



**EBZ Business
School**
University of Applied Sciences

die Immobilien-
hochschule

Impulsvortrag zur energetischen Sanierung und ihrer Finanzierung in Deutschland

Prof. Dr. Viktor Grinewitschus
Professur für Energiefragen der Immobilienwirtschaft
an der EBZ Business School

Green Home, WEG Netzwerk, Bochum, 30.3.2023

- Studium der Elektrotechnik und Promotion an der Universität Duisburg/Essen.
- Bis 9/2012 Aufbau und Leitung des Fraunhofer-inHaus Zentrums.
- Seit 2011 Professor für Technische Gebäudeausrüstung an der Hochschule Ruhr West, Bottrop.
- Seit 2012 Professor für Energiefragen in der Immobilienwirtschaft an der EBZ Business School, Bochum.
- Seit 1.1.2021 Prorektor für Forschung an der EBZ Business School, Bochum.
- Seit 6/2021 Aufsichtsrat der Aachener Siedlungs- und Wohnungsgesellschaft mbH
- Kurator des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik (Stuttgart/Holzkirchen)

Forschungs- und Lehrschwerpunkte

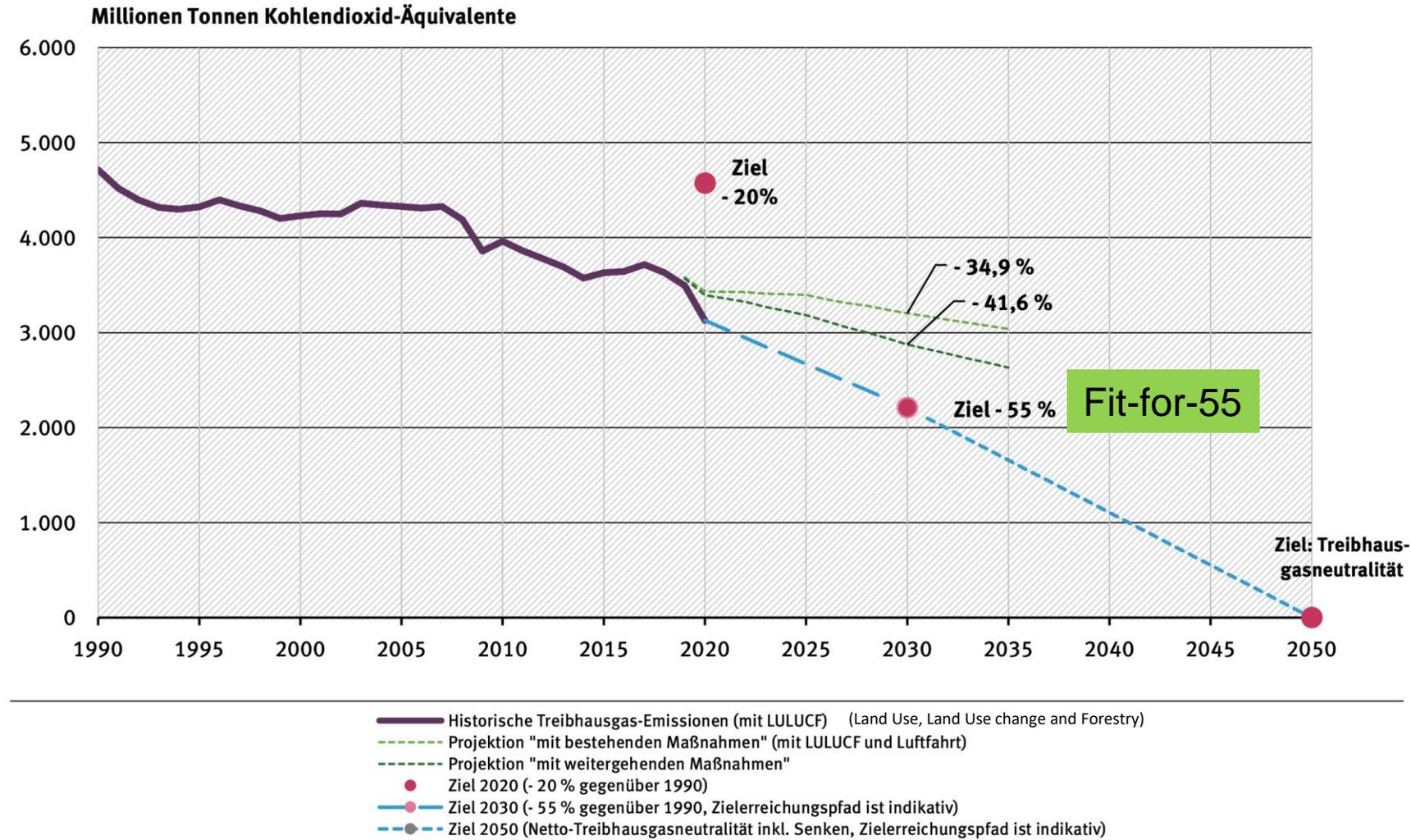
- Analyse der Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in Gebäuden (Anlagentechnik, Nutzerverhalten).
- Zukünftige Energieversorgungskonzepte für Immobilien.
- Assistenzfunktionen auf der Basis von Smart Home Technologien.



Aus Daten Wissen machen

- WEG-Verwalter verfügen über Informationen der Gebäude, der Gebäudetechnik und der anfallenden Betriebskosten
- Diese Daten lassen sich nutzen, um Schwachstellen im Bestand zu erkennen
- WEG-Verwalter können so helfen, die Betriebskosten zu senken, CO₂-Abgaben zu reduzieren, vorbeugende Instandhaltung zu betreiben und eine fachgerechte, auf Betriebsdaten basierende Auslegung der Heizungsanlage zu unterstützen.

Treibhausgas-Emissionen der EU bis 2020, Projektionen bis 2035 und Minderungsziele bis 2050

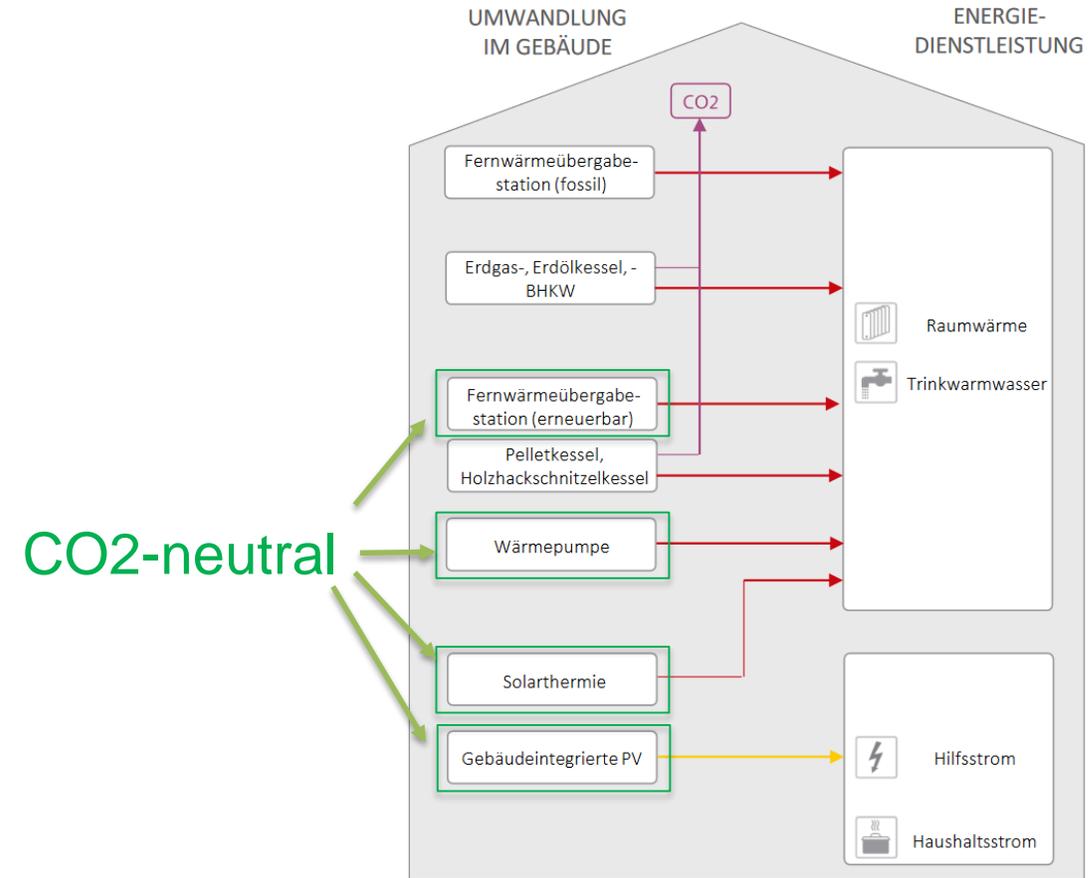


Alle Daten beziehen sich auf die EU-27 Mitgliedsstaaten.

Quelle: European Environment Agency (EEA), Trends and Projections report 2021, Historical trends and future projections of greenhouse gas emissions, Figure ES2.

Klimaneutralität bis 2045: Bilanzierungsverfahren

Bilanzgrenze Gebäude

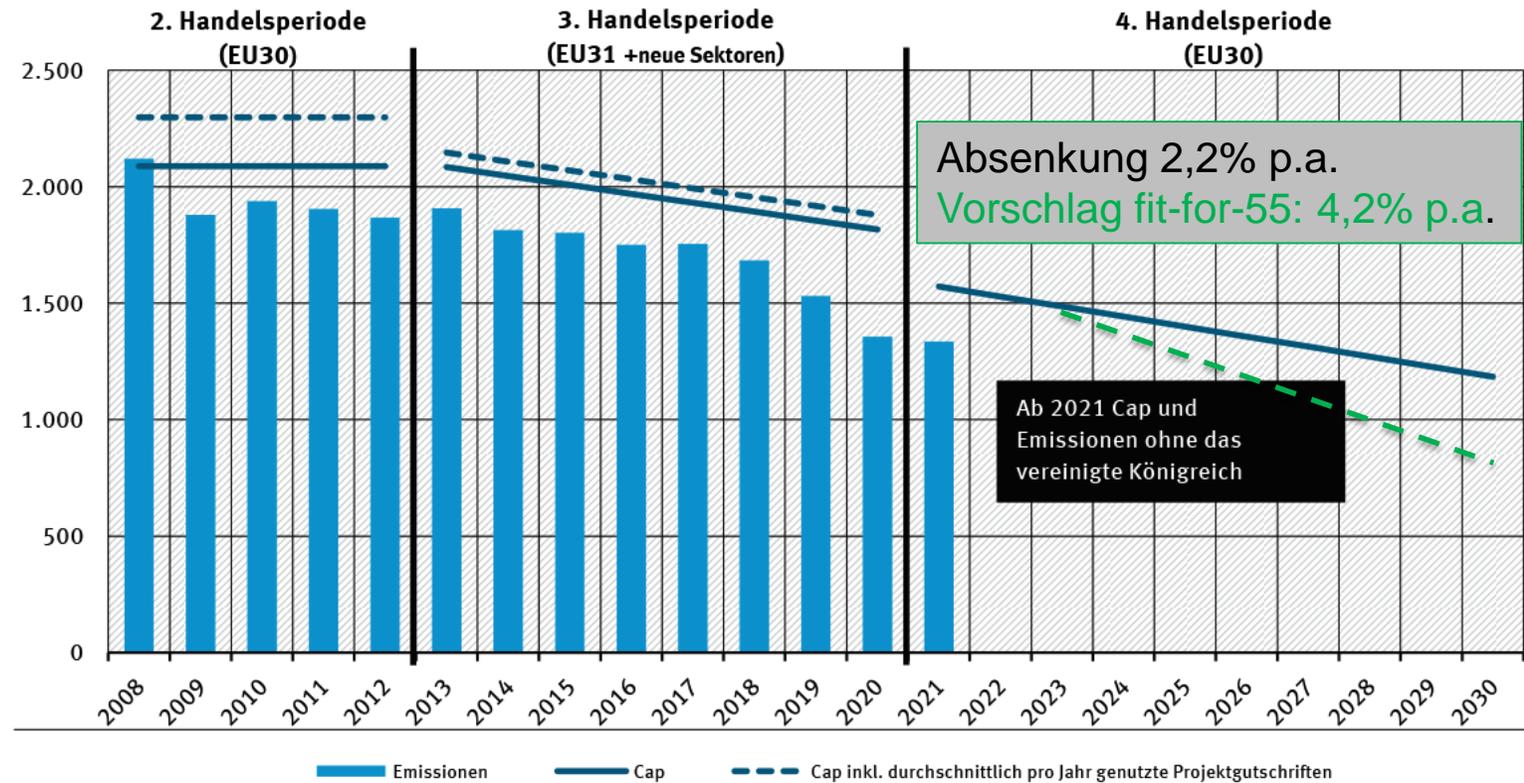


Quelle: IW2050, Joost Hartwig, ina Planungsgesellschaft mbh
Eigene Darstellung

Schrittweise Absenkung der Emissionsbudgets

Gesamt-Cap und Emissionen im Europäischen Emissionshandel

Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente



Quelle: Umweltbundesamt 2022, Deutsche Emissionshandelsstelle, eigene Berechnungen auf Basis von Daten der Europäischen Umweltagentur und der Europäischen Kommission (2013/448/EU); Stand 28.07.2022

Quelle: Umweltbundesamt.de, eigene Darstellung

Gültig für

- Energiewirtschaft
- Energieintensive Industrie
- Luftverkehr

Kosten der „CO₂-freien Energieversorgung“ von Gebäuden werden durch den europäischen Emissionshandel beeinflusst, solange die Energie nicht wirklich CO₂-frei ist.

Grundlage für die Bepreisung von CO₂-Emissionen

Nummer	Brennstoff	Nomenklatur	Umrechnungsfaktor	Heizwert	Heizwertbezogener Emissionsfaktor
5	Heizöl				
5a	Heizöl als Kraftstoff (Heizöl S)	2710 19 62 bis 2710 19 68, 2710 20 31 bis 2710 20 39	1 t/t	39,5 GJ/t	0,0799 t CO ₂ /GJ
5b	Heizöl zu Heizzwecken (Heizöl S)	2710 19 62 bis 2710 19 68, 2710 19 31 bis 2710 19 39	1 t/t	39,5 GJ/t	0,0808 t CO ₂ /GJ
6	Flüssiggas				
6a	Flüssiggas als Kraftstoff	2711 12, 2711 13, 2711 14, 2711 19	1 t/t	45,7 GJ/t	0,0663 t CO ₂ /GJ
6b	Flüssiggas zu Heizzwecken	2711 11, 2711 13, 2711 14, 2711 19	1 t/t	45,7 GJ/t	0,0663 t CO ₂ /GJ
7	Erdgas	2711 11, 2711 21	3,2508 GJ/MWh	1 GJ/GJ	0,056 t CO ₂ /GJ

Jahr	CO ₂ -Preis
2021	25 €/t
2022	30 €/t
2023	30 €/t
2024	35 €/t
2025	45 €/t
2026	55 €/t

Quelle: Referentenentwurf Brennstoffemissionshandelsgesetz 2022

Entwicklung der Preise für CO2-Zertifikate



Nationales Emissionshandelssystem (nEHS)

Gültig für

- Wärmeerzeugung
- Verkehr

Aktuell keine Obergrenzen für einzelne Bereiche

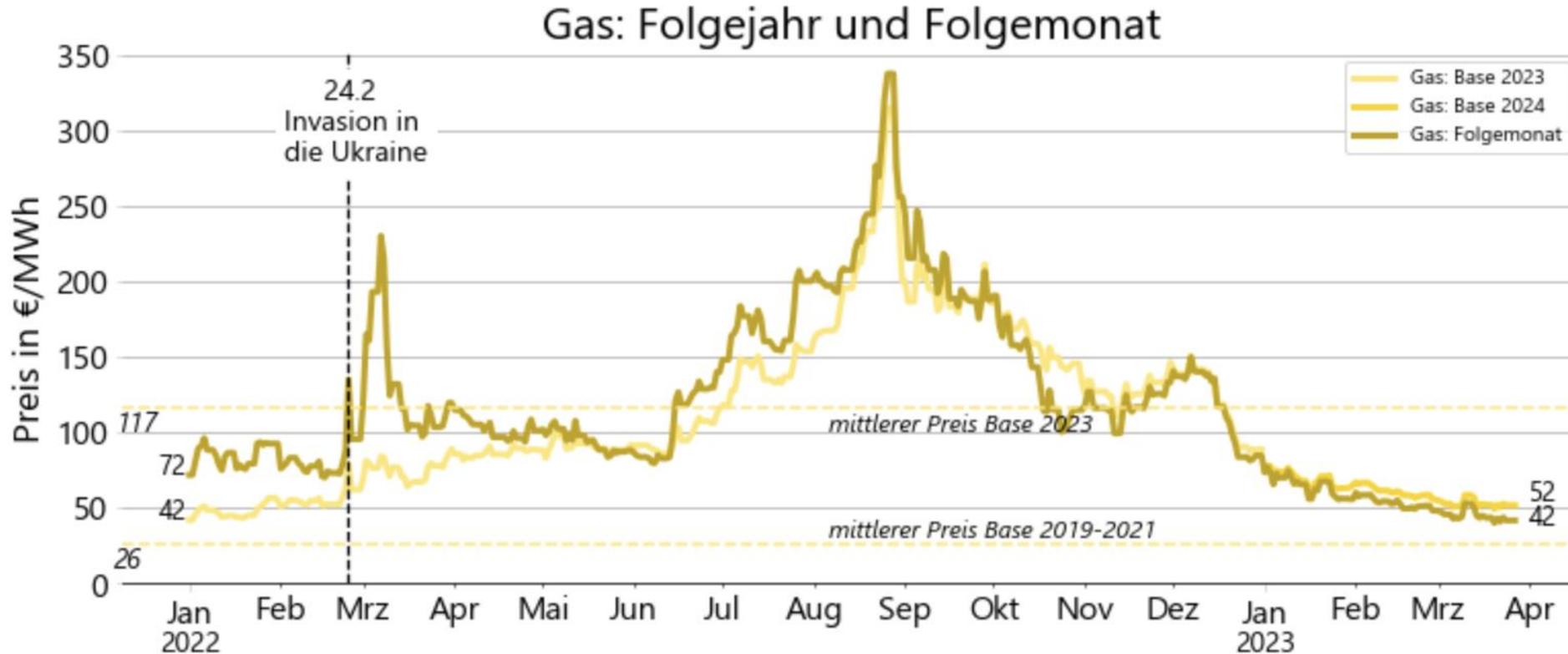
Ziel:

Verteuerung der fossilen Energieträger
Anreize für den Umstieg schaffen

Quelle: www.boerse.de, BEHG

Entwicklung der Großhandels-Gaspreise

Zeitraum 3.1.22-27.3.23



Quelle: <https://www.ffe.de/veroeffentlichungen/entwicklung-der-energie-und-co2-preise-2022/>

