

Wärmepumpen im Gebäudebestand

Vortrag Burghausen am 07. Juni 2023

Prof. Uli Spindler

Studiengang Energie- und Gebäudetechnologie
Rosenheimer Technologiezentrum Energie & Gebäude - roteg

Prof. Dr. Harald Krause

Studiengang Energie- und Gebäudetechnologie
Zentrum für Forschung, Entwicklung und Transfer
Rosenheimer Technologiezentrum Energie & Gebäude - roteg

B.Tec Dr. Harald Krause



Bachelorstudiengang Energie- und Gebäudetechnologie

 Abschluss Bachelor of Engineering	 Dauer 7 Semester	 Zulassungsbeschränkung Zulassungsfrei	 Studienmodell Vollzeit
 ECTS-Punkte 210	 Studienort Campus Rosenheim	 Sprache Deutsch	 Studienbeginn Wintersemester
 Bewerbungszeitraum 01.05. - 15.07.	 Vorpraxis 10 Wochen	 Auslandserfahrung Praktikum im Ausland	 Kosten Nur Studentenwerksbeitrag

◆ Einführung: Warum Wärmepumpen ?

- Unser CO₂-Budget
- Klimaneutrales Deutschland
- Klimaneutraler Gebäudebestand 2050

◆ Energieversorgung in Gebäuden

- Gebäudestruktur
- Beheizungsstruktur Neubau
- Beheizungsstruktur Bestand
- Klimaneutraler Gebäudebestand

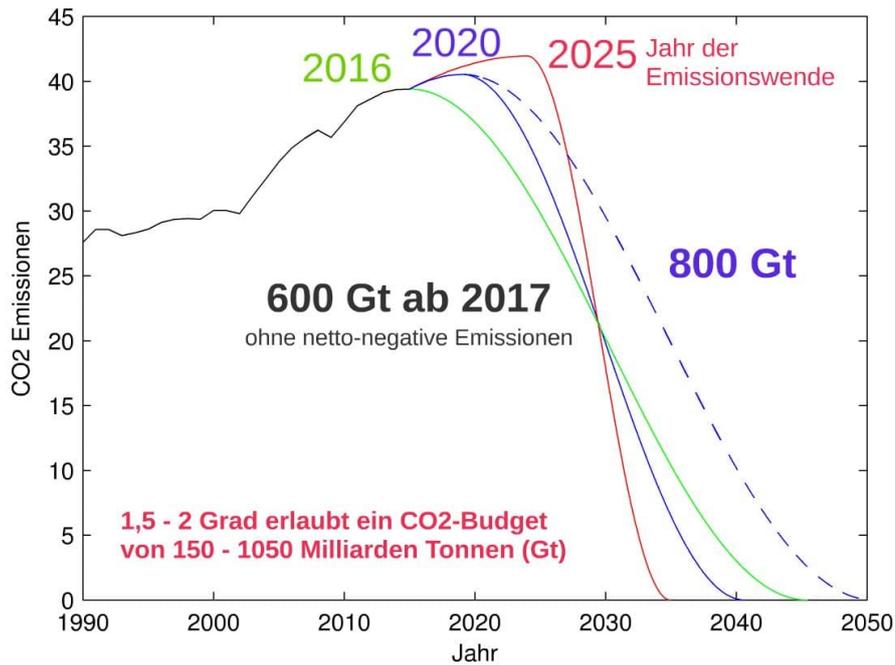
◆ Einfluss der Gebäudehülle und des Wärmeabgabesystems

- Systemtemperaturen
- Heizlast
- Beispielrechnungen Energiebedarf

◆ (Fördermittel)

Bundesklimaschutzgesetz 2021

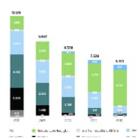
„Bis zum Jahr 2045 werden die Treibhausgasemissionen so weit gemindert, dass Netto-Treibhausgasneutralität erreicht wird. Nach dem Jahr 2050 sollen negative Treibhausgasemissionen erreicht werden.“



Grafik: Prof. Stefan Rahmstorf, Creative Commons BY-SA 4.0.

Drei Säulen für die Energiewende

nach Klimaneutrales Deutschland 2045 (aktualisierter Bericht Agora Energiewende-Klimaneutralität 2045)



Senkung Primärenergie

Primärenergiebedarf
2018
13.000 PJ

↓

2045
6.600 PJ



Erneuerbare und Elektrifizierung

2045: 380 TWh
mehr Strombedarf als heute

Zuwachs:

- Verkehr 160 TWh
- H₂-Herstellung 130 TWh
- Industrie 70 TWh

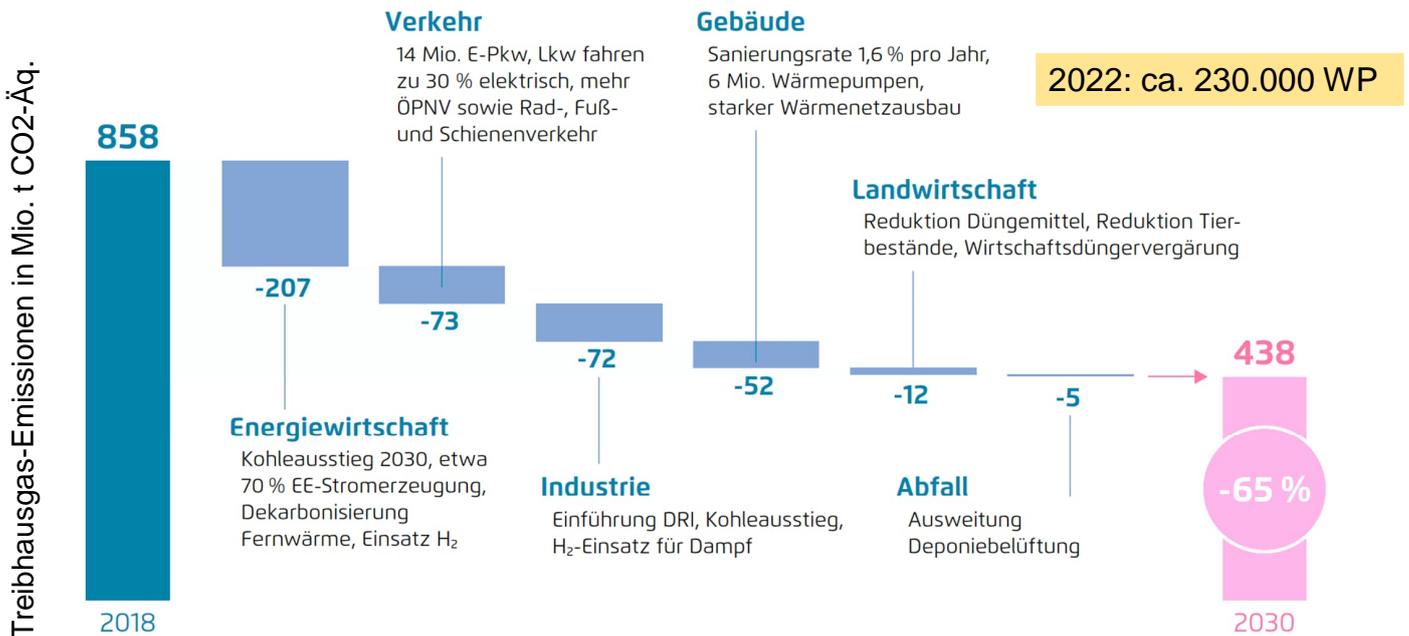


Wasserstoff

Wasserstoff als Rohstoff und Energieträger

2045
Bedarf ca. 270 TWh (Heizwert)

Davon ca. 30% in Deutschland produziert, d.h. 70% Import



Prognos. Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021):
Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann - Langfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende

