

Bundesabwärmetagung 2024

Abwärmennutzung mittels Wärmepumpe als Effizienzbooster

10.10.2024

Felix Uthoff, Bundesverband Wärmepumpe e.V.

Kurz über mich

- **Ostbayrische Technische Hochschule Amberg-Weiden**

- Studium Erneuerbare Energien 2010–2014

- **Referent für Energiewirtschaft und Politik**

- AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.
Nov. 2016–Aug. 2021
 - KWKG, Förderung, Abwärmenutzung

- **Referent Technik und Normung**

- Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V. ·
Seit 2023
 - Kältemittel, Großwärmepumpen, Kommunale Wärmeplanung



- **Felix Uthoff (B. Eng.)**

- Referent für Technik und Normung

Über den Bundesverband Wärmepumpe e.V.

ca.1000 Mitglieder: Hersteller, Energieversorger, Zulieferbetriebe, Bohrunternehmen sowie Handwerker, Planer und Energieberater

etabliertes Netzwerk: Wir arbeiten mit vielen Multiplikatoren, wissenschaftlichen Institutionen und Partnerverbänden zusammen

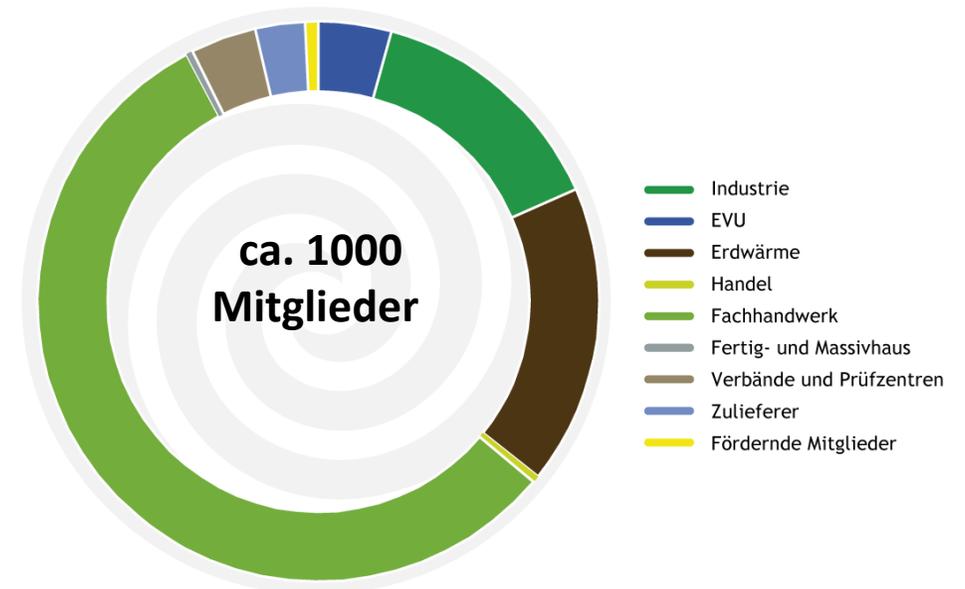
umfassend Informiert: Mit unserer Presse- und Kampagnenarbeit informieren wir Verbraucher, Berater und Handwerker

immer aktuell: Wir recherchieren und erheben aktuelle Marktdaten, Zahlen, Fakten und wissenschaftliche Untersuchungen

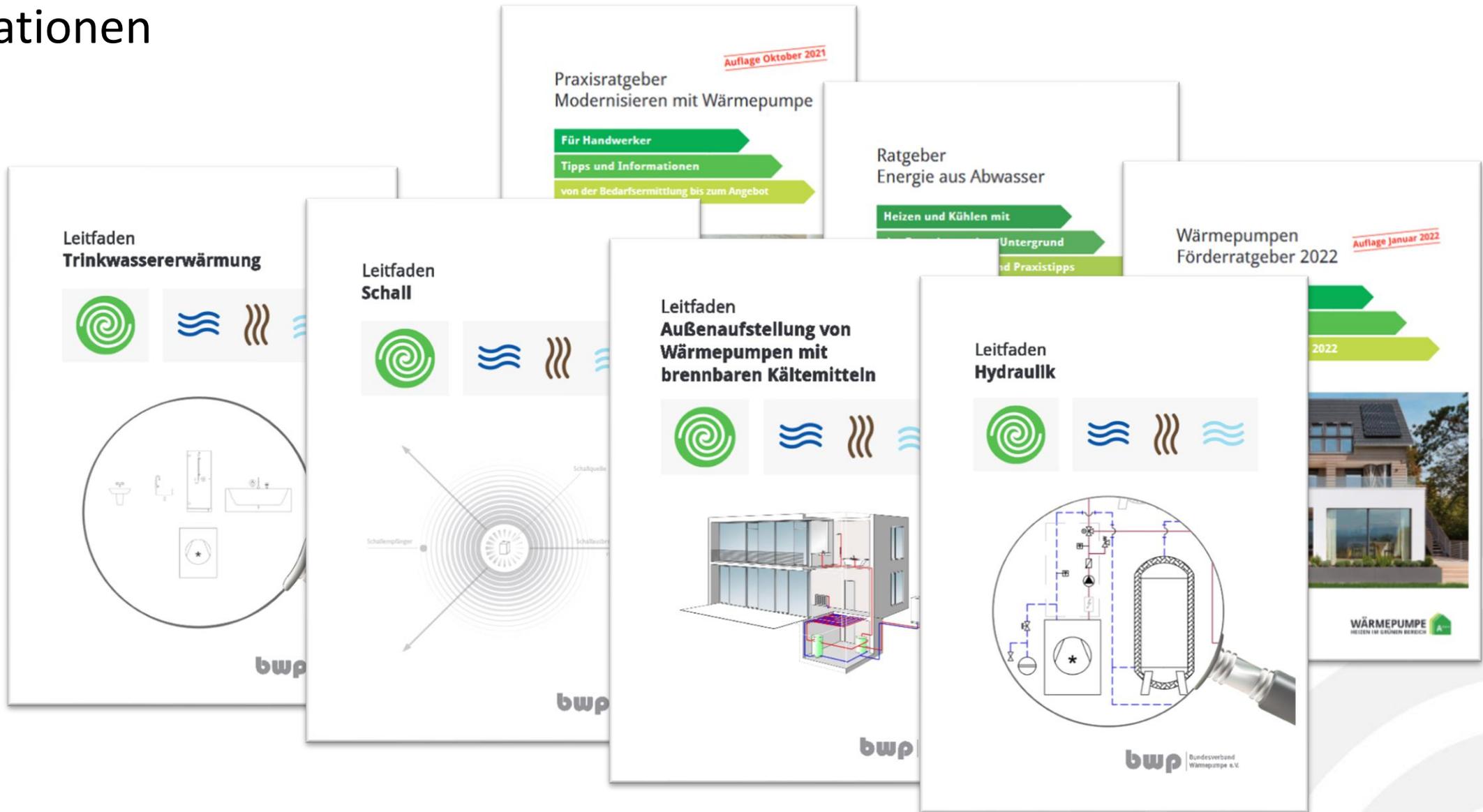
anschaulich und hilfreich: Wir erstellen hochwertige Fach- und Publikumsbroschüren, Rechentools, Infografiken und Videos

