

Willkommen zum Vortrag

Heizen mit einer Wärmepumpe

Beginn: 19:00 Uhr

Vortrag von:
Dr.-Ing. Peter Klafka
Aachen

07.02.2023
Verena / VHS Ahlen

- Studiert: Elektrotechnik RWTH Aachen
- Promoviert: Energiewirtschaft: langfristige Planung KWK-Systeme
- 1994 – 1998 **Beratung:** Ausbauplanung KWK und regenerative Energien
- 1998 **Gründung** eigenes Beratungsunternehmen
Strategie, Liberalisierung, Marktregeln
- Seit 2000 **Klafka & Hinz Energie-Informationssysteme GmbH**
heute 150 Mitarbeiter
- Software für die Energiewirtschaft:**
Energiedaten, EEG, Prognose, finanzielle Abrechnung
- Geschäftsprozesse**
- Energiewirtschaftliche Fragestellungen**
Planung und Bau von Anlagen-Prototypen in Energie-Systemen
- Ehrenamtlich engagiert bei **Scientists for Future**,
u.a. Regionalgruppe Aachen, Koordination bundesweite Fachgruppe Energie

Viele Infos heute:

- Folien werden auf Wunsch zugesendet
- Austauschgruppe Erfahrungen mit Wärmepumpe

Mythen und Fakten zur Wärmepumpe

Falsch

Die Behauptung
„Wärmepumpe geht nur im Neubau“
ist falsch.

Die Behauptung
„WP nur sinnvoll mit Fußbodenheizung“
ist falsch.

Behauptung
„Geothermie-WP ist immer besser als Luft-WP“
ist falsch.

Behauptung
„Luftwärmepumpe ist zu laut für Wohngebiet“
ist falsch.

Richtig

Wärmepumpen sind in Bestandsgebäuden sinnvoll einsetzbar

Für Wärmepumpeneinsatz ist eine Fußbodenheizung nicht notwendig.

Luft-Wärmepumpen können genauso oder effizienter sein als Geothermie-Wärmepumpen.

Es gibt sehr leise Luft-Wärmepumpen, die in Wohngebieten nicht stören.

Falsch

Die Behauptung

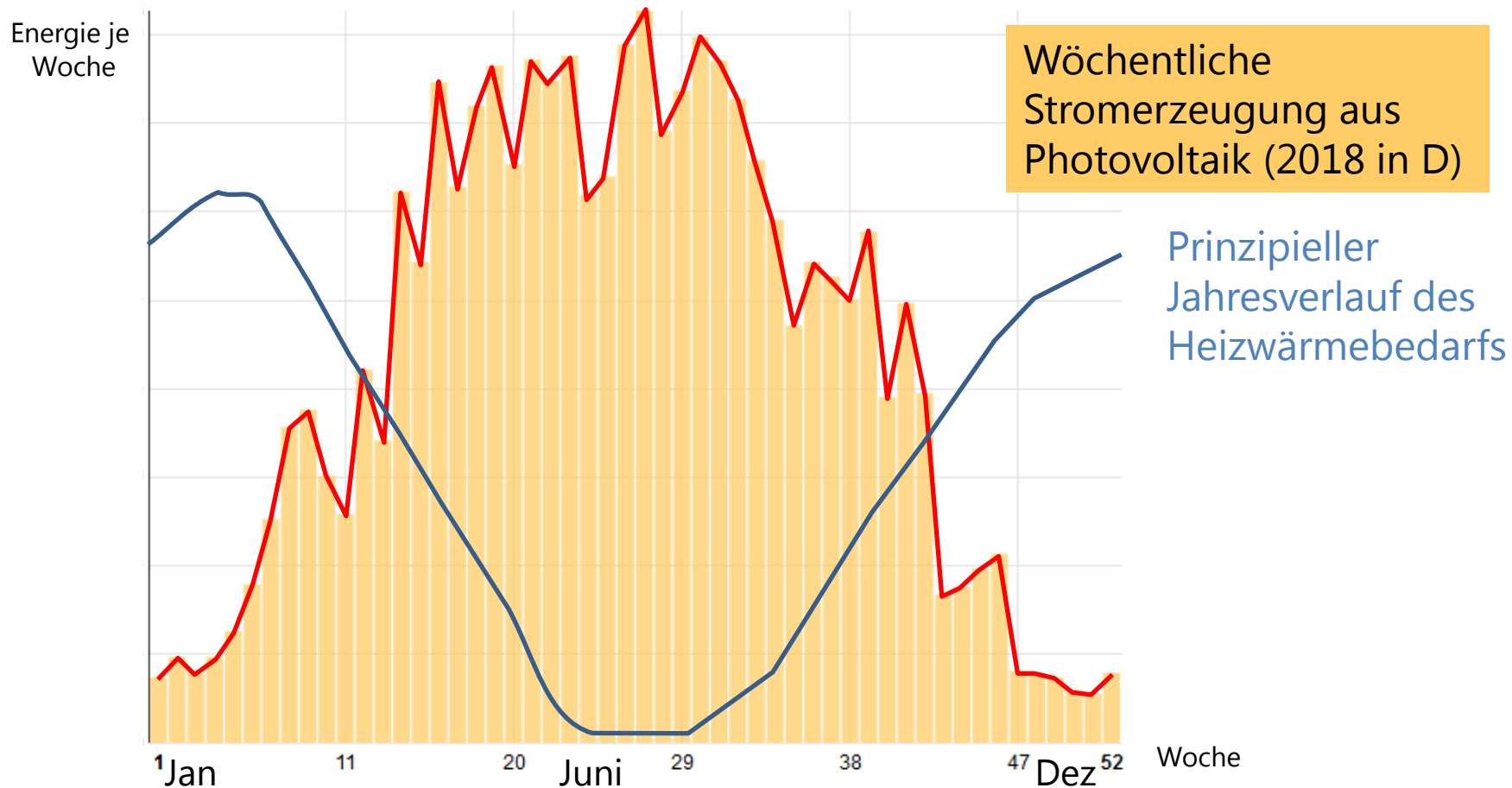
„Wir werden nie genug Strom haben, damit alle mit Wärmepumpen heizen können“
ist falsch.