-8-

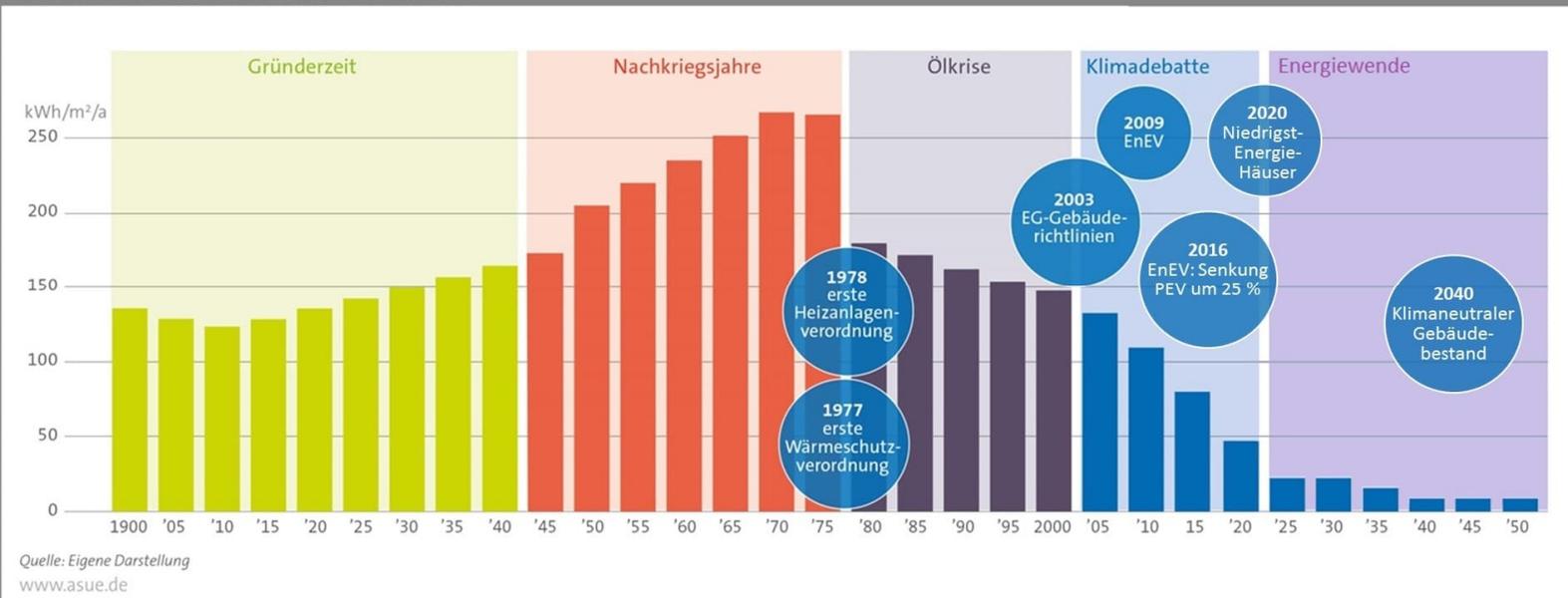
© Prof. Uli Spindler & Prof. Dr. Harald Krause

Energieversorgung in Gebäuden

- ◆ Gebäudestruktur/-alter
- ◆ Beheizungsstruktur Neubau
- ◆ Beheizungsstruktur Bestand
- ◆ Klimaneutraler Gebäudebestand



SPEZ. WÄRMEBEDARF NACH BAUJAHR



Wärmeversorgung in Neubauten



10-Jahre-Rückblick bis heute - Entwicklung der Beheizungsstruktur im Wohnungsneubau¹: Baugenehmigungen

Anteile der Energieträger in %

■ Gas² ■ Elektro-Wärmepumpen ■ Fernwärme ■ Strom ■ Holz/Holzpellets ■ Solarthermie
■ Heizöl ■ Sonstige



¹ zum Bau genehmigte neue Wohneinheiten in neu zu errichtenden Wohngebäuden, primäre Heizenergie

² einschließlich Biomethan

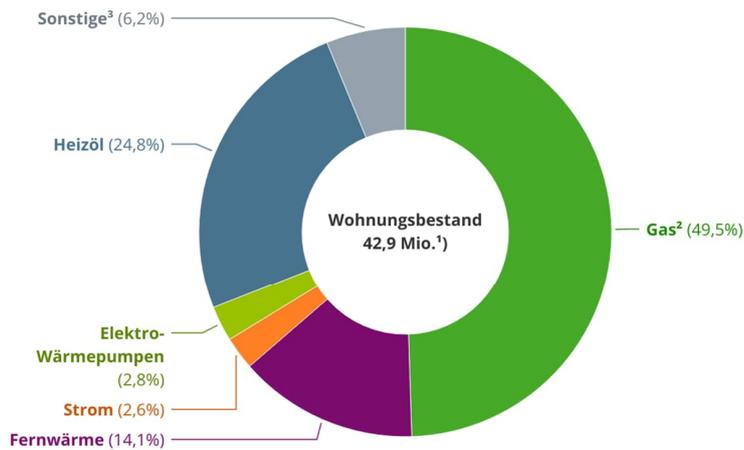
Stand: 08/2022

Quelle: Statistische Landesämter

Beheizungsstruktur Gebäudebestand

Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes in Deutschland 2021

Anteile der genutzten Energieträger in %



¹ Anzahl der Wohnungen in Gebäuden mit Wohnraum; Heizung vorhanden

² einschließlich Biomethan und Flüssiggas

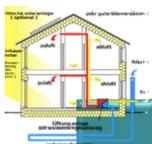
³ Holz, Holzpellets, sonstige Biomasse, Koks/Kohle, sonstige Heizenergie

Stand: 07/2022

Quelle: BDEW; teilweise geschätzt

bdeW
Energie. Wasser. Leben.

Fazit: Strategie für Gebäude



Senkung Energiebedarf

Senkung des Energiebedarfs für Heizung und Warmwasser um ca. 50%

2050
90% der Gebäude sind thermisch saniert oder neu gebaut



Erneuerbare und Elektrifizierung

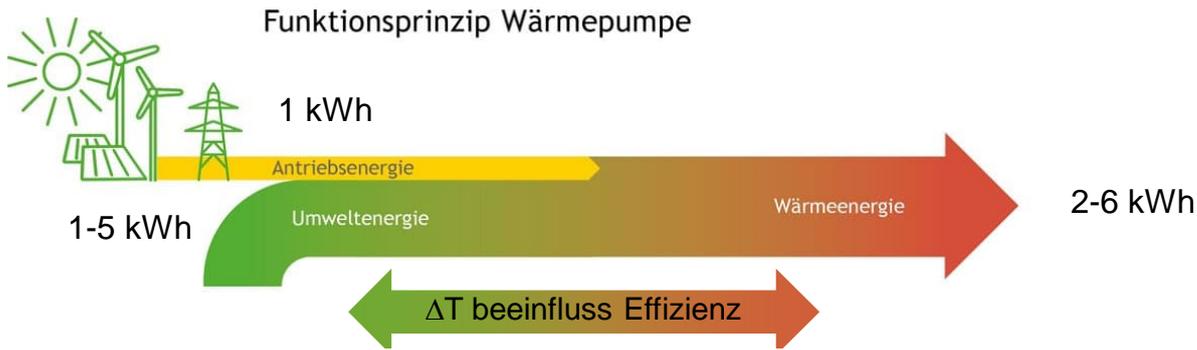
2050
Hauptheizquelle Wärmepumpen und Fernwärme

