



Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



Zukunft Altbau Praxisdialog online

Luft-Luft-Wärmepumpen

25.04.2024

Johannes Brunder



Vorstellung

Referent

Studium:

- Erneuerbare Energien, Bachelor
- Energietechnik, Master

Beruflich:

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE) an der Universität Stuttgart
 - Arbeitsgruppe „Wärmeübertragung und Kältetechnik“
 - Dozent der Vorlesung „Wärmepumpen und Kältetechnik“
- Wissenschaftskommunikation, Science Slams, Vorträge



Vorstellung

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)



Leitung:



Prof. Dr.-Ing.
Konstantinos Stergiaropoulos

- 50 Mitarbeitende
 - davon 35 Wissenschaftler/innen
- Campus Stuttgart Vaihingen

Solartechnik



Raumluftechnik



Energiespeicherung



Wärmeübertragung und Kältetechnik



Homepage:



Wie funktioniert
die Technik?

Behaglichkeit?
Wartung?
Installation?

Welche Systeme
gibt es?

Sind Luft/Luft-WP
GEG-konform?

Wie effizient sind
Luft/Luft-WP?

Belastung der
Stromnetze?



**Einstieg:
Was ist es? Wie funktioniert
es?**

Definition

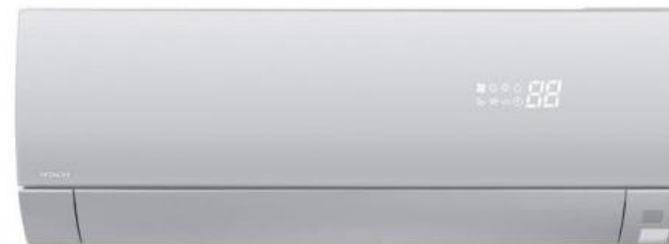
Um was geht es?

- Luft-Luft-Wärmepumpe ist eine Wärmepumpe die **Luft als Wärmequelle** und **Luft als erwärmtes Medium** (Wärmesenke) verwendet
- Als „Klimaanlage“, „Klima-Split“ oder „Single-Split“ bekannt

Funktionen:

- Kühlen, Heizen, Entfeuchten

Inneneinheit

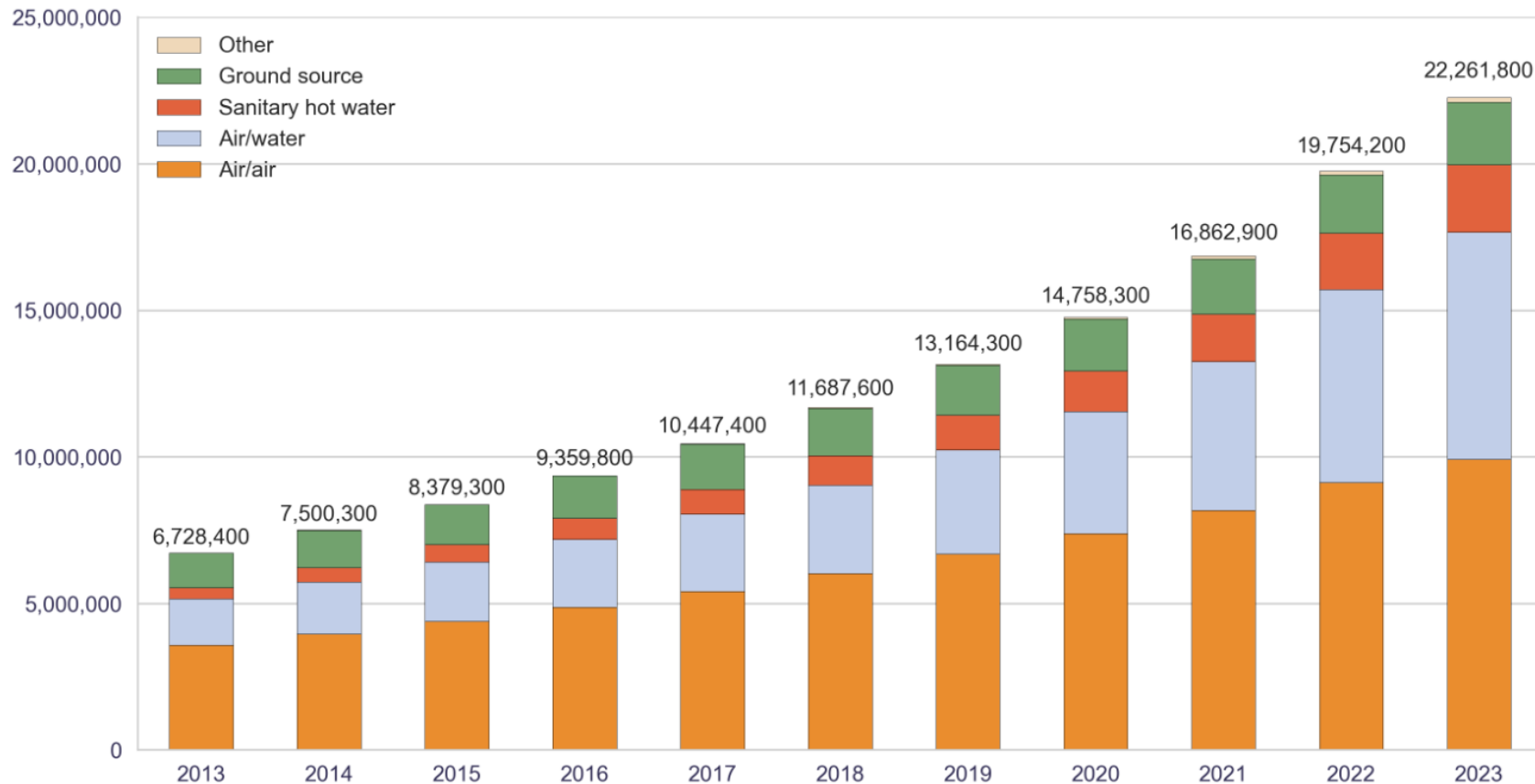


Außeneinheit



Aufbau und Funktionsweise

Verbreitung in Europa



Daten aus 21 europäischen Ländern

Anbieter

- Sehr große Anzahl von weltweit operierender Hersteller, Markt wird dominiert von asiatischen Unternehmen
- Exemplarisch alle Hersteller die seit 2020 von der Stiftung Warentest getestet wurden:



