

Wärmepumpen im Gebäudebestand Wie sinnvoll ist der nachträgliche Einbau?

Prof. Dr. Harald Krause / Prof. Uli Spindler
Technische Hochschule Rosenheim
Studiengang Energie und Gebäudetechnologie

rosolar-Vortrag 17.1.2023
im Gasthof Höhensteiger



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

 Auslandsferfahrung
Praktikum im Ausland

 Kosten
Nur Studentenwerksbeitrag

- ◆ **Einführung: Warum Wärmepumpen ?**
 - Klimaneutraler Gebäudebestand 2050
 - Grundprinzip Wärmepumpe
- ◆ **Energiebedarf von Gebäuden**
 - Einfluss der Gebäudehülle
- ◆ **Ablauf einer Energieberatung**
 - Heizlast
 - Überschlägige Ermittlung Heizlast
 - Systemtemperaturen
 - Beispielrechnungen
- ◆ **Fördermittel**
- ◆ **Simulationsrechnungen mit PV (war nicht im Vortrag)**

Energiewende in Gebäuden

- ◆ Primärenergie
- ◆ Regenerative Energiequellen
- ◆ Wärmepumpen

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

Drei Säulen für die Energiewende

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



Senkung Primärenergie

Primär-
energiebedarf
2018
13.000 PJ



2045
6.600 PJ



Erneuerbare und Elektrifizierung

2045: 380 TWh
mehr als heute

Zuwachs:

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



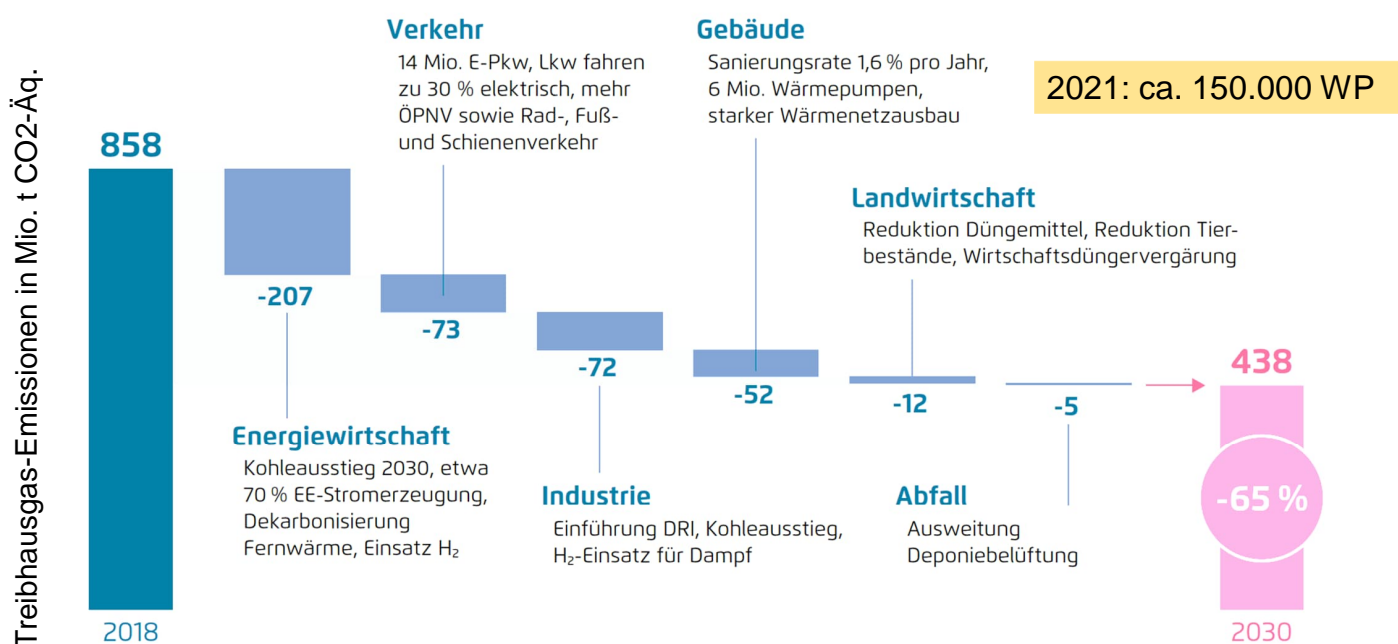
Wasserstoff

Wasserstoff als
Rohstoff und
Energieträger

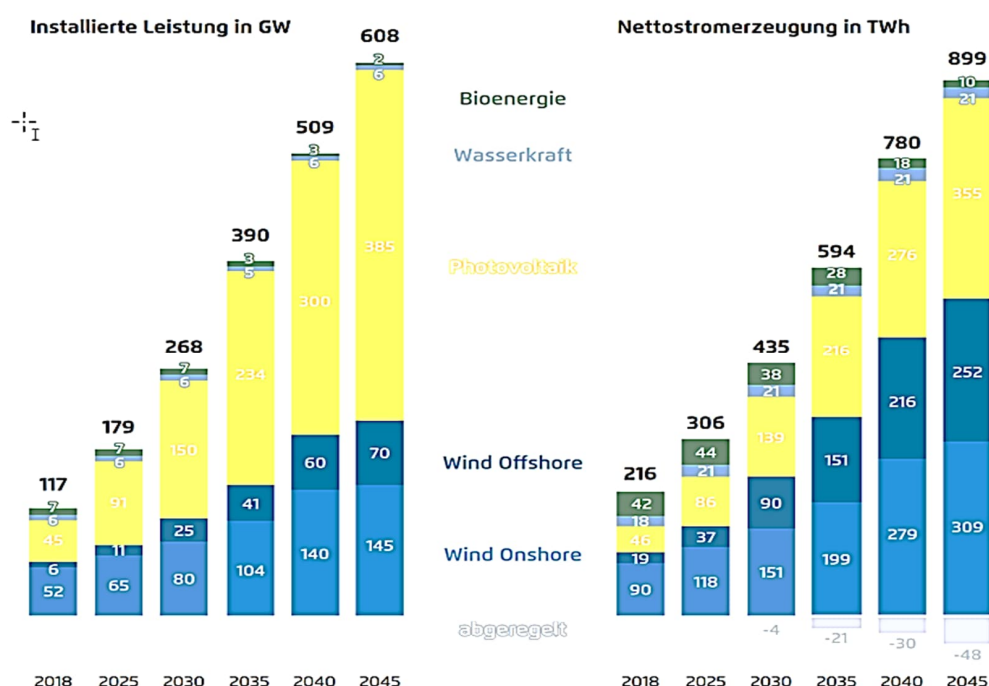
2045

Bedarf ca. 270 TWh
(Heizwert)