Beides mit regenerativen Quellen versorgt

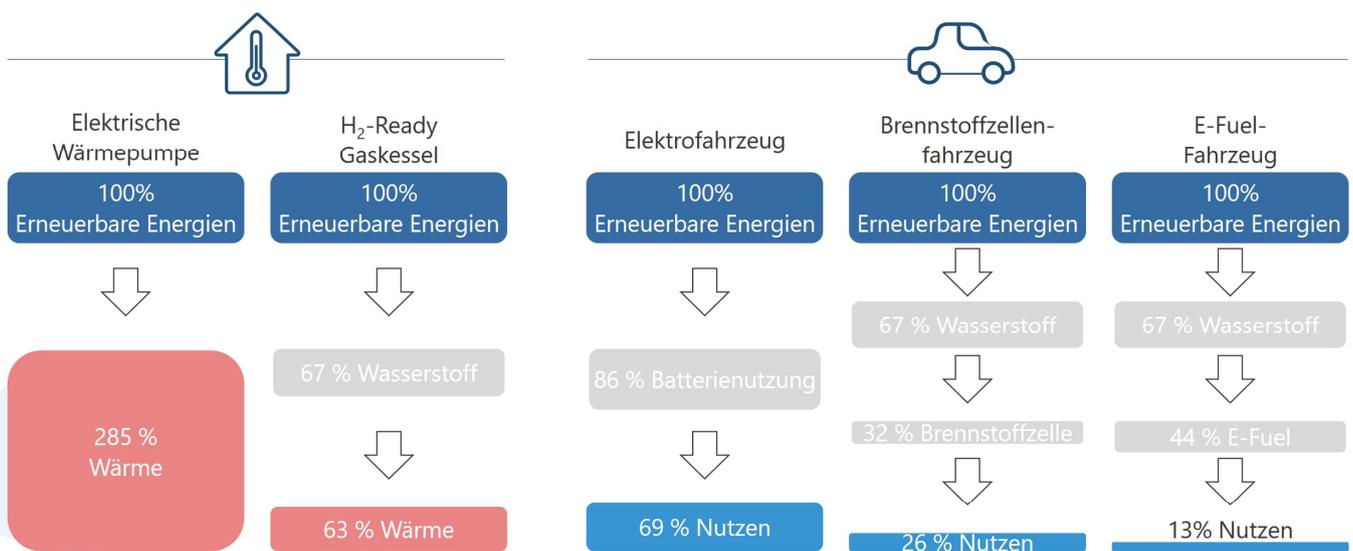


Wasserstoff

2050
Aus erneuerbaren Energien erzeugter Wasserstoff oder Methan überbrücken Dunkelflauten und dienen als saisonaler Speicher



Der zusätzliche Strombedarf sollte nicht zu stark steigen – Primärenergetische Effizienz ist das Gebot der Stunde



Eigene Darstellung in Anlehnung an: Agora Energiewende, Agora Industry (2021): 12 Insights on Hydrogen

Einfluss der Gebäudehülle und des Wärmeabgabesystems

- ◆ Systemtemperaturen, Heizleistung
- ◆ Beispielrechnungen Energiebedarf
- ◆ Simulationen Gesamtenergiebedarf

Ist mein Wärmeabgabesystem für Wärmepumpen geeignet?

Bodenheizung:
Ist geeignet !



Heizkörper:

Meistens geeignet !

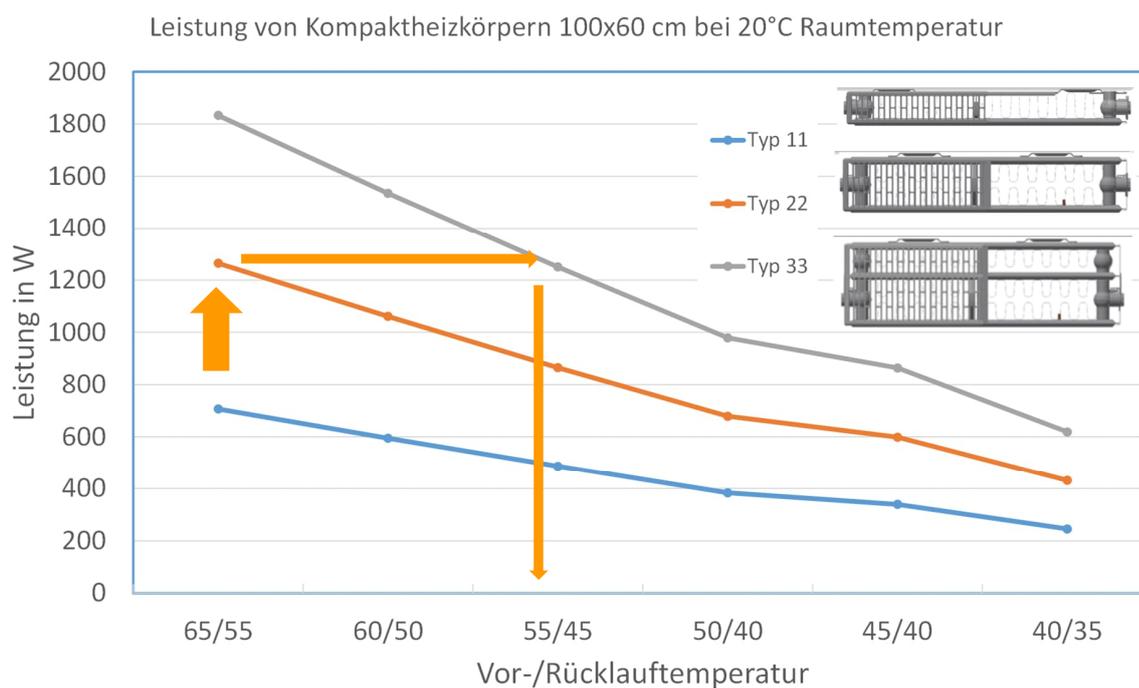
- ◆ Empfehlung: 50-55°C Vorlauftemperatur sollten im Extremfall nicht überschritten werden
- ◆ Dazu kann die aktuell am Heizungsregler eingestellte Heizkurve herangezogen werden
- ◆ Ggf. Ausprobieren, ob man mit weniger auskommt!