Gas

Kostensteigerung Base 2023/Base 2019-2020: 200%

Entwicklung der Energiekosten für Erdgas

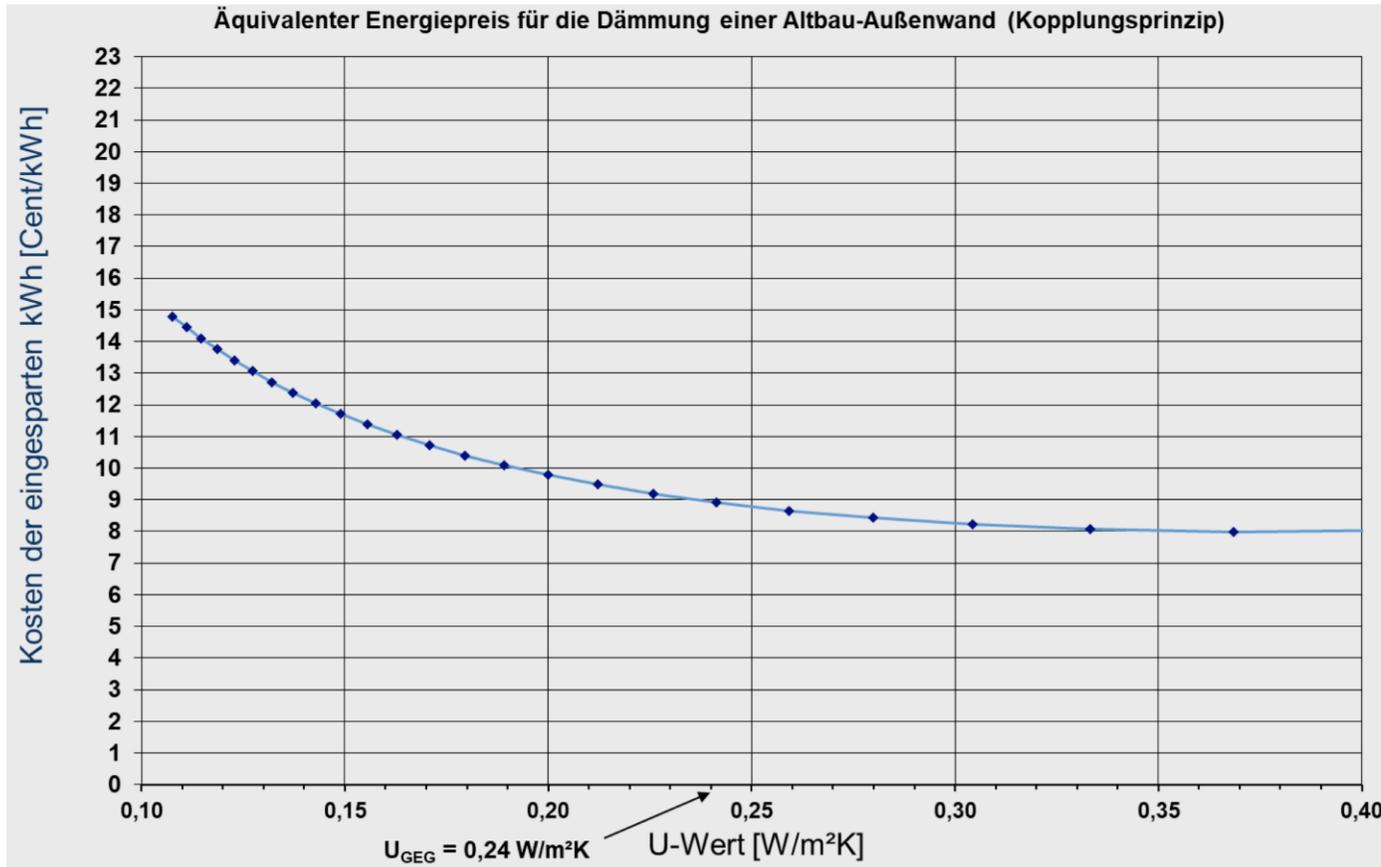
Jahr	Gaspreis (ct/kWh) (brutto)	CO2-Preis (€/t) netto	CO2-Kosten (ct/kWh)	Anteil CO2 an Kosten	Energiepreis (ct/kWh)
2023	12	30,00	0,72	6%	12,7
2024	12,36	35,00	0,84	7%	13,2
2025	12,73	45,00	1,08	8%	13,8
2026	13,11	55,00	1,32	10%	14,4
2027	13,51	65,00	1,56	12%	15,1
2028	13,91	85,00	2,04	15%	16,0
2029	14,33	105,00	2,52	18%	16,9
2030	14,76	125,00	3,00	20%	17,8
2031	15,20	140,00	3,37	22%	18,6
2032	15,66	155,00	3,73	24%	19,4
2033	16,13	170,00	4,09	25%	20,2
2034	16,61	185,00	4,45	27%	21,1
2035	17,11	200,00	4,81	28%	21,9
2036	17,62	215,00	5,17	29%	22,8
2037	18,15	230,00	5,53	30%	23,7
2038	18,70	245,00	5,89	32%	24,6
2039	19,26	260,00	6,25	32%	25,5
2040	19,83	275,00	6,61	33%	26,4

Annahmen

Anstieg der Gaskosten: 3%/a
 CO2-Emissionen 0,202 t/MWh
 CO2-Preis bis 2026 gesichert
CO2-Preis ab 2027 geschätzt

Eigene Berechnungen

Energievermeidungs-Kosten für energetische Sanierung



Quelle: Dr. Andreas Enseling: Fachtagung Energieberatung 2022
Klimaschutzstiftung Jena-Thüringen

Zusammenfassung der drei Novellen des Gebäudeenergiegesetzes



Ab Wann	Was plant die Politik?	Aktueller Stand
01.01.2023	Neubaustandard EH 55 bei Primärenergie Großwärmepumpen in Wärmenetzen bessergestellt, detaillierte statt pauschale Berechnung PV-Ertrag, Fortschreibung der Regelungen für Flüchtlingswohnen bis 12/2024	„schnelle“ GEG Novelle zusammen mit dem EEG beschlossen.
Geplant: 01.01.2024	Betrieb von neuen Heizungen mit mind. 65 % EE Betriebsverbote für reine Öl- und Gasheizungen ab 2026 „Härtefälle“ statt Wirtschaftlichkeit Solardachpflicht für gewerbliche Neubauten, sonst „die Regel“	Konsultation einer Konzeption war 8/22, GEG-Entwurf erwartet Februar/März 2023 Teil eines Gesetzes zur Beschleunigung des PV-Ausbaus
Geplant: 2025	Anforderung auf Basis von Treibhausgasemissionen Prüfauftrag Lebenszyklusbetrachtung Neubaustandard EH 40 bzw. Zero Emission Building Änderungen für Bestand? (EH 70?) Einführung von Mindestenergiestandards (MEPS nach EPBD) „GebäudeoptimierungstÜV“ = regelmäßige Heizungsprüfung Neugestaltung der Anlässe für Energieausweise	In Vorbereitung für Mitte 2023

Quelle: Dr. Vogler, GdW

65 % EE

Konzeptpapier vom Juli 2022



Erfüllung von 65 % EE bei neu eingebauten Heizungen ab 01.01.2024 durch

- **Anschluss an ein Wärmenetz** (ab 01.01.2026 nur noch mit Transformationsplan)
- **Einbau einer Wärmepumpe**
- **Einbau einer Hybridheizung mit 65 % Wärmepumpe**, Solarthermie, grüne Gase, Biomasse, oder einen Heizstab oder eine Heizpatrone betrieben mit PV-Strom vom Dach des Gebäudes oder aus dem Quartier erfüllt, wenn Leistungsanteil der Wärmepumpe 30 Prozent oder höher
- **Einbau einer Stromdirektheizung** nur in besonders gut gedämmten Häusern mit einem äußerst niedrigen Wärmebedarf

Quelle: Dr. Vogler, GdW

65 % EE

Konzeptpapier vom Juli 2022

Havarien

- Pflicht zur Erfüllung innerhalb von 2-3 a durch Ergänzung (Hybrid) oder Ersatz
- In der Übergangszeit ggf. gebrauchte Gas- oder Ölheizung
- Einsatz von Stromdirektheizungen ist als Übergangslösung zulässig

Übergangsregelung für Gasetagenheizung (GEH)

- 2-3 a nach dem Ausfall der ersten GEH Entscheidung, ob weiterhin dezentral oder zentral
- Wenn zentral: 2-3 weitere Jahre Zeit für Umstellung, Eigentümer sind verpflichtet, nach Fertigstellung der neuen Zentralheizung ihre Wohnung unverzüglich an diese anzuschließen
- Wenn weiterhin dezentral: alle danach zu ersetzenden Etagenheizungen müssen durch dezentrale Heizungen ersetzt werden, die die 65-Prozent-EE-Pflicht erfüllen.

Quelle: Dr. Vogler, GdW

Geplante Betriebsverbote Konzeptpapier vom Juli 2022



Begrenzte Betriebslaufzeit von Öl- und Gasheizungen im GEG

- Erdöl- und Erdgaskessel, die bis 1996 eingebaut worden sind, dürfen noch bis längstens 2026 betrieben werden.
- Für die im Zeitraum von 1996 bis 2024 eingebauten Kessel wird die zulässige Betriebsdauer von 30 auf 20 Jahre zurückgeführt, d.h. jährlich um einen gleichbleibenden Zeitraum reduziert (jährlich vier Monate).
- Nach Ablauf der jeweils geltenden Frist müssen die Heizungen ausgetauscht und die Vorgaben der 65-Prozent-EE-Regelung eingehalten werden.

Quelle: Dr. Vogler, GdW

EU Gebäuderichtlinie „Fit for 55“*

Aktueller Entwurf

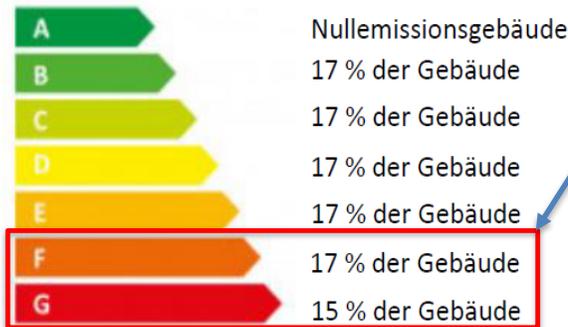
Ab 2025 Monitoring

Kontinuierliches Monitoring für neue und umfassend modernisierte Gebäude

Bis 30.06.25 neue Kostenoptimalitätsberechnung

Kostenermittlung unter Einbeziehung der externen Effekte der Energienutzung in den Bereichen Umwelt und Gesundheit

Ab 2026: Einheitliche Energieausweise und eine neue Klassifizierung:



Ab 2027 Mitgliedsstaaten fördern keine fossil betriebenen Kessel mehr

Ab 2030 alle neuen Gebäude Nullemissionsgebäude

Mindestenergieperformancestandards Wohngebäude im Bestand: kein G mehr, und ab 2033 kein F mehr

Nullemissionsgebäude:

- Gesamtprimärenergiebedarf 60 kWh/m²a auf jährlicher Nettobasis abgedeckt durch erneuerbare Energien:
- am Standort
 - von einer Erneuerbare-Energie-Gemeinschaft
 - aus einem effizienten Fernwärmesystem (auch Abwärme)

Gesamtprimärenergiebedarf nichterneuerbar + erneuerbar

Deutschland bisher: nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf
Beispiele PE-Faktor:
Strom 2,8 statt 1,8
Holz 1,2 statt 0,2
PV-Strom 1,0 statt 0

Immobilienklasse G und F werden zukünftig unvermietbar

Immobilien Klasse G, F sind in 7-10 Jahren nicht mehr vermietbar und dadurch nicht mehr finanziell attraktiv zu bewirtschaften.

Ab 2025 wird kontinuierliches Monitoring gefordert.

-> Immobilienwirtschaft muss die CO₂-Emissionen der Immobilien senken und bis 2045 auf nahezu 0 bringen.

Monitoring hilft, die Betriebsoptionen der Immobilien richtig einzuschätzen.

CO₂-freie Energieversorgung kann wesentlich komplexer in der Betriebsführung sein als konventionelle.

*"Fit for 55"-Paket präsentiert und 12 Vorschläge angenommen, um die Politik der EU in den Bereichen Klima, Energie, Landnutzung, Verkehr und Steuern so zu gestalten, dass die Netto-Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 55 Prozent gegenüber dem Stand von 1990 gesenkt werden.

Worst Performing Buildings in der BEG (Abweichend von den Diskussionen in der EU zur EPBD)



Worst Performing Building (WPB)“:

Ein Gebäude das auf Grund des energetischen Sanierungsstandes seiner Bauteilkomponenten zu den energetisch schlechtesten 25 % des deutschen Gebäudebestandes gehört. Genaueres regelt das „[Infoblatt zu den förderfähigen Maßnahmen und Leistungen](#)“.

Definition WPB über den Energieausweis

- Energiebedarfs- oder Energieverbrauchsausweis Klasse H
Bei gültigen Energieausweisen ohne Klasse (vor 2014): Endenergie ≤ 250 kWh/m² a

Definition WPB über Baujahr und Sanierungszustand – für Gebäude bis Baujahr 1957

- mindestens 75 % der Fläche der Außenwand ist energetisch unsaniert

Quelle: Dr. Vogler, GdW

Förderung Energetische Sanierung

BEG-Förderung Sanierung Effizienzhaus seit 01.01.2023 Zinsverbilligter KfW-Kredit mit Tilgungszuschuss

Zins KfW 261 am 12.02.2023: 0,59% (10 a), 1,44 % (20a/10a fest) bis 1,74 % (endfällig 10 a)



	Standard		Klassen (nicht untereinander kumulierbar)		Boni (zusammen Deckelung auf 20 %, kumulierbar mit Klassen)	
	Tilgungszuschuss	Zuschuss (nur Kommunen)	EE	NH	WPB	SerSan
EH Denkmal	5 %	20 %	5 %	5 %		
EH 85	5 %	20 %	5 %	5 %		
EH 70	10 %	25 %	5 %	5 %	10 % (nur EE-Klasse)	
EH 55	15 %	30 %	5 %	5 %	10 %	15 %
EH 40	20 %	35 %	5 %	5 %	10 %	15 %

WPB: Worst Performance Building

SerSan: Serielles Sanieren

Gemeinsame [FAQ von BMWK, KfW und BAFA](#)
 Technische [FAQ des BAFA](#)
 Technische [FAQ der KfW](#)

<https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Redaktion/DE/FAQ/FAQ-Uebersicht/BEG/faq-bundesfoerderung-fuer-effiziente-gebaeude.html>

Details zum Effizienzhausnachweis:

- Berechnung nur noch nach DIN V 18599
- VL-Temperatur max. 55 °C (außer Denkmal)
- EE-Klasse: mind. 65 % (statt wie bisher 55%) EE
- EE-Klasse: Lüftungsanlage mit WRG verpflichtend (außer Denkmal)
- NH-Klasse: Komplettmodernisierung mit QNG-Siegel (NaWoh kann das)

Quelle: Dr. Vogler, GdW

BEG-Förderung Einzelmaßnahmen

BAFA-Zuschüsse

Gebäudehülle:

15 % Zuschuss zu den förderfähigen Ausgaben.

förderfähigen Kosten gedeckelt auf 60.000 Euro pro WE und Kalenderjahr,
insgesamt auf maximal 600.000 Euro pro Gebäude.

Heizungsanlagen:

- Solarkollektoranlagen 25 %
- Biomasseheizungen 10 %
- Wärmepumpen 25 % (5 % Bonus für Wasser, Erdreich oder Abwasser)
- Errichtung, Erweiterung und Umbau von Gebäudenetzen 20-30 %
- Anschluss an ein Gebäudenetz 25 %
- Anschluss an ein Wärmenetz 30 %

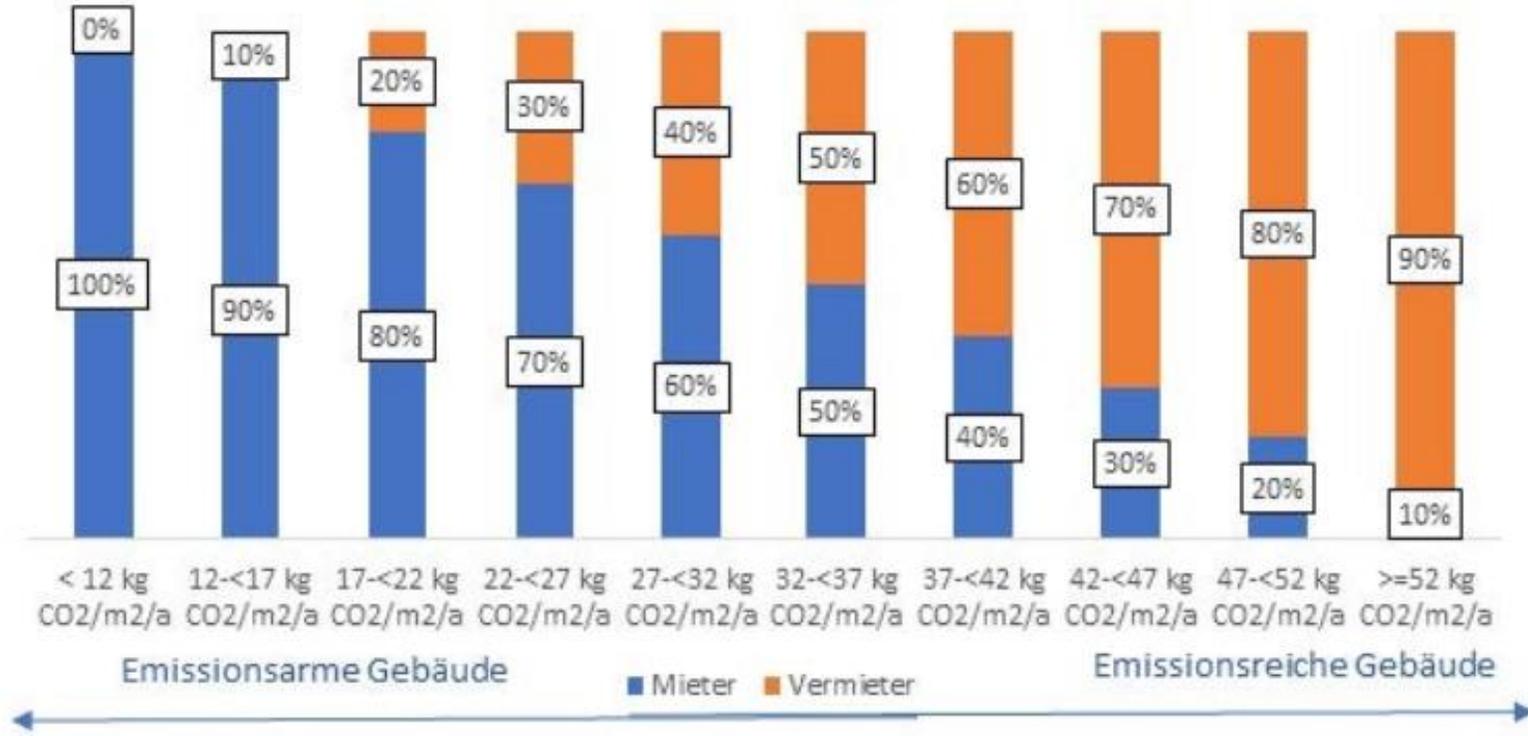
Quelle: Dr. Vogler, GdW

CO2-Abgabe: Welche Kosten werden fällig

Berechnung für gas- und ölbeheizte Gebäude

Gas:	<59	84	109	134	158	183	208	233	257	<257
Öl:	<45	63	82	100	118	136	154	172	189	<189
kWh/(m ² *a)										

€/m ² *a (2026)	0	0,09	0,24	0,45	0,70	1,02	1,39	1,81	2,29	>2,57
----------------------------	---	------	------	------	------	------	------	------	------	-------



Zusatzkosten für Vermieter durch die CO2-Abgabe
Gerechnet mit 55 €/t (gültig ab 2026)

CO2-Emissionsfaktoren für Brennstoffe*:
Gas: 0,056 t/GJ (heizwertbezogen)
Öl: 0,0799 t/GJ
Flüssiggas: 0,0663 t/GJ

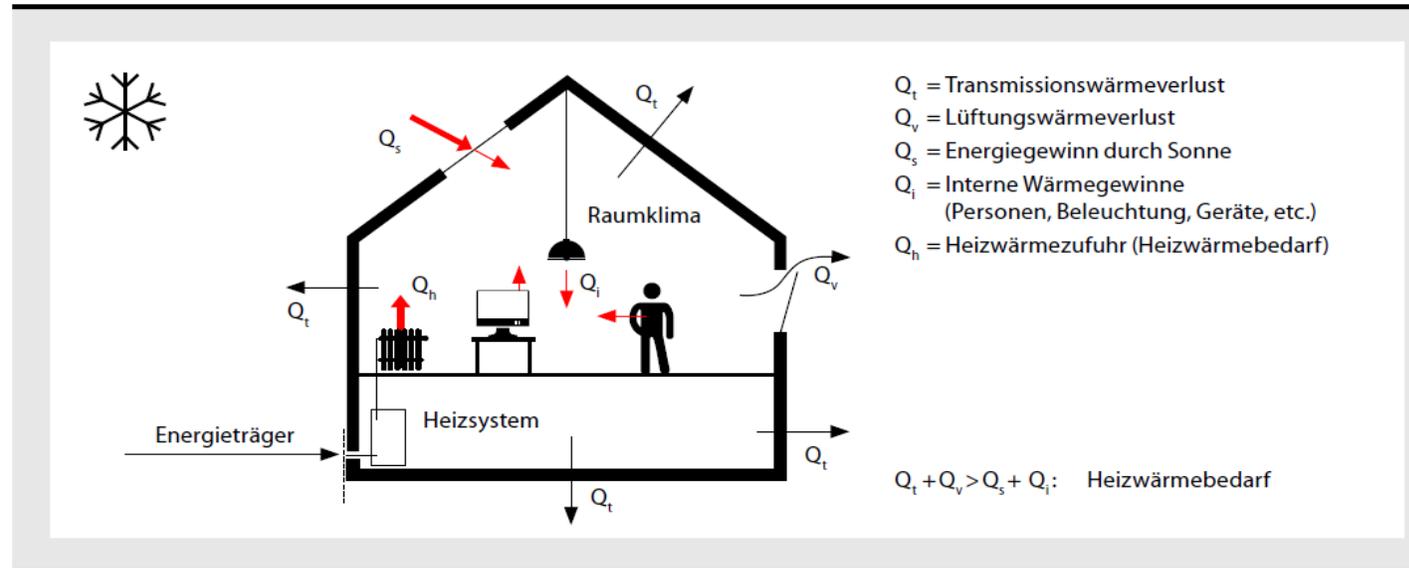
* Quelle: BEHG, EBeV 2022

Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch

Die Raumtemperatur bleibt konstant, wenn die Bilanz der Energieströme ausgeglichen ist.

