



Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden

Forschung und Anwendung GmbH

Prof. Oschatz – Prof. Hartmann – Prof. Werdin

Einsatz von Wärmepumpen in Verbindung mit Holzfeuerstätten im Neubau von Wohngebäuden

Kurzstudie

Auftraggeber: Initiative Pro Schornstein e. V.
c/o BERRYCOMM Kommunikationsberatung
Krawinkeler Straße 48
53819 Neunkirchen-Seelscheid

Auftragnehmer: ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden
Forschung und Anwendung GmbH
Tiergartenstraße 54 in 01219 Dresden

Bearbeitung: Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz
Dipl.-Ing. (FH) Jens Rosenkranz

Dresden, 29.09.2017

Inhalt

Inhalt	3
Zusammenfassung	5
Begriffe	7
1 Hintergrund und Aufgabe	11
2 Aktueller Heizungsmarkt in Deutschland	12
2.1 Überblick	12
2.2 Erneuerbare Energien im Wärmemarkt	15
3 Ausblick zur zukünftigen Entwicklung	17
3.1 Energiepolitische Ziele	17
3.2 Mögliche Auswirkungen auf Heizungstechnik in Deutschland.....	18
4 Kombination von Wärmepumpe und Holzfeuerstätte	20
4.1 Allgemeines.....	20
4.2 Exkurs Primärenergie	20
4.3 Exkurs Verbrennungsluftversorgung von Einzelraumfeuerstätten für Festbrennstoffe 21	
4.4 Varianten (Beispiele)	22
4.5 Bewertung nach EnEV, EEWärmeG und KfW	25
4.5.1 Elektrowärmepumpen	25
4.5.2 Holzöfen	25
4.6 Diskussion der Vor- und Nachteile.....	27
Quellen	33

Zusammenfassung

Angesichts der aktuellen Anforderungen an die Konditionierung von Gebäuden hinsichtlich Energieeffizienz und Nutzung erneuerbarer Energien durch Energieeinsparverordnung (EnEV [1]) und Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG [2]) sowie der ambitionierten Energie- und CO₂-Einsparziele der Bundesregierung stellt sich zunehmend die Frage nach zukunftstauglichen Technologien zur Beheizung von Gebäuden.

Wärmepumpen sowie biomassegespeiste Wärmeerzeuger – z. B. Holzkessel – werden im derzeitigen Gebäudeenergiesparrecht sehr günstig bewertet.¹ Die vorliegende Kurzstudie beleuchtet die Kombination aus

- Zentralheizung mit Elektrowärmepumpe und
- dezentraler Holzfeuerstätte

im Kontext des Heizungsmarktes und der energiesparrechtlichen Situation in Deutschland.

Hinsichtlich der Beheizung wird der deutsche **Wohnungsbestand** durch die Heizungen mit den Energieträgern Gas, Heizöl und Fernwärme dominiert – knapp 90 % aller Wohnungen werden durch einen dieser Energieträger beheizt. Elektrowärmepumpen (ca. 2 %) und Holzheizungen (vermutlich < 5 %) spielen in Bezug auf die Anzahl beheizter Wohnungen derzeit eine vergleichsweise geringe Rolle. Im **Neubaubereich** zeigt sich eine etwas andere Verteilung. Auch hier stellt Gas (44 %) bisher den verbreitetsten Energieträger dar; an zweiter Stelle finden sich jedoch Elektrowärmepumpen und Fern-/Nahwärme (jeweils ca. 24 %). Die übrigen Wohnungen werden überwiegend durch Holz (knapp 6 %) beheizt. Die Umsetzung der energie- und klimapolitischen Ziele der Bundesregierung wird zu einem weiteren Anstieg des Versorgungsanteils elektrischer Wärmepumpen insbesondere im Neubau führen, entsprechende Auswirkungen sind bereits a Markt sichtbar.

Eine Auswertung der energetischen Anteile am **Endenergieverbrauch aus erneuerbaren Energien** lässt auf eine Dominanz von Holz in diesem Bereich schließen. Der energetische Anteil von Elektrowärmepumpen betrug 2016 vergleichsweise geringe 7 % – hierbei wird von einem Bestand von ca. 970.000 Geräten ausgegangen, unter denen sich überschlägig 380.000 Luft-Wasser-Wärmepumpen befinden.

Mit Blick auf die **energetische Qualität des deutschen Gebäude- und Heizungsbestands** wird von einem deutlichen Sanierungsbedarf ausgegangen. Über 60 % der Gebäude des Bestands wurden vor 1978 errichtet. Der Anteil an Gebäuden, welche nach Inkrafttreten der ersten EnEV (2002) errichtet wurden, betrug 2011 weniger als 10 %. Es wird angenommen, dass im Mittel gerade einmal 30 % des Gebäudebestands nachträglich wärmegeklärt wurden. Hinsichtlich der energetischen Qualität des Heizungsbestands wird vermutet, dass etwa 2/3 aller Anlagen nicht dem Stand der Technik entsprechen und als sanierungswürdig anzusehen sind. Damit „übertrumpft“ der ältere Gebäude- und Anlagenbestand den Anteil energetisch zeitgemäßer Gebäude hinsichtlich Gebäudeanzahl, Klima-/Umweltwirkung und Energieverbrauchs bei Weitem.

Die ambitionierten umwelt- und energiepolitischen Ziele der deutschen Bundesregierung, u. a.

- Reduktion CO₂-Emissionen gegenüber Bezugsjahr 1990
 - 2020: 40 %
 - 2030: 55 %

¹ siehe Exkurs Primärenergie (4.2)

- 2040: 70 %
- 2050: 80...95 %, weitgehende Treibhausgasneutralität
- Halbierung des Primärenergiebedarfs bis 2050 (Bezug 2008)
- Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch auf 60 %
- Einführung des *Niedrigstenergiegebäudes* als Anforderungsniveau für Neubauten ab 2019/2021
- Erreichung eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestands bis 2050

erfordern zu den bereits bestehenden Anforderungen an Neubauten – insbesondere durch EnEV und EEWärmeG – somit auch umfangreiche Maßnahmen am Gebäudebestand. Sie wären andernfalls nicht einzuhalten.

Die Kombination aus Zentralheizung und Holzfeuerstätte(n) kann in diesem Gesamtkontext Vorteile heute und auch zukünftig bieten:

- In Bezug auf den **Nachweis nach EnEV** werden hier zwei primärenergetisch günstig bewertete Systeme kombiniert. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass Holzfeuerstätten ohne hydraulische Anbindung, die ergänzend zu Zentralheizungen eingebaut werden, nur mit einem Deckungsanteil von 10 % im EnEV-Nachweis berücksichtigt werden dürfen. Diese 10 % dürften in aller Regel nicht spielentscheidend für die Nachweisführung sein, könnten in speziellen Einzelfall aber das „Zünglein an der Waage“ ausmachen. Für hydraulisch angebundene Feuerstätten ist die Nachweisführung derzeit nicht abschließend geklärt – als wenigstes darf auch hier der pauschale Deckungsanteil von 10 % angesetzt werden. In Bezug auf die **Beurteilung nach EEWärmeG** dürfte die zusätzliche Holzfeuerstätte gemäß vorliegender Aufgabenstellung – Kombination von Wärmepumpe und Holzfeuerstätte – i. d. R. nicht von Belang sein; das Gesetz würde bereits durch Einsatz der Wärmepumpe vollständig eingehalten. Wird eine **Förderung als KfW-Effizienzhaus** angestrebt, dürfen hydraulisch eingebundene biomassebeschickte Einzelöfen und automatisch beschickte Pellet-Primäröfen mit Tagesspeicher mit einem Deckungsanteil von 10 % berücksichtigt werden.
- Während aus heutiger Sicht der mögliche Komfortgewinn durch eine zusätzliche Einzelfeuerstätte („Lustfeuer“, lokal höhere Behaglichkeit durch höhere Raumtemperatur und Strahlungswärme) im Vordergrund stehen mag, können zukünftig auch andere Aspekte eine Rolle spielen, u. a.:
 - Parallelität der Wärmeerzeugung: Versorgungssicherheit auf Seite des Wärmeverbrauchers bei Anlagenausfall o. ä.
 - Parallelität der Energieversorgung: Ausweichmöglichkeit auf zweiten Energieträger, z. B. bei zeitlichen Versorgungslücken (Stromausfall, Sperrzeiten des EVU, Fehlen der volatilen regenerativen Stromerzeugung)
 - Mittelfristig gezielte Entlastung von Stromnetzen und -erzeugung in Hochlastphasen
 - u. U. Energiekostenvorteile an sehr kalten Tagen (schlechte Arbeitszahl WP), bei hohen Strom- und/oder niedrigen Holzkosten

Begriffe

Anforderungskriterien Energieeinsparverordnung

Im Rahmen des öffentlich-rechtlichen Nachweises nach Energieeinsparverordnung (EnEV) – also der Erstellung eines Energiebedarfsausweises – sind gemäß EnEV mehrere Kriterien einzuhalten. Als hauptsächliche Anforderungen gelten hierbei:

- **Nichtüberschreitung eines nach EnEV definierten Primärenergiebedarfswertes**

Der durch das zu errichtende Gebäude einzuhaltende Primärenergiebedarfswert wird nach dem Referenzgebäudeverfahren definiert. Hierbei werden zwei Energiebedarfsberechnungen durchgeführt,

- einmal für das zu errichtende Gebäude unter Zugrundelegung seiner realen baulichen und anlagentechnischen Ausführung sowie pauschalisierter Nutzungsrandbedingungen und
- einmal für ein hinsichtlich Größe/Geometrie und Nutzung identisches Referenzgebäude mit einer nach EnEV vorgegeben Ausführung der Anlagentechnik und des baulichen Wärmeschutzes.

Bis zum 31.12.2015 durfte der Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes nicht überschritten werden – das Referenzgebäude war damit i. d. R. tatsächlich baubar. Seit dem 01.01.2016 gilt die primärenergetische Anforderung erst dann als eingehalten, wenn das zu errichtende Gebäude den Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes um mindestens 25 % unterschreitet – das Referenzgebäude selbst hält die Anforderungen also per Definition nicht mehr ein und ist somit nicht mehr baubar.

- **Nichtüberschreitung eines oder mehrere Kennwerte zum baulichen Wärmeschutz**

Die EnEV formuliert Anforderungen zum baulichen Wärmeschutz

- für Wohngebäude durch den spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlust H'_T und
- für Nichtwohngebäude durch den mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten \bar{U} .

Der spezifische Transmissionswärmeverlust H'_T wird für ein gesamtes (Wohn-)Gebäude ermittelt. Zur Einhaltung der Anforderung darf das zu errichtende Gebäude einerseits die in der EnEV tabellierten H'_T -Höchstwerte und andererseits auch den H'_T -Wert des Referenzgebäudes nicht überschreiten.

Der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient \bar{U} wird für bestimmte Bauteilgruppen und (Innen-)Temperaturbereiche ermittelt (Temperatur $< 19\text{ °C}$ oder $\geq 19\text{ °C}$; opake Außenbauteile, transparente Außenbauteile usw.). Zur Einhaltung der Anforderung darf das zu errichtende (Nichtwohn-)Gebäude die in der EnEV tabellierten Höchstwerte in jeder für dieses Gebäude relevanten Kategorie nicht überschreiten.

Die Einhaltung des Primärenergiebedarfs wird i. d. R. als die wesentliche Hauptanforderung betrachtet. Darüber hinaus formuliert die EnEV noch weitere Anforderungen formaler und technischer Natur sowie zum sommerlichen Wärmeschutz.

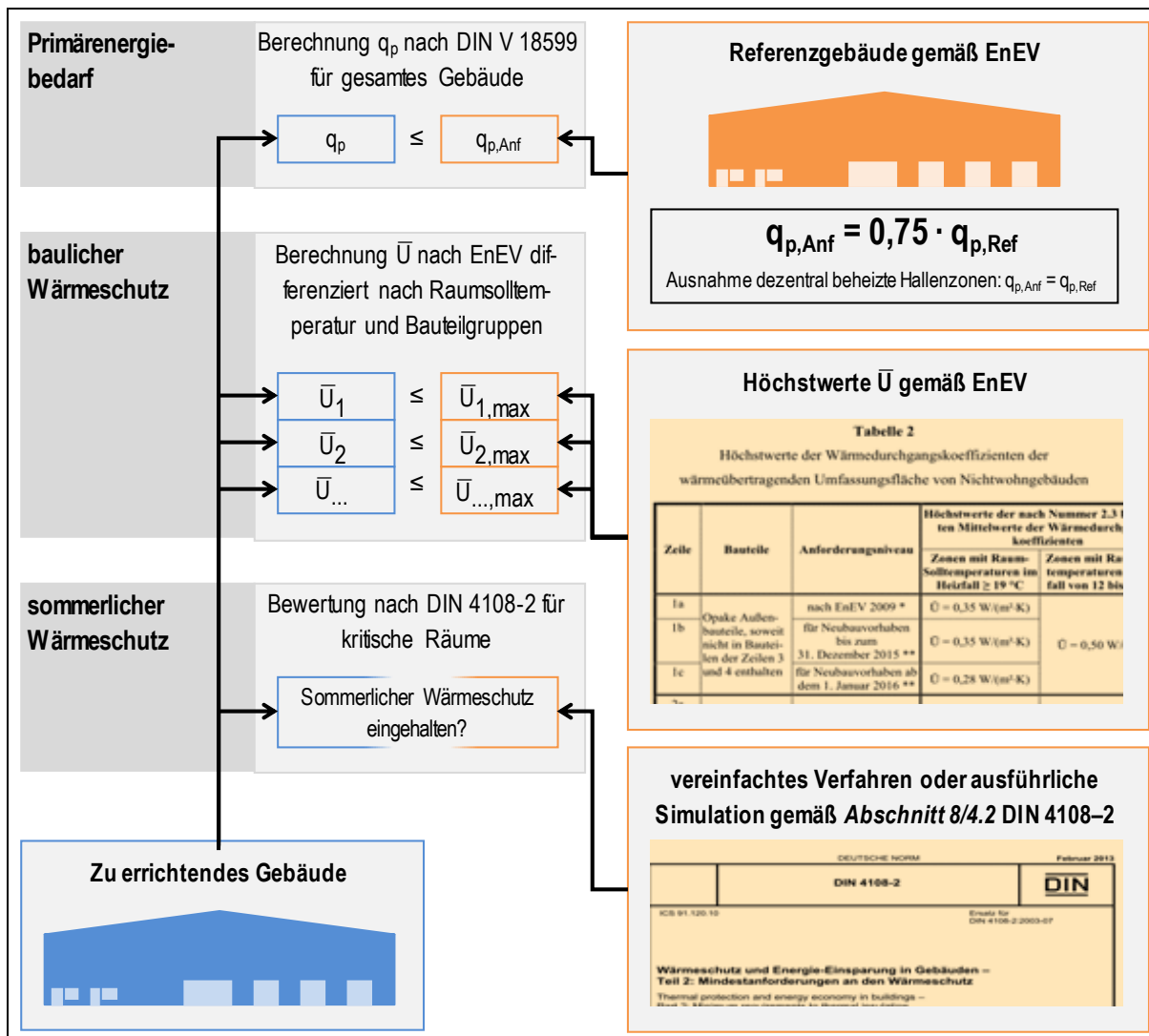


Abbildung 1 Anforderungskriterien des Energiebedarfsausweises, beispielhaft für Nichtwohngebäude

Energiebedarf

Der *Energiebedarf* eines Gebäudes ist die Energiemenge, die das Gebäude unter standardisierten Randbedingungen (festgelegte Innen- und Außentemperaturen usw.) auf Grundlage eines definierten Berechnungsverfahrens (z. B. Energiebedarfsberechnung nach DIN V 18599) verbrauchen würde.