weitere Aktivitäten: Veranstaltungen, Messeauftritte, Normenarbeit

Verteilung der BWP-Mitglieder über die Wertschöpfungskette



Publikationen



<https://www.waermepumpe.de/verband/publikationen/fachpublikationen/>

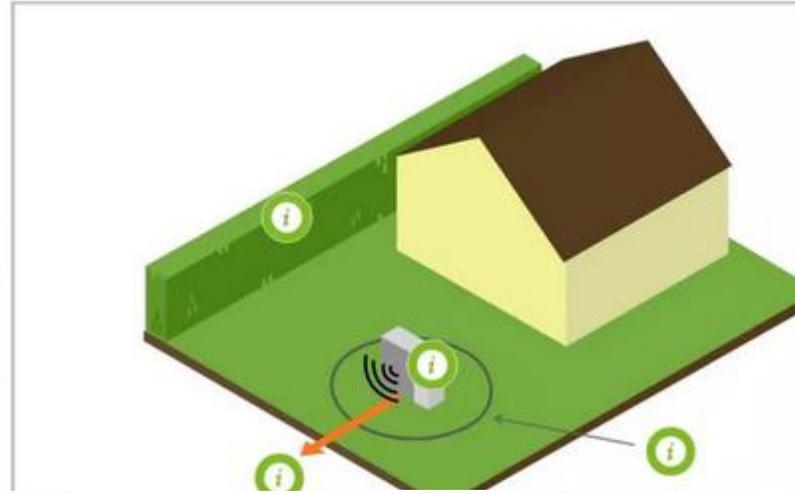
Planungstools

JAZ-RECHNER



HEIZKÖRPERRECHNER

SCHALL-RECHNER



FÖRDERRECHNER

KLIMAKARTE



Was gibt es schon?

Referenzdatenbank

- Häufig genutzt bei Presseanfragen
 - Auffindbarkeit der GWP-Projekte wurde verbessert
 - Viele zusätzliche Projekte wurden eingepflegt
- 312 Projekte
90 Projekte > 100kW
65 Projekte > 200kW



Referenzobjekte



Karte Satellit

- Projekttyp wählen -
ab 200 kW

- Verwendung wählen -

- Wärmepumpenart wählen -

- Baualter wählen -

Traumalast (Kino) Leonberg



Weltweit größtes IMAX-Kino wird energieeffizient und umweltfreundlich klimatisiert. Wärmepumpen-Kaskaden sorgen für optimalen Energieeinsatz.

Baujahr:	2022
beheizte Fläche:	> 10.000 m ²
Wärmepumpenart:	Luft-Luft-Wärmepumpe
Heizleistung:	1.500 kW

EnBW City



Im Industriegebiet von Stuttgart-Fasanenhof entstand zwischen 2006 und 2008 ein neuer, zentraler Verwaltungskomplex der EnBW Energie Baden-Württemberg AG. Mit einem 16-stöckigen Hochhaus, drei sechsgeschossigen Büroriegeln und einem Forum mit 5 Geschossen entstand auf dem rund 35.000m² großen Areal eine kleine Stadt. Rund 2.000 Mitarbeiter sind dort beschäftigt. An dem neuen Standort wurde ein Großteil der früheren Stuttgarter EnBW-Liegenschaften zentral zusammengefasst.

Baujahr:	2006
beheizte Fläche:	87.283 m ²
Wärmepumpenart:	Sole-Wasser-Wärmepumpe
Heizleistung:	1.400 / 950 kW

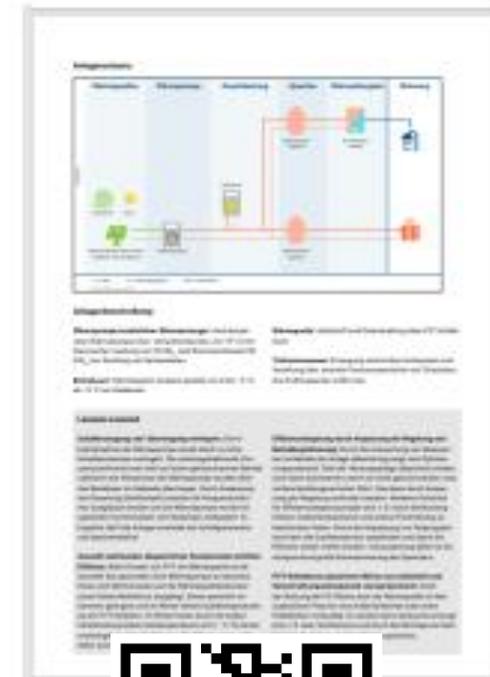
Details anzeigen

[Nach oben](#)