TOSHIBA



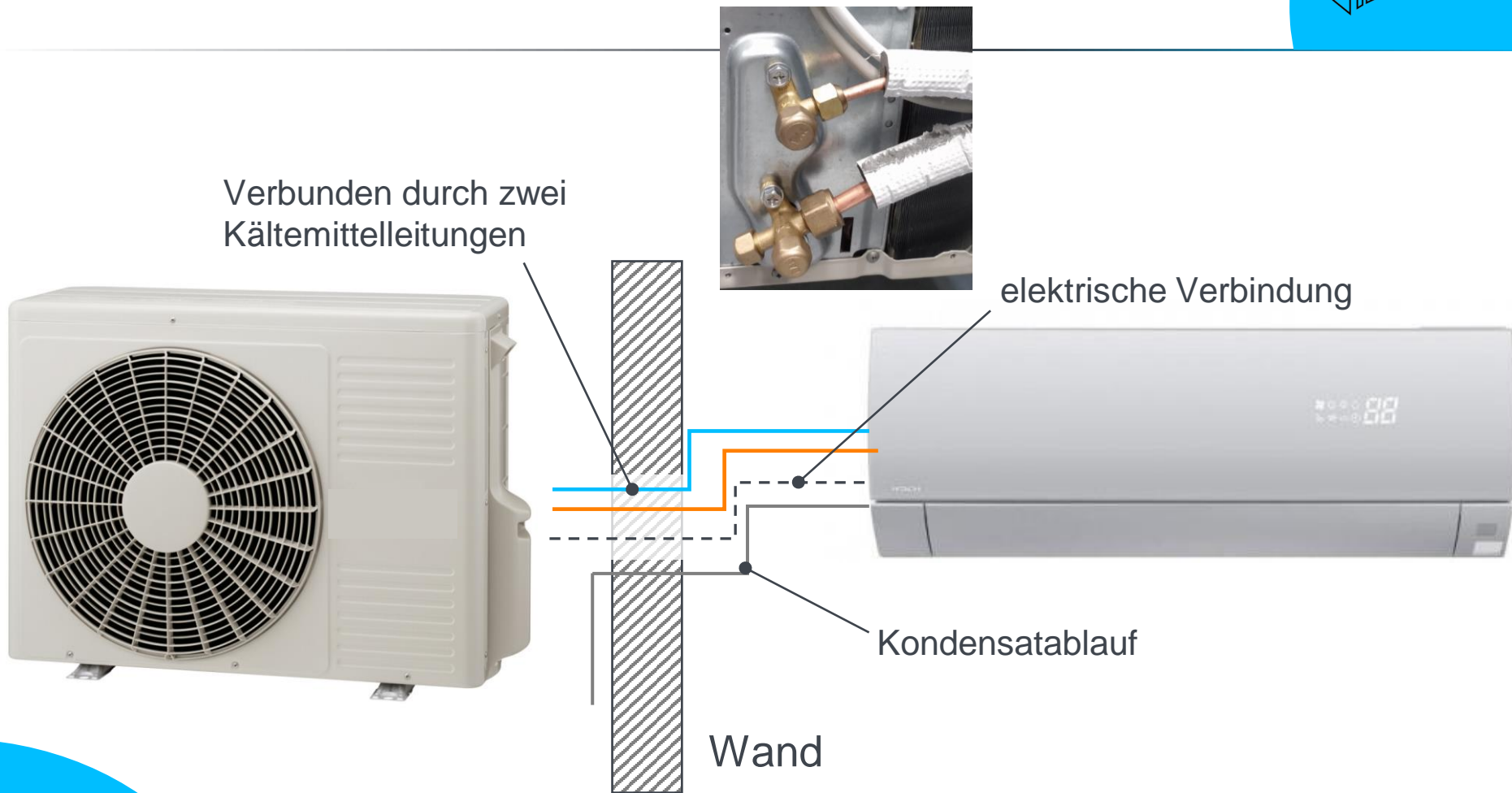
Panasonic Swegon

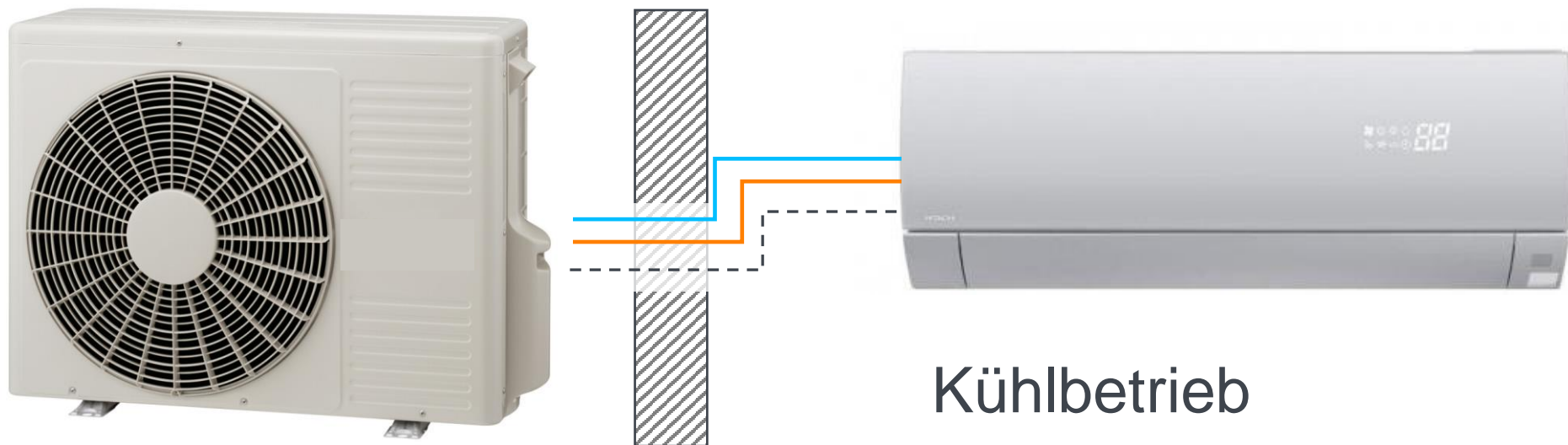


HITACHI

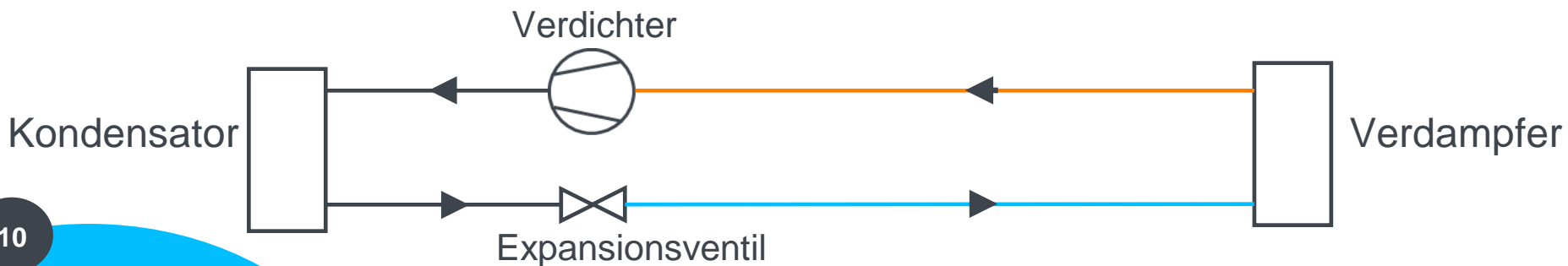


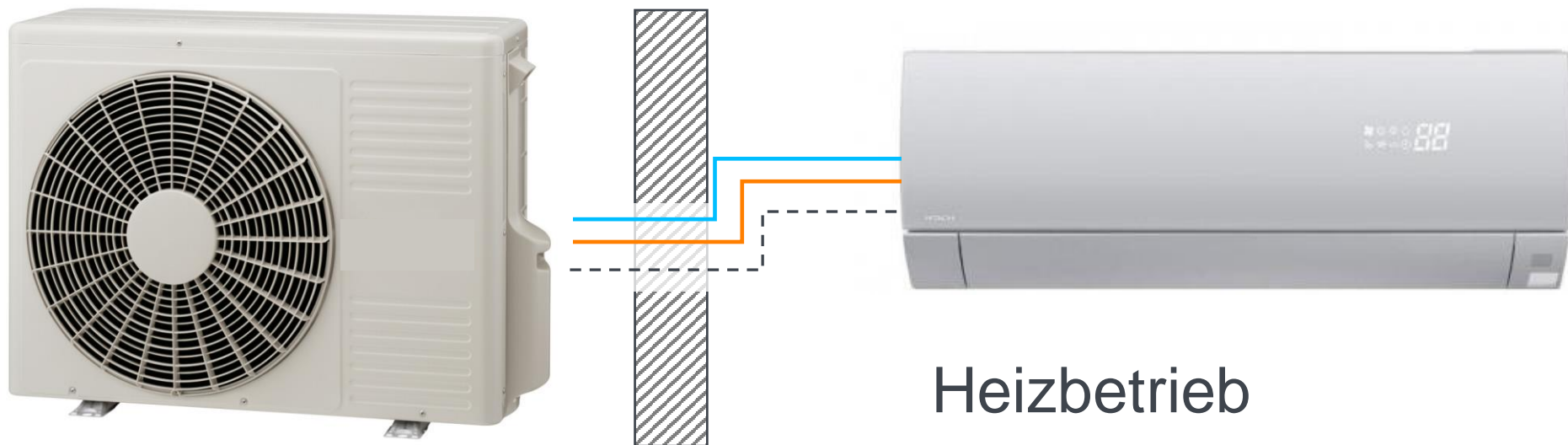
Aufbau und Funktionsweise





Kühlbetrieb



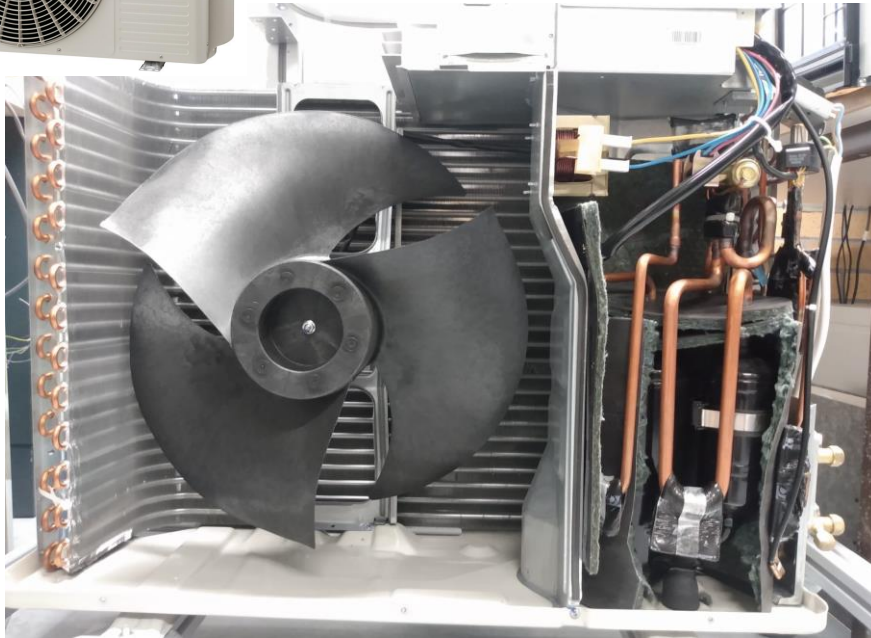


Heizbetrieb