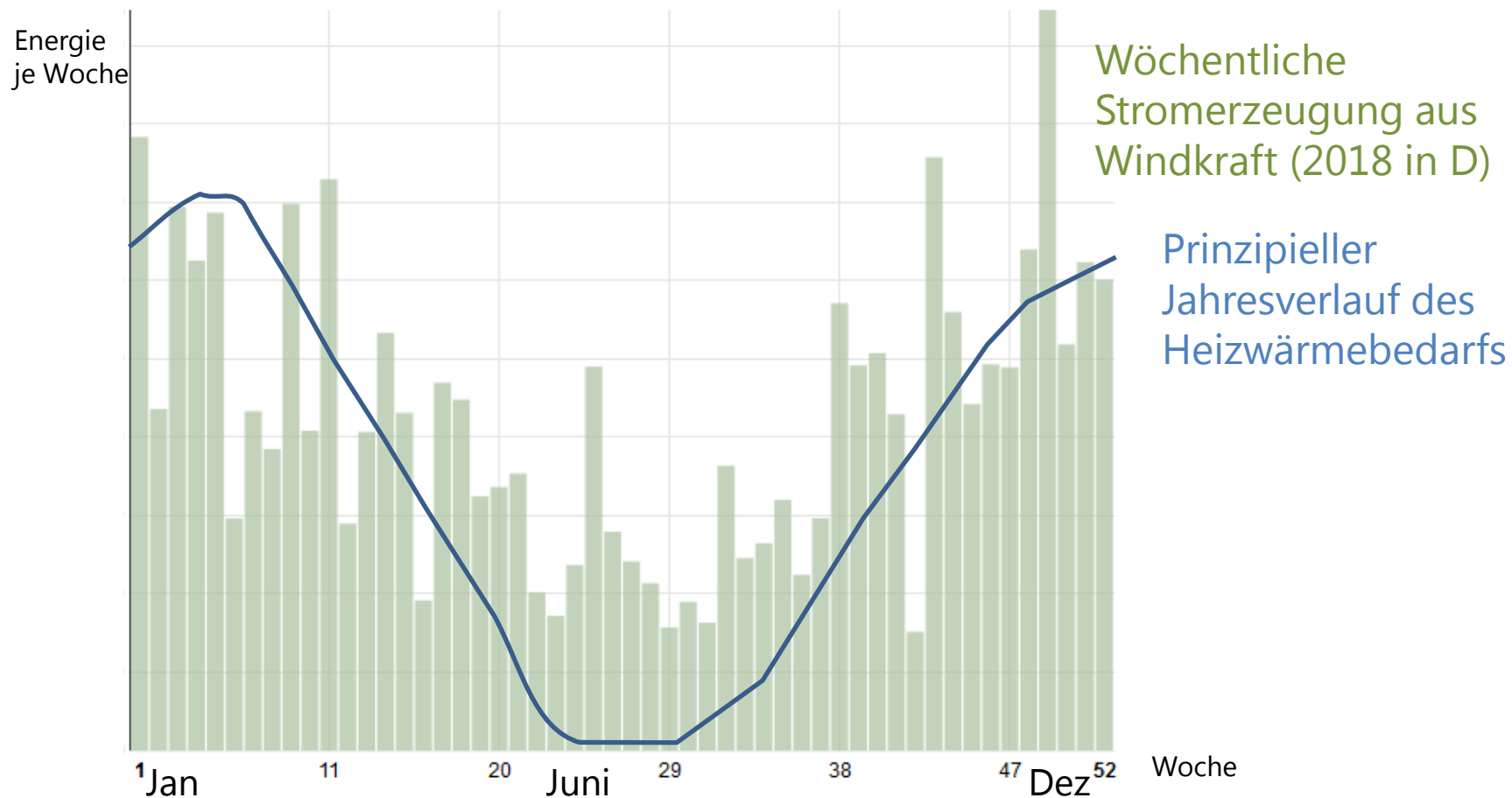
Richtig

Bei hoher Effizienz der Wärmepumpen und Windkraftausbau werden wir in der Heizperiode genug Strom haben.

Eigener Vortrag: 100 % klimaneutrale Energieversorgung

Energiewirtschaft





klimateutraler Strom
für **Heizungs-Wärmepumpen**
zum kleineren Teil aus Photovoltaik,
überwiegend aus **Windkraft**

Ein modernes Windrad erzeugt genug Strom zur
Wärmeerzeugung mit Wärmepumpen für über 10.000 Menschen

Warmwasser- Wärmepumpe

Gute Möglichkeit im
ungedämmten Keller

Wärmequelle ist die Kellerluft
Wärme strömt nach durch
Kellerwände und Kellerboden

Sehr einfacher Anschluss:
nur Kaltwasserzuleitung,
Warmwasser-Leitung und
Kondensatablauf

Vorteil: Keller wird entfeuchtet



Niedrige elektrische
Anschlussleistung

Ca. 2.500 € (nur Gerät)

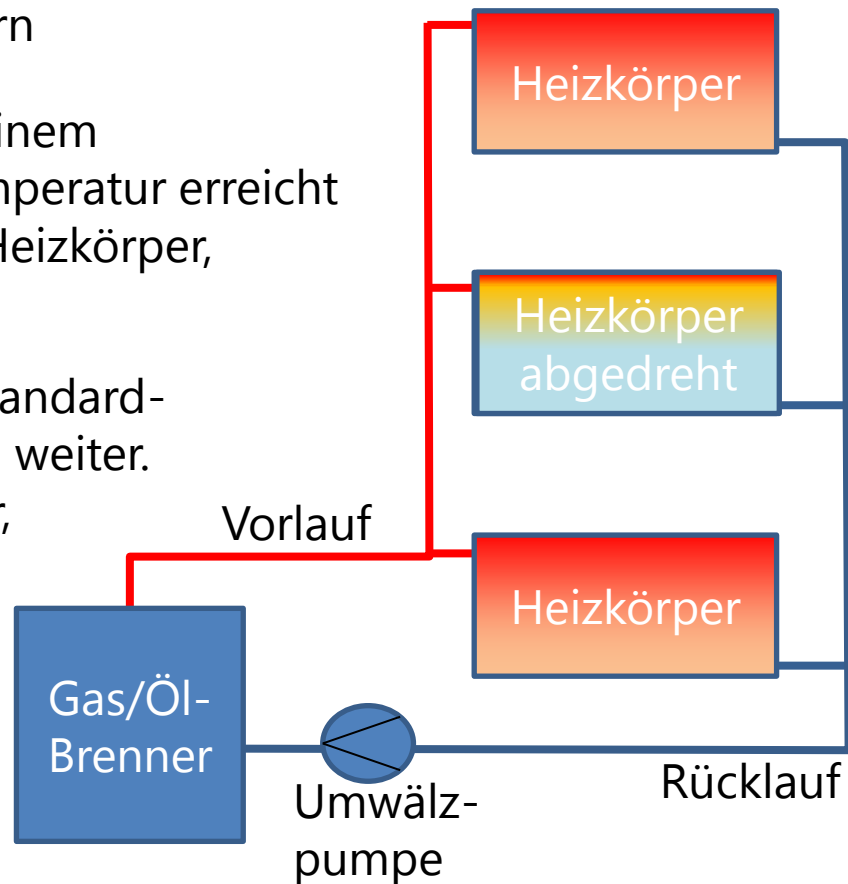
Grundwissen Heizung

Vorlauf: Wasserzufluss hin zu den Heizkörpern

Regelt das Heizkörper-Thermostatventil an einem Heizkörper zu, weil die gewünschte Raumtemperatur erreicht ist, dann fließt kein Wasser mehr durch den Heizkörper, er wird kälter.

Haben alle Ventile abgeregelt, dann laufen Standard-Umwälzpumpen trotzdem mit voller Leistung weiter. Solche Pumpen sind große Stromverbraucher, oft mehrere hundert kWh pro Jahr.

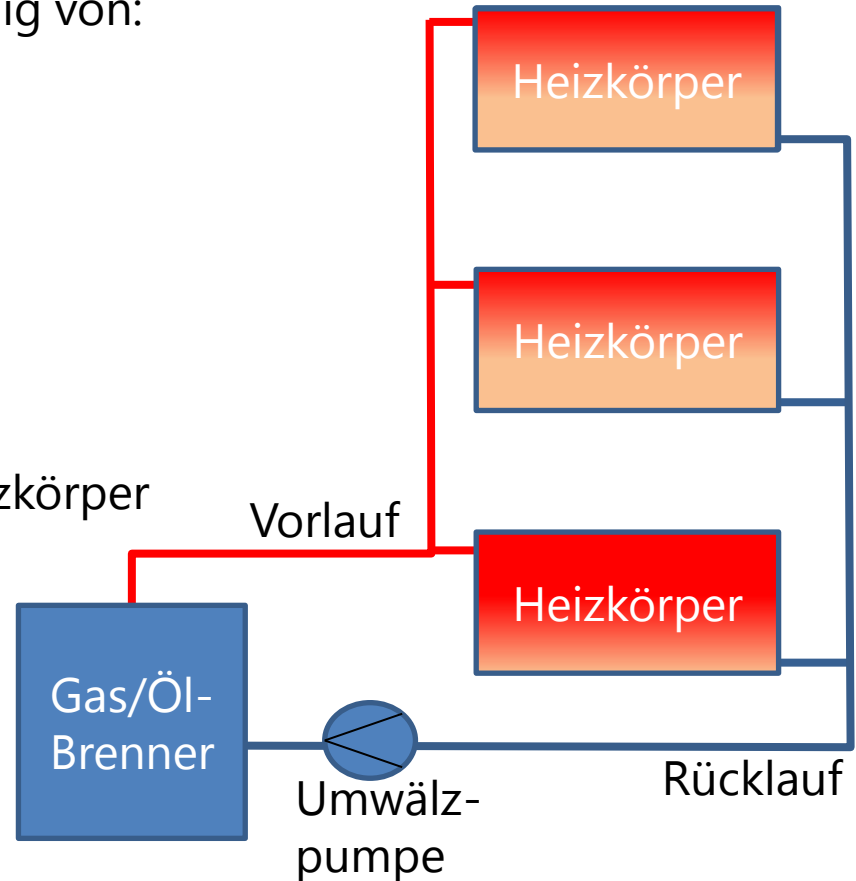
Der Einbau einer Hocheffizienzpumpe spart viel Strom, ist finanziell stark lohnend und schont das Klima.