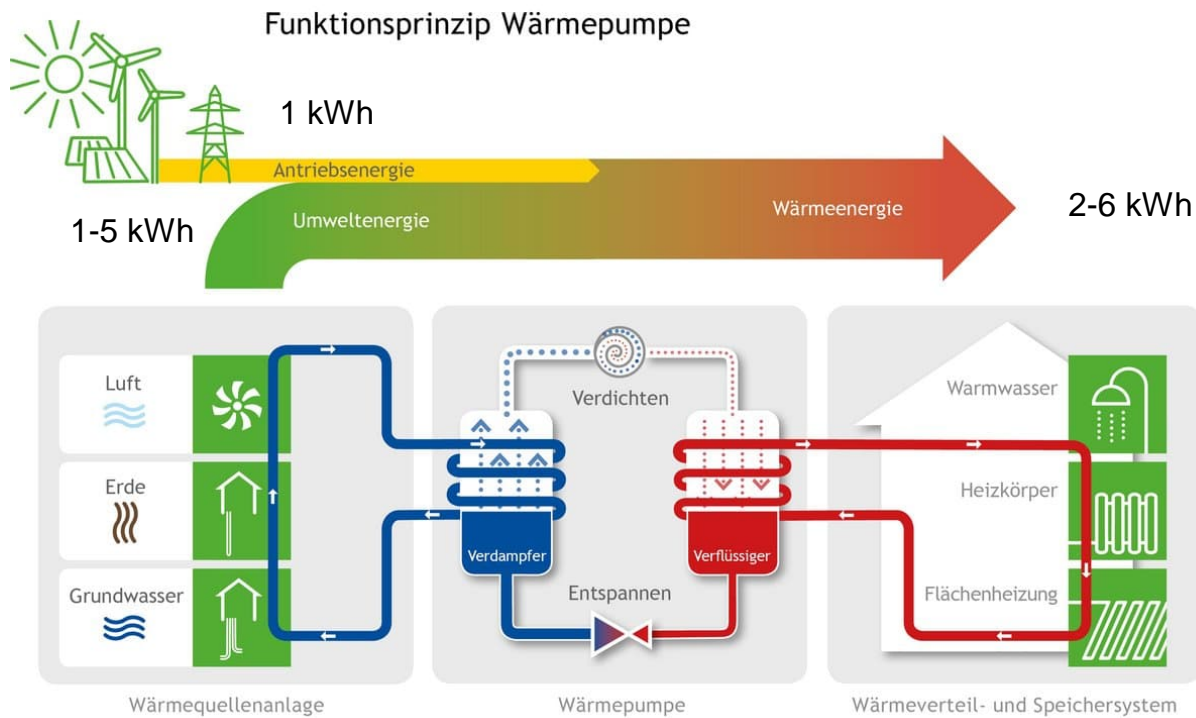
Davon ca. 30% in
Deutschland
produziert, d.h. 70%
Import



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



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



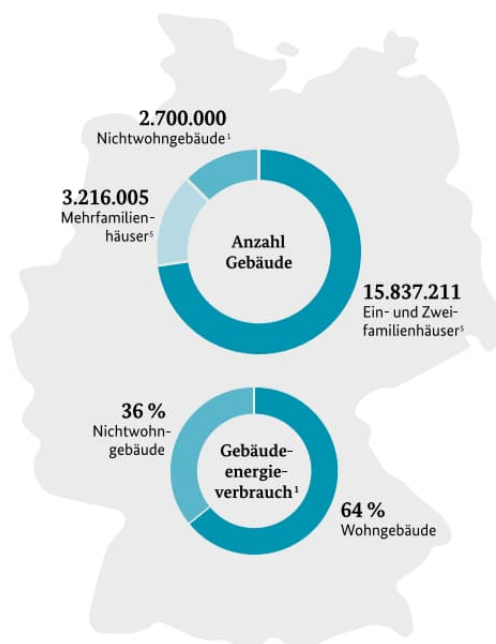
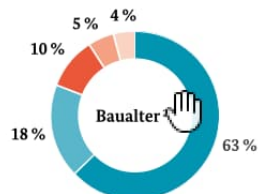
Energieversorgung in Gebäuden

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

Wohngebäude

3.753.715 m²

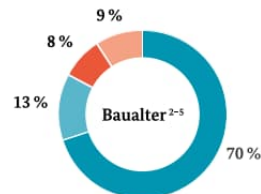
beheizte Nettogrundfläche in Tsd.⁵



Nichtwohngebäude

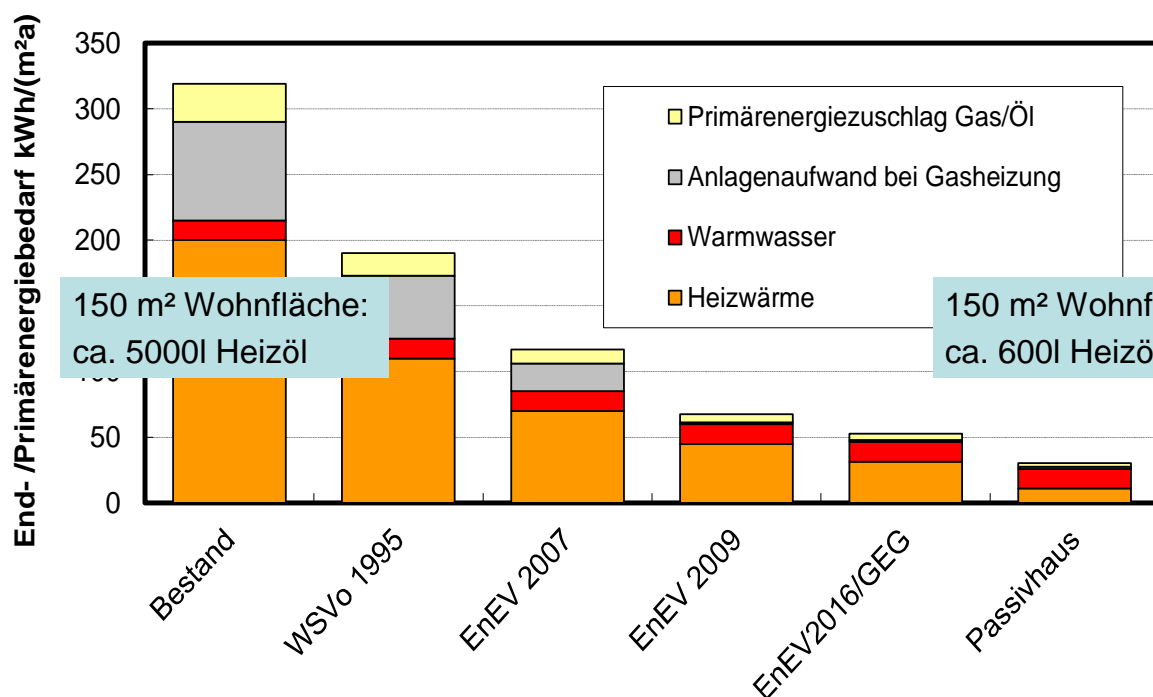
1.350.000 m²

beheizte Nettogrundfläche in Tsd.¹



Energiestandards von Gebäuden

Energiestandards bei Einfamilienhäusern



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

bdeu
Energie. Wasser. Leben.