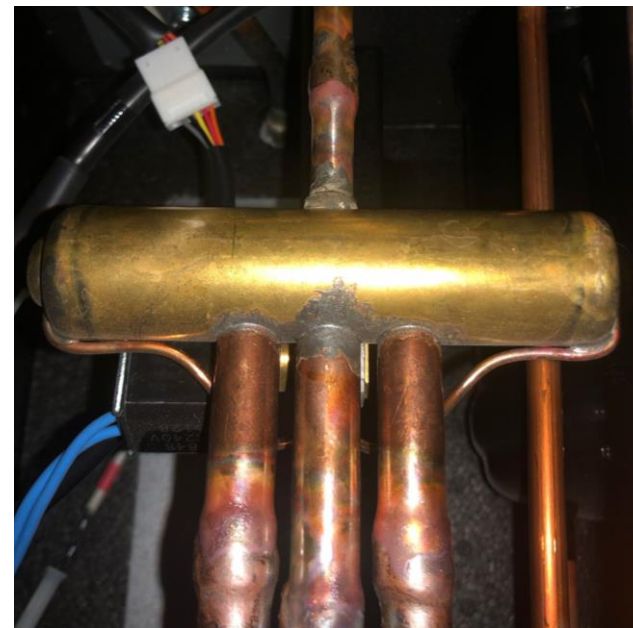
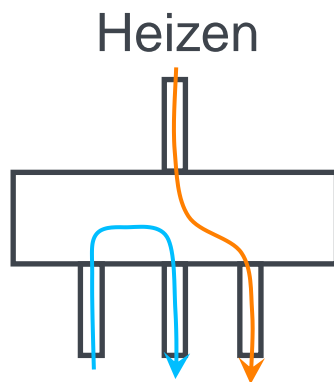
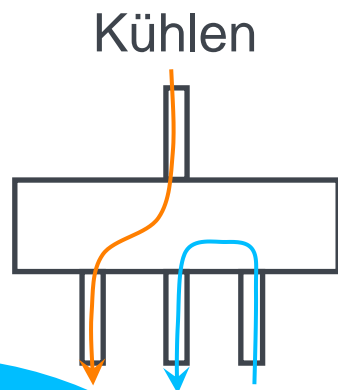
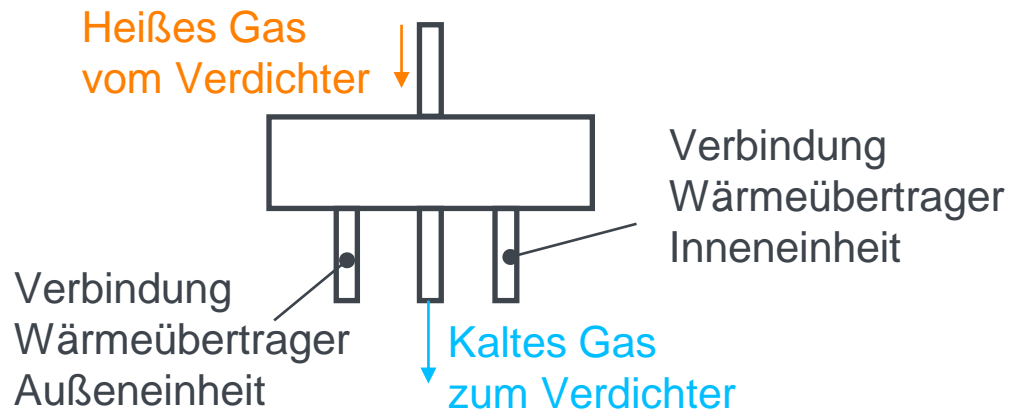
Aufbau und Funktionsweise

Ein Blick hinter die Verkleidung



Aufbau und Funktionsweise

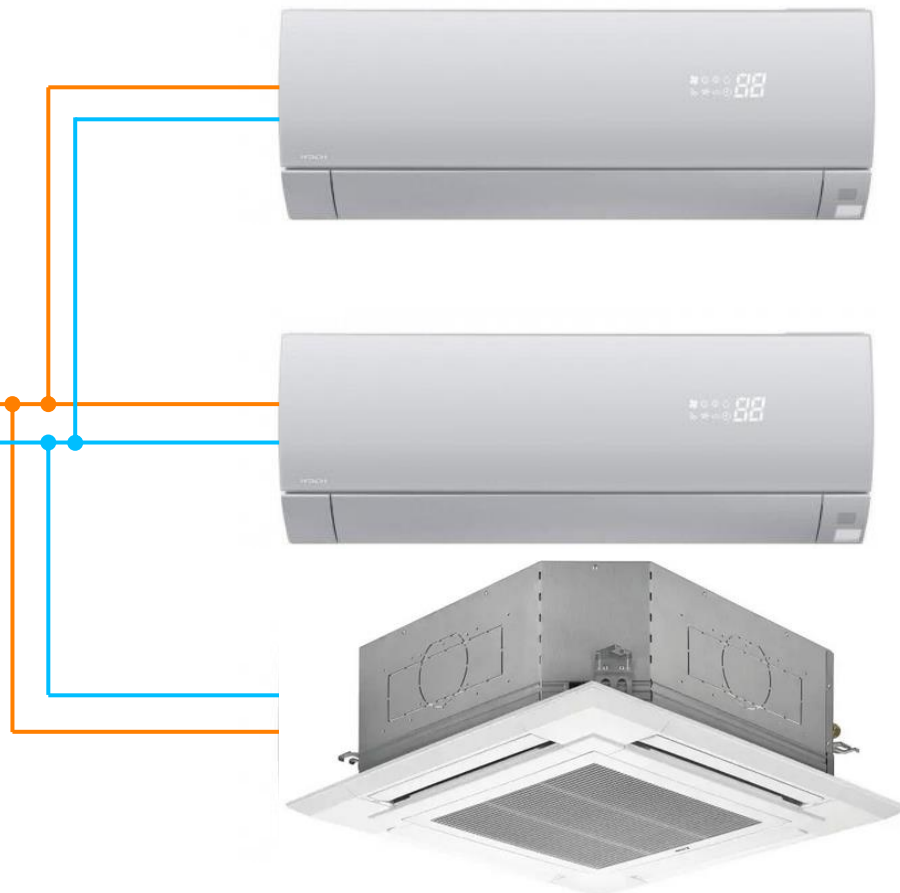
Heizen oder Kühlen? Wie funktioniert das?



