

Dezentrale Wärmelösungen

zukunftsicheres Planen und Betreiben
von dezentraler Wärmeversorgungsanlagen

Prof. Clemens Westermann



Professor Dipl.-Ing. Clemens Westermann

Beratender Ingenieur der Ingenieurkammer Sachsen-Anhalt

- Fachingenieur Energie der Ingenieurkammer Sachsen-Anhalt
- Vizepräsident der Ingenieurkammer Sachsen-Anhalt
- Vorsitzender des Arbeitskreises Energie der IKST
- Mitglied im Fachbeirat der Landesenergieagentur LENA
- Mitglied im Arbeitskreis Energie der Bundesingenieurkammer
- Mitglied des Dialogforums „Gemeinsam Planen“ der Bundesarchitektenkammer und Bundesingenieurkammer unter Begleitung des Bundesbauministeriums

1984- 89 Studium an der TU Dresden

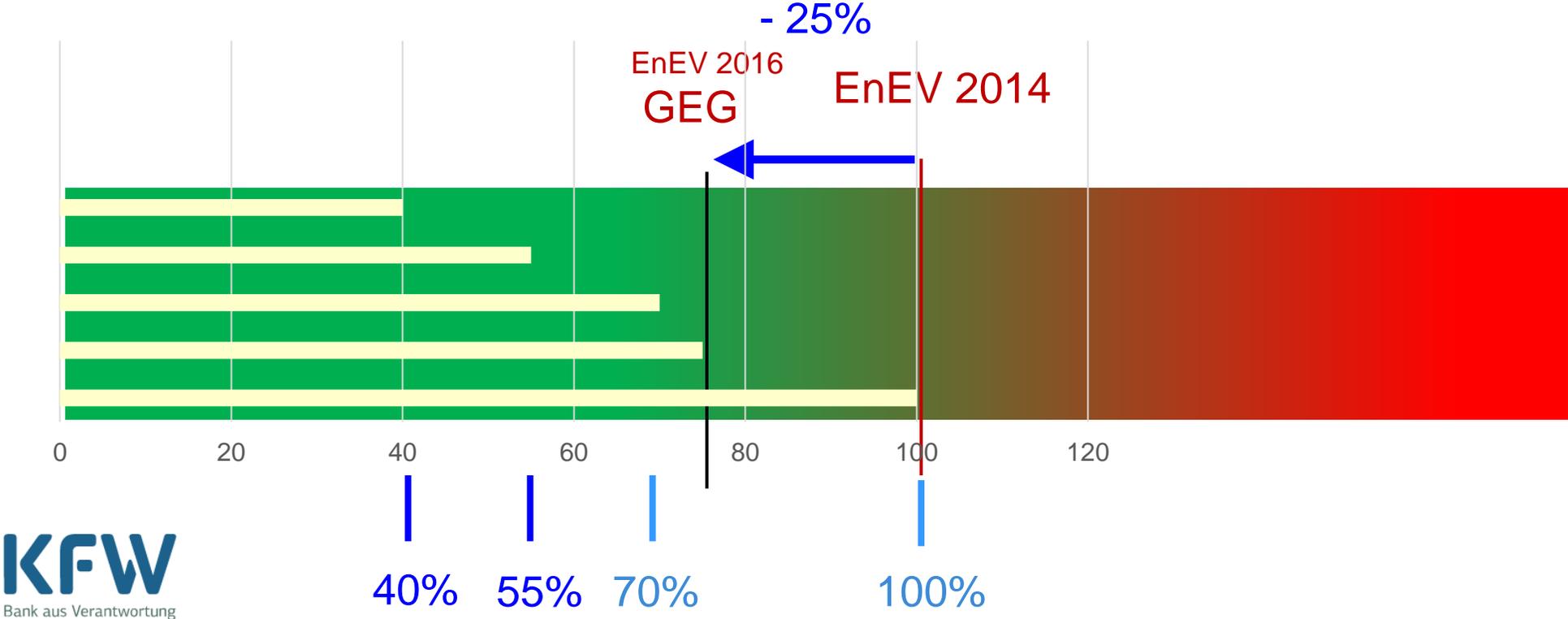
Seit 1994 freiberuflich tätig im eigenen Ingenieurbüro

Seit 2021 als Professor an der HS-Anhalt für das Gebiet TGA berufen

Einordnung energetischer Maßnahmen

Das Gebäudeenergiegesetz

Die EnEV 2014 ist immer noch die Basis für das Berechnungsmodell



Das Gebäudeenergiegesetz

§ 4 Vorbildfunktion der öffentlichen Hand

(1) Einem Nichtwohngebäude, das sich im Eigentum der öffentlichen Hand befindet und von einer Behörde genutzt wird, kommt eine Vorbildfunktion zu. § 13 Absatz 2 des Bundes-Klimaschutzgesetzes vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513) bleibt unberührt.

(2) Wenn die öffentliche Hand ein **Nichtwohngebäude im Sinne des Absatzes 1 Satz 1 errichtet oder einer grundlegenden Renovierung gemäß § 52 Absatz 2 unterzieht**, muss sie prüfen, ob und in welchem Umfang Erträge durch die Errichtung einer im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang mit dem Gebäude stehenden Anlage zur **Erzeugung von Strom aus solarer Strahlungsenergie oder durch solarthermische Anlagen zur Wärme- und Kälteerzeugung** erzielt und genutzt werden können.

(3) **Die öffentliche Hand informiert über die Erfüllung der Vorbildfunktion im Internet oder auf sonstige geeignete Weise**; dies kann im Rahmen der Information der Öffentlichkeit nach den Bestimmungen des Bundes und der Länder über den Zugang zu Umweltinformationen geschehen. Der Bund berichtet über die Erfüllung der Vorbildfunktion im Klimaschutzbericht der Bundesregierung.

§ 5 Grundsatz der Wirtschaftlichkeit

Die Anforderungen und Pflichten, die in diesem Gesetz oder in den auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen aufgestellt werden, müssen nach dem Stand der Technik erfüllbar sowie für Gebäude gleicher Art und Nutzung und für Anlagen oder Einrichtungen wirtschaftlich vertretbar sein. Anforderungen und Pflichten gelten als wirtschaftlich vertretbar, wenn generell die erforderlichen Aufwendungen innerhalb der üblichen Nutzungsdauer durch die eintretenden Einsparungen erwirtschaftet werden können. Bei bestehenden Gebäuden, Anlagen und Einrichtungen ist die noch zu erwartende Nutzungsdauer zu berücksichtigen.