Wir betrachten nun zwei wesentliche Ursachen für Wärmeverluste von Gebäuden, die

- Transmissionswärmeverluste und die
- Lüftungswärmeverluste

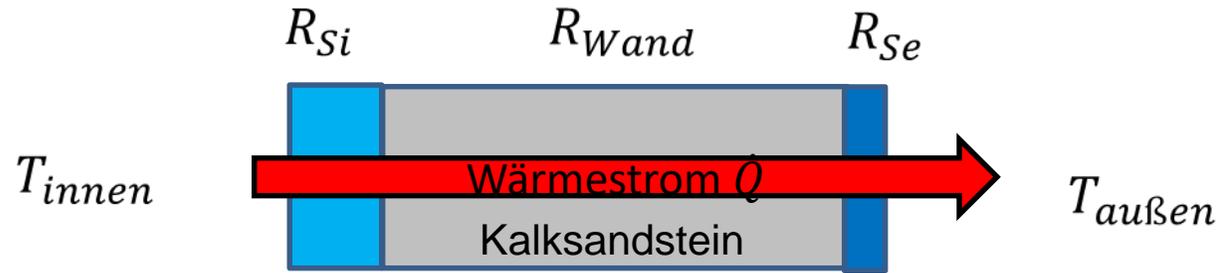


Grenzschichten

Beim Wärmeübergang von einem festen Körper zu Luft bilden sich Isolierschichten, die sich durch Infrarot-Aufnahmen sichtbar machen. Wären die Grenzschichten nicht vorhanden, würde die Wandtemperatur die Temperatur der Luft annehmen. Wärmebrücken lassen sich so durch Temperaturunterschiede der Oberflächentemperaturen erkennen und visualisieren.



Wärmestrom durch eine Wand



Annahme:

$$A = 1 \text{ m}^2$$

$$\lambda_{\text{Kalksandstein}} = 1,1 \left[\frac{\text{W}}{\text{m} * \text{K}} \right], d = 24 \text{ cm}$$

$$R_{Si} = 0,13 \left[\frac{\text{m}^2 * \text{K}}{\text{W}} \right]$$

$$R_{Se} = 0,04 \left[\frac{\text{m}^2 * \text{K}}{\text{W}} \right]$$

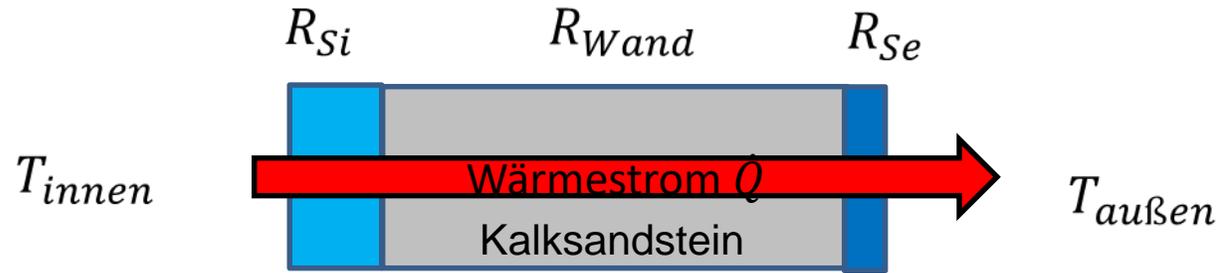
$$T_{innen} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{außen} = -10 \text{ }^\circ\text{C}$$

Gesucht: Wärmestrom \dot{Q}

Wärmestrom durch eine Wand

Lösung



$$\dot{Q} = \frac{1}{R_{si} + \frac{d}{\lambda} + R_{se}} * A * (T_{innen} - T_{außen})$$

$$\dot{Q} = \frac{1}{0,13 \left[\frac{\text{m}^2 * \text{K}}{\text{W}} \right] + \frac{0,24 \text{ [m]}}{1,1 \frac{\text{W}}{\text{m} * \text{K}}} + 0,04 \left[\frac{\text{m}^2 * \text{K}}{\text{W}} \right]} * 1\text{m}^2 * 30 \text{ K}$$

Der Wärmestrom durch die Wand mit 1 m² Größe beträgt 77,28 W

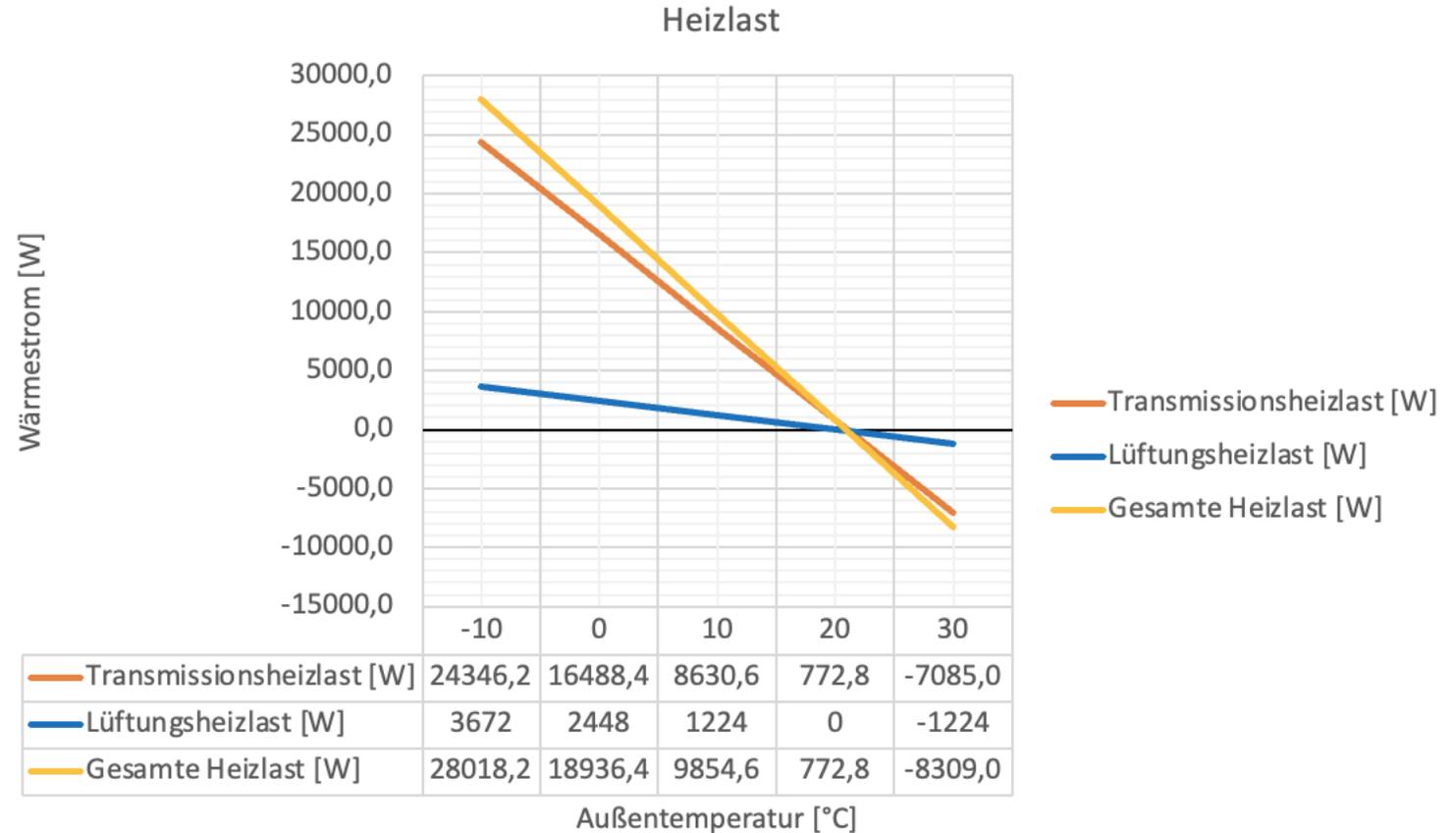
Wärmeverluste

U-Wert 2,79 W/(K*m2)

Wärmeverlust bei -10 Grad C: 28000 W

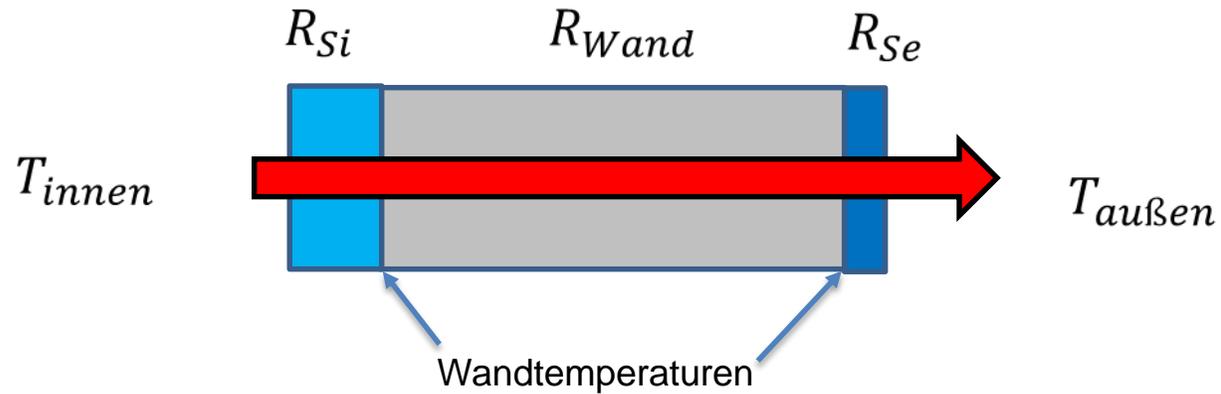
Maße der Gebäudehülle:

- Höhe: 6 m
- Breite 10 m
- Tiefe 6 m



Wärmestrom durch eine Wand

Wandtemperatur innen

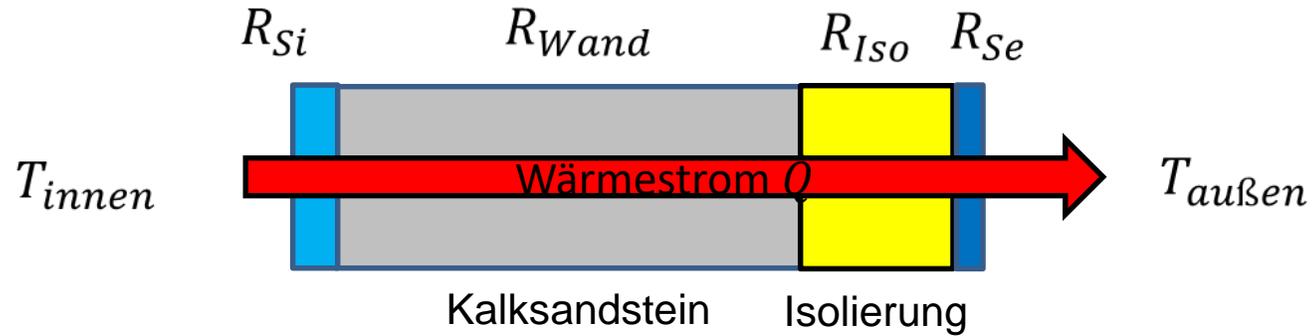


$$\dot{Q} = \frac{1}{R_{Si}} * A * (T_{innen} - T_{Wand(innen)})$$

$$T_{Wand(innen)} = T_{innen} - \frac{\dot{Q} * R_{Si}}{A}$$

$$T_{Wand(innen)} = 20 \text{ [}^\circ\text{C]} - \frac{77,28 \text{ [W]} * 0,13 \text{ [m}^2 * \text{K]}}{1 \text{ m}^2 * \text{ [W]}} = 9,96 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Wärmestrom durch eine Wand



Annahme:

$$A = 1 \text{ m}^2$$

$$\lambda_{\text{Kalksandstein}} = 1,1 \left[\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right], d = 24 \text{ cm}; \quad \lambda_{\text{Isolierung}} = 0,035 \left[\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right], d = 10 \text{ cm}$$

$$R_{Si} = 0,13 \left[\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]; \quad R_{Se} = 0,04 \left[\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]$$

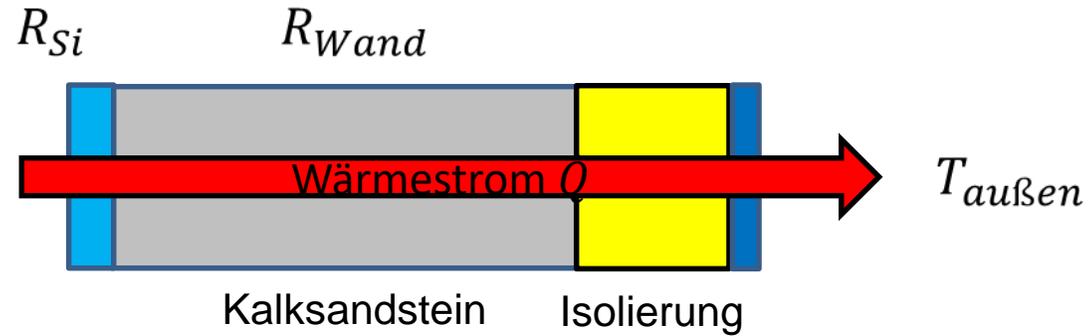
$$T_{innen} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{außen} = -10 \text{ }^\circ\text{C}$$

Gesucht: Wärmestrom \dot{Q}

Wärmestrom durch eine Wand

Lösung



$$\dot{Q} = \frac{1}{R_{Si} + \frac{d_{Kalksandstein}}{\lambda_{Kalksandstein}} + \frac{d_{Isolierung}}{\lambda_{Isolierung}} + R_{Se}} * A * (T_{innen} - T_{außen})$$

$$\dot{Q} = \frac{1}{0,13 \left[\frac{m^2 * K}{W} \right] + \frac{0,24 [m] *}{1,1 \frac{W}{m * K}} + \frac{0,1 [m]}{0,035 \frac{W}{m * K}} + 0,04 \left[\frac{m^2 * K}{W} \right]} * 1m^2 * 30 K$$

Der Wärmestrom durch die Wand mit 1 m² Größe beträgt 9,24 W

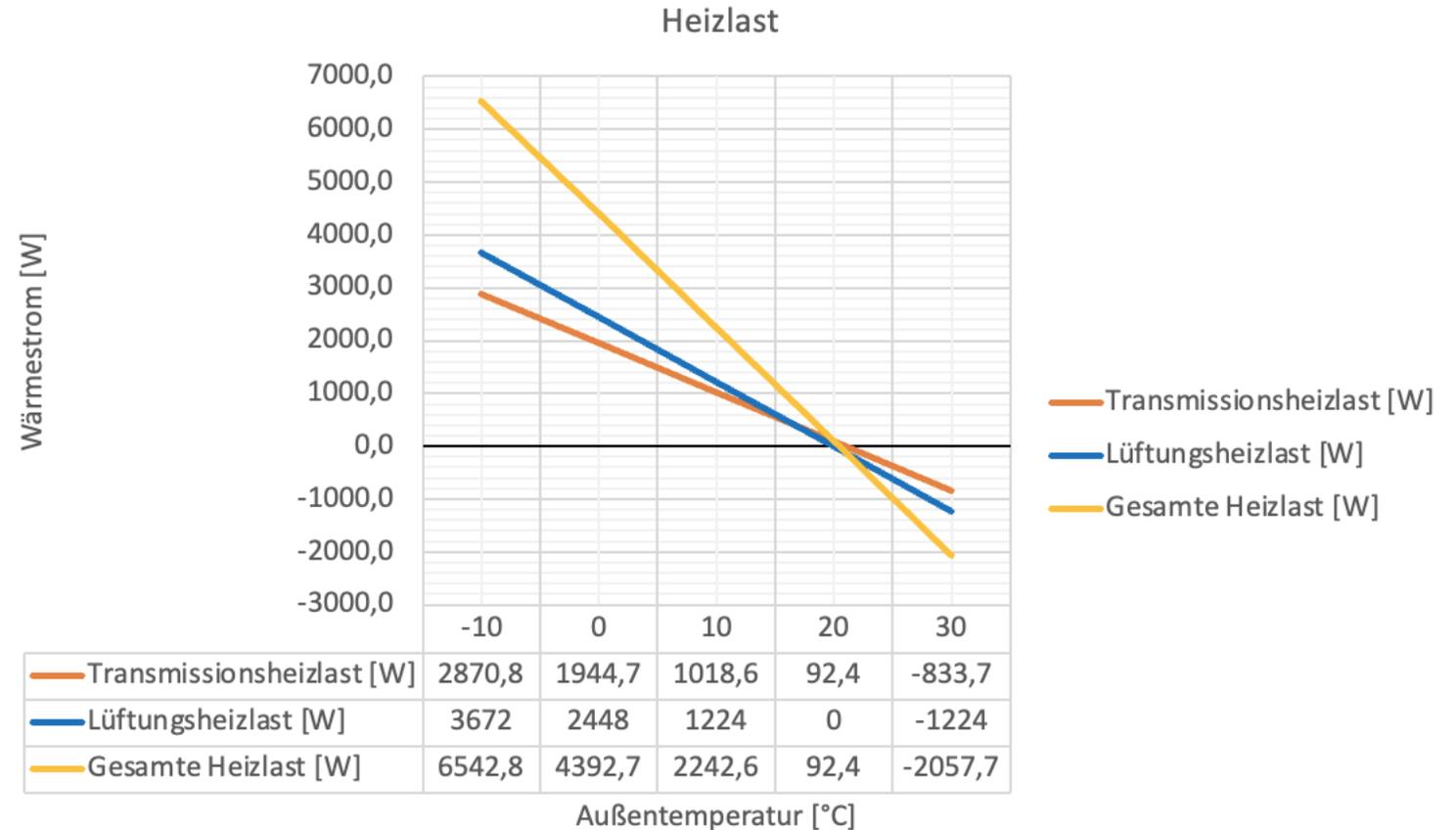
Wärmeverluste

10 cm Dämmstoffdicke, U-Wert 0,31W/(K*m2)

Wärmeverlust bei -10 Grad C: 6500 W

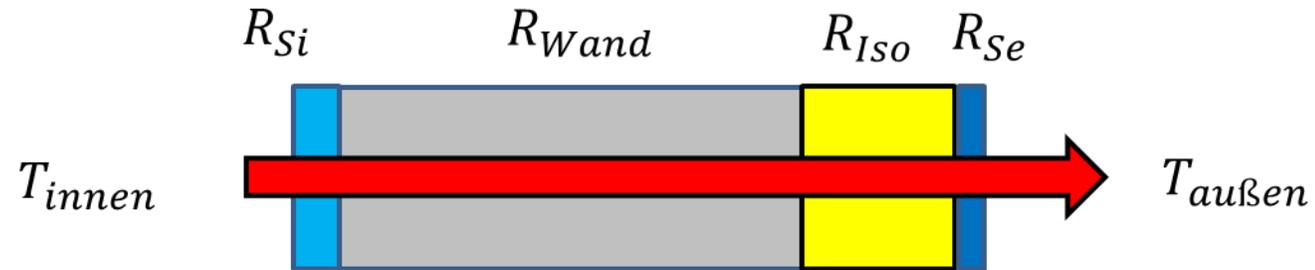
Maße der Gebäudehülle:

- Höhe: 6 m
- Breite 10 m
- Tiefe 6 m



Wärmestrom durch eine Wand

Wandtemperatur innen



$$\dot{Q} = \frac{1}{R_{Si}} * A * (T_{innen} - T_{Wand(innen)})$$

$$T_{Wand(innen)} = T_{innen} - \frac{\dot{Q} * R_{Si}}{A}$$

$$T_{Wand(innen)} = 20 \text{ °C} - \frac{9,24 \text{ W} * 0,13\text{m}^2 * \text{K}}{1 \text{ m}^2 * \text{W}} = 18,8\text{°C}$$