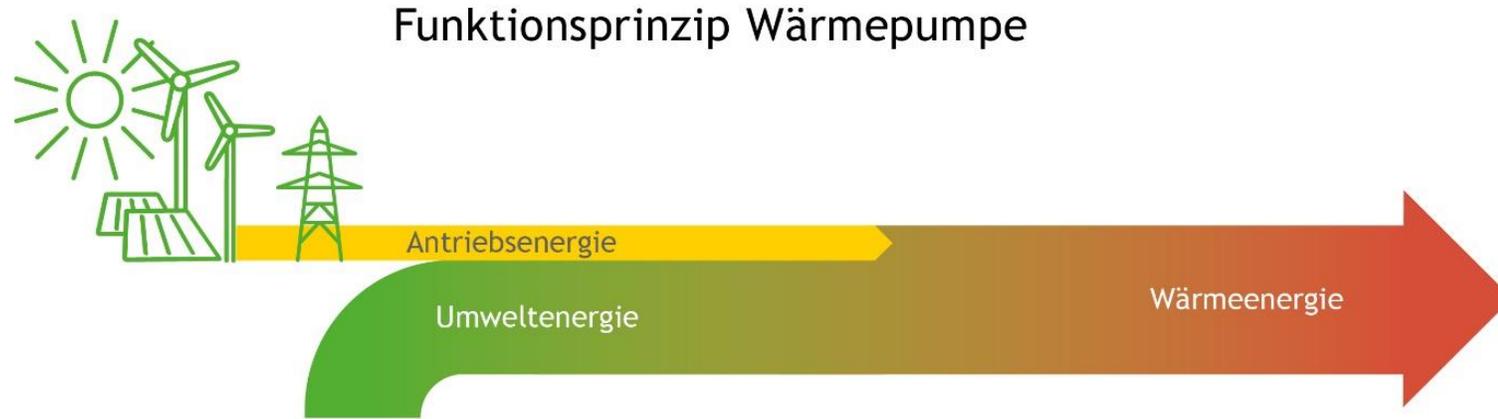
Erfahrungen aus der Praxis: Wärmepumpen in Bestandsgebäuden



Motivation, Gebäude- und Technikdaten, Umsetzung und Ergebnisse, Lessons Learned

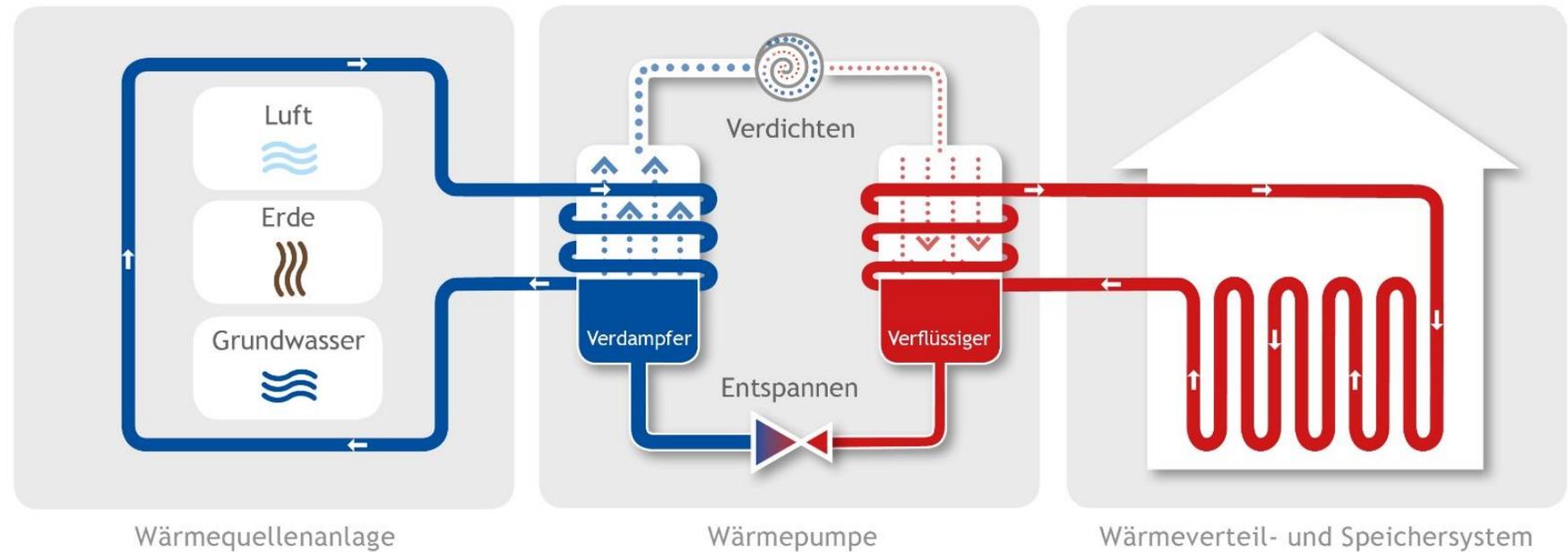


Funktionsprinzip Wärmepumpe



Außerdem:

- Industrielle Abwärme
- Abwasser, Kanäle
- Seen und Flüsse
- Spundwände
- Geothermie
-



Effizienzkennzahlen

$$\text{COP} = \frac{\dot{Q}_{\text{WP}}}{P_{\text{el}}} > 1 \quad \frac{4\text{kW}}{1\text{kW}} = 4,0$$

„Coefficient of performance“

= Momentbetrachtung

z. B. 4,0 bei A2/W35

$$\text{JAZ} = \frac{\text{kWh/a}_{\text{Wärme}}}{\text{kWh/a}_{\text{Strom}}} > 1$$

Jahresarbeitszahl

= längerer Zeitraum z. B. 1 Jahr

(rechnerisch oder gemessen!)

