

Entscheidungskriterien für ein neues Heizsystem – mehr als ein Heizkostenvergleich

Steht eine Erneuerung des Heizsystems an, so kann der Hausbesitzer heutzutage aus einer Vielzahl von Heizungstechnologien wählen. Die Entscheidung ist alles andere als einfach, denn eine neue Heizanlage ist eine langfristige Investition, die gut überlegt sein will.

Welches Heizsystem ist das günstigste? Diese Frage steht oft im Raum, wenn eine neue Heizung angeschafft werden muss. Bei der Beantwortung dieser Frage ist die reine Betrachtung der Brennstoffkosten ebenso wenig aussagekräftig wie ein alleiniger Vergleich der Anschaffungskosten. Ist der Energieträger günstig und lässt das neue Heizsystem niedrige Betriebs- und Wartungskosten erwarten, so können sich höhere Investitionen schnell amortisieren. Die laufenden Kosten bewegen sich in der Realität aber nur dann im kalkulierten Bereich, wenn das Heizsystem an 365 Tagen im Jahr und auch nach vielen Betriebsjahren noch effizient und störungsfrei arbeitet. Hierzu müssen bereits bei der Planung, aber auch während der gesamten Laufzeit optimale Voraussetzungen geschaffen werden. Zu beachten gilt beispielsweise

- Die Wärmeerzeuger dürfen weder zu groß noch zu klein dimensioniert sein. Für die richtige Auslegung ist es notwendig, die maximale Heizlast des Gebäudes zu kennen – also die Heizleistung die benötigt wird, um auch bei sehr tiefen Außentemperaturen eine bestimmte Raumtemperatur aufrecht zu erhalten. Sie kann mittels Normen berechnet werden. Alternativ erfolgt eine Ableitung der Heizlast aus den bisherigen Brennstoffverbräuchen. Oft wurden Heizkessel früher viel zu groß dimensioniert!
- Die Heizleistung des Wärmeerzeugungssystems sollte sich flexibel an den Wärmebedarf anpassen können. Modulierende Heizanlagen stellen bedarfsgerecht Wärme bereit und Energiespeichersysteme (Pufferspeicher) helfen, Erzeugung und Wärmebedarf auszugleichen und zeitlich zu entkoppeln.
- Die einzelnen Komponenten des Heizsystems sind sinnvoll aufeinander abzustimmen und regelmäßig zu warten.
- Bei Holzheizungen ist auf die Qualität des Brennstoffs zu achten.
- Wärmepumpen verlieren bei höheren Temperaturanforderungen an Effizienz. Dieser Sachverhalt ist im Gebäudebestand besonders zu berücksichtigen.

Die Wirtschaftlichkeit verschiedener Heiztechnologien sollte stets auf Basis der jährlichen Vollkosten verglichen werden. Das vorliegende Hintergrundpapier beinhaltet einen beispielhaften Heizkostenvergleich und erläutert die Annahmen, die hinter den Berechnungen stehen. Die Entscheidung für oder gegen ein bestimmtes Heizsystem ist aber häufig nicht allein von den Kosten abhängig. In dieser Informationsschrift werden daher auch andere ebenso wichtige Kriterien (z.B. Platzbedarf, Komfort, Klimawirkung) beleuchtet, die bei der Wahl des neuen Heizsystems berücksichtigt werden können oder müssen.



Inhalt des Informationsblattes

Heizkostenvergleich – ein Beispiel für den Gebäudebestand	2
Was sagt uns der Heizkostenvergleich?	4
Weitere wichtige Entscheidungskriterien beim Heizungstausch.....	5
Zusammenfassung der Vor- und Nachteile von Heizsystemen	11
Heizungstausch frühzeitig planen und an die Zukunft denken!	11
Muss eine alte Ölheizung erneuert werden?	12
Fördermöglichkeiten für Heizungsmodernisierung	12
Erläuterung zu den Annahmen des Heizkostenvergleichs	14

Heizkostenvergleich – ein Beispiel für den Gebäudebestand

Die zu erwartenden Vollkosten eines neuen Heizsystems können grundsätzlich nur mit individuellen Angeboten von Heizungsbaufirmen seriös kalkuliert werden. Zu unterschiedlich sind die baulichen Gegebenheiten und Anforderungen vor Ort. Die Preisspannen der Handwerksbetriebe können zudem enorm sein. Auch stellt ein Vergleich verschiedener Technologien eine Momentaufnahme dar, denn niemand kann vorhersagen, wie sich die Preise für Heizöl, Erdgas, Holzbrennstoffe und Strom entwickeln werden. Aktuelle ordnungspolitische Maßnahmen, wie die progressive CO₂-Abgabe auf fossile Brennstoffe ab 2021 oder das Verbot reiner Ölheizungen ab 2026 (nur Neuanlagen und Kesseltausch) spielen zudem eine wichtige Rolle.

Der nachfolgend angestellte Vergleich für ein Einfamilienhaus (Gebäudebestand) gibt daher lediglich einen Überblick über die Systematik der Berechnung und kann allenfalls als grobe Orientierungshilfe bei der Heizungsmodernisierung dienen. Berechnet sind die jährlichen Vollkosten bei statischer Betrachtung, aufgeteilt in folgende Kostenblöcke:

- Kapitalgebundene Kosten (Annuität, Förderung berücksichtigt)
- Bedarfsgebundene Kosten (Brennstoffkosten, Strom)
- Betriebsgebundene und sonstige Kosten (Kaminkehrer, Wartung, Instandsetzung, Grundgebühren)

Zusätzlich ist abgebildet, um wie viel die kapitalgebundenen Kosten durch aktuelle Investitionszuschüsse reduziert werden und wie sich die beschlossene CO₂-Abgabe auf fossile Brennstoffe bei den bedarfsgebundenen Kosten auswirken wird.

Heizungsmodernisierung Einfamilienhaus (Altbau):

- 150 m² Wohnfläche
- Wärmebedarf 150 kWh/m², 4 Personen
- Bestand: Ölheizung, bisheriger Brennstoffbedarf ca. 3.000 Liter

Tab. 1: Beispielhafter Heizkostenvergleich -Heizungsmodernisierung Einfamilienhaus (brutto)