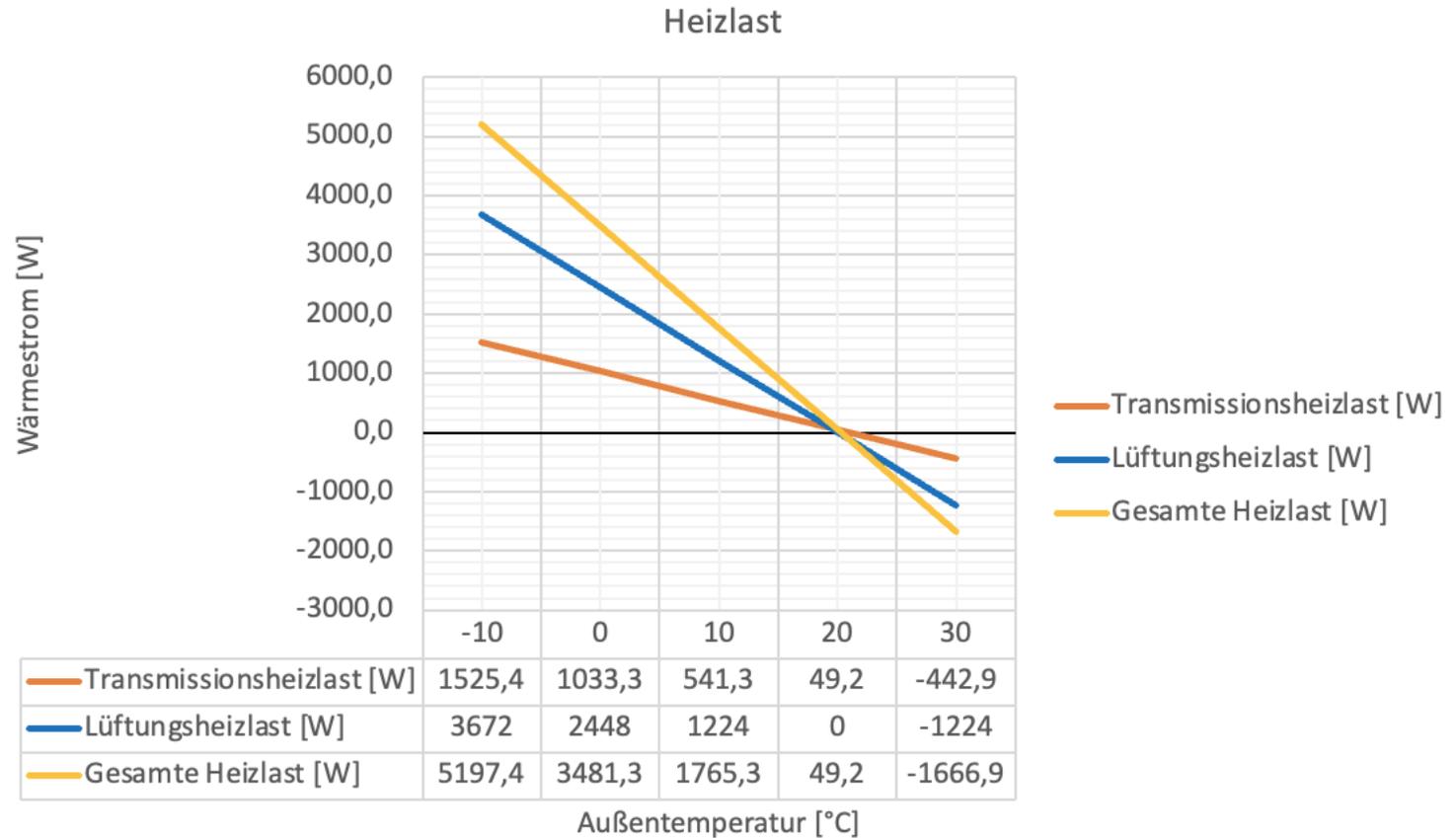
Wärmeverluste

20 cm Dämmstoffdicke, U-Wert 0,16 W/(K*m²)

Wärmeverlust bei -10 Grad C: 5200 W

Maße der Gebäudehülle:

- Höhe: 6 m
- Breite 10 m
- Tiefe 6 m



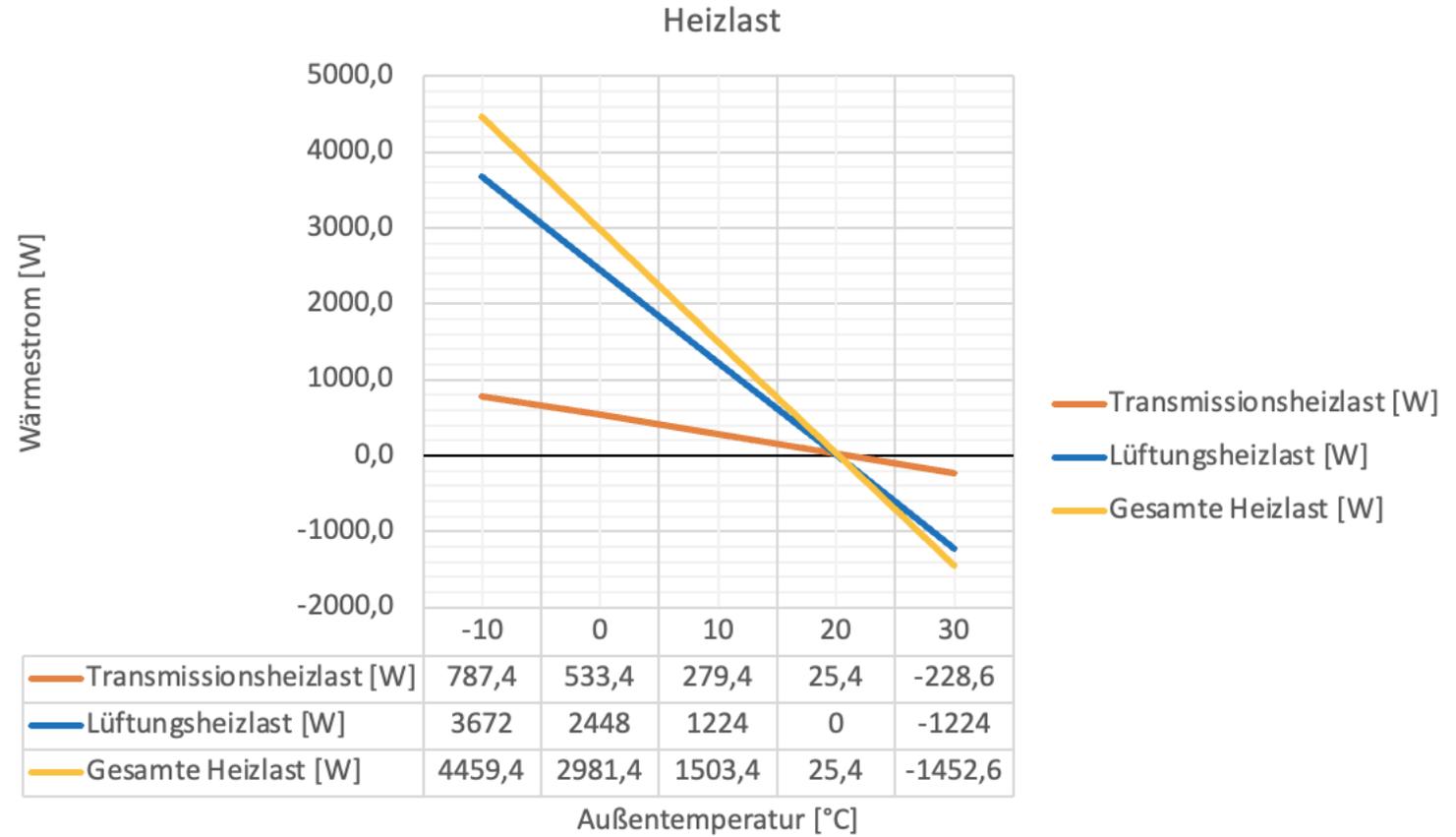
Wärmeverluste

40 cm Dämmstoffdicke, U-Wert 0,08 W/(K*m²)

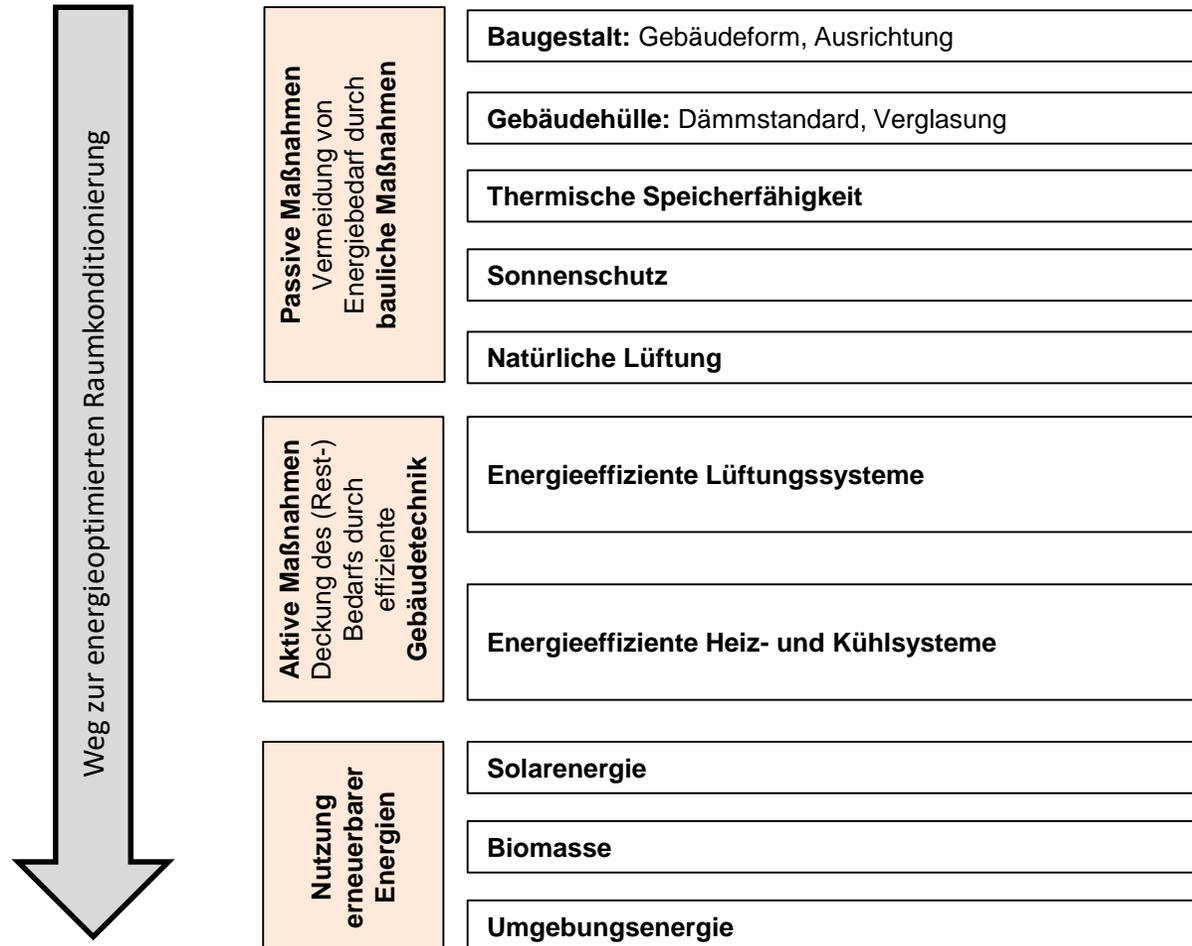
Wärmeverlust bei -10 Grad C: 4500 W

Maße der Gebäudehülle:

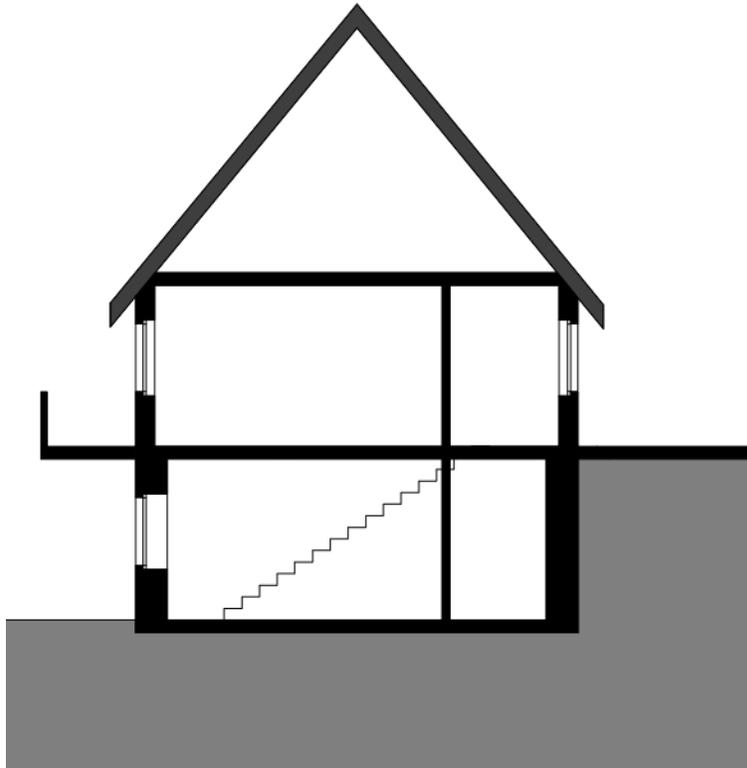
- Höhe: 6 m
- Breite 10 m
- Tiefe 6 m



Allgemeine Maßnahmen des energiesparenden Bauens und Sanierens



Quelle: A.Just



Mögliche Energieeinsparung im Bestand

Dach dämmen:	10 – 15 %
Außenwände dämmen:	15 – 30 %
Fenster austauschen:	10 – 20 %
Kellerdecke dämmen:	5 – 10 %
Heizung austauschen:	10 – 25 %

Quelle: dena

Ablauf einer Energieberatung

- Begehung mit Datenerfassung vor Ort-zur genauen Ist-Analyse des Bestandes
- Berechnung des spezifischen Energiebedarfs und der CO₂ Emissionen, mit Darstellung der energetischen Schwachstellen am Objekt inkl. Wärmebrücken, Anlagentechnik, etc.
- Ausarbeitung von Sanierungsvorschlägen als Einzelmaßnahme oder Maßnahmenpaket mit Hilfe von geeigneter Software
- Vorschläge zur Nutzung erneuerbarer Energien
- Darlegung der Wirtschaftlichkeit jeder einzelnen Maßnahme
In einem persönlichen, abschließenden Beratungsgespräch ein Bericht ausgehändigt und der Inhalt im einzelnen erörtert.

Bestandsanalyse

Vorhandene Daten nutzen

- Bestandspläne
- Baubeschreibung
- evtl. Recherche Bauaktenarchiv
- Gebäudetypologien

Baubeschreibung 10.03.2023
(Nur für Neubauten und Wiederaufbauprojekte zu verwenden!)

Bauvorhaben: Neubau eines Einfamilienhauses

Zahl der Häuser: 1

Zahl der Wohnungen: 1 davon in Dachgeschossen: 3 Zimmer

Nach vorhandene Gebäudereste (nur bei Wiederaufbaumaßnahmen): _____

I. Bauausführung (Angaben über Baustoffe und Konstruktion)

Art der Gründung: Streifenfundamente in Beton im Loo

Kellermauerwerk

Außenwände: Bimshohlblocksteine HBL 50, 30 cm stark

Tragende Innenwände: Bimshohlblocksteine HBL 50, 24 cm stark

Mauerwerk der Vollgeschosse

Außenwände: Bimshohlblocksteine, HBL 25, 30 cm stark

Tragende Innenwände: Bimshohlblocksteine, HBL 25, 24 cm stark

Angaben über besondere Konstruktionsart (z. B. Stahlbetonkellerbock)

Decken

Kellerdecke: Stahlbeton lt. stat. Berechnung

Decken über den Vollgeschossen: Stahlbeton lt. stat. Berechnung

Dachkonstruktion: zimmernnahe Holzkonstruktion lt. stat. Berechnung

Dachabdichtung: Kunstschiefer in dunkler Farbe

Außenputz: ISPO-Vollwärmeschutzsystem, bestehend aus Kunstharzputz in heller Farbe auf eine Hartschaumplatte PS 20 SE 4 cm stark

Treppen

Kellertreppen: Stahlbeton mit Marmorbelag

Geschoßtreppen: _____

Treppe zum Dachgeschöß: Stahlbeton mit Marmorbelag

© 2010 U+U und Erweiternsgebäude AG, alle Rechte vorbehalten. Die Baubeschreibung ist festschreibend. Änderungen sind nur mit Zustimmung der U+U möglich.

U+U Baubeschreibung

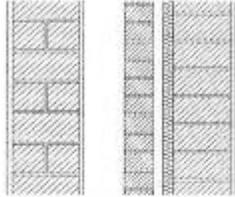
Baubeschreibung

Bestandsanalyse

Vorhandene Daten nutzen

- Bestandspläne
- Baubeschreibung
- evtl. Recherche Bauaktenarchiv
- Gebäudetypologien



Bauteil	Beschreibung	U-Wert [W]/(m²K)	Anmerkung
Außenwand 	24 - 30 cm Hochlochziegel, verputzt oder verblendet	0,82 - 1,44	
	24 cm Kalksandstein oder Hochlochziegel mit 2 - 4 cm Dämmung, Luftschicht und Vormauerschale	0,54 - 0,87	
Kellerdecke 	Ortbetondecke mit schwimmendem Estrich, 3 - 4 cm Polystyrol oder Mineralfaser	0,69 - 0,83	
oberste Geschoßdecke 	Ortbetondecke mit schwimmendem Estrich, 3 - 4 cm Polystyrol oder Mineralfaser	0,75 - 0,92	
Dachschräge 	Gipskartonplatten oder Profildretter, 6 cm Mineralfaser zwischen den Sparren (nicht winddicht)	0,61	
Fenster 	Holz oder Kunststofffenster mit Isolierverglasung	2,80	

Quelle: Gebäudetypologie Stadt Essen

Bestandsanalyse

Vorhandene Daten nutzen

- Bestandspläne
- Baubeschreibung
- evtl. Recherche Bauaktenarchiv
- Gebäudetypologien

Tabelle 5:
Pauschalwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten von Außenwänden

Baujahr	Urzustand				Modernisierung						
	Bauart ein- und mehrschalige Außenwände	typisches Vorkommen			Pauschal-U-Wert in W/(m ² K)	mit Außendämmung nach EnEV § 8		auf Niedrigenergiehaus-Standard		mit Innendämmung (erhaltenwerte Fassade oder Grenzbebauung)	
		EFH	MFH	GRÜNH		Dämmstärke	U-Wert in W/(m ² K)	Dämmstärke	U-Wert in W/(m ² K)	Dämmstärke	U-Wert in W/(m ² K)
bis 1918	Mauerwerk	Ziegel oder Bruchsteinmauer ca. 40 cm	X	X	2,2*	10 cm	0,34	20 cm	0,18	8 cm	0,41
	Fachwerk	Holzfachwerk mit Lehmauflage	X	X	2,0*	10 cm	0,33	20 cm	0,18	8 cm	0,40
1920 bis 1948	Mauerwerk	Ziegelmauerwerk, 25 - 35 cm	X	X	1,7*	10 cm	0,32	16 cm	0,22	8 cm	0,39
	Mauerwerk verbessert	einseitig 30 - 51 cm oder zweiseitig	X	X	1,4*	nur Kerndämmung vorgeschrieben ca. 8 cm	0,45	16 cm	0,21	8 cm	0,37
1949 bis 1968	leichtes Mauerwerk	Hohlblockmauerwerk, überlagert Giebelstein	X	X	1,4*	10 cm	0,31	16 cm	0,21	8 cm	0,37
	Sims- Vollsteine		X	X	0,9	8 cm	0,32	16 cm	0,20	8 cm	0,32
1969 bis 1978	leichtes Mauerwerk	Porensiegel mit Normalmauerwerk	X	X	1,0	8 cm	0,33	16 cm	0,20	8 cm	0,33
	Betonfertigteile	Druck- oder Leichtbetonplatte	X	X	1,1	8 cm	0,34	16 cm	0,20	8 cm	0,34
	Fertighaus Holzbaweise	Holzbohlenwand mit Fassdämmung	X		0,6	6 cm	0,32	12 cm	0,21	8 cm	0,27

