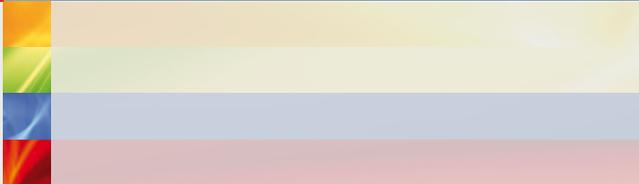
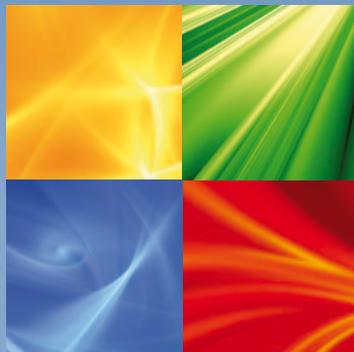


Energetische Modernisierung von Ein- und Mehrfamilienhäusern

Einsatz eines Wärmeübergabesystems in Verbindung mit einer Wärmepumpe



BDH

Bundesindustrieverband Deutschland
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis	2
Einleitung	3
Rahmenbedingungen	4
Rahmenbedingungen für den Einsatz einer Wärmepumpe	4
EU-Rahmenbedingungen	6
Hydraulische und regelungstechnische Besonderheiten bei der Planung von Wärmepumpenanlagen	8
Besondere Hinweise für verschiedene Wärmequellen	10
Wärmequellen	10
Luft-Wasser-Wärmepumpen	10
Sole-Wasser-Wärmepumpen	12
Wasser-Wasser-Wärmepumpen	12
Erdkollektoren	12
Erdsonden	12
Außenluft	12
Betriebsweisen	13
Monovalent	13
Bivalent	13
Mono-energetisch	14
Trinkwassererwärmung	15
Planung des geeigneten Wärmeübergabesystems	16
Flächenheizung	16
Heizkörper	16
Kombination Heizkörper mit Fußbodenheizung	17
Praxisbeispiele	18
Übersicht der drei Gebäudetypen	22
Modernisierungsbeispiele	24



EINLEITUNG

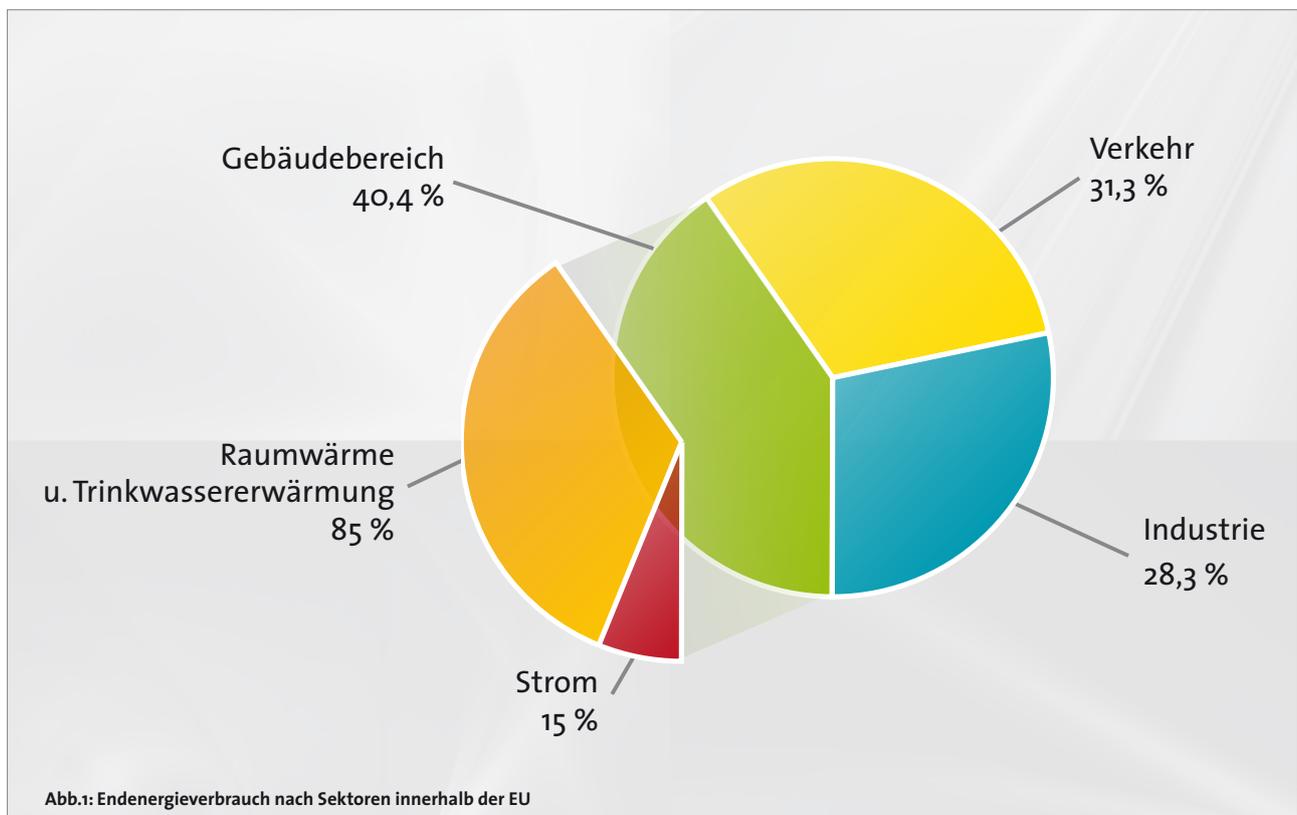
Warum energetische Modernisierung?

Der Hauptverursacher des Treibhauseffektes ist der CO₂-Ausstoß. Dieser soll nach den Vorgaben der EU bis zum Jahr 2020 um 30% sinken. Rund 40% des Endenergieverbrauchs in Europa entfallen auf den Gebäudebestand. Gut 85% davon dienen der Deckung des Heizwärmebedarfs von Gebäuden und der Trinkwassererwärmung (siehe Abbildung 1).

Dies entspricht wiederum etwa einem Drittel des gesamten Endenergieverbrauchs in Europa. Die Erhöhung der Effizienz der Bestandsanlagen in Gebäuden kann Energieeinsparungen von 30 % und mehr realisieren.

Insgesamt hat das Verantwortungsbewusstsein für die Umwelt und der effizienten Nutzung knapper Energieressourcen zugenommen. Zudem haben die steigenden Energiepreise den Fokus des öffentlichen Interesses verstärkt auf den Einsatz energieeffizienter Systeme und die Nutzung von erneuerbaren Energien

im Wärmemarkt gelegt. Über die energetische Modernisierung des Gebäudebestandes mit energieeffizienten Heizungssystemen, in Verbindung mit erneuerbaren Energien, können sehr hohe Energieeinspar- und CO₂-Minderungspotenziale erschlossen werden, denn die Energieeffizienz des Gebäudebestands liegt nach Angaben der Europäischen Union (Quelle: „Green Paper on Energy Efficiency or Doing More with Less“) bei lediglich 50%. Dies zeigt, dass im Gebäudesektor die Doppelstrategie aus dem Einsatz effizienter Systemtechnik in Verbindung mit erneuerbaren Energien einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann. Anhand von Praxisbeispielen wird in dieser Broschüre das Potenzial von Wärmepumpen in Verbindung mit einem geeigneten Wärmeübergabesystem (Fußbodenheizung und/oder Heizkörper) bei der energetischen Modernisierung von Wohngebäuden dargestellt sowie die technischen Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Einsatz beschrieben.



RAHMENBEDINGUNGEN (ENEV UND EEWÄRMEG)

Auf nationaler Ebene regeln eine Reihe von Gesetzen, Verordnungen und Normen die Anforderungen an den Energieverbrauch von Gebäuden und die Vorgehensweise bei der Berechnung. Durch die Energieeinsparverordnung (EnEV) sowie das Erneuerbare Energien Wärme Gesetz (EEWärmeG) werden im Wesentlichen die europäischen Vorgaben umgesetzt. Mit Einführung der EnEV im Jahr 2002 wurde erstmals eine integrale Bewertung der Gebäudehülle und der Anlagentechnik durchgeführt. In zwei Novellierungsphasen in den Jahren 2007 sowie 2009 wurde das Anforderungsniveau verschärft und somit an die europäische Zielsetzung angeglichen. In den nächsten Jahren ist eine weitere Anpassung vorgesehen. Damit macht die EnEV einen großen Schritt in Richtung einer ganzheitlichen und somit nachhaltigen Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden. Darüber hinaus ist die Einführung des Energieausweises als Impulsgeber für die Belebung des Modernisierungsmarktes zu sehen. In dem Energieausweis wird der IST-Zustand der Gebäude-

hülle und der Anlagentechnik abgebildet. Abgeleitet daraus werden dem Eigentümer Modernierungsmaßnahmen vorgeschlagen, um die energetische Qualität des Gebäudes zu verbessern und gleichzeitig Komfort und Behaglichkeit für den Nutzer zu erhöhen. Die EnEV 2009 schreibt zudem eine schrittweise Regelung vor, nach der Nachtspeicherheizungen – aktuell sind noch ca. 1,5 Millionen Anlagen bzw. ca. 6 Millionen Geräte installiert – außer Betrieb genommen werden müssen.

Die Bundesregierung hat im Rahmen ihres integrierten Klima- und Energieprogramms beschlossen, dass bei der Wärmeversorgung von Neubauten seit dem 1. Januar 2009 ein Teil der Wärme aus erneuerbaren Energien stammen muss. Die Bundesländer können nach dem EEWärmeG auch eine Verpflichtung zur Nutzung erneuerbarer Energien bei der Wärmeversorgung von Bestandsgebäuden einführen.

ENERGIEAUSWEIS Für Wohngebäude gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Musterstr. 123b
Vorderhaus **5**

Erfasster Energieverbrauch des Gebäudes

Energieverbrauchskennwert

Dieses Gebäude
203 kWh/(m²·a)

Energieverbrauch für Warmwasser: enthalten nicht enthalten

Das Gebäude wird auch gekühlt; der typische Energieverbrauch für Kühlung beträgt bei zeitgemäßem Geräten etwa 5 kWh je m² Gebäudenutzfläche und Jahre und ist im Energieverbrauchskennwert nicht enthalten.