~3,5 bei einer Luft-WP

~4,5 bei einer Sole-WP

~2,5-8 bei Abwärme

$$\text{z. B. JAZ} = \frac{17.488 \text{ MWh/a}_{\text{Wärme}}}{5.011 \text{ MWh/a}_{\text{Strom}}} = 3,49$$

Effizienzkennzahlen

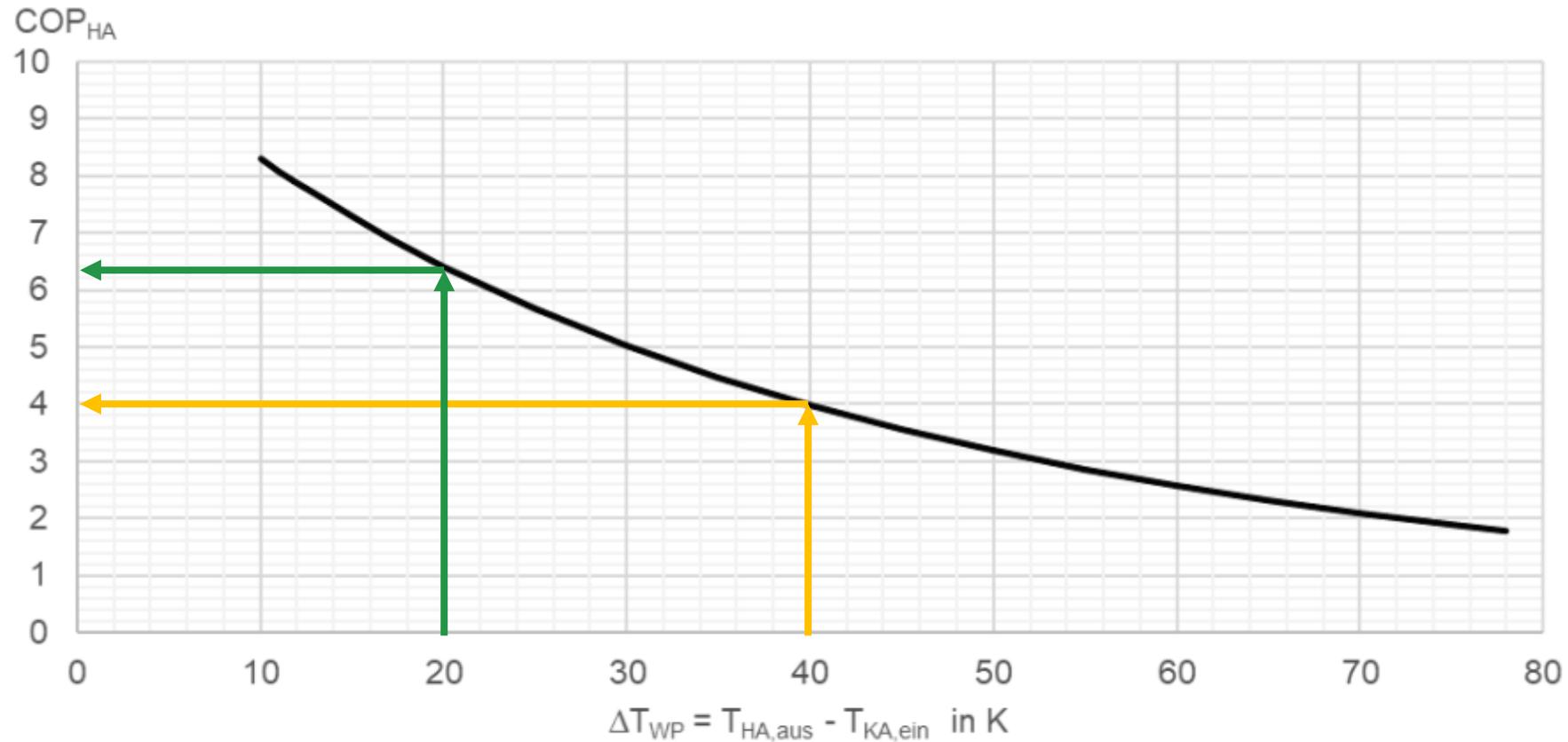


Bild 8. Regressionsfunktion zur Abschätzung der Leistungszahl in Abhängigkeit vom von der Wärmepumpe zu erbringenden Temperaturhub [22]

Die Welt der Wärmepumpen....

Wärmepumpe 20.000 kW = 20 MW



Quelle: FrioTherm, Unitop® 50 Wärmepumpe, Helsinki Energia, Helsinki, FI,

Wärmepumpe 6 kW



Quelle: dimplex.de

Sehr große Wärmepumpen....

Wärmepumpe mit 60.000 kW Leistung

Dänemark, Esbjerg

- Standort der Wärmepumpe am Hafen, 4.000 Liter Meerwasser pro Sekunde
- Strom stammt von einem nahen Windpark
- Vorlauftemperaturen ins Netz 70-90°C
- Rücklauftemperaturen 33° – 39°C
- COP 3.3 (winter) – 3.5 - 4 (summer)
- Wärmepumpen: 2x 30MW_{th}
ca. 9 MW_{el}/WP

Augsburger Allgemeine

HEIZEN

03.10.2023

MAN Energy Solutions liefert eine Wärmepumpe für 100.000 Menschen



Die Großwärmepumpe von MAN Energy Solutions in Esbjerg in Dänemark versorgt 100.000 Menschen mit Wärme.