	Einheit	Heizöl-BW (ohne Öltank)	Erdgas-BW + Gasan- schluss	Erdgas- Solar- Hybrid	Scheitholz	Scheitholz- Solar- Hybrid	Holz- pellets	Nahwärme Holz- heizwerk	WP Luft	WP Erdsonde
Heizlast	kW	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Jahreswärmebedarf inkl. Warmwasser	kWh/a	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
solare Deckung Heizung	%			20%		20%				
solare Deckung Warmwasser	%			50%		50%				
Jahresnutzungsgrad bzw. JAZ	%	85%	90%	90%	85%	85%	85%	100%	310%	410%
Energieeinsatz pro Jahr	kWh/a	29.412	27.778	21.222	29.412	22.471	29.412	25.000	8.065	6.098
Heizwert Brennstoff		10 kWh/l	10 kWh/m³	10 kWh/m³	1800 kWh/Rm	1800 kWh/Rm	4,9 kWh/kg			
Jahresbrennstoffbedarf		2.950 l	2.778 m³	2.122 m³	16 Rm	12 Rm	6,0 t			
spezif. Preis Energieträger		63 ct/l	6 ct/kWh	6 ct/kWh	95 €/Rm	95 €/Rm	240 €/t	10 ct/kWh *	22 ct/kWh	22 ct/kWh
Preis Hilfsenergie (Strom)	ct/kWh	29	29	29	29	29	29	29	29	29
Investition Heizsystem	€	12.500	13.000	24.500	18.000	28.500	29.000	11.500	27.500	39.000
Investitionsförderung	€			9.800	8.100	12.825	13.050	5.175	12.375	17.550
kapitalgebundene Kosten ***	€/a	764	795	1.498	1.101	1.743	1.774	703	1.682	2.065
Annuitätsabzug durch Förderung	€/a	0	0	-599	-495	-784	-798	-316	-757	-1.073
Annuität mit Förderung	€/a	764	795	899	605	959	975	387	925	992
bedarfsgebundene Kosten	€/a	1.962	1.739	1.382	1.661	1.295	1.622	1.536	1.774	1.341
davon Brennstoffkosten	€/a	1.853	1.667	1.273	1.552	1.186	1.441	1.500 *	1.774	1.341
davon Hilfsenergie	€/a	109	73	109	109	109	181	36		
betriebsgeb. u. sonstige Kosten	€/a	332	440	555	593	750	698	1.000	395	380
davon Schornsteinfeger	€/a	67	35	35	150	150	150			
davon Instandhaltung	€/a	265	245	360	443	600	548		275	260
davon Grundgebühren	€/a		160	160				1.000 *	120	120
zzgl. CO2-Abgabe (2025)	€/a	513	484	370						
Jahreskosten mit CO2-Steuer	€/a	3.571	3.459	3.805	3.354	3.788	4.093	3.240	3.851	3.787
Jahreskosten mit Förderung	€/a	3.571	3.459	3.206	2.859	3.003	3.295	2.923	3.094	2.713
spez. Kosten ohne Förderung	ct/kWh	14,3	13,8	15,2	13,4	15,2	16,4	13,0	15,4	15,1
spez. Kosten mit Förderung	ct/kWh	14,3	13,8	12,8	11,4	12,0	13,2	11,7	12,4	10,9

* Der spezif. Preis der Nahwärme teilt sich in Brennstoffkosten und Grundgebühren im Verhältnis 60/40 auf.

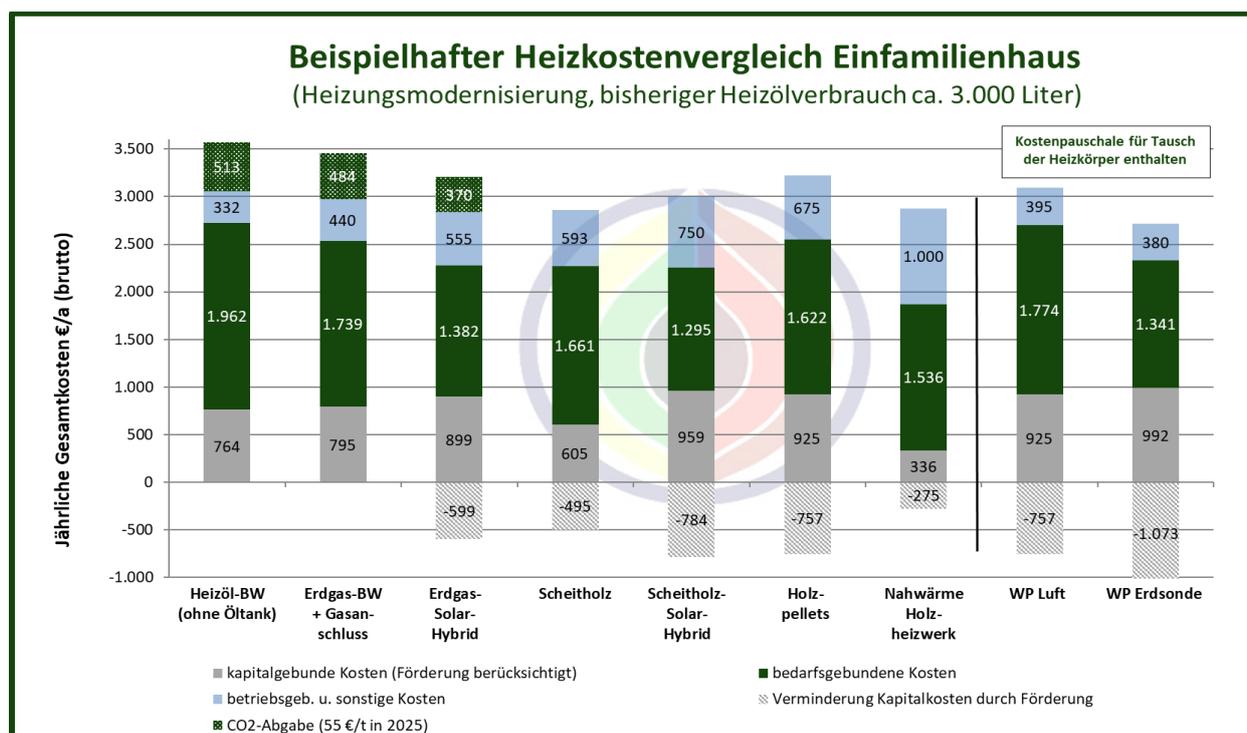


Abb. 1: Grafische Darstellung des beispielhaften Heizkostenvergleichs

Was sagt uns der Heizkostenvergleich?

- **Wärme gibt es nicht umsonst**

Die jährlichen Heizkosten der betrachteten Varianten liegen zwischen 2.700 und 3.600 Euro. Daraus errechnen sich Wärmegestehungskosten von 11 bis 14 Cent pro Kilowattstunde. Aufgrund der hohen bedarfsgebundenen Kosten ist der Ersatz eines alten Ölkessels durch ein neues Brennwertgerät trotz vergleichsweise niedriger Anschaffungskosten die teuerste Variante. Die geringen Kostendifferenzen bei den regenerativen Heizsystemen machen deutlich, dass nicht allein die Heizkosten das ausschlaggebende Kriterium bei der Modernisierung sind, sondern die technische Sinnhaftigkeit und persönliche Präferenzen auch im Hinblick auf den Klimaschutz im Vordergrund stehen sollten.

- **Förderung mischt Karten neu**

Mit der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) will der Staat den Austausch alter Öl- und Gaskessel forcieren und die Umstellung auf erneuerbare Wärme oder hybride Heizungen mit regenerativem Anteil beschleunigen (Hybridgeräte kombinieren verschiedene Energieträger). Fördersätze bis zu 50 % bei Austausch eines Heizölkessels senken insbesondere bei regenerativen Heizsystemen mit hohen Anschaffungskosten deutlich die Heizkosten. Selbst bei niedrigen fossilen Brennstoffpreisen, wie sie in den vergangenen Jahren zu verzeichnen waren, erreichen die erneuerbaren Varianten nicht zuletzt wegen der lukrativen Zuschüsse eine vergleichbare Wirtschaftlichkeit oder schneiden sogar besser ab.

- **Zukünftige CO₂-Bepreisung verteuert fossile Heizsysteme**

Die CO₂-Steuer auf fossile Brennstoffe wie Heizöl und Erdgas wird im Laufe der Lebensdauer der Heizanlage deutliche Auswirkungen auf die Heizkosten haben. Bereits 2021 erhöht sich dadurch der Brutto-Preis für Heizöl um 8 Cent pro Liter, 2025 werden es bereits 17 Cent sein. In unserem Berechnungsbeispiel führt die CO₂-Steuer bei Heizvarianten mit fossilem Brennstoff im Jahr 2025 zu jährlichen Mehrkosten zwischen 280 und 510 €.