Auszug aus GEG vom 01.11.2021

Teil 2 Anforderungen an zu errichtende Gebäude

Abschnitt 1 Allgemeiner Teil

§ 10 Grundsatz und Niedrigstenergiegebäude

- (1) Wer ein Gebäude errichtet, hat dieses als Niedrigstenergiegebäude nach Maßgabe von Absatz 2 zu errichten.
- (2) Das Gebäude ist so zu errichten, dass
 1. der Gesamtenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Kühlung, bei Nichtwohngebäuden auch für eingebaute Beleuchtung, den jeweiligen Höchstwert nicht überschreitet, der sich nach § 15 oder § 18 ergibt,
 2. Energieverluste beim Heizen und Kühlen durch baulichen Wärmeschutz nach Maßgabe von § 16 oder § 19 vermieden werden und
 3. der Wärme- und Kälteenergiebedarf zumindest anteilig durch die Nutzung erneuerbarer Energien nach Maßgabe der §§ 34 bis 45 gedeckt wird.
- (3) Die Anforderungen an die Errichtung von einem Gebäude nach diesem Gesetz finden keine Anwendung, soweit ihre Erfüllung anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften zur Standsicherheit, zum Brandschutz, zum Schallschutz, zum Arbeitsschutz oder zum Schutz der Gesundheit entgegensteht.
- (4) Bei einem zu errichtenden Nichtwohngebäude ist die Anforderung nach Absatz 2 Nummer 3 nicht für Gebäudezonen mit mehr als 4 Metern Raumhöhe anzuwenden, die durch dezentrale Gebläse oder Strahlungsheizungen beheizt werden.
- (5) Die Anforderung nach Absatz 2 Nummer 3 ist nicht auf ein Gebäude, das der Landesverteidigung dient, anzuwenden, soweit ihre Erfüllung der Art und dem Hauptzweck der Landesverteidigung entgegensteht.

Unterabschnitt 2 Nichtwohngebäude

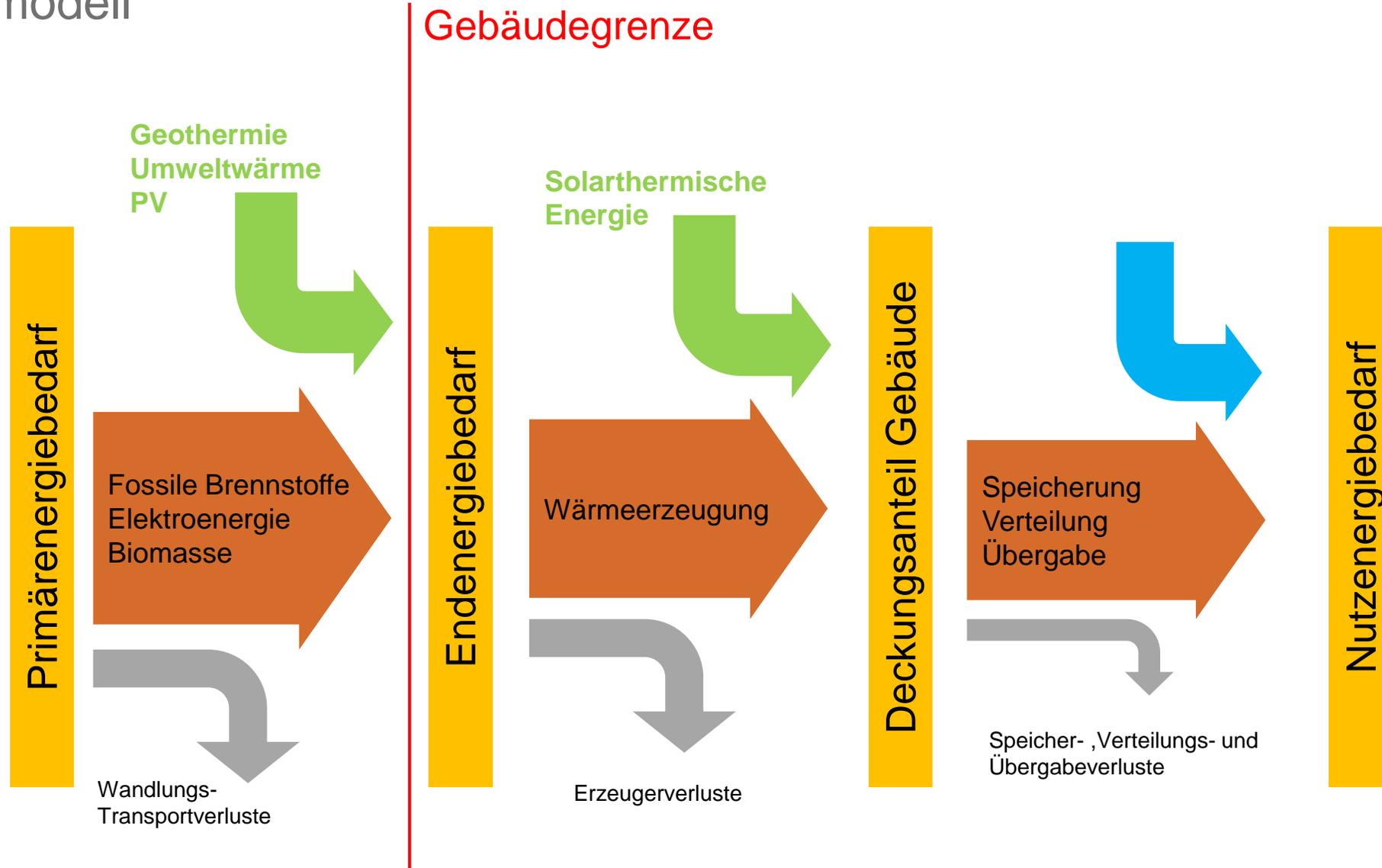
§ 18 Gesamtenergiebedarf

(1) Ein zu errichtendes **Nichtwohngebäude** ist so zu errichten, dass der **Jahres-Primärenergiebedarf für**

Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung, Kühlung und eingebaute Beleuchtung

das 0,75fache des auf die Nettogrundfläche bezogenen Wertes des Jahres-Primärenergiebedarfs eines Referenzgebäudes, das die gleiche Geometrie, Nettogrundfläche, Ausrichtung und Nutzung, einschließlich der Anordnung der Nutzungseinheiten, wie das zu errichtende Gebäude aufweist und der technischen Referenzausführung der Anlage 2 entspricht, nicht überschreitet. Die technische Referenzausführung in der Anlage 2 Nummer 1.13 bis 9 ist nur insoweit zu berücksichtigen, wie eines der dort genannten Systeme in dem zu errichtenden Gebäude ausgeführt wird.