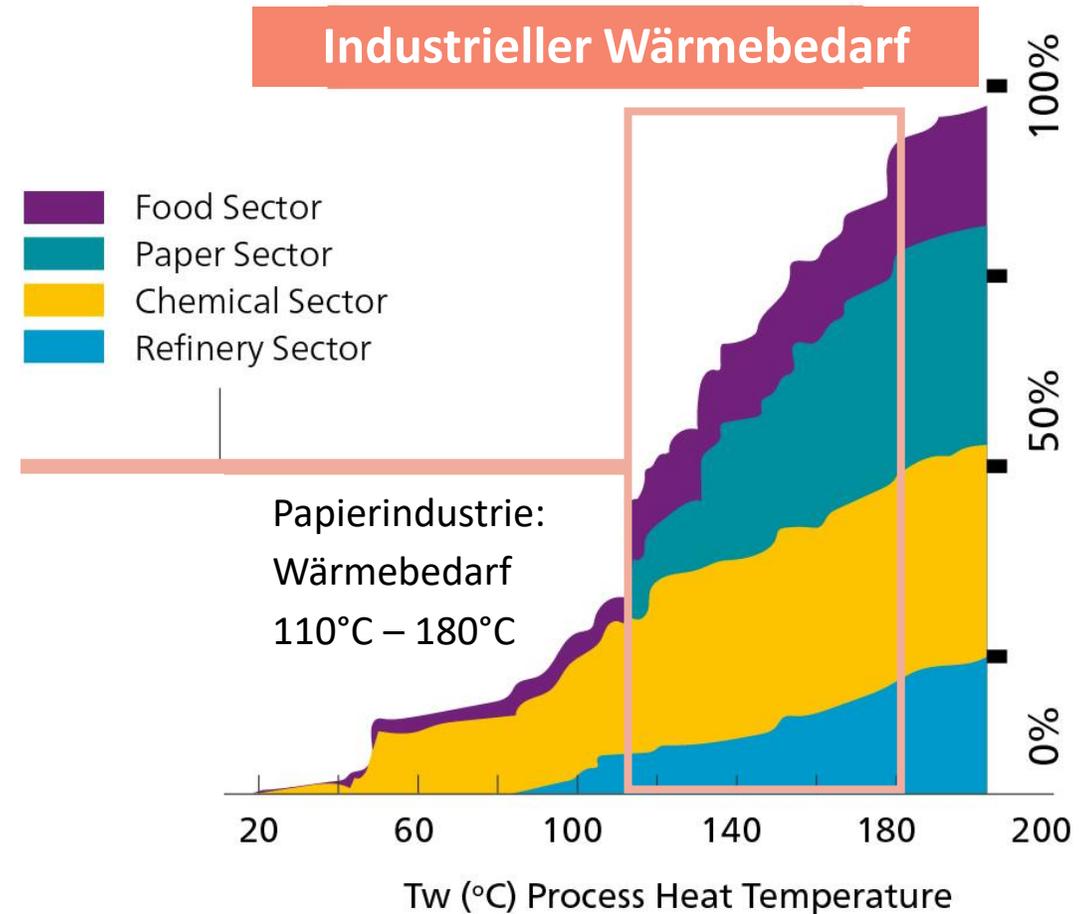
Foto: Sebastian Vollmert, MAN Energy Solutions

Anwendungsbereiche von Großwärmepumpen



Anwendungsbereiche von Großwärmepumpen

Abwärme kann in vielen Industriebereichen upgecycelt werden

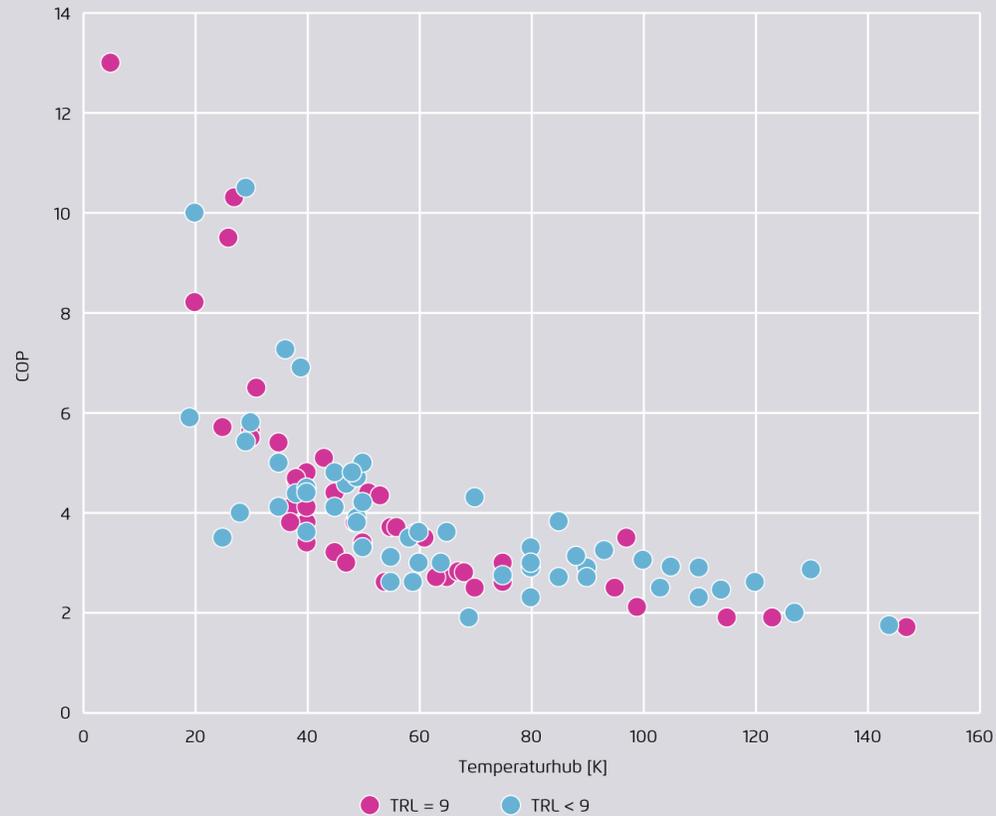


Anwendungsbereiche von Großwärmepumpen

Erreichbare COP und Temperaturbereiche

COP und Temperaturhub für am Markt vertretene Modelle von Großwärmepumpen mit unterschiedlichen Quellen- und Senkentemperaturen