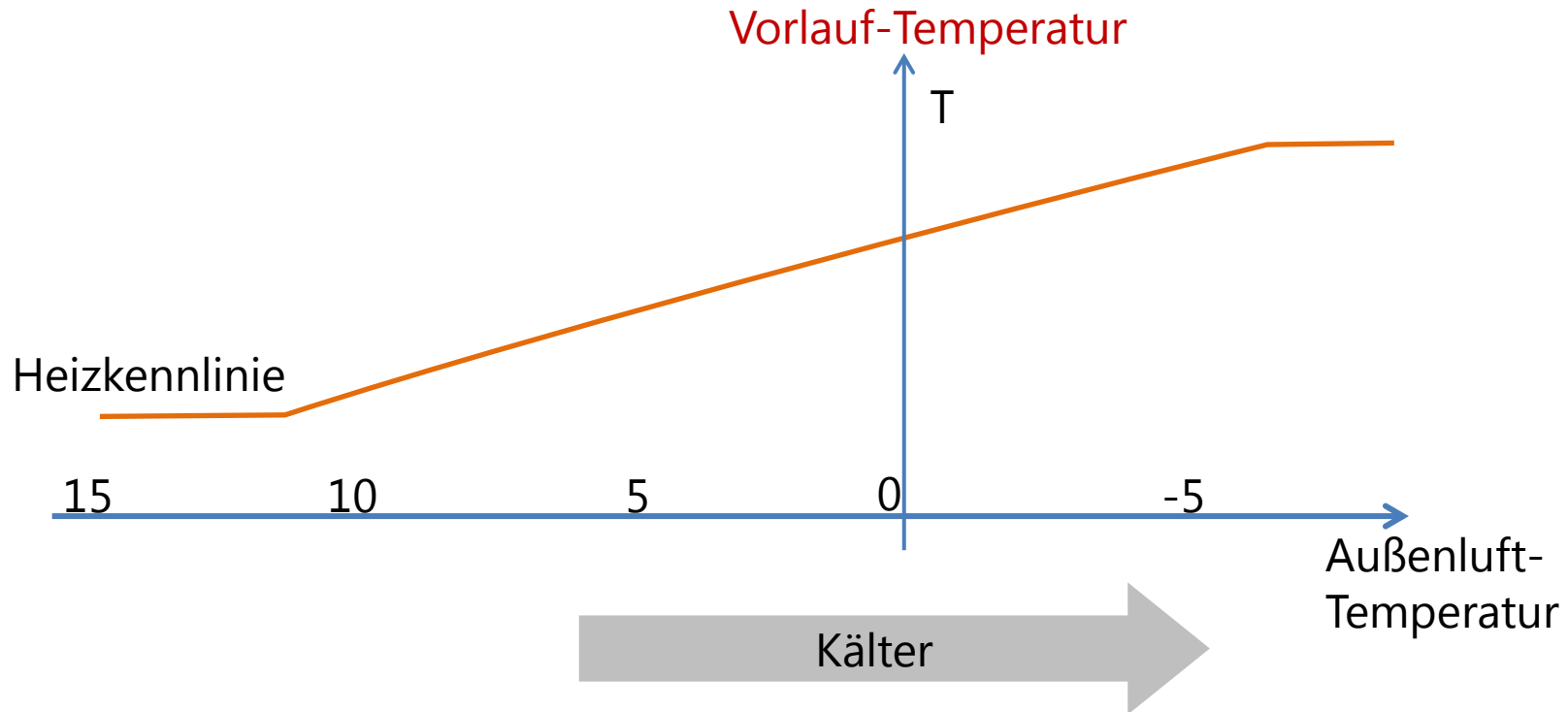
Die **Wärmeabgabe in den Raum** ist abhängig von:

- der Größe des Heizkörpers
- seiner Wärmeabgabefähigkeit (Anzahl der Rippen, Lamellen, Platten)
- der Temperaturdifferenz zwischen Vorlauf und Raumtemperatur
- seiner Durchströmungs-Geschwindigkeit und damit vom Temperaturverlauf im Heizkörper

Die Heizungssteuerung regelt die Vorlauf-Temperatur automatisch hoch, wenn es draußen kälter wird.



Die Vorlauf-Temperatur wird automatisch höher, wenn es draußen kälter wird.



Viele Heizungs-Installateure wollen Beschwerden und/oder nachträgliche Einstellungs-Änderungen vermeiden

Die Vorlauftemperatur ist häufig viel zu hoch eingestellt.

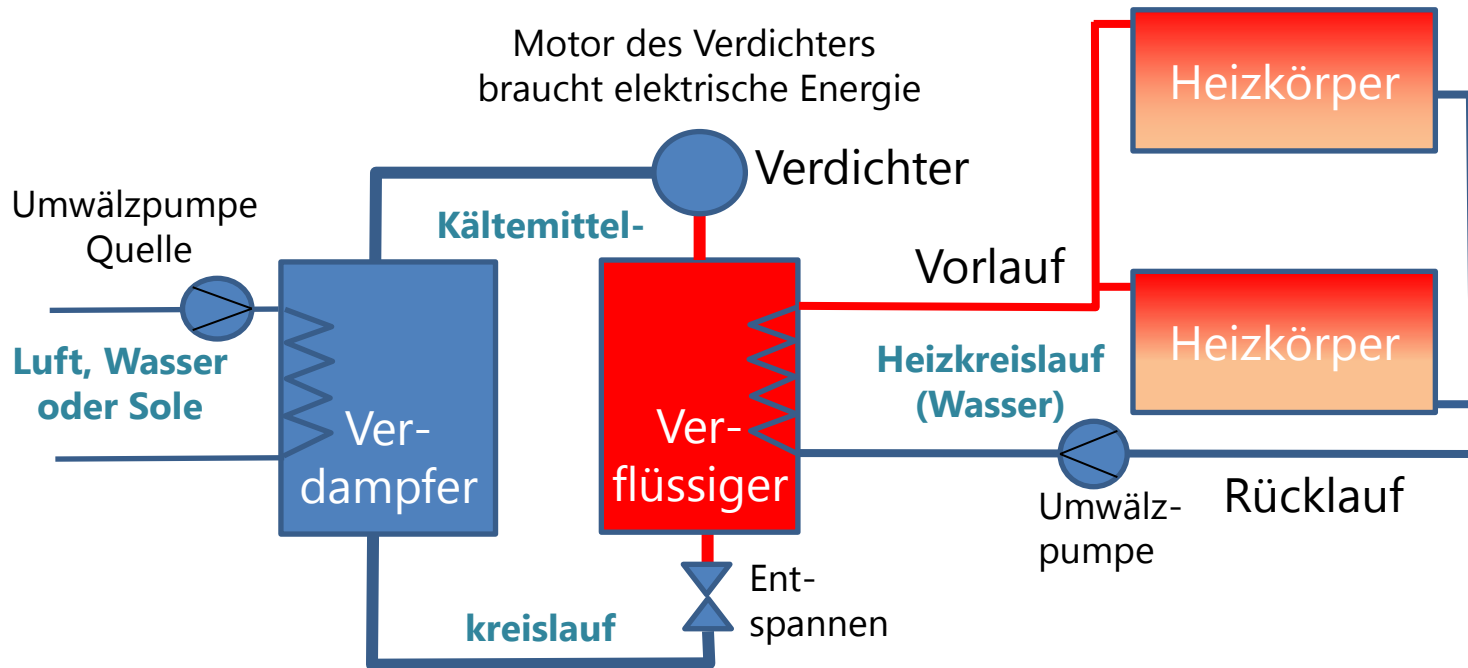
Das verschwendet Energie, erhöht die Treibhausgas-Emissionen und kostet auch bei Gas- und Ölheizungen viel Geld, da:

- Abgas ist heißer
- Verluste in Rohrleitungen sind höher
- keine Kondensation des Wasserdampfs im Abgas