Energiebedarfswerte lassen somit nur bedingt Rückschlüsse auf tatsächliche oder zu erwartende Energieverbräuche zu. Sie eignen sich jedoch gut für objektive Vergleiche zwischen unterschiedlichen Gebäude-/Anlagentechnikvarianten sowie zur energetischen Bewertung von Gebäuden und ihrer Anlagentechnik unter standardisierten Klima- und Nutzungsparametern. Die Energieeinsparverordnung (EnEV) zieht den Energiebedarf als primäres Bewertungskriterium heran – er ist grundsätzlich nach DIN V 18599 zu berechnen, darf abweichend für ungekühlte Wohngebäude aber auch nach dem einfacheren Verfahren DIN V 4108-6 mit DIN V 4701-10 berechnet werden.

Nutz-, End- und Primärenergie

Bei der Bilanzierung energieumsetzender Systeme lassen sich unterschiedlich Bilanzräume definieren. In der Bewertung von Gebäuden einschließlich ihrer Anlagentechnik haben sich hierzu die Begriffe *Nutz-, End- und Primärenergie* etabliert.

Der Begriff **Nutzenergie** bezieht sich auf die Energiemenge, welche zur Erfüllung einer bestimmten Aufgabe – der Konditionierung – unmittelbar am Ort der Nutzung unter idealisierten Bedingungen aufgewendet werden müsste. Das kann beispielsweise die Wärmemenge sein, welche einem Raum zur Aufrechterhaltung einer definierten Innentemperatur unter idealisierten Bedingungen zuzuführen wäre – also die Summe der Lüftungs- und Transmissionswärmeverluste. Nutzenergie ist daher i.d.R. weder anlagen- noch energieträgerspezifisch.

Endenergie bezieht darüber hinaus auch spezifische Energieverluste der Anlagentechnik ein. Diese können z. B. durch die Erzeugung, Speicherung, Verteilung und Übergabe von Wärme entstehen. Eine definierte Menge an Endenergie entspricht einer bestimmten Menge des eingesetzten Energieträgers (Kubikmeter Erdgas, Liter Heizöl, etc.). Endenergie ist energieträgerspezifisch zu betrachten – Endenergiemengen unterschiedlicher Energieträger können nicht unmittelbar verglichen oder miteinander verrechnet werden. Die Grenzen des Bilanzrahmens einer *endenergetischen* Betrachtung werden i.d.R. durch die Gebäudegrenzen gebildet.

Bei einer **primärenergetischen** Betrachtung wird zusätzlich der Aufwand berücksichtigt, welcher für Erschließung, Transport und Bereitstellung der notwendigen Energie an der Gebäudegrenze notwendig ist. Somit erlaubt die *primärenergetische* Betrachtung auch einen energetischen Vergleich verschiedener Energieträger. Jedoch stellt auch die primärenergetische Bewertung eine rein energetische Betrachtung dar – die Umwelt- und Klimawirkung der Nutzung eines bestimmten Energieträgers mit einem bestimmten anlagentechnischen System wird durch sie kaum erfasst.

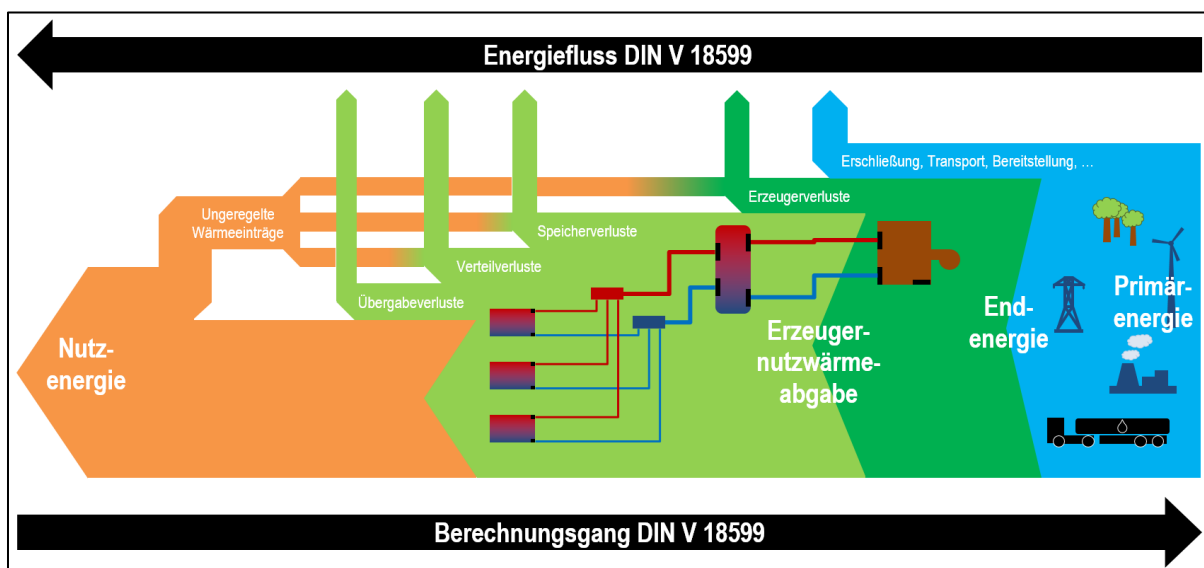


Abbildung 2 Berechnungsgang und Energiefluss zwischen Nutz- und Primärenergie nach DIN V 18599, Beispiel Heizung

Wärmedurchgangskoeffizient

Der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) beschreibt, wie viel Wärme ein Bauteil (z. B. eine Außenwand) durchströmt, wenn zwischen den Medien auf beiden Seiten des Bauteils eine Temperaturdifferenz von 1 K besteht. Er umfasst den Wärmeübergang zwischen Innenluft und Bauteil, den Wärmetransport innerhalb des Bauteils sowie den Wärmeübergang zwischen Bauteil und Außenluft bzw. Erdreich. Im Rahmen von Betrachtungen zum Energiebedarf wird der U-Wert in der Regel vereinfacht als eine Eigenschaft des Bauteils unter teilweiser Berücksichtigung der Einbausituation (z. B. waagrecht oder senkrecht, an Außenluft oder Erdreich) betrachtet.

Der U-Wert bildet die Grundlage der Bewertung des baulichen Wärmeschutzes nach Energieeinsparverordnung (siehe *Anforderungskriterien Energieeinsparverordnung*). Sowohl der *spezifische, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogene Transmissionswärmeverlust H'_T* als auch der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient \bar{U} werden als flächengewichtete Mittelwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten aller einzubeziehenden Bauteile berechnet. Bei der Bewertung von Wohngebäuden ist H'_T heranzuziehen, bei der von Nichtwohngebäuden hingegen \bar{U} . Während H'_T für das ganze Gebäude zu ermitteln ist, wird \bar{U} differenziert für bestimmte Bauteilgruppen und Temperaturbereiche berechnet.

1 Hintergrund und Aufgabe

Angesichts der aktuellen Anforderungen an die Konditionierung von Gebäuden hinsichtlich Energieeffizienz und Nutzung erneuerbarer Energien durch Energieeinsparverordnung (EnEV [1]) und Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG [2]) sowie der ambitionierten Energie- und CO₂-Einsparziele der Bundesregierung stellt sich zunehmend die Frage nach zukunftstauglichen Technologien zur Beheizung von Gebäuden. EnEV und EEWärmeG adressieren vornehmlich den Neubau von Gebäuden, im Gebäudebestand gibt es nur sehr eingeschränkte Anforderungen. Im Neubau gibt es außerdem grundsätzlich größere Freiheiten bei der Wahl des Heizungssystems als im Modernisierungsfall. Daher stellt sich die Frage nach geeigneten Heizungslösungen vordergründig im Neubau.

Wärmepumpen sowie biomassegespeiste Wärmeerzeuger – z. B. Holzkessel – werden im derzeitigen Gebäudeenergiesparrecht sehr günstig bewertet (siehe auch *Exkurs Primärenergie* (4.2)). Die vorliegende Kurzstudie gibt einen kurzen Überblick zum Heizungsmarkt sowie der energiesparrechtlichen Situation in Deutschland und geht in diesem Kontext auf die Kombination aus

- Zentralheizung mit Elektrowärmepumpe und
- dezentraler Holzfeuerstätte

ein.

2 Aktueller Heizungsmarkt in Deutschland

2.1 Überblick

Daten zur Beheizungsstruktur in Deutschland werden u. a. regelmäßig vom BDEW veröffentlicht [3, 4] – sie stellen die Aufteilung von Energieträgern auf zu beheizende Wohneinheiten² einmal für den Gebäudebestand und einmal für das Neubaufkommen dar. Sie basieren auf Erhebungen der statistischen Landesämter und/oder des statistischen Bundesamtes.

Gebäudebestand

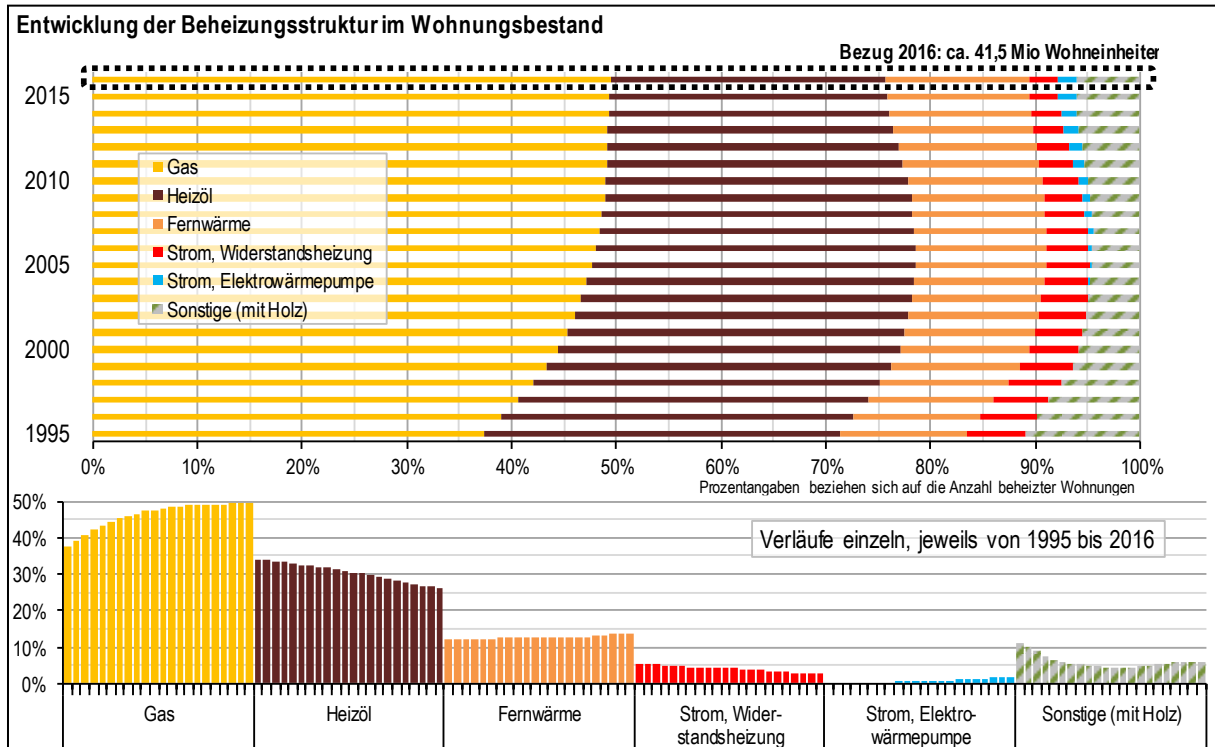


Abbildung 3 Entwicklung der Beheizungsstruktur bezogen auf die Anzahl zu beheizender Wohneinheiten, Bestand [3]

Tendenzen

Im Wohnungsbestand steigt der Anteil von auf Gas basierenden Heizungstechnologien nach sehr starkem Zuwachs bis Beginn der 2000er-Jahre mittlerweile kaum noch an. Die Anzahl von mit Heizöl beheizten Wohnungen nimmt über den dargestellten Betrachtungszeitraum um durchschnittlich 0,4 Prozentpunkte pro Jahr ab, die von Fernwärme hingegen um ca. 0,1 Prozentpunkte pro Jahr zu.