KERMI

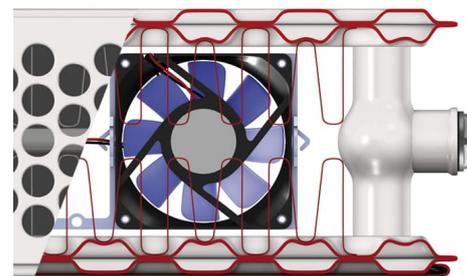
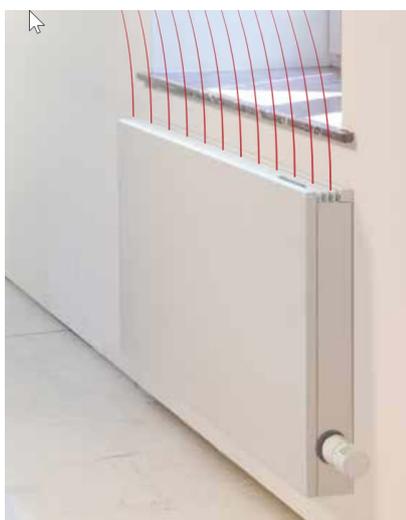
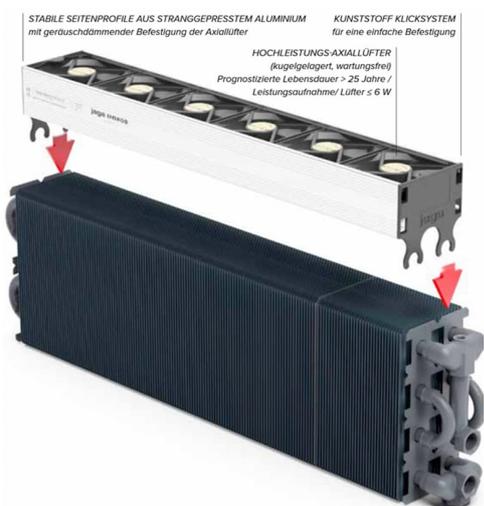


- ◆ Raumweise Heizlastberechnung nach DIN 12831 und Heizkörperberechnung sollte durchgeführt werden. Häufig sind nur einzelne Räume kritisch.
- ◆ Ggf. Heizkörper tauschen:
 - Aktuelle Flachheizkörper haben bei gleichen Abmessung höhere Wärmeleistung als z.B. Röhrenheizkörper
 - Größere oder dickere Heizkörper verwenden (z.B. Typ 33 statt Typ 22)
 - „Wärmepumpen“-Heizkörper verwenden (benötigen Elektroanschluss)
- ◆ Evtl. Zusatzheizflächen (Wand, Decke), ggf. auch elektrisch für Extremfälle
- ◆ Verbesserung der Gebäudehülle in Betracht ziehen

Wärmeleistung von Heizkörpern



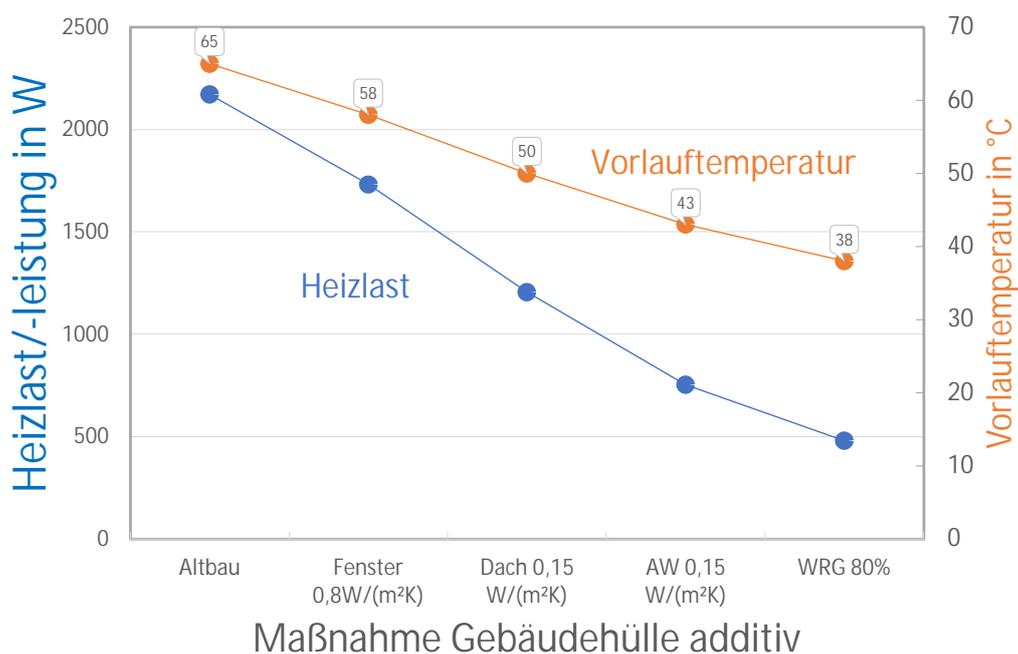
Beispiele für Niedertemperaturheizkörper



Bildquellen: Jaga, Vogel&Noot, eigene

Raumheizlast und Gebäudehülle

- ◆ Beispielraum in Rosenheim
- ◆ Auslegung für -12 °C
- ◆ 5m x 5m Grundfläche
- ◆ Raumhöhe 2,5m
- ◆ Fensterfläche 7,3 m²
- ◆ 2 Außenwände + Dach
- ◆ 2 Kompaktheizkörper 90x60cm
- ◆ Luftwechsel 0,5/h



Beispielhafte Sanierung: Berechnungen nach DIN 18599

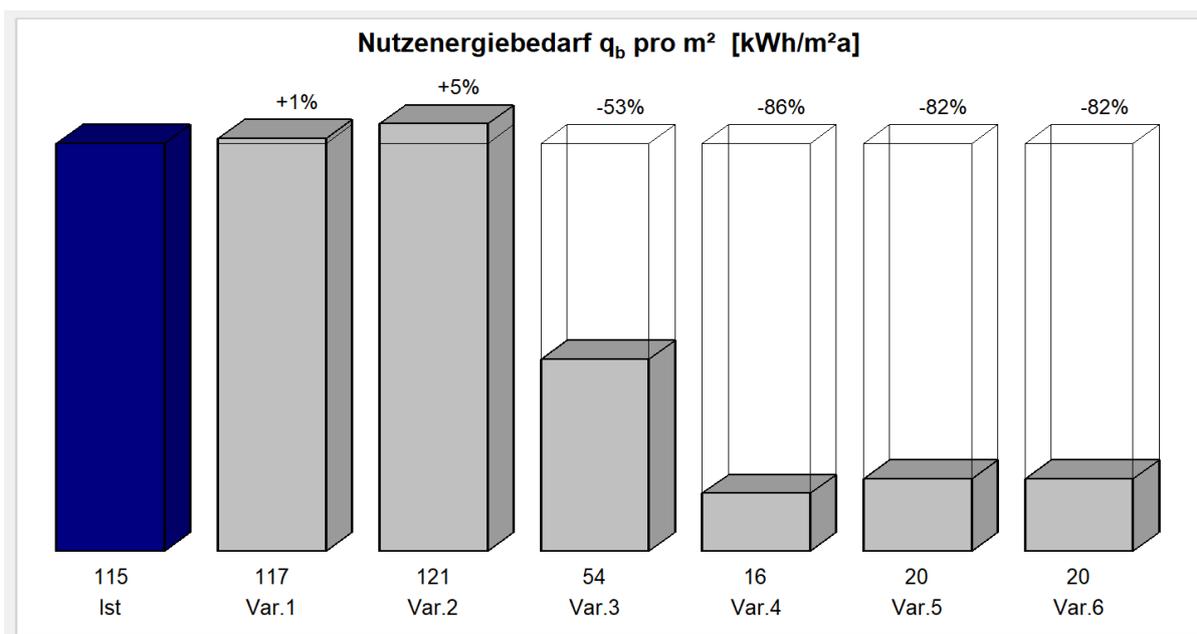
Daten Gebäudetechnik: Standardwerte aus in 18599, WP stetig geregelt