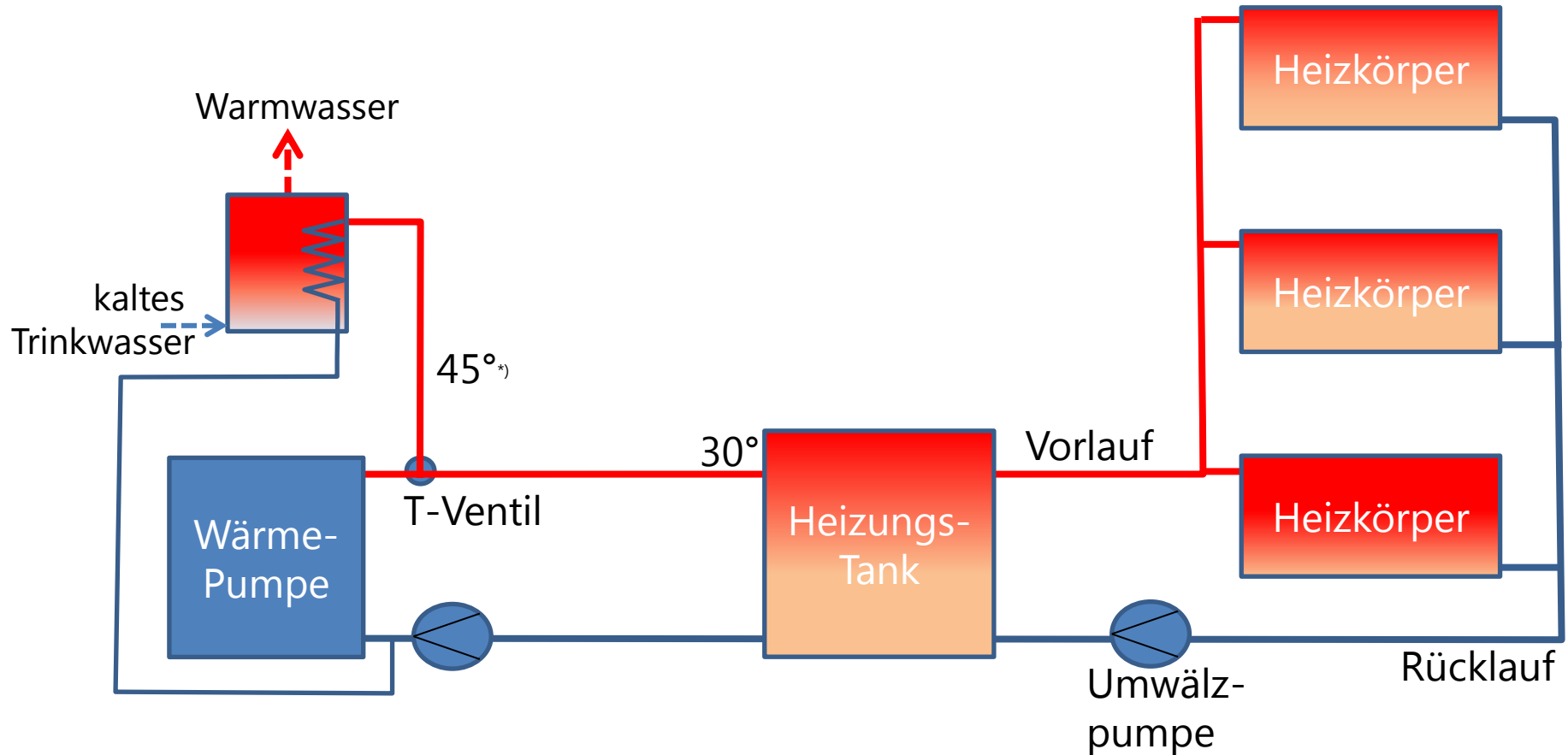
Brennwert kann (in den meisten Heizungen) nur ausgenutzt genutzt werden, wenn Rücklauftemperatur (aus Heizungen zum Kessel) deutlich niedriger als Taupunkte Erdgas 57 °C, Heizöl 47 °C

Grundprinzip der Funktionsweise von Wärmepumpen

Wärmequelle:
Luft, Boden,
oder Wasser

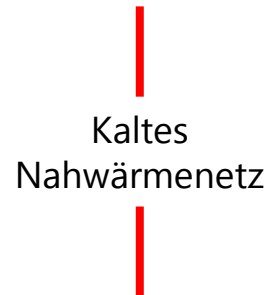
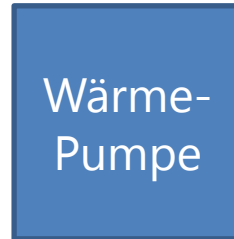
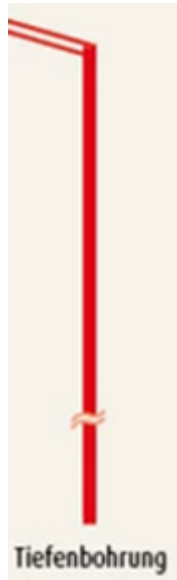
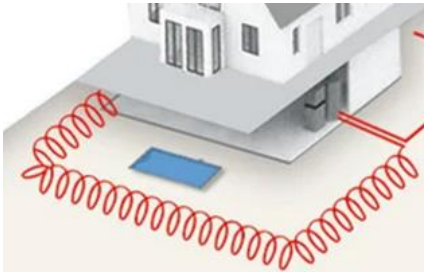
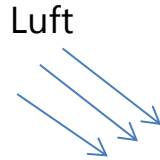


← Temperaturdifferenz zwischen warmer und kalter Seite bestimmt Effizienz →



Einordnung

Wärmequellen



Wärmeabgabe



Wärmequellen

Wärmeabgabe

Monoblock

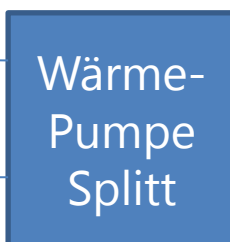
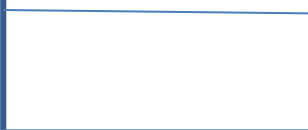
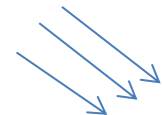


Wärmequellen

Wärmeabgabe

Splittgerät

Luft



Luft



Effizienz

Effizienz wird angegeben als
Verhältnis von Wärmebereitstellung zu
aufgewendeter elektrischer Energie

Beispiel:

mit dem Einsatz einer kWh elektrischer Energie
bekommt man X kWh Wärme ins Haus

(X-1) kWh: aus Umweltwärme

1 kWh: aus der Umwandlung der elektrischen Energie in Wärme

COP coefficient of performance

wird jeweils für einen Betriebspunkt angegeben bei voller Leistung

Beispiel: A7/W35 COP=5,8

Außenluft hat 7°C bei Eintritt in die Wärmepumpe

Wasser des Vorlaufs hat 35°C

Daten für
aktuell beste
Luft-Wärmepumpe

Bei 7 Grad Außentemperatur		
Vorlauf	COP	Strom-Mehrbedarf
35 °C	5,8	-
45 °C	4,5	29%
55 °C	3,5	66%

EN14511		Leistung [kW]	COP
Heizbetrieb	A7W35	4,1	5,77
	A2W35	8,2	5,19
	A-7W35	8,4	3,79
	A-15W35	6,7	3,02
	A7W45	4,6	4,46
	A7W55	4,4	3,55
	A-7W55	8,1	2,55

SCOP seasonal coefficient of performance

Mittelwert der Betriebspunkte über ein Jahr mit Temperaturverlauf

Berücksichtigung von

Heizstabeinsatz, Abtauenergie bei Vereisung, Teillast, Standby*)

Der SCOP wird separat berechnet und ausgewiesen für:

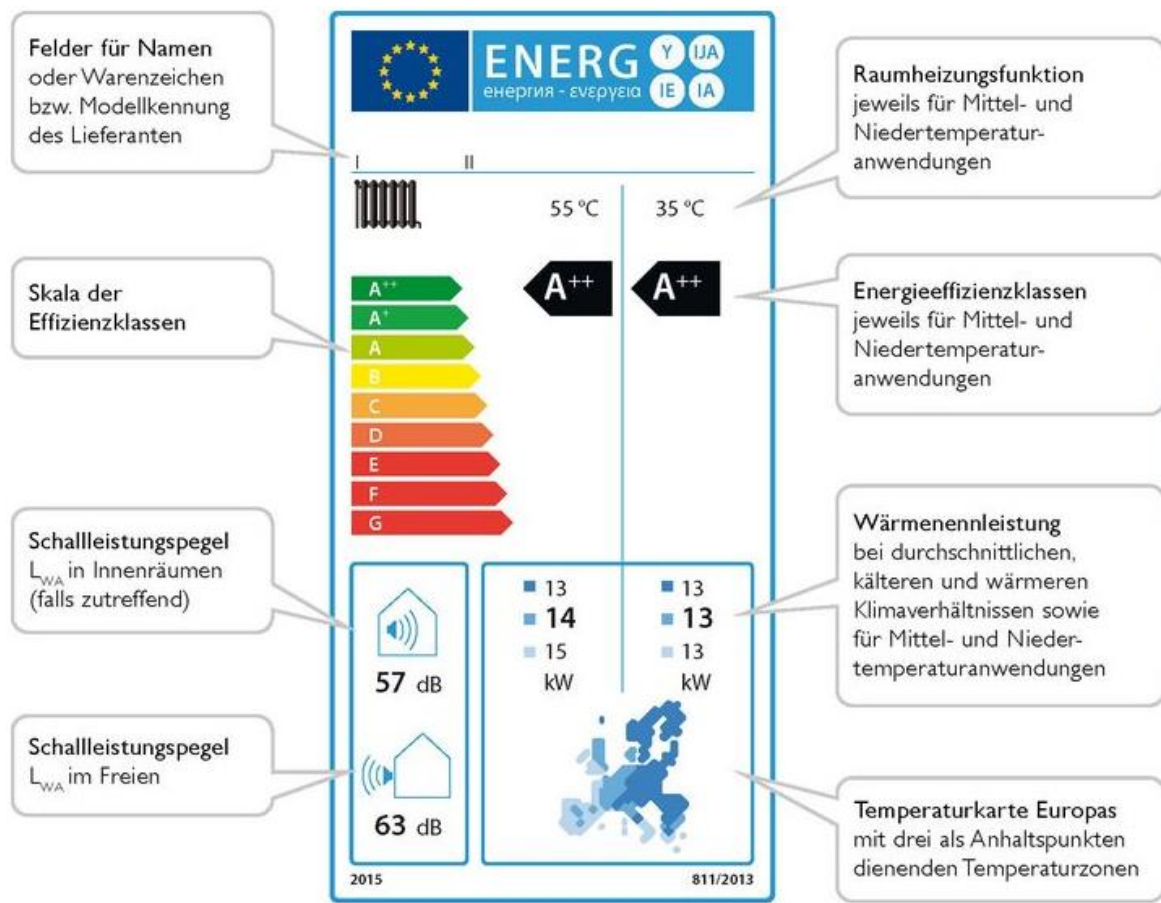
- Niedertemperatur-Verwendung (Vorlauf $<35^{\circ}$)
- Mitteltemperatur-Verwendung (Vorlauf $<55^{\circ}$)