Abbildung 29



Fraunhofer IEG (2023) basierend auf Abbildung 42 und Abbildung 43 im Anhang A.3

Maximale Vorlauftemperatur und Heizleistung verfügbarer Großwärmepumpen

Abbildung 28

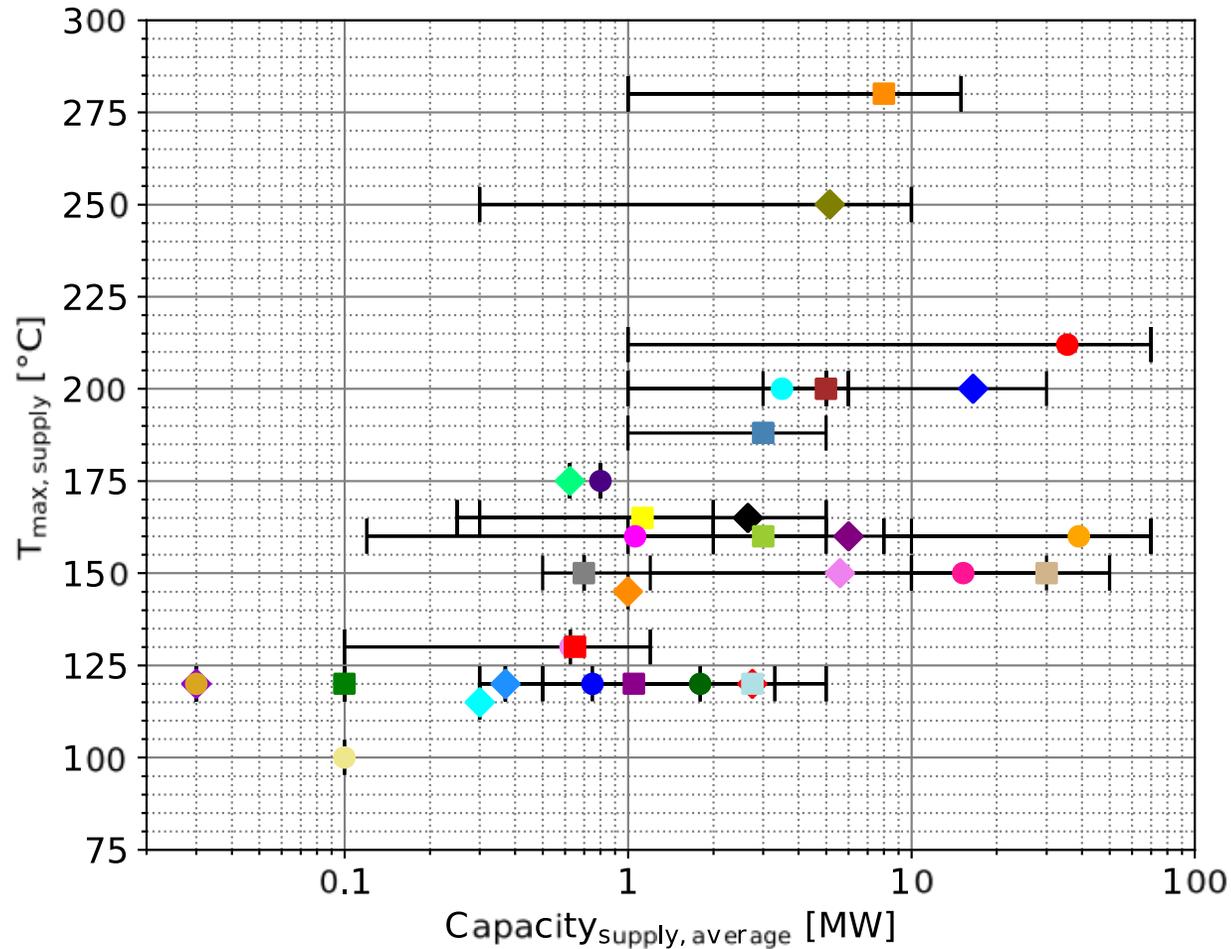


Fraunhofer IEG (2023) basierend auf Abbildung 42 im Anhang A.3

ANNEX 58 – TECHNOLOGY REVIEW



Maximal erreichbare Temperaturen und Leistungsbereiche



- Spilling
- Enerin
- Piller
- Olvondo
- Turboden
- Heaten
- ToCircle
- Kobelco (SGH-165)
- Kobelco (MSRC)
- SRM
- SPH
- Rank
- Weel & Sandvig
- Enertime
- Siemens Energy
- ecop
- Aneo Industry
- Epcon
- MAN Energy Solutions
- Mayekawa Europe (FC comp.)
- Mitsubishi
- GEA Refrigeration Netherlands
- Fuji Electric
- Emerson
- Mayekawa (EcoSirocco)
- Kobelco (SGH-120)
- Mayekawa Europe (HS comp.)
- Fenagy
- Hybrid Energy
- COMBITHERM GmbH
- Johnson Controls
- Skala Fabrikk
- Mayekawa (EcoCircuit)

HTHP supplier technology review

TRL level	4-9
Average specific cost	200 €/kW - 1500 €/kW
Capacity	0.03 MW - 70 MW
Max. supply temperature	100 °C - 280 °C
Availability	Geographical dependent, e.g. between Europe and Japan
Size of HTHP technology review	34 different technologies with 85 performance use cases

Der Weg zur richtigen Großwärmepumpe

Lösungsnavigator

- Herstellerübergreifende Datenbank
- aktuell 138 Lösungen von 23 Herstellern
- förderfähige Anlagen
- Strukturierte Suche
 - Wärmequellen
 - Einsatzzweck
 - Aufstellungsort
 - Etc.