- **Holzheizung ist eine gute Alternative zu Öl**

Eine Pelletheizung ist zwar die teuerste regenerative Variante, sie ist aber durchaus wirtschaftlich konkurrenzfähig mit fossilen Heizsystemen - CO₂-Bepreisung mitberücksichtigt. Wer langfristig investiert und auf eine Wärmepumpe (WP) mit Erdsonde setzt, kann nochmals rund 600 Euro Heizkosten im Jahr sparen. Dennoch hat die Pelletheizung einen großen Vorteil: die baulichen Ansprüche der Heizung an die Gebäudesubstanz und die vorhandenen Heizflächen können ohne Weiteres erfüllt werden. Eine Wärmepumpe hingegen kann im Altbau ihren Vorteil meist nur dann ausspielen, wenn die Heizkörper und die Warmwasserbereitung auf Niedertemperatur-Betrieb hin optimiert werden. Im besten Fall erfolgt eine energetische Sanierung des Gebäudes mit Einbau von Flächenheizungen. Im Heizkostenvergleich wurde ein pauschaler Kostenansatz für den Tausch der Heizkörper bei den WP-Varianten berücksichtigt.

- **Höhere Anschaffungskosten bei Erneuerbaren Energien zahlen sich langfristig aus**

Auch wenn für Privathaushalte die hohen Anschaffungskosten einiger regenerativer Heizsysteme (z.B. Pelletheizung, Solarthermie oder Erd-WP) eine finanzielle Hürde darstellen können, sollten diese die derzeit hohen Zuschüsse und günstigen Finanzierungsmöglichkeiten bedenken! Nie waren die Rahmenbedingungen günstiger, um in nachhaltige Technologie zu investieren.



C.A.R.M.E.N.-Information

- **Nahwärme konkurrenzfähig**

Der Anschluss an ein Nahwärmenetz – sofern vor Ort schon vorhanden oder geplant - ist eine sehr preisstabile und dazu klimafreundliche Möglichkeit zu heizen, ohne hohe Anfangsinvestitionen tätigen zu müssen.

Weitere wichtige Entscheidungskriterien beim Heizungstausch

Jedes Heizsystem hat seine Vor- und Nachteile. Nicht allein die Investitionssumme oder die laufenden Kosten sind entscheidend. Auch folgende Kriterien beeinflussen die Wahl einer neuen Heiztechnologie:

- Anschlussmöglichkeit an Versorgungsnetz (Erdgas, Fernwärme)
- Platzbedarf
- Komfort
- Installationsaufwand und Komplexität
- Umwelt- und Klimaschutz
- Unabhängigkeit von Energiemärkten usw.

Damit scheiden unter Umständen diverse im beispielhaften Heizkostenvergleich dargestellte Varianten im Einzelfall aus. Wir wollen einige dieser Aspekte beleuchten und weitere, im Vergleich nicht berücksichtigte Kombinationssysteme betrachten.

Öl-Heizungen – ein Auslaufmodell

Auch wenn neue Öl-Brennwert-Geräte günstig in der Anschaffung sind und gegenüber der Altanlage wesentlich effizienter mit dem fossilen Brennstoff umgehen, sollte man sich aus Klimaschutzgründen heutzutage nicht mehr für eine reine Öl-Heizung entscheiden. Mehr als 300 g CO₂ je Kilowattstunde Nutzwärme stößt eine Ölheizung aus. Die CO₂-Bilanz einer Pelletanlage fällt im Lebenszyklus betrachtet mit nur 29 g CO₂ hingegen um den Faktor 10 geringer aus (vgl. Abbildung 2). Wird dennoch auf eine Ölheizung gesetzt, weil beispielsweise der Öltank noch in Ordnung ist und nur das Gerät getauscht werden muss, so sollte man den zusätzlichen Einbau einer regenerativen Komponente in Erwägung ziehen. Hierzu bietet sich beispielsweise eine **solarthermische Anlage** an, die nicht nur der Trinkwassererwärmung, sondern auch der Heizungsunterstützung dienen kann. 20 bis 30 % des Jahresenergiebedarfs schickt die Sonne dann den Bewohnern des Hauses kostenlos. Das spart nicht nur Betriebskosten, sondern auch Emissionen! Ein Stück Unabhängigkeit von Energiemärkten ist der Zugewinn.

Es macht Sinn, die Heizung bereits jetzt zukunftsfähig auszurichten, denn ab 2026 erlaubt der Gesetzgeber den Einbau neuer Ölheizungen sowieso nur mehr in Kombination mit regenerativen Heiztechniken! Um auch in den trüben Wintermonaten Heizöl einzusparen, kann zudem ein moderner Kaminofen sinnvoll sein. Die Gemütlichkeit gibt es gratis dazu.

Gas-Heizung – attraktiv, aber nicht erneuerbar

Viele ländliche Wohngebiete sind nicht mit einer Gasleitung erschlossen, so dass das sehr komfortable Erdgas häufig als Tauschoption zu Heizöl ausscheidet. Als Alternative zur Gasleitung kann über einen Flüssiggastank nachgedacht werden. Wird der Tank gemietet, bindet sich der Hausbesitzer an einen festen Brennstofflieferanten. Ein Preisvergleich beim Gaseinkauf ist dann nicht möglich. Jedem, der mit Erdgas liebäugelt, muss aber bewusst sein, dass auch die Verbrennung von Erdgas in erheblichem Maße zur Klimaerwärmung beiträgt und Erdgas kein heimischer, regenerativer Brennstoff ist. Deshalb sollte auch die in der Anschaffung sehr günstige Gastherme mit einem regenerativen Wärmeerzeuger, z.B. **Solarkollektoren** oder **Wärmepumpe** kombiniert werden.