Verbrauchserfassung – Heizung und Warmwasser

Energieträger	von	bis	Energieverbrauch (kWh)	Anteil Warmwasser (BQW)	Klimafaktor	Energieverbrauchskennwert in kWh/(m²·a) (zuzüglich bereinigter, klimabereinigter) Heizung Warmwasser Kennwert
Erdgas H	01.01.2008	31.12.2008	106.289	19.128	1,07	162,2 33,3 195,4
Erdgas H	01.01.2007	31.12.2007	114.826	20.669	1,06	173,6 35,9 209,5
Erdgas H	01.01.2008	31.12.2008	109.422	19.696	1,05	168,5 34,3 202,8

Durchschnitt **202,6**

Vergleichswerte Endenergiebedarf

Die modifizierte ermittelten Vergleichswerte beziehen sich auf Gebäude, in denen die Wärme für Heizung und Warmwasser durch Heizkessel im Gebäude bereitgestellt wird.

Soll ein Energieverbrauchskennwert verglichen werden, der keinen Warmwasseranteil enthält, ist zu beachten, dass auf die Warmwassererzeugung je nach Gebäudegröße 20–40 kWh/(m²·a) entfallen können.

Soll ein Energieverbrauchskennwert eines mFem- oder Nahwärme beheizten Gebäudes verglichen werden, ist zu beachten, dass hier normalerweise ein um 15–30% geringerer Energieverbrauch als bei vergleichbaren Gebäuden mit Kesselheizung zu erwarten ist.

Erläuterungen zum Verfahren

Das Verfahren zur Ermittlung von Energieverbrauchskennwerten ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Die Werte sind spezifische Werte pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche (A_n) nach Energieeinsparverordnung. Der tatsächliche Verbrauch einer Wohnung oder eines Gebäudes weicht insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens vom angegebenen Energieverbrauchskennwert ab.

© ENEC Datenbankbau, MfM Marktforumbau

ENERGIEAUSWEIS Für Wohngebäude gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Musterstr. 123b
Vorderhaus **2**

Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

Energiebedarf

Endenergiebedarf **222 kWh/(m²·a)**

CO₂-Emissionen¹⁾ **56 kg/(m²·a)**

Primärenergiebedarf **250 kWh/(m²·a)**

Anforderungen gemäß EnEV:

Primärenergiebedarf: Ist-Wert: kWh/(m²·a) Anforderungswert: kWh/(m²·a) Verfahren nach DIN V 4108-6 und DIN V 4705-10

Energetische Qualität der Gebäudehülle H_f (zuzüglich bereinigter, klimabereinigter): Ist-Wert: W/(m²·K) Anforderungswert: W/(m²·K) Verfahren nach DIN V 18599

Sonstige Anforderungen (bei Neubau): eingehalten nicht eingehalten Verfahren nach § 9 Abs. 2 EnEV

Endenergiebedarf

Energieträger	Jährlicher Endenergiebedarf in kWh/(m²·a) für		Gesamt (b) kWh/(m²·a)
	Heizung	HotWater ²⁾	
Erdgas H	177,5	45,5	218,4
Strom	0,0	0,0	3,6

Ersatzmaßnahmen³⁾

Anforderungen nach § 7 Nr. 2 EEWärmeG: Die um 15% verschärften Anforderungswerte sind eingehalten.

Anforderungen nach § 7 Nr. 2 i. V. m. § 4 EEWärmeG: Die Anforderungswerte der EnEV sind um % verschärft.

Primärenergiebedarf: Verschärfter Anforderungswert: kWh/(m²·a)

Transmissionswärmeverlust H_f: Verschärfter Anforderungswert: W/(m²·K)

Vergleichswerte Endenergiebedarf

Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

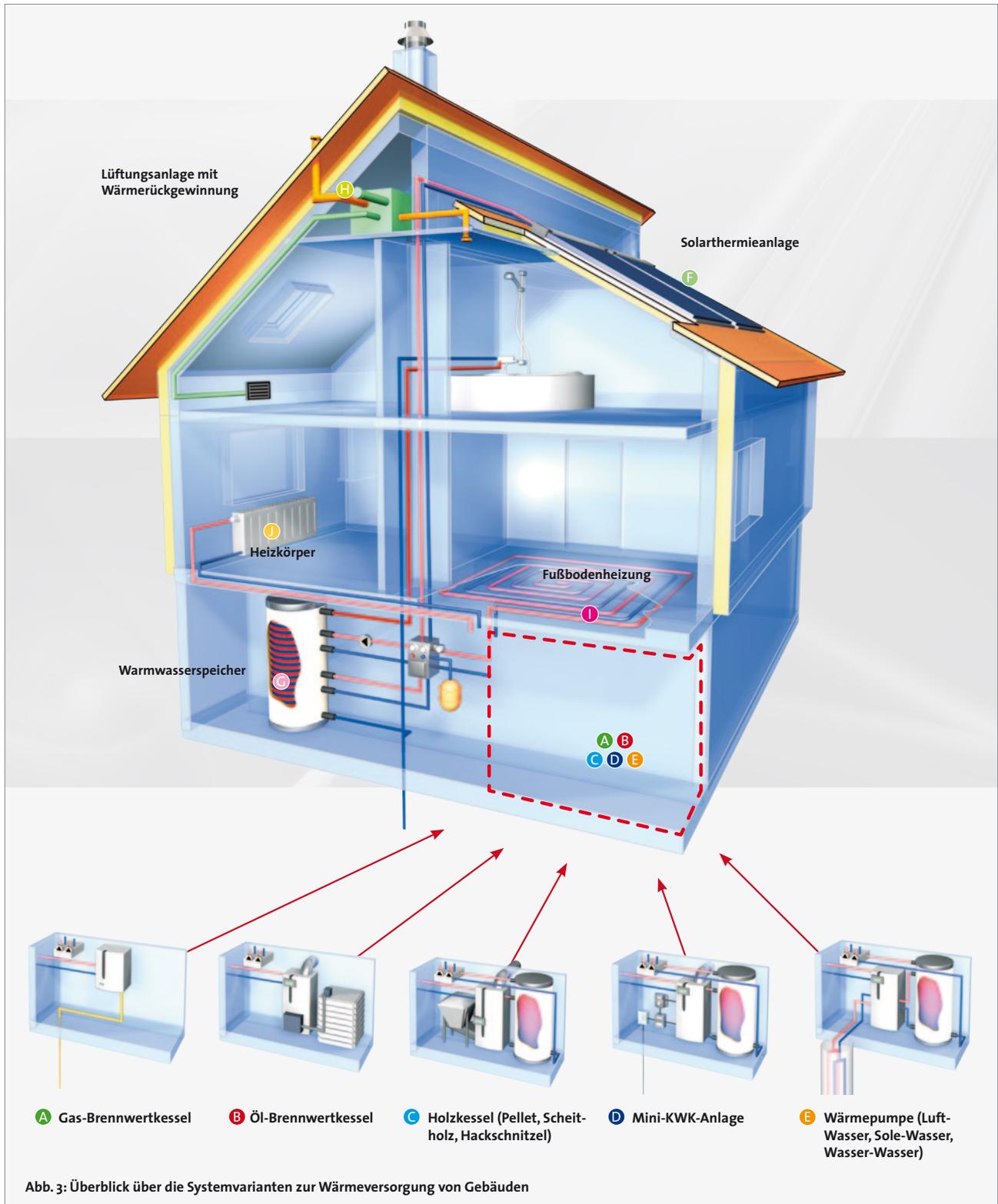
Die Energieeinsparverordnung dient für die Berechnung des Energiebedarfs zwei alternative Berechnungsverfahren zu, die im Einzelfall zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch. Die ausgewiesenen Bedarfswerte sind spezifische Werte nach der EnEV pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche (A_n).

1) Potenzieller Anstieg 2) Bei Heizkesselbau bei Modernisierung im Fall des § 6 Abs. 1 Satz 2 EnEV 3) Bei Neubau von Fällen der Anwendung von § 7 Nr. 2 Erneuerbare Energien (Energieerzeuger) 4) Ggf. einschließlich Kühlung 5) ENEC Datenbankbau, MfM Marktforumbau

Abb.2: Energieausweis und Klassifizierung der Gebäude im Rahmen des Energieausweises

Quelle: dema/BMWBS





RAHMENBEDINGUNGEN FÜR DEN EINSATZ EINER WÄRMEPUMPE

Ein sparsamer Umgang mit den natürlichen Ressourcen und die damit verbundenen ökonomischen und ökologischen Vorteile sind für immer mehr Menschen entscheidende Kriterien bei der Auswahl des geeigneten Heizsystems. Hier bieten sich Wärmepumpenheizungen als echte Alternative zur Verbrennung fossiler Energieträger an.

Wärmepumpen sind als regeneratives Heizsystem in der Lage, ganzjährig die Funktionen Heizung und Trinkwassererwärmung sicherzustellen. Dazu wird die in der Umwelt gespeicherte Sonnenenergie mit technischer Hilfe auf das benötigte Temperaturniveau angehoben. Für 100 % Heizwärme werden je nach System lediglich ca. 25 % elektrische Antriebsenergie benötigt.

Um die Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen zu gewährleisten, ist es wichtig, eine entsprechend effiziente Anlage anzuschaffen. Die so genannte Jahresarbeitszahl gibt Aufschluss über die Wirtschaftlichkeit. Effiziente Sole-Wasser-Wärmepumpenanlagen erzielen Jahresarbeitszahlen von 4 oder höher. Dies bedeutet, dass mit dem Einsatz von 1 kWh Strom mindestens 4 kWh Wärme gewonnen werden. Hohe Jahresarbeitszahlen werden unter anderem durch niedrige Heizwassertemperaturen begünstigt. Weitere Informationen zum Produkt „Wärmepumpen“ finden Sie in den BDH-Informationsblättern 25 „Wärmepumpen“ und 43 „Auslegung von oberflächennahen Erdwärmekollektoren“.

Einige Wärmepumpen sind Kombigeräte, die neben der Heizung und/oder Trinkwassererwärmung auch weitere Aufgaben wie aktive bzw. passive Kühlung oder Wohnungslüftung übernehmen, ein Zusatznutzen, der den Anforderungen an modernen Wohnraum in idealer Weise gerecht wird. Weitere Informationen zu diesem Thema enthält das BDH-Informationsblatt Nr. 37 „Wärmeübergabe- und Kühlsysteme in Verbindung mit einer Wärmepumpe“.