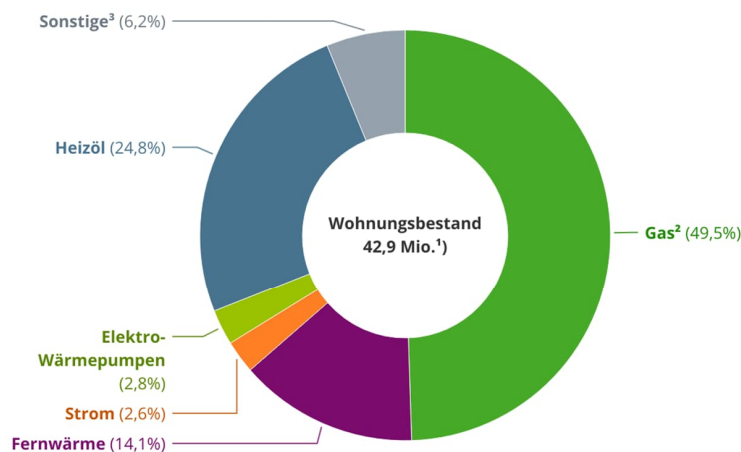
-13- © Prof. Uli Spindler & Prof. Dr. Harald Krause

rosolar - Wärmepumpen in Bestandsgebäuden

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

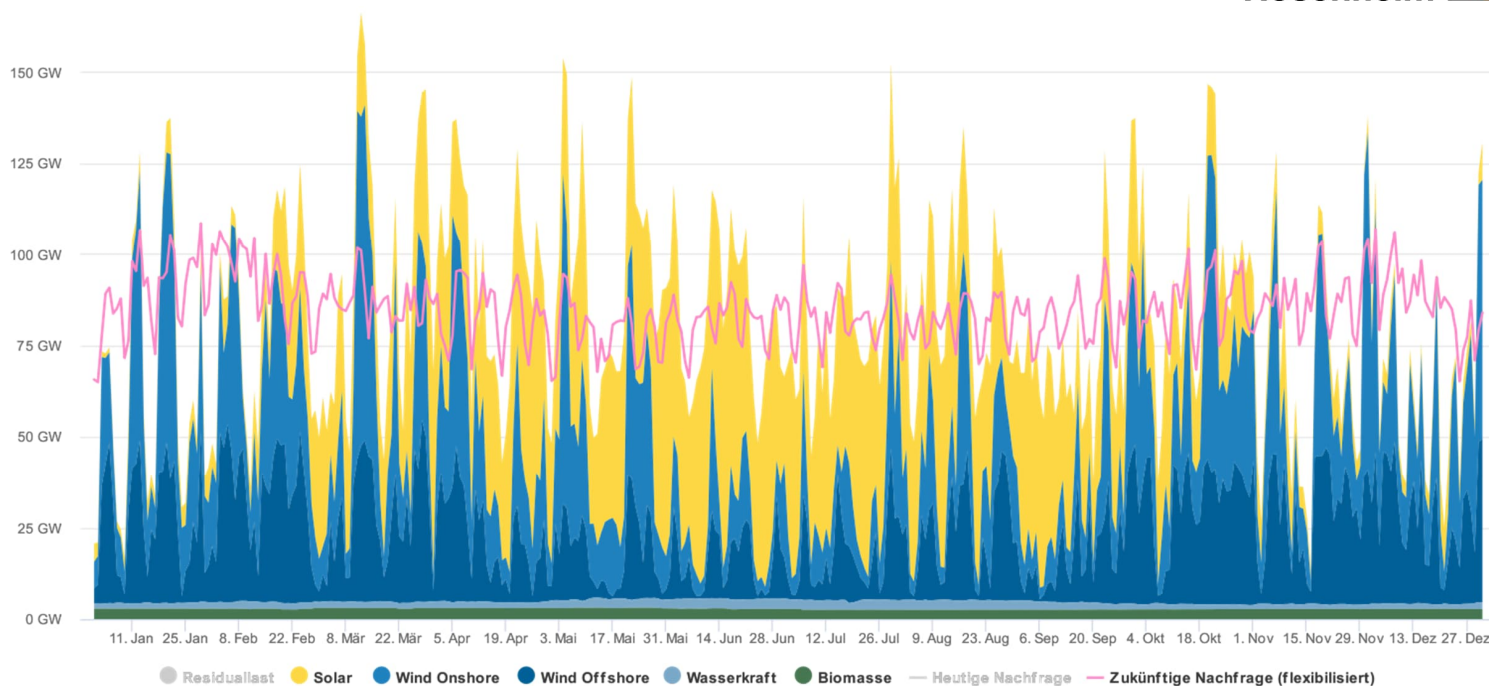
Stand: 07/2022

Quelle: BDEW; teilweise geschätzt

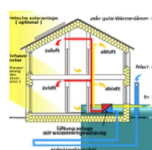
bdeu
Energie. Wasser. Leben.

-14- © Prof. Uli Spindler & Prof. Dr. Harald Krause

rosolar - Wärmepumpen in Bestandsgebäuden



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

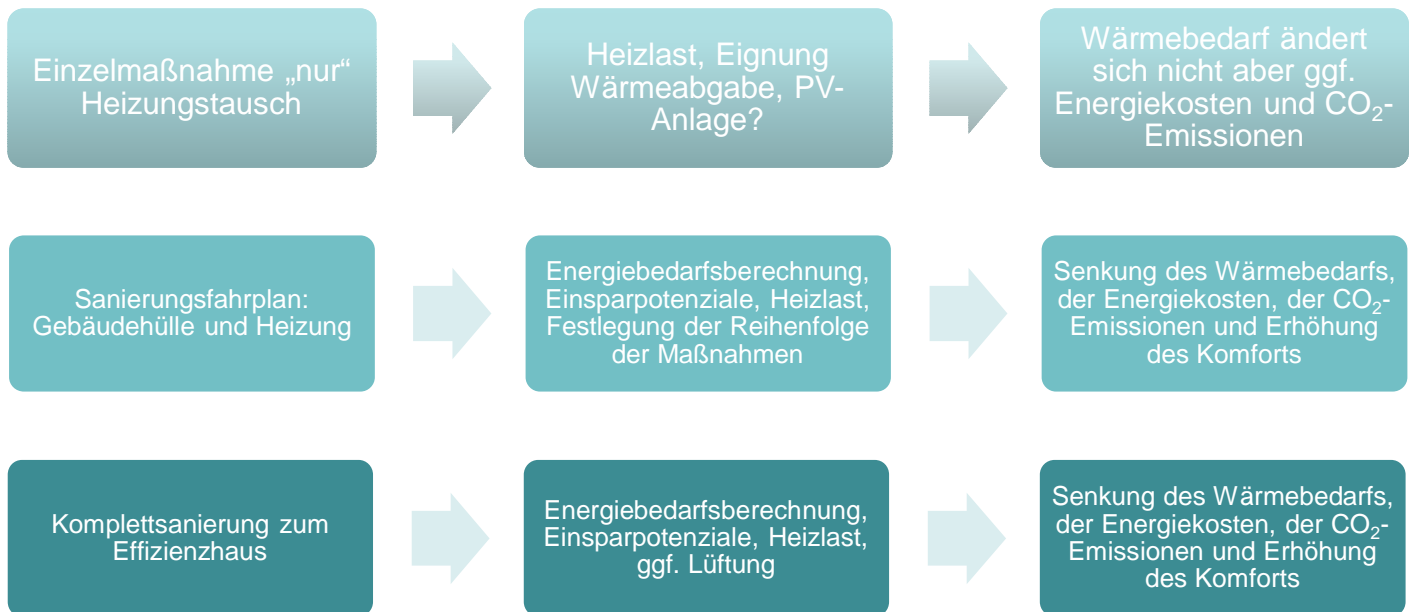
Ablauf einer Energieberatung

- ◆ 3 Wege zum Ziel
- ◆ Überschlägige Heizlast selbst ermitteln
- ◆ Systemtemperaturen