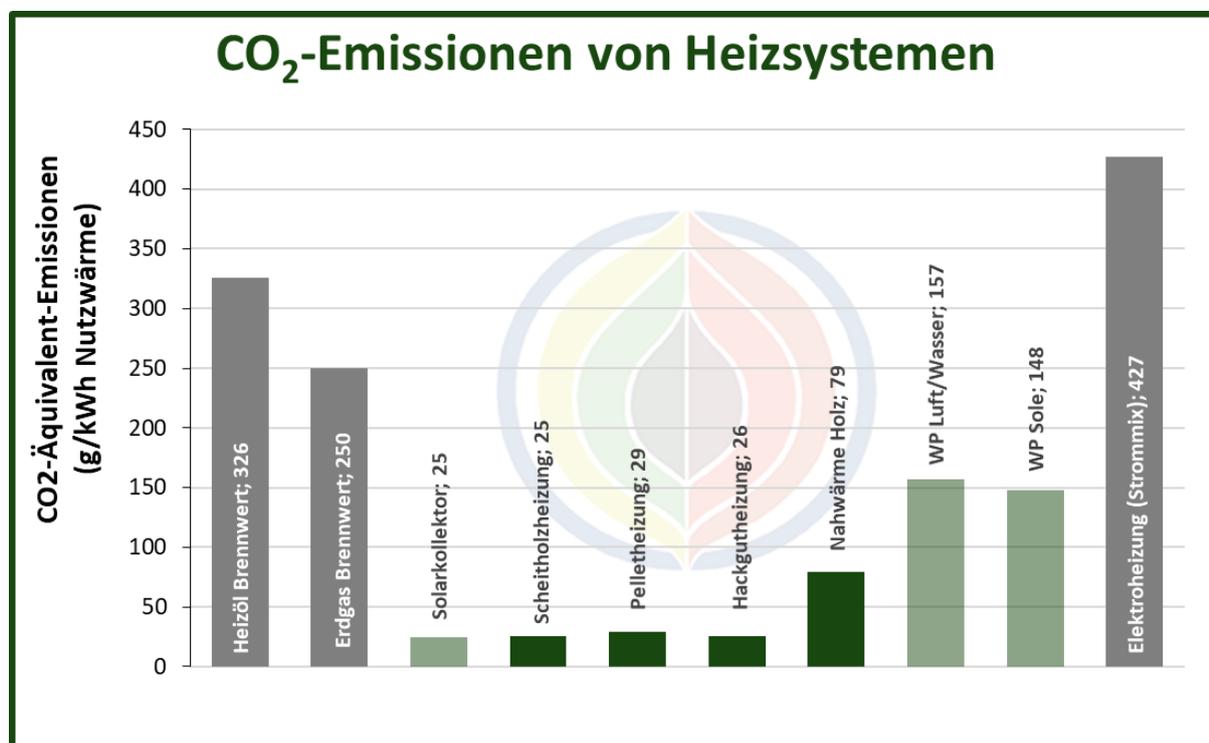


Abb. 2: CO₂-Emissionen von Heizsystemen (eigene Darstellung); Datenquelle: GEMIS 4.95; UBA (2020); Hinweis WP: Berechnung mit Emissionen Strommix 2019, mit Grün-Strom schneiden WP entsprechend besser ab

Scheitholzkessel – für Individualisten

Das Heizen mit einem Zentralheizungskessel für Scheitholz kann im ländlichen Raum eine der günstigsten Technologien sein. Wenn nur die Arbeit nicht wäre! Zwar bringt ein großzügig dimensionierter Pufferspeicher einen gewissen Heizkomfort, dennoch ist der zeitliche Aufwand und die regelmäßige körperliche Tätigkeit nicht in jedem Haushalt zu stemmen. Der Umstieg auf dieses weitgehend klimaneutrale Heizsystem will daher gut überlegt sein. Die zusätzliche Installation eines **Solarkollektors** führt zwar i.d.R. zu höheren Heizkosten, erfüllt in Kombination mit einem Scheitholzkessel aber besonders diesen



Zweck: Er entlastet den Einheizler in den Sommermonaten und in der Übergangszeit. Beide Wärmeerzeuger benötigen einen großen Pufferspeicher, so dass sie sich hier perfekt ergänzen. Mehr zeitliche Unabhängigkeit und Komfort gewähren sogenannte Kombikessel, bei denen zusätzlich ein Pelletbrenner samt Vorratstank für die Pellets verbaut ist. Der Wechsel von Stückholz auf Pellets erfolgt automatisch.

Eine luftige, regengeschützte Lagermöglichkeit für rund 20 Raummeter Scheitholz sollte bei einem bisherigen Heizölverbrauch von 3.000 Litern vorhanden sein, um den gesamten Wärmebedarf eines Jahres mit Brennholz decken zu können.

Holzpelletkessel – universell einsetzbar und komfortabel

Häufig werden alte Ölkessel durch einen Pelletkessel ersetzt - und das kommt nicht von ungefähr. Zugegeben, bei den Umbaukosten muss der Hausbesitzer zunächst tief in die Tasche greifen. Dank hoher Förderung halten sich die Mehrkosten bei den Investitionen aber in Grenzen und der umweltfreundliche Brennstoff ist im langjährigen Vergleich günstiger als Öl- und Gas zu beziehen. Zudem bietet das Heizsystem dank der genormten, rieselfähigen Holzpellets einen ähnlichen Heizkomfort wie eine Ölheizung.

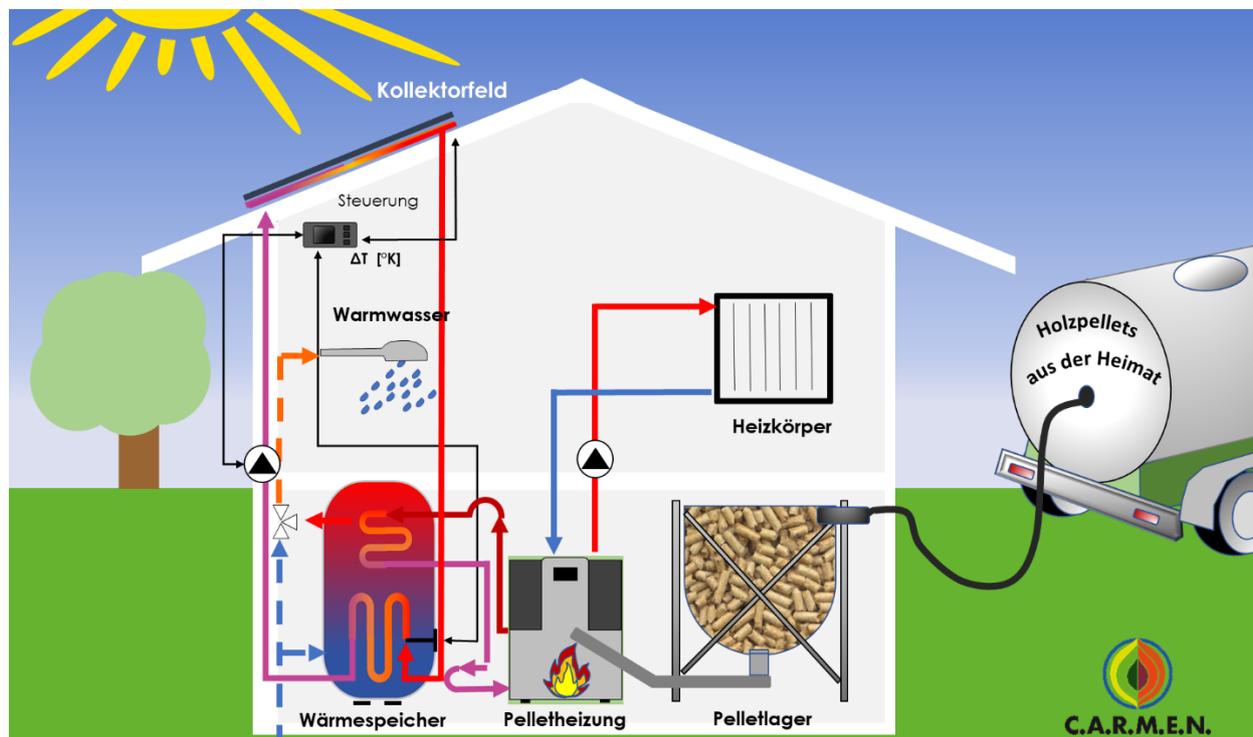


Abb. 3: Schematische Darstellung eines Pelletheizsystems mit Brennstofflieferung und -lagerung (eigene Darstellung)

In der Regel reicht für das Pelletlager der Platz aus, der vormals vom Öltank gebraucht wurde. Ein Netto-Lagervolumen von rund 10 m³ ist bei einem bisherigen Heizölverbrauch von 3.000 Litern notwendig, sofern man nicht zweimal pro Jahr tanken möchte. In feuchten Kellern können spezielle Tanks bzw. Fertigsilos die Pellets vor Nässe schützen. Die



C.A.R.M.E.N.-Information

Hersteller bieten mittlerweile für jede räumliche Situation eine standardisierte Lösung, so dass der Slogan „**Heizöl raus, Pellet rein**“ tatsächlich in den meisten Fällen zutreffen wird. Weitere Umbaumaßnahmen bei der Wärmeverteilung sind nicht notwendig, da Pelletkessel problemlos ein hohes Temperaturniveau bereitstellen können. Pelletkessel sind daher eine echte Alternative zur herkömmlichen Ölfeuerung und oft auch die einzige - wenn weder Sanierungsmaßnahmen geplant sind, die den effektiven Einsatz von Wärmepumpen gewährleisten noch ein Gasanschluss möglich ist. Weitere Details zu Pelletheizungen können Sie in unserer Broschüre „[Holzpellets – die Alternative zu Heizöl – Komfortabel, sauber, regenerativ](#)“ nachlesen.