4-Wege-Ventil

Weitere Systeme

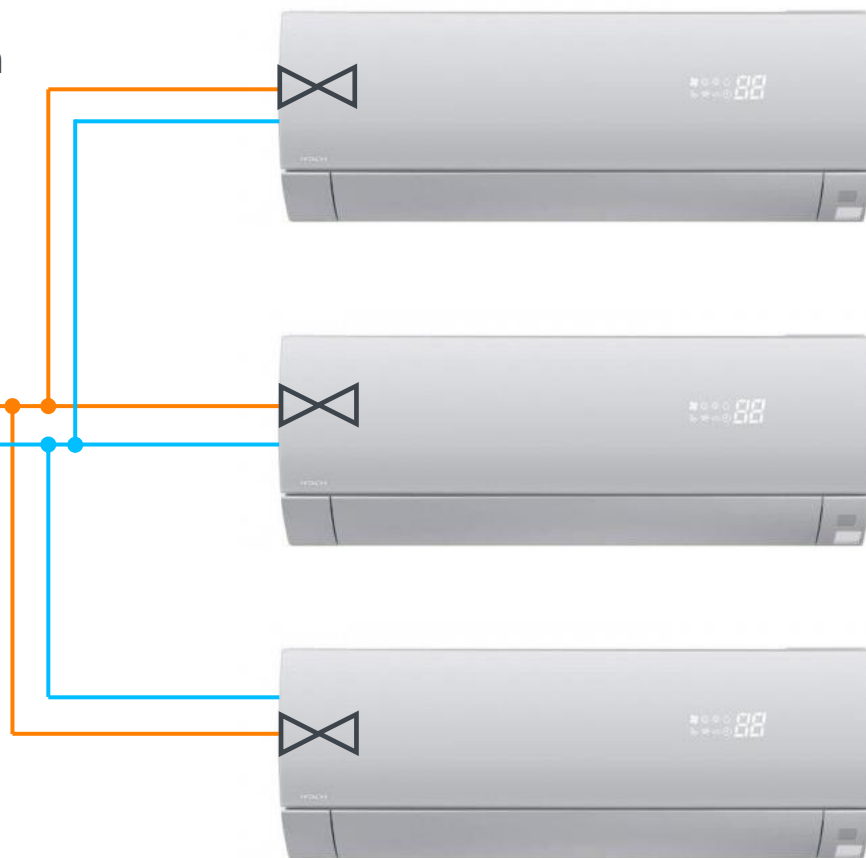
- Eine Außeneinheit mit üblicherweise bis zu 5 Inneneinheiten
- Potentieller ästhetischer Vorteil, da nur ein Außengerät an der Fassade



Weitere Systeme

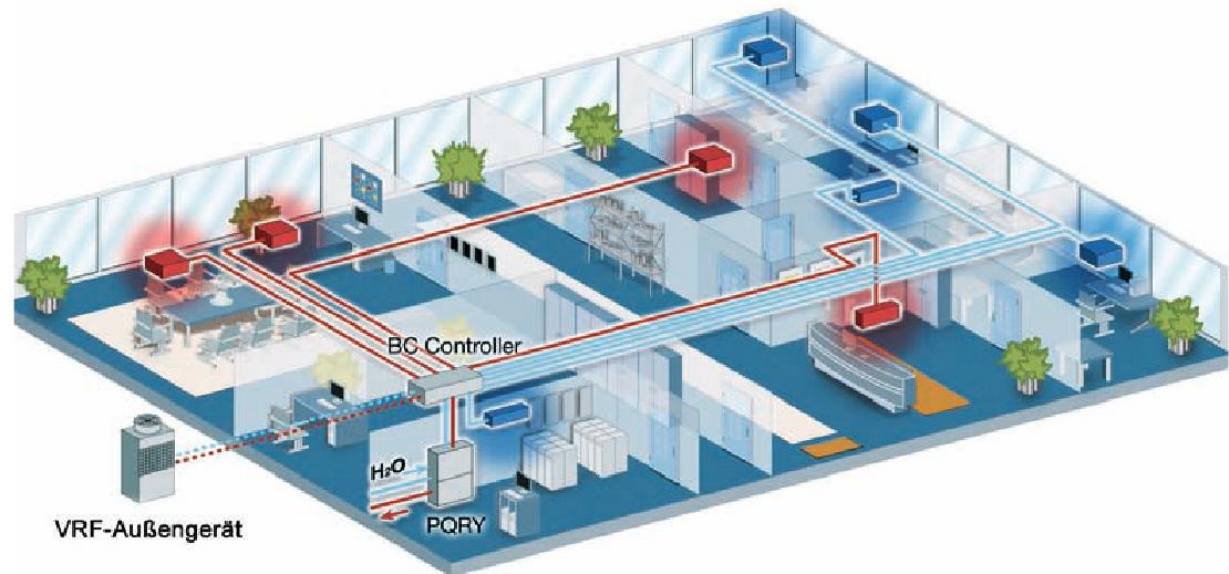
Variable Refrigerant Flow (VRF-Systeme)

- In Asien seit 1980er stark verbreitet
- Erlaubt große Netzwerke mit >50 Inneneinheiten
- Interessant für Bürogebäude, Malls...
- Jede Inneneinheit hat ein Expansionsventil und kann separat gesteuert werden
- Gibt es als 2-Leiter und als 3-Leiter Technik



Variable Refrigerant Flow (VRF-Systeme)

- 3-Leiter VRF-Systeme ermöglichen zeitgleich mit einem Teil der Inneneinheiten zu kühlen und einem Teil der Inneneinheiten zu heizen
 - Interessant und besonders effizient bei gleichzeitigem Heiz- und Kühlbedarf, bspw. Bürogebäude mit großen Glasfassaden