Bei Wärmepumpenheizungen sind die Investitionskosten höher als bei konventionellen Öl- oder Gasheizungen. Durch niedrigere Betriebskosten sind sie jedoch für den Kunden wirtschaftlich

attraktiv. Zudem tragen die Nutzung günstiger Wärmepumpentarife des örtlichen Stromversorgers, zinsverbilligte Darlehen der KfW und gegebenenfalls Förderprogramme weiter zur Wirtschaftlichkeit der Anschaffung bei. Neben der Wirtschaftlichkeit der Anschaffung leisten Sie einen Beitrag zur CO₂-Einsparung. Konkrete Werte können Sie den Praxisbeispielen entnehmen. Moderne Wärmepumpen sind ausgereifte und kompakte Geräte, die gleichermaßen im Neu- und Altbau eingesetzt werden können. Je niedriger die benötigte maximale Vorlauftemperatur des Heizsystems, desto effizienter und wirtschaftlicher arbeitet die Wärmepumpe. Sie sollte daher mit möglichst niedrigen Vorlauftemperaturen betrieben werden. Daher ist vor der Auswahl eines Gerätes die Heizlast des Gebäudes zu ermitteln.

Ist die Heizlast hoch, muss der Wärmeerzeuger mehr Leistung erbringen, je nach bisheriger Auslegung der Heizflächen gegebenenfalls in Verbindung mit hohen Vorlauftemperaturen. Die Senkung der Vorlauftemperatur kann auf zwei Wegen geschehen, einerseits mit Modernisierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle und andererseits mit Änderungen an den Heizflächen. Daher sind bei der Heizungsmodernisierung begleitende oder zukünftig geplante Wärmedämmmaßnahmen bei einem Bestandsgebäude zu berücksichtigen, die neben der resultierenden Energieeinsparung auch die maximal benötigten Vorlauftemperaturen des Heizsystems reduzieren.

Einige Hersteller bieten speziell für die Altbauanierung entwickelte Wärmepumpen mit erhöhten Vorlauftemperaturen an. Alle technischen Details zum Einsatz und zur Funktionsweise von Wärmepumpen finden Sie im BDH-Informationsblatt Nr. 25 „Wärmepumpen“. Als weitere Lösungsoption für die energetische Modernisierung eines bestehenden Gebäudes bietet sich die Erweiterung des bereits bestehenden Gas- oder Öl-Wärmeerzeugers um eine Wärmepumpe an. Eine Übersicht über die grundsätzlichen energetischen Modernisierungsmöglichkeiten ist in der Abbildung 4 dargestellt.



Informationsblatt Nr. 25

Wärmepumpen

Anlagenkonfigurationen und Informationen zur Kundenberatung

1 Einleitung

Rund drei Viertel des Energiebedarfs privater Haushalte werden für die Erzeugung von Heizungswärme und Warmwasser aufgewendet. Ein sparsamer Umgang mit den natürlichen Ressourcen und die damit verbundenen ökonomischen und ökologischen Vorteile sind für immer mehr Menschen entscheidende Kriterien bei der Auswahl des geeigneten Heizsystems. Hier bieten sich Wärmepumpenheizungen als echte Alternative zur Verbrennung fossiler Energieträger an.

Wärmepumpen sind als regeneratives Heizsystem in der Lage, ganzjährig Heizungsenergie und Warmwasser bereitzustellen. Dazu wird die in der Umwelt gespeicherte Sonnenenergie mit technischer Hilfe auf das benötigte Temperaturniveau angehoben. Für 100 % Heizwärme werden lediglich ca. 25 % elektrische Antriebsenergie benötigt.

Wärmepumpenheizungen erzielen eine einzigartige Effizienz und können einen erheblichen Beitrag zur CO₂-Reduzierung leisten. Aus der DIN 4701-10 „Energetische Bewertung heiz- und raumlüftungstechnischer Anlagen – Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung“ sind die Maßzahlen für diese Effizienz ableitbar: Während konventionelle Heizsysteme Aufwandszahlen > 1,0 aufweisen, liegen diese für Wärmepumpen-Heizsysteme zwischen 0,2 und 0,3.

Ob Umweltwärme bei niedrigem Temperaturniveau oder Abwärme von Haushalt und Industrie – für die Wärmepumpe wird sie zur wertvollen Wärmequelle. Wärmepumpen sind bestens geeignet, unsere nicht regenerativen Energiequellen zu schonen, da sie ungenutzte Ressourcen erschließen. Der Erschließungsaufwand ist überschaubar und hält sich in Grenzen. Und das im doppelten Sinne: es handelt sich schließlich um Wärmeenergie aus der nächsten Umgebung.

Einige Wärmepumpen sind Kombigeräte, die neben der Heizung und/oder Warmwasserbereitung auch eine Vielzahl weiterer Aufgaben wie aktive bzw. passive Kühlung oder Wohnungslüftung übernehmen. Ein Zusatznutzen, der den Anforderungen an modernen Wohnraum in idealer Weise gerecht wird.

Wärmepumpenheizungen sind in der Anschaffung zunächst teurer als konventionelle Öl- oder Gasheizungen. Durch niedrigere Betriebskosten sind sie jedoch für den Kunden wirtschaftlich attraktiv.

Moderne Wärmepumpen sind ausgereifte, komfortable und kompakte Geräte, die gleichermaßen im Neu- und Altbau eingesetzt werden können. Je niedriger die benötigte maximale Vorlauftemperatur des Heizsystems, desto effizienter und wirtschaftlicher arbeitet die Wärmepumpe. Sie sollte daher mit niedrigen Vorlauftemperaturen betrieben werden. Bei der Heizungsmodernisierung sind begleitende Wärmedämmmaßnahmen zu empfehlen, die neben der resultierenden Energieeinsparung auch die maximal benötigten Vorlauftemperaturen des bestehenden Hochtemperatur-Heizsystems reduzieren. Einige Hersteller bieten speziell für die Altbauisolarisierung entwickelte Wärmepumpen an, die mit erhöhten Vorlauftemperaturen > 55 °C betrieben werden und damit Handwerker und Bauherren Lösungen ermöglichen.

Informationsblatt Nr. 37

Wärmeübergabe- und systeme in Verbindung einer Wärmepumpe

1 Einleitung

Rund drei Viertel des Energiebedarfs privater Haushalte wird von Heizungswärme und Warmwasser aufgewendet. Ein sparsamer Umgang mit den natürlichen Ressourcen und den damit verbundenen ökonomischen und ökologischen Vorteilen sind für immer mehr Menschen entscheidende Kriterien bei der Auswahl der geeigneten Heizungsanlagen mit Wärmepumpen als echte Alternative fossilen Energieträgern an. Einige Wärmepumpen können beheizt und/oder Warmwasserbereitung im Sommer übernehmen. Detaillierte Informationen zur Anlagenkonfiguration erhalten Sie im BDH-Informationsblatt 25 „Wärmepumpen“.

Eine Heizungsanlage mit einer Wärmepumpe besteht aus dem:

- Wärmequellenanlage (Erdreich, Wasser, Luft oder Biomasse)
- Wärmepumpenanlage und
- Wärmenutzungsanlage inklusive Wärmeübergabe

Im Heizbetrieb wird der Wärmequelle Energie entzogen, die auf ein für die Wärmeversorgung eines Gebäudes nutzbares Medium (z.B. Wasser) übertragen wird. In der Wärmepumpe wird das Medium erwärmt und an die Wärmenutzungsanlage, also das Heizsystem des Gebäudes, übergeben. Im Kühlbetrieb wird Wärmeenergie über die Wärmenutzungsanlage – nun als Kälte – entzogen und an die Wärmequelle – in diesem Fall Wasser – übertragen.

Die Wärmenutzungsanlage umfasst die Wärmeverteilung im Gebäude. Die Wärmeübergabe in den zu beheizenden Räumen. Die Wärmeübergabe erfolgt durch Flächenheizungen (Fußboden-, Wand- oder Deckenheizkörper) oder Gebälkheizkörper. Über Flächenheizkörper kann auch eine Raumkühlung erfolgen. Hierbei ist zu beachten, dass sog. Flächenkühlsysteme keine Klimaanlage sind, sondern dem Gebäude im Sommer eine behaglichere Raumluft um 4 bis 6 K ermöglichen.

2 Technischer Hintergrund mit Blickrichtung Energieeffizienz

Ein sparsamer, umweltbewusster Energieeinsatz und eine hohe Energieeffizienz bei der Gebäudeheizung oder -kühlung lassen sich durch ein Gesamtsystem der Wärmeversorgung und Kühlung erreichen, wenn das Gesamtsystem der Wärmeversorgung und Kühlung die Anforderung des Objektes zugeschnitten ist. Hierbei sind die Systemtemperaturen und die Umlaufwassermengen zu berücksichtigen.

Für den energieeffizienten Einsatz von Wärmepumpen bedeutet dies, dass die einzelnen Anlagenkomponenten fachgerecht geplant und in optimaler Weise in das Gesamtsystem integriert werden. Dabei sind die Betriebsbedingungen so festzulegen, dass ein energieoptimierter Betrieb gewährleistet wird. Die wesentlichen Einflussgrößen in puncto Energieeffizienz einer Wärmepumpenanlage sind die Systemtemperaturen und die Umlaufwassermengen.

Informationsblatt Nr. 43

Auslegung von oberflächennahen Erdwärmekollektoren

1. Einleitung

Die Wahl der Wärmequelle für eine Wärmepumpe ist ein wichtiger Parameter bei der Auslegung der Wärmepumpe. Die Berücksichtigung der gegebenen Randbedingungen ist entscheidend für die Wahl der besten Wärmequelle. Wichtige Kriterien sind:

- Grundstücksgröße,
- Bodenbeschaffenheit,
- Lage des Grundstücks (eben, Hang-Lage)
- Zugänglichkeit (z.B. für Bohrgeräte),
- Genehmigungsfähigkeit (z.B. bezüglich Grundbesitz),
- Investitionsbereitschaft.