Hackschnitzelkessel – für große Liegenschaften

Nur selten werden Hackschnitzelkessel im typischen Einfamilienhaus installiert. Allein die Zufahrtmöglichkeit für Brennstoff-Lieferfahrzeuge und ein großzügiges freies Lager für das bisweilen feuchte Hackgut sind in Wohnsiedlungen begrenzende Faktoren. Im unserem Kostenvergleich mit einer abzudeckenden Heizlast von rund 15 kW ist diese Art der Holzheizung daher nicht dargestellt. Die Vorteile der vergleichsweise teuren Hackguttechnik kommen i.d.R. erst bei einem höheren Energiebedarf der Liegenschaft oder im Nahwärmeverbund zum Tragen. Wer dennoch für sein Einfamilienhaus eine Hackgutanlage installieren möchte, wird am Markt fündig, denn es gibt durchaus Hersteller, die Kessel mit einer Nennwärmeleistung von 15 oder 20 kW anbieten. Alternativ können zwei oder drei Nachbarn gemeinschaftlich eine Hackschnitzelanlage zur Versorgung ihrer Häuser betreiben. Im ländlichen Raum sind diese sogenannten Mikronetze weit verbreitet.

Anschluss an ein Nahwärmenetz – unkompliziert und kalkulierbar

Warum in eine eigene Heizung investieren? Diese Frage kann sich der Hausbesitzer stellen, in dessen Ortschaft ein Nahwärmenetz bereits betrieben wird oder geplant ist. In Bayern gibt es schon viele Gemeinden, die über eine derartige Infrastruktur verfügen. Im Gegensatz zu Fernwärmenetzen, die noch immer überwiegend mit Abwärme aus Gas- oder Kohlekraftwerken gespeist werden und innerstädtische Gebiete versorgen, werden Nahwärmenetze häufig mit Wärme aus Holzheizwerken oder/und mit Abwärme aus Biogasanlagen betrieben. Die über erdverlegte Leitungen gelieferte Wärme verursacht daher nur sehr geringe CO₂-Emissionen. Nach der Errichtung des Hausanschlusses müssen sich die Hausbewohner um nichts mehr kümmern: keine Wartung der Heizung, kein Kaminkehrer, kein Heizöl bestellen und dazu mehr Platz im Keller! Die Hausanschlusskosten sind vergleichsweise günstig (ähnlich einer Gastherme) und die laufenden Kosten sind kalkulierbar dank stabiler Biomassepreise. Ja, man macht sich von einem Anbieter abhängig. Dieser ist jedoch häufig in die regionalen Wirtschaftskreisläufe eingebunden. Zudem werden viele Nahwärmenetze genossenschaftlich betrieben.

Bei Ihnen gibt es kein Nahwärmenetz? Dann bringen Sie diese Idee doch bei der nächsten Bürgerversammlung ein. Nicht nur Sie müssen einen Heizölkessel tauschen, wahrscheinlich die meisten Häuser in Ihrer Siedlung. [Hier](#) erhalten Sie mehr Informationen zum Thema Nahwärme.



Wärmepumpen (WP) – örtliche Gegebenheiten entscheidend

Umweltwärme zu nutzen, ist bei Neubauvorhaben beinahe schon ein Muss. Mit einem Marktanteil von 46 % im Jahr 2019 (DESTATIS 2020) hat die Wärmepumpe Erdgas mittlerweile als Energieträger bei neu genehmigten Wohnungen überholt. Hinsichtlich der CO₂-Emissionen gilt diese Art der Wärmebereitstellung besonders dann als umweltfreundlich, wenn der Antriebsstrom für die Wärmepumpe mit Wind- und Solaranlagen oder aus Biomasse bereitgestellt wird. Erfreulicherweise steigt der Anteil der Erneuerbaren am deutschen Strommix von Jahr zu Jahr, im Jahr 2019 auf 46 %.

Im Gebäudebestand ist dieses Heizsystem dennoch differenzierter zu betrachten und bei Weitem kein Selbstläufer. Die Voraussetzungen müssen stimmen! Die Heizkörper im Altbau brauchen meist Vorlauftemperaturen über 50 Grad Celsius, ebenso die Trinkwassererwärmung. Ist die Quelltemperatur (z. B. Außenluft) niedrig, hat die WP so einen sehr hohen Temperaturhub zu bewerkstelligen, was zu unakzeptablen Wirkungsgraden führt. Der Stromverbrauch steigt, die Jahresarbeitszahl sinkt (JAZ - Verhältnis zwischen elektrischer Antriebsenergie und erzeugter thermischer Energie in einem Jahr). Wer allerdings auf groß dimensionierte Heizkörper mit geringen Vorlauftemperaturen setzt, der kann auch im Gebäudebestand die Option WP ins Auge fassen. Optimal wären Flächenheizungen mit einer Vorlauftemperatur kleiner 35 Grad Celsius in Verbindung mit energetischen Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle.

Sowohl für die Erneuerung der Heizflächen als auch für Energieeinsparmaßnahmen an der Gebäudehülle gibt es übrigens ebenso lukrative Fördermöglichkeiten wie für die reine Erneuerung des Wärmeerzeugers. Sole- oder Grundwasser/Wasser-WP, die eine über das ganze Jahr gleichmäßig „warme“ Quelle anzapfen, sind in jedem Fall der Luft/Wasser-WP vorzuziehen, denn sie erreichen höhere JAZ. Dieser Grundsatz gilt auch für den Neubau. Doch nicht überall sind diese erdgebundenen WP aus geologischen Gründen erlaubt. Eine Anfrage beim Wasserwirtschaftsamt bringt Klarheit.

Dank der überregionalen Bezugsmöglichkeit eines günstigen WP-Stromtarifs von derzeit rund 22 Cent pro kWh und Zuschüssen bis zu 45 % des Investitionsumfanges (inkl. Optimierung der Heizflächen) schneidet die WP unter den getroffenen Annahmen in unserem Heizkostenvergleich günstig ab. Wer den WP-Tarif nutzen will, muss neben dem Haushaltsstrom einen zweiten Stromliefervertrag abschließen und die Grundgebühr für einen zweiten Zähler tätigen (ca. 120 €/a). Eine weitere Einschränkung kann PV-Anlagen-Betreiber betreffen, die Eigenstrom aus der PV-Anlage zum Betrieb der WP nutzen wollen: Viele Energieversorger erlauben die Kombination von WP-Tarif und Nutzung des selbst erzeugten PV-Stroms nicht. Im Einzelfall sollte man sich daher über die grundsätzlichen Möglichkeiten beim Energieversorger informieren.