Bildquelle: Manfred Stahl, „Was Bauherren über VRF-Klimasysteme wissen sollten“

Stand heute und Zukunft

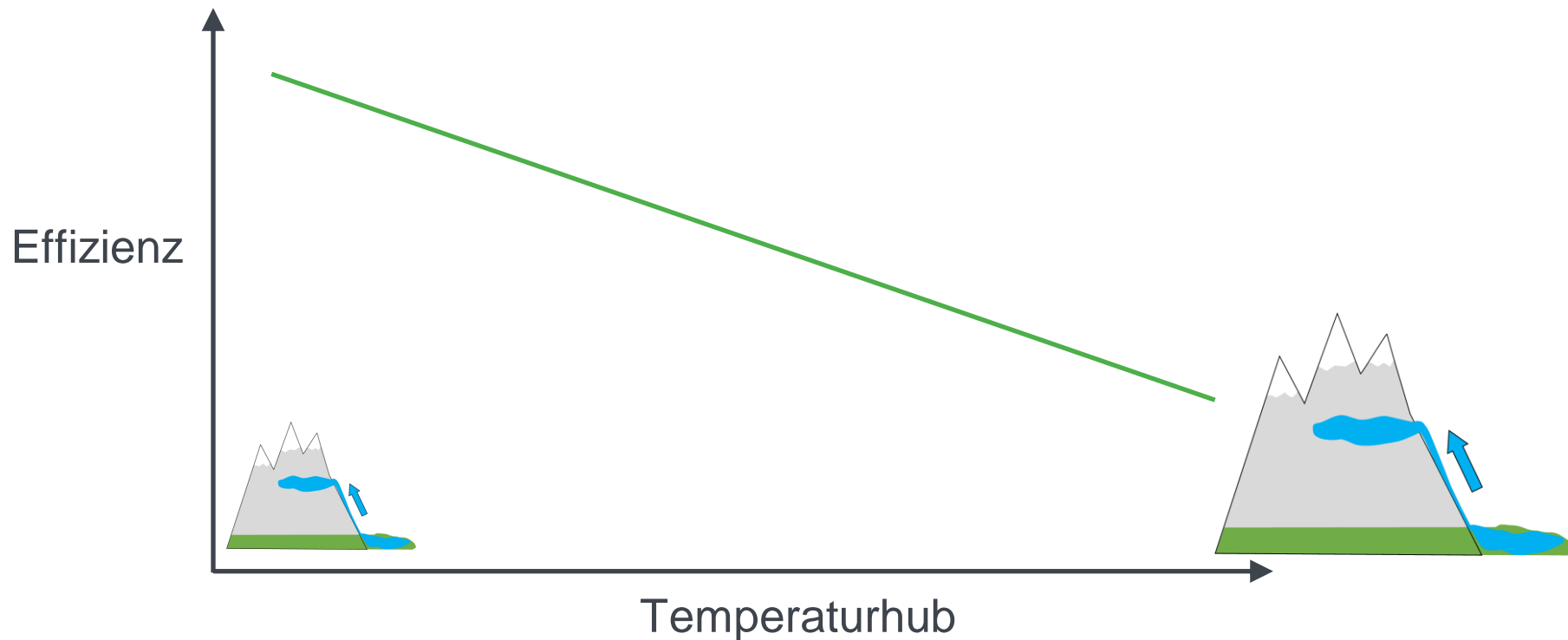
- Kältemittel = Stoff der in der Wärmepumpe zirkuliert (bspw. R410A, R134a, R32, R290(Propan), R1234yf)
 - Sehr aktuelles Thema, das durch zwei wesentliche Aspekte bestimmt wird:
 - Verbot klimaschädlicher Kältemittel (F-Gase-Verordnung, Phase out)
 - Mögliches Verbot PFAS bildender Stoffe (REACH-Verordnung)
- Alternative Kältemittel sind in der Regel brennbar oder haben andere Herausforderungen
- Je größer die Füllmenge ist, desto schwieriger ist Wahl eines geeigneten Kältemittels

	Zunehmende Füllmenge 		
	Single-Split	Multi-Split	VRF-Systeme
heute	R410a, R32	R410a, R32	R410a, (R32)
Zukunft	R290 (Propan)	R290 (Propan)?	?

**Wie effizient sind Luft/Luft-
Wärmepumpen?**

Effizienz

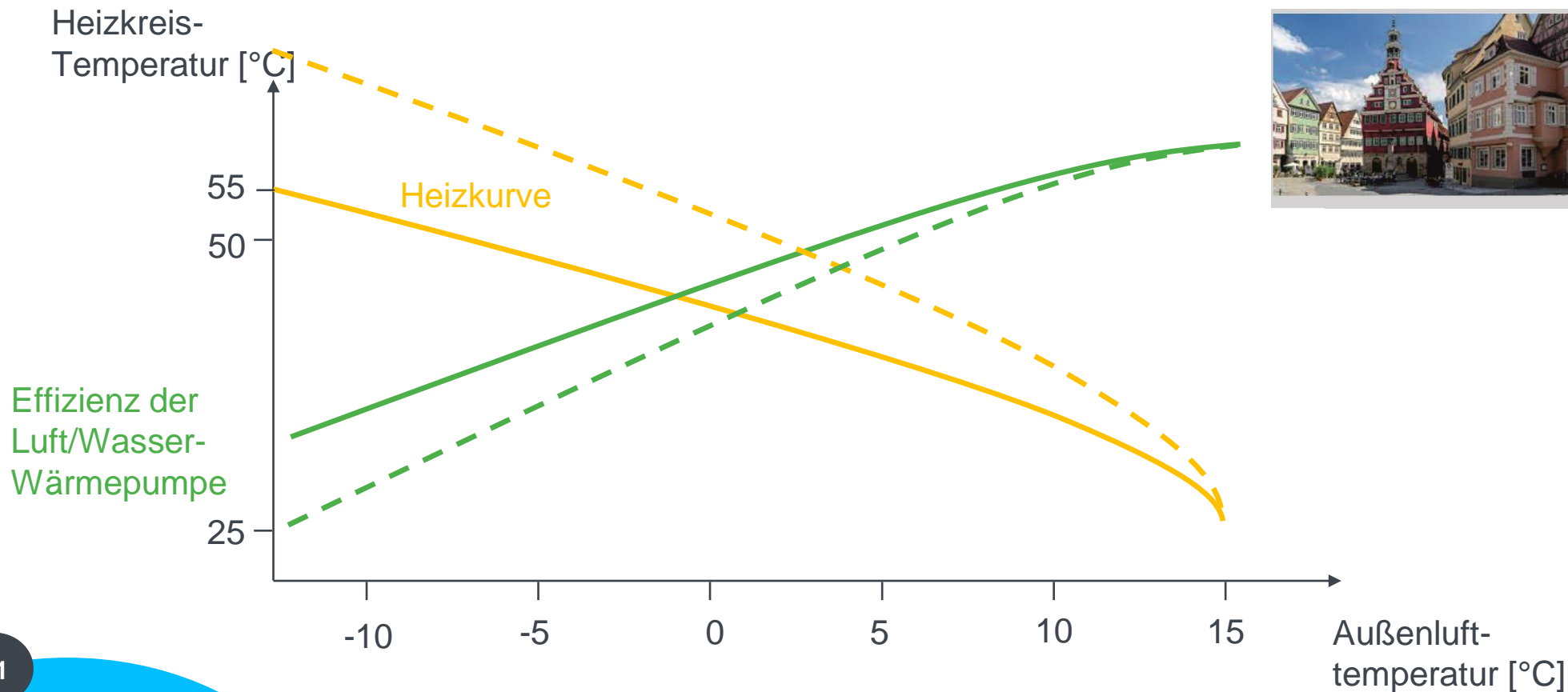
Allgemeines zur Effizienz von Wärmepumpen



= Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmeabgabe

Effizienz

Effizienz einer Luft/Wasser-Wärmepumpe

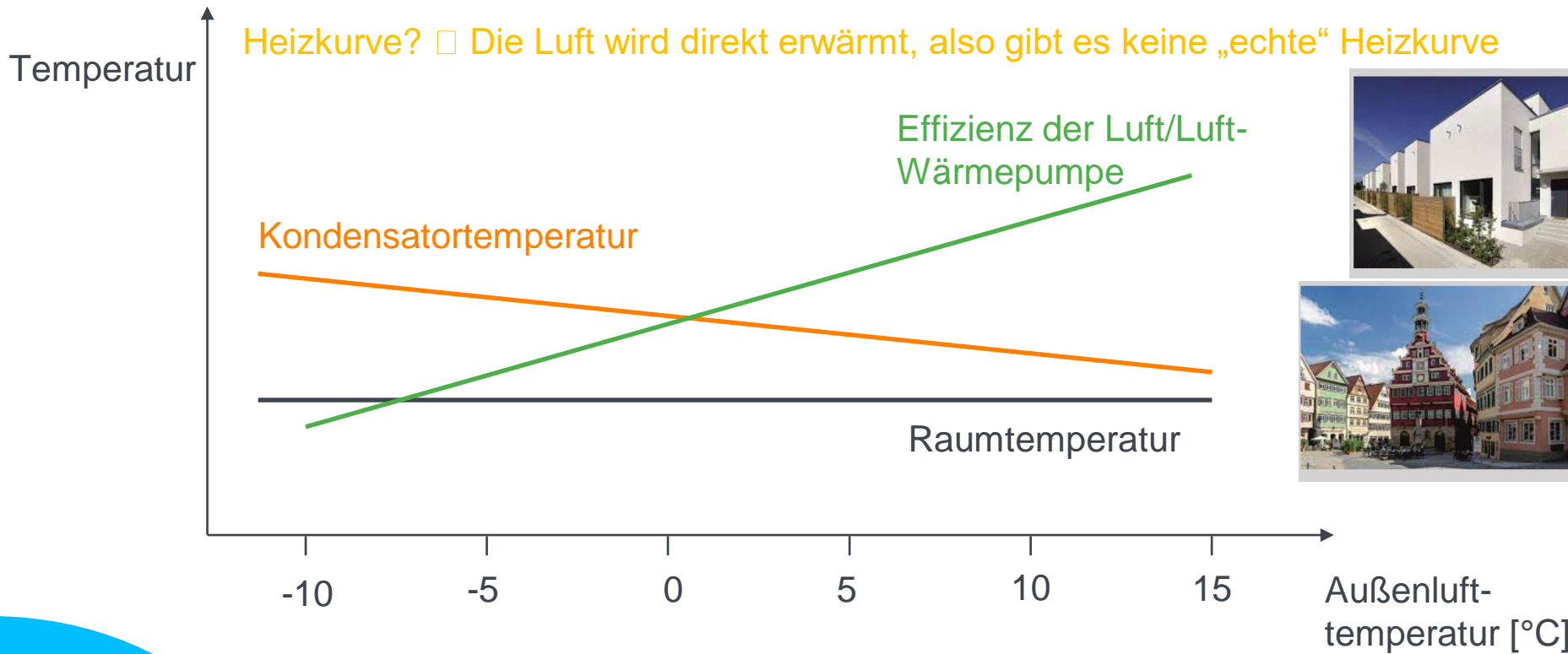


Effizienz

Effizienz einer Luft/Luft-Wärmepumpe



Wie verhält sich im Vergleich dazu die Effizienz einer Luft/Luft-Wärmepumpe?



Effizienz einer Luft/Luft-Wärmepumpe



Gebäude mit moderaten Vorlauftemperaturen:

□ Geringe Effizienzunterschiede zwischen Luft/Luft-WP und Luft/Wasser-WP

Gebäude mit hohen Vorlauftemperaturen

□ Luft/Luft-WP deutlich effizienter als Luft/Wasser-WP

- Bewertungsgröße SCOP (Seasonal Coefficient Of Performance)

$$\text{SCOP} = \frac{\text{Jährlich abgegebene Heizenergie}}{\text{Jährlich aufgenommene elektrische Energie}}$$

Behaglichkeit

Heizbetrieb:

- Reine Konvektion, kein nennenswerter Infrarotstrahlungsanteil
 - Heizkörper ca. 50%, Flächenheizung ca. 90% Strahlungsanteil □ Wird als angenehm empfunden
- Luftzug kann als unangenehm empfunden werden (es gibt auch Systeme mit Sensorik, bei denen Personen erkannt werden und nicht direkt angeströmt werden)
- Bei Abtauung wird kurzzeitig als der Innenraum gekühlt (Kreislaufumkehr)
- Inneneinheit verfügt über Staub/Partikelfilter □ möglicher Vorteil

Kühlbetrieb:

- Zusätzlicher Behaglichkeitsgewinn durch Kühlung und Entfeuchten

Installation und Wartung

Installation

Rechtliches:

- Im Eigenheim in der Regel genehmigungsfrei, evtl. Ausnahmen sind dicht bebautes Gebiet oder Denkmalschutz
- Im Gemeinschaftseigentum Genehmigung der Hausgemeinschaft nötig, da Außeneinheit als bauliche Veränderung an der Gebäudefassade gilt
- § 5 ChemKlimaschutzV regelt, dass nur ein zertifizierter Fachbetrieb Luft/Luft-Wärmepumpen installieren darf (bezieht sich auf alle fluorierten Kältemittel)

Kosten:

- Von Stiftung Warentest getestete Luft/Luft-WP haben eine Preisspanne 830€ - 2300€
- Zuzüglich Installation: Internetrecherche ergibt großer Preisspanne
- Die erste Luft/Luft-WP ist förderfähig wie andere Wärmepumpentypen

Wartung

- Vorgeschriebene Wartungsintervalle für Raumlufthanlagen:
 - Für private Nutzer gibt es keine Pflicht
 - Gewerblich genutzte Anlagen unterliegen 3-jährigen Wartungsintervallen (mit Luftbefeuchter 2-jährig) (VDI 6022)
- Was wird gemacht?
 - Prüfung Funktion und Dichtheit
 - ggf. Auffüllen von Kältemittel, ggf. Austausch von Verschleißteilen
 - Reinigung, Desinfektion, Austausch von Filtern
- Mit welchen Kosten ist zu rechnen?
 - Abhängig von der Zugänglichkeit der Anlagen, Region...
 - Anhaltswert ca. 200-300€ je Anlage, bei guter Zugänglichkeit (Mittelwert von Onlineangeboten)
 - Fact Sheet der DENA nennt 125€ je Außeneinheit und 50€ je Inneneinheit

Lebensdauer

- Es gibt das Vorurteil einer sehr kurzen Lebensdauer über Luft/Luft-WP
 - Mir ist keine Studie bekannt, die die Lebensdauer verschiedener Fabrikate genauer untersucht
 - Große Streuung der Lebensdauer zwischen Herstellern verschiedener Preisklassen erscheint plausibel
 - Fact Sheet der DENA gibt in einem Rechenbeispiel eine Lebensdauer von 18 Jahren an
 - Andere Studien nehmen 15 Jahre an
- Argumente für eine im Vergleich zu Luft/Wasser-WP kürzere Lebensdauer
 - Mehr bewegte Teile (Verdichter, Außenventilator, Innenventilator, Filterreinigung)

**Luft/Luft-Wärmepumpen als
Erfüllungsoption des
Gebäudeenergiegesetzes (GEG)**

Grundlegende Unterscheidung:

- Luft/Luft-Wärmepumpen als alleiniges Heizungssystem
- Luft/Luft-Wärmepumpen als hybrides Heizungssystem mit fossilem Kessel (unter Einhaltung der 65% erneuerbare Energie)

Luft/Luft-Wärmepumpen als alleiniges Heizungssystem:

- Wird genauso behandelt wie monovalente Luft/Wasser-Wärmepumpe, gilt nach § 71c GEG grundsätzlich als erneuerbare Energie
- Die Luft/Luft-Wärmepumpe wird besonders als hybrides Heizungssystem diskutiert

- Relevant für hybride Heizungssysteme ist § 71h im GEG: [Link](#)

„Die Anforderungen des § 71 Absatz 1 gelten als erfüllt, wenn

1. der Betrieb für Raumwärme oder Raumwärme und Warmwasser bivalent parallel oder bivalent teilparallel oder bivalent alternativ mit Vorrang für die Wärmepumpe erfolgt, so dass der Spitzenlasterzeuger nur eingesetzt wird, wenn der Wärmebedarf nicht mehr von der Wärmepumpe gedeckt werden kann,
2. die einzelnen Wärmeerzeuger, aus denen die Wärmepumpen-Hybridheizung kombiniert ist, über eine gemeinsame, fernansprechbare Steuerung verfügen und
3. der Spitzenlasterzeuger im Fall des Einsatzes von gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen ein Brennwertkessel ist