Beispiel:

die WP hat für Mitteltemperaturen einen SCOP von 4,5

für Niedertemperaturen einen SCOP von 5,7

*) Standby nicht im ESCOP



Auch oft verwendet wird die jahreszeitbedingte Raumheizungs-Energieeffizienz

- $\eta_S = \text{SCOP} : \text{PEF} \times 100$

$$\text{SCOP} = \eta_S / 100 * \text{PEF}$$

Mit: PEF Primärenergiefaktor der Energiequelle (Strom)

Als PEF wird für den EU-weiten Strommix angesetzt: 2,5

(Deutschland: 1,8)

Aber: es wird der EU-Wert verwendet

$$\text{SCOP} = 3,75 \rightarrow \eta_S = 150\%$$

$$\text{Beispiel: SCOP} = 180\% / 100 * 2,5 = 4,5$$

$$\text{SCOP} = 3 \rightarrow \eta_S = 120\%$$

JAZ Jahresarbeitszahl

Verhältnis aus tatsächlicher Wärmebereitstellung zu Energiebedarf
Angabe für ein konkretes Jahr für eine konkrete Anlage

Beispiel:

„Die Anlage meines Kollegen hatte 2021 eine JAZ von 4,5
meine identische Wärmepumpe in Lammersdorf eine von 4,1“

EJAZ Wärme am Ausgang der Wärmepumpe zu Aufwand für Kompressor,
Abtauenergie bei Luft-Wärmepumpen,
Strom für Antriebe Umwälzung Luft bzw. Pumpen für Grundwasser oder Erdreich

SJAZ zusätzlich Speicherverluste, Heizstab

Bei gleicher Vorlauftemperatur gibt es sehr große Unterschiede bei der real erreichten **Jahresarbeitszahl JAZ**:

Bandbreite bei maximalem Vorlauf von 45°C: 4,1 bis 1,6
→ Stromkosten um Faktor 2,5 höher

Vielfältige Gründe möglich

- Regelung defekt oder falsch eingestellt
- falsch dimensioniert, deshalb Heizstab häufig an
- Strömungsabriss in Grundwasser-Förderpumpe
- Bodenkollektoren oder Tiefbohrung falsch dimensioniert und daher vereist
- schlechte Wärmepumpe gekauft

Eine Marktübersicht:

Liste der förderfähigen Wärmepunkte des BAFA:

https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/ee_waermepumpen_anlagenliste_bis_2020.pdf?__blob=publicationFile&v=1

Enthält COPs für ausgewählte Betriebspunkte und Nenn-Leistung

Immer: EU-Effizienzlabel prüfen

Datenblatt prüfen, darin sollte man die beiden SCOP-Werte finden

wichtig: nicht mit COP-Werten begnügen

- Heizstab ist oft mit eingebaut in Wärmepumpe
- Wärmebereitstellung über Heizstab hat COP von 1
- Bei guter Auslegung der Wärmepumpe wird er fast nie gebraucht, außer nach mehrtägiger starker Kälteperiode
- Studie: Mehrjährige Auswertung zeigt: bei 70% aller Erdwärme-Anlagen und 50% aller Luft-WP ist Heizstab nie aktiv
- Aber: bei einigen Anlagen im Fast-Dauerbetrieb
→ unwirtschaftlich
- Prüfen, ob für sehr kalte Tage ein Heizstab überhaupt eingebaut werden soll.
- Einbau auch im Speicher möglich

Wenn vorhanden:
Heizstabeinsatz
kontrollieren

Weitere wichtige Kenndaten

Kältemittel GWP Greenhouse Warming Potential
Angabe als Faktor der Treibhauswirkung zu CO2

Kältemittel	GWP
R410a	2088
R134a (Tetrafluorethan)	1430
R32	635
R290 (Propan)	3

Beispiel: 1 kg Kältemittel R134a
hat Klimawirkung von 1,4 t CO2
(wenn es aus Wärmepumpe entweicht)

Kältemittel mit hohem GWP:

- werden sukzessive verboten und sind daher bei Reparaturen entweder sehr teuer oder gar nicht mehr verfügbar
- bei größeren Füllmengen ist jährliche Kontrolle durch Fachfirma vorgeschrieben

Propan sehr sinnvoll: sehr hohe Effizienz möglich, sehr hohe Vorlauftemperaturen möglich, insbesondere bei Monoblock einfach

Lautstärke

Unterschiedliche Angaben üblich:

- direkt am Gerät oder
- in 3 m Entfernung
- Bei Tagbetrieb / Nachtbetrieb
- bei Splitt-Geräten unterschiedlich für Lüfter und Kompressor

<https://www.waermepumpe.de/schallrechner/>

Mindestabstand zum
Nachbarn
in NRW aufgehoben seit
16.12.2022

<https://www.mhkbd.nrw/ministerin-scharrenbach-klimaschutz-hausgemacht-solaranlagen-auf-reihenhaeusern-und-erleichterungen>

Mit dem neuen Erlass fällt Mindestabstand weg. Die Ausnahme von der Einhaltung des Mindestabstandes muss schriftlich bei der Bauaufsichtsbehörde beantragt werden, einer Baugenehmigung für das Aufstellen der Wärmepumpe bedarf es nicht.

Leistung

Angegeben werden:

- **Wärmeleistung** in kW_{th}
- elektrischer Leistungsbedarf nur Kompressor in kW_{el}
- zusätzlicher Leistungsbedarf durch Heizstab in kW_{el}

Achtung: höchste erreichbare Vorlauftemperatur
meist nicht möglich bei höchster Wärmeleistung

die wärmste Stadt Deutschlands im Jahresmittel 2021 war: **Köln**

Insbesondere im Winter sind die Temperaturen im Rheinland eher hoch im Vergleich mit anderen Teilen Deutschlands.

Durch den Klimawandel ist die Lufttemperatur im Winter deutlich gestiegen: Beispiel Aachen:

Auslegungstemperatur Norm 2008: $-12,0^{\circ}\text{C}$,

neue Norm: auf Basis 1995 – 2012: $- 7,1^{\circ}\text{C}$

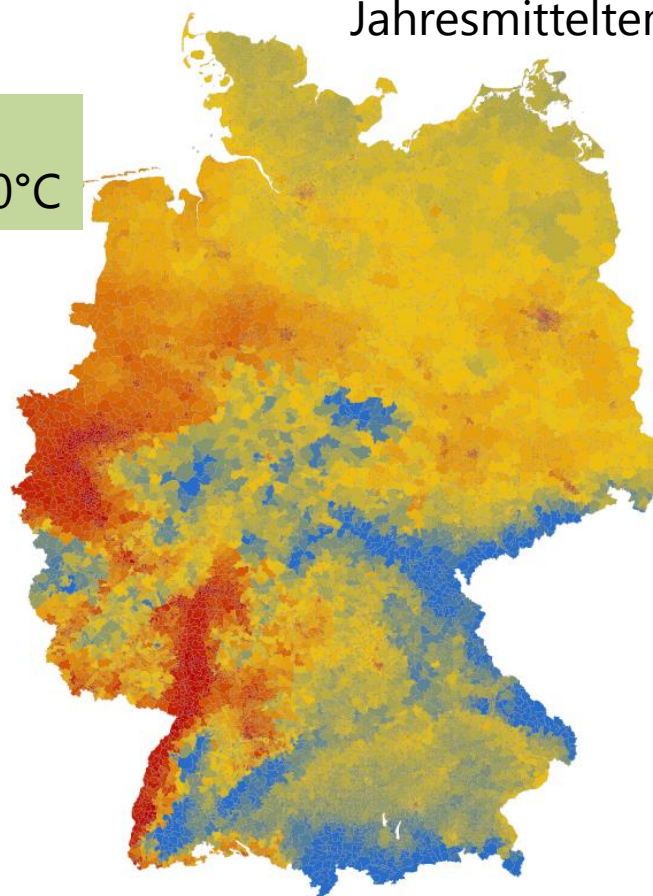
➔ Luft-Wärmepumpe ist eine gute Option in vielen Regionen