Wer mehr Informationen zu Wärmepumpen haben möchte, findet diese in unserer Broschüre „[Nutzung von Umweltwärme mit Wärmepumpen – Überblick zu Technik und Anwendung](#)“.



C.A.R.M.E.N.-Information

Solarthermie und Photovoltaik (PV)

Die Nutzung von Solarenergie als Ergänzung zu einem brennstoffabhängigen Wärmeerzeuger wurde bereits mehrfach erwähnt. Solarthermieanlagen, die neben der Trinkwassererwärmung auch heizungsunterstützend wirken sollen, müssen etwa doppelt so groß ausgelegt werden wie eine Anlage, die nur der reinen Trinkwassererwärmung dient.

Tab. 2: Faustzahlen Solarthermie (4-Personen-Haushalt)

	Kollektorfläche	Investitionskosten	Solarer Deckungsanteil
Trinkwassererwärmung	5 – 7 m ²	4.000 – 7.000 €	50 – 60 %
Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung	10 – 15 m ²	8.000 – 13.000 €	20 – 30 %

Aufgrund der hohen Investitionskosten haben Solarthermieanlagen trotz der kostenlosen Sonnenenergie und lukrativen Förderung Amortisationszeiten zwischen 10 und 15 Jahren, die aber bei einer Lebensdauer von weit über 20 Jahren hinaus wirtschaftlich vertretbar sind. Je teurer Brennstoffe sind oder in Zukunft werden, umso besser rechnet sich die Solaranlage. Die ökologischen Vorteile der Null-Emission wirken vom ersten Tag an. Zudem muss der Hauptwärmeerzeuger in den Übergangszeiten des Jahres weniger takten und im Sommer kann er sogar komplett abgeschaltet werden. Das erhöht die Lebensdauer des Kessels.

Betreiber einer PV-Anlage, die sich für eine WP entschieden haben, werden sich die Frage stellen: Macht es Sinn, den Strom von der eigenen PV-Anlage zum Betrieb einer WP zu verwenden? Auf den günstigen WP-Tarif für den restlichen Strombedarf der WP muss ja dann in der Regel verzichtet werden. Die monetären Vorteile gilt es im Einzelfall zu berechnen. Sie hängen vom Anteil des selbsterzeugten Antriebsstroms und der Höhe der Einspeisevergütung ab. Je höher der Autarkiegrad ist und je weniger man für den eingespeisten Strom bekommt, um so größer ist die Kostenersparnis bei Nutzung des PV-Stroms in einer WP. Mit PV-Strom direkt zu heizen, dürfte für die meisten Anwendungsfälle erst interessant sein, wenn die EEG-Vergütung ausgelaufen ist.

Hybridsysteme - Vorteile kombinieren

Die Kombination mehrerer Heiztechnologien ist im Vormarsch. Damit ist nicht nur der klassische Solarkollektor oder der Holzofen als Zusatzwärmeerzeuger gemeint. Nein, es gibt auch kompakte Hybridgeräte mit einer Wärmepumpe. Bei niedrigen Außentemperaturen stellt beispielsweise ein Gas-Brennwertgerät oder eine Pelletheizung die Wärme bereit, während den Rest des Jahres die WP in Betrieb ist. Aber nicht nur die Witterung bestimmt bei einem Hybridgerät den wahlweisen Einsatz der Wärmeerzeugungseinheit, auch die Energiepreise gehen in die automatische Steuerung ein, so dass stets die **wirtschaftlichste und/oder umweltfreundlichste Heizlösung** gewählt wird.



Ein smartes Hybridgerät ist besonders interessant, wenn Überschussstrom aus der eigenen PV-Anlage eingebunden werden kann. In der Anschaffung sind diese Geräte zwar teurer, aufgrund der optimierten Fahrweise amortisieren sich jedoch die Mehrkosten gegenüber monovalenten Wärmeerzeugern durch niedrigere Energiekosten schnell.

Zusammenfassung der Vor- und Nachteile von Heizsystemen

Alles in allem gilt es Pro und Contra der verschiedenen Technologien sorgfältig abzuwägen. Dabei ist auch der Zustand des Gebäudes, dessen geografische Lage und Nutzung sowie die Präferenzen des Hauseigentümers bzw. Mieters zu berücksichtigen.

Tab. 3: Beispielhafte Bewertung verschiedener Heizungslösungen im Altbau (eigene Darstellung)

Heizsystem	Heizöl	Erdgas	Stückholz-	Holzpellet	Luft/Wasser WP	Geothermie WP	Solarthermie	Nahwärme
Umweltfreundlich	☹️	☹️	😊	😊	😐	😊	😊	😊
Niedrige Investitionskosten	😊	😊	😊	☹️	😐	☹️	☹️	😊
Niedrige Energiekosten	☹️	☹️	😐	😐	😐	😐	😊	😐
Geringer Platzbedarf	😐	😊	☹️	😐	😐	😊	😐	😊
Unabhängig von Witterung	😊	😊	😊	😊	☹️	😊	☹️	😊
Heizkomfort	😐	😊	☹️	😐	😊	😊	😊	😊
Unabhängig von Energiekosten	☹️	☹️	😐	😐	😐	😐	😊	😐
Uneingeschränkte Eignung für Altbau	😊	😊	😊	😊	☹️	😐	😊	😊

Was ist mir wichtig? Diese Frage muss sich jeder Hausbesitzer selbst beantworten. Eine individuelle Matrix mit den wichtigsten Kriterien, ähnlich der Zusammenstellung in Tabelle 3, kann bei der Entscheidungsfindung helfen.

Heizungstausch frühzeitig planen und an die Zukunft denken!

Wer die Erneuerung der alten Heizanlage zu lange vor sich herschiebt, lebt mit dem Risiko, sich z.B. bei einem Defekt von heute auf morgen für ein neues Heizsystem entscheiden zu müssen. Das sind keine guten Voraussetzungen für ein so komplexes Thema. Es ist daher empfehlenswert, sich frühzeitig mit der Heizungsmodernisierung auseinander zu setzen und sich von unabhängigen Experten beraten zu lassen. Moderne Heizungen



C.A.R.M.E.N.-Information

arbeiten wesentlich effizienter, verbrauchen weniger Brennstoffe und sind emissionsärmer. Sie sparen damit Energiekosten und entlasten die Umwelt. Übrigens: In Zeiten niedriger Zinsen ist ein Heizungstausch lukrativer als eine Geldanlage. Warum also noch warten, wenn der Kessel schon in die Jahre gekommen ist?

Gerne bietet C.A.R.M.E.N. e.V. eine neutrale, kostenlose Beratung an.

Muss eine alte Ölheizung erneuert werden?

Sofern eine Ölheizung noch funktioniert und vom Kaminkehrer nicht beanstandet wird, ist grundsätzlich kein Hausbesitzer verpflichtet, eine Ölheizung egal welchen Alters auszutauschen. Zwar ist in § 72 des **Gebäudeenergiegesetzes** (GEG) geregelt, dass **Ölkessel, die älter als 30 Jahre sind, stillgelegt** werden müssen, es treffen aber im Einzelfall häufig folgende Ausnahmeregelungen zu:

- Von der Pflicht zum Heizungstausch ausgenommen sind Hausbesitzer, die eine Immobilie mit maximal zwei Wohnungen schon seit 01. Februar 2002 als Eigentümer bewohnen.
- Bestandsschutz gilt zudem für Niedertemperatur- und Brennwertkessel.