Das Gebäudeenergiegesetz das Bilanzmodell



Der Primärenergiefaktor ist ein maßgebendes Kriterium für die Wahl der Wärmeerzeugung.

Hier wird die CO₂- Bilanz der am deutlichsten beeinflusst.

Primärenergiefaktoren

Nummer	Kategorie	Energieträger	Primärenergiefaktoren nicht erneuerbarer Anteil
1	Fossile Brennstoffe	Heizöl	1,1
2		Erdgas	1,1
3		Flüssiggas	1,1
4		Steinkohle	1,1
5		Braunkohle	1,2
6	Biogene Brennstoffe	Biogas	1,1
7		Bioöl	1,1
8		Holz	0,2
9	Strom	netzbezogen	1,8
10		gebäudenah erzeugt (aus Photovoltaik oder Windkraft)	0,0
11		Verdrängungsstrommix für KWK	2,8
12	Wärme, Kälte	Erdwärme, Geothermie, Solarthermie, Umgebungswärme	0,0
13		Erdkälte, Umgebungskälte	0,0
14		Abwärme	0,0
15		Wärme aus KWK, gebäudeintegriert oder gebäudenah	Nach Verfahren B gemäß DIN V 18599-9: 2018-09 Abschnitt 5.2.5 oder DIN V 18599-9: 2018-09 Abschnitt 5.3.5.1
16	Siedlungsabfälle		0,0

Auszug aus GEG vom 01.11.2021

Teil 3 Baubestand

Abschnitt 2

§ 52 Pflicht zur Nutzung von erneuerbaren Energien bei einem bestehenden öffentlichen Gebäude

(1) Wenn die öffentliche Hand ein bestehendes Nichtwohngebäude, das sich in ihrem Eigentum befindet und von mindestens einer Behörde genutzt wird, gemäß Absatz 2 **grundlegend renoviert**, muss sie den Wärme- und Kälteenergiebedarf dieses Gebäudes durch die anteilige Nutzung von erneuerbaren Energien nach Maßgabe der Absätze 3 und 4 decken. Auf die Berechnung des Wärme- und Kälteenergiebedarfs ist § 34 Absatz 1 entsprechend anzuwenden.

(2) **Eine grundlegende Renovierung ist jede Maßnahme, durch die an einem Gebäude in einem zeitlichen Zusammenhang von nicht mehr als zwei Jahren**

1. ein Heizkessel ausgetauscht oder die Heizungsanlage auf einen fossilen Energieträger oder auf einen anderen fossilen Energieträger als den bisher eingesetzten umgestellt wird und

2. mehr als 20 Prozent der Oberfläche der Gebäudehülle renoviert werden.

Unterabschnitt 4

Nachrüstung bei heizungstechnischen Anlagen; Betriebsverbot für Heizkessel

§ 72 Betriebsverbot für Heizkessel, Ölheizungen

(1) Eigentümer von Gebäuden dürfen ihre Heizkessel, die mit einem flüssigen oder gasförmigen Brennstoff beschickt werden und vor dem 1. Januar 1991 eingebaut oder aufgestellt worden sind, nicht mehr betreiben.

(2) Eigentümer von Gebäuden dürfen ihre Heizkessel, die mit einem flüssigen oder gasförmigen Brennstoff beschickt werden und ab dem 1. Januar 1991 eingebaut oder aufgestellt worden sind, **nach Ablauf von 30 Jahren nach Einbau oder Aufstellung nicht mehr betreiben.**

(3) Die Absätze 1 und 2 sind **nicht anzuwenden auf**

1. **Niedertemperatur-Heizkessel und Brennwertkessel** sowie

2. heizungstechnische Anlagen, deren **Nennleistung weniger als 4 Kilowatt oder mehr als 400 Kilowatt** beträgt.

(4) Ab dem 1. Januar 2026 dürfen Heizkessel, die mit Heizöl oder mit festem fossilem Brennstoff beschickt werden, zum Zwecke der Inbetriebnahme in ein Gebäude nur eingebaut oder in einem Gebäude nur aufgestellt werden, wenn

1. ein Gebäude so errichtet worden ist oder errichtet wird, dass der Wärme- und Kälteenergiebedarf nach § 10 Absatz 2 Nummer 3 anteilig durch erneuerbare Energien nach Maßgabe der §§ 34 bis 41 und nicht durch Maßnahmen nach den §§ 42 bis 45 gedeckt wird,

2. ein bestehendes öffentliches Gebäude nach § 52 Absatz 1 so geändert worden ist oder geändert wird, dass der Wärme- und Kälteenergiebedarf anteilig durch erneuerbare Energien nach Maßgabe von § 52 Absatz 3 und 4 gedeckt wird und die Pflicht nach § 52 Absatz 1 nicht durch eine Ersatzmaßnahme nach § 53 erfüllt worden ist oder erfüllt wird,

3. ein bestehendes Gebäude so errichtet oder geändert worden ist oder geändert wird, dass der Wärme- und Kälteenergiebedarf anteilig durch erneuerbare Energien gedeckt wird, oder

4. bei einem bestehenden Gebäude kein Anschluss an ein Gasversorgungsnetz oder an ein Fernwärmeverteilungsnetz hergestellt werden kann, weil kein Gasversorgungsnetz der allgemeinen Versorgung oder kein Verteilungsnetz eines Fernwärmeversorgungsunternehmens am Grundstück anliegt und eine anteilige Deckung des Wärme- und Kälteenergiebedarfs durch erneuerbare Energien technisch nicht möglich ist oder zu einer unbilligen Härte führt.

Die Pflichten nach § 10 Absatz 2 Nummer 3 und nach § 52 Absatz 1 bleiben unberührt.