Die richtige Dimensionierung der Wärmequellenanlage ist von entscheidender Bedeutung für den wirtschaftlichen Betrieb der Wärmepumpe und ist entsprechend sorgfältig durchzuführen. Eine Wärmequellenanlage, die zu klein dimensioniert ist, wirkt sich negativ auf die Energieeffizienz der Wärmepumpe aus.

Unabhängig von der Art der Wärmequelle ist die Dimensionierung der Wärmequellenanlage die Kälteleistung bzw. Wärmeentzug der Wärmepumpe maßgebend. Da die Wärmeentzug der gewählten Wärmequelle festgelegt wird, ist die Wärmequellenanlage entsprechend zu dimensionieren und dann anhand der Leistung der Wärmepumpe genau auszuliegen. Ist eine aktive Kühlung der Wärmequelle ggf. größer zu wählen.

Inhalt dieser Planungsunterlage ist die Auslegung von oberflächennahen Erdwärmekollektoren. Die Auslegungshinweise sind in den Diagrammen und Tabellen abgelesen werden. Die Auslegungshinweise sind zu ersetzen nicht die fachgerechte, standortbezogene Auslegung.

2. Allgemeine Planungshinweise

Erdwärmekollektoren sind oberflächennahe, horizontale Erdreich, die von einem Wärmequellengemisch durchdrungen für die Nutzung von Erdwärmekollektoren sind:

- ausreichend große, freie Grundstücksfläche
- kein oder nur geringes Gefälle und
- geeignete Bodenbeschaffenheit (möglichst bindiger, feuchter Boden).

Sind die oben genannten Anforderungen erfüllt, stellen Erdwärmekollektoren eine preisgünstige und effiziente Form der Wärmequelle dar.

Nachfolgende Planungshinweise sollten bei der Verwendung von Erdwärmekollektoren vorab berücksichtigt werden:

Bundesindustrieverband Deutschland
 Haus-, Energie und Umwelttechnik e.V.
 Frankfurter Straße 720-726
 51145 Köln
 Tel.: (0 22 03) 9 35 93-0
 Fax: (0 22 03) 9 35 93-22
 E-Mail: info@BDH-Koeln.de
 Internet: www.BDH-Koeln.de

Abb. 4: BDH-Informationsblätter zum Thema Wärmepumpen

HYDRAULISCHE UND REGELUNGSTECHNISCHE BESONDERHEITEN BEI DER PLANUNG VON WÄRMEPUMPENANLAGEN

Allgemeine Hinweise

Felduntersuchungen haben ergeben, dass die Hydraulik besonders zu beachten ist und ein großes Optimierungspotential aufweist. Für den Betrieb einer Wärmepumpenanlage ist daher eine sorgfältige Planung und Auslegung der kompletten Anlage (Wärmepumpe, Wärmeverteilsystem und Heizflächen) notwendig. Dazu gehört im Detail:

- Ermittlung von Heizlast (Raum und Gebäude) und Trinkwarmwasserbedarf
- Wahl der optimalen Beladungsstrategien der Wärmespeicher (Heizung und/oder Warmwasser), je nach Tarifmodell unter Berücksichtigung von Sperrzeiten des Energieversorgers und Hoch- und Niedertarifzeiten
- Prüfung der Auslegung der vorhandenen Heizflächen und gegebenenfalls Austausch zu klein dimensionierter oder ungeeigneter Heizflächen; alternativ Ergänzung um zusätzliche Heizflächen
- Durchführung des hydraulischen Abgleichs
- Dämmung aller Rohrleitungen
- Die Trinkwassererwärmung sollte ebenfalls mit der Wärmepumpenanlage erfolgen
- Auswahl der Wärmepumpe unter Berücksichtigung von Sperrzeiten des Energieversorgers

Es empfiehlt sich, im Rahmen der Sanierung die Dimensionierung des Ausdehnungsgefäßes zu überprüfen. Die Auslegung erfolgt in Abhängigkeit des Heizwasservolumens und der maximalen Systemtemperaturen, jedoch ist der Wasserinhalt eines eventuell zusätzlich erforderlichen Heizungs-Pufferspeichers zu berücksichtigen. Dies gilt insbesondere bei einer geplanten solaren Heizungsunterstützung infolge der unter Umständen deutlich höheren Pufferspeichertemperaturen. Im Heizungskreislauf kommt es durch die Aufheizung zu einer Druckerhöhung, die durch ein Ausdehnungsgefäß ausgeglichen werden muss. Die Auslegung erfolgt in Abhängigkeit des Heizwasservolumens und der maximalen Systemtemperaturen. Wenn in einem Wasserkreislauf mehr als eine Umwälzpumpe enthalten ist, muss jede mit einem Rückschlagventil ausgerüstet werden, um Beimischungen aus anderen Heizkreisen zu verhindern. Um einen

funktionssicheren Betrieb der Wärmepumpenanlage zu gewährleisten, muss der in den Geräteinformationen angegebene Heizwasserdurchfluss in allen Betriebszuständen sichergestellt werden. Durch eine hydraulische Entkopplung des Erzeugerkreises vom Verbraucherkreis wird der Mindestheizwasserdurchsatz durch die Wärmepumpe sichergestellt.

Dementsprechend ist der Einbau eines differenzdrucklosen Verteilers oder eines Heizungs-Pufferspeichers zu empfehlen. Hierfür sind heute zwei Prinzipien üblich, der Reihen-Pufferspeicher oder der Parallel-Pufferspeicher.

- Der Reihen-Pufferspeicher wird mit der Wärmepumpe in Reihe geschaltet, die Einbindung erfolgt üblicherweise im Rücklauf. Da die Raumtemperaturregler zu schwankenden Volumenströmen im Verbraucherkreis führen, kann ein in einen Heizungs-Bypass – nach der unregelmäßig betriebenen Heizungspumpe eingebautes – Überstromventil diese Volumenstromänderung ausgleichen.
- Der Parallel-Pufferspeicher wirkt wie eine hydraulische Weiche; der Volumenstrom durch die Wärmepumpe und der für die Versorgung der Raumheizflächen sind voneinander völlig entkoppelt; die Wärmepumpe lädt über eine Ladepumpe den Pufferspeicher, die Versorgung der Heizflächen erfolgt über eine gesonderte Pumpenanordnung. Da die am Parallelpuffer angeschlossenen Heizkreise hydraulisch völlig entkoppelt sind, ist die Verwendung von selbstregelnden Pumpen möglich.

Ein Heizungs-Pufferspeicher kann auch erforderlich werden, wenn in der Heizungsanlage vorwiegend Heizkörper installiert sind und zwischen Energieversorger und Betreiber ein Tarifmodell mit Sperrzeiten vereinbart wurde.

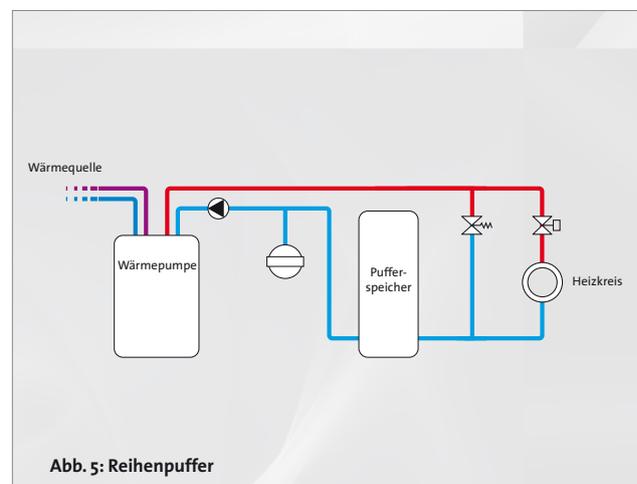
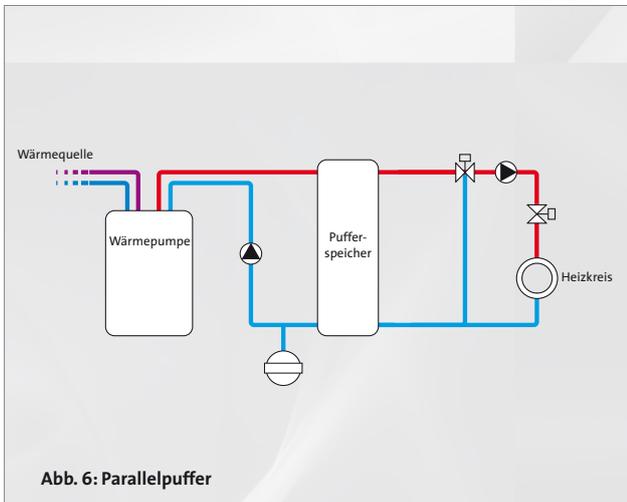


Abb. 5: Reihenpuffer





Maßgebend für die Auswahl des Trinkwasserspeichers ist die Größe der Tauscherflächen, die Konstruktion, die Anordnung der Wärmetauscher im Speicher, die Normdauerleistung, die Durchströmung und die Anordnung des Thermostaten oder Fühlers. Weitere Hinweise im Abschnitt 4.4. Eine Sonderform stellen die von einigen Wärmepumpenherstellern angebotenen sogenannten Kombipuffer dar, bei denen Heizungs-Pufferspeicher und Trinkwassererwärmung in einem Behälter vereinigt sind, in den gegebenenfalls noch weitere Wärmeerzeuger eingekoppelt werden können. Die Trinkwassererwärmung erfolgt dabei meist im Durchflussprinzip erst bei der Wasserentnahme. Die Vorteile von Kombispeichern liegen, gegenüber zwei Speichern, im verringerten Platzbedarf und in der problemlosen Einbindung weiterer Wärmequellen in Heizung und Trinkwassererwärmung, wie beispielsweise Solarthermie bzw. vorhandene, mit festen oder fossilen Brennstoffen beheizte Kessel. Siehe hierzu auch die Kapitel zur bivalenten Betriebsweise und zur Trinkwassererwärmung. Außerdem spricht man beim Kombispeicher mit der Trinkwassererwärmung im Durchflußprinzip von verbesserter Trinkwasser-Hygiene, da keine größeren Volumina mit niedrigen Temperaturen bevorratet werden.