Der Anteil an elektrisch beheizten Wohnungen³ nimmt um ca. 0,1 Prozentpunkte pro Jahr ab. Diese anteilmäßige Verringerung Elektro(widerstands)heizungen wird näherungsweise durch den steigenden Anteil an Wohnungen, welche mit Elektrowärmepumpen beheizt werden, kompensiert.

² Daten zur Beheizungsstruktur in Deutschland werden von verschiedenen Institutionen herausgegeben. Hierbei werden unterschiedliche Herangehensweisen verfolgt und die Ergebnisse teils unterschiedlich systematisiert – insbesondere bei den herangezogenen Bezugsgrößen gibt es wesentliche Unterschiede (z. B. Anzahl beheizter Wohnungen, Anzahl an Wärmeerzeugern, Energieverbrauch).

Die Angaben des BDEW basieren auf der Anzahl von Wohneinheiten in Ein- und Mehrfamilienhäusern. Bei Bezug auf die Gebäudeanzahl können sich andere Verhältnisse ergeben – besonders für Energieträger, die i. d. R. nicht in allen Wohngebäudearten gleichermaßen genutzt werden. Beispielsweise ist Fernwärme vorwiegend in Mehrfamilienhäusern im städtischen Bereich zu vermuten.

³ reine Widerstandsheizungen ohne Nutzung von Umweltwärme, insbesondere Nachstromspeicherheizungen und elektrische Heizkörper/-flächen

Der Anteil nicht näher beschriebener sonstiger Energieträger – hierunter auch Holz – nahm bis ca. 2001 ab und steigt zwischen 2005 und 2013/2014 wieder leicht an; es ist zu vermuten, dass die Phase des Rückgangs vor allem durch Außerbetriebnahmen alter Kohleheizungen gekennzeichnet ist, während der Anstieg ab 2005 wesentlich durch Inbetriebnahmen von Heizungsanlagen mit Holz geprägt sein dürfte. Seit 3 bis 4 Jahren ist der Anteil Sonstiger etwa konstant.

Niveau 2016

Die Beheizung des Wohnungsbestands von etwa 41,5 Mio. Wohneinheiten in Ein- und Mehrfamilienhäusern wird aktuell durch Erdgas (knapp 50 %) und Heizöl (ca. 26 %) dominiert. Fernwärmeversorgung (ca. 14 %) ist ebenfalls von wesentlicher Bedeutung. Die Bedeutung von Holz ist angesichts der Erfassung unter sonstigen Energieträgern mit den BDEW-Zahlen nicht sicher zu bewerten – höchstensfalls würden etwas weniger als halb so viele Wohnungen mit Holz beheizt wie durch Fernwärme. Elektroheizungen (ca. 3 %) und Wärmepumpen (ca. 2 %) sind im Bestand von verhältnismäßig geringer Bedeutung.

Neubaubereich

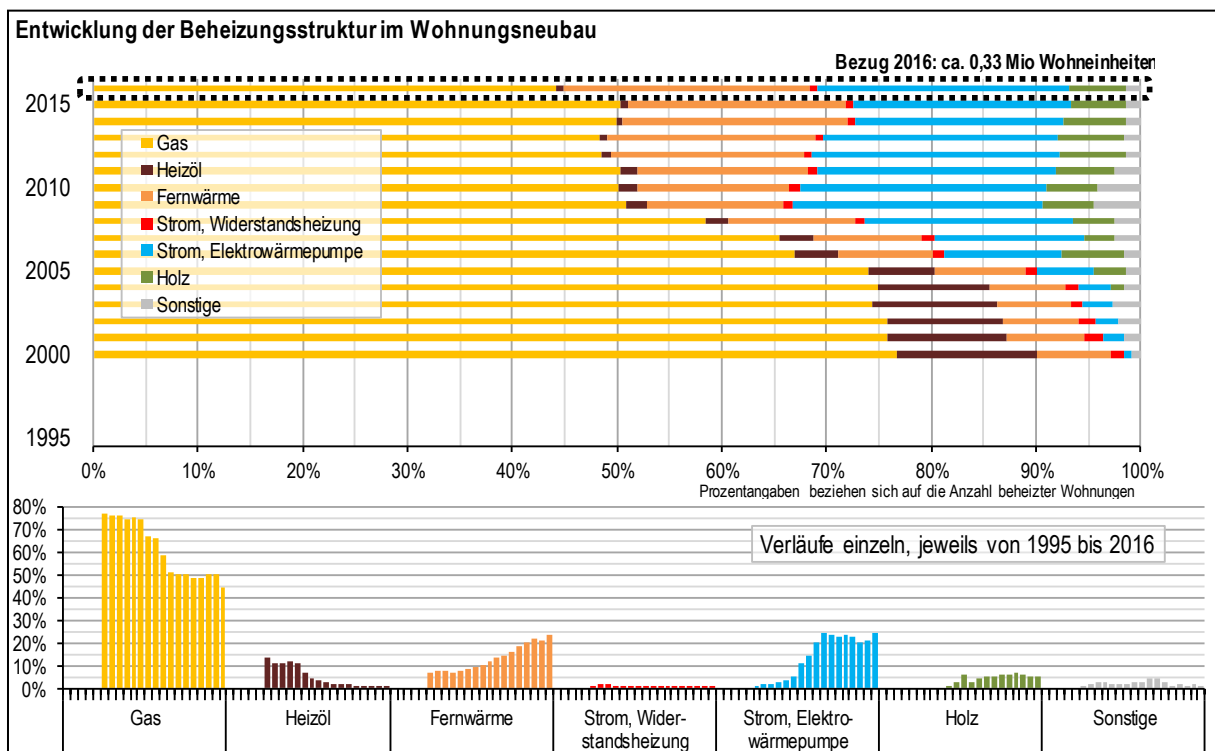


Abbildung 4 Entwicklung der Beheizungsstruktur bezogen auf die Anzahl zu beheizender Wohneinheiten, Neubau [4]

Tendenzen im Neubaubereich

Für neu errichtete Wohnungen sind deutliche Rückgänge der Anteile von Heizungstechnologien mit Gas und Heizöl bis etwa 2008 zu erkennen. Seit diesem Zeitpunkt nähert sich der Anteil von Heizölheizungen der Stagnation auf sehr niedrigem Niveau; für Gas ist nach der Phase eines nahezu konstanten Anteils (~50 %) noch einmal ein auffälliger Rückgang nach 2015 zu erkennen.

Fernwärme hat zwischen 2003 und 2013 mit durchschnittlich 1,3 Prozentpunkten pro Jahr sichtbar an Bedeutung im Neubaubereich gewonnen; nach geringem Rückgang in 2015 ist 2016 wieder ein Anstieg um 2,7 Prozentpunkte erkennen.

Der Anteil von elektrischen Widerstandsheizungen im Neubaubereich stagniert auf sehr niedrigem Niveau. Elektrowärmepumpen werden nach einem sehr deutlichen Anstieg bis ca. 2009 mit schwankenden Anteilen eingebaut. Zuletzt zeigt sich, wie auch bei Fernwärme, ein Anstieg nach 2015 – hier um 3,3 Prozentpunkte. Diese Tendenz ist ansatzweise auch in den vom BDH veröffentlichten Absatzzahlen von Wärmeerzeugern zu erkennen [5] – durch den anderen Bezug und eine abweichende Datenbasis (Gesamtzahl der abgesetzten Geräte für Neubau und Bestand) sind diese allerdings nicht unmittelbar mit den hier beurteilten Daten des BDEW vergleichbar.

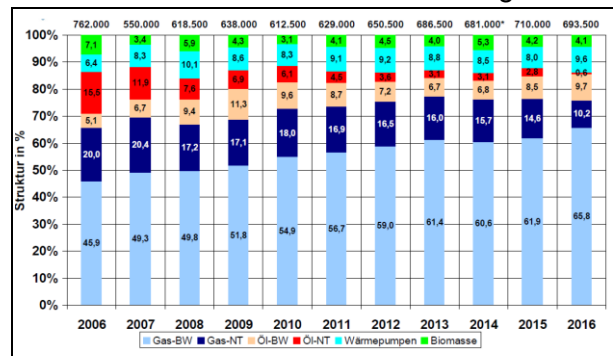


Abbildung 5 Absatzzahlen BDH [5]

Die Anstiege bei Fernwärme und Wärmepumpen können – zusammen mit dem Rückgang bei Gas – mit dem Inkrafttreten der verschärften EnEV-Anforderungen zum 01.01.2016 zusammenhängen, welche sich mit Wärmepumpen oder Fernwärme bei günstigen Primärenergiefaktoren leichter erfüllen lassen (siehe auch Kapitel *Begriffe* sowie *Exkurs Primärenergie* (4.2)).

Mit Holz beheizte Wohnungen werden im Neubaubereich ab ca. 2004 in nennenswerter Anzahl verzeichnet – dies deckt sich zeitlich recht gut mit dem Ende eines lokalen Minimums der sonstigen Energieträger (einschließlich Holz) in der Betrachtung des Gebäudebestands (siehe „Sonstige (mit Holz)“ in Abbildung 3), hier dürfte sich bis 2004 der Rückgang des Kohleinsatzes bemerkbar machen. Seit 2009 werden Holzkessel im Neubau anscheinend mit einem jährlich nahezu konstanten Anteil eingebaut (siehe auch Abbildung 5).

Niveau 2016

Die Beheizung des Wohnungsneubaubereichs mit ca. 0,33 Mio. errichteten Wohneinheiten in Ein- und Mehrfamilienhäusern für das Jahr 2016 wird weiterhin durch Erdgas (44 %) dominiert, allerdings mit rückläufiger Tendenz. Ebenfalls hohe Anteile zeigen sich für Elektrowärmepumpen (deutlich ansteigend) und Fernwärme (jeweils ca. 24 %). Holzheizungen (knapp 6 %) spielen mengenmäßig eine geringere Rolle. Elektroheizungen (unter 1 %) sowie Heizungstechnologien mit Heizöl (unter 1 %) können im Vergleich derzeit vernachlässigt werden.

Statistik der Baugenehmigungen 2012 bis 2016 für Wohngebäude

Das Statistische Bundesamt veröffentlicht Zahlen zur primären und sekundären Heizenergie der genehmigten Wohngebäude (Baugenehmigungen / Baufertigstellungen von Wohn- und Nichtwohngebäuden (Neubau) nach Art der Beheizung und Art der verwendeten Heizenergie). Von den bisher dargestellten Daten weicht die Bezugsbasis ab, da es sich um Wohngebäude (anstelle von Wohnungen) und genehmigte Bauvorhaben (anstelle der gebauten) handelt. Die Tendenzen sind trotz der unterschiedlichen Bezugsbasis ähnlich.

Die folgende Tabelle 1 zeigt Auszüge für den hier relevanten Bereich der elektrischen Wärmepumpen als primäre Heizenergie. Die Anzahl der genehmigten Wohngebäude mit elektrischen Wärmepumpen ist in 2014 gesunken, und dann in 2015 und 2016 stark angestiegen. Dies deckt sich mit den bereits dargestellten Tendenzen für fertiggestellte Wohnungen, wenn man die übliche Zeitverzögerung zwischen Genehmigung und Fertigstellung berücksichtigt.

Ebenfalls in der Tabelle enthalten ist die Anzahl der genehmigten Wohngebäude mit Holz als sekundärer Heizenergie. Diese ist absolut vergleichsweise konstant, bezogen auf die steigende Anzahl der Baugenehmigungen ist der Anteil jedoch rückläufig.

Tabelle 1 Anzahl und Anteile der genehmigten Wohngebäude mit elektrischen Wärmepumpen als primärer Wärmeversorgung sowie der genehmigten Wohngebäude mit Holz als sekundärer Heizenergie

Jahr	insgesamt genehmigte Wohngebäude	primäre Beheizung mit Wärmepumpen	Holz als sekundäre Heizenergie
2012	109.128	36.160 33,1%	18.508 17,0%
2013	113.291	36.667 32,4%	19.228 17,0%
2014	111.610	33.797 30,3%	18.362 16,5%
2015	120.771	37.737 31,2%	19.353 16,0%
2016	125.157	46.718 37,3%	18.453 14,7%

2.2 Erneuerbare Energien im Wärmemarkt

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gibt regelmäßig Zahlen zur Nutzung erneuerbarer Energien heraus. Unter anderem wird die Entwicklung des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Quellen für Wärme und Kälte dokumentiert [6].