	Basis	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5	Var. 6
Gebäudehülle	1980	1980	1980	GEG	EH 55	EH 55	EH 55
Wärmeerzeuger	Öl-NT-Kessel	L/W WP	Sole/W WP				
Wärmeabgabe	HK 70/55	HK 70/55	HK 55/45	HK 55/45	HK 50/40	FBH 35/28	FBH 35/28
Lüftung	frei	frei	frei	frei	WRG	WRG	WRG

- EFH ca. 200m² Wfl.
- Keller in beheizter Hülle
- Energiepreise: € 1,1 pro l Heizöl; € 0,4 pro kWh Strom

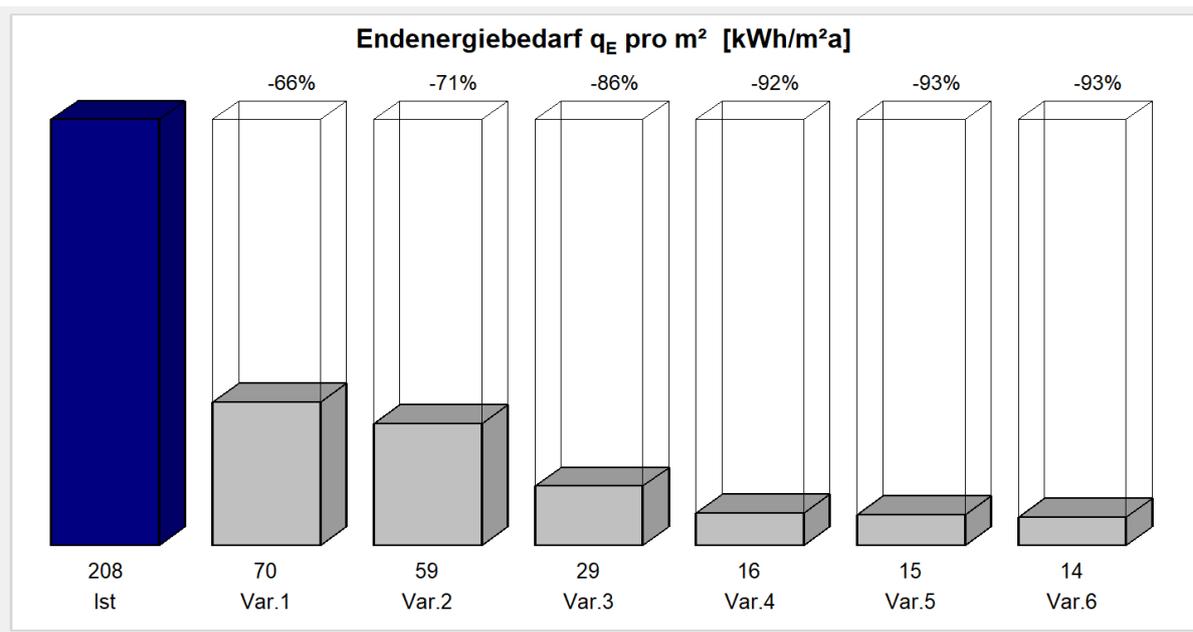
Vergleich Heizwärmebedarf

Unterschiede aufgrund Verbesserungen Gebäudehülle und Lüftung mit Wärmerückgewinnung



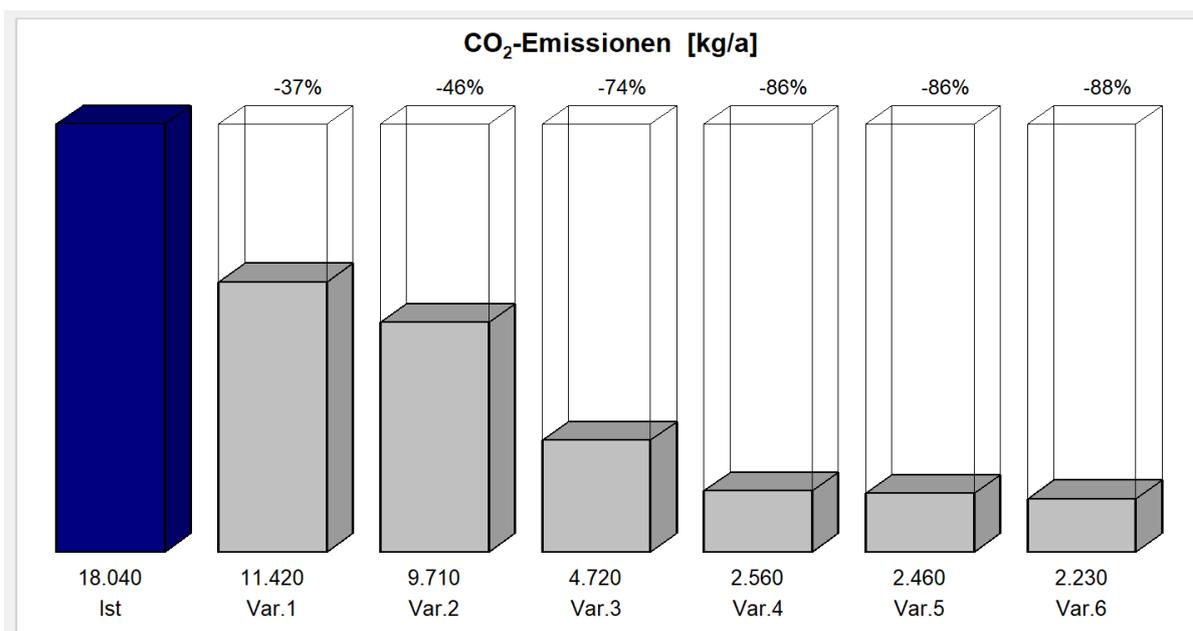
1. nur Umstellung auf L/W WP
2. HK mit 55/45
3. Sanierung auf GEG Standard
4. Sanierung auf EH 55 + WRG
5. wie 4 plus FBH
6. wie 5 aber Sole-Wasser WP