Da beim Betrieb einer Zirkulationspumpe die Speichertemperatur absinkt, ist die Laufzeit der Pumpe zu begrenzen, z.B. durch eine Zeitschaltuhr, durch Bedarfserkennung oder Temperaturüberwachung. Die maximal erreichbare Speichertemperatur ist abhängig von der Leistung und der maximalen Vorlauftemperatur der installierten Wärmepumpe sowie der Heizungswasser-Durchflussmenge durch den Wärmetauscher.



BESONDERE HINWEISE FÜR VERSCHIEDENE WÄRMEQUELLEN:

Wärmequellen

Je höher die Temperatur der Wärmequelle ist, umso effizienter arbeitet die Wärmepumpe. Die Quellentemperatur sollte im Jahresverlauf möglichst wenig schwanken und langfristig verfügbar sein. Je geringer der Aufwand ist, um die Wärmequelle anzuzapfen, desto geringer sind die Investitionskosten für diese umweltfreundliche Heizungstechnik.

Luft-Wasser-Wärmepumpen

Wärmepumpen, die Außenluft als Wärmequelle nutzen, haben einen großen Vorteil: Die Luft ist überall vorhanden. Genehmigungspflichtige Erdarbeiten entfallen. Deshalb ist diese Variante hervorragend für Sanierungen geeignet. Die Geräte lassen sich sowohl innen als auch außen aufstellen. Der Einsatzbereich der Luft-Wasser-Wärmepumpe liegt üblicherweise im Temperaturbereich von +35 °C bis -25 °C. Die Luft-Wasser-Wärmepumpe ist durch die wahlweise Außen- oder Innenaufstellung variabel einsetzbar. Da die meiste Heizenergie bei niedrigen Außentemperaturen benötigt wird, verwendet man bei diesem System sehr häufig eine zusätzliche Heizquelle, z.B. eine Elektro-Heizpatrone. Hat das zu beheizende Haus eine niedrige Heizlast, so kann eine Luft-Wasser-Wärmepumpe ohne zusätzliche Wärmequelle ausreichen.



Aussen aufgestellte Wärmepumpe

Da mit sinkender Außentemperatur die Heizleistung der Wärmepumpe abnimmt, kann es aus wirtschaftlichen Erwägungen sinnvoll sein, einen zweiten Wärmeerzeuger vorzusehen und die Wärmepumpenanlage z. B. mit einer elektrischen Zusatzheizung (Monoenergetisch) bzw. einer Gas/Ölheizung bivalent zu betreiben. Damit wird eine Überdimensionierung und unnötiges Takten der Wärmepumpe in der Übergangszeit vermieden.

Wird die Luft-Wasser-Wärmepumpe im Außenbereich aufgestellt, so sollte das Fundament waagrecht, frostfrei und dauerhaft fest sein. Zudem wird eine Schallentkopplung benötigt. Ferner muss durch eine entsprechende Isolierung der wasserführenden Teile ein Auskühlen oder gar Einfrieren verhindert werden. Redundante Frostschutzfunktionen halten die Wärmepumpe auch bei eisigen Außentemperaturen immer betriebsbereit. Bei der Aufstellung des Gerätes sind Mindestabstände zu festen Wänden einzuhalten, um einen freien Zugang zu gewähren. Zur Vermeidung eines Luftkurzschlusses oder Schallpegelerhöhungen muss die Wärmepumpe die Luft frei ausblasen können und sie nicht mehr ansaugen. Daher sollte eine Aufstellung in Nischen, Mauerecken oder zwischen zwei Mauern vermieden werden. Da die Luft im Ausblasbereich der Wärmepumpe kälter als die Umgebungstemperatur ist, ist in diesem Bereich mit einer frühzeitigen Eisbildung zu rechnen. Deshalb sollte der Abstand der Wärmepumpe zu Wänden, Gehwegen oder Terrassen mindestens 3 Meter betragen. Durch eine entsprechende Beschichtung der Wärmepumpen-Verkleidung ist diese vor Regen und Schnee geschützt. Der Anschluss an das Heizungssystem im Haus erfolgt über wärmeisolierte Rohr/Kanäle, die meistens im Erdreich verlegt sind. Das anfallende Kondensat muss frostfrei abgeleitet werden.

Wird die Luft-Wasser-Wärmepumpe im Gebäude aufgestellt, sollte dies nicht im Wohnbereich, sondern in Funktionsräumen (z.B. Keller) erfolgen. Das anfallende Kondensat muss abgeleitet werden. Die große Menge von Ansaug- und Ausblasluft benötigt bestimmte Mindestabmessungen und eine spezielle Geometrie der Luftkanäle. Der benötigte Luftstrom richtet sich in erster Linie nach der Wärmeleistung der Wärmepumpe und kann mehrere tausend Kubikmeter pro Stunde betragen. Der Aufstellraum der Wärmepumpe sollte mit Außenluft belüftet werden, damit die relative Luftfeuchtigkeit niedrig bleibt. Bei Installation der Wärmepumpe in einem Obergeschoss ist die Tragfähigkeit der Decke zu prüfen. Um die Übertragung von Körperschall zu vermeiden, ist eine Schwingungsentkopplung vorzusehen. Durch die Umkehrung des Funktionsprinzips kann die Luft-Wasser-Wärmepumpe, mit entsprechendem Zubehör zur Kühlung von Gebäuden eingesetzt werden.



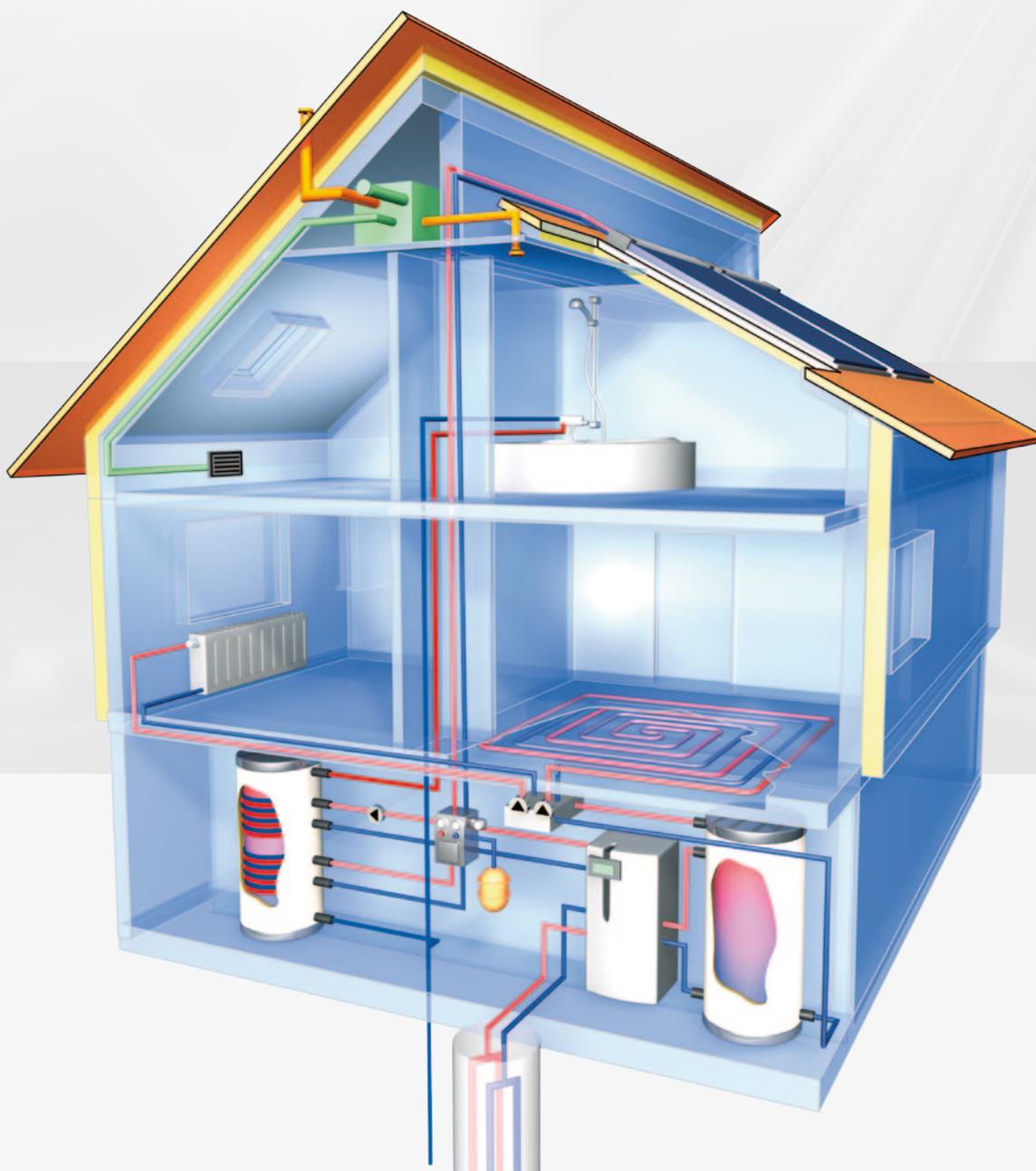


Abb. 7: Wärmepumpe mit Sondenanlage



Sole-Wasser-Wärmepumpen

Sole-Wasser-Wärmepumpen nutzen meist die Wärmequelle Erdreich, je nach Gegebenheiten kommen horizontal verlegte Erdkollektoren oder vertikal eingebrachte Erdsonden zum Einsatz.

Für Horizontalkollektoren gilt: Jeder Solekreis sollte mit einem Absperrventil versehen werden. Solekreise müssen alle gleich lang sein, um eine gleichmäßige Durchströmung und Entzugsleistung der Solekreise zu gewährleisten. Der Schacht für den Verteiler und den Sammler sollte an der höchsten Stelle angebracht werden. Außerdem sollte dort ein Entlüfter für den Solekreis installiert werden. Bei der Parallelschaltung mehrerer Solekreise sollte die Länge eines Kreises 100 Meter nicht übersteigen.

Auch bei Erdsonden ist darauf zu achten, dass die Sonden alle gleich lang sind, um eine gleichmäßige Durchströmung und Entzugsleistung zu gewährleisten.