<https://www.waermepumpe.de/normen-technik/loesungsnavigator/>

VDI 4646 Anwendung von Großwärmepumpen

- Richtlinie unterstützt bei der Planung und Bewertung von Wärmepumpenanlagen
- für nicht standardisierte Anwendungsfälle in
 - Gewerbe
 - in der Industrie
 - leitungsgebundenen Wärmeversorgung von Quartieren.
- Nicht standardisierte Anwendungsfälle zeichnen sich durch eine
 - große Leistung ($>100 \text{ kW}_{\text{th}}$)
 - die eine Nutzung der warmen und kalten Seite als Ziel haben, sind Inhalt dieser Richtlinie.

ICS 27.080		VDI-RICHTLINIEN		Januar 2024	
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE		Anwendung von Großwärmepumpen		VDI 4646	
				Entwurf	
Application of high-power heat pumps		Einsprüche bis 2024-04-30			
		• vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchsportal http://www.vdi.de/4646			
		• in Papierform an: VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt Fachbereich Energie- und Umwelttechnik Postfach 10 11 39 40002 Düsseldorf			
Inhalt					
Vorbemerkung..... 40					
Einleitung..... 40					
1 Anwendungsbereich..... 44					
2 Begriffe, Abkürzungen und Symbole..... 44					
3 Planung und Betrieb..... 50					
3.1 Wirtschaftlichkeit und Ausrüstung von Maschinenräumen..... 50					
3.2 Transport, Einbringung, Aufstellung und Anschluss..... 52					
3.3 Hinweise zur Planung von Kälte- und Wärmekreisläufen bei Wärmepumpenanlagen..... 52					
3.4 Hinweise zum Betrieb..... 53					
3.5 Häufige Planungsfehler..... 53					
Anhang A Kältemittel-Tabelle..... 54					
Anhang B Empirische COP-Abschätzung verschiedener Wärmepumpentypen..... 55					
Anhang C Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsabschätzung anhand eines Normogramms..... 57					
Anhang D Ergänzende Beispiele zu Abschnitt 8..... 59					
Anhang E Datenerfassungsbogen..... 83					
Schrifttum..... 85					
5 Grundlagenermittlung 13					
5.1 Voraussetzungen für die Nutzung einer Wärmepumpe..... 13					
5.2 Datenerfassung zum Istzustand der Wärme- und Kälteversorgung..... 14					
5.3 Datenerfassungsbogen..... 15					
6 Vorplanung 18					
6.1 Wahl des Integrationspunkts und des Wärmepumpensystems..... 18					
6.2 Systemkonfiguration..... 22					
6.3 Grobdimensionierung der Wärmepumpenanlage..... 22					
7 Bewertung der Wärmepumpenanlage 30					
7.1 Energetische Bewertung der Koppelprodukte zum Heizen und Kühlen..... 32					
7.2 Wirtschaftliche Bewertung..... 33					
7.3 Bewertung der direkten CO ₂ -Emissionen..... 36					
VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU) Fachbereich Energie- und Umwelttechnik					
VDI-Handbuch Energietechnik VDI Handbuch Wärme-/Heiztechnik					

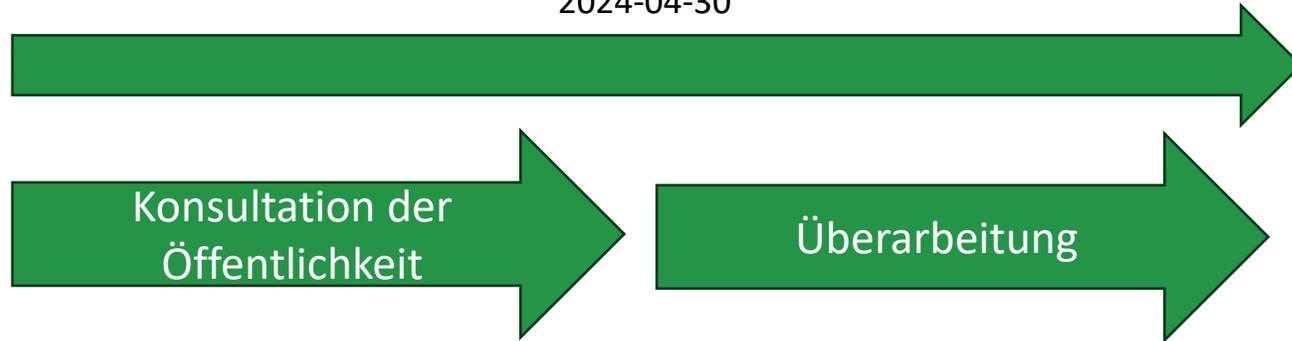
VDI 4646 Anwendung von Großwärmepumpen

Timeline der Veröffentlichung

Erscheinungsdatum
2024-01

Enddatum der
Einspruchsfrist
2024-04-30

Veröffentlichung der
endgültigen Fassung
voraussichtlich Q4 24



Zu erwerben unter:

<https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-4646-anwendung-von-grosswaermepumpen>