Quelle: dena

Bestandsanalyse

Sichtanalyse



Feuchte Außenwanddecke im Keller



Vertikale Rissbildung

Quelle: A.Just

Bestandsanalyse

Zerstörende Prüfung



Kernbohrung

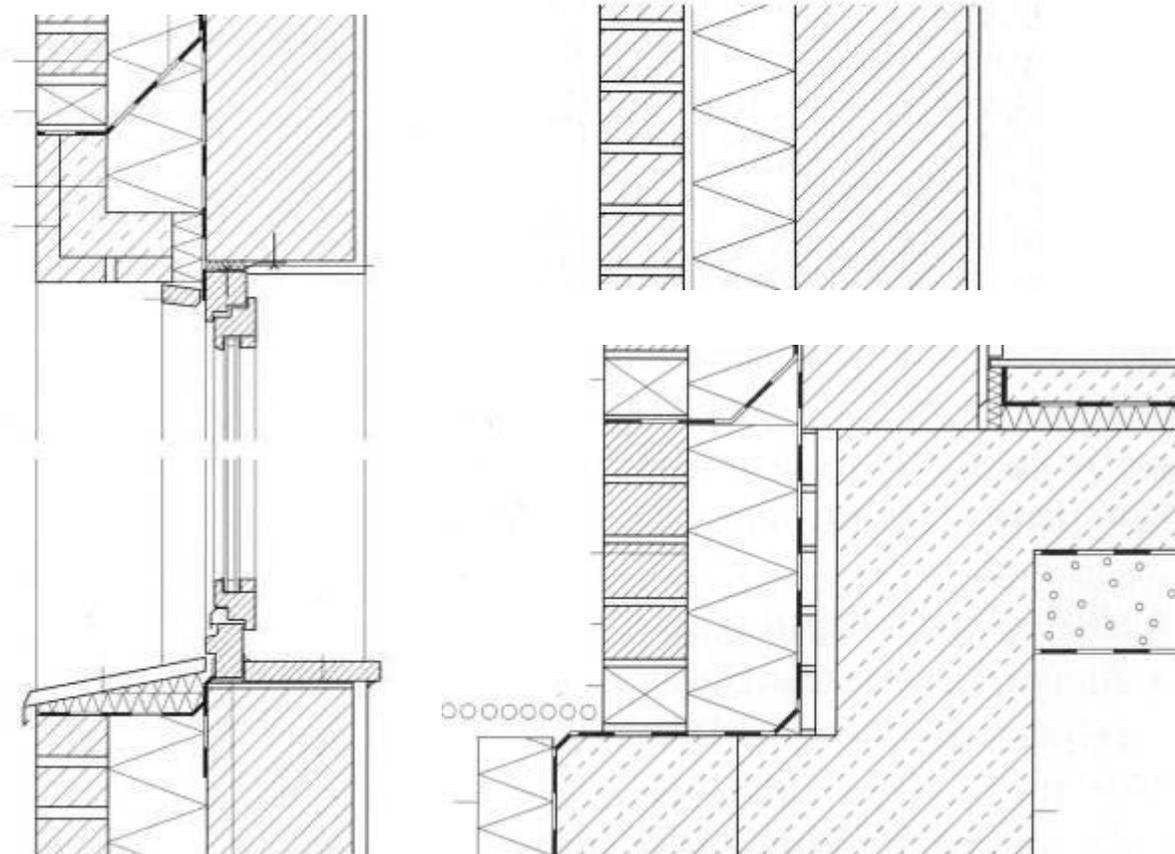
Quelle: A.Just

Bestandsanalyse

Feuchtemessung



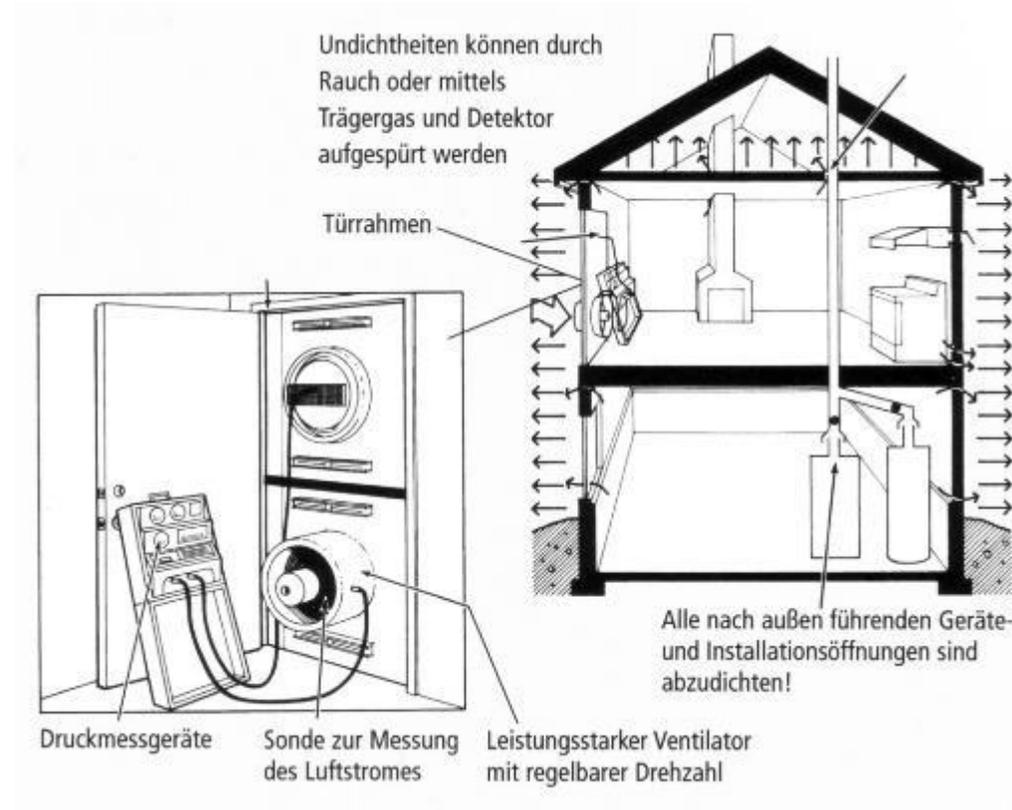
Luftdichtheit und Transmission – Bauteilanschlüsse/ Durchdringungen



Quelle: A.Just

Bestandsanalyse

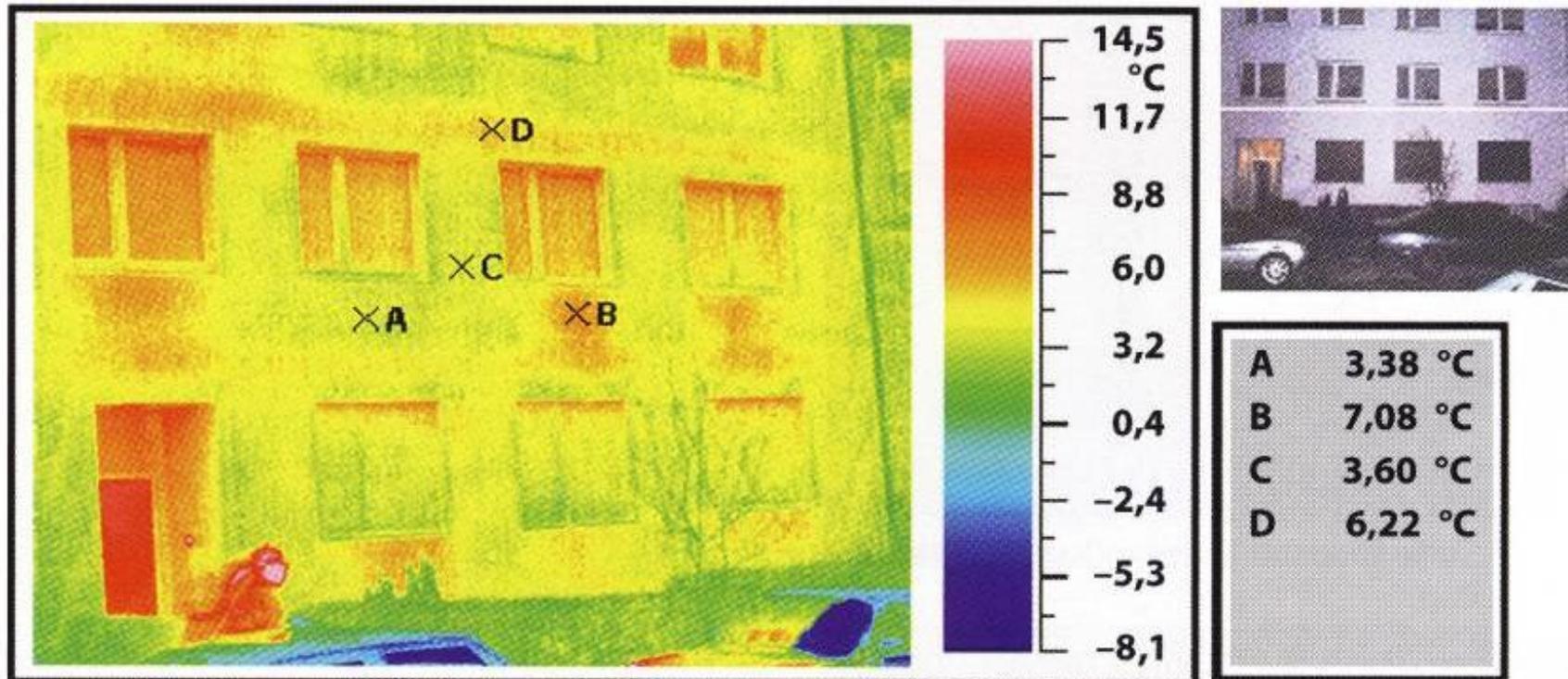
Blower-Door-Messung



Bundesarbeitskreis Altbaurenewerung e.V. (Hrsg.):
Bauen im Bestand

Bestandsanalyse

Wärmebilder

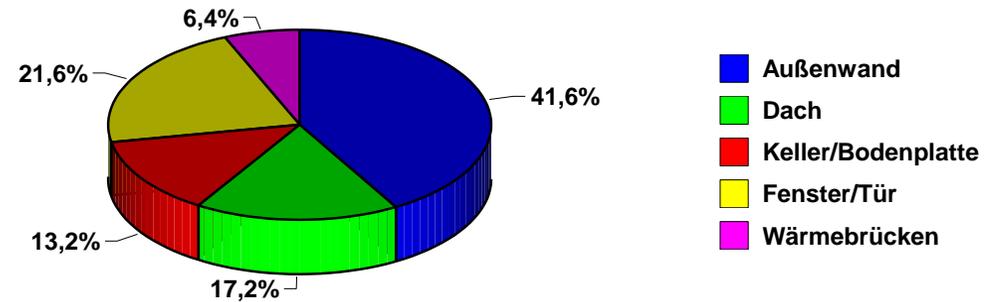


Energetische Simulation

Beispiel



Jährliche Transmissionsverluste in Prozent



Mehrfamilienhaus: Bj.1958

Gas Zentralheizung: Einbau vor 1995

Endenergiebedarf (inkl. Warmwasser): 176 kWh/m²a

Quelle: A.Just

Energetische Simulation

Energetische Berechnung mit geeigneter Software

EVA - die Energieberaterin Projekt : C:\PROGRAMME\EVA2008\BSP Bafa ENERGIEBERATUNG.PR2

Datei Gebäude Bauelemente Heizung Energie Varianten Extras ? Auswahl

Varianten 1 Ist-Zustand

Eingaben
 Bauherr : Schmidt
 Projekt : Mehrfamilienhaus
 Haustyp : Wohngebäude / Mehrfamilienhäuser
 Adresse : Musterstr. 11
 12345 Musterhausen

Energieausweis
 V
 0 50 100 150 200 250 300 350 400 >400
 A

Hinweise
 Hauptenergieträger: Erdgas
 Warmwassererwärmung kombiniert mit der Heizungsanlage
 Achtung! Der berechnete Primärenergiebedarf ist höher als der zulässige V
 Achtung! Der berechnete spezifische Transmissionswärmeverlust ist höher a
 Sie haben für diese Variante, unter den Gebäudedaten, Vereinfachungen be

Energiekosten Anlage 1

Warmwasser :	2.794,21	m³/a	Erdg
Heizung :	13.391,48	m³/a	Erdg
Zus. Strom :	1.577,23	kWh/a	
Energiekosten Anlage 1 :			
gesamte Energiekosten :			

Energiebedarf

Warmwasserenergiebedarf :	29.059,80
Nutzwärme 12,5 kWh/(m²a)	
Heizenergiebedarf :	139.271,34
Heizenergiebedarf (pro m² An) :	159,82
Endenergiebedarf :	169.908,37
Endenergiebedarf (pro m² An) :	194,98
Primärenergiebedarf :	189.422,79
Primärenergiebedarf (pro m² An) :	217,38
Primärenergiebedarf zulässig :	76,62
Beheiztes Bauvolumen V _e :	2.723,00
Nutzfläche An :	871,40
Wohnfläche :	726,10
Hüllfläche beh. Gebäudeteile :	832,00
Verhältnis A/V :	0,31

Varianten

aktuelle Variante
 Variante : 1 Ist-Zustand Kostenrechnung zeigen

Energiebedarf : 169908 kWh/a Einsparung : 0 kWh/a Einsparung : 0,0 %
 Investitionskosten : 0,00 EUR stat. Amortisation : 0,0 a dyn. Amortisation : 0,0 a

Varianten im Vergleich

Jährlicher Endenergiebedarf in kWh

Jährlicher Endenergiebedarf in kWh

Zwischenablage
 Graph drucken O K

Interne Wärmegewinne, Q_I : 30.051,96 kWh/a

Energieberatungssoftware
 EVAOffice
 Ingenieurbüro Leuchter

Best - Practice

Umbau einer 1950er Jahre Wohn- und Geschäftshauses

Nordansicht
vorher



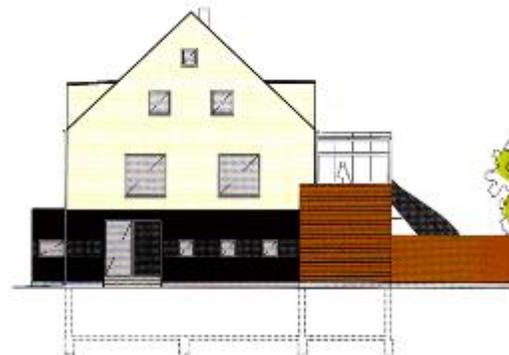
nachher



Westansicht
vorher



nachher



Sanierung auf Passivhaus-Neubaustandard

Baujahr: ca. 1920, Wiederaufbau 1950er
Nutzfläche: 340 m²

Wärmebedarf:

vorher: >300 kWh/(m²a)
nachher: <15 kWh/(m²a))

Baukosten: 700.000 €
2.058 €/ m²

Quelle: Matzig, R.: Sanieren zum Passivhaus

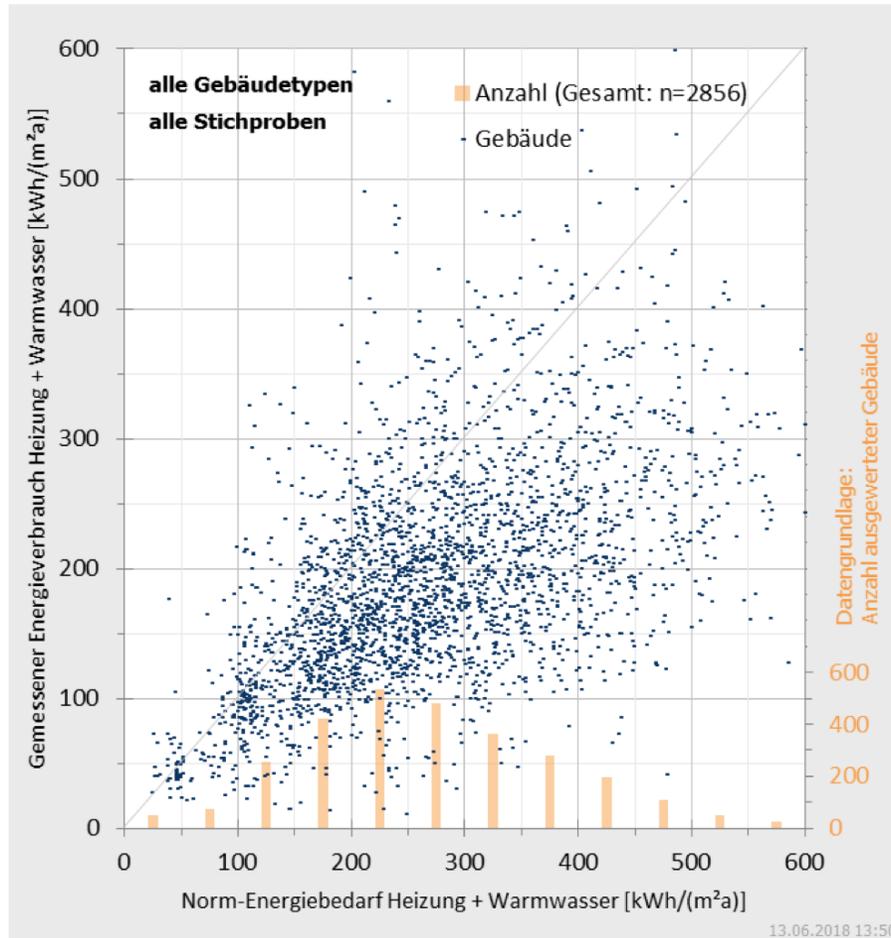
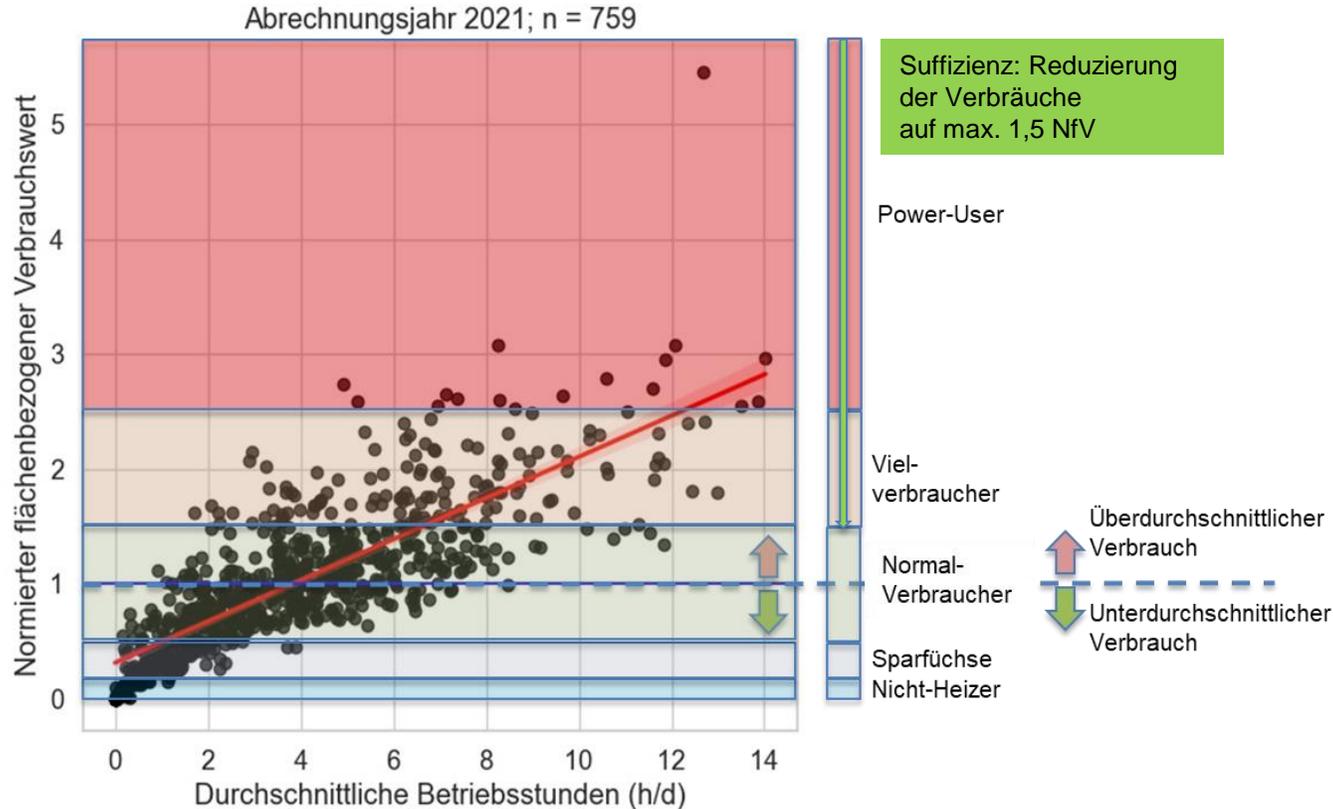


Abb. 1:
Bild zu Kapitel 2.1 – Zuordnung
des gemessenen Energiever-
brauchs (y-Achse) zum Norm-
energiebedarf (x-Achse); Zusam-
menführung der Wertepaare von
über 2800 Wohngebäuden aus 6
Studien

Flächenbezug: beheizte Wohnfläche
Anlagen mit Kombi-Betrieb für Heizung und
Warmwasser
Energieträger: Erdgas und Fernwärme
Brennwert-Bezug bei Brennstoffen
Gebäude ohne zusätzliche Wärmeerzeuger