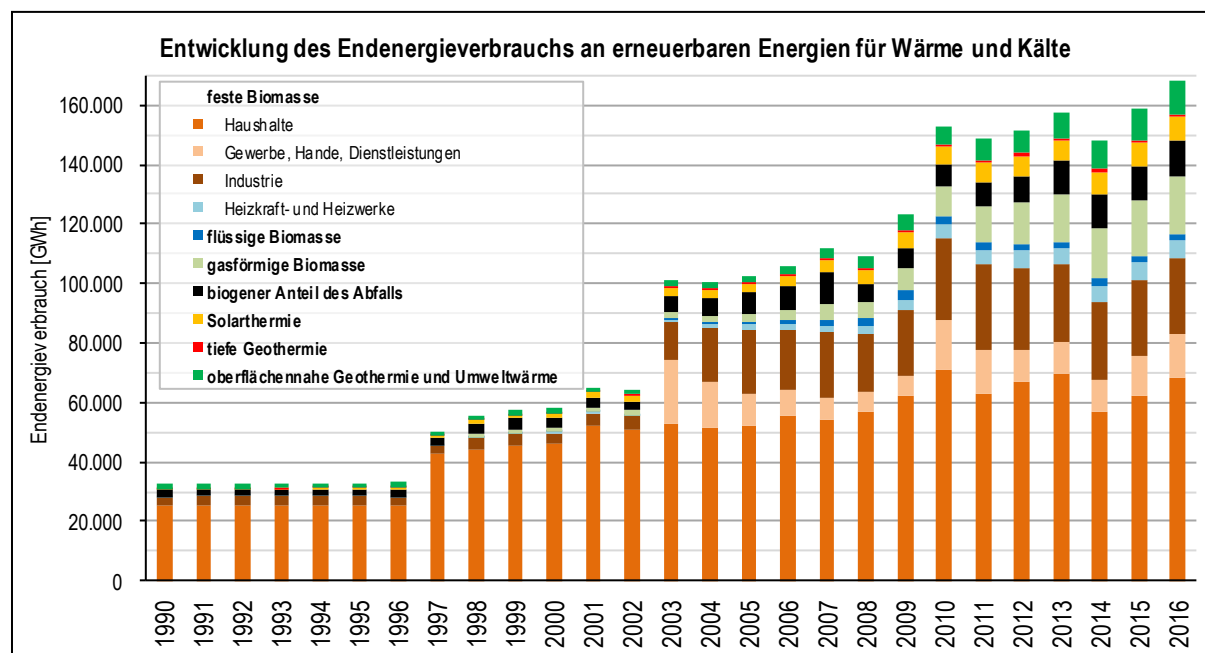


Abbildung 6 Entwicklung der Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme-/Kälteerzeugung [6]

Die Deckung des Endenergieverbrauchs zur Wärme-/Kälteerzeugung aus erneuerbaren Quellen erfolgte 2016 zu 68 % durch feste Biomasse – insbesondere im Bereich *Haushalte* überwiegt Holz innerhalb der festen Biomasse. Bezogen auf den Gesamtverbrauch an erneuerbaren Energien ist Holz von wesentlicher Bedeutung.

Die Nutzung von Umweltwärme mit Wärmepumpen hat in den letzten Jahren wesentlich an Bedeutung gewonnen. Mit knapp 7 % für das Jahr 2016 ist ihr Anteil bei der Deckung des

Wärme-/Kälte-Endenergieverbrauchs aber im Vergleich zu Holz noch gering. Das BMWi geht für das Jahr 2016 von einem Bestand von etwa 970.000 Geräten aus – darunter überschlägig 380.000 Luft-Wasser-Elektrowärmepumpen.

3 Ausblick zur zukünftigen Entwicklung

3.1 Energiepolitische Ziele

Die Bundesregierung hat ambitionierte Ziele hinsichtlich der Verringerung des Energieverbrauchs, der Reduktion von CO₂-Emissionen sowie der Nutzung erneuerbarer Energien formuliert, z. T. fortgeschrieben und mit konkreten Strategien verknüpft – u. a. in ihrem Energiekonzept [7], dem Klimaschutzplan 2050 [8] und dem Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 [9].

Darüber hinaus sind gemäß der EU-Richtlinie *über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD, RL 2010/31 EU [10])* ab 2019 alle Gebäude der öffentlichen Hand und ab 2021 alle Gebäude als Niedrigstenergiegebäude im Sinne der Richtlinie zu errichten.⁴

Als wesentliche Schwerpunkte der Zielstellung wurden formuliert:

- Reduktion CO₂-Emissionen gegenüber Bezugsjahr 1990
 - 2020: 40 %
 - 2030: 55 %
 - 2040: 70 %
 - 2050: 80...95 %, weitgehende Treibhausgasneutralität
- Halbierung des Primärenergiebedarfs bis 2050 (Bezug 2008)
- Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch auf 60 %
- Einführung des *Niedrigstenergiegebäudes* als Anforderungsniveau für Neubauten ab 2019/2021⁵
- Erreichung eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestands bis 2050

Bisherige nationale Regelungen betreffen fast ausschließlich den Neubaubereich – etwa

durch Anforderungen hinsichtlich des Primärenergieverbrauchs und der Nutzung erneuerbarer Energien. Für Bestandsgebäude bestehen bis auf wenige Ausnahmen⁶ keine entsprechenden Anforderungen. Hinsichtlich des (gebäude-)zahlenmäßigen Umfangs, des Energieverbrauchs sowie der Umwelt- und Klimawirkung ist der Gebäudebestand vielfach größer als der Neubaubereich. Nach Erhebungen mit einem Betrachtungsfenster bis 2011 wurden über 60 % des Gebäudebestands

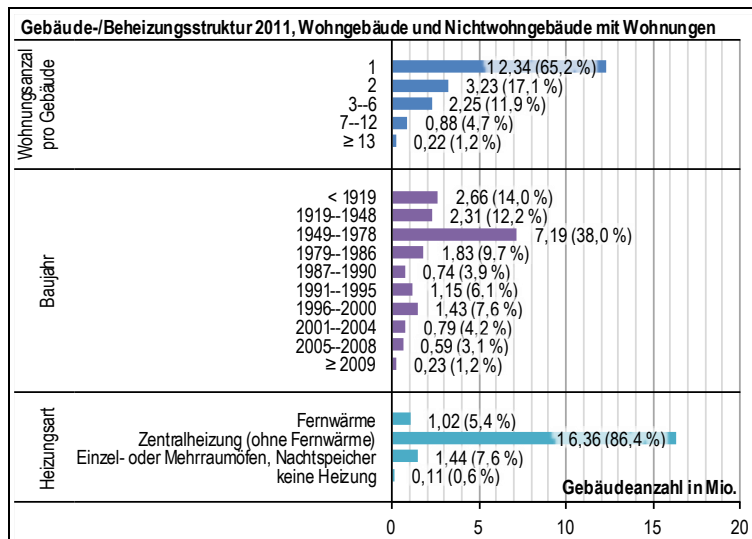


Abbildung 7 Struktur des Gebäudebestands nach Zensus 2011 [11]

vor 1978 errichtet. Der Anteil des Bestands, welcher seit Inkrafttreten der ersten Energieeinsparverordnung (2002) errichtet wurde, betrug zum Zeitpunkt der Erhebung weniger als 10 %. Ein Teil der Bestandsgebäude wurde bisher zumindest teilweise energetisch

⁴ Das energetische Niveau von Niedrigstenergiegebäuden wird durch die EU-Richtlinie nur vage beschrieben. Eine Konkretisierung muss im Weiteren auf nationaler Ebene erfolgen. Für Deutschland ist nach derzeitigem Kenntnisstand von Zusammenführung der EnEV und des EEWärmeG im sie ablösenden Gebäudeenergiegesetz auszugehen. Der bislang kursierende Entwurf des GEG [17] beschreibt das Niveau des Niedrigstenergiegebäudes für Neubauten der öffentlichen Hand – dieses ist hinsichtlich des zulässigen Primärenergiebedarfs mit einem *KfW-Effizienzhaus 55* vergleichbar. Eine – möglicherweise abweichende – Definition für den privaten Neubau ist im Entwurf noch nicht enthalten.

⁵ ab 2019 für Gebäude der öffentlichen Hand; ab 2021 für alle Gebäude

⁶ z. B. Außerbetriebnahmeverpflichtung für Heizkessel ab einem gewissen Alter

saniert – für den Bestand in seiner Gesamtheit dürfte allerdings immer noch immenser Sanierungsbedarf bestehen. Beispielsweise geht die Deutsche Energieagentur (dena) davon aus, dass die Altbausubstanz im Mittel zu ca. 30 % nachträglich wärmegeklämt wurde, ohne hierbei das erreichte energetische Niveau bzw. Dämmstärken oder andere energetisch relevante Kennwerte einzubeziehen [12]. Der BDH geht davon aus, dass etwa 2/3 des Bestands an Heizungsanlagen sanierungswürdig sind [13].

Die formulierten Ziele – insbesondere die Erreichung eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestands bis 2050 – erfordert somit zwingend umfangreiche Maßnahmen an Bestandsgebäuden. Ob die Bundesregierung und die Länder hierbei vordergründig auf

- Anreize durch Förderungen und/oder steuerliche Begünstigungen,
- Einführung gesetzlich festgeschriebener Anforderungen oder
- „Bestrafung“, etwa durch steuerliche Nachteile,

setzen werden oder auf eine Kombination unterschiedlicher Steuerungsinstrumente, ist derzeit noch nicht absehbar.

3.2 Mögliche Auswirkungen auf Heizungstechnik in Deutschland

Vor dem Hintergrund der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV [1]) aus dem Jahr 2014 und den hierin festgelegten seit 01.01.2016 geltenden strengeren Anforderungen in Verbindung mit dem Erneuerbare-Energien-Wärmegegesetz (EEWärmeG [2]) können bereits heute i. d. R. nur noch primärenergetisch sehr günstig bewertete Heizsysteme im Neubaubereich eingesetzt werden.

Durch die Ausgestaltung der primärenergetischen Anforderung gemäß EnEV hält das Referenzgebäude der EnEV selbst die geltenden Anforderungen per Definition nicht mehr ein (siehe auch Kapitel *Begriffe*). Zur Einhaltung der geltenden Anforderungen mit der für das Referenzgebäude festgeschriebenen Anlagentechnik – Brennwertkessel mit zusätzlicher solarer Trinkwassererwärmung – wären für Wohngebäude in aller Regel deutliche Verbesserungen beim baulichen Wärmeschutz und/oder zusätzliche anlagentechnische Maßnahmen notwendig.

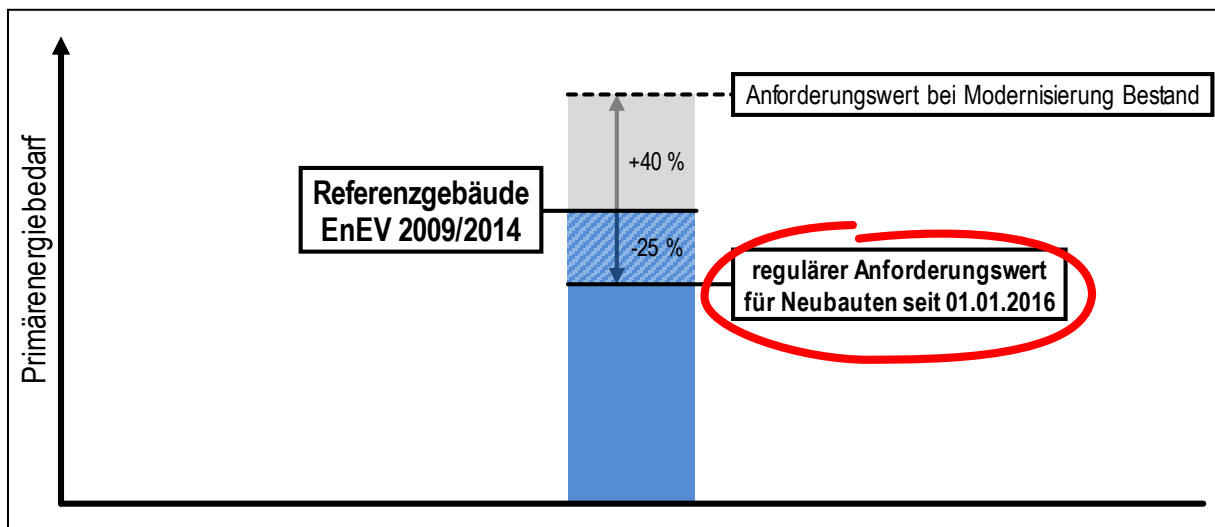


Abbildung 8 Primärenergieanforderungswerte in Bezug auf EnEV-Referenzgebäude

Der Einsatz von Wärmeerzeugern mit primärenergetisch günstig bewerteten Energieträgern oder mit vergleichsweise geringem Primärenergieeinsatz sowie die Nutzung erneuerbarer Energien erscheinen dadurch nunmehr attraktiver als noch im Geltungsbereich der

EnEV 2009/2014 (bis 31.12.2015) und dürften im Neubaubereich mehr Regel als Ausnahme darstellen. Auch die mittelfristigen energiepolitischen Ziele der Bundesregierung sind nicht ohne deutlich vermehrten Einsatz energieeffizienter Systeme und ohne wesentliche Nutzung erneuerbarer Energien machbar – nicht zuletzt wurde die Nutzung erneuerbarer Energien in hohem Maße selbst explizit als eines der Ziele formuliert. In der öffentlichen Diskussion sind hierbei unterschiedliche Strömungen zu erkennen – u. a. Befürworter einer möglichst technologieoffenen Entwicklung und Befürworter einer weitestgehenden Elektrifizierung des Wärme- und Energiemarktes. Unabhängig von der konkreten Ausgestaltung zukünftiger energiepolitischer Regelungen und Steuerungsinstrumente ist davon auszugehen, dass die Bedeutung von Wärmepumpen weiterhin zunimmt. Darüber hinaus fällt eine belastbare Beurteilung der zukünftigen Entwicklung des Heizungsmarktes in Bezug auf die dann vorwiegend eingesetzten Heiztechnologien derzeit schwer.