Im Fall des § 71 Absatz 3 Satz 1 Nummer 6 muss zusätzlich die thermische Leistung der Wärmepumpe bei bivalent parallelem oder bivalent teilparallelem Betrieb mindestens 30 Prozent der Heizlast, bei bivalent alternativem Betrieb mindestens 40 Prozent des von der Wärmepumpen-Hybridheizung versorgten Gebäudes oder Gebäudeteils betragen. Die Anforderung nach Satz 2 gilt als erfüllt, wenn die Leistung der Wärmepumpe beim Teillastpunkt A nach der DIN EN 14825 bei bivalent parallelem oder bivalent teilparallelem Betrieb mindestens 30 Prozent oder bei bivalent alternativem Betrieb mindestens 40 Prozent der Leistung des Spitzenlasterzeugers entspricht.“

- Relevant für hybride Heizungssysteme ist § 71h im GEG: [Link](#)

„Die Anforderungen des § 71 Absatz 1 gelten als erfüllt, wenn

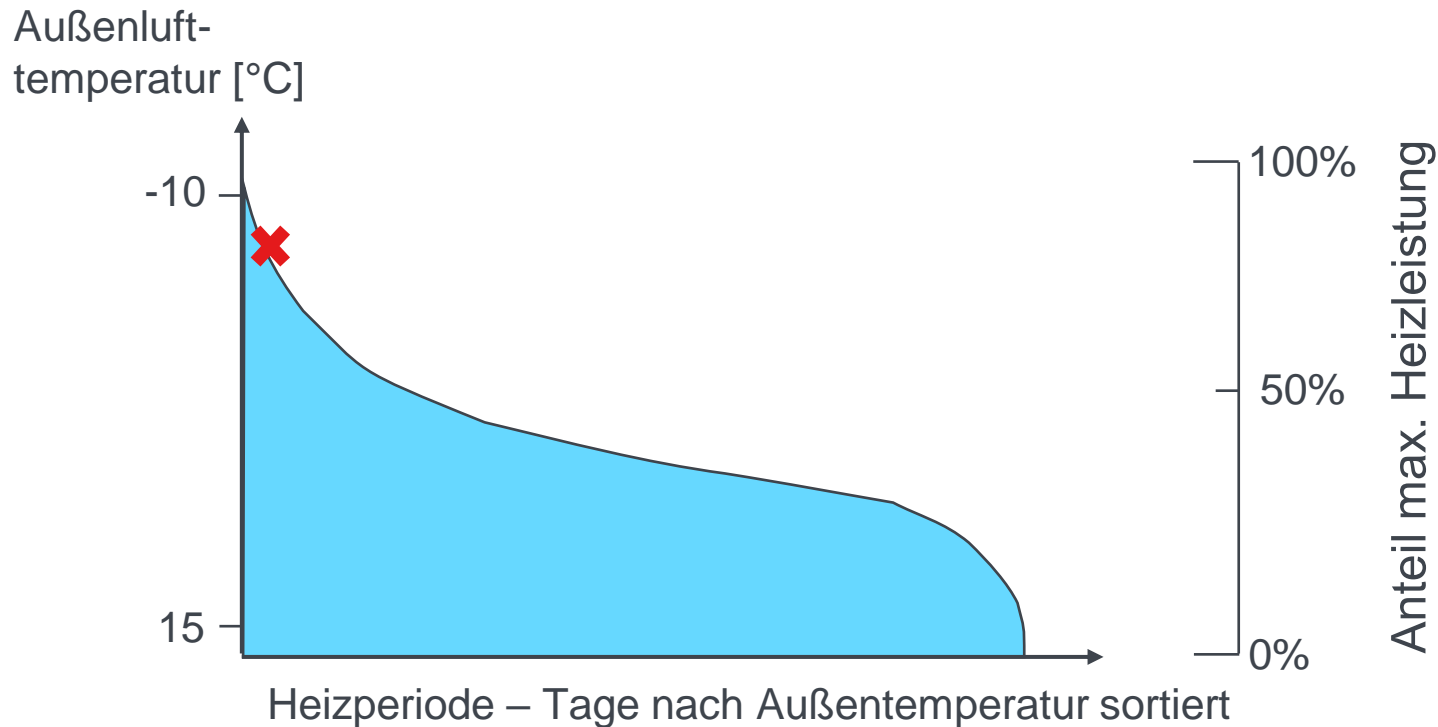
1. der Betrieb für Raumwärme oder Raumwärme und Warmwasser **bivalent parallel oder bivalent teilparallel oder bivalent alternativ mit Vorrang für die Wärmepumpe** erfolgt, so dass der Spitzenlasterzeuger nur eingesetzt wird, wenn der Wärmebedarf nicht mehr von der Wärmepumpe gedeckt werden kann,
2. die einzelnen Wärmeerzeuger, aus denen die Wärmepumpen-Hybridheizung kombiniert ist, über eine **gemeinsame, fernansprechbare Steuerung** verfügen und
3. der Spitzenlasterzeuger im Fall des Einsatzes von gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen ein Brennwertkessel ist

Im Fall des § 71 Absatz 3 Satz 1 Nummer 6 muss zusätzlich die **thermische Leistung der Wärmepumpe bei bivalent parallelem oder bivalent teilparallelem Betrieb mindestens 30 Prozent der Heizlast, bei bivalent alternativem Betrieb mindestens 40 Prozent** des von der Wärmepumpen-Hybridheizung versorgten Gebäudes oder Gebäudeteils betragen. Die Anforderung nach Satz 2 gilt als erfüllt, wenn die Leistung der Wärmepumpe beim **Teillastpunkt A nach der DIN EN 14825** bei bivalent parallelem oder bivalent teilparallelem Betrieb mindestens 30 Prozent oder bei bivalent alternativem Betrieb mindestens 40 Prozent der Leistung des Spitzenlasterzeugers entspricht.“

Erfüllungsoption des GEG

Bivalent parallel – alternativ

*Disclaimer: Ich bin Wissenschaftler und kein Experte für die Auslegung von Gesetzestexten.