(5) **Absatz 4 Satz 1 ist nicht anzuwenden, wenn die Außerbetriebnahme einer mit Heizöl oder mit festem fossilem Brennstoff betriebenen Heizung und der Einbau einer neuen nicht mit Heizöl oder mit festem fossilem Brennstoff betriebenen Heizung im Einzelfall wegen besonderer Umstände durch einen unangemessenen Aufwand oder in sonstiger Weise zu einer unbilligen Härte führen.**

Auszug aus GEG vom 01.11.2021

Klassische Wärmeerzeugungsanlagen

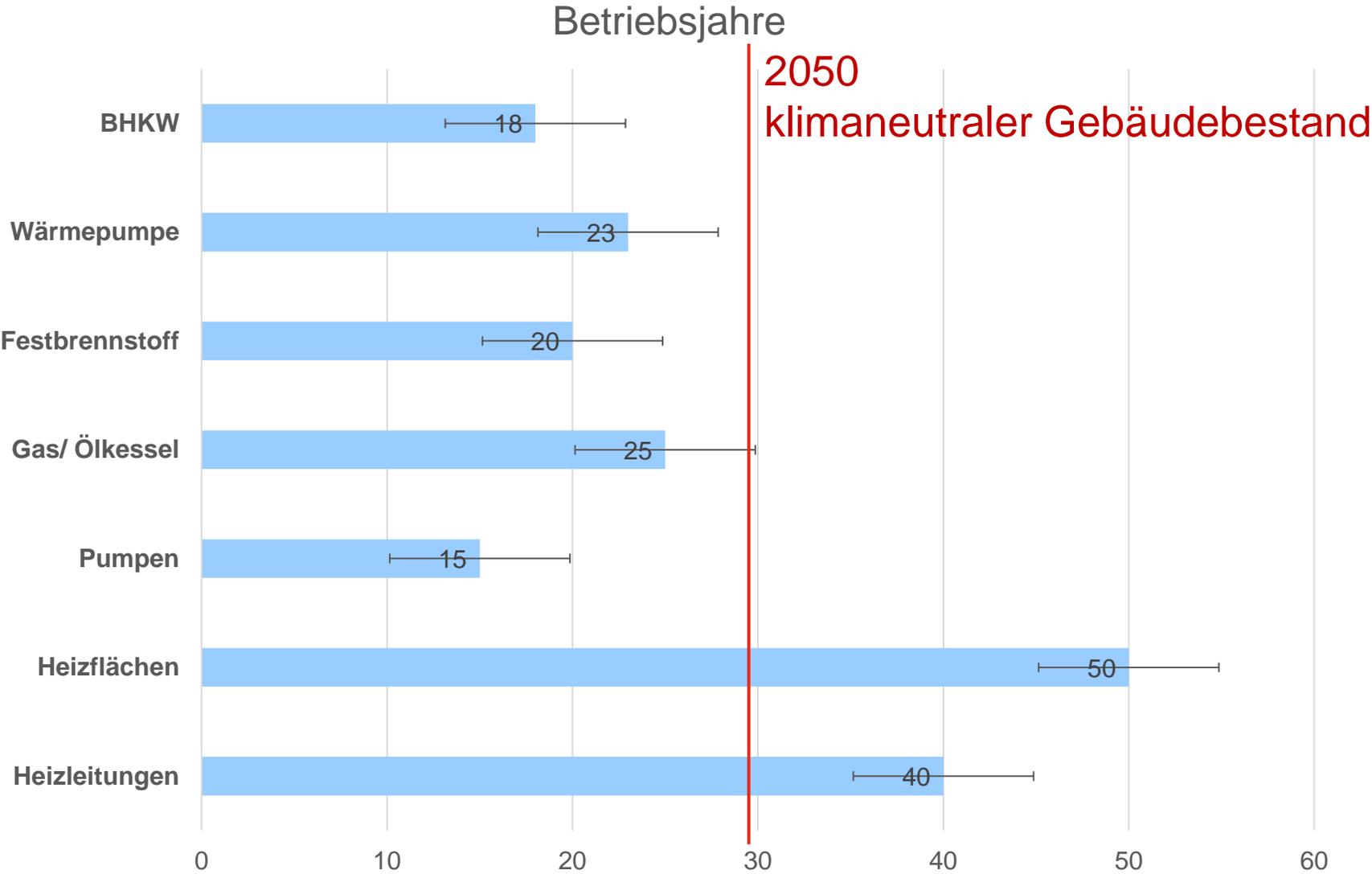
- ~~Öl- /Gaskesselanlagen~~
- Öl-/ Gas-Brennwertanlagen
- **Wärmepumpenanlagen**
 - Luft-Wasser
 - Wasser-Wasser
 - Sole-Wasser
- **Biomasseheizungen**
 - Pellet
 - Hackschnitzel
- **Thermische Solaranlagen**
- **Blockheizkraftwerke**
 - Gas/ Öl
 - Biogas

30 Jahre alte Anlagen müssen ausgetauscht werden.
Ersatz nur in Verbindung mit erneuerbaren Energien.

als Grundlast in Verbindung mit Spitzenlasterzeugung

Auszug aus GEG vom 01.11.2021

Einordnung energetischer Maßnahmen Lebensdauer der Anlagentechnik



Daten aus : Arbeitsblatt der BTE-Arbeitsgruppe
„Lebensdauer von Bauteilen, Zeitwerte“ 2008

Einordnung energetischer Maßnahmen

Auswahl der Wärmeversorgung

Wird eine komplexe
Sanierungsmaßnahme durchgeführt?
(zeitliche Abfolge)



Welche Systemtemperaturen
werden zukünftig erwartet ?



Welche Energieformen sind
verfügbar ?



Auswahl der Energieträger
und Wärmesysteme

Einordnung energetischer Maßnahmen

Auswahl der Wärmeversorgung

Grundlage für die Wärmeerzeugung ist die Strategie der Gebäudesanierung und der Nutzung über das Jahr 2050 hinaus.

Hierbei ist folgendes zu beachten:

- Wie ändert sich der Wärmeverbrauch nach der komplexen Sanierung (auch Teilschritte sind zu berücksichtigen)
- Welche Verbraucher sind zu berücksichtigen (Warmwasser, Heizung, Kälte)
- Auch die Wärmedämmung der Gebäudehülle kann zur Reduzierung der Systemtemperaturen führen.

Welche Maßnahmen sind im Heizungsnetz geplant um die Systemtemperaturen zu senken.

- Einbau von Flächenheizungen
- Hydraulischer Abgleich im Netz (Wärme und Kälte)

Auswahl der Wärmeversorgung

Wärmepumpenanlagen und die Einbindung von solarthermischen Anlagen erfordern möglichst geringe Systemtemperaturen.

Auch der erfolgreiche Einsatz von Brennwerttechnik ist mit niedrigen Rücklauftemperaturen verbunden.