4 Kombination von Wärmepumpe und Holzfeuerstätte

4.1 Allgemeines

Derzeit stellen EnEV und EEWärmeG überwiegend Anforderungen an neue Gebäude. Die geltenden energetischen Anforderungen an diese „zu errichtende Gebäude“ – umgangssprachlich sind dies Neubauten - lassen sich i. d. R. nur durch eine Kombination aus gutem baulichem Wärmeschutz und energieeffizienter Wärmeerzeugung einhalten. Eine hinsichtlich des Primärenergieeinsatzes und der Nutzung erneuerbarer Energien günstig bewertete Wärmeerzeugung besteht beispielsweise in Elektrowärmepumpen. Die Wärmeerzeugung mit Holz als Energieträger schneidet bei einer Beurteilung nach EnEV und EEWärmeG nochmals deutlich günstiger ab. Während zur Erzeugung einer Kilowattstunde Wärme durch eine Luft-Wasser-Wärmepumpe entsprechend EnEV-Berechnungsvorgaben etwa 0,5 bis 0,7 Kilowattstunden Primärenergie eingesetzt werden müssen, sind dies bei zeitgemäßen Holz-Einzelfeuerstätten nur etwa 0,3 Kilowattstunden, also etwa halb so viel (siehe Berechnungsbeispiele im folgenden Abschnitt).

Nachfolgend wird der kombinierte Einsatz von Elektrowärmepumpe und Holz-Einzelraumfeuerstätten näher beleuchtet.

4.2 Exkurs Primärenergie

Bei der energetischen Bewertung eines Gebäudes im Rahmen des öffentlich-rechtlichen Nachweises nach EnEV besteht die allgemein als wesentlichstes Kriterium erachtete Anforderungsgröße im nicht erneuerbaren Anteil des Primärenergiebedarfs dieses Gebäudes. Anhand folgender beispielhafter Überlegung kann eine grobe primärenergetische Einordnung unterschiedlicher Wärmeerzeuger vorgenommen werden:

- Ein moderner **Brennwertkessel** erreicht eine endenergetische Effizienz (Jahresnutzungsgrad) in der Größenordnung $\eta \approx 1$; die Primärenergiefaktoren für Erdgas und Heizöl betragen $f_P = 1,1$. Somit müssen für jede Kilowattstunde Wärme (Erzeugernutzwärme), die der Kessel abgibt, 1,1 Kilowattstunden an Primärenergie aufgewendet werden.
- Der Primärenergiefaktor des deutschen Strommixes beträgt für den Nachweisfall nach EnEV $f_P = 1,8$. Würde für die **Elektrowärmepumpe** derselbe Primärenergieaufwand zugelassen wie für einen Brennwertkessel, dürfte sie eine endenergetische Effizienz (Jahresarbeitszahl) von $JAZ \approx 1,64$ haben – zeitgemäße Luft-Wasser-Elektrowärmepumpen weisen in aller Regel merklich höhere Jahresarbeitszahlen auf. Aus Feldtestergebnissen für Luft-Wasser-Elektrowärmepumpen im Bestand sind Jahresarbeitszahlen im Bereich 2,5...2,7 bekannt. Für eine Förderung durch das BAFA muss die Jahresarbeitszahl einer Luft-Wasser-Elektrowärmepumpe sogar mindestens 3,5 betragen. Somit sind für jede Kilowattstunde Wärme der Wärmepumpe 0,5...0,7 Kilowattstunden Primärenergie aufzuwenden. Eine **elektrische Widerstandsheizung** (z. B. E-Heizkörper/-flächen und Nachtstromspeicher) würde mit ihrer endenergetischen Effizienz von $\eta \approx 1$ hingegen 1,8 Kilowattstunden Primärenergie zur Erzeugung jeder Kilowattstunde Wärme erfordern.
- Der Primärenergiefaktor von **Holz** beträgt $f_P = 0,2$. Würde für den Wärmeerzeuger mit Holz derselbe Primärenergieaufwand zugelassen wie für einen Brennwertkessel, müsste seine endenergetische Effizienz gerade einmal bei $\eta \approx 0,18$ liegen. Praxisnahe Jahresnutzungsgrade für zeitgemäße Einzelfeuerstätten können hingegen im Bereich

60...70 % vermutet werden. Für jede Kilowattstunde Wärme müssen hier ca. 0,3 Kilowattstunden an Primärenergie aufgewendet werden, wenn man der EnEV-Systematik folgt. Detaillierte Berechnungen zeigen, dass der in der EnEV vorgegebene Primärenergiefaktor von 0,2 für Holzpellets gilt. Der Primärenergiefaktor für Stückholz liegt deutlich darunter, auf eine derartige Differenzierung wird jedoch im Rahmen der EnEV aus Vereinfachungsgründen verzichtet.

- Bei **Fernwärme** hängt der Primärenergiefaktor wesentlich von der Art der Wärmezeugung ab. Beispielsweise kann für Fernwärme, welche zu mindestens 70 % aus KWK-Anlagen stammt und mit fossilen Brennstoffen erzeugt wurde, nach DIN V 18599-1 ein Standardwert von $f_P = 0,7$ angenommen werden.⁷ Die Verluste der Wärmeübertragung an einer Fernwärmeanschlussstation können in erster Näherung vernachlässigt werden. Wird vom Standardwert für Fernwärme mit KWK und fossilen Brennstoffen ausgegangen, sind für jede Kilowattstunde an Wärme 0,7 Kilowattstunden an Primärenergie aufzuwenden.

4.3 Exkurs Verbrennungsluftversorgung von Einzelraumfeuerstätten für Festbrennstoffe

Die Verbrennungsluft für Einzelraumfeuerstätten kann grundsätzlich entweder direkt von außen oder aus der Raumluft entnommen werden. Daher wird zwischen raumluftunabhängigem und raumluftabhängigem Betrieb unterschieden.

Raumluftunabhängige Feuerstätten beziehen ihre Verbrennungsluft direkt von außen – beispielsweise durch eine Verbrennungsluftzuleitung von der nächsten Außenwand oder durch ein Luft-Abgas-System – und sind darüber hinaus so ausgeführt, dass Verbrennungsabgase nicht in gefährlicher Menge in den Aufstellraum austreten können [14].

Mit dem Begriff *raumluftunabhängig* geht also neben der Ausführung der Verbrennungsluftversorgung auch die nachweisliche (geprüfte) Eignung der Verbrennungsstätte für diese Betriebsart einher – raumluftunabhängige Verbrennungsstätten sind u. a. hinsichtlich Druckdichtheit geprüft, bauaufsichtlich zugelassen und entsprechend gekennzeichnet.

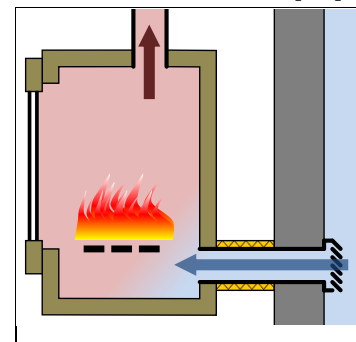


Abbildung 9 Feuerstätte mit Verbrennungsluftzufuhr über Wanddurchführung

Raumluftabhängige Feuerstätten beziehen ihre Verbrennungsluft aus dem Aufstellraum. Für ihren Betrieb ist daher eine ausreichende Luftversorgung des Aufstellraums sicherzustellen [14]. Da bei dieser Art der Feuerstätten hinsichtlich Luftführung keine Trennung zwischen Brenn- und Aufstellraum vorliegt, ist eine Rückströmung von Verbrennungsabgasen in den Aufstellraum bei ungünstigen Druckverhältnissen denkbar. Unterdruck im Aufstellraum muss daher sicher vermieden werden. Dieser kann sich u. a. bei Betrieb von Abluftanlagen oder Abzugshauben ergeben. Doch auch bei Einsatz einer geregelten Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft kann es zu Unterdruck im Aufstellraum kommen – z. B. bei Ausfall des Zuluftventilators, durch zugesetzte Filter in der Zuluft usw.

⁷ In der Praxis werden Fernwärme-Primärenergiefaktoren oft netzspezifisch berechnet bzw. auf Basis von Messwerten ermittelt. Zumindest für den Anschluss von Neubauten können Fernwärme-Primärenergiefaktoren über 1 nahezu ausgeschlossen werden.

Die Kombination raumluftabhängiger Feuerstätten mit raumlufttechnischen Anlagen, welche Luft absaugen können, ist insofern als kritisch anzusehen. Sie kann unter Einhaltung bestimmter Sicherheitsvorkehrungen zwar zulässig sein⁸; als raumluftunabhängig zertifizierte Feuerstätten stellen aber in aller Regel die sicherere Lösung dar. Raumluftabhängige Feuerstätten können ebenfalls mit externer Verbrennungsluftzufuhr ausgestattet/nachgerüstet werden. Sie birgt im Betrieb daher dieselben Risiken wie eine raumluftabhängige Feuerstätte ohne externe Verbrennungsluftzufuhr und ist auch als solche zu behandeln.

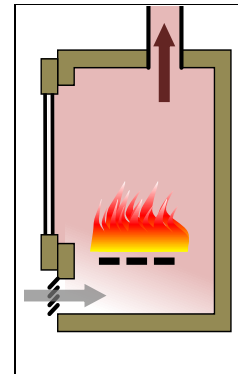


Abbildung 10 Feuerstätte mit Verbrennungsluftzufuhr aus Aufstellraum

Sie birgt im Betrieb daher dieselben Risiken wie eine raumluftabhängige Feuerstätte ohne externe Verbrennungsluftzufuhr und ist auch als solche zu behandeln. Sie birgt im Betrieb daher dieselben Risiken wie eine raumluftabhängige Feuerstätte ohne externe Verbrennungsluftzufuhr und ist auch als solche zu behandeln.

4.4 Varianten (Beispiele)

Für eine Kombination aus Zentralheizung mit Wärmepumpe als Wärmeerzeuger und Einzelraumfeuerstätte sind angesichts der marktverfügbaren Gerätevielfalt zahlreiche Varianten denkbar. Nachfolgend werden ausgewählte Kombinationen beschrieben.

Luft-Wasser-Elektrowärmepumpe, Holzofen

Die Zentralheizung und Trinkwassererwärmung des Gebäudes wird von einer Luft-Wasser-Elektrowärmepumpe versorgt. Als Wärmeübergabesysteme in den Räumen können Flächenheizsysteme und – mit gewissen Einschränkungen⁹ – Heizkörper eingesetzt werden.

Zusätzlich zur Zentralheizung werden oft genutzte Räume – in aller Regel Wohnzimmer/Wohnküchen – mit einem Holzofen ausgestattet. Der Holzofen wird allein im Bedarfsfall betrieben, beispielsweise

- zum Komfortgewinn oder
- als Spitzenlastwärmeerzeuger für den Aufstellraum an besonders kalten Tagen oder in Abschaltzeiten des Stromversorgers.

Der Holzofen ist nicht hydraulisch an das Zentralheizungsnetz angebunden und kann seine Wärme lediglich in den Aufstellraum abgeben. Umliegende Räume werden i. d. R. nur in geringem Maße mitbeheizt.

⁸ Gemäß Muster-Feuerungsverordnung z. B.

- Verhinderung des gleichzeitigen Betriebs von Feuerstätte und luftabsaugender Anlage oder
- Überwachung der Abgasführung durch Sicherheitseinrichtungen oder
- anlagentechnische Vermeidung gefährlicher Unterdrücke während des Feuerstättenbetriebs

⁹ Die Energieeffizienz von Wärmepumpen hängt stark von ihrem Temperaturhub – d. h. der Temperaturdifferenz zwischen Primär- und Sekundärseite bzw. zwischen „kalter“ und „warmer“ Seite – ab. Für einen effizienten Betrieb ist eine möglichst kleine Temperaturdifferenz anzustreben. Somit müssen Wärmepumpen also mit möglichst niedrigen Vorlauftemperaturen auf der Heizwasserseite betrieben werden. Heizkörper müssten hier unter Umständen größer ausgelegt werden als beispielsweise bei Betrieb mit einem Heizkessel und den hierbei problemlos möglichen Vorlauftemperaturen. Flächenheizungen sind zu bevorzugen.

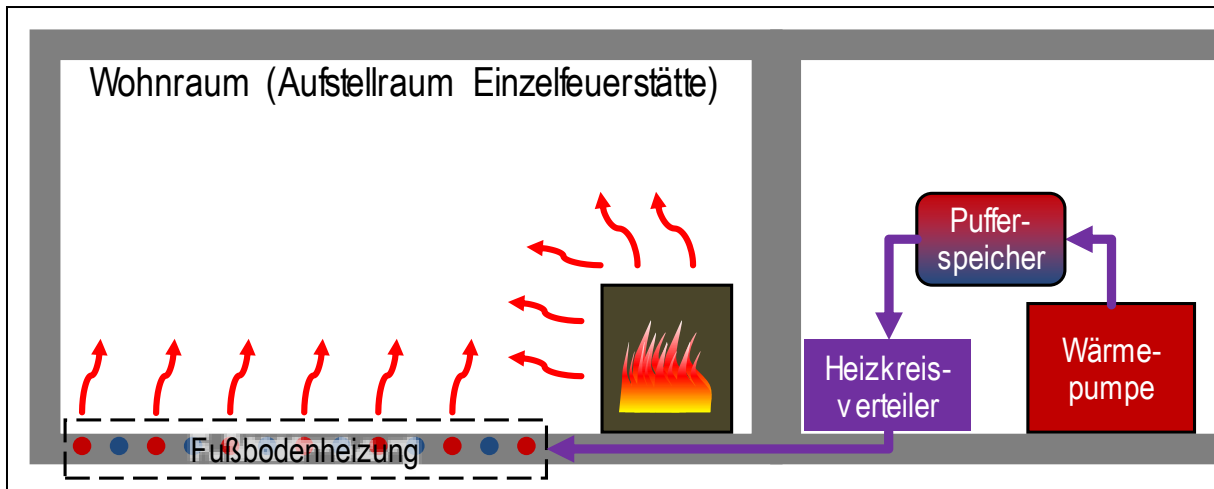


Abbildung 11 Kombination von Zentralheizung (Wärmepumpe) und Holzofen mit ausschließlich direkter Wärmeabgabe, vereinfachte schematische Darstellung

Luft-Wasser-Elektrowärmepumpe, Pelletofen mit hydraulischer Anbindung an Zentralheizung

Die Zentralheizung und Trinkwassererwärmung des Gebäudes wird von einer Luft-Wasser-Elektrowärmepumpe versorgt. Als Wärmeübergabesysteme in den Räumen können Flächenheizsysteme und – mit gewissen Einschränkungen⁹ – Heizkörper eingesetzt werden.