Quelle: BBSR-Online-Publikation Nr. 04/2019

Angepasste Vorgehensweise bei der Assistenz notwendig



- Power-User: ($2,5 \leq \text{NfV}$, 2% der Mieter)
- Vielverbraucher: ($1,5 \leq \text{NfV} < 2,5$, 17 % der Mieter)
- Normalheizer: ($0,5 \leq \text{NfV} < 1,5$, 60 % der Mieter)
- Sparfüchse: ($0,2 \leq \text{NfV} < 0,5$, 13% der Mieter)
- Nicht-Heizer: ($\text{NfV} < 0,2$, 7% der Mieter)

nfV = Normierter flächenbezogener Verbrauchswert

Quelle: BaltBest-Abschlussbericht

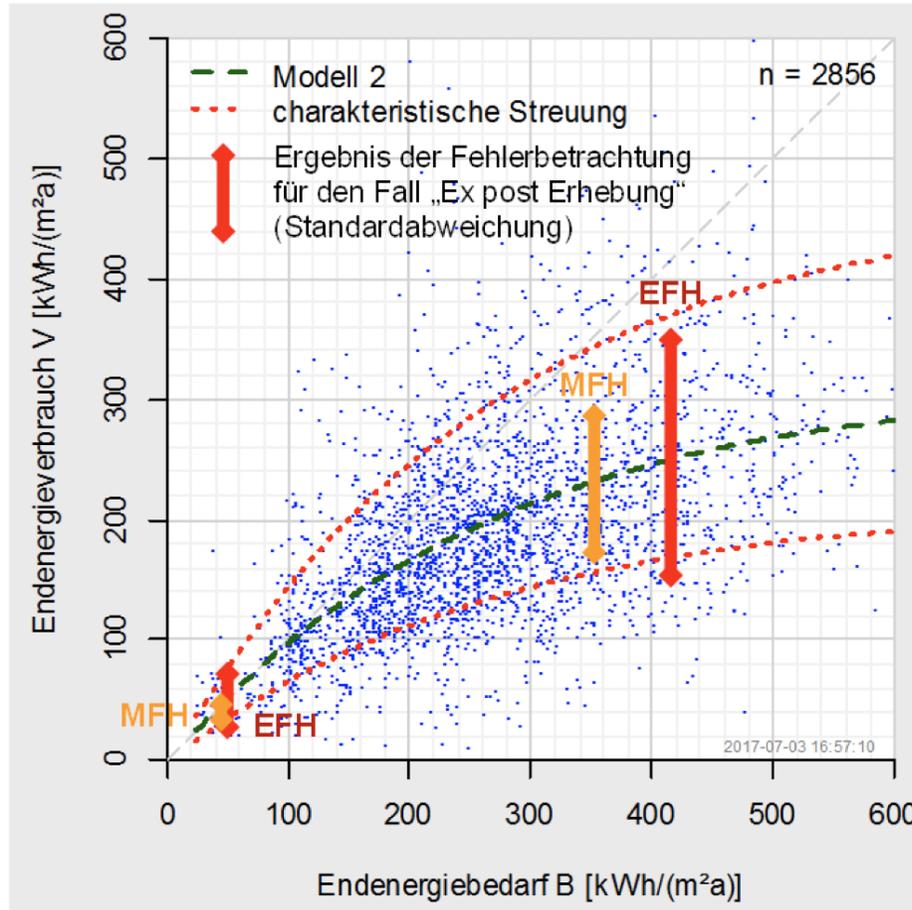


Abb. 6:
Abschätzung der Unsicherheit der (kalibrierten) Energiebilanzberechnung

- grün-gestrichelte und rot-gepunktete Linien: empirisch abgeleitetes Modell für die Schätzung des Verbrauchs (Schätzwert und Unsicherheit der Schätzung)
- eingetragene Pfeile: abgeschätzte Unsicherheit der rechnerischen Bilanzierung (bedingt durch unsichere U-Werte, Leitungslängen, Nutzereinfluss etc.) im Vergleich zur empirischen Streuung; entsprechend dieser Abschätzung wird beim Einfamilienhaus im Bestand etwa 50% der Streuung durch das Nutzerverhalten verursacht, beim Mehrfamilienhaus im Bestand etwa 20%.

Flächenbezug: beheizte Wohnfläche

Anlagen mit Kombi-Betrieb für Heizung und Warmwasser

Energieträger: Erdgas und Fernwärme

Brennwert-Bezug bei Brennstoffen

Gebäude ohne zusätzliche Wärmerezeuger

Quelle: BBSR-Online-Publikation Nr. 04/2019

Umbau eines Bestandsgebäudes auf Plusenergiestandard

Technische Ausstattung

- Wärmepumpe für Beheizung
- und Warmwasserbereitung
- Fußbodenheizungssystem
- Lüftungsanlage
- Hausautomatisierung
- Photovoltaik-Panels
- LED-Leuchten
- Energieeffiziente Haushaltsgeräte

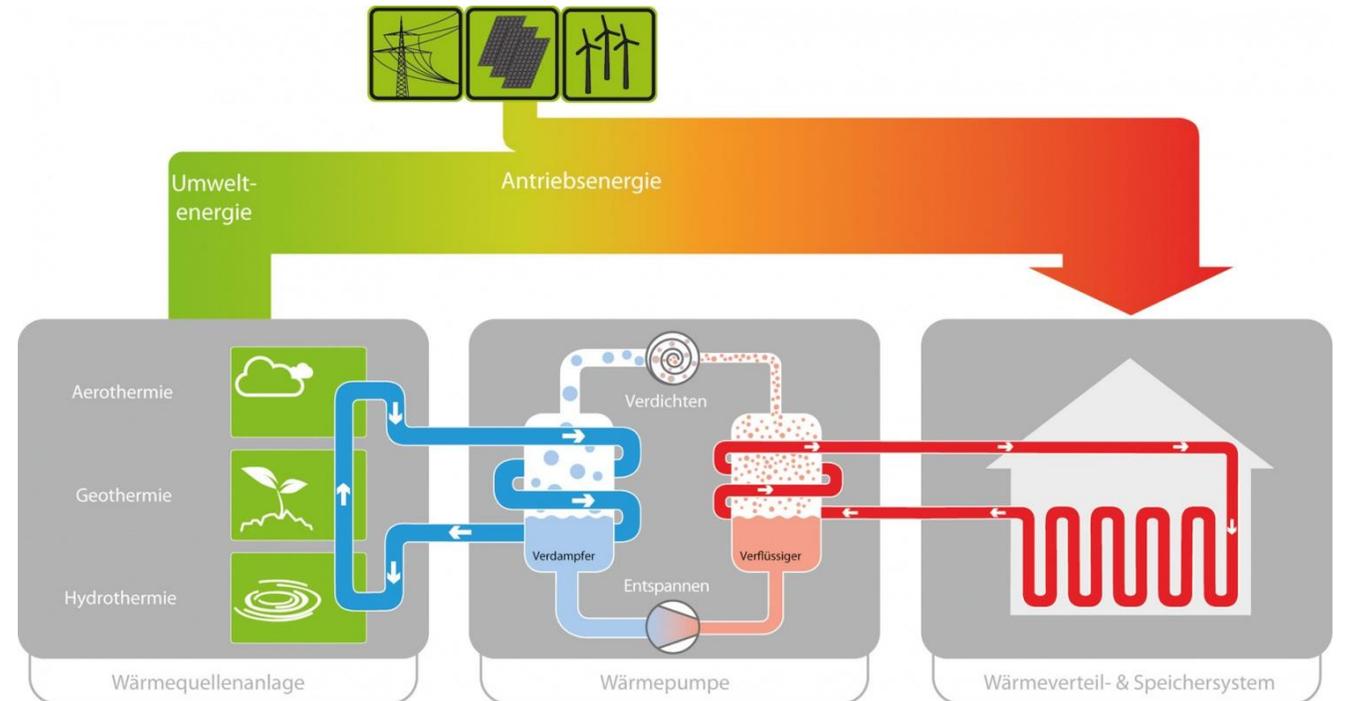
Energiemonitoring und –auswertung durch die Hochschule Ruhr West



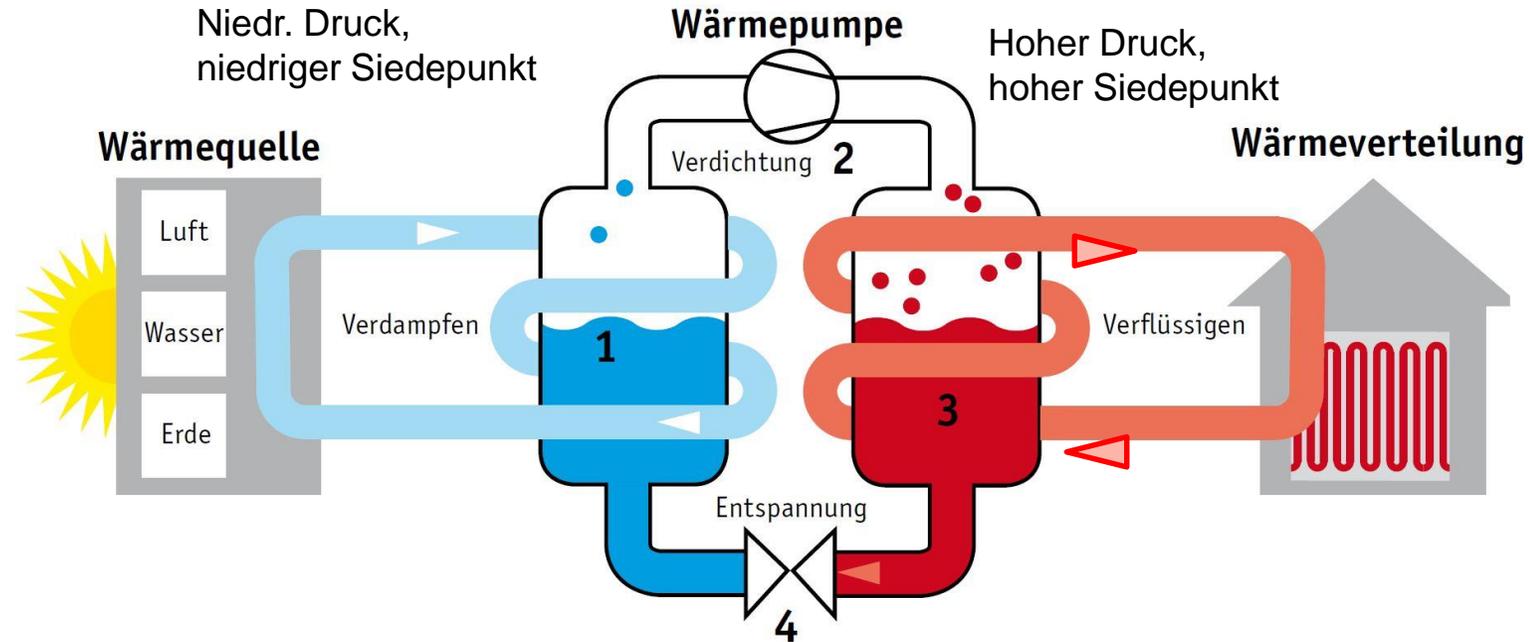
Wärmepumpen nutzen die Umwelt als Wärmequelle

Funktionsweise Wärmepumpe

- Wärme aus Aerothermie, Geothermie und Hydrothermie wird in nutzbare Wärme umgewandelt
- Wärme wird der Wärmequelle entzogen
- Wärmepumpe kann Temperaturniveau durch Antriebsenergie (Strom o. Gas) anheben
- Durch Wärmepumpe bereitgestellte Nutzwärme wird über Wärmeverteilung an Verbraucher überführt
- Wärmepumpen können auch zur Kühlung eingesetzt werden



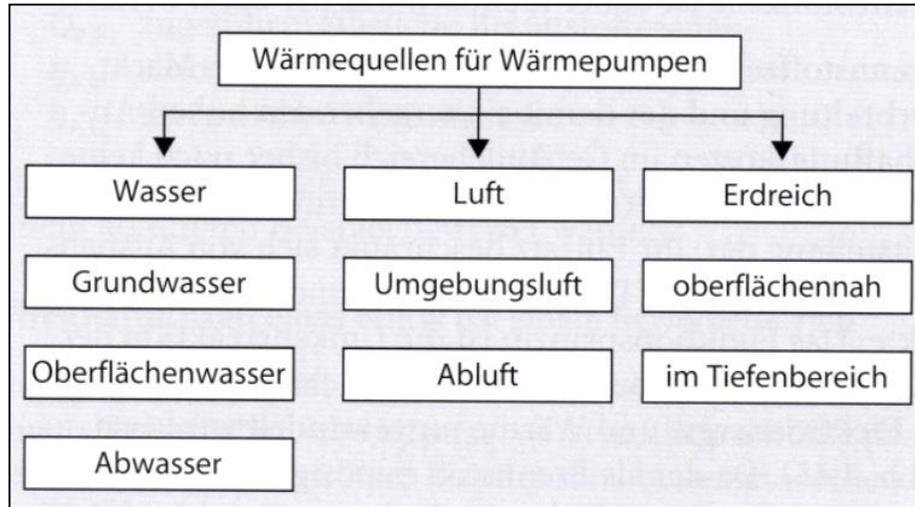
Wirkprinzip einer Wärmepumpe



Das Kältemittel durchläuft in dem geschlossenen Kreisprozess vier Stationen

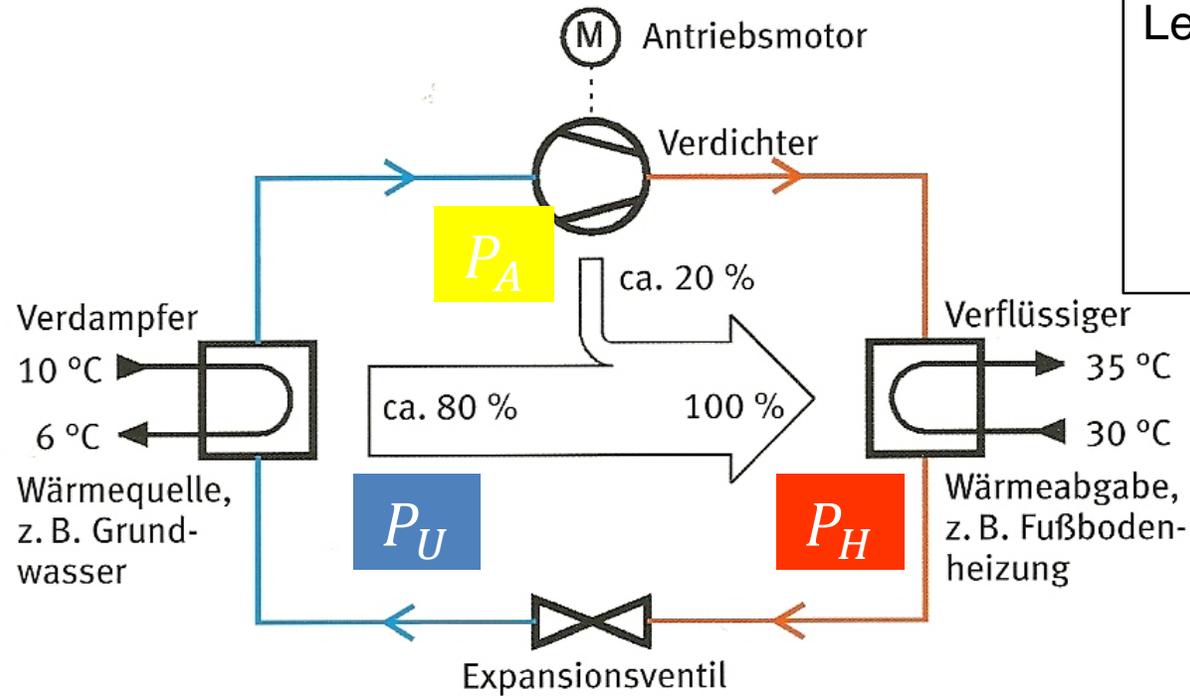
- (1) Verdampfen: Bei niedrigem Druck und niedriger Temperatur verdampft das Kältemittel und nimmt Verdampfungs-Wärmeenergie auf
- (2) Verdichten: Unter Aufwendung mechanischer Energie wird der Dampf auf einen höheren Druck gebracht, dabei erwärmt sich der Dampf
- (3) Kondensieren: Der heiße Dampf wird im Verflüssiger gekühlt und kondensiert, dabei wird die Verdampfungswärme wieder abgegeben
- (4) Entspannen: Das flüssige, unter hohem Druck stehende Kältemittel wird auf den niedrigen Verdampfungsdruck entspannt und dem Verdampfer zugeführt

Wirkprinzip einer Wärmepumpe



- Als Energiequellen kommen Wasser, Erdreich oder Luft in Frage
- Man unterscheidet je nach Wärmequelle Wasser/Wasser-; Luft/Wasser, und Sole/Wasser-Wärmepumpen Wärmepumpen.
- Sole/Wasser-Wärmepumpen entziehen die Wärme der Wärmequelle (Erdkollektor) über eine Sole-Lösung und geben diese an das Wasser im Gebäude ab.
- Die Energieeffizienz einer Wärmepumpe wird über den Coefficient-of-Performance (COP) und die Jahresarbeitszahl (JAZ) beschrieben.
- $$COP = \frac{\text{erzeugte Wärmeleistung}}{\text{elektrische Leistung}} \quad JAZ = \frac{\text{erzeugte Wärmeenergie}}{\text{aufgenommene elektrische Energie}}$$
- $COP = \text{Betrachtung des Momentes} \quad JAZ = \text{Betrachtung eines längeren Zeitraumes}$

Energieflussbild einer Sole-Wasser Wärmepumpe



Leistungszahl ist definiert zu

$$\varepsilon = P_H / P_A$$

$$P_H = P_U + P_A$$

P_H = Heizleistung [kW]

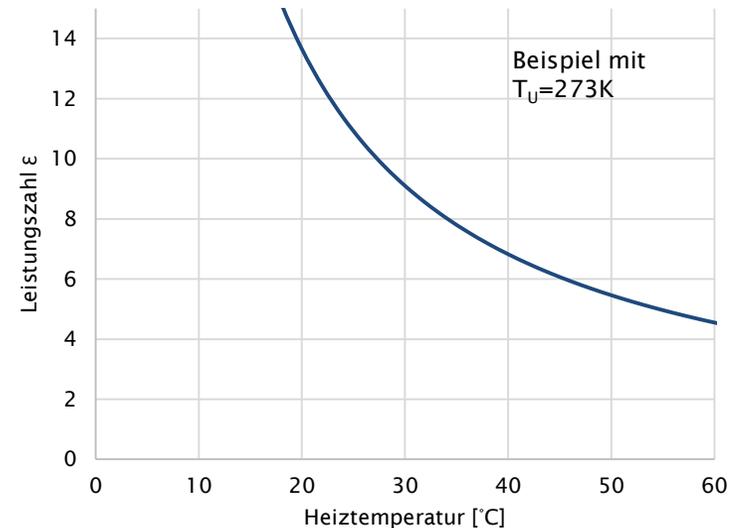
P_A = Antriebsleistung [kW]

P_U = Leistung aus der Umwelt [kW]

Die Effizienz nimmt mit sinkender Außentemperatur ab

Coefficient-of-Performance (COP)

- Energieeffizienz der Wärmepumpe wird beschrieben durch:
 - Leistungszahl ϵ bzw. in eng. Coefficient-of-Performance (COP)
 - Jahresarbeitszahl
- Coefficient-of-Performance:
 - $$COP = \frac{\text{Erzeugte Wärmeleistung}}{\text{Elektrische Wärmeleistung}}$$
 - Leistungszahl des Carnot-Prozesses kann über Temperaturdifferenz:
 - $$\epsilon = \frac{\text{Heiztempertaur}}{\text{Heiztemperatur} - \text{Umgebungstemperatur}}$$
- Sinkende Temperaturdifferenz führt zu höherer Effizienz
- Wärmepumpen sind vorteilhaft für Heizungssysteme mit geringer Vorlauftemperatur



Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen

Arbeitszahl muss größer als das Verhältnis von Stromkosten zu Gaskosten sein

Die Arbeitszahl beschreibt, wieviel Wärmeenergie aus einer kWh Strom entstehen.

Aktuell liegt das Verhältnis Stromkosten zu Gaskosten bei 2,2 bis 2,8.