Neue Eigentümer, auch Erben, die bisher schon im Haus gelebt haben, müssen allerdings eine neue Heizanlage installieren. Dafür haben sie nach Eigentumsübergang zwei Jahre Zeit.

Fördermöglichkeiten für Heizungsmodernisierung

Nur wenn es gelingt, die Sanierungsrate im Gebäudebereich im nächsten Jahrzehnt zu steigern, können die Energie- und Klimaziele 2030 im Gebäudesektor erreicht werden. Um entsprechende Investitionen anzureizen, wurden deshalb bereits im Jahr 2020 die staatlichen Zuschüsse für regenerative Heizsysteme und Energieeffizienzmaßnahmen an der Gebäudehülle deutlich angehoben. Im Jahr 2021 erfolgte eine Neuordnung der Förderlandschaft und alle bisherigen Förderprogramme für Energieeffizienz von Gebäuden und die Nutzung erneuerbarer Wärme werden unter weitgehender Beibehaltung der Förderintensität im Förderprogramm „**Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)**“ gebündelt.

Das BEG besteht aus drei Teilprogrammen:

- BEG WG: Vollsanierung oder Neubau von Wohngebäuden auf Effizienzhaus-Niveau
- BEG NWG: Vollsanierung oder Neubau von Nichtwohngebäuden auf Effizienzhaus-Niveau
- BEG EM: Einzelmaßnahmen an bestehenden Wohn- oder Nichtwohngebäuden



C.A.R.M.E.N.-Information

Im Rahmen des hier erörterten Themas „Heizungstausch“ sind insbesondere die förderfähigen Einzelmaßnahmen interessant, die bei der [BAFA](#) (Zuschussvariante) bzw. der [KfW](#) (Kreditvariante) beantragt werden können. In diesem Programmteil sind die Zuschüsse für neue regenerative Heizsysteme angesiedelt, sofern das Bestandsgebäude nicht durch weitere Dämmmaßnahmen an der Gebäudehülle auf ein Effizienzhaus-Niveau saniert wird. Dann wären die Kosten für die neue Heizung im Programmteil BEG WG anzusetzen. Die Förderintensität der jeweiligen Einzelmaßnahmen, die nur für den Gebäudebestand gewährt werden, fasst Tabelle 4 zusammen.

Tab. 4: Übersicht zur Bundesförderung effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen

Förderfähige Einzelmaßnahmen		Fördersatz	Fördersatz mit Austausch Ölheizung
Erneuerbare Heizsysteme und Gas-Hybridheizungen			
Gas-Brennwertheizungen („Renewable Ready“)		20 %	
Gas-Hybridheizungen		30 %	40 %
Solarkollektoranlagen		30 %	
Biomasseheizung	ohne Innovationsbonus	35 %	45 %
	mit Innovationsbonus	40 %	50 %
Wärmepumpe		35 %	45 %
Innovative Heiztechnik (erneuerbare Energien)		35 %	45 %
Erneuerbare Energien Hybridheizung		35 %	45 %
Gebäudenetz (bis 16 Anschließer)	Erneuerbare Wärme \geq 55 %	30 %	40 %
	Erneuerbare Wärme \geq 75 %	35 %	45 %
Anschluss an ein Gebäude- oder Wärmenetz	Erneuerbare Wärme \geq 25 %	30 %	40 %
	Erneuerbare Wärme \geq 55 %	35 %	45 %
Maßnahmen an der Gebäudehülle (z.B. nur neue Fenster)		20 %	
Maßnahmen an der Gebäudetechnik (z.B. Lüftungstechnik)		20 %	
Maßnahmen zur Heizungsoptimierung (z.B. Pumpentausch)		20 %	
Fachplanung und Baubegleitung		50 %	

30 bis 40 % der förderfähigen Bruttokosten erhält ein Bauherr vom Staat, wenn er auf ein regeneratives Heizsystem setzt. Wird zeitgleich eine alte Ölheizung demontiert, erhöhen sich die Basis-Zuschüsse um 10 % auf bis zu 50%. Für eine Pelletheizung mit niedrigen Staubemissionen, die anstatt eines Ölkessels eingebaut wird, übernimmt der Staat im Idealfall somit die Hälfte der Kosten. Bis zu 60.000 Euro pro Wohneinheit werden bei Wohngebäuden als förderfähige Kosten für energetische Sanierungsmaßnahmen anerkannt. Dabei sind nicht nur die Anschaffungskosten für die Heiztechnik selbst förderfähig, auch der neue Kamin oder Demontearbeiten können beispielsweise angerechnet werden. Zu den sogenannten förderfähigen Umfeldmaßnahmen zählen aber auch die Anschaffungskosten für Flächenheizungen oder Niedertemperatur-Heizkörper – ideal also, wenn eine WP zukünftig für Wärme sorgen soll. Häuser, die bisher mit Einzelöfen beheizt wurden und nun auf eine Zentralheizung umstellen, profitieren ebenso von den förderfähigen Umfeldmaßnahmen.



C.A.R.M.E.N.-Information

Wer in einem Haus mit ungedämmter Kellerdecke oder oberster Geschossdecke lebt, sollte in jedem Fall auch eine Dämmung dieser Gewerke in Erwägung ziehen. Diese Maßnahmen sind vergleichsweise günstig umzusetzen. Es muss nicht immer eine Vollsanierung des Gebäudes sein, insbesondere wenn das Budget knapp ist. Auch Einzelmaßnahmen können erhebliche Energieeinspareffekte erzielen und helfen, langfristig die Heizkosten zu senken. Ein Zuschuss von 20 % wird hierfür gewährt. Sogar eine Schritt für Schritt Sanierung nach einem individuellen Sanierungsfahrplan wird über das Förderprogramm unterstützt. Ein um 5 % höherer Zuschuss auf alle Einzelmaßnahmen wird gewährt, wenn der Fahrplan nach 15 Jahren umgesetzt ist.

Die förderrechtlichen Rahmenbedingungen für eine Modernisierung sind also mehr als günstig.

Erläuterung zu den Annahmen des Heizkostenvergleichs

Heizvarianten

Die im Vergleich dargestellten Varianten für die Modernisierung des Heizsystems in einem durchschnittlichen Einfamilienhaus skizzieren sich wie folgt:

- Heizöl-Brennwertkessel, bestehender Öl-Tank wird gereinigt
- Gas-Brennwerttherme, Gasanschluss neu
- Gas-Hybridheizung bestehend aus Gas-Brennwertkessel mit Gasanschluss und 15 m² Solarkollektorfläche zur Trinkwasserbereitung und Heizungsunterstützung, Pufferspeicher
- Scheitholzessel mit Pufferspeicher
- Scheitholzessel mit Pufferspeicher und 15 m² Solarkollektorfläche zur Trinkwasserbereitung und Heizungsunterstützung
- Pelletkessel mit Pelletbunkersystem und Pufferspeicher
- Nahwärmeanschluss an ein mit Holzwärme gespeistes Nahwärmenetz
- Luft/Wasser-Wärmepumpe
- Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Erdsonden-Bohrung

Brutto-Investitionskosten und kapitalgebundene Kosten

Berücksichtigt wurden die Brutto-Investitionen für

- Wärmeerzeuger einschließlich Regelung
- Brennstofflager (Pellet), Öltanksanierung, Erdsonden-Bohrung
- notwendige Puffer- und Trinkwasserspeicher
- Schornsteinsanierung
- Elektroinstallation
- Montage
- hydraulischer Abgleich und geringfügige Optimierungsmaßnahmen
- Heizkörpermodernisierung (nur bei WP-Varianten)
- Demontage Ölkessel und Öltank, Entsorgung
- Hausanschluss (Nahwärme und Erdgas)



C.A.R.M.E.N.-Information

Erforderliche bauliche Maßnahmen oder Raumkosten sind nicht berücksichtigt. Die Modernisierungskosten für die Heizflächen bei den WP-Varianten wurden mit 7.500 Euro angesetzt.