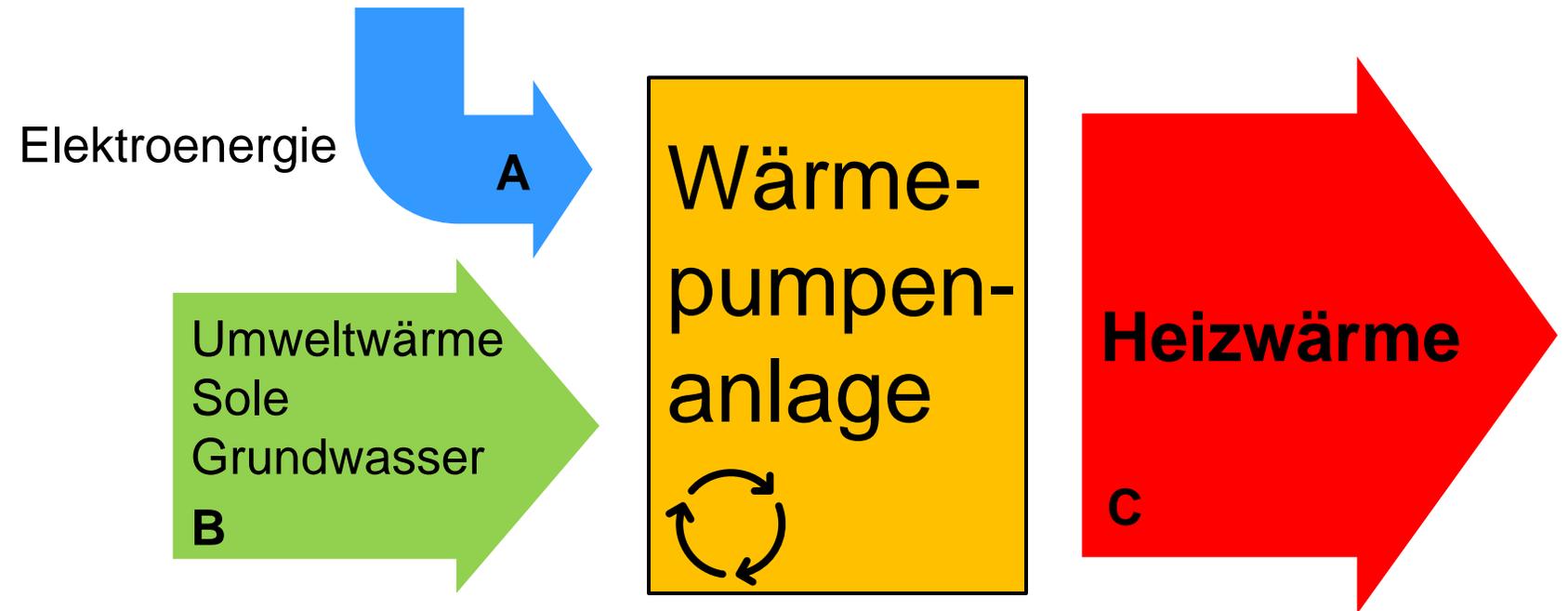
Die Nutzung von Biomasse ist auch mit höheren Systemtemperaturen effizient möglich, erfordert aber ein Brennstofflager.

Eine Kombination aus verschiedenen Wärmeerzeugungssystemen kann die Vor- und Nachteile einzelner Komponenten ausgleichen und sowohl Investitions- als auch Betriebskosten senken.

Die Wärmepumpenanlage

Die entscheidende Grösse für die Wirtschaftlichkeit ist die **Arbeitszahl**.

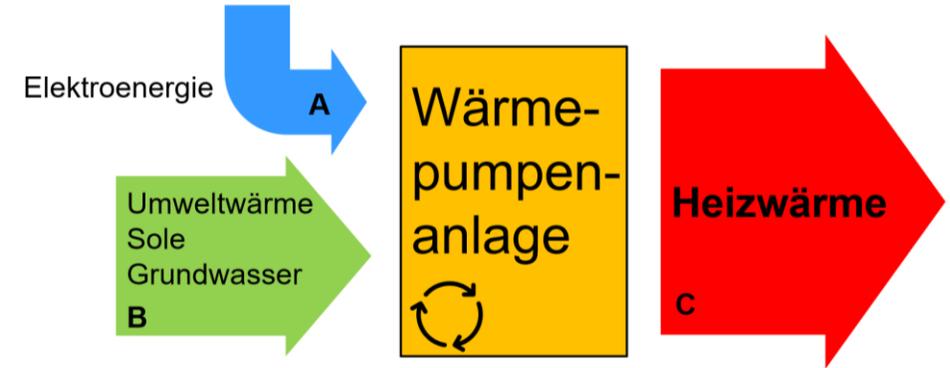
Sie beschreibt das Verhältnis von aufgewendeter Energie (A) zu Nutzenergie (C)



Die Wärmepumpenanlage

Typische Arbeitszahlen (COP):

Luft- Wasserwärmepumpen **3,1 +**
Sole-Wasserwärmepumpen **4,0 +**
Wasser-Wärmepumpen **5,1 +**



a. Wärmepumpen – Beheizung über Wasser

Die jahreszeitbedingte Raumheizungs-Energieeffizienz η_s (ETAs) gemäß Ökodesign-Richtlinie muss bei durchschnittlichen Klimaverhältnissen (Referenz ist der Standort Straßburg) mindestens folgende Werte bei Mitteltemperaturanwendung (55 °C) und Niedertemperaturanwendung (35 °C) erreichen. Wärmepumpen, die gemäß Ökodesign-Richtlinie als Niedertemperatur-Wärmepumpen gelten, müssen nur die Effizienzanforderungen bei 35 °C erfüllen.

Elektrisch betriebene Wärmepumpen		
	η_s (bei 35 °C)	η_s (bei 55 °C)
Wärmequelle Luft	135%	120%
Wärmequelle Erdwärme	150%	135%
Wärmequelle Wasser	150%	135%
Sonstige Wärmequellen (z.B. Abwärme, Solarwärme)	150%	135%
Gasbetriebene Wärmepumpen		
	η_s (bei 35 °C)	η_s (bei 55 °C)
Alle Wärmequellen	126%	111%

Hohe Temperaturen auf der Primärseite verbessern den COP-Wert deutlich.

CPO-Werte sinken mit hohen Sekundärtemperaturen signifikant.