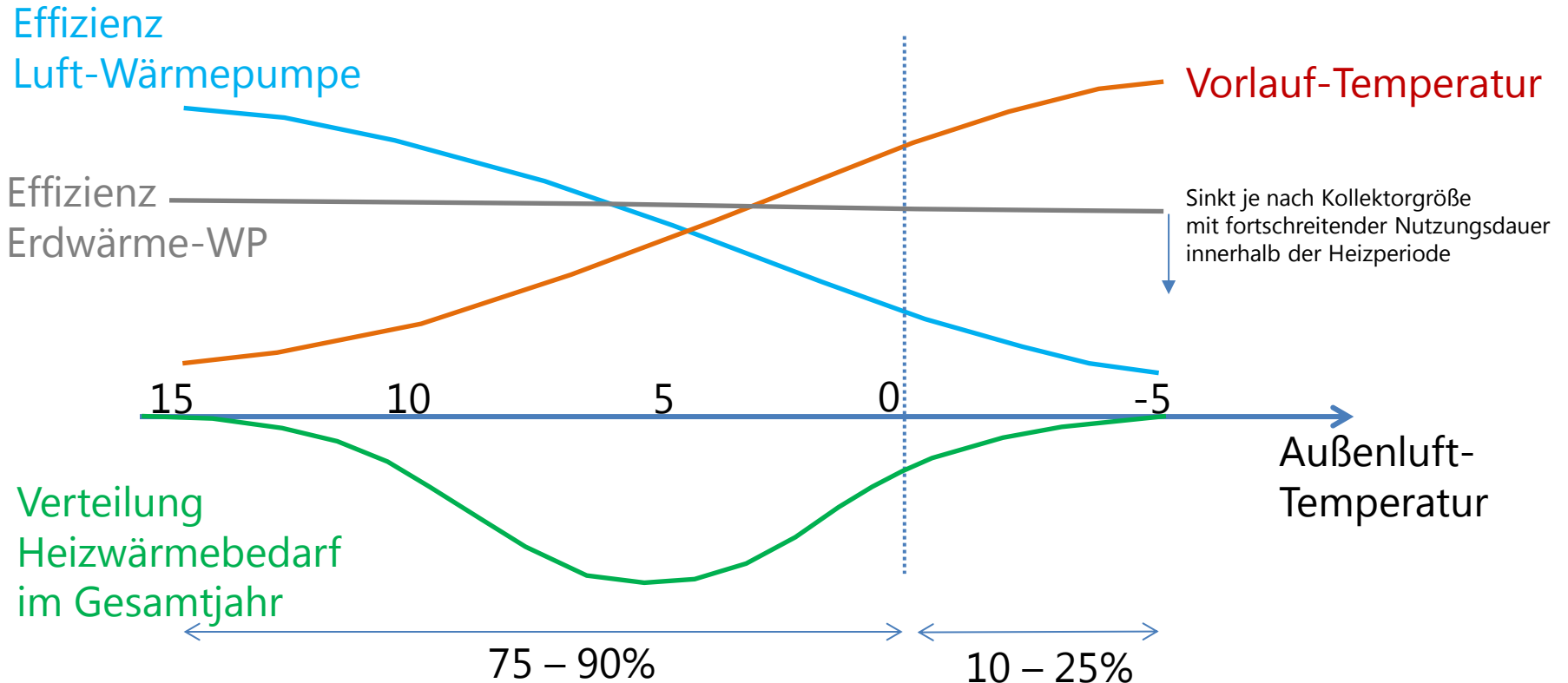
Normaußentemperatur



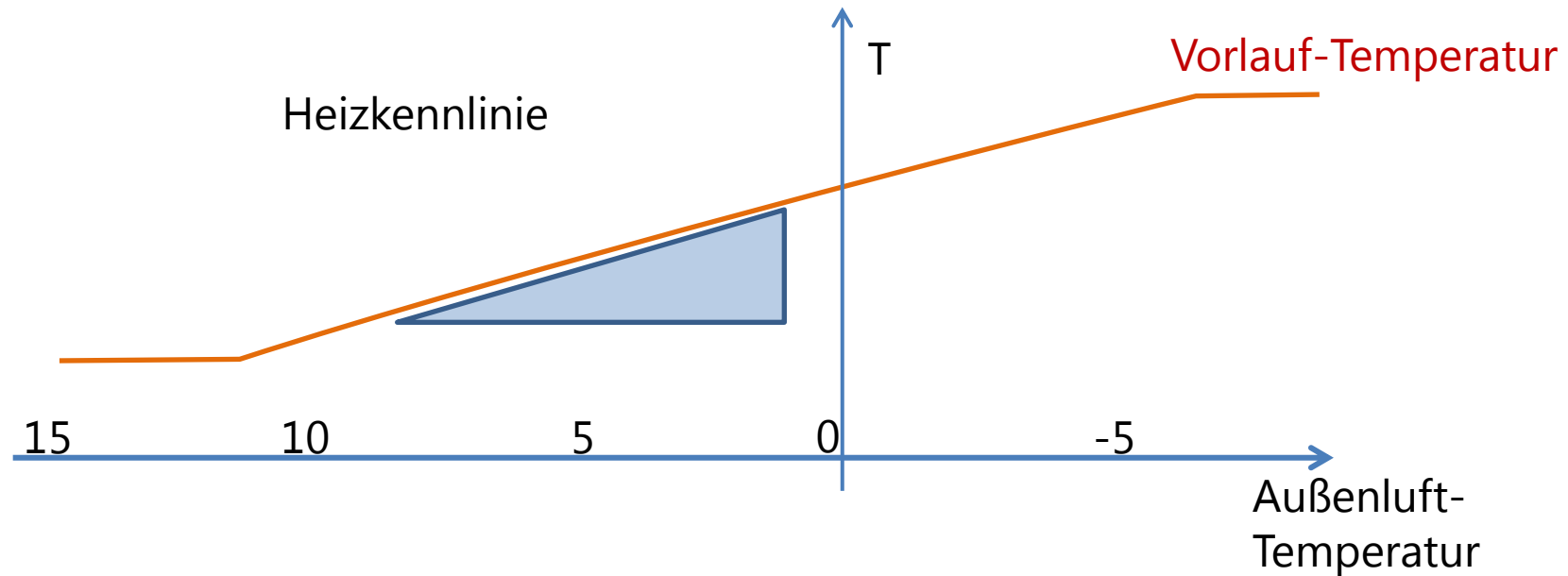
In Aachen:
nur 333 h < 0°C

Jahresmitteltemperatur





Vorlufttemperatur Steigung



Steigung der Heizkennlinie: Einstellbar in Heizungssteuerung
Übliche Werte: 1,0 bis 2,2
Beispiel Steilheit = 2: je Grad weniger draußen steigt die Vorlauftemperatur um 2 Grad

Persönliche Erfahrung
2,1 \rightarrow 0,95


Handlungsanleitung Vorlauftemperatur optimieren und ermitteln

1. Im Display der Heizung **Vorlauftemperatur ablesen** und notieren an verschiedenen Tagen bei verschiedenen Luft-Temperaturen

Außen-Temp.	Vorlauf-Temp.	Steilheit
3 °C	55 °C	2,1
-1 °C	60 °C	2,1

Möglichst morgens vor oder bei Sonnenaufgang im Winter
Temperaturen < 5°C am besten <0°C

Achtung: Heizbetrieb muss aktiv sein, nicht Warmwasserladung

2. Steilheit der Heizkennlinie reduzieren 
3. Mehrere Tage (2-3) warten
4. Haus ausreichend warm → ja
→ nein vorherigen Wert einstellen
5. Referenzwert Außentemperatur ist bekannt für z.B. 0°C,
Steilheit optimal eingestellt

Handlungsanleitung benötigte Wärmepumpen- Leistung ermitteln

Datum	Außen-temp.	Gas-Verbrauch
	-3 °C	2,1 m ³
	-1 °C	2,1 m ³

Tabelle täglich ausfüllen möglichst zur gleichen Uhrzeit

im Winter bei Temperaturen um 0°C oder tiefer

- Tag mit höchstem Gasverbrauch bestimmen
- Energiemenge für Tag berechnen:

$$\text{Energie} = \text{Gasverbrauch} * \text{Heizwert} * Z_Zahl$$

Heizwert: ca. 11 kWh/m³

Z-Zahl: 1 bis 0,9 (je nach Höhenlage) Beide Zahlen stehen auf der Rechnung

- Benötigte Wärmepumpenleistung: $P_{\text{Wärme}} = \text{Energie}/18\text{h}$

Auslegungstag:
sehr kalter Tag am
Ende einer längeren
Kälteperiode

Achtung: eher mehr Leistung einplanen, um in Stunden mit niedrigen Strompreisen höhere Wärmemenge einspeichern zu können.