Vergleich Endenergiebedarf pro m²



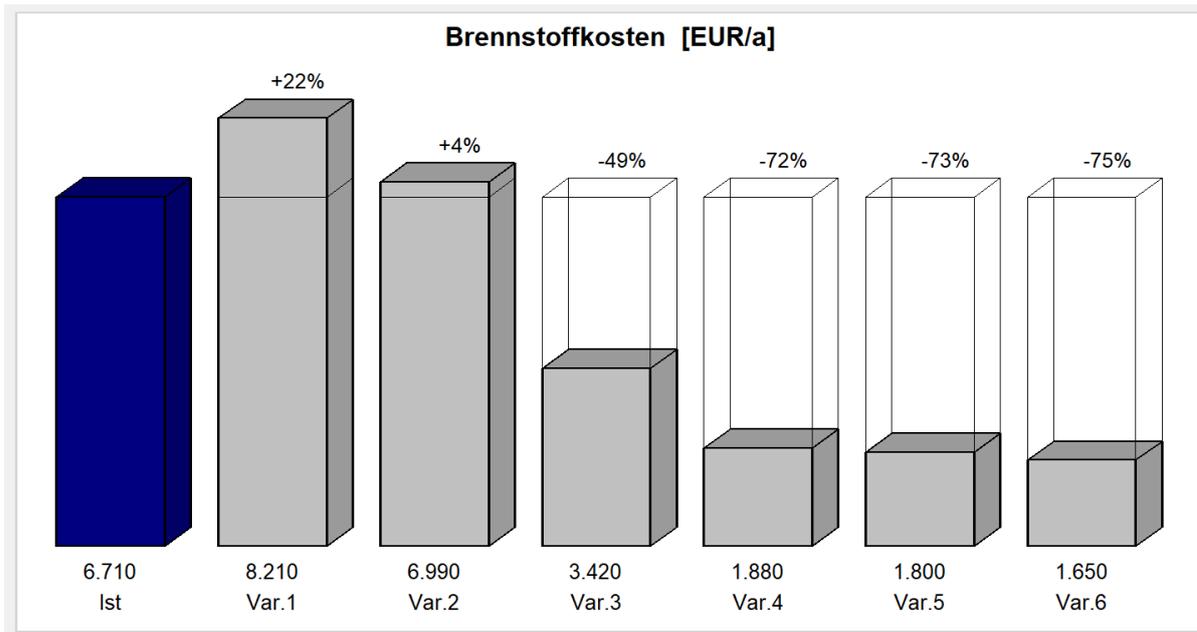
1. nur Umstellung auf L/W WP
2. HK mit 55/45
3. Sanierung auf GEG Standard
4. Sanierung auf EH 55 + WRG
5. wie 4 plus FBH
6. wie 5 aber Sole-Wasser WP

Vergleich CO₂ Emissionen



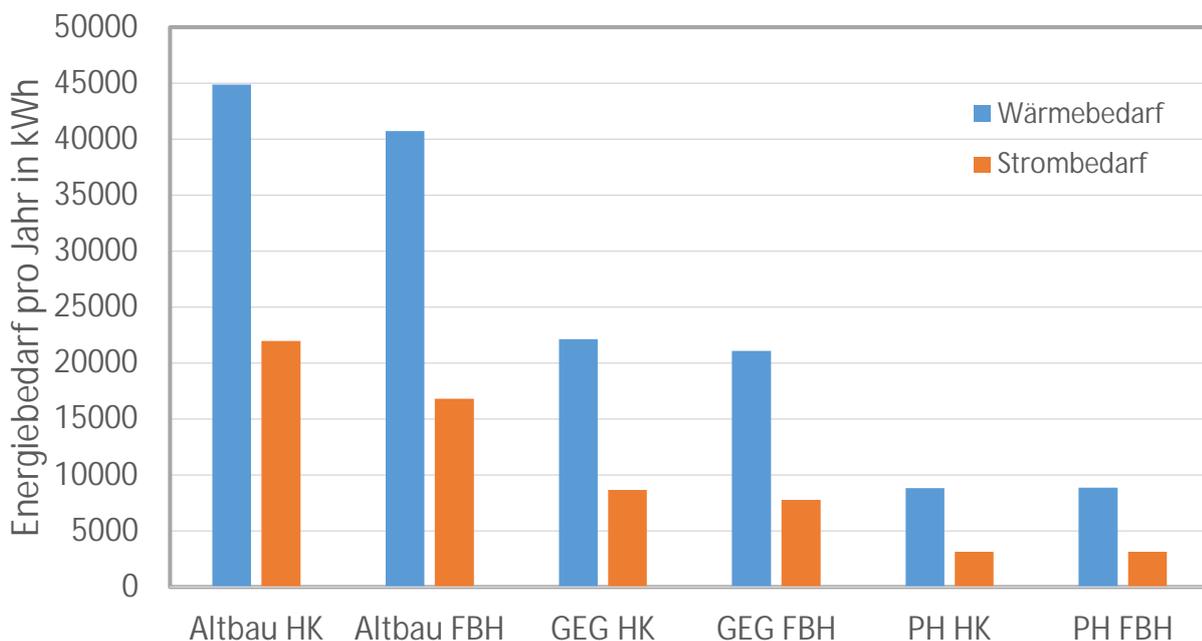
1. nur Umstellung auf L/W WP
2. HK mit 55/45
3. Sanierung auf GEG Standard
4. Sanierung auf EH 55 + WRG
5. wie 4 plus FBH
6. wie 5 aber Sole-Wasser WP

Vergleich „Brennstoff“-kosten



1. nur Umstellung auf L/W WP
2. HK mit 55/45
3. Sanierung auf GEG Standard
4. Sanierung auf EH 55 + WRG
5. wie 4 plus FBH
6. wie 5 aber Sole-Wasser WP

Wärme- und Strombedarf bei unterschiedlichen Energiestandards der Gebäudehülle





Holzbau

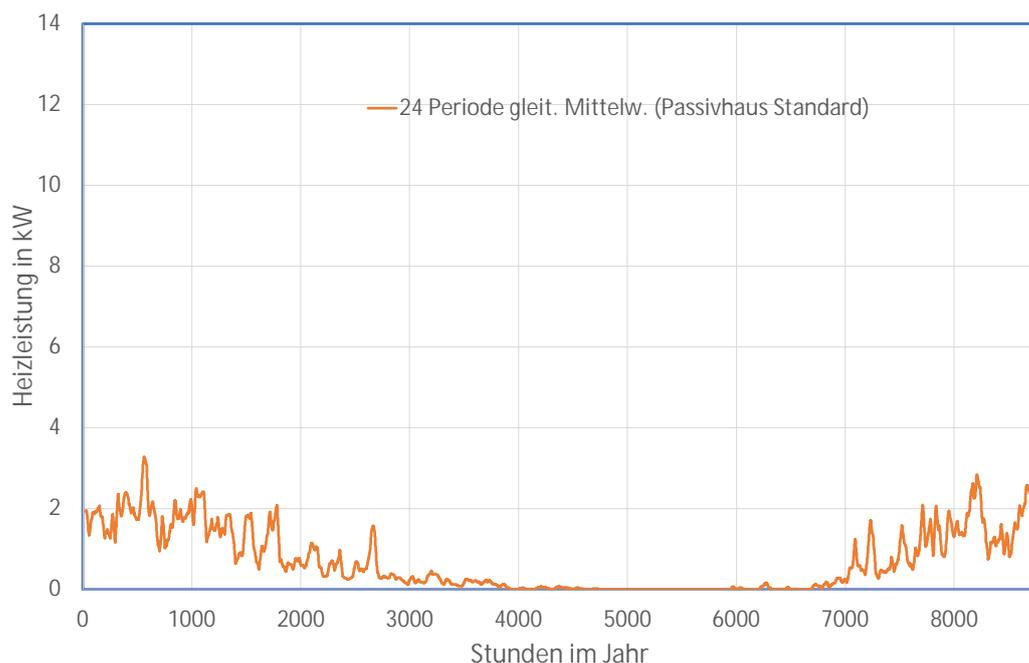
45 cm Außenwände, Passivhausfenster, Lüftung mit Wärmerückgewinnung
Holzpelletsofen und thermische Solaranlage (13 m²)