Vorgehensweise bei einer Energieberatung


- ◆ Initialberatung vor Ort (2-3 Stunden)
 - Dämmstandard der Gebäudehülle: Wand, Dach, Boden, Fenster
 - Energieverbrauch der letzten Jahre feststellen
 - Einstufung des Energieverbrauchs
 - Vorhandener Wärmeerzeuger, Dämmung der Leitungen, Pumpen
 - Gibt es bauphysikalische Probleme? (Schimmel, Zugerscheinungen etc.)
 - Wärmeabgabesystem und Vorlauftemperaturen
 - Bodenheizung
 - Heizkörper
 - Eignung Dachflächen etc. für Solartechnik
 - Fernwärme vorhanden oder geplant?
 - Welches Budget ist vorhanden?
 - Was ist das Ziel der Bewohner? Welchen Aufwand (finanziell, Dreck etc.) würden sie akzeptieren?

Weitergehende Maßnahmen: Drei Möglichkeiten zur Umsetzung



Nötige Heizleistung (Heizlast) selbst bestimmen Beispiel über Jahresverbrauch

◆ Jahresverbrauch ermitteln

- Mind. die letzten drei Jahre verwenden (Gasrechnung, Ölverbrauch etc.)
- Ggf. Klimabereinigung durchführen:
<https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimafaktoren/klimafaktoren.html>
- Leerstände anteilig berücksichtigen
- Falls aktueller Energie**verbrauchs**ausweis vorliegt, kann dieser verwendet werden
- Einschätzen des eigenen Warmwasserverbrauchs: 
 - Gering: nur Duschen, geringe Belegung (< 40m² pro Person), mehr Männer als Frauen
 - Normal: Duschen, hin und wieder Baden, mittlere Belegungsdichte (20 bis 40 m² pro Person)
 - Hoch: kommt kaum vor, „Regenwalddusche“, große Wannen, Wellnessbereich etc.

◆ Heizlastrechner z.B. vom Bundesverband Wärmepumpe verwenden

◆ Empfehlung: Energieberater hinzuziehen !

Nötige Heizleistung (Heizlast) bestimmen

Beispiel über Jahresverbrauch

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

Erzeugernutzwärmeabgabe: kWh/a ? ▾

Endenergieverbrauch: kWh/a ▾

Energieträger: ▾

Verbrauch: l

Nutzungsgrad: % ?

Wärmeerzeugertyp: ▾

Nötige Heizleistung (Heizlast) bestimmen

Beispiel über Jahresverbrauch

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

Trinkwasserwärmebedarf: kWh/a ▾

Nutzungseinheiten: ▾ ?

Personenzahl: ?

Nutzerverhalten: ▾

Zirkulation: ▾

Solarthermie: ▾ ?

Nötige Heizleistung (Heizlast) bestimmen

Beispiel über Jahresverbrauch

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

Vollbenutzungsstunden: h ? ▾

Postleitzahl: ✓

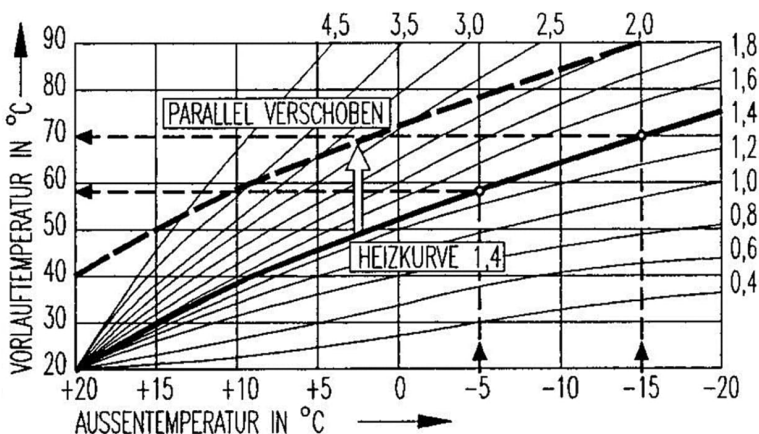
Ort: Rosenheim
Normaußentemperatur: -12,1 °C
Jahresmitteltemperatur: 9,4 °C
Höhe: 450 m

Heizgrenztemperatur: °C ▾

Geschätzte Heizlast: kW ✓

Ist mein Wärmeabgabesystem für Wärmepumpen geeignet?

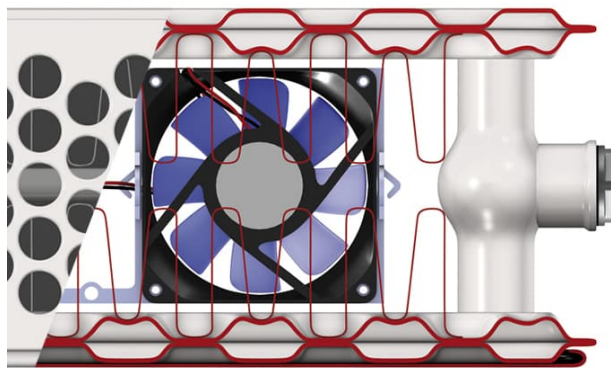
- ◆ Bodenheizung vorhanden: ist geeignet
- ◆ Heizkörper:
 - Empfehlung: 50-55°C Vorlauftemperatur sollten im Extremfall nicht überschritten werden
 - Dazu kann die aktuell am Heizungsregler eingestellte Heizkurve herangezogen werden
 - Ggf. Ausprobieren, ob man mit weniger auskommt!



H185/1: Heizkurven
Pistohl: Hdb der Gebäudetechnik, Bd. 2, 2007

Was tun, wenn die Heizkörperleistungen nicht reichen?