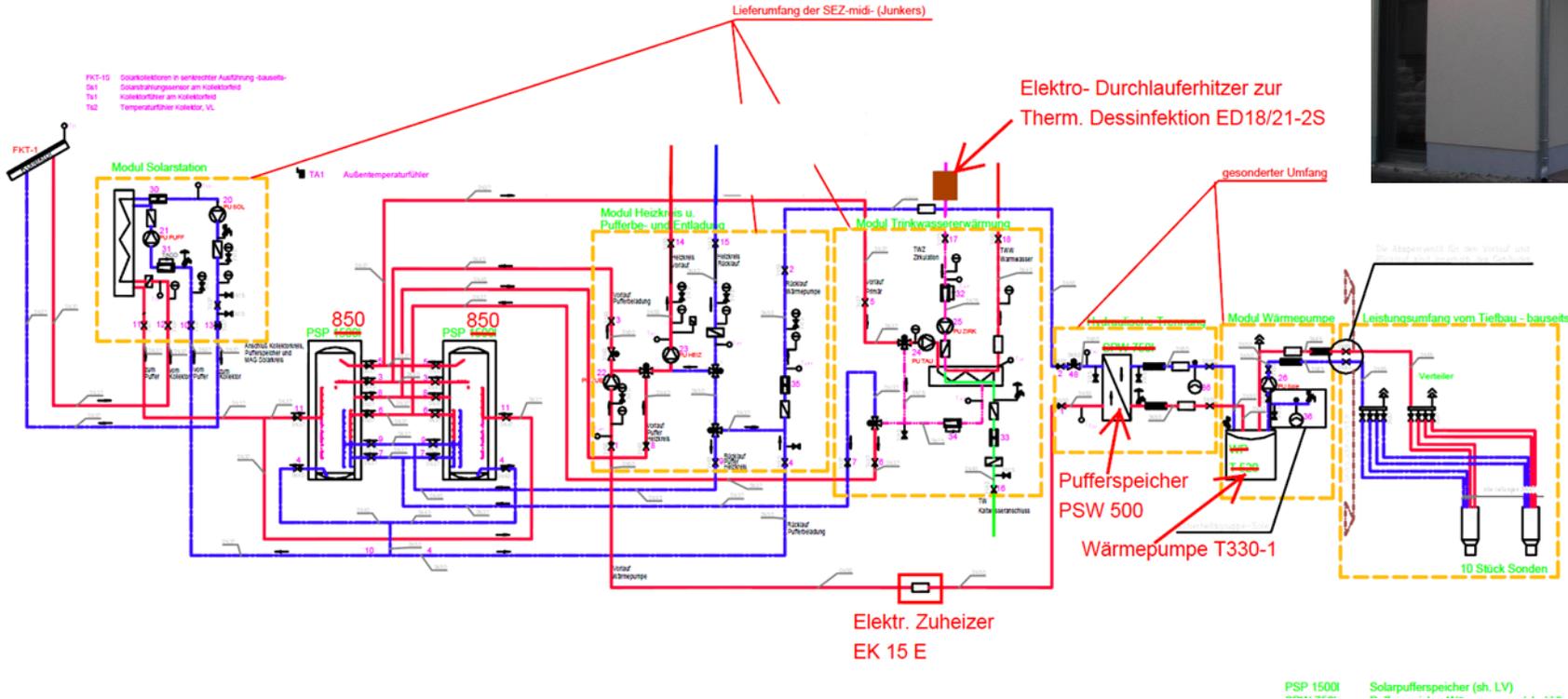
Mindestanforderungen der BAFA nach Liste vom 05.11.2021

Die Wärmepumpenanlage

Ein Beispiel als Monitoring (**viel hilft nicht immer!**)

Mehrfamilienhaus Berlin

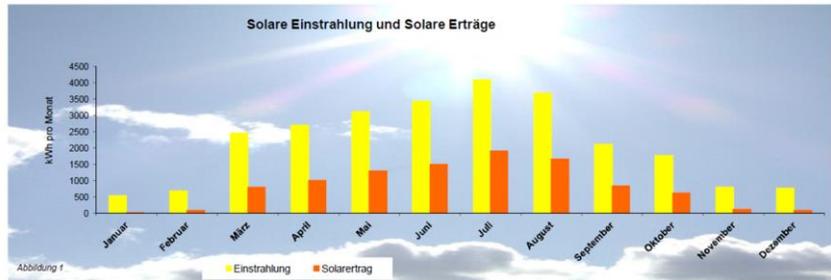
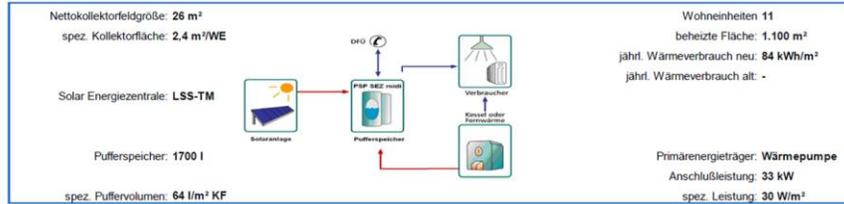
Wärmepumpenanlage Sole/Wasser mit solarer Heizungsunterstützung



Die Wärmepumpenanlage

Ein Beispiel als Monitoring (viel hilft nicht immer!)

Mehrfamilienhaus Berlin



Zeitraum Januar 2013 - Dezember 2013

	Wärmeverbrauch kWh	elektr. Strom kWh	Arbeitszahl WP Einspeisung
Januar	14.841 kWh	5.178 kWh	2,87
Februar	13.588 kWh	4.767 kWh	2,85
März	13.631 kWh	4.813 kWh	2,83
April	7.648 kWh	2.720 kWh	2,81
Mai	3.499 kWh	1.282 kWh	2,73
Juni	1.694 kWh	639 kWh	2,65
Juli	449 kWh	205 kWh	2,19
August	714 kWh	304 kWh	2,35
September	5.034 kWh	1.730 kWh	2,91
Oktober	7.584 kWh	2.589 kWh	2,93
November	10.852 kWh	3.665 kWh	2,96
Dezember	12.601 kWh	4.295 kWh	2,93

Absolut	92.135 kWh	32.187 kWh	2,86
----------------	-------------------	-------------------	-------------