Zusätzlich zur Zentralheizung werden oft genutzte Räume – in aller Regel Wohnzimmer/Wohnküchen – mit einem hydraulisch an die Zentralheizung angebotenen Pelletofen ausgestattet. Der Pelletofen wird allein im Bedarfsfall betrieben, beispielsweise

- zum Komfortgewinn oder
- als Spitzenlastwärmeerzeuger für den Aufstellraum und anteilig auch für die Zentralheizung an besonders kalten Tagen oder in Abschaltzeiten des Stromversorgers.

Da der Pelletofen hydraulisch an das Zentralheizungsnetz angebunden ist, kann er zusätzlich zur direkten Wärmeabgabe an den Aufstellraum auch einen Anteil seiner Wärme an die Zentralheizung abgeben.

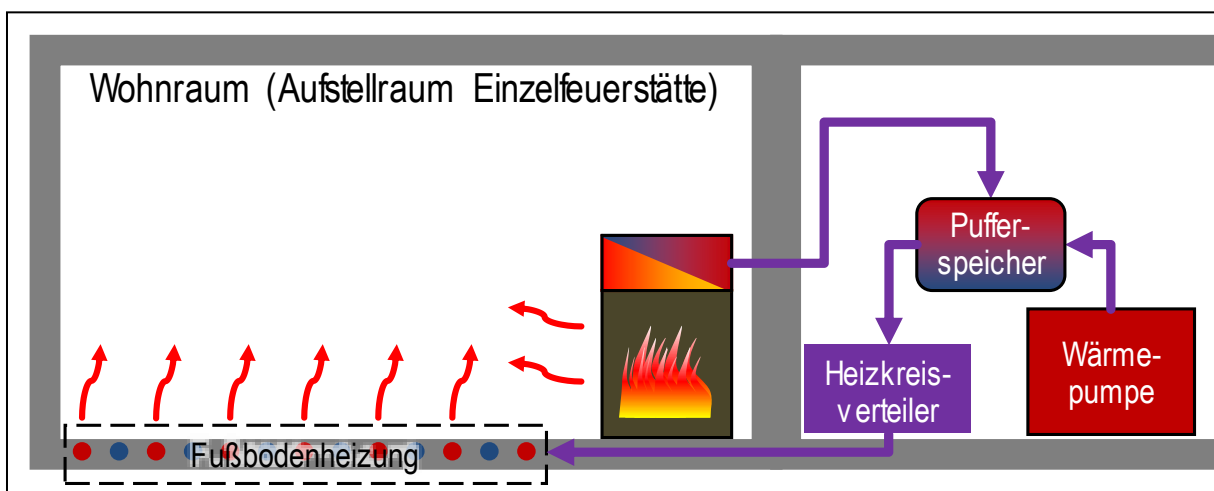


Abbildung 12 Kombination von Zentralheizung (Wärmepumpe) und Holzofen mit direkter und indirekter Wärmeabgabe, vereinfachte schematische Darstellung

Hinsichtlich der hydraulischen Anbindung gibt es unterschiedliche technische Lösungen, u. a.:

- Nachgeschalteter Abgas-Wasser-Wärmeübertrager („Wassertasche“): Hier wird der Abgasstrom nach Verlassen des Ofens in einem Wärmeübertrager gekühlt und erwärmt dabei Heizungswasser. Da für das Heizungswasser lediglich die Energie des Abgasstroms zur Verfügung steht, ist der Beitrag zur Zentralheizung geringer als bei Öfen mit durchströmtem Mantel (siehe nachfolgender Anstrich).
- Doppelwandige Öfen: Der Mantel des Ofens ist doppelwandig ausgeführt und wird von Heizungswasser durchströmt. Im Vergleich zu Öfen mit nachgeschaltetem Abgas-Wasser-Wärmeübertrager können hier höhere Anteile der genutzten Brennstoffenergie in die Zentralheizung eingekoppelt werden.

Luft-Wasser-Elektrowärmepumpe, Lüftung mit Wärmerückgewinnung, Holzofen

Die Zentralheizung und Trinkwassererwärmung des Gebäudes wird von einer Luft-Wasser-Elektrowärmepumpe versorgt. Als Wärmeübergabesysteme in den Räumen können Flächenheizsysteme und – mit gewissen Einschränkungen¹⁰ – Heizkörper eingesetzt werden.

Zusätzlich zur Zentralheizung werden oft genutzte Räume – in aller Regel Wohnzimmer/Wohnküchen – mit einem Holzofen ausgestattet. Der Holzofen wird allein im Bedarfsfall betrieben, beispielsweise

- zum Komfortgewinn oder
- als Spitzenlastwärmeerzeuger für den Aufstellraum an besonders kalten Tagen oder in Abschaltzeiten des Stromversorgers.

Der Holzofen ist nicht hydraulisch an das Zentralheizungsnetz angebunden und kann seine Wärme lediglich in den Aufstellraum abgeben. Umliegende Räume werden i. d. R. nur in geringem Maße mitbeheizt.

Durch den zusätzlichen Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung verringert sich der Heizwärmebedarf insgesamt. Ein wesentlicher Anteil der in der Raumluft des Gebäudes enthaltenen Wärme wird von der Abluft auf die Zuluft übertragen.



Abbildung 13 Kombination von Zentralheizung (Wärmepumpe) und Holzofen mit ausschließlich direkter Wärmeabgabe, zusätzliche Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, vereinfachte schematische Darstellung

¹⁰Die Energieeffizienz von Wärmepumpen hängt stark von ihrem Temperaturhub – d. h. der Temperaturdifferenz zwischen Primär- und Sekundärseite bzw. zwischen „kalter“ und „warmer“ Seite – ab. Für einen effizienten Betrieb ist eine möglichst kleine Temperaturdifferenz anzustreben. Somit müssen Wärmepumpen also mit möglichst niedrigen Vorlauftemperaturen auf der Heizwasserseite betrieben werden. Heizkörper müssen hier unter Umständen größer ausgelegt werden als beispielsweise bei Betrieb mit einem Heizkessel und den hierbei problemlos möglichen Vorlauftemperaturen – Flächenheizungen sind zu bevorzugen.

4.5 Bewertung nach EnEV, EEWärmeG und KfW

4.5.1 Elektrowärmepumpen

Mit den nach **EnEV** zulässigen Berechnungsverfahren für Energiebedarfsberechnungen im Rahmen des öffentlich-rechtlichen Nachweises (Energiebedarfsausweis) können Elektrowärmepumpen als Wärmeerzeuger in Heizungsanlagen problemlos abgebildet werden.

Bei einer Bewertung nach **EEWärmeG** stellt der Einsatz von Wärmepumpen als Systemen zur Nutzung von Umweltenergie eine direkte Erfüllungsmöglichkeit dar. Hierbei sind jedoch die technischen Nebenanforderungen des Gesetzes – insbesondere Einhaltung einer definierten Arbeitszahl – zu berücksichtigen.

Bei einer Förderung als **KfW-Effizienzhaus** werden keine gesonderten Anforderungen an die Wärmepumpe gestellt. Soll hingegen die Nachrüstung einer Wärmepumpe als Einzelmaßnahme im Rahmen des Programms **Energieeffizient Sanieren** gefördert werden, bestehen seitens der KfW dieselben Anforderungen wie bei einer Förderung im Rahmen des Marktanreizprogramms des BAFA – insbesondere Berechnungsgrundlage der Jahresarbeitszahlen und Einhaltung definierter Mindestwerte.

4.5.2 Holzöfen

Einzelraumfeuerstätten mit Holz als Brennstoff, welche zusätzlich zu einer Zentralheizung betrieben werden, dürfen im Rahmen des öffentlich-rechtlichen Nachweises nach **EnEV** grundsätzlich mit einem pauschalen Deckungsanteil von 10 % an der notwendigen Heizarbeit des Gebäudes bzw. des versorgten Bereichs berücksichtigt werden [15]. Hierbei bezieht sich der Verordnungsgeber auf solche Feuerstätten, welche die Wärme ausschließlich direkt an den Aufstellraum abgeben. Auf Feuerstätten, welche zusätzlich hydraulisch angebunden sind (siehe auch 4.4) wird nicht eingegangen.

Eine rechnerische Abbildung der Kombination aus Zentralheizung und Feuerstätten mit ausschließlich direkter Wärmeabgabe ist in den nach EnEV referenzierten Berechnungsverfahren DIN V 4701-10 und DIN V 18599¹¹ grundsätzlich möglich. Die Kombination aus Zentralheizung und Einzelraumfeuerstätten, welche Wärme sowohl direkt an den Raum als auch indirekt an das Heizungswasser abgeben, wird in den Berechnungsverfahren hingegen nicht explizit beschrieben. Daher kann sie mit üblicher Software für Energiebedarfsberechnungen in der Regel nicht ohne Weiteres gänzlich abgebildet werden, es besteht ein entsprechender Anpassungsbedarf im Berechnungsalgorithmus. Folgende Möglichkeiten bieten sich aktuell für eine Bewertung an:

a **Abbildung der direkten Wärmeabgabe gemäß Auslegung Verordnungsgeber [15]; Vernachlässigung der hydraulischen Anbindung**

Die real hydraulisch eingebundene Feuerstätte wird in der Berechnung als dezentrale Einzelfeuerstätte (ohne hydraulische Anbindung) zusätzlich zur Zentralheizung erfasst. Ihr wird ein Deckungsanteil an der Erzeugernutzwärmeabgabe für Raumheizung von 10 % zugewiesen. Diese Herangehensweise stellt in Bezug auf die Auslegung des Verordnungsgebers die konservativste Näherung dar und ist in jedem Fall zulässig.

¹¹Das Berechnungsverfahren nach DIN V 18599 bietet an dieser Stelle die Optionen *Kachelofen* und *eiserner Ofen*. Für eine Holzfeuerstätte, wie hier betrachtet, ist die Option *eiserner Ofen* zu wählen, unabhängig davon, ob die Feuerstätte mit Kacheln, Schamotte-Ausfachungen oder ähnlicher Speichermasse versehen ist.

b Berücksichtigung der hydraulischen Einbindung durch ersatzweise erhöhten Deckungsanteil bei direkter Wärmeabgabe

Die Feuerstätte ist so zu erfassen, wie unter a beschrieben. Jedoch ist ihr Deckungsanteil höher anzusetzen, damit dieser auch die Heizarbeit erfasst, welche bei der realen Feuerstätte hydraulisch eingekoppelt wird. Diese Herangehensweise folgt der Sicht, dass der Nutzer auch bei zusätzlicher hydraulischer Anbindung der Feuerstätte so damit heizt, dass die direkte Wärmeabgabe in den Aufstellraum einen Deckungsanteil von mindestens 10 % erreicht. Diejenige Wärme, welche zusätzlich zu diesen 10 % hydraulisch eingekoppelt würde, wird hierbei in eine Erhöhung des Deckungsanteils der direkten Wärmeabgabe umgerechnet – Tabelle 2 liefert hierfür Richtwerte aus eigenen Berechnungsreihen. Diese Vorgehensweise – insbesondere die Annahme der hier genannten Deckungsanteile – ist bisher nicht mit dem Verordnungsgeber abgestimmt oder in irgendeiner Weise normativ erfasst.

Tabelle 2 rechnerischer Deckungsanteil der Holzfeuerstätte bei ersatzweiser Abbildung der hydraulischen Anbindung durch erhöhten „direkten Deckungsanteil“

Heizwärmebedarf q_h [kWh/m ² a]	Deckungsanteil	
	Stückholz	Holzpellets
40	0,34	0,42
50	0,33	0,41
75	0,31	0,38
100	0,30	0,37
150	0,29	0,36

c Berücksichtigung der direkten und indirekten Wärmeabgabe durch entsprechende anlagentechnische Systeme

Sofern es die Berechnungssoftware zulässt, können die direkte und indirekte Wärmeabgabe einer realen hydraulisch angebotenen Feuerstätte durch ein jeweiliges anlagentechnisches System in der Energiebedarfsberechnung erfasst werden. Dem System, welches die direkte Wärmeabgabe abbildet (Kamin, eiserner Ofen o. ä.), ist der Deckungsanteil von 10 % gemäß Auslegung des Verordnungsgebers zuzuweisen. Dem System, welches die indirekte Wärmeabgabe abbildet (Holz-/Pelletkessel), ist der entsprechende „hydraulische Deckungsanteil“ zuzuweisen – er kann über die Aufteilung zwischen direkter und indirekter Wärmeabgabe der einzubauenden Feuerstätte berechnet werden. Die Abbildungen 14 und 15 stellen dies schematisch unter der Annahme mittlerer Aufteilungen bei marktüblichen Einzelfeuerstätten zur hydraulischen Anbindung dar. Auch diese Herangehensweise folgt der Sicht, dass der Nutzer bei zusätzlicher hydraulischer Anbindung der Feuerstätte so damit heizt, dass die direkte Wärmeabgabe in den Aufstellraum einen Deckungsanteil von mindestens 10 % erreicht.