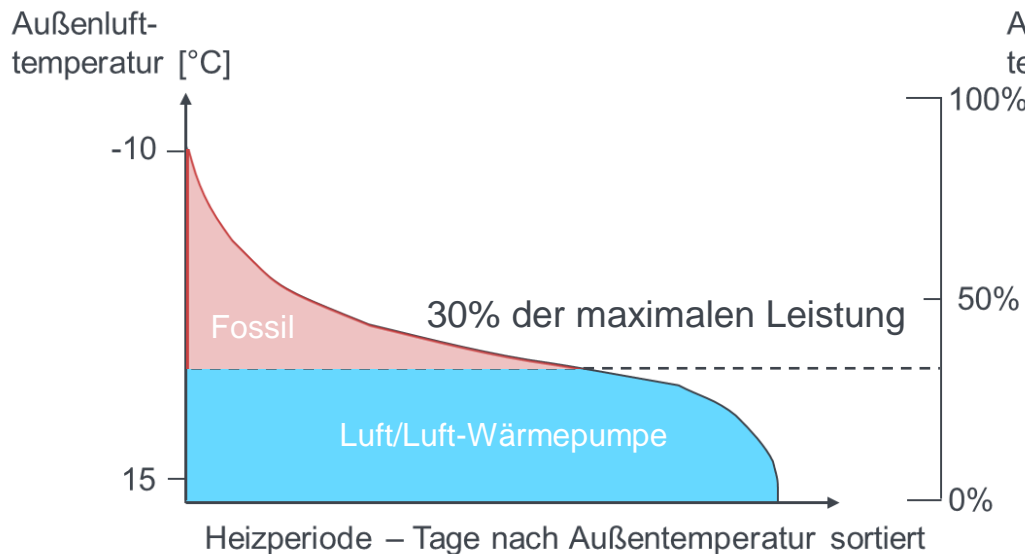
Erfüllungsoption des GEG

Bivalent parallel – alternativ

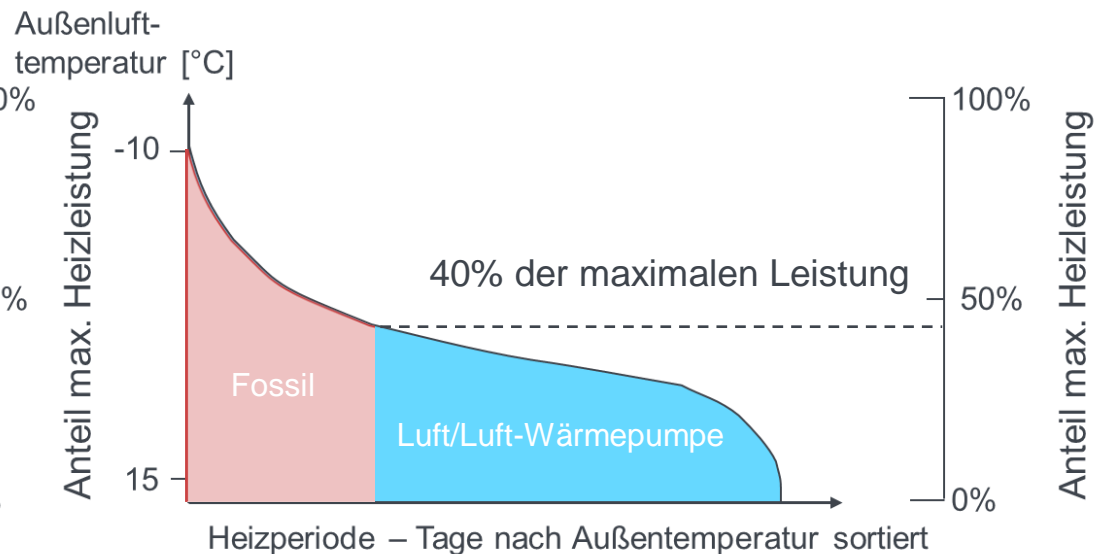
*Disclaimer: Ich bin Wissenschaftler und kein Experte für die Auslegung von Gesetzestexten.



Bivalent-parallel






Bivalent-alternativ



- Relevant für hybride Heizungssysteme ist § 71h im GEG: [Link](#)

„Die Anforderungen des § 71 Absatz 1 gelten als erfüllt, wenn

1. der Betrieb für Raumwärme oder Raumwärme und Warmwasser **bivalent parallel oder bivalent teilparallel oder bivalent alternativ mit Vorrang für die Wärmepumpe** erfolgt, so dass der Spitzenlasterzeuger nur eingesetzt wird, wenn der Wärmebedarf nicht mehr von der Wärmepumpe gedeckt werden kann, 
2.  die einzelnen Wärmeerzeuger, aus denen die Wärmepumpen-Hybridheizung kombiniert ist, über eine **gemeinsame, fernansprechbare Steuerung** verfügen und
3. der Spitzenlasterzeuger im Fall des Einsatzes von gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen ein Brennwertkessel ist

Im Fall des § 71 Absatz 3 Satz 1 Nummer 6 muss zusätzlich die **thermische Leistung der Wärmepumpe bei bivalent parallelem oder bivalent teilparallelem Betrieb mindestens 30 Prozent der Heizlast, bei bivalent alternativem Betrieb mindestens 40 Prozent** des von der Wärmepumpen-Hybridheizung versorgten Gebäudes oder Gebäudeteils betragen. Die Anforderung nach Satz 2 gilt als erfüllt, wenn die Leistung der Wärmepumpe beim **Teillastpunkt A nach der DIN EN 14825** bei bivalent parallelem oder bivalent teilparallelem Betrieb mindestens 30 Prozent oder bei bivalent alternativem Betrieb  mindestens 40 Prozent der Leistung des Spitzenlasterzeugers entspricht.“

→ Was ist eine gemeinsame, fernansprechbare Steuerung?

- Keine Klarheit seitens des Gesetzgebers Fact Sheet "Elektrische Luft-Luft-Wärmepumpe" des "Gebäudeforum Klimaneutral" der Deutschen Energie-Agentur dena macht keine Aussage zur GEG-Konformität neuer Kessel mit Luft/Luft-WP
 - Verantwortung wird weitergereicht (Gesetzgeber Schornsteinfeger Fachhandwerk)
- Nach meinem Kenntnisstand ist diese Frage auch in Fachkreisen kontrovers:
 - Reicht eine Verknüpfung über die Raumtemperatur?
 - Solltemperatur Luft/Luft-WP > Thermostat des Heizkörpers
 - Gemeinsame Steuerung über Kabel/Cloud?
 - Interkompatibilität zwischen verschiedenen Herstellern?

- Hier würde ich im Anschluss gerne mit Ihnen in Diskussion gehen:
 - Was ist Ihr Kenntnisstand?
 - Was wäre aus Ihrer Sicht sinnvoll?

Auswirkungen auf elektrische Netze

Überlasten Luft/Luft-Wärmepumpen unsere Stromnetze?

- Betrachtung auf zwei Ebenen:
 - Lokale Ebene und Niederspannungsnetz
 - Überregionale Ebene und Gesamterzeugungspark

Lokale Ebene und Niederspannungsnetz:

- Luft/Luft-Wärmepumpen sind größere elektrische Verbraucher (wie andere Wärmepumpen oder Wallboxen) die eine lokale Verstärkung des Niederspannungsnetzes erfordern können
- Deshalb gibt es die Regulatorik:
 - Wie eine andere Wärmepumpe muss auch eine Luft/Luft-Wärmepumpe beim Netzbetreiber angemeldet werden (VDE-ARN 4100, §19 NAV).
 - Übernimmt in der Regel der Elektro-Installationsbetrieb

Überlasten Luft/Luft-Wärmepumpen unsere Stromnetze?

Überregionale Ebene und Gesamterzeugungspark:

- Überlasten Wärmepumpen allgemein unsere Netze?
 - Ein hauptsächlich durch Wärmepumpen beheizter Gebäudebestand benötigt am kältesten Tag des Jahres erhebliche zusätzliche Erzeugungs- oder Speicherkapazitäten
 - Kraftwerksstrategie der Bundesregierung (Ausschreibung 10GW wasserstofffähige Gaskraftwerke) ist ein Anfang, aber nicht ausreichend
- Sind Luft/Luft-Wärmepumpen besonders, also anderes als andere Wärmepumpen, zu betrachten?
 - Das wäre der Fall, wenn die maximale elektrische Leistung im Klimatisierungsfall die maximale elektrische Leistung im Heizfall übersteigen würde.
 - In vielen Weltregionen ist es so (Indien, Südostasien, Margreb...)
 - In Deutschland trotz des Klimawandels nicht zu erwarten

Abschließende Gedanken und Diskussionsansätze

Abschließende Gedanken und Diskussionsansätze

- Sind „Klimaanlagen“ eine Möglichkeit Menschen zu erreichen, die für Wärmepumpen nicht mehr empfänglich sind?
- Wie können bereits zur Klimatisierung installierte Anlagen als Wärmepumpen aktiviert werden?
 - Hierzu empfehle ich die Studie *„Nutzung von DX-Wärmepumpen in Split-Ausführung zur Unterstützung der Dekarbonisierung und zur kurzfristigen Gaseinsparung“* des ITG Dresden im Auftrag des Fachverband Gebäude-Klima e.V.





Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Vernetzen Sie sich gerne mit mir und unserem Institut!

E-Mail Johannes.Brunder@igte.uni-stuttgart.de

Telefon +49 (0) 711 685 - 63225

www.igte.uni-stuttgart.de

Universität Stuttgart

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung

70550 Stuttgart