Tabelle zu Abbildung 2

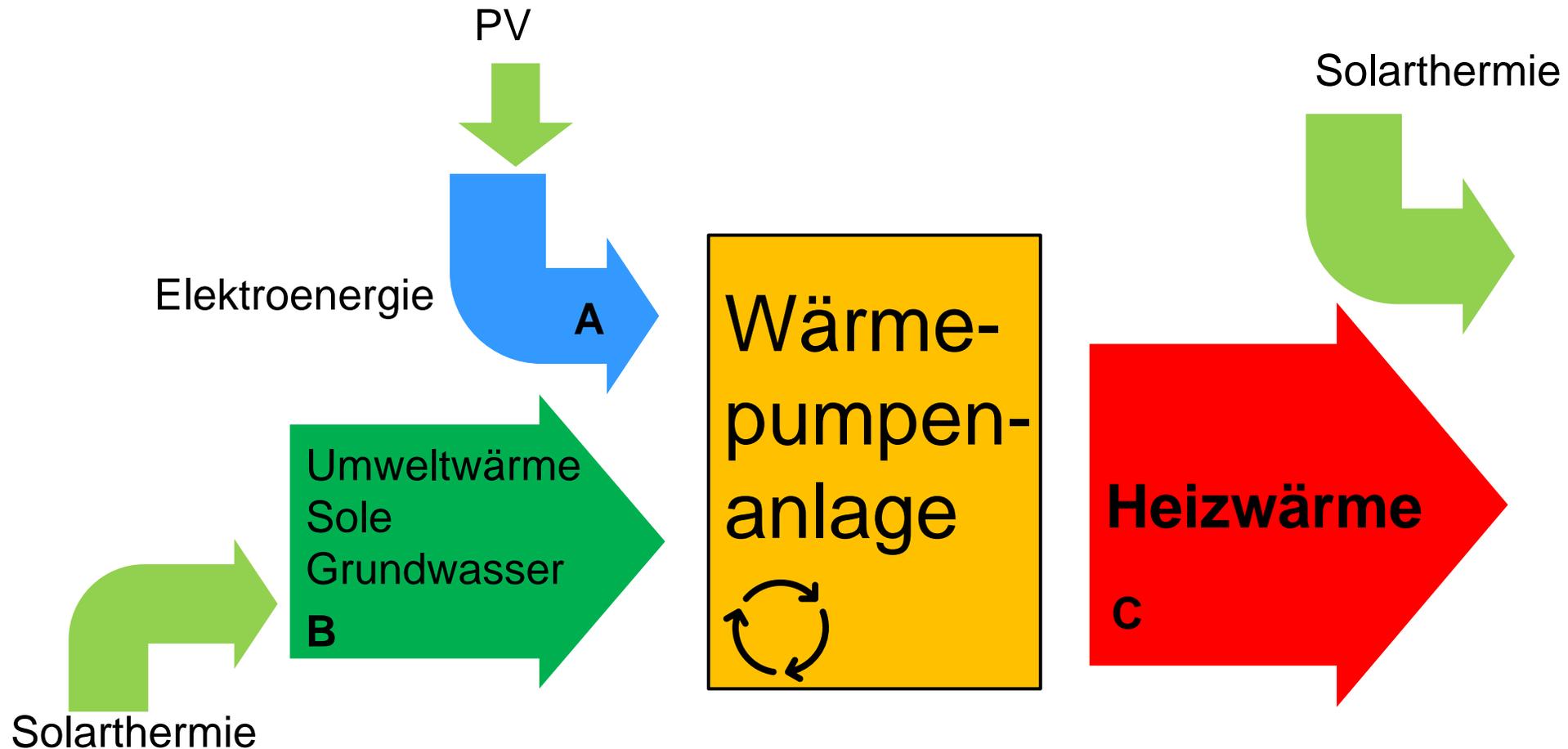
Die Wärmepumpenanlage

Optimale Kombinationsmöglichkeiten (wirtschaftliche Lösungsansätze):

1. **Wärmepumpe als Grundlast, Brennwerttechnik als Spitzenlast**
 - Vorteil bei einer späteren Sanierung der Gebäudehülle (Wegfall des Brennwertgerätes)
 - stufenweiser Sanierungsfahrplan
2. **Wärmepumpe als Soleanlage mit thermischer Solaranlage**
 - Thermische Solaranlage wird neben der Gebäudeheizung in Phasen der Überdeckung des Wärmebedarfs zur Erwärmung des Erdreichs genutzt
 - Der „Erdwärmespeicher“ führt zu einer Erhöhung der primären Soletemperatur und damit der COP-Zahl (verbesserte Nutzung des Solarertrages)
 - Die Einleitung der Solarwärme verringert die Wartungsarbeiten an der Solaranlage
3. **Wärmepumpe mit Photovoltaiklage**
 - Erhöhung der Eigenstromnutzung durch die Wärmepumpenanlage (wirtschaftliche Differenz zwischen Einspeisevergütung und Netzbezug)
 - Ein Wärmespeicher kann zusätzlich als Puffer wirken und erhöht die Wirtschaftlichkeit

Die Wärmepumpenanlage

Die Einbindung von solarthermischen und Photovoltaikanlagen führt immer zu einer Verbesserung der Anlagenaufwandszahl und damit zur Reduzierung der CO₂- Emission.
Die Investitionskosten können jedoch stark ansteigen



Biomasseheizungsanlagen

Der große Vorteil von Biomasse ist der Primärenergiefaktor in der Gebäudebilanz ! (CO₂- neutral)
Entscheidender Faktor für die Wirtschaftlichkeit ist die Brennstoffbeschaffung und Lagerung.



Heizung mit Sonnenblumenpellets
2x 1,5 MW in Saporischschja (Ukraine)

Biomasseheizungsanlagen

Der große Vorteil von Biomasse ist der Primärenergiefaktor in der Gebäudebilanz !
Entscheidender Faktor für die Wirtschaftlichkeit ist die Brennstoffbeschaffung und Lagerung.