9,4 kWp Fotovoltaikanlage

Vergleichende Simulationsrechnungen

- ◆ Dynamische Gebäudesimulation nach VDI 6007 (HSETU Simulation) in Stundenschritten mit Klimadaten Samerberg (aus Meteornorm)
- ◆ Evaluation des Simulationsmodells an Hand der Messdaten
- ◆ Änderung der Anlagentechnik:
 - 9 kWp PV-Anlage (SW)
 - Luft-Wasser-Wärmepumpe
 - Fußbodenheizung
 - Lithium-Ionen-Energiespeicher 12,5 kWh (9 kWh nutzbar)
- ◆ Drei Energiestandards
 - Passivhaus (wie real)
 - Aktueller gesetzlicher Neubaustandard (EnEV bzw. GEG2020), ohne Lüftungsanlage mit WRG
 - Altbaustandard (1980er), ohne Lüftungsanlage
- ◆ Haushaltsstrom im Tagesprofil mit insgesamt 5000 kWh/a

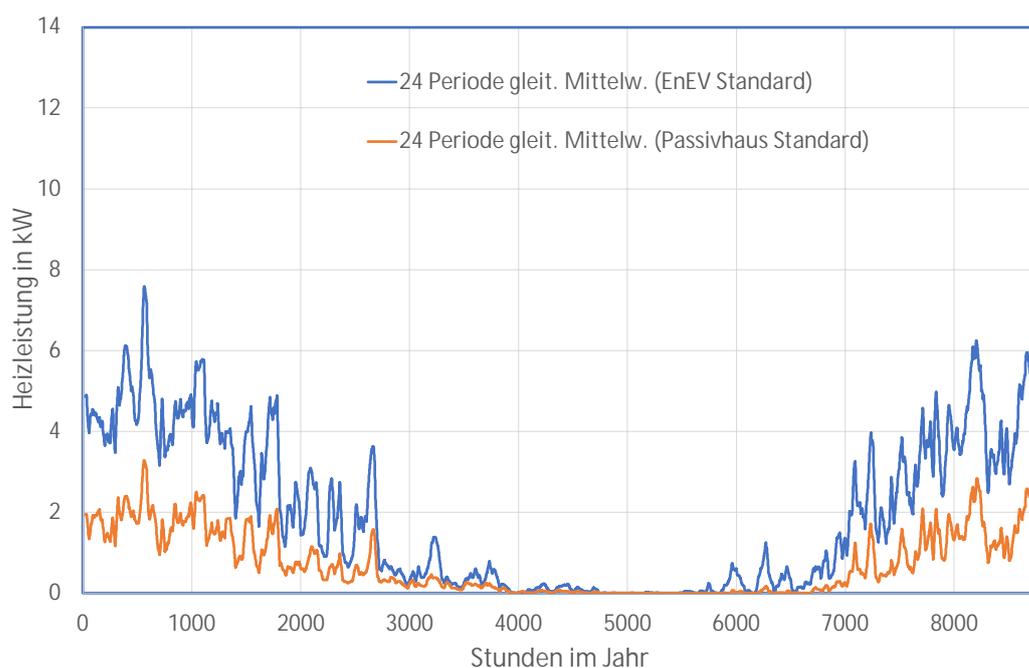
Ergebnisse Heizleistung – Wärmebedarf Passivhaus



Heizwärmebedarf
Heizlast

Passivhaus
6300 kWh/a = 26 kWh/(m²a)
Maximal: 3 kW

Ergebnisse Heizleistung – Wärmebedarf Passivhaus – EnEV/GEG - Altbau

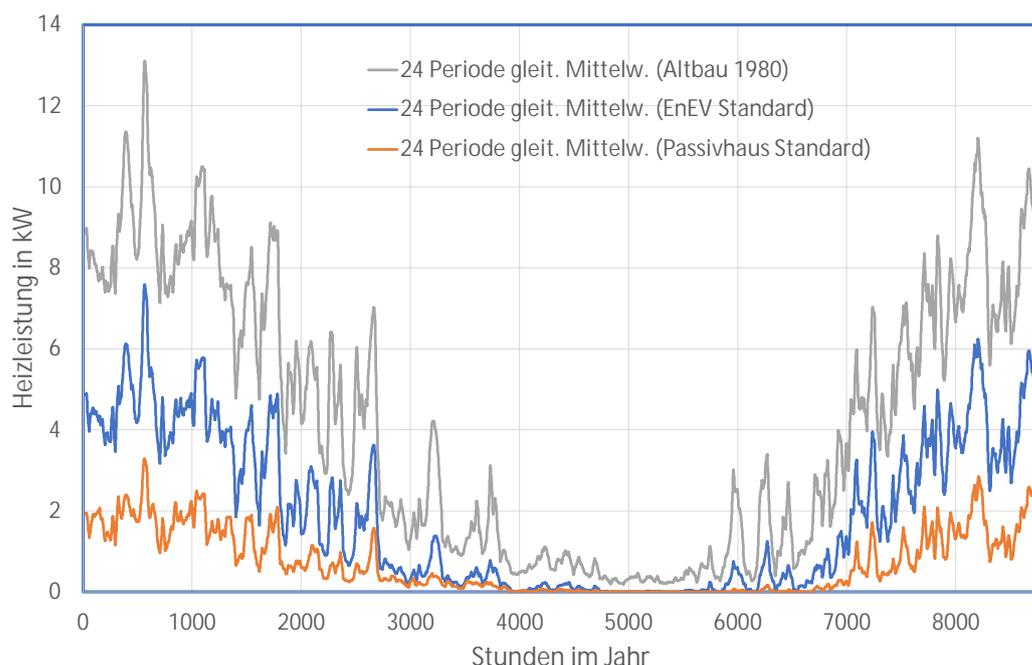


Heizwärmebedarf
Heizlast

Passivhaus
6300 kWh/a = 26 kWh/(m²a)
Maximal: 3 kW

GEG-EnEV
17200 kWh/a = 72 kWh/(m²a)
Maximal: 8 kW

Ergebnisse Heizleistung – Wärmebedarf Passivhaus



Heizwärmebedarf Heizlast

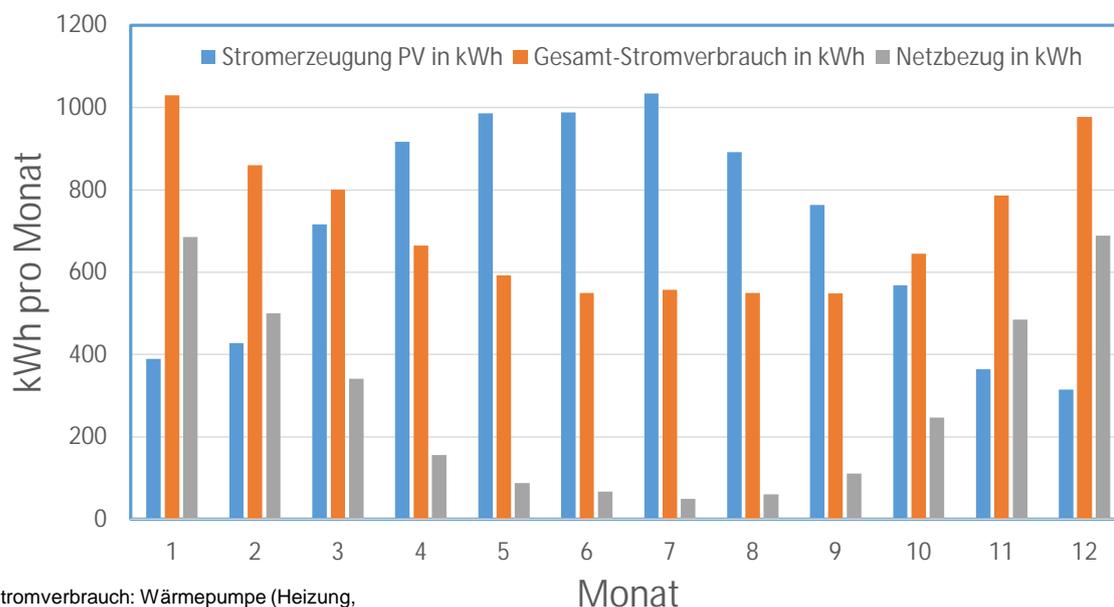
Passivhaus
6300 kWh/a = 26 kWh/(m²a)
Maximal: 3 kW