- ◆ Raumweise Heizlastberechnung nach DIN 12831 und Heizkörperberechnung sollte durchgeführt werden. Häufig sind nur einzelne Räume kritisch.
- ◆ 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)



Bildquelle: Vogel&Noot
-25-

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

rosolar - Wärmepumpen in Bestandsgebäuden

Beispiel für Niedertemperaturheizkörper mit Ventilatoren

Quelle: Vogel&Noot



ULOW-E2

Temperaturpaarungen

VORLAUF 45 °C

RÜCKLAUF 35 °C

RAUMLUFT 20 °C

40 / 35 / 20 °C

Ziel-Wärmeleistung: 800 WATT

Toleranzen: 15 % / 17 %

Drucken

Als Excel

Als PDF

Bauhöhe (mm): 600 Alle Leistungen Leistungen im Toleranzbereich

Type / Bautiefe (mm)	Statischer Betrieb		Komfortbetrieb*	Boost-Betrieb
	Type 22 / 107	Type 22 / 107	Type 22 / 107	Type 22 / 107
Baulänge (mm)				
400	184		273	317
600	276		409	475
800	368		545	633
1000	460		681	792
1200	551		818	950
1400	643		954	1108
1600	735		1090	1267
1800	827		1226	1425
2000	919		1363	1583

* Für die Auslegung empfehlen wir die Leistungen des Komfortbetriebes heranzuziehen.

rosolar - Wärmepumpen in Bestandsgebäuden

-26- © Prof. Uli Spindler & Prof. Dr. Harald Krause

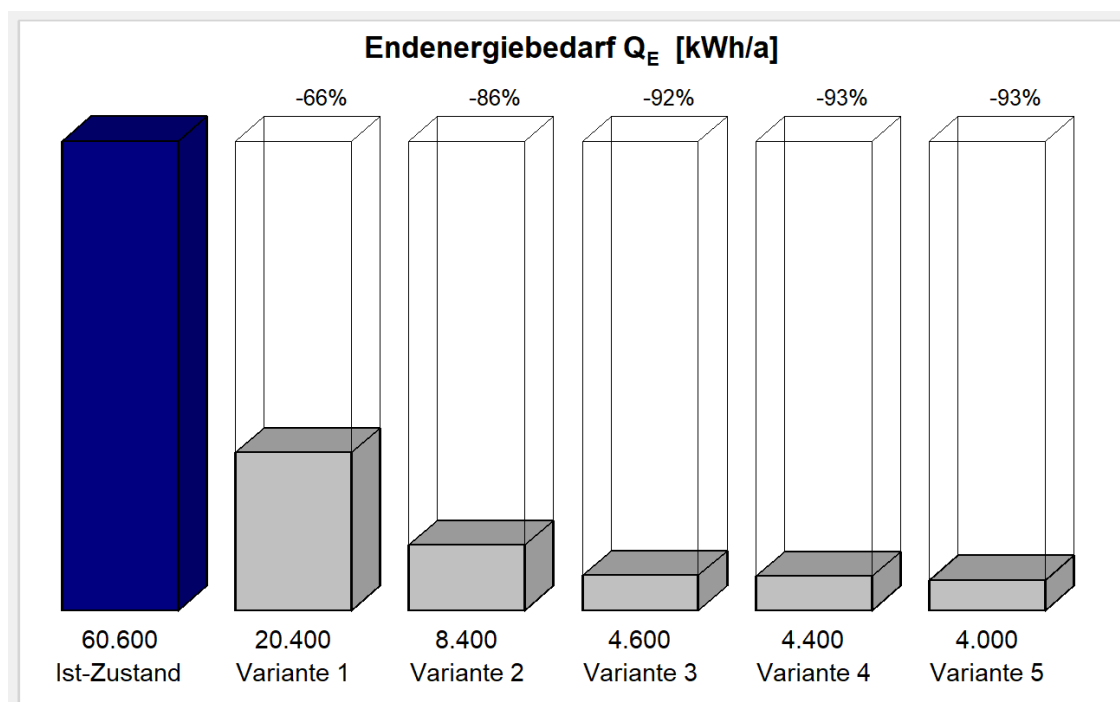
Beispielhafte Sanierung: Berechnungen nach DIN 18599

Daten Gebäudetechnik: Standardwerte aus in 18599, WP stetig geregelt

- ◆ EFH Baujahr 1980 mit Keller in der beheizten Hülle, ca. 200 m² Wohn/Nutzfläche
- ◆ Dämmstandard 1980
- ◆ Öl-Niedertemperaturkessel, Einbau ca. 2000
- ◆ Heizkörper sind auf 70/55 ausgelegt

- ◆ Variante 1: Nur Umstellung auf 20 kW L/W Wärmepumpe (65°C Maximaltemperatur)
- ◆ Variante 2: Sanierung Gebäudehülle auf Stand GEG 2020, 10 kW L/W Wärmepumpe, Heizkörper auf 55/45 ausgelegt
- ◆ Variante 3: Sanierung Gebäudehülle auf EH 55, Lüftung mit WRG, 6 kW L/W Wärmepumpe, Heizkörper auf 50/40 ausgelegt
- ◆ Variante 4: wie 3 nur mit Bodenheizung
- ◆ Variante 5: wie 4 nur Wärmepumpe mit Erdsonden
- ◆ Aktuelle Energiepreise:
 - € 1,1 pro l Heizöl
 - € 0,4 pro kWh Strom