Strohfeuerung in einem
Landwirtschaftsbetrieb

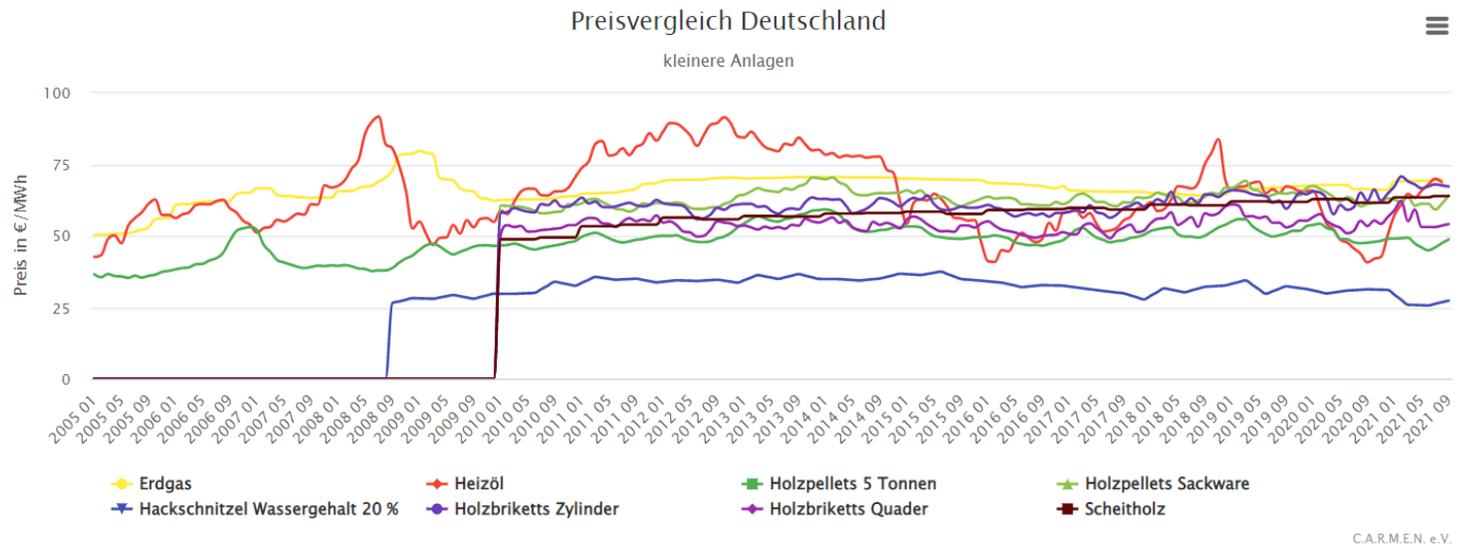
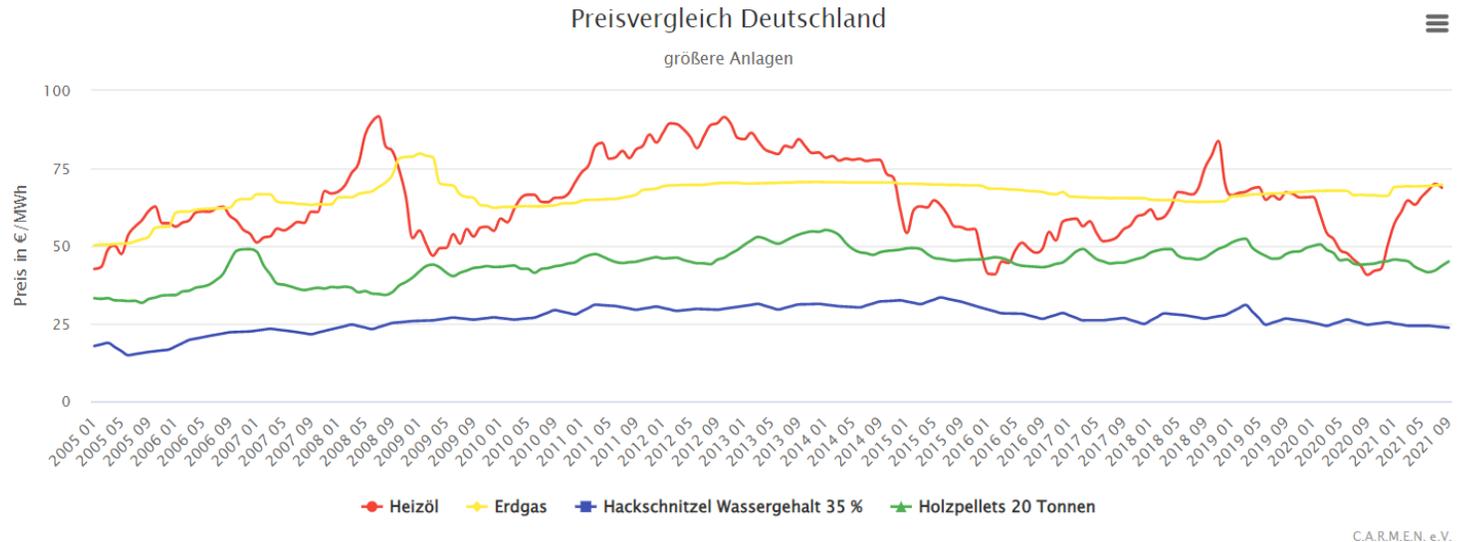
Biomasseheizungsanlagen

Die Brennstoffkosten sind für Biomasse das Kriterium für die Art der Feuerung.

Zum Zweiten ist der Wartungsaufwand realistisch einzuschätzen.

BIMSch. (Entstaubung) ist auch zu berücksichtigen.

Biomasse (ausgenommen Pellets) ist immer auch von der Beschaffbarkeit und der Lagerfähigkeit abhängig. Der Energiegehalt ist vom Brennstoff abhängig und sollte beim Brennstofflager genauso wie auch die Belieferung berücksichtigt werden.



Quellen: Heizöl, Erdgas: Statistisches Bundesamt, Scheitholz: Technologie- und Förderzentrum, alle anderen: C.A.R.M.E.N. e.V.

Auch die Anlagengröße spielt für die Anlagenkonzeption eine wesentliche Rolle.

In der Regel gilt für die Wirtschaftlichkeit:

- Holzpellets von 1-500 kW Feuerungsleistung
- Holzhackschnitzel ab 300 kW aufwärts
(Höhere Investitionen in Entstaubung, Brennstofflager und Wartung)
Lieferentfernungen spielen eine große Rolle bei den Brennstoffkosten
- Weitere vielfach genutzte Energieträger sind:
 - Stroh
 - Scheitholz
 - Getreide

Fazit Dezentrale Wärmelösungen

Bei allen dezentralen Wärmelösungen muss die Senkung der CO₂- Emissionen im Vordergrund stehen.

Die Art der Einbindung erneuerbarer Energien ist stark von der Gebäudestruktur und dem nachgelagerten Heiznetz abhängig.

Ein vollständiges Sanierungs- und Nutzungskonzept muss vor der Planung definiert werden.

Etappenziele bis zum klimaneutralen Gebäudebestand sollten Berücksichtigung finden.

Die Reduzierung des Wärmebedarfs des Gebäudes ist die entscheidende Maßnahme. Erst dann ist zu planen, wie man die reduzierte Wärmemenge erzeugt.