In Abhängigkeit der Betriebsart der Wärmepumpe ist eine höhere Belastung der Wärmequelle zu beachten, wenn diese zum Beispiel monoenergetisch betrieben wird. Dies muss durch eine

entsprechend größere Dimensionierung der Wärmequelle ausgeglichen werden. Als Richtwert sollte bei einer Erdsondenanlage eine Jahreszugsarbeit von 100 kWh/ma nicht überschritten werden. Die Auslegung der Wärmequelle hat auf 100 % zu erfolgen, bzw. basiert auf der ausgewiesenen Heizlast des Gebäudes. Erdsondenanlagen sind genehmigungspflichtig; Auskünfte erteilen die zuständigen Landratsämter.

Erdkollektoren

Unter Erdkollektoren (siehe Abb. 8) versteht man dünne Rohrschlangen aus Polyethylen, die in 1,2 bis 1,5 m Tiefe in einer nicht versiegelten Freifläche verlegt werden. Der Abstand zwischen den Rohren beträgt 0,5 bis 0,8 m.

Als Faustregel schätzt man, dass 25 m² Fläche für ein kW Heizleistung ausreichen. Nach der Verlegung der Kollektoren wird das Erdreich wieder geschlossen. Der Pflanzenwuchs wird in der Regel nicht beeinträchtigt, nur tief wurzelnde Pflanzen und Bäume müssen vermieden werden.

Erdsonden

Als Erdsonde (siehe Abb. 9) bezeichnet man Doppel-U-Rohre aus Polyethylen, die in 30 bis 100 m Tiefe reichen. Dort herrschen ganzjährig Temperaturen um 10 °C, also ein relativ hohes Temperaturniveau. Man rechnet ungefähr 50 W Entzugsleistung für jeden Meter Rohr. Erdsonden lassen sich auch zur freien Kühlung nutzen.

Wasser-Wasser-Wärmepumpen

Wasser-Wasser-Wärmepumpen nutzen die über das Jahr nahezu gleichmäßige Temperatur des Grundwassers als Wärmequelle. Damit sind hohe Arbeitszahlen erreichbar, allerdings ist die Verfügbarkeit auf Regionen mit einem hohen Grundwasserstand eingeschränkt. Es werden zwei Brunnen benötigt, einer für die Grundwasserentnahme und einer für die Rückführung. Vor der Entscheidung für ein solches System ist unbedingt zu prüfen, ob die für einen Betrieb einer Wärmepumpe erforderliche Schüttleistung des Quellbrunnens ausreicht und ob der Schluckbrunnen diese Wassermenge auch wieder aufnehmen kann. Die Nutzung des Grundwassers als Wärmequelle ist genehmigungspflichtig; Auskünfte erteilen die zuständigen Landratsämter.

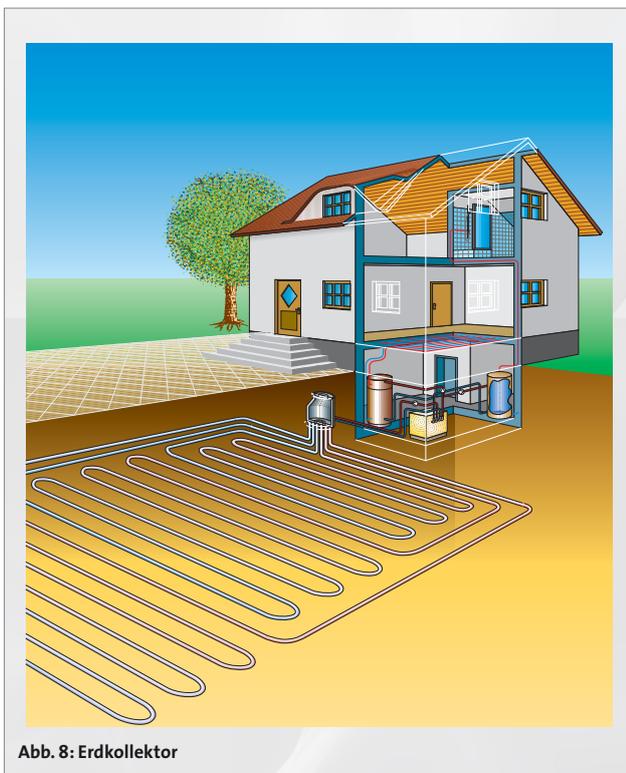


Abb. 8: Erdkollektor



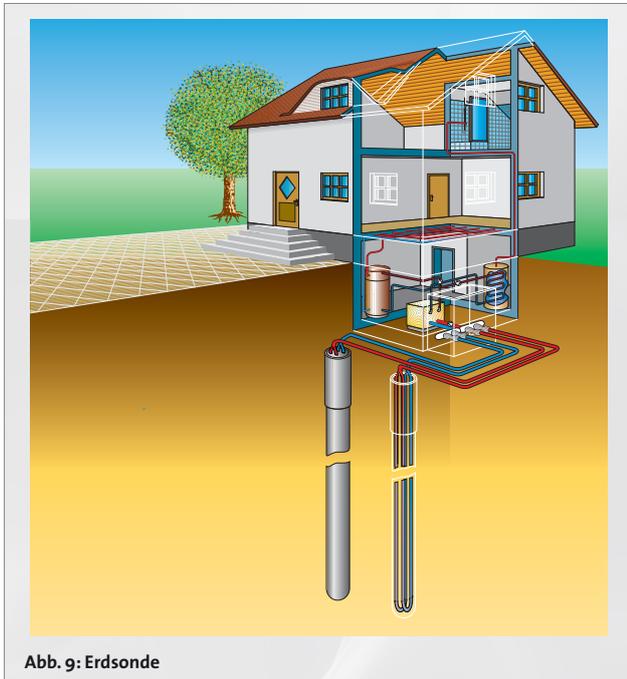


Abb. 9: Erdsonde



Erdsondenbohrung

BETRIEBSWEISEN

Monovalent

Die Wärmepumpe wird so dimensioniert, dass sie am kältesten Tag des Jahres 100 % des Heizbedarfs abdeckt. Diese Lösung eignet sich insbesondere für Häuser mit geringer Norm-Heizlast. Die anfängliche Investition ist dabei höher, doch der Energiebedarf ist der niedrigste von allen Systemen.

Bivalent

Wird die Wärmepumpenanlage im Heizbetrieb durch einen zusätzlichen Wärmeerzeuger (z. B. einen Öl-/Gas-Kessel) unterstützt, so wird dies als bivalente Betriebsweise bezeichnet. Unterschieden wird in eine bivalent-parallele und eine bivalent-alternative Betriebsweise. Bei der bivalent-parallelen Betriebsweise wird ab einem Bivalenzpunkt (z. B. in Abhängigkeit von der Temperatur der Wärmequelle und der erforderlichen Heizlast) der zweite Wärmeerzeuger zugeschaltet, von diesem Zeitpunkt an arbeiten Wärmepumpe und Stützkessel gleichzeitig. Alternativ kann eine so genannte bivalent-alternative Betriebsweise gewählt werden. In diesem Fall schaltet die Wärmepumpe unterhalb der Bivalenztemperatur der Wärmequelle ab und der zweite Wärmeerzeuger übernimmt die vollständige Wärmeversorgung des Gebäudes. Zu beachten ist, dass die maximal zulässigen Vorlauftemperaturen für die Wärmepumpe nicht überschritten werden.

Ein Mischer leitet bei reinem Wärmepumpenbetrieb das warme Vorlaufwasser am Heizkessel vorbei. Dadurch werden Stillstandsverluste verhindert. Der Mischer wird entsprechend der Kesselleistung und der Durchflussmenge dimensioniert. Die Laufzeit des Mischerantriebs muss auf den Wärmepumpenregler abgestimmt sein.

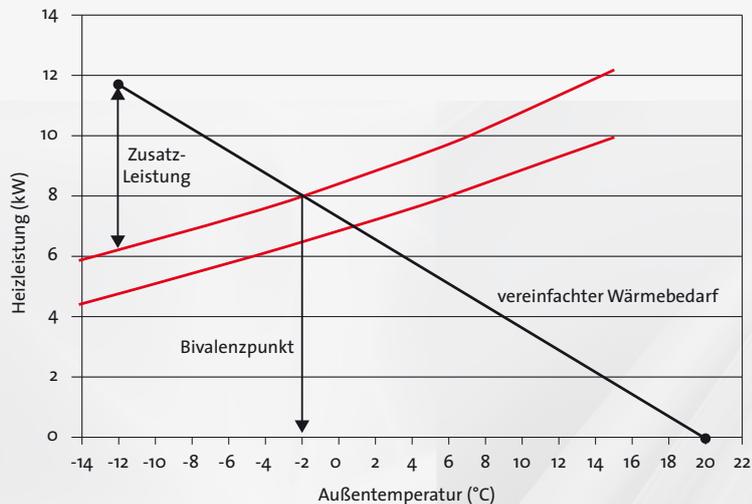


Abb. 10: Grafische Ermittlung des Bivalenzpunktes

Mono-energetisch

Bei der Auslegung für den monoenergetischen Betrieb sollte die Wärmepumpe bis zum Bivalenzpunkt von ca. 0 bis -5°C Außentemperatur die Heizlast vollständig decken. Unterhalb dieser Temperatur schaltet sich die elektrische Zusatzheizung automatisch in der Regel stufenweise zu. Mit der Wahl des Bivalenzpunktes lässt sich so die Größe (Leistung) der Wärmepumpe und der Anteil des zweiten Wärmeerzeugers (elektrische Zusatzheizung) beeinflussen. Liegt der Bivalenzpunkt sehr niedrig, muss der Heizstab nur selten zugeschaltet werden, die Wärmepumpe muss jedoch entsprechend groß gewählt werden (höhere Investitionskosten). Ein zu hoher Bivalenzpunkt führt zwar zu kleinen Anlagen, der Anteil der durch den Heizstab zu liefernden Energie nimmt jedoch zu (höhere Heizkosten). Die Festlegung des Bivalenzpunktes erfolgt anhand der Heizleistungskurve der Wärmepumpe für die gewählte Heizungs-vorlauftemperatur und der (temperaturabhängigen) Heizlast des Gebäudes.