Achtung: häufig wird in einem Winter die Norm-Auslegungstemperatur nicht erreicht, dann muss die benötigte Wärmeleistung für die Norm-Auslegung abgeschätzt werden.

Beispiel:

Gemessener Energiebedarf: 100 kWh
an einem Tag mit -3 °C (mittlerer Temperatur)
Norm-Außentemperatur: -8,5 °C
Innenraumtemperatur: 21 °C

Berechnung Energiebedarf für einen Tag mit -8,5°C:
 $100 \text{ kWh} * (-8,5 - 21) / (-3 - 21) = 123 \text{ kWh}$

Benötigte Wärmeleistung: $123 \text{ kWh} / 18 \text{ h} = 6,8 \text{ kW}$

- Abschätzung aus Jahresmenge möglich:
- Heizleistung = Jahresenergie Brennstoff * Effizienz Brenner / Volllaststunden
- Jahresenergie aus Gas-Rechnung entnehmen in kWh
für Öl: Jahresverbrauch in Liter * 10 ergibt kWh
- Effizienz (im Jahresmittel): ca. 0,9 bis 1 (Brennwertheizung mit niedrigen Vorlauftemperaturen)
- Volllaststunden:
 - Für Wohngebäude ohne Warmwasserbereitung: 2000 h/a
 - Für Wohngebäude mit Warmwasserbereiter: 2300 h/a
- Beispiel: 20.000 kWh Jahresenergieverbrauch * 0,95 / 2300
→ Heizleistung = 8,3 kW

In Abhängigkeit von Normaußentemperatur:

z.B. für $-7,5^{\circ}\text{C}$

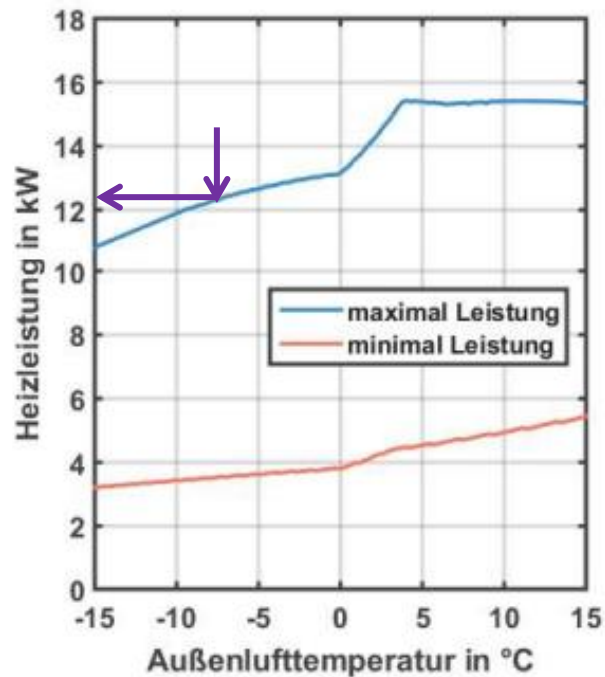
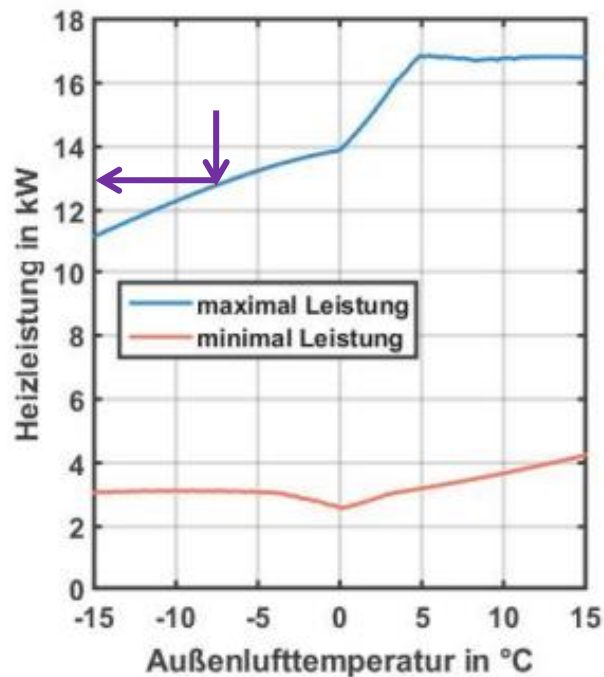


Abbildung 29: EU13L bei 5K Spreizung (links: 35°C Vorlauftemperatur / rechts: 55°C Vorlauftemperatur)

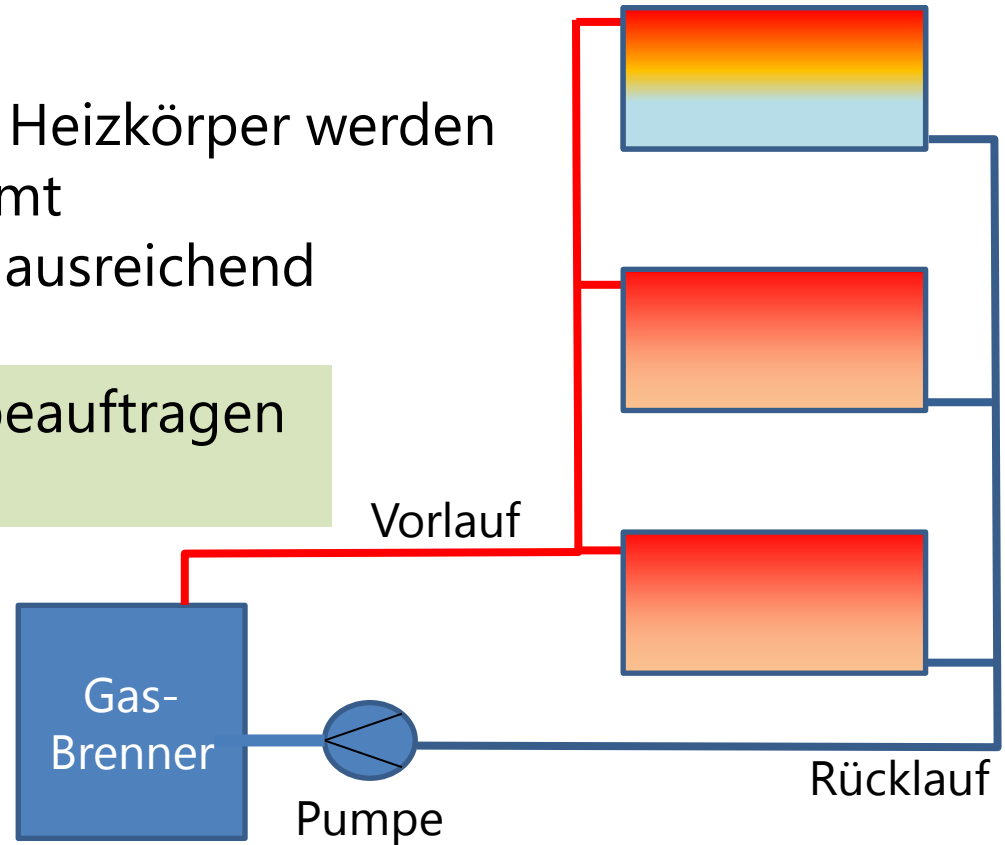
Maßnahmen um benötigte Vorlauftemperatur zu senken

Hydraulischer Abgleich

Häufiges Problem:
von Pumpe weiter entfernte Heizkörper werden
nicht ausreichend durchströmt
→ Wärmeabstrahlung nicht ausreichend

→ Hydraulischen Abgleich beauftragen
oder selber durchführen

Beim hydraulischer Abgleich
werden zu stark durchströmte
Heizkörper gedrosselt, so dass
zu wenig durchströmte mehr
durchströmt werden.