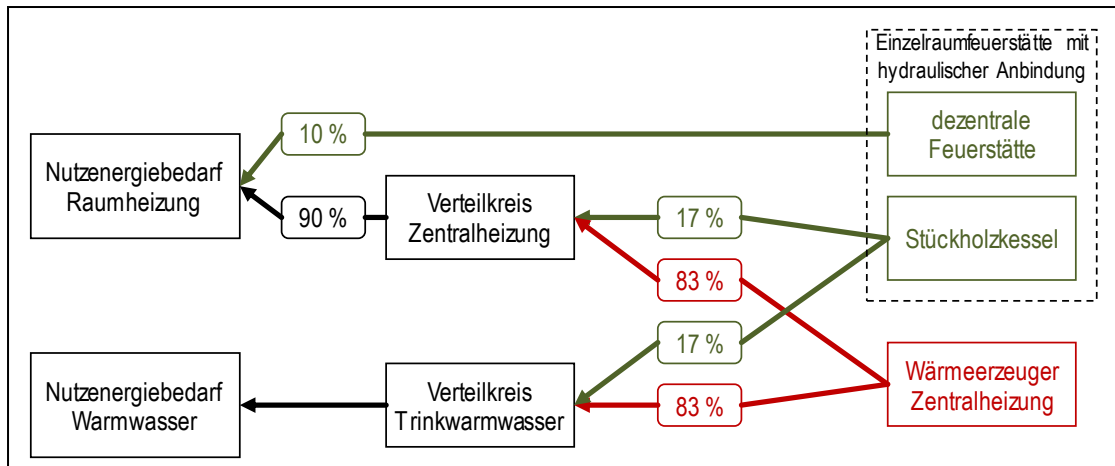


Abbildung 14 Deckungsanteile für Energiebedarfsberechnungen, Brennstoff Stückholz, berechnet für marktübliche Geräte

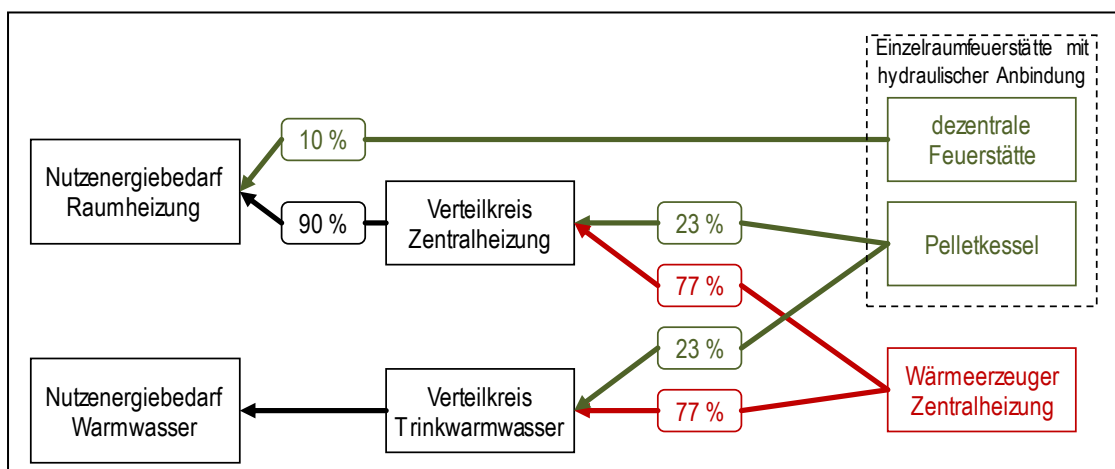


Abbildung 15 Deckungsanteile für Energiebedarfsberechnungen, Brennstoff Holzpellets, berechnet für marktübliche Geräte

Im Sinne des **EEWärmeG** können Einzelraumfeuerstätten berücksichtigt werden, wenn sie automatisch beschickt und hydraulisch angebunden sind. Da die Betrachtung nach EEWärmeG sich auf die Ergebnisse einer Energiebedarfsberechnung bezieht, ist auch sie vom Problem der aktuell nicht eindeutig geklärten rechnerischen Abbildung betroffen (siehe vorhergehender Absatz). Im Sinne der vorliegenden Aufgabenstellung – es werden ausschließlich Kombinationen von Wärmepumpen und Einzelfeuerstätten betrachtet – ist dies jedoch nebensächlich, da das EEWärmeG bereits durch den Einsatz der Wärmepumpe eingehalten würde.¹²

Bei einer Förderung als **KfW-Effizienzhaus** sind *mit Biomasse handbeschickt[e] Einzel[öfen] in einem Gebäude mit automatisch betriebenem Heizsystem* grundsätzlich nicht zu berücksichtigen. Als Ausnahmen gelten hydraulisch eingebundene biomassebeschickte Einzelöfen und automatisch beschickte Pellet-Primäröfen mit Tagesspeicher – diese dürfen mit 10 % am Nutzenergiebedarf bzw. an der Heizarbeit berücksichtigt werden. Dies entspräche in etwa der unter a beschriebenen Vorgehensweise.

4.6 Diskussion der Vor- und Nachteile

Komfort

Hinsichtlich des Wohnkomforts kann für zusätzliche Einzelraumfeuerstätten in zwei Richtungen argumentiert werden. Wird die Feuerstätte als Lustfeuer und zusätzliche

¹²unter Maßgabe der Einhaltung der technischen Nebenanforderungen des EEWärmeG an den Einsatz von Wärmepumpen

Heizoption für lokal erhöhte Behaglichkeit betrachtet (höhere Raumtemperatur, Strahlungswärmeanteil), während die Raumwärme prinzipiell jederzeit auch von der automatisch betriebenen Zentralheizung zur Verfügung gestellt werden kann, dürfte sie von den allermeisten potenziellen Nutzern wohl als deutlicher Komfortgewinn wahrgenommen werden. Sollte sich hingegen die Notwendigkeit des Betriebs der Feuerstätte ergeben – z. B. bei Ausfall der Zentralheizung –, könnte der damit einhergehende Mehraufwand des manuellen Heizens und ggf. das Wärmegefälle innerhalb des Gebäudes auch als Komforteinbuße empfunden werden; jedoch erscheint es zumindest nicht naheliegend, dass die Entscheidung zum Einbau eines Kamins oder Ofens ohne Abwägung des damit einhergehenden manuellen Aufwands getroffen wird und die entsprechenden Kosten aufgewendet werden. Insofern dürften der manuelle Mehraufwand und ggf. Einbußen hinsichtlich der Temperaturverteilung in aller Regel bereitwillig in Kauf genommen werden.

Parallelität der Wärmeerzeugungsanlagen

Durch die Kombination aus Zentralheizung mit Wärmepumpe und Einzelraumfeuerstätte(n) ergibt sich eine Ausweichmöglichkeit auf einen anderen Wärmeerzeuger, sollte die Wärmepumpe oder ein anderer Bestandteil der Zentralheizung ausfallen. Die Heizlasten moderner Einfamilienhäuser üblicher Größen sind etwa im Bereich zwischen 5 und 10 kW zu vermuten. Einzelraumfeuerstätten, wie die hier betrachteten Holzöfen, weisen üblicherweise Leistungen in diesem Bereich auf. Somit wäre also ein entsprechender Ofen hinsichtlich seiner Leistung ausreichend, um beispielsweise einen Defekt der Zentralheizung bis zu dessen Behebung zu überbrücken. Hierdurch in Kauf zu nehmende Komforteinbußen – wie etwa Notwendigkeit der manuellen Beheizung und ggf. ein Wärmegefälle innerhalb des Gebäudes – dürften, sofern überhaupt als solche aufgefasst, in aller Regel als das deutlich kleinere Übel im Vergleich zu einem „kalten Haus“ wahrgenommen werden.

Parallelität der Energieversorgung

Durch das Vorhalten zweier Wärmeerzeuger, welche zwei unterschiedliche Energieträger verwenden können, kann die Wärmeversorgung ebenfalls bei Versorgungsengpässen eines Energieträgers sichergestellt werden.

Insbesondere im Kontext einer z. T. stark befürworteten forcierten Elektrifizierung der Energieversorgungs- und -verbrauchsstruktur („All Electric Society“) – jedoch auch bei technologieoffener Weiterentwicklung der Energieversorgung und des Heizungsmarktes – ist zukünftig von einem signifikant höheren Stromverbrauch für den Gebäudebereich auszugehen. Mit dem zunehmenden Einsatz von Wärmepumpen als Wärmeerzeuger steigt auch die Abhängigkeit von einer durchgehend gewährleisteten Stromversorgung, sowohl

- hinsichtlich der lieferbarer Strommenge (Energie) als auch
- hinsichtlich der zu deckenden Spitzenlasten (Leistung).

Gleichzeitig soll die Stromerzeugung künftig noch stärker aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden, welche überwiegend als volatile Energieträger zu betrachten sind. In so einem Versorgungs-Verbrauchs-Szenario stellt eine „kalte Dunkelflaute“ – also Einbrüche auf der Versorgungsseite („dunkel“ als Synonym für geringe Solarstrahlung, „Flaute“ als Synonym für niedrige Windgeschwindigkeiten) in einer Zeit hohen Bedarfs („kalt“ als Synonym für hohen Energiebedarf, beispielsweise zur Beheizung) – ein ernstzunehmendes Risiko dar. Im Falle einer solchen kalten Dunkelflaute wäre aus Anwendersicht mit der Kombination aus Wärmepumpe und Holzofen auch bei Ausfall der Stromversorgung die Beheizung sichergestellt.

Be-/Entlastung der Stromnetze und der Stromerzeugung

Durch die Ausweichmöglichkeit auf einen anderen Energieträger können Stromnetze und Stromerzeugung deutlich entlastet werden.

Selbst eine technologieoffene Weiterentwicklung des Energie- und Wärmemarktes würde mit einem deutlich steigenden Strombedarf einhergehen und zumindest mittelfristig den Ausbau der Stromnetze zum verlustarmen Transport der geforderten Energiemengen über weite Strecken und zur Bereitstellung der benötigten Leistung erfordern. Bei einer weitestgehenden Elektrifizierung, welche ebenfalls Gegenstand der öffentlichen Diskussion ist, bestünde die Notwendigkeit des Netzausbaus umso mehr.

Bei einer weitgehenden Elektrifizierung des Wärmemarktes kann von einer Erhöhung der elektrischen Spitzenlast für Gebäude von derzeit ca. 35 auf etwa 60 GW für eine zweiwöchige kalte Dunkelflaute ausgegangen werden. Da in dieser Zeit gleichzeitig die Versorgung aus erneuerbaren Energien stark einbricht, müsste die Fehlleistung wesentlich durch konventionelle Kraftwerke kompensiert werden – zusätzlich zu den regulär aus erneuerbaren Quellen versorgten Erzeugungsanlagen müssten also sehr große Kapazitäten an konventionellen Kraftwerken vorgehalten werden.

Durch die hier betrachtete Kombination aus Zentralheizung mit elektrischer Wärmepumpe und Holzfeuerstätte könnte die für den Bereich der Gebäudebeheizung notwendige Spitzenlast in einer kalten Dunkelflaute drastisch gesenkt werden. Während für die Trinkwassererwärmung in so einer Konstellation noch Strom benötigt würde, könnte die wesentlich gewichtigere Raumheizung zumindest über eine gewisse Zeit nahezu vollständig über einen anderen Energieträger versorgt werden. Neben der Stromerzeugung können auch die Stromnetze, solange sie noch nicht entsprechend ausgebaut sind oder auch in unerwarteten Spitzenlastzeiten, deutlich entlastet werden, wenn auf der Nachfrageseite – d. h. beim Wärmekunden – Flexibilität hinsichtlich des Abnahmeverhaltens besteht.

Energiekosten

Im Kontext eines zukünftig stärker elektrifizierten Wärmemarktes, intelligenter Stromnetze, zunehmender Vernetzung und damit auch potenziell stärker schwankender Strompreise kann durch Vorhaltung eines zweiten Wärmeerzeugers mit alternativem Energieträger in Hochpreisphasen des primären Energieträgers (Strom) auf den alternativen Energieträger ausgewichen werden. Doch auch heute schon können sich durch das Vorhalten eines Holzofens zusätzlich zur Zentralheizung mit Wärmepumpe Energiekostenvorteile ergeben.

Die Wirtschaftlichkeit der hier betrachteten Kombination aus Wärmepumpe und Holzfeuerstätte hängt wesentlich von den konkreten Randbedingungen ab – insbesondere

- Investitionskosten,
- Energiepreise für
 - Holz und
 - Strom sowie
- Effizienz von
 - Holzfeuerstätte und
 - Wärmepumpe.

Die Abbildungen 16 und 17 verdeutlichen die Abhängigkeiten des Wärmepreises beispielhaft.