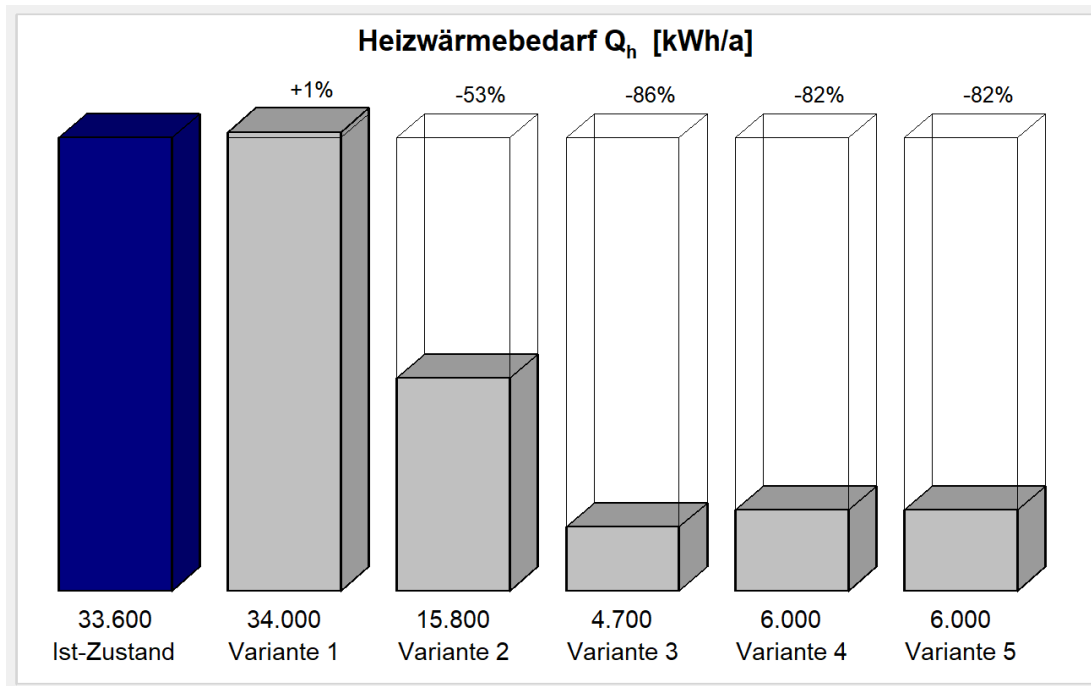
Vergleich Endenergiebedarf pro m²



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

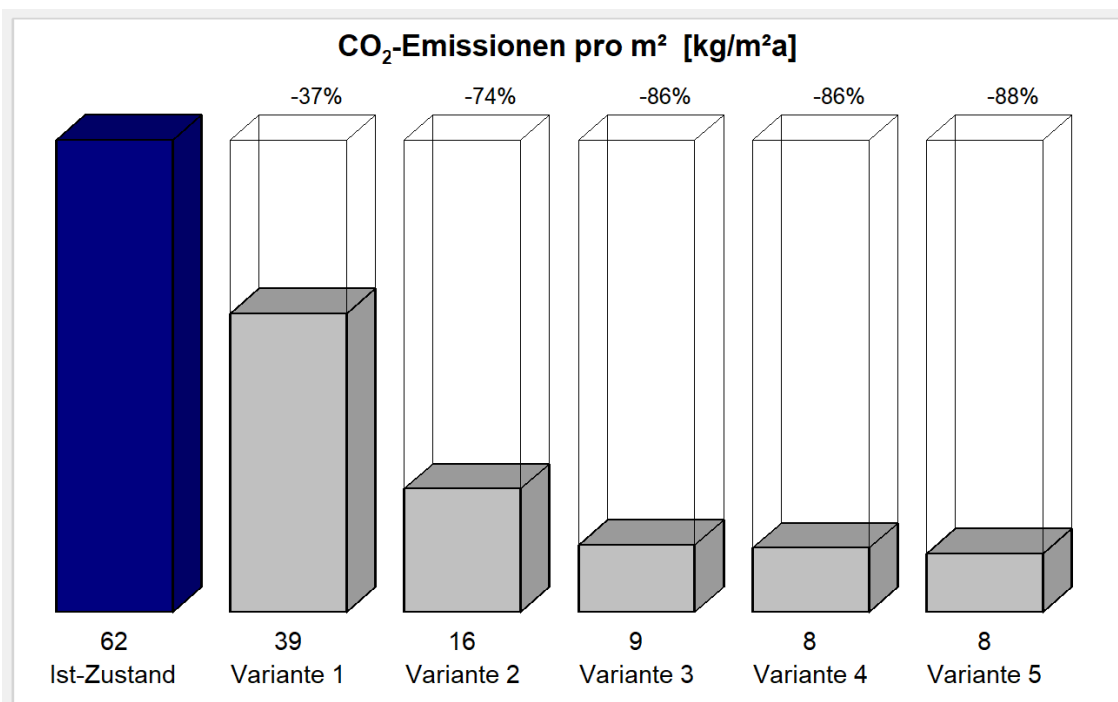
Vergleich Heizwärmebedarf

Unterschiede aufgrund Verbesserungen Gebäudehülle und Lüftung mit Wärmerückgewinnung

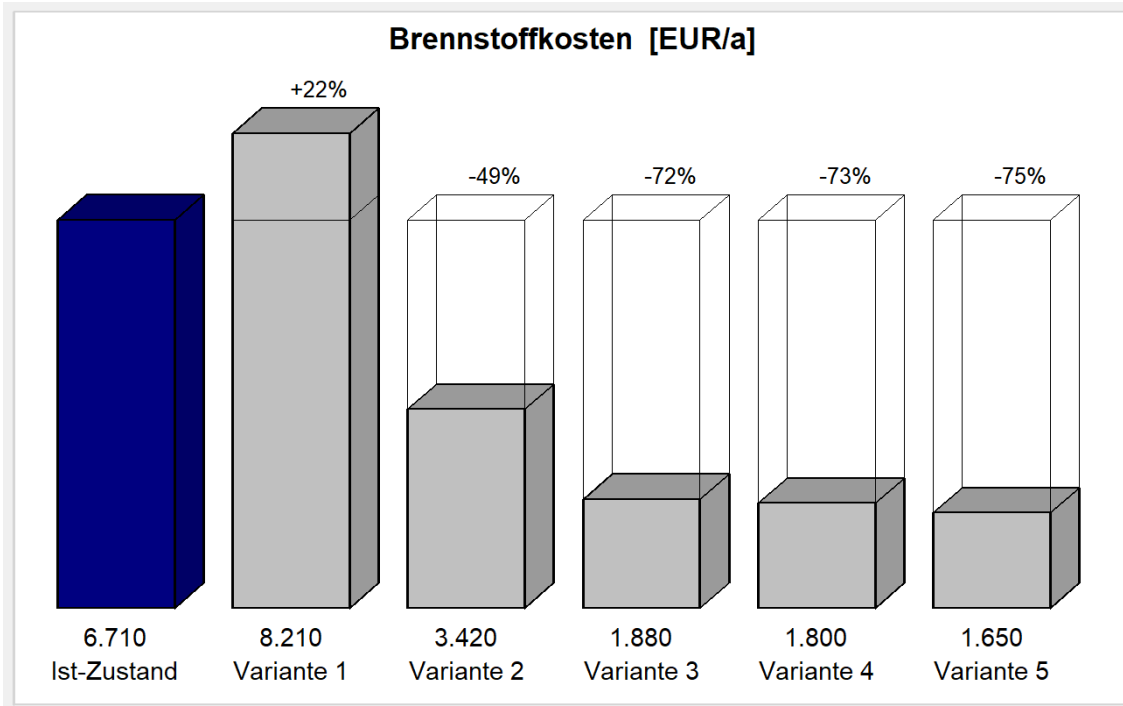


1. nur Umstellung auf L/W WP
2. Sanierung auf GEG Standard
3. Sanierung auf EH 55 + WRG
4. wie 3 plus FBH
5. wie 4 aber Sole-Wasser WP

Vergleich CO₂ Emissionen



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



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

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 %	
Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik)	Errichtung, Umbau und Erweiterung eines Gebäudenetzes (ohne Biomasse)	30 %				30 %	
	Errichtung, Umbau und Erweiterung eines Gebäudenetzes (mit max. 25 % Biomasse für Spitzenlast)	25 %				25 %	
	Errichtung, Umbau 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 %	

Förderrechner Wärmepumpe:
<https://www.waermepumpe.de/foerderrechner/>

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

Bundesamt für Wirtschaft und Ausführungskontrolle (BAFA)

Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz (CC BY-ND4.0)

Stand: 1. Januar 2023

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.