Selber machen

Praxis

www.youtube.com/watch?v=0ueyXtGcGRo

Theorie

www.youtube.com/watch?v=We6IYKwZJBU&t=0s



Einstellungen vorher und Änderungen notieren

Fortlaufender automatisierter Abgleich über elektronische Heizkörperventile

(ggf. ist vorher trotzdem eine Volumenstromermittlung notwendig)

www.haustec.de/heizung/waermeverteilung/homematic-thermostate-automatisieren-den-hydraulischen-abgleich

Fachfirma beauftragen

- Alle Heizkörperventile voll aufdrehen
- Vorlauftemperatur senken, bis es in einem Raum zu kalt ist (Raum K)
- In dem Raum Drosselung auf minimal stellen
- Im dann wärmsten Raum W Drosselung vergrößern
- Wenn es dann in Raum K zu warm ist, Vorlauftemperatur senken
- Wenn es jetzt in Raum W zu kalt ist, Drosselung verringern
- In anderen Räume entsprechend Drosselung verringern oder erhöhen
- Es muss immer mindestens einen Raum geben, der nicht gedrosselt ist, sonst Vorlauftemperatur weiter senken

Weitere Maßnahmen zur Senkung der Vorlauftemperatur

Vorlauftemperatur senken bis ein oder mehrere Räume nicht ausreichend warm werden, dann in diesen Räumen

- Handtücher runternehmen 😊
- Heizkörper-Abdeckungen entfernen, Möbel abrücken
- Dämmen (Fenster, Wände)
- weitere Heizkörper aufhängen
- Heizkörper tauschen gegen einen mit mehr Wärmeabgabe Fläche größer oder dicker durch mehr Bleche / Rohre
- Heizkörper mit Ventilator installieren
- Ventilator nachrüsten
- Wandheizung installieren
- Deckenheizung installieren
- Fußbodenheizung installieren

Deckenheizung

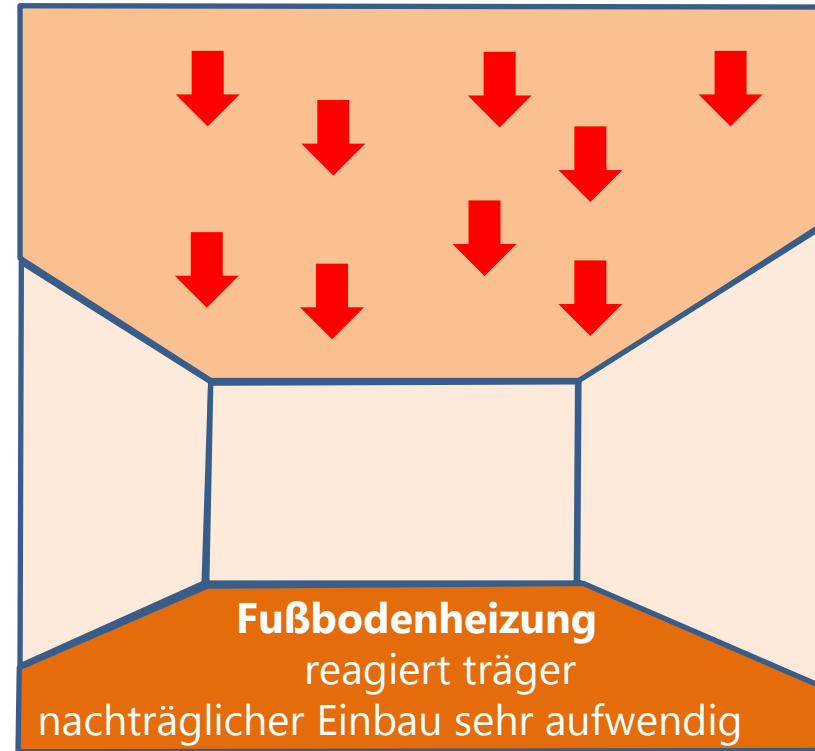
Vorteile Deckenheizung

- keine Zugluft und keine Konvektion
- mehr Platz, da keine Heizkörper nötig sind
- nachträglicher Einbau einfach möglich
- kein Wärmestau, weil eine Deckenheizung nicht durch Möbel blockiert wird, also komplette Deckenfläche nutzbar
- relativ preiswert

Nachteile Deckenheizung

- nachträglicher Einbau von Deckenlampen schwieriger (wo bohren)

Wandheizungen haben ähnliche Eigenschaften



Wärmespeicher

Man braucht einen Wärmespeicher

- Häufiges Ein-/Ausschalten (Takten) der Wärmepumpe vermeiden
- Teillastbetrieb der Wärmepumpe vermeiden
- Sperrstunden Strom überbrücken
- Zukünftig:
Wärmepumpenbetrieb in Stunden mit hohen Strompreisen
(z.B. morgens, abends) vermeiden

Förderung

Es gibt umfangreiche Förderungen durch die BAFA
Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

Guter Einstieg bei der Verbraucherzentrale NRW:

<https://www.verbraucherzentrale.nrw/wissen/energie/erneuerbare-energien/heizungsfoerderung-fuer-bestandsgebaeude-heizen-mit-erneuerbaren-10773>

Zusammenfassung

- Wärmepumpen sind volkswirtschaftlich sinnvoll
- Wärmepumpen sind auch in Bestandshäusern sehr sinnvoll einsetzbar
- Wichtig ist eine möglichst geringe Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle (Luft, Grundwasser, Erdkollektor) und Vorlauftemperatur der Heizung
- Gute WP kaufen, es gibt große Unterschiede bei der Effizienz
- Im großen Teilen Deutschlands sind Lufttemperaturen im Winter eher hoch, z.B. im Rheinland, flaches Norddeutschland, ... , Luftwärmepumpen sind dann eine gute Option
- Auf Kältemittel achten, möglichst niedriges Treibhauspotential
Propan mit GWP 3 ist der Goldstandard

Diesen Winter:

Vorlauftemperatur so weit wie möglich senken, das spart auch bei Gas/Öl-Heizungen

zur Vorbereitung einer WP-Anschaffung:

- benötigte Vorlauftemperatur bestimmen
- benötigte Wärme-Nennleistung bestimmen

**Vielen Dank
für Ihre
Aufmerksamkeit**

Folien und Anmeldung zum Online-Austausch zu Wärmepumpen: **WPAK-S4F-AC@gmx.de**

Bitte melden: Wer will weitere Vorträge zu Wärmepumpen organisieren?

Do. 09.02.23	19:00	Heizen mit der Wärmepumpe	VHS Aachen
Do. 09.03.23	18:30	Ich werde PV-Botschafter	Packsdrauf / SFV
Do. 16.03.23	19:00	Heizen mit der Wärmepumpe	Harsewinkel
Fr. 21.04.23	13:30	Altbau Plus Fortbildung für Architekten Stromheizungen in Bestandsgebäuden	online
Und noch:		PV-Selbstbau: s. www.selbstbau.solar	

Links

Betriebsarten monovalent, bivalent, multivalent

www.haustechnikverstehen.de/betriebsweisen-von-waermepumpen/

Wärmepumpe in Bestandsgebäude: Ratgeber

<https://wuestenrot-stiftung.de/publikationen/waermepumpen-in-bestandsgebaeuden-download/>

Online Wärmepumpen-Berater mit super Erklärungen und weiterführenden Links

<https://energiewende.eu/online-waermepumpenberater/>

<https://energiewende.eu/online-waermepumpenberater-weg-von-gas-und-oel/>

Artikelserie Wärmepumpen im Bestand vom Fraunhofer-Wärmepumpenfachmann

blog.innovation4e.de/2021/02/10/waermepumpen-im-bestand-eine-serie-in-12-folgen/

Liste förderfähiger Wärmepumpen mit COPs und Leistungen

https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/ee_waermepumpen_anlagenliste_bis_2020.pdf?__blob=publicationFile&v=1

JAZ Vorschau

www.waermepumpe.de/jazrechner

Auslegungsplanung Wärmepumpe

<https://energiewende.eu/online-waermepumpenberater-weg-von-gas-und-oel/>

Auslegungsplanung (Viessmann)

http://www.viessmann.de/content/dam/vi-brands/DE/PDF/Planungshandbuch/ph-waermepumpen.pdf/_jcr_content/renditions/original.media_file.download_attachment.file/ph-waermepumpen.pdf

Den Wärmepumpen-Kreisprozess verstehen (für Physikinteressierte) (von Prof. Marc Hölling)

<https://www.youtube.com/watch?v=CA0ixYNB5VY>

xxx

<https://>

Glossar

Heizlast: Maximal benötigte Wärmeleistung

Vorlauftemperatur: Temperatur mit der das Heizungswasser zu den Heizkörpern fließt

Rücklauftemperatur: Temperatur mit der das Heizungswasser die Heizkörper verlässt

Normaußentemperatur: Die tiefste Temperatur, welche 10 Mal innerhalb von 20 Jahren über mindestens zwei aufeinanderfolgenden Tagen aufgetreten ist.