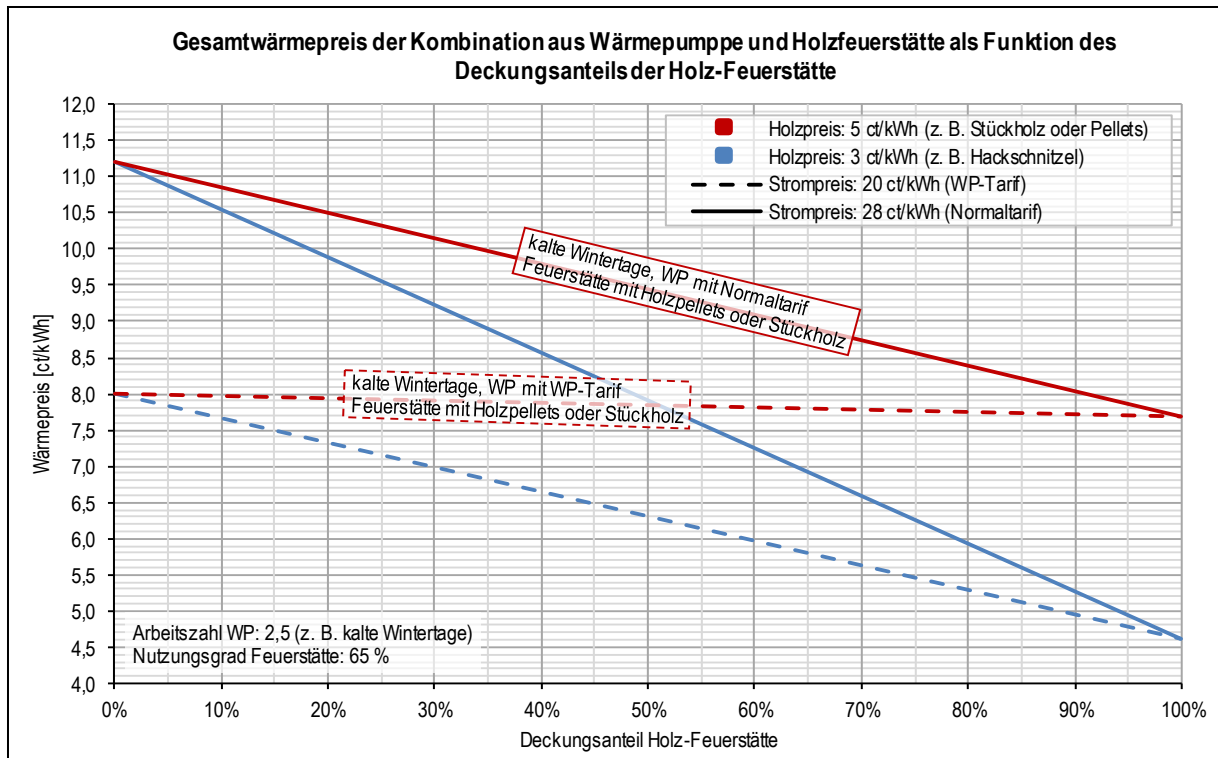


Abbildung 16 Gesamtwärmepreis der Kombination von Wärmepumpe und Holzfeuerstätte für unterschiedliche Kombinationen von Holz- und Strompreis; beispielhaft für Arbeitszahl 2,5

Ablesebeispiele:

- Bei einem Deckungsanteil von 40 %, einem Holzpreis von 3 ct/kWh (blau) und einem Strompreis von 20 ct/kWh (gestrichelt) ergibt sich ein Wärmepreis von knapp 6,7 ct/kWh.
- Beträgt unter ansonsten gleichen Randbedingungen der Holzpreis 5 ct/kWh (rot), ergibt sich ein Wärmepreis von ca. 7,9 ct/kWh. Darüber hinaus ist die Kompensation von Wärmepumpen-Wärme durch Holz-Wärme hier nahezu energiekostenneutral – es gibt keinen nennenswerten Einfluss des Holz-Deckungsanteils mehr.

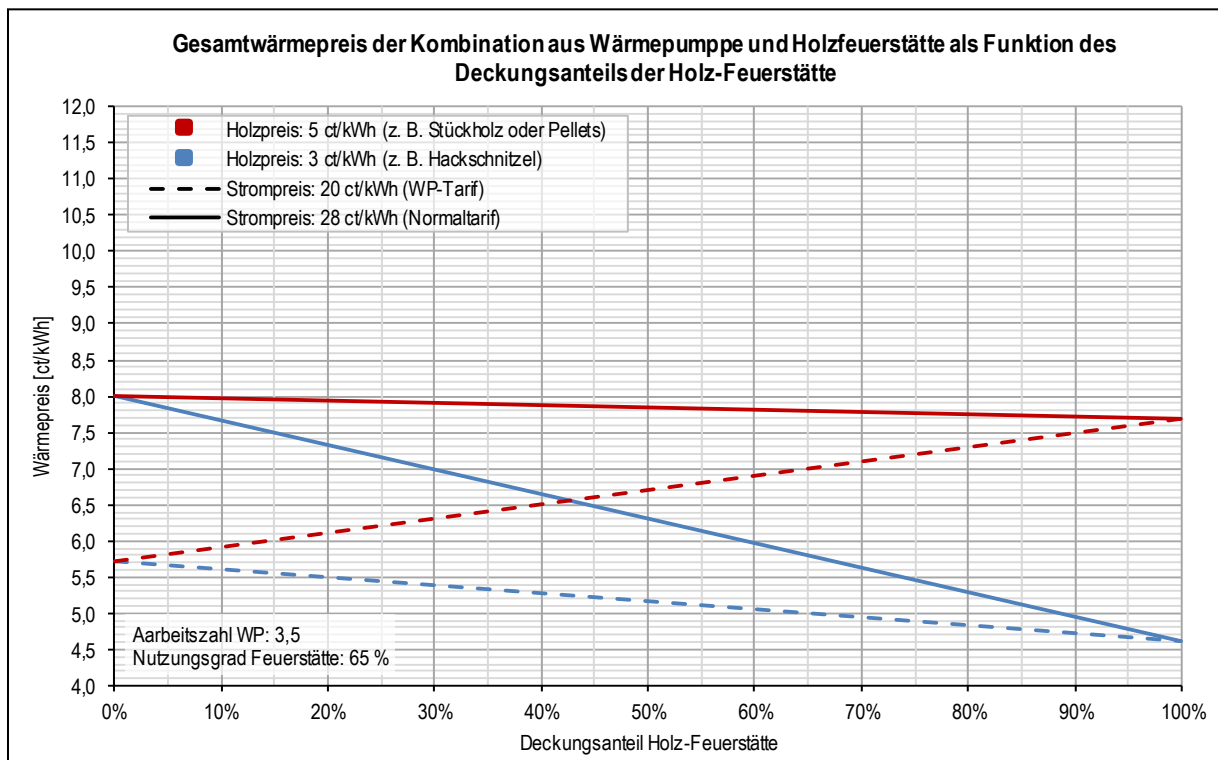


Abbildung 17 Gesamtwärmepreis der Kombination von Wärmepumpe und Holzfeuerstätte für unterschiedliche Kombinationen von Holz- und Strompreis; beispielhaft für Arbeitszahl 3,5

In den Abbildungen werden folgende Randbedingungen angenommen bzw. variiert:

- Variation Arbeitszahl Wärmepumpe: 2,5 ↔ 3,5
- Nutzungsgrad Holzfeuerstätte: 65 %
- Variation Holzpreis: 3 ct/kWh ↔ 5 ct/kWh
- Variation Strompreis: 20 ct/kWh (WP-Tarif) ↔ 28 ct/kWh (Normaltarif)

Anhand der Darstellungen werden die grundsätzlichen Zusammenhänge deutlich – ein günstigerer Gesamtwärmepreis durch anteilige Holznutzung ergibt sich unter folgenden Tendenzen:

- **Geringe Arbeitszahl der Wärmepumpe**

Geringere Arbeitszahlen ergeben sich vor allem bei ungünstigen Betriebsbedingungen – bezogen auf den zeitlichen Verlauf für eine festgelegte Anlagenkonstellation sind dies vor allem kalte bis sehr kalte Wintertage, also wenn sich die Außenlufttemperatur im negativen Bereich bewegt. Je geringer die Arbeitszahl einer Wärmepumpe wird, desto mehr Antriebsenergie – und damit Energiekosten – müssen für die Wärmeerzeugung aufgewendet werden. Somit kann sich die Wärme aus der Holzfeuerstätte besonders an kalten bis sehr kalten Wintertagen begünstigend auf den Gesamtwärmepreis auswirken.

- **Geringer Holzpreis**

Je geringer die spezifischen Energiekosten für den Brennstoff Holz ausfallen, desto geringer werden auch die anteiligen Wärmekosten des Teilsystems Holzfeuerstätte.

- **Hoher Strompreis**

Analog zur verringerten Arbeitszahl sorgt ein erhöhter Strompreis für höhere Energiekosten pro Wärmemenge bei dem Teilsystem Wärmepumpe. Hierdurch wird die Wärme des Teilsystems Holzfeuerstätte in Relation günstiger.

Es ist zu berücksichtigen, dass diese drei Einflüsse überlagert auftreten und sich damit je nach Richtung gegenseitig verstärken oder auch abschwächen/kompensieren können.

Berechnungsbeispiel: jährliche Energiekosten

Der zusätzliche Betrieb eines Holzofens – zur Substitution von Wärmepumpen-Wärme an vorwiegend kalten Tagen – führt i. d. R. zu einer Verringerung der Energiekosten (siehe auch Abbildung 16). Die Höhe der möglichen Einsparung kann im Einzelfall sehr unterschiedlich ausfallen; sie hängt im Wesentlichen ab von

- der Arbeitszahl der Wärmepumpe,
- den Kosten der eingesetzten Kilowattstunde Strom bzw. Holz und
- dem Deckungsanteil des Holzofens.

Für das nachfolgende Berechnungsbeispiel wird von einem typischen Einfamilienhaus im Neubau mit ca. 150 m² Wohnfläche und einem Wärmeverbrauch von etwa 13.000 kWh/a für Heizung und Warmwasser ausgegangen. Tabelle 3 zeigt beispielhaft, wie sich der Einsatz eines Holzofens auf die Energiekosten auswirkt, wenn

- dieser im Jahresverlauf 20% des gesamten Wärmeverbrauchs bereitstellt und
- vorwiegend in der kalten Zeit betrieben wird und Wärme in dieser andernfalls mit einer Arbeitszahl von 2,5 durch eine Wärmepumpe bereitgestellt würde.

Im Berechnungsbeispiel werden Strom- und Holzpreis zur Veranschaulichung variiert:

- Strombezug
 - zu einem günstigen Tarif für Wärmepumpen, beispielhaft mit 20 ct/kWh, oder
 - zum Normaltarif für Haushaltsstrom, beispielhaft mit 28 ct/kWh
- Holzpreis
 - für Hackschnitzel oder anderweitig preisgünstiges Holz, beispielhaft mit 3 ct/kWh, oder
 - für Stückholz sowie Pellets unter üblichen Konditionen, beispielhaft mit 5 ct/kWh

Tabelle 3 Berechnungsbeispiel Jahresenergiekosten

Strompreis Wärmepumpe	ct/kWh	20		28	
		WP-Tarif		Normaltarif	
Holzpreis	ct/kWh	3	5	3	5
		z. B. Hack-schnitzel	z. B. Stück-holz, Pellets	z. B. Hack-schnitzel	z. B. Stück-holz, Pellets
Jahreswärmebedarf Heizung und Warmwasser	kWh/a	13.000			
Strombezug bei vollständiger Deckung durch Wärmepumpe (Jahresarbeitszahl 2,86)	kWh/a	4.545			
	€/a	909		1.273	
Deckungsanteil Holzofen	-	20%			
	kWh/a	2.600			
Eingesparter Strombezug (Arbeitszahl während Substitution 2,5)	kWh/a	1.040			
	€/a	208		291,2	
Zusätzlich eingesetztes Holz	kWh/a	4.000			
	€/a	120	200	120	200
Jährliche Energiekosteneinsparung	€/a	88	8	171,2	91,2
	-	9,7%	0,9%	13,5%	7,2%

Das Berechnungsbeispiel bestätigt die zuvor dargestellten Einflüsse (vgl. Abbildung 16). Mit den hier unterstellten Randbedingungen zeigt sich der Einsatz eines Holzofens bei einem günstigen Stromtarif für Wärmepumpen und bei Einsatz von Stückholz oder Pellets nahezu energiekostenneutral. Können hingegen Hackschnitzel oder anderweitig preisgünstigeres Holz verfeuert werden und verdrängen hierbei Antriebsstrom für Wärmepumpen, welcher zum Normaltarif bezogen werden müsste, bewirkt der Einsatz des Holzofens eine Energiekosteneinsparung von etwas mehr als 13 %. Bei Strombezug zum Normaltarif und Einsatz von Stückholz oder Pellets ergibt sich für die beispielhafte Betrachtung eine Verringerung der Energiekosten um ca. 7 %. Bei höheren Deckungsanteilen des Holzofens – z. B. in langen Wintern/Übergangsperioden – können sich höhere Einsparungen ergeben.

Quellen

- [1] *EnEV 2014: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (...) vom 27. Juli 2007 (...), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 18. November 2013 (BGBl. I S. 3951).*
- [2] *EEWärmeG 2015: Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG), zuletzt geändert durch Artikel 9 G vom 20.10.2015.*
- [3] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., *Folie Entwicklung der Beheizungsstruktur des Wohnungsbestands; Stand 01/2017.*
- [4] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., *Folie Entwicklung der Beheizungsstruktur im Wohnungsneubau; Stände 10/2016 und 05/2017.*
- [5] BDH Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie, *Folie "Effizienz und erneuerbare Energien wachsen weiter [...]", 2017.*
- [6] BMWi Bundesministerium für Energie und Wirtschaft, *Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland [...] Stand: Februar 2017, 02/2017.*
- [7] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), *Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, Berlin, 2010.*
- [8] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), *Klimaschutzplan 2050; Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung, 11/2016.*
- [9] BMUB Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, *Aktionsprogramm Klimaschutz 2020; Kabinettsbeschluss vom 3. Dezember 2014, 12/2014.*
- [10] *EPBD 2010: Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, DE, 14.11.2012.*
- [11] Statistisches Bundesamt, *Gebäude und Wohnungen -- Ergebnisse des Zensus am 9. Mai 2011, 05/2014.*
- [12] dena Deutsche Energie-Agentur, *dena-GEBÄUDEREPORT 2016; Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand, 11/2016.*
- [13] BDH Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie, *Folien "Effizienzstruktur Heizungsanlagenbestand 2016" und "Nur ein Drittel der Heizungen [...] entspricht dem Stand der Technik", 2015.*
- [14] ARGEBAU Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz, *MFeuV:2016-01 Muster-Feuerungsverordnung; Stand: September 2007; geändert [...] 28.01.2016, 01/2016.*
- [15] DIBt Deutsches Institut für Bautechnik, Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz, *Auslegungsfragen zur Energieeinsparverordnung -- Teil 19, 08/2014.*

- [16] ARGEBAU Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz, *MBO:2016-05 Musterbauordnung -- MBO -- Fassung November 2002, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 13.05.2016, 05/2016.*
- [17] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), *Referentenentwurf GEG Gesetz zur Einsparung von energie und zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden; Bearbeitungsstand 23.01.2017, 01/2017.*