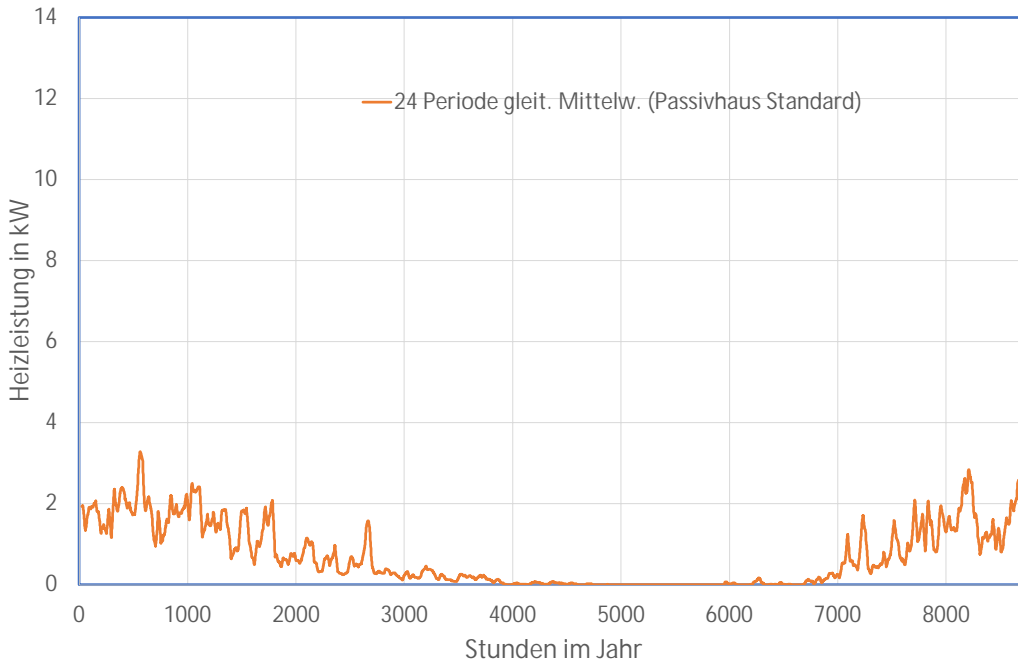
- ◆ Zinsverbilligter Kredit und Tilgungszuschuss
- ◆ Leistungen Energieberater (Baubegleitung) Zuschuss von 50%
- ◆ Erhöhung der Zuschüsse für serielle Sanierung und „worst performing building“
- ◆ Auszug:

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

Vergleichende Simulationsrechnungen

- ◆ Dynamische Gebäudesimulation nach VDI 6007 (HSETU Simulation) in Stundenschritten mit Klimadaten Samerberg (aus Meteorornorm)
- ◆ Evaluation des Simulationsmodells an Hand der Messdaten
- ◆ Änderung der Anlagentechnik:
 - 8,6 kWp PV-Anlage (SW und SO)
 - keine thermische Solaranlage
 - 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

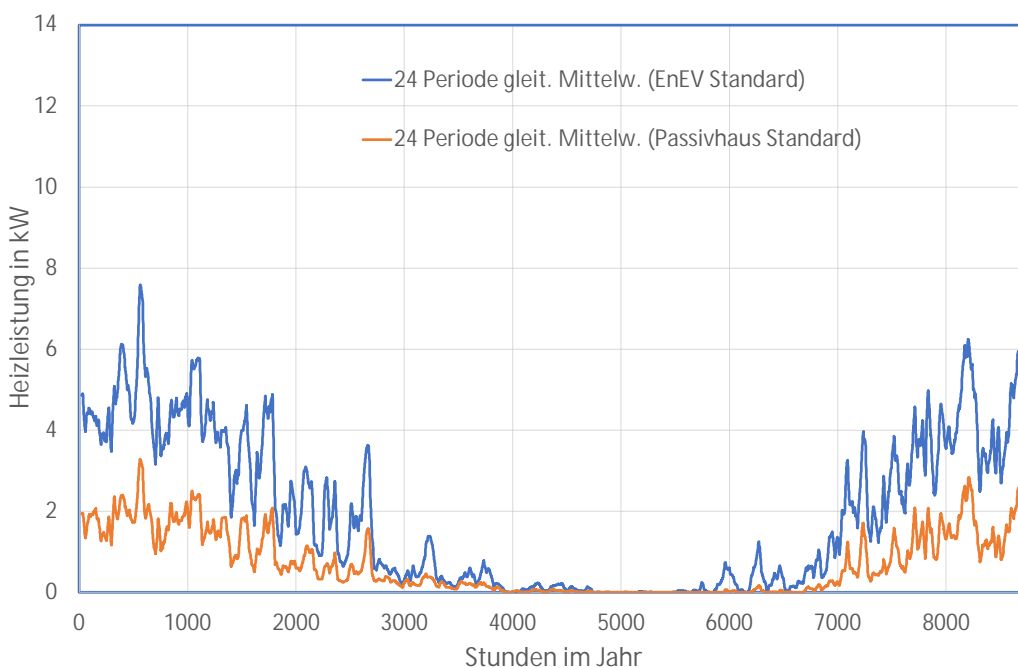
Ergebnisse Heizleistung – Wärmebedarf Passivhaus