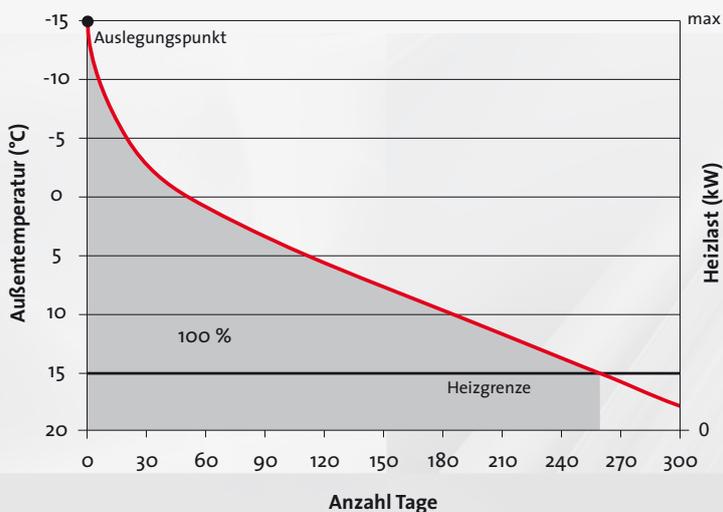


Abb. 11: Häufigkeitsverteilung der Außentemperatur



TRINKWASSERERWÄRMUNG

Die Trinkwassererwärmung stellt im Vergleich zur Heizwärmebereitstellung grundlegend andere Anforderungen, da sie ganzjährig mit etwa gleichbleibenden Anforderungen an Wärmemenge und Temperaturniveau betrieben wird. Bei der Auswahl des Trinkwarmwasserspeichers ist eine ausreichende Wärmetauscherfläche zu berücksichtigen.

Der Trinkwarmwasserbedarf hängt von den individuellen Nutzungsgewohnheiten und der Anlagenkonfiguration ab. Folgende Faktoren sind bei der Planung zu berücksichtigen:

- Anzahl und Bedarf der Nutzer, unter Berücksichtigung der Zapfstellen, Lebensgewohnheiten und dem Ausstattungsgrad der Wohnung
- Wärmeverteilung: mit/ohne Zirkulation, Leitungslängen
- Trinkwarmwasser-Speicherung: Art und Größe, Aufstellungsort des Speichers
- Wärmeerzeugung: zusätzliche Energiequellen, z.B. Solaranlage oder elektrischer Heizstab

Um die Nennwärmeleistung der Wärmepumpe dem Trinkwarmwasserbedarf anzupassen, ist der anteilige Bedarf für Warmwasser zu ermitteln. Das gilt besonders für Gebäude mit geringer Heizlast, da die Trinkwassererwärmung dann einen höheren Anteil erhält. Zu beachten sind die Bereitschaftswärmeverluste des Speichers und der Trinkwassererwärmung/-verteilung.

Spitzenleistungen der Trinkwassererwärmung werden durch Speicherung aufgefangen, wobei verschiedene Konzeptionen der Trinkwassererwärmung in Betracht kommen. Der Trinkwarmwasserbedarf liegt durchschnittlich bei 50 Litern pro Person und Tag (daraus resultiert ein Nutzwärmebedarf bei 45 °C warmem Wasser von rund 2 kWh).

Die Dimensionierung der Trinkwassererwärmung sollte mit Hilfe der DIN 4708 erfolgen. Diese Norm gilt für Wohngebäude, in denen Trinkwarmwasser zentral, entweder mit der Heizwärmeerzeugung kombiniert oder ausschließlich Trinkwarmwasser, erzeugt wird. Eine überdurchschnittliche Gleichzeitigkeit des Bedarfs, wie sie z.B. in Hotels zu erwarten wäre, ist nach der Zweckbestimmung ausgeschlossen. Um die hygienische Qualität des Trinkwarmwassers im Ein- und Zweifamilienhaus zu gewährleisten sollten Betriebstemperaturen unter 50 °C vermieden werden, 60 °C werden empfohlen (gemäß DVGW W 551).

Bei der Auswahl des Trinkwarmwasserspeichers ist eine ausreichende Wärmetauscherfläche zu berücksichtigen. Alternativ zum Trinkwarmwasserspeicher wird vermehrt die Erwärmung des Trinkwarmwassers während der Entnahme realisiert. Hierfür werden spezielle Wellrohr-Wärmetauscher oder gesonderte so genannte Frischwasserstationen mit Plattenwärmetauscher verwendet. Beide Systeme entnehmen die erforderliche Energie entweder dem Heizungspufferspeicher oder sind direkt in den Kondensatorkreis der Wärmepumpe eingebunden.

Da beim Betrieb einer Zirkulationspumpe die Speichertemperatur absinkt, ist deren Laufzeit möglichst zu begrenzen, z.B. durch eine Zeitschaltuhr, durch Bedarfserkennung oder Temperaturüberwachung. Die maximal erreichbare Speichertemperatur ist abhängig von der Leistung und der maximalen Vorlauftemperatur der installierten Wärmepumpe sowie der Heizungswasser-Durchflussmenge durch den Wärmetauscher. Die Vorgaben der DIN 1988 sind zu beachten.

PLANUNG DES GEEIGNETEN WÄRMEÜBERGABESYSTEMS

Flächenheizung

Als Flächenheizsysteme kommen vorwiegend Fußbodenheizsysteme zum Einsatz, seltener auch Wand- oder Deckenheizsysteme. Flächenheizungen in Form von Fußbodenheizungen wurden Anfang der 80er-Jahre beliebt. Aus dieser Zeit sind häufig noch Mischsysteme anzutreffen, d.h. Fußbodenheizung in Wohn- und Essbereichen und Heizkörper in den anderen Räumen. Einer der Vorteile einer Flächenheizung besteht darin, dass eine große Fläche zur Wärmeabgabe zur Verfügung steht, so dass die Deckung der geforderten Heizlast des Raumes bzw. Gebäudes mit niedrigen System-Temperaturen realisierbar ist. Ein hohes Maß an thermischer Behaglichkeit kann durch den Einsatz hochwertiger Temperaturregler erreicht werden.

Die thermische Trägheit der Estrichmasse von Fußbodenheizungen führt zu langen Aufheiz- und Abkühlzeiten bei vollständiger Abschaltung. Hier kann durch den Einsatz von hochwertiger Regelungstechnik, die eine vollständige Auskühlung des Estrichs verhindert und Aufheiz- und Absenkezeitpunkt intelligent steuert, ein hohes Maß an thermischem Komfort bei gleichzeitiger energieeffizienter Betriebsweise erreicht werden. Durch den Einsatz von Dünnschichtsystemen oder Wandheizungen in Verbindung mit hochwertigen Reglern können auch im Sanierungsbereich deutlich kürzere Aufheizzeiten und ein hohes Maß an thermischer Behaglichkeit erreicht werden.

Sollen vorhandene Fußbodenheizungen in eine Wärmepumpenanlage eingebunden werden, ist eine Bestandsaufnahme unabdingbar. Sind gültige Bestandspläne vorhanden, können diese, nach einer Prüfung, für die Auslegung herangezogen werden. Fehlen solche, sollte versucht werden, den Bestand (v. a. Rohrdimension und Verlegeabstände) zu ermitteln, um eine Grundlage für den erforderlichen hydraulischen Abgleich der Heizkreise und für die Pumpendimensionierung zu bekommen. Thermo-aufnahmen oder thermochrome Folien können bei der Ermittlung der Verlegeabstände helfen. Unbedingt erforderlich ist die Nachrüstung der Anlage mit Raumreglern und Stellantrieben, ggf. mittels einer Funkregelung, um auf das aufwendige Nachrüsten der Verkabelung verzichten zu können.

Eine Sonderform stellen Modernisierungen dar, bei denen eine teilweise oder gänzliche Umstellung des Wärmeübergabesystems geplant ist. Für den Wechsel von Heizkörpern zu Flächenheizungen sind spezielle Mini-Regelstationen für das Regeln von Fußbodenheizkreisen in abgegrenzten Räumen oder Zonen erhältlich, die in den vorhandenen Heizkörperkreis eingebunden werden und den, für einen Betrieb von beispielsweise Dünnschichtsystemen, zusätzlich erforderlichen Pumpendruck mittels einer kleinen, regelbaren Hocheffizienzpumpe bereitstellen.



Heizkörper

Die Pumpenwarmwasserheizung mit Heizkörpern ist vor allem im Gebäudebestand das dominierende System der Wärmeübergabe. Mit der Erfindung der Warmwasser-Zentralheizung kamen auch dezentral angeordnete Heizkörper zum Einsatz, die leistungsstark, bedarfsgerecht auszulegen und zu positionieren und individuell zu regeln waren. Dabei wurden von den zentralen Wärmeerzeugern für die Brennstoffe Heizöl, Gas oder Holz hohe Systemtemperaturen bis zu 90 °C erzeugt.

Die hohen Temperaturen im Heizkreis mit all ihren Nachteilen wie Leitungsverlusten, vorzeitigem Verschleiß an Pumpen und Ventilen, hohen Oberflächentemperaturen der Heizkörper, ggf. Staubverschmelzungen an der Heizkörperoberfläche und hohen konvektiven Luftbewegungen im Raum sind heute nicht mehr Stand der Technik und infolge gesunkener Heizlasten auch nicht mehr erforderlich.

Um eine wirtschaftliche Arbeitszahl der Wärmepumpe zu erreichen, sollte die Vorlauftemperatur möglichst niedrig gehalten werden. Temperaturen im Bereich von 40 °C bis 50 °C im Vorlauf haben sich als optimal erwiesen, um den Komfort eines Heizkörpersystems auch im Wärmepumpenbetrieb genießen zu können.

Was hat es mit besonders geeigneten Wärmepumpen-Heizkörpern auf sich? Heizkörper geben ihre Wärme auf zwei Arten an den Raum ab. Die Luft rund um den Heizkörper erwärmt sich an dessen warmer Oberfläche, steigt über dem Heizkörper nach oben und erwärmt so mittels Konvektion allmählich die Raumluft. Unmittelbarer wirkt die Wärmestrahlung. Die vom Heizkörper ausgesandten Wärmestraahlen dringen ungerichtet in den Raum vor und werden dort, wo sie auftreffen, direkt als Wärme spürbar. Wenn die Vorlauftemperatur eines Heizkörpers unter 30 °C sinkt, reduziert sich der konvektive Anteil der Heizwärme deutlich, da die Temperaturunterschiede zwischen Heizkörper und zu erwärmender Luft zu geringeren Auftriebskräften führen. Zur Unterstützung der konvektiven Wärmeabgabe werden Ventilatoren eingesetzt. Das erhöht die Gesamtwärmeabgabe



des Heizkörpers, kann aber zu erhöhten Luftbewegungen führen. Beim Einsatz dieses Heizkörpertyps sind das Ventilatorgeräusch und zusätzlicher Stromverbrauch zu berücksichtigen und es muss eine Stromversorgung in der Nähe des Heizkörpers vorhanden sein. Strahlungswärme hingegen wird auch bei sehr niedrigen Temperaturen wirksam. Daher sind im Temperaturbereich unter 40 °C Heizkörper mit großen Strahlungsflächen zum Raum maßgebend.