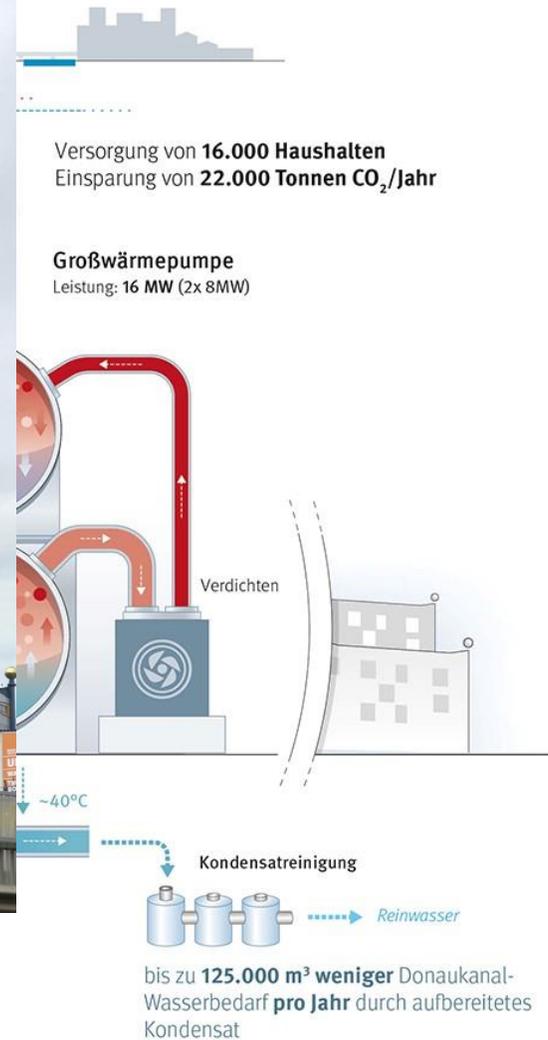
ICS 27.080		VDI-RICHTLINIEN		Januar 2024	
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE		Anwendung von Großwärmepumpen		VDI 4646	
				Entwurf	
Application of high-power heat pumps		Einsprüche bis 2024-04-30		<ul style="list-style-type: none">• vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchsportal http://www.vdi.de/4646• in Papierform an: VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt Fachbereich Energie- und Umwelttechnik Postfach 10 11 39 40002 Düsseldorf	
Inhalt		Seite			
Vorbemerkung				50	
Einleitung				50	
1 Anwendungsber...				50	
2 Be...				50	
... und Anschluss				52	
9.3 Hinweise zur Planung von Kälte- und Wärmepumpenanlagen				52	
9.4 Hinweise zum Betrieb				53	
9.5 Häufige Planungsfehler				53	
Anhang A Kältemittel-Tabelle				54	
Anhang B Empirische COP-Abschätzung verschiedener Wärmepumpentypen				55	
Anhang C Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsabschätzung anhand eines Notsogramms				57	
Anhang D Ergänzende Beispiele zu Abschnitt 8				59	
Anhang E Datenerfassungsbogen				83	
Schrifttum				85	
6.1 Wahl des Integrationspunkts und des Wärmepumpensystems				18	
6.2 Systemkonfiguration				22	
6.3 Grobdimensionierung der Wärmepumpenanlage				22	
7 Bewertung der Wärmepumpenanlage				30	
7.1 Energetische Bewertung der Koppelprodukte zum Heizen und Kühlen				32	
7.2 Wirtschaftliche Bewertung				33	
7.3 Bewertung der direkten CO ₂ -Emissionen				36	

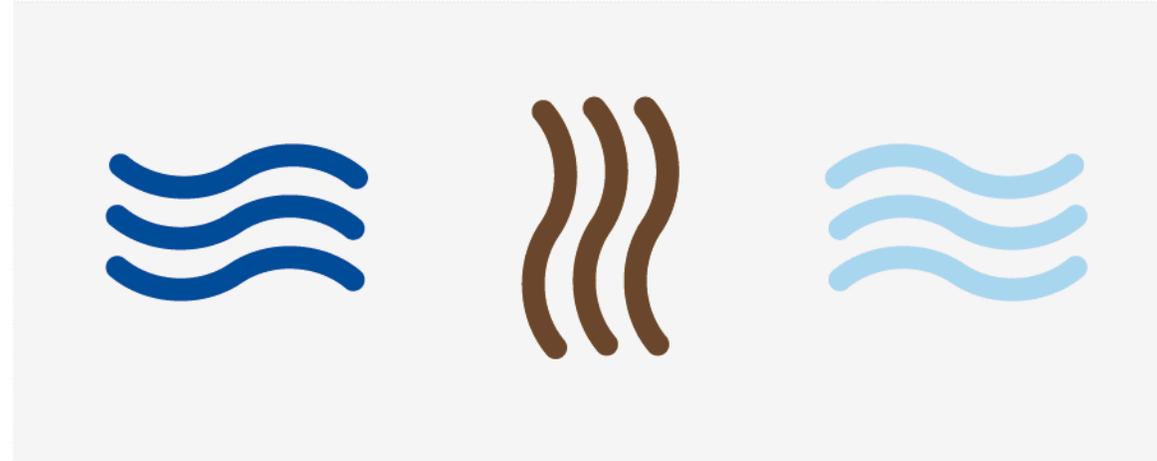
VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU)
Fachbereich Energie- und Umwelttechnik
VDI-Handbuch Energietechnik
VDI Handbuch Wärme-/Heiztechnik

Vertriebfähigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – freigegeben

Ein Beispiel aus der Thermischen Abfallbehandlung

Großwärmepumpe Spittelau





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Felix Uthoff, Referent für Technik und Normung

uthoff@waermepumpe.de