, Holzwissenschaftler
der Universität für Bodenkultur, Wien



Eiche

$\dot{Q}_{\text{Kühl}} \approx 2,3 \text{ kW}$



LG Klimaanlage P09EN

$\dot{Q}_{\text{Kühl,max}} = 2,5 \text{ kW}$



1: Wimmer (2006): 100 Liter am Tag - Der Wassertransport im Baum, Link: <http://www.proholz.at/zuschnitt/22/100-liter-am-tag/>; Bilder: Eggert Baumschulen; LG Electronics

Biergarten



Entla's Keller
Erlangen

darum stehen dort Bäume – häufig Kastanien – und weniger Sonnenschirme

Zusammenfassung

Welches Heizsystem für welchen Fall?

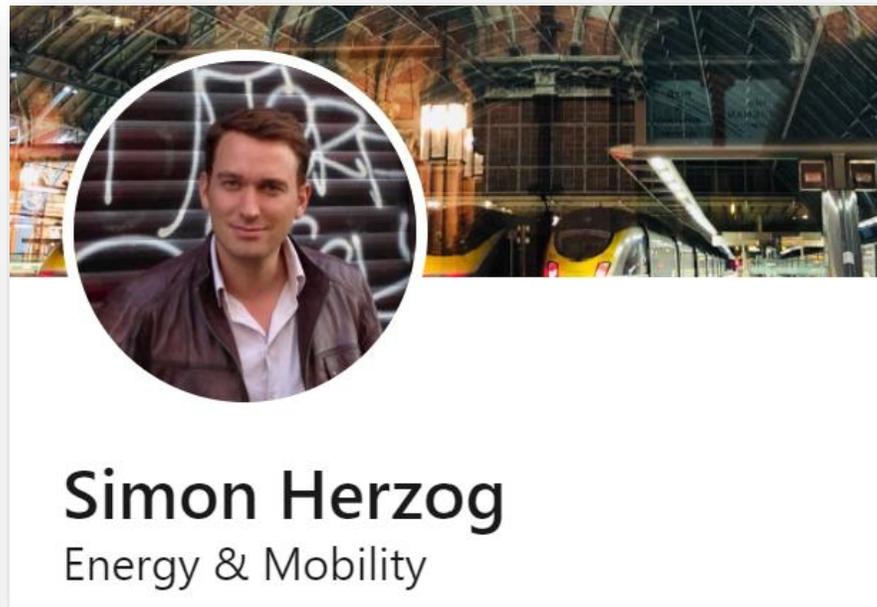
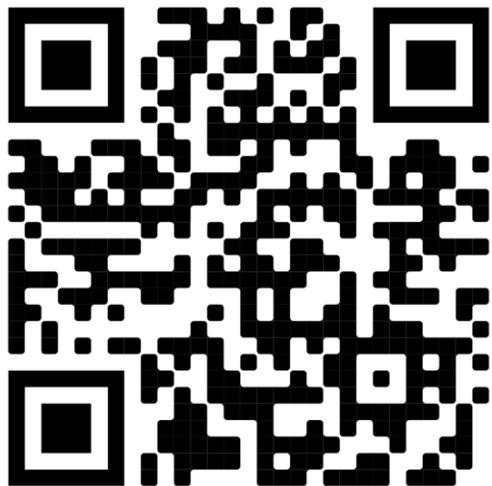
Heizung

- **Wärmepumpen optimal für Neubauten und Gebäude mit Flächenheizsystemen**
- Wärmepumpen optimal in Verbindung mit günstigem Strom, **z.B. bei eigener Photovoltaik**
- Falls Wärmepumpen nicht geeignet sind, etwa bei **Altbauten** oder **historischen Gebäuden**, **Fernwärme, elektrische Direktheizung** oder **erneuerbare Brennstoffe** eine Möglichkeit, **z.B. Holz** oder **Wasserstoff**
- **Wärmepumpen weniger gut** geeignet für **selten genutzte Gebäude** wegen hoher Investition
- **Fernwärme** bringt auch **erneuerbare Energien**, z.B. „**Windstrom**“ oder **Tiefengeothermie**

Kühlung

- Ein **mittelgroßer Laubbaum** hat einen besseren Kühleffekt als eine Klimaanlage
- „**Grüne Infrastruktur**“: Kühlung ohne Klimaanlage durch günstige **Quartiersgestaltung**

LinkedIn 



**Danke für die
Aufmerksamkeit!**

Instagram 



Lesetipps:

- [Handelsblatt \(10.02.2023\): Was kostet die Wärmepumpe langfristig im Vergleich?](#)
- BayWa [Solardachplaner](#)