Heizwärmebedarf
Heizlast

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

Ergebnisse Heizleistung – Wärmebedarf Passivhaus – EnEV/GEG - Altbau

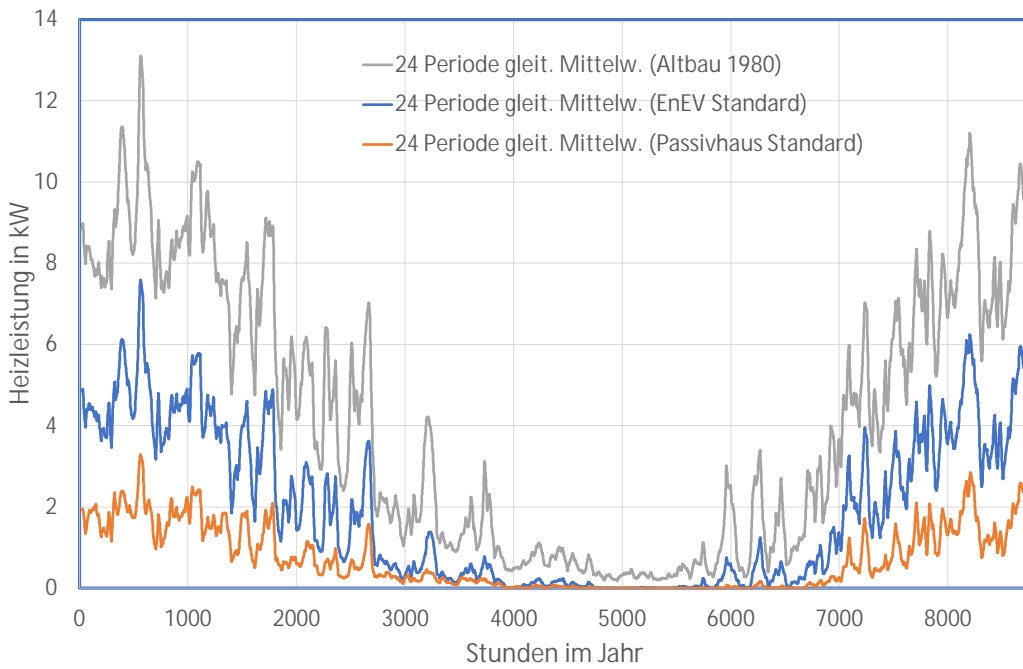


Heizwärmebedarf
Heizlast

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

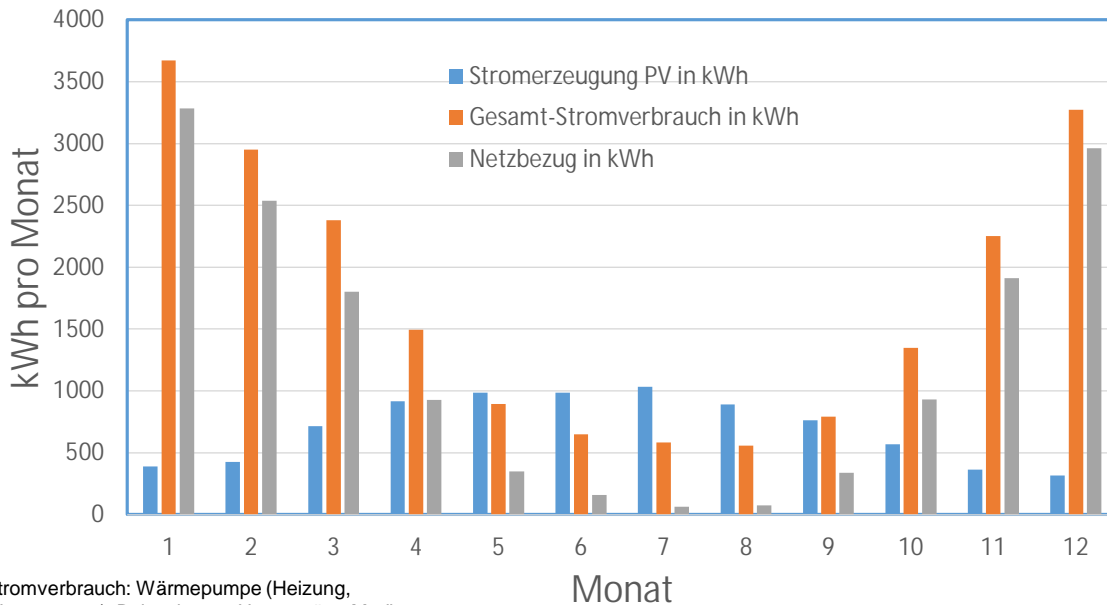
Passivhaus
6300 kWh/a = 26 kWh/(m²a)
Maximal: 3 kW

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 Altbau 1980 (ungefähr Gebäudebestand im Mittel)

Energiebilanz Altbau 1980



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

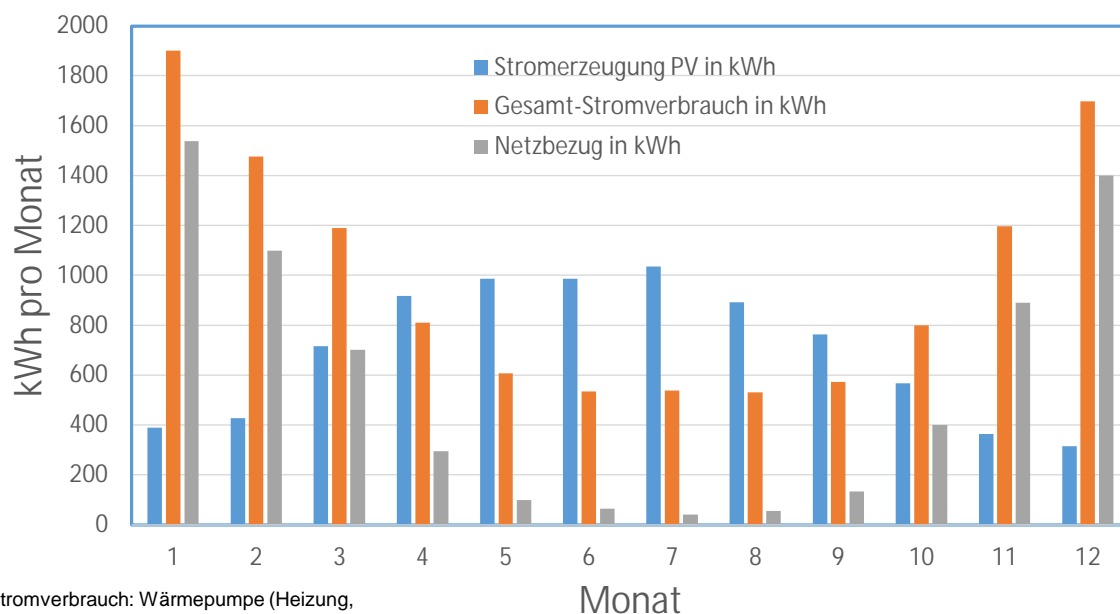
Jahresbilanz und Strombezug:

Altbau BJ 1980:
-7000 kWh
15.300 kWh

„Autarkiegrad“:
Eigenverbrauch/Gesamtverbrauch
ca. 26%

Jahresbilanz: Erzeugung PV - Netzbezug

Energiebilanz EnEV/GEG Standard



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

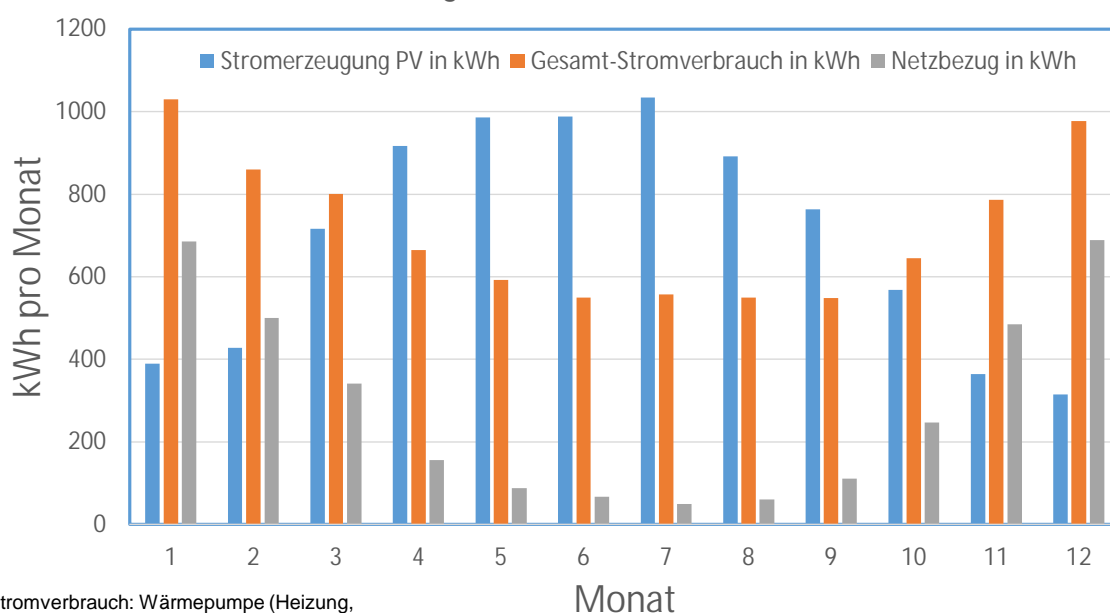
„Autarkiegrad“:

Eigenverbrauch/Gesamtverbrauch

ca. 43%

Jahresbilanz: Erzeugung PV - Netzbezug

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

- ◆ 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>
- ◆ Unsere Kontaktdaten: uli.spindler@th-rosenheim.de Harald.krause@th-rosenheim.de oder krause@btec-rosenheim.de