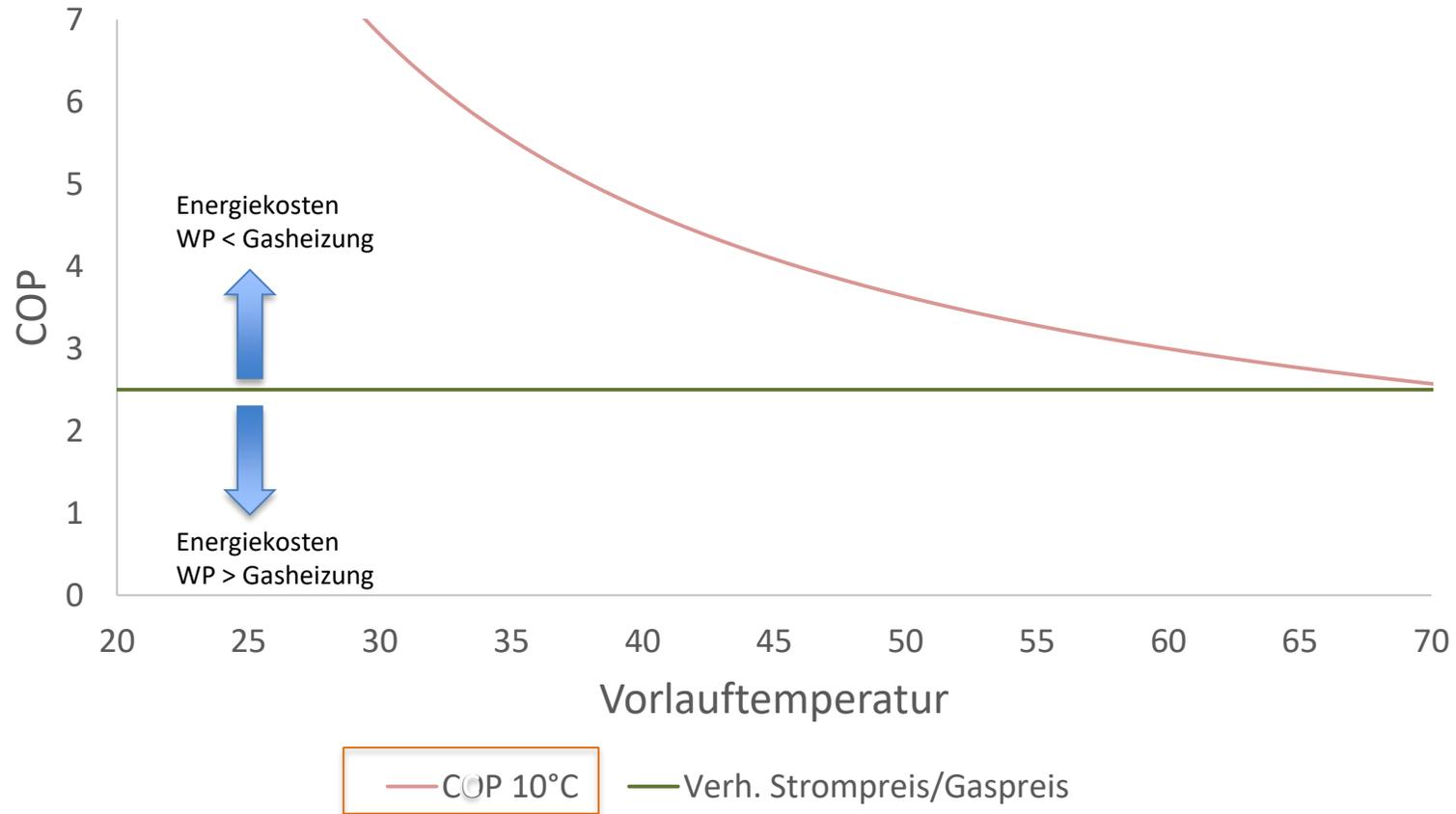
-> JAZ muss größer als dieser Wert sein, damit die Wärmeenergie der Wärmepumpe kleiner als bei einer Gasheizung.

Verhältnis sinkt durch

- Steigende Gaspreise.
- Wärmepumpen-Tarife für den Strom.
- Anstieg der CO₂-Abgabe.
- Verwendung von PV-Strom der Liegenschaft für den Betrieb der Wärmepumpen.

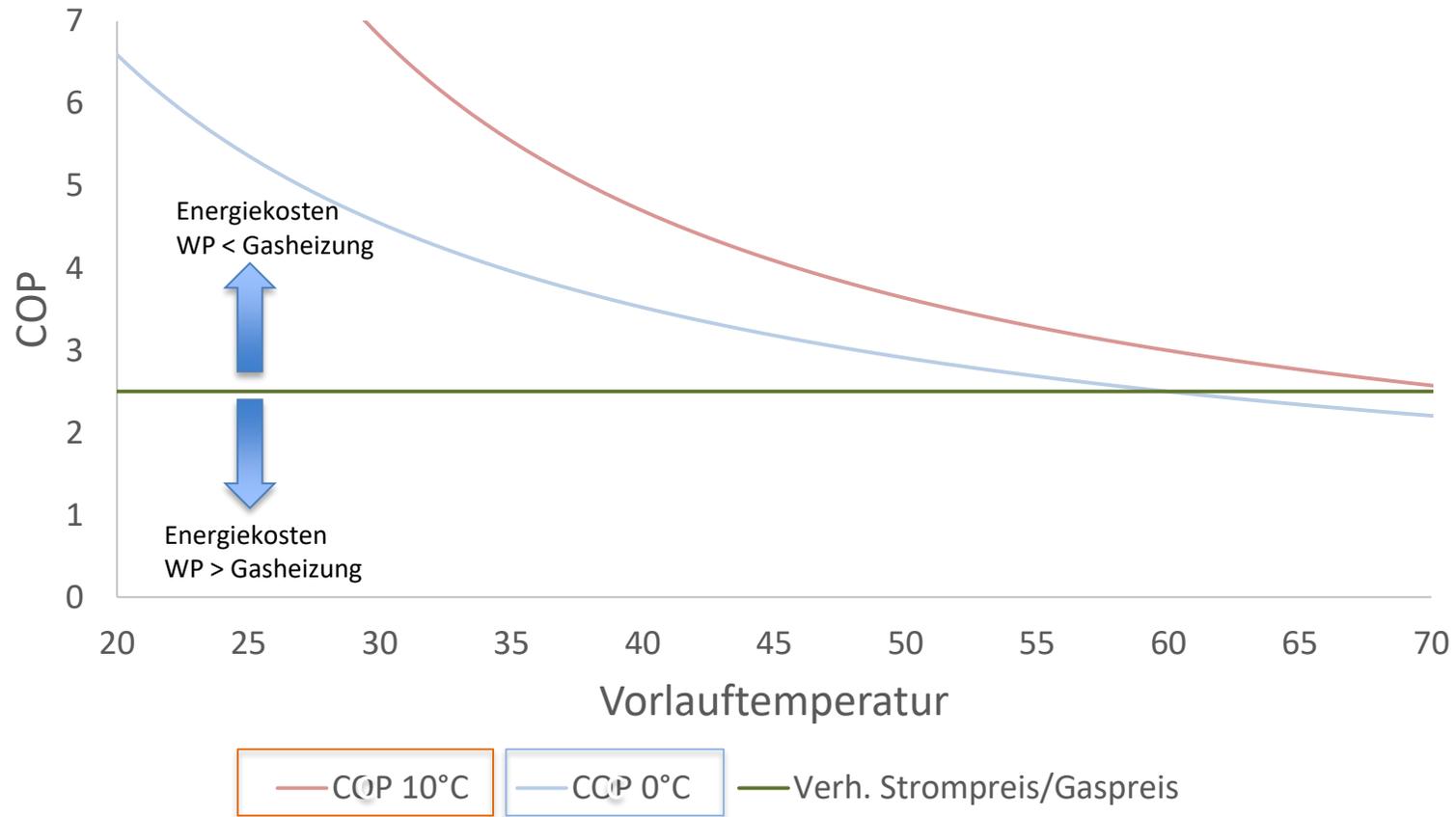
Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen

Vergleich der Wärmekosten



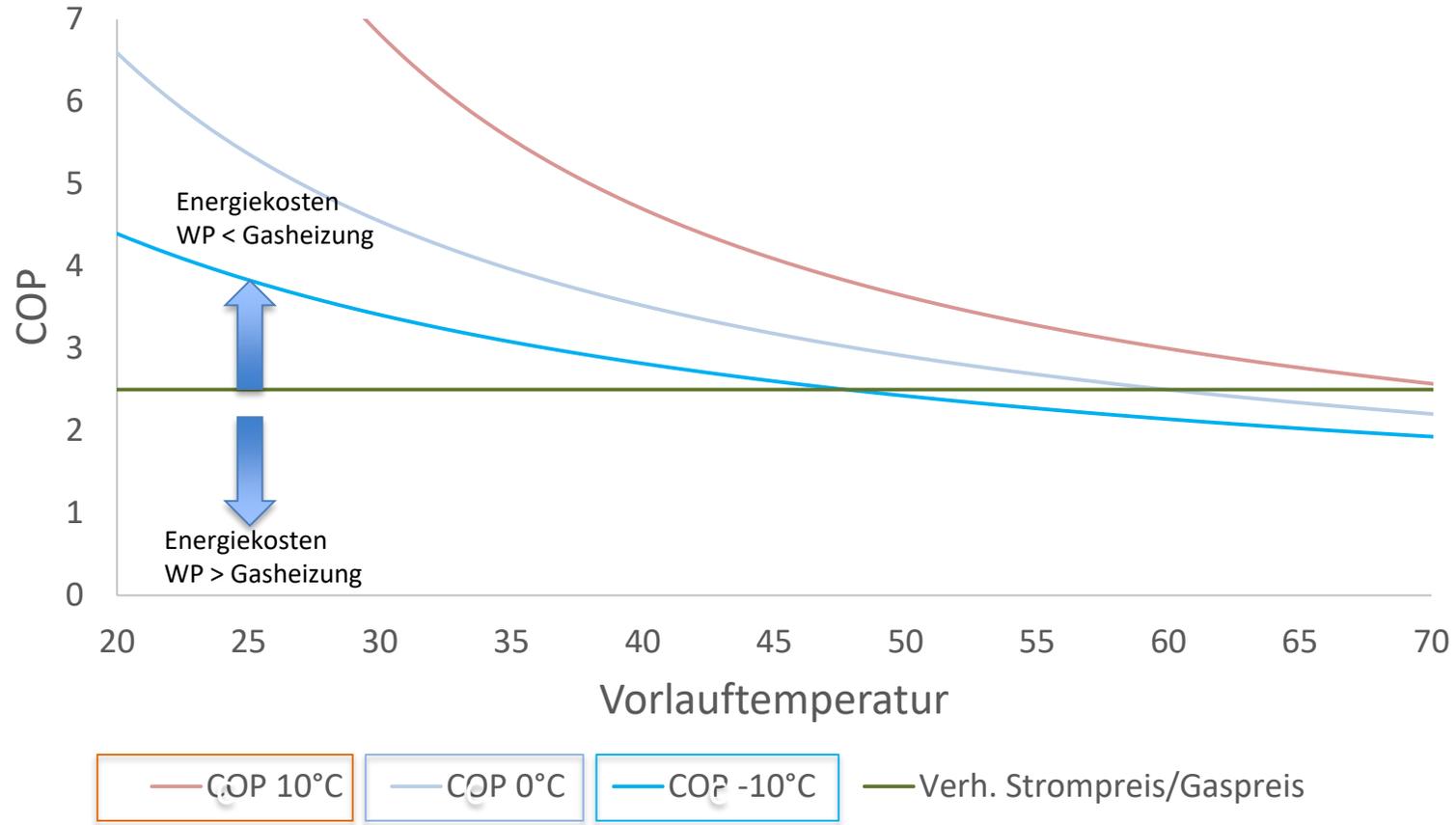
Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen

Vergleich der Wärmekosten



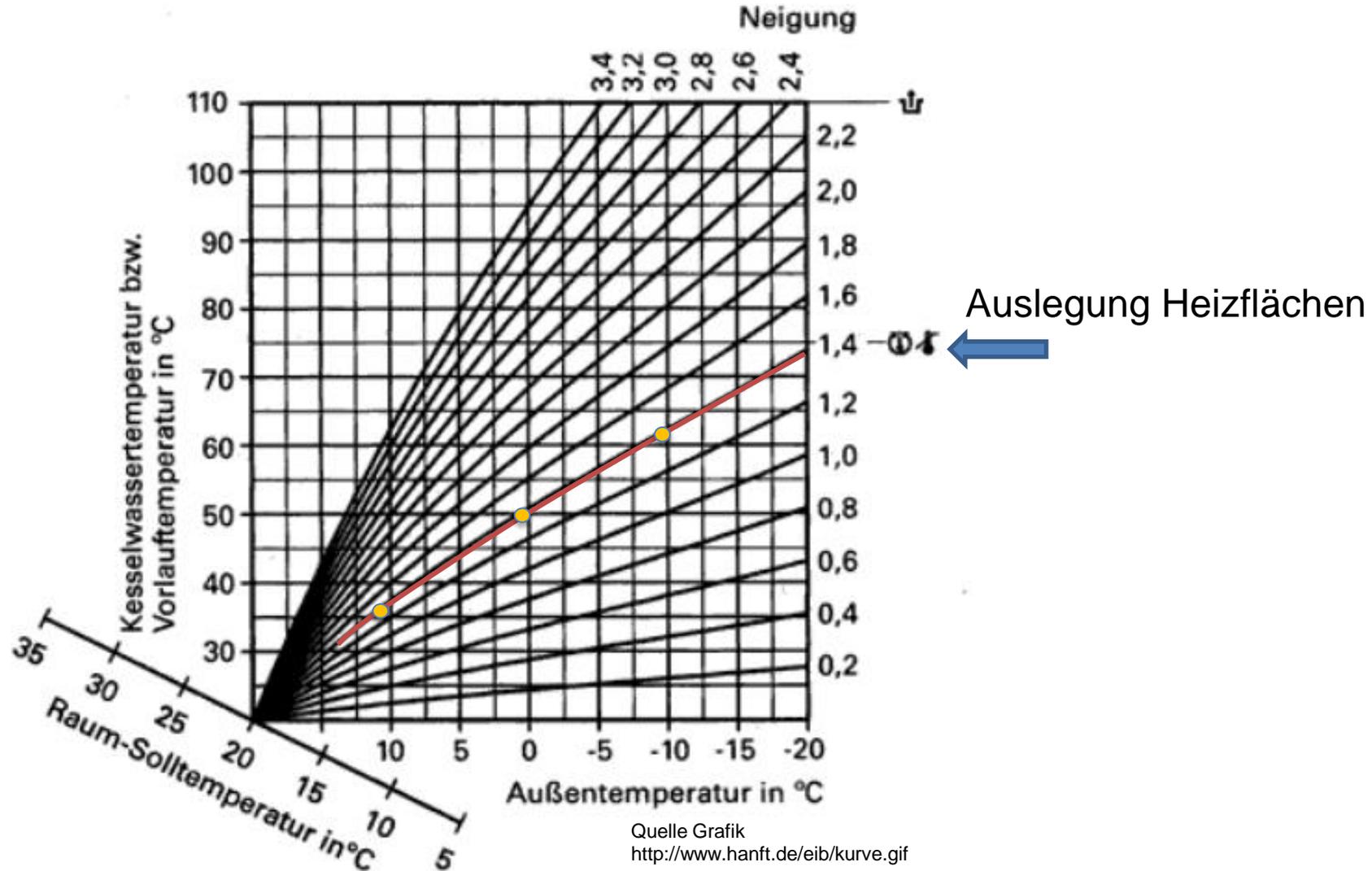
Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen

Vergleich der Wärmekosten



Wie hoch müssen die Temperaturen sein?

Prinzip der witterungsgeführten Vorlauf-Temperaturregelung in Bestandsgebäuden

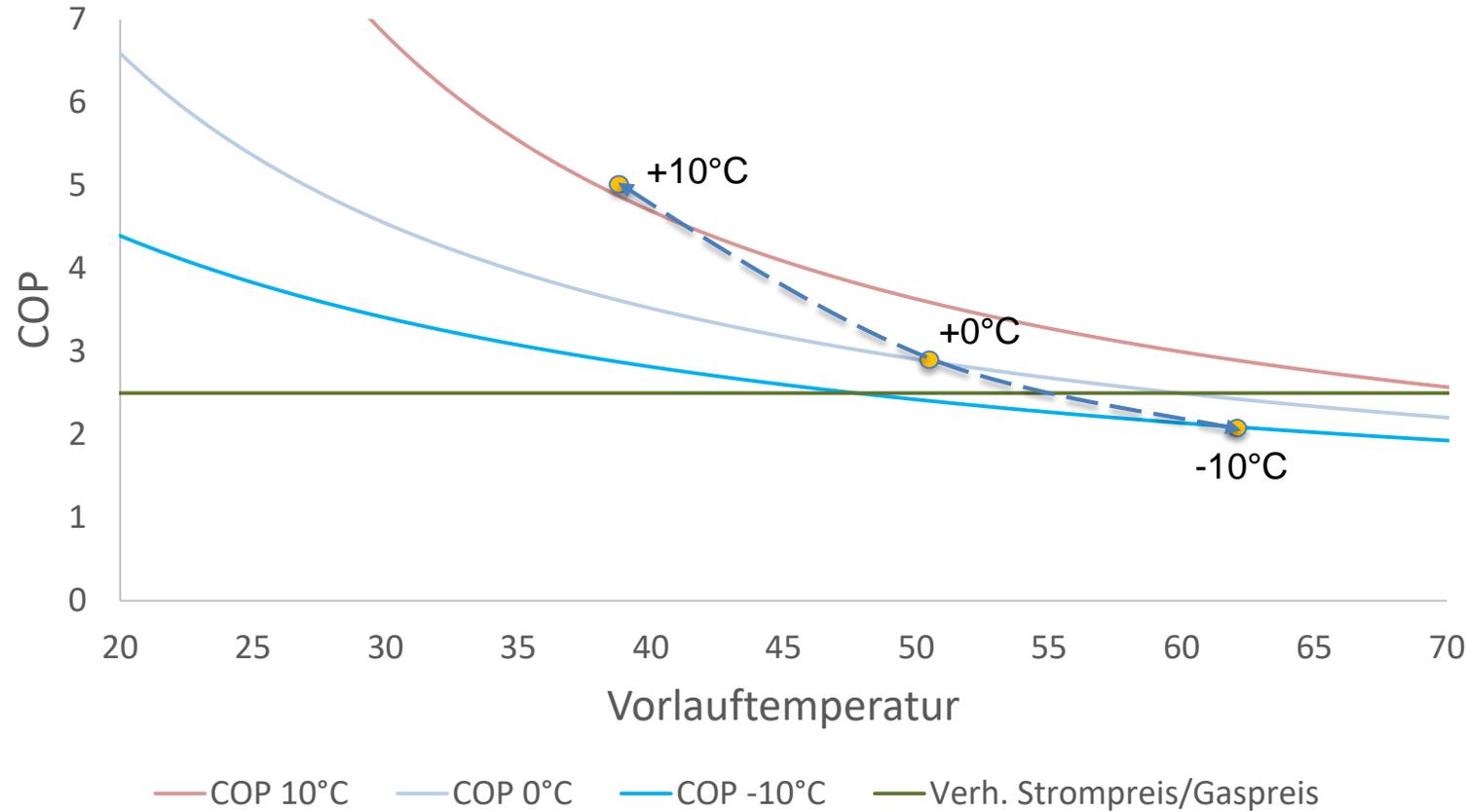


Quelle Grafik
<http://www.hanft.de/eib/kurve.gif>

Prof. Dr.-Ing. Viktor Grinewitschus, Professur für Energiefragen der Immobilienwirtschaft

Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen

COP in Abhängigkeit der Außentemperatur sowie resultierende Vorlauf-Temperaturen



Arbeitszahlen von Außenluft-Wärmepumpen

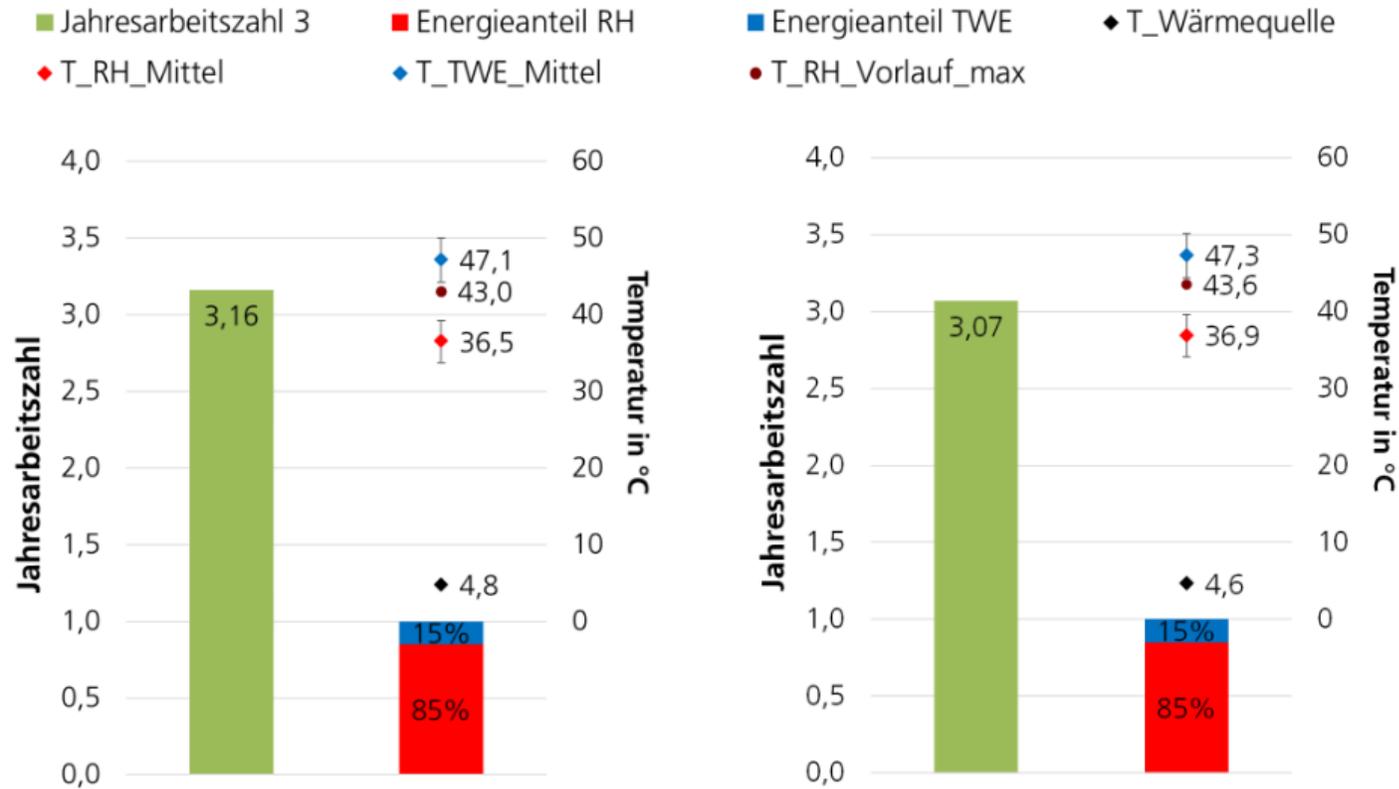
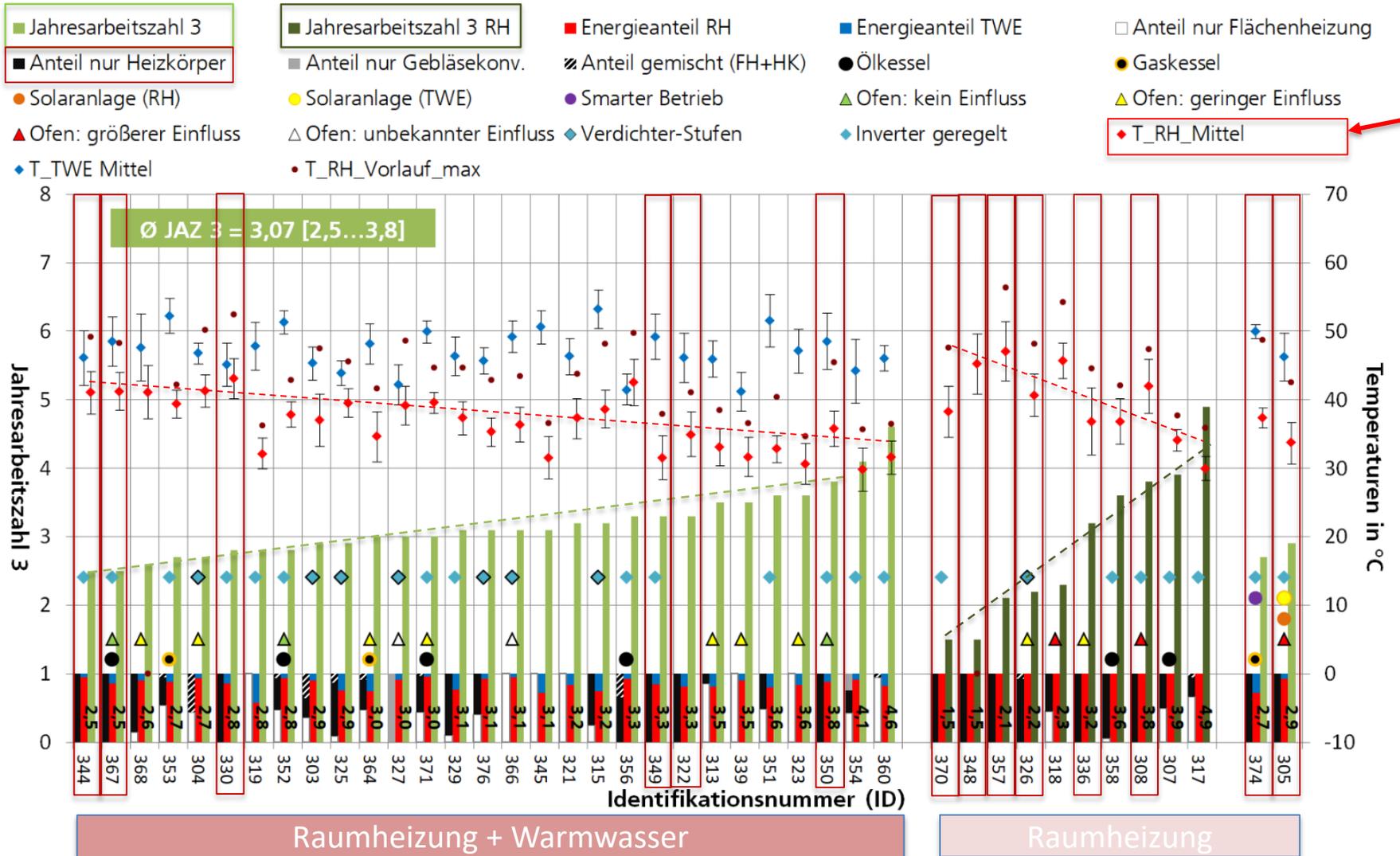


Abbildung 43: Mittelwerte diverser Größen der 29 Außenluft-Wärmepumpen im Messzeitraum Juli 2018 bis Juni 2019; links: alle Anlagen, rechts ohne ID 345 und ID 360 mit extrem hohen Jahresarbeitszahlen

Quelle: Wärmepumpen in Bestandsgebäuden, Fraunhofer-ISE, 2020

Jahresarbeitszahlen von 42 Außenluft-Wärmepumpen im Bestand



Höhe der Vorlauftemperaturen entscheidet über die Effizienz der Anlage

Quelle: Wärmepumpen in Bestandsgebäuden, Fraunhofer-ISE, 2020

Arbeitszahlen von Außenluft-Wärmepumpen

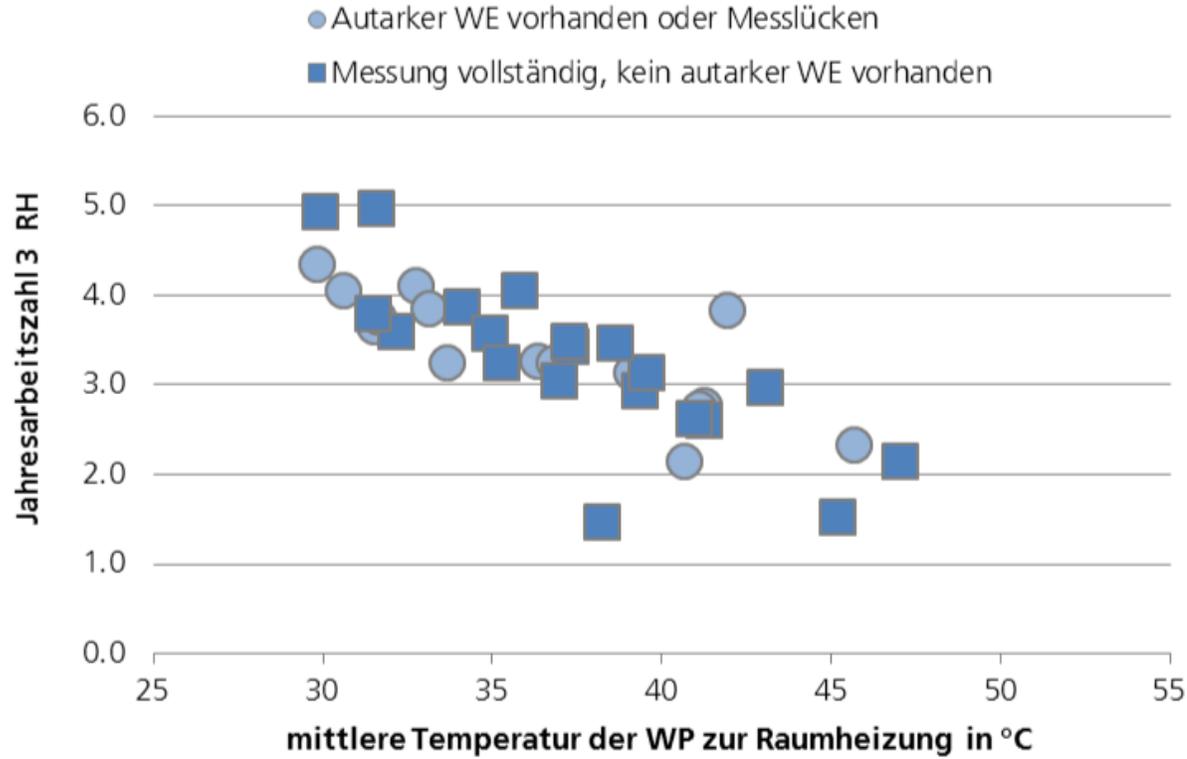


Abbildung 51: Jahresarbeitszahl der Außenluft-Wärmepumpen im Betriebsmodus Raumheizung über der energetisch gewichteten mittleren Betriebstemperatur der Wärmesenkenseite (Datenbasis: bivalente Wärmepumpenanlagen mit einem Deckungsbeitrag des Kessels > 10 % sind nicht dargestellt)

Niedrige Vorlauftemperaturen im Bestand sind möglich

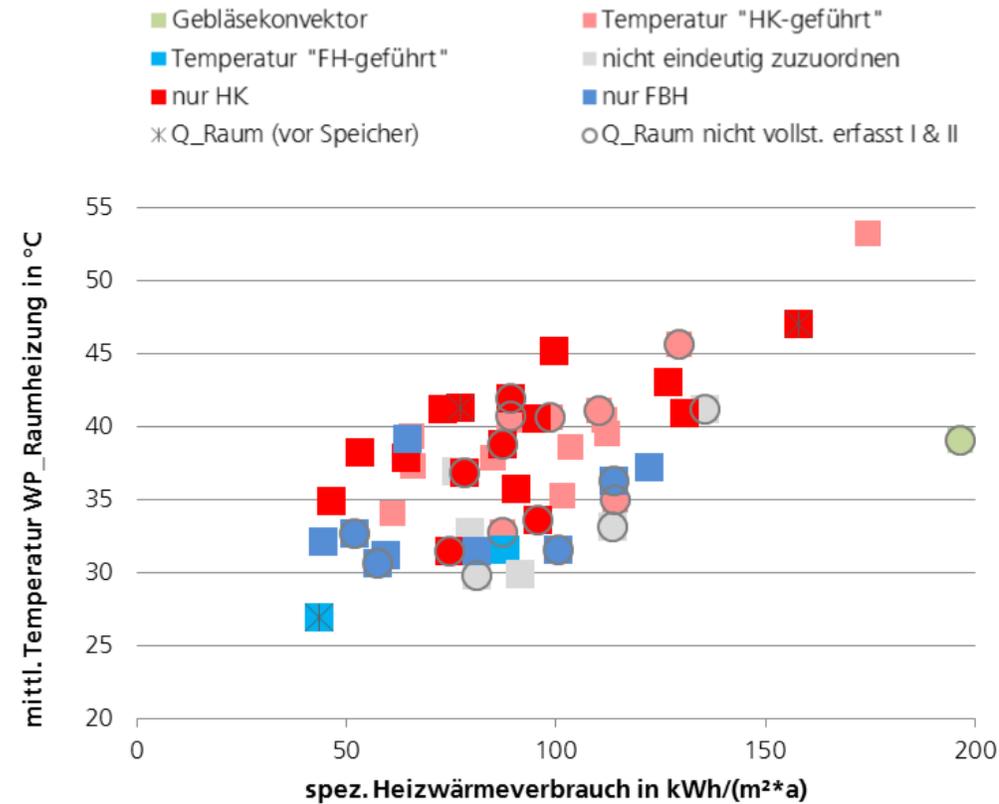


Abbildung 50: Mittlere Betriebstemperatur der Wärmepumpe im Betriebsmodus Raumheizung über dem spezifischen Heizwärmeverbrauch (Datenbasis: bivalente Wärmepumpenanlagen mit einem Deckungsbeitrag des Kessels > 10 % sind nicht dargestellt)

Quelle: Wärmepumpen in Bestandsgebäuden, Fraunhofer-ISE, 2020

Arbeitszahlen von Erdreich-Wärmepumpen

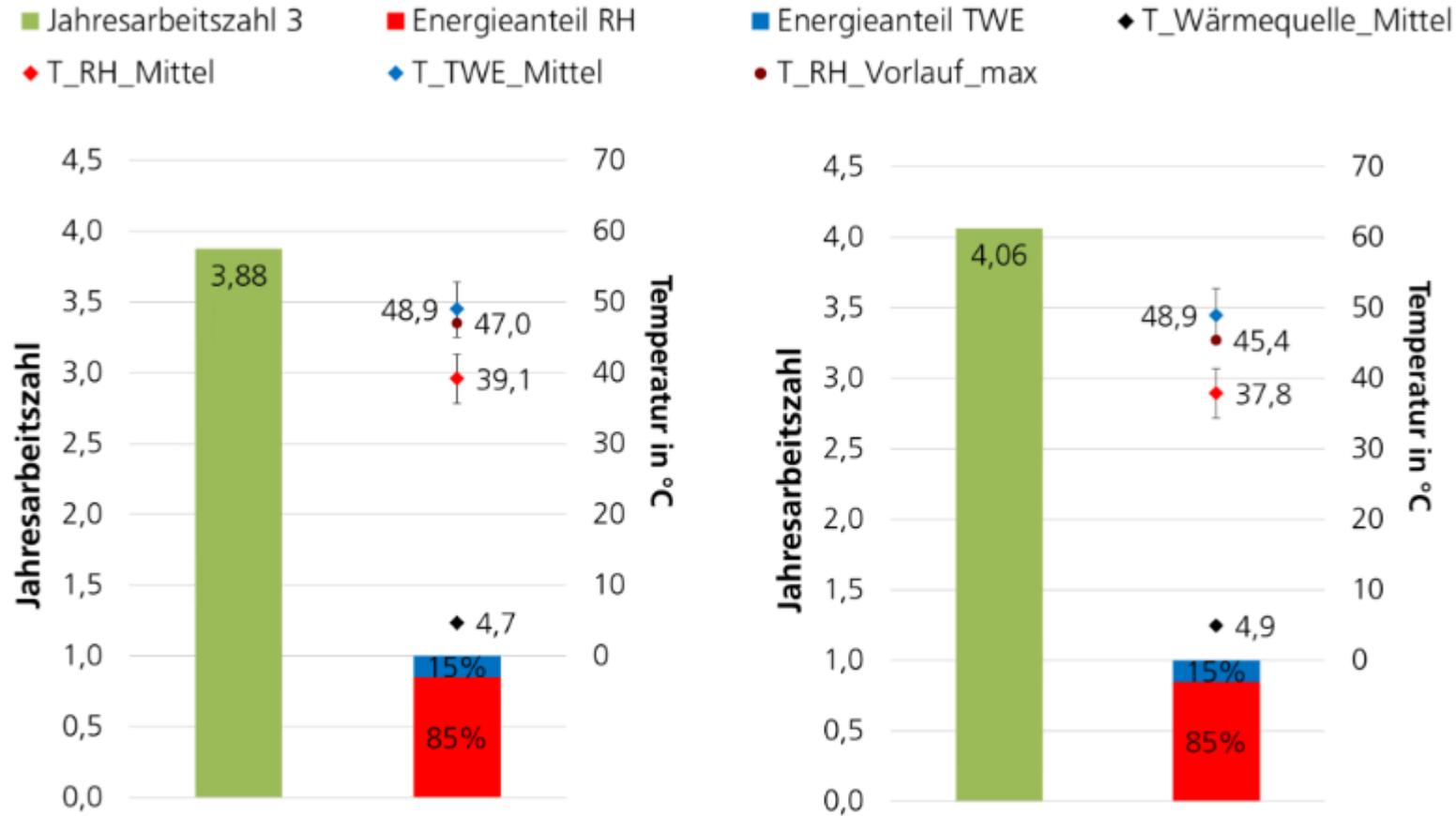


Abbildung 46: Mittelwerte diverser Größen der 12 Erdreich-Wärmepumpen im Messzeitraum Juli 2018 bis Juni 2019; links: alle Anlagen, rechts ohne ID 369 mit extrem geringer Jahresarbeitszahl

Quelle: Wärmepumpen in Bestandsgebäuden, Fraunhofer-ISE, 2020

Arbeitszahlen von Erdreich-Wärmepumpen

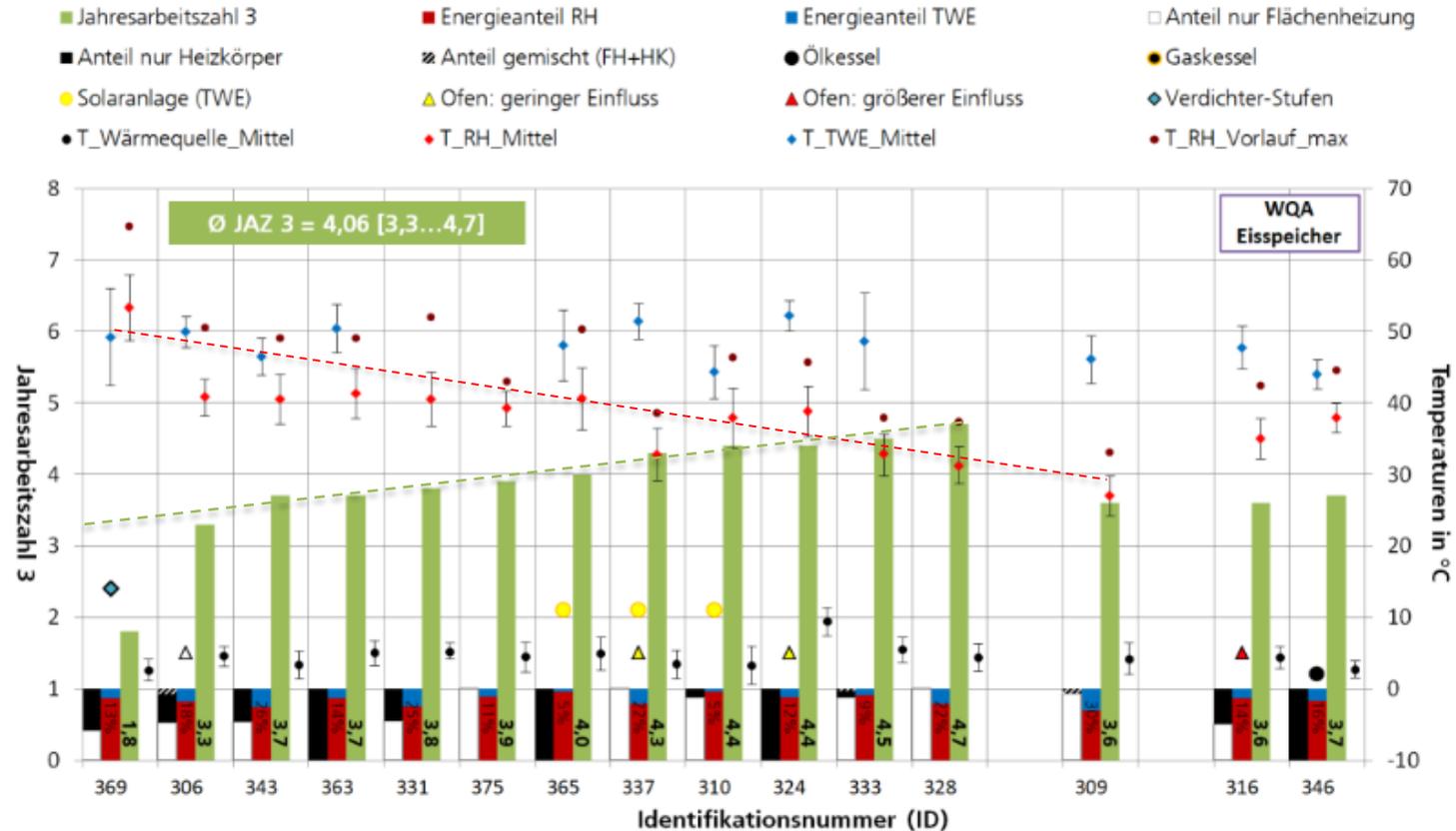


Abbildung 47: Messergebnisse und Eigenschaften der 13 Erdreich-Wärmepumpen und zwei Wärmepumpen mit Eisspeichern in der Auswertungsperiode Juli 2018 bis Juni 2019 (Anlage ID 309: Juli 2017 bis Juni 2018)

Quelle: Wärmepumpen in Bestandsgebäuden, Fraunhofer-ISE, 2020

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

v.grinewitschus@ebz-bs.de

Tel. 0173-5158142