GEG-EnEV
17200 kWh/a = 72 kWh/(m²a)
Maximal: 8 kW

Altbau BJ 1980:
38200 kWh/a = 160 kWh/(m²a)
Maximal: 13 kW

Energiebilanzen – Strom Passivhaus

Energiebilanz Passivhaus



Stromverbrauch: Wärmepumpe (Heizung, Warmwasser), Beleuchtung, Hausgeräte, Medien etc.

Jahresbilanz und Strombezug:

Altbau BJ 1980:
-7000 kWh
15.300 kWh

GEG-EnEV:
1600 kWh
6700 kWh

Passivhaus:
4900 kWh
3500 kWh

„Autarkiegrad“:
Eigenverbrauch/Gesamtverbrauch
ca. 60%

Jahresbilanz: Erzeugung PV - Netzbezug

- ◆ Genaue Betrachtung der Systemtemperaturen nötig
- ◆ Auch Heizkörper können geeignet sein
- ◆ Flächenheizungen bringen Effizienzvorteile
- ◆ Gebäudehülle beeinflusst
 - Heizlast
 - Systemtemperaturen
 - Energiebedarf
- ◆ Besonders in Mehrfamilienhäusern senkt der Warmwasserbedarf die Effizienz

- ◆ Um Winterlücke möglichst gering zu halten ist eine deutliche Energiebedarfssenkung im Gebäudebestand nötig
 - Dämmung
 - Luftdichtheit
 - Wärmerückgewinnung

Nützliche Links

- ◆ Allgemeines zur Energieeffizienz und Fördermitteln: <https://www.gebaeudeforum.de/>
- ◆ Fördermittel Einzelmaßnahmen: https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Foerderprogramm_im_Ueberblick/foerderprogramm_im_ueberblick_node.html
- ◆ Fördermittel Effizienzhaus Sanierung: <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilien/>
- ◆ Förderrechner Wärmepumpe: <https://www.waermepumpe.de/foerderrechner/>
- ◆ Heizlastrechner: <https://www.waermepumpe.de/normen-technik/heizlastrechner/>
- ◆ Heizkörperrechner: <https://www.waermepumpe.de/normen-technik/heizkoerperrechner/>
- ◆ Energieberater finden: <https://www.energie-effizienz-experten.de/>
- ◆ Sanierungsfahrplan: <https://www.gebaeudeforum.de/realisieren/isfp/#c1113>
- ◆ Studie Wärmeschutz&Wärmepumpe: https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/pdf/2023_FIW_ifeu_W%C3%A4rmeschutz_und_W%C3%A4rmepumpe.pdf

Fördermittel

- ◆ Einzelmaßnahmen
- ◆ Energieberatung und Sanierungsfahrplan
- ◆ Effizienzhäuser

Förderübersicht: Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen (BEG EM)

Einzelmaßnahmen zur Sanierung von Wohngebäuden (WG) und Nichtwohngebäuden (NWG)		Fördersatz	iSFP-Bonus	Heizungs-Tausch-Bonus	Wärmepumpen-Bonus*	max. Fördersatz	Fachplanung und Baubegleitung
Gebäudehülle	Dämmung von Außenwänden, Dach, Geschossdecken und Bodenflächen; Austausch von Fenstern und Außentüren; sommerlicher Wärmeschutz	15 %	5 %			20 %	50 %
Anlagentechnik (außer Heizung)	Einbau/Austausch/Optimierung von Lüftungsanlagen; WG: Einbau „Efficiency Smart Home“; NWG: Einbau Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Kältetechnik zur Raumkühlung und Einbau energieeffizienter Innenbeleuchtungssysteme	15 %	5 %			20 %	
Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik)	Solarkollektoranlagen	25 %		10 %		35 %	
	Biomasseheizungen	10 %		10 %		20 %	
	Wärmepumpen	25 %		10 %	5 %	40 %	
	Brennstoffzellenheizungen	25 %		10 %		35 %	
	Innovative Heizungstechnik auf Basis erneuerbarer Energien	25 %		10 %		35 %	
Förderrechner Wärmepumpe: https://www.waermepumpe.de/foerderrechner/						30 %	
Erneuerung, Ausbau und Erweiterung eines Gebäudenetzes (mit max. 75 % Biomasse)		20 %				20 %	
Anschluss an ein Gebäudenetz		25 %		10 %		35 %	
Anschluss an ein Wärmenetz		30 %		10 %		40 %	
Heizungsoptimierung	Maßnahmen zur Optimierung bestehender Heizungsanlagen in Bestandsgebäuden	15 %	5 %			20 %	

* Der Wärmepumpen-Bonus beträgt maximal 5 %, auch wenn gleichzeitig die Anforderungen an die Wärmequelle und an das Kältemittel erfüllt werden.

Förderung von Energieberatung und Erstellung Sanierungsfahrplan durch das Bafa

- ◆ Zuschuss in Höhe von 80 % des zuwendungsfähigen Beratungshonorars, maximal 1.300 Euro bei Ein- und Zweifamilienhäusern und maximal 1.700 Euro bei Wohnhäusern mit mindestens drei Wohneinheiten.
- ◆ Zuschuss in Höhe von maximal 500 Euro für zusätzliche Erläuterung eines Energieberatungsberichts in Wohnungseigentümersammlung oder Beiratssitzung.
- ◆ Der Zuschuss wird vom Energieberater beantragt und auch an diesen ausbezahlt.



Förderung der Sanierung zum Effizienzhaus durch die KfW

- ◆ Zinsverbilligter Kredit und Tilgungszuschuss
- ◆ Leistungen Energieberater (Baubegleitung) Zuschuss von 50%
- ◆ Erhöhung der Zuschüsse für serielle Sanierung und „worst performing building“
- ◆ Auszug:

Effizienzhaus	Tilgungszuschuss in % je Wohneinheit 	Betrag je Wohneinheit 
Effizienzhaus 40	20 % von max. 120.000 Euro Kreditbetrag	bis zu 24.000 Euro
Effizienzhaus 40 <u>Erneuerbare-Energien-Klasse</u> 	25 % von max. 150.000 Euro Kreditbetrag	bis zu 37.500 Euro
Effizienzhaus 55	15 % von max. 120.000 Euro Kreditbetrag	bis zu 18.000 Euro
Effizienzhaus 55 <u>Erneuerbare-Energien-Klasse</u> 	20 % von max. 150.000 Euro Kreditbetrag	bis zu 30.000 Euro