Die Annuität wird pauschal mit einer Nutzungsdauer von 20 Jahren (Technik) bzw. 40 Jahren (Erdsonden) und mit einem kalkulatorischen Zinssatz von 2 % berechnet.

Jahresnutzungsgrad und Jahresarbeitszahl

- Für alle Wärmeerzeuger werden Jahresnutzungsgrade ohne Differenzierung zwischen Bereitstellung von Heizwärme oder Brauchwasser angesetzt.
- Energiegewinne aus einem Kondensationsvorgang bei den Brennwertgeräten (Gas und Öl) sind nicht berücksichtigt. Diese sind nur zu realisieren, wenn Heizflächen und Brauchwassererwärmung auf niedrige Betriebstemperaturen optimiert werden (Niedertemperatur-Heizkörper, Flächenheizungen, Frischwassersystem).
- Die Jahresarbeitszahlen (JAZ) bei den WP-Varianten wurden in Anlehnung an die Ergebnisse des Forschungsberichts „WPsmart im Bestand“ des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE festgelegt (ISE 2020). Sie entsprechen den im Rahmen der Feldtests erhobenen Mittelwerten. Es wird nochmals betont, dass eine Optimierung der Heizflächen auf Vorlauftemperaturen < 50 Grad Celsius mit einem pauschalen Investitionskostenansatz im Heizkostenvergleich berücksichtigt wurde.
- Es wird vorausgesetzt, dass alle bewerteten Wärmeerzeuger (Holzkessel, Solaranlagen, Wärmepumpen) die technischen Mindestvoraussetzungen des Bundesförderprogramms Energieeffiziente Gebäude (BEG) erfüllen.

Energiepreise

Die Energiepreise (brutto) wurden über die vergangenen drei Jahre gemittelt und basieren auf folgenden Quellen:

- Holzpellets: C.A.R.M.E.N.-Preisindizes, Liefermenge 10 Tonnen
- Nahwärme aus Holzheizwerken: eigene Erhebung, Mischwärmepreis inkl. Leistungspreis
- Scheitholz: Technologie- und Förderzentrum (TFZ)
- Heizöl, Erdgas: Statistisches Bundesamt

Der Antriebsstrom für die Wärmepumpe ist mit 22 Cent pro kWh veranschlagt. Dies entspricht einem derzeit üblichen Preis gemäß WP-Tarif (Heizstrom). Wird Haushaltsstrom für den Betrieb der WP verwendet, steigen nach den aktuellen Tarifverhältnissen die im Vergleich dargestellten bedarfsgebundenen Kosten um 16 bzw. 18 %. Die Nutzung von PV-Eigenstrom kann kostensenkend wirken.

Im Fall der Variante „Nahwärme“ splittet sich der Wärmepreis in die Komponenten Arbeitspreis und Grundpreis mit einem Verhältnis 60/40. Letztere Komponente wurde den betriebsgebundenen Kosten in Form einer Grundgebühr zugeordnet. Auch der Grundpreis für Erdgas und WP-Strom ist hier verortet.



C.A.R.M.E.N.-Information

Hilfsenergie

Der Hilfsstrombedarf wurde mit pauschalen Prozentanteilen am Jahreswärmebedarf berechnet: Heizöl 1,5 %, Gas 1 %, Stückholz 1,5 %, Pellets 2,5 %, Nahwärme 0,5 %
Der Hilfsenergiebedarf der WP ist in der JAZ enthalten.

Instandhaltung/Bedienung

Die Instandsetzungskosten wurden mit pauschalen Prozentanteilen an der Investition für den Wärmeerzeuger berechnet: fossile Brennstoffe/Solar 1 %, Pellet/Scheitholz 1,5 %, WP 1 %. Zusätzlich wurden Kostenpauschalen für Wartungsverträge angesetzt.

Förderung

Der Heizkostenvergleich ist mit Förderung gerechnet und berücksichtigt die im Rahmen des Bundesförderprogramms „Energieeffiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen (BEG EM)“ möglichen Zuschüsse ab Januar 2021 (siehe Kapitel „Fördermöglichkeiten für Heizungsmodernisierung“).

CO₂-Steuer

Im November 2020 ist das Gesetz zur Änderung des Brennstoffemissionshandelsgesetzes in Kraft getreten, das eine einheitliche CO₂-Abgabe für fossile Brennstoffe am Wärmemarkt festlegt. Der Preis für eine Tonne CO₂ beträgt 2021 zunächst 25 Euro. Bis zum Jahr 2025 soll der Preis schrittweise auf 55 Euro steigen. Um die Auswirkung der CO₂-Abgabe auf die laufenden Kosten aufzuzeigen, wird im Heizkostenvergleich eine entsprechende Kosten-Position „CO₂-Abgabe für das Jahr 2025“ abgebildet, die letztendlich die bedarfsgebundenen Kosten erhöht. Die spezifischen CO₂-Emissionen bezogen auf den Endenergiebedarf wurden für Heizöl mit 266 g/kWh und für Erdgas mit 202 g/kWh (Heizwert) angesetzt (UBA 2016).

Haftungsausschluss

Der beispielhafte Heizkostenvergleich beruht auf theoretischen Annahmen und aktuellen Rahmenbedingungen. Wir übernehmen keinerlei Haftung für die Richtigkeit und Übertragbarkeit auf reale Modernisierungsmaßnahmen.

C.A.R.M.E.N. e.V.

Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk

im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe

Schulgasse 18

D-94315 Straubing

Tel.: +49 - 9421 - 960 300

E-Mail: contact@carmen-ev.de

Web: <https://www.carmen-ev.de>



Quellen

DESTATIS, Statistisches Bundesamt(2020): Baugenehmigungen / Baufertigstellungen von Wohn- und Nichtwohngebäuden (Neubau) nach Art der Beheizung und Art der verwendeten Heizenergie, Lange Reihen ab 1980 – 2019, abgerufen am 09.11.2020 von: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Bauen/Publikationen/Downloads-Bautaetigkeit/baugenehmigungen-heizenergie-pdf-5311001.html>

Fraunhofer_Institut für Solar Energiesysteme (ISE) 2020: Abschlussbericht: Wärmepumpen im Gebäudebestand – Ergebnisse aus dem Förderungsprojekt „WPsmart im Bestand; Freiburg

Umweltbundesamt (UBA) 2020: Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 – 2019; Climate Change 13/2020; Dessau-Roßlau

Umweltbundesamt (UBA) 2019: Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2018; Climate Change 37/2019; Dessau-Roßlau

Umweltbundesamt (UBA) 2016: CO₂-Emissionsfaktoren für fossile Brennstoffe; Climate Change 27/2016; Dessau-Roßlau

IINAS 2017: GEMIS Version 4.95 - Stand April 2017, Darmstadt