Verändert sich die erforderliche Größe der Heizkörper beim Wärmepumpeneinsatz? In den vergangenen Jahrzehnten war immer wieder die Diskussion darum, ob die Heizkörper mit zunehmender Wärmedämmung und veränderten Systemtemperaturen kleiner oder größer werden müssten. Tatsache ist, dass die geringere Heizlast infolge von Verbesserungen an der Gebäudehülle einherging mit der Änderung der Systemtechnik zu effizienteren und sparsameren Heizkesseln.

Durch die parallele Entwicklung in der Systemtechnik und der Gebäudehülle ist die Größe eines Heizkörpers annähernd gleich geblieben. Generell lässt sich feststellen, dass bei entsprechender Reduzierung der Heizlast des Gebäudes Wärmepumpen im Bestand mit etwa gleichgroßen Heizkörpern wie zuvor betrieben werden können. Im Einzelfall ist dies unter Einbeziehung aller Einflussfaktoren rechnerisch zu überprüfen sowie durch optimale Systemeinstellung und hydraulischen Abgleich umzusetzen. Grundsätzlich gilt dies in gleicher Weise für 1-Rohr wie auch für 2-Rohrsysteme, wobei in den nur noch selten eingesetzten 1-Rohrsystemen den pumpenfernen Heizkörpern besondere Aufmerksamkeit zu schenken ist, ob der Eignung des Heizkörpers für die geringen Betriebstemperaturen.

Ein Einrohrsystem ist dadurch gekennzeichnet, dass im 1-Rohrsystem die Heizkörper nacheinander an ein- und derselben Leitung angeschlossen sind und daher die Vorlauftemperatur der im Einrohr nachgeschalteten Heizkörper niedriger ist, als die der am Anfang angeordneten Heizkörper. Demgegenüber werden Heizkörper im 2-Rohrsystem alle mit der gleichen Vorlauftemperatur versorgt. Beim Betrieb von 1-Rohrsystemen an Wärmepumpen wird empfohlen, die an den Heizkörpern verwendeten fest eingestellten Bypassarmaturen gegen solche zu tauschen, die den Bypassanteil in Abhängigkeit vom Öffnungshub des Heizkörperventiles variieren und zusätzlich zu dieser Maßnahme den Ringmassenstrom so zu regeln, dass die Temperaturspreizung über den Einrohring auch bei Teillast annähernd konstant bleibt.

Kombination Heizkörper mit Fußbodenheizung

Meist wurden diese Kombinationen so betrieben, dass eine Fußbodenheizung zur Deckung der Grundlast und Heizkörper für die noch erforderliche Restleistung eingesetzt wurden. Bedingt durch die meist unterschiedlichen Auslegungstemperaturen wurden Flächenheizung und Heizkörper häufig an getrennten Heizkreisen inklusive Mischer und Regelung angeschlossen. Nach einer umfassenden energetischen Modernisierung des Gebäudes empfiehlt es sich zu prüfen, ob diese Trennung der Heizkreise weiterhin erforderlich ist, oder ob im Sinne einer vereinfachten Anlagenhydraulik der Heizbetrieb künftig mit einheitlichen Systemtemperaturen erfolgen kann. Bei geringen Flächengrößen (z.B. bei Badezimmersanierung) kann dies auch durch den Einsatz von Heizkörpern mit integriertem Fußbodenheizungsanschluss und Rücklauftemperaturbegrenzer (RTL) ermöglicht werden.



PRAXISBEISPIELE

In Deutschland befinden sich etwa 60 % der Wohnfläche in Ein- und Zweifamilienhäusern bzw. Reihenhäusern, die anderen 40 % in Mehrfamilienhäusern unterschiedlicher Größe. Ein großer Teil des Bestands (41 %) stammt aus der Zeit zwischen dem 2. Weltkrieg und der Ölkrise der siebziger Jahre, ein kleinerer Teil (22 %) aus der Zeit davor. Sowohl bei den Einfamilien- als auch bei den Mehrfamilienhäusern dominieren neuere Zentralheizungssysteme (Baujahr Wärmeerzeuger ab 1990). Etwa ein Drittel der Zentral-

heizungen sind älteren Baujahrs. Der Großteil der mit Zentralheizungen ausgestatteten Gebäude besitzt auch eine zentrale Warmwasserbereitung. Brennstoff-betriebene Ofenheizungen besitzen nur noch 6 % der Einfamilienhäuser und 4 % der Mehrfamilienhäuser. Etwa in gleichem Umfang ist die Beheizung mit Elektro-Öfen (Nachtspeicheröfen und Elektro-Direkt-Heizung) vertreten.

		Baualterklassen											Summe	An- teil
		vor 1918	vor 1918	vor 1918	1919–1948	1949–1957	1958–1968	1969–1978	1979–1983	1984–1994	1995–2001	2002–2006		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J			
EFH	Wohnfläche in Tsd. m ²	81.503	148.776	168.937	174.251	235.409	223.135	112.631	236.441	255.280	103.208	1.739.571	52 %	
	Anz. Wohneinh. in Tsd.	916	1.707	2.010	1.915	2.274	1.867	936	2.055	1.994	671	16.345	42 %	
RH	Wohnfläche in Tsd. m ²		14.543	31.450	21.993	35.996	61.478	24.503	32.951	33.366	11.675	267.955	8 %	
	Anz. Wohneinh. in Tsd.		145	326	231	348	517	202	281	285	83	2.418	6 %	
MFH	Wohnfläche in Tsd. m ²	31.974	109.337	135.827	117.051	149.881	122.930	61.044	118.019	154.740	24.267	1.025.070	31 %	
	Anz. Wohneinh. in Tsd.	462	1.501	2.034	1.912	2.210	1.677	821	1.712	2.240	296	14.865	38 %	
GMH	Wohnfläche in Tsd. m ²		31.549	10.160	38.936	47.501	46.124					174.270	5 %	
	Anz. Wohneinh. in Tsd.		448	169	703	784	697					2.801	7 %	
HH	Wohnfläche in Tsd. m ²					12.617	12.988					25.605	1 %	
	Anz. Wohneinh. in Tsd.					198	198					396	1 %	
MFH NBL	Wohnfläche in Tsd. m ²				14.324	24.418						38.742	1 %	
	Anz. Wohneinh. in Tsd.				329	408						737	2 %	
GMH NBL	Wohnfläche in Tsd. m ²						22.976	19.899	17.977			60.852	2 %	
	Anz. Wohneinh. in Tsd.						390	336	305			1.031	3 %	
HH NBL	Wohnfläche in Tsd. m ²						16.823	4.230				21.053	1 %	
	Anz. Wohneinh. in Tsd.						310	67				377	1 %	
Wohnfläche in Tsd. m ²		113.477	304.205	346.374	366.555	505.822	506.454	222.307	405.388	443.386	139.150	3.353.118		
Anteil		3 %	9 %	10 %	11 %	15 %	15 %	7 %	12 %	13 %	4 %			
Anz. Wohneinh. in Tsd.		1.378	3.801	4.539	5.090	6.222	5.656	2.362	4.353	4.519	1.050	38.970		
Anteil		4 %	10 %	12 %	13 %	16 %	15 %	6 %	11 %	12 %	3 %			

*EFH = Einfamilienhaus, RH = Reihenhäuser, MFH = Mehrfamilienhaus, GMH = großes Mehrfamilienhaus, HH = Hochhaus, NBL = neues Bundesländer
Quelle: Querschnittsbericht „Energieeffizienz im Wohngebäudebestand“ vom 22. November 2007, ISBN 9-789932-079998.
Quelle Bilder: Institut Wohnen und Umwelt GmbH

Abb. 12: Deutsche Gebäudetypologie – Häufigkeit von Gebäudetypen unterschiedlichen Baualters



Entsprechend diesem Profil des Gebäudebestands in der Bundesrepublik Deutschland fand eine Auswahl der Praxisbeispiele für eine energetische Modernisierung statt. Anhand der Häufigkeitsverteilung in Abbildung 12 werden nachfolgend verschiedene Modernisierungsvarianten für verschiedene Gebäudetypen beschrieben. Das Baualter des Wohngebäudebestandes gibt Aufschluss über die typische Konstruktionsweise und Bauteilflächen, sowie über die verwendeten Materialien und damit den Dämmstandard der Gebäudehülle. Mithilfe dieser Angaben können bereits erste Aussagen zum wärmetechnischen Zustand des Gebäudes und den typischen Energiekennwerten erfolgen. Somit kann der Energie- und Heizwärmebedarf bzw. das zu erwartende Energieeinsparpotenzial eingeschätzt werden.

In der vorliegenden Broschüre werden die Einsparmöglichkeiten untersucht, welche sich durch den Einsatz verschiedener Wärmeübergabesysteme (Fußbodenheizung bzw. Heizkörper) in Verbindung mit modernen Wärmepumpen in Bestandsgebäuden ergeben. Dazu werden für verschiedene Gebäudetypen und unterschiedliche Wärmeschutz-niveaus die folgenden Größen vor sowie nach Anlagensanierung mit einer Wärmepumpe berechnet:

- Endenergiebedarf
- Primärenergiebedarf
- CO₂-Emissionen

Als Primärenergie wird die Energie bezeichnet, die mit den natürlich vorkommenden Energieformen oder Energiequellen zur Verfügung steht. Dazu gehören zum Beispiel fossile Energieträger wie Braunkohle, Steinkohle, Erdgas und Erdöl oder erneuerbare Energien wie Biomasse, Wasserkraft, Sonnenenergie, Erdwärme und Windenergie, aber auch die Kernenergie.

Als Endenergie wird die Energie bezeichnet, die vom Verbraucher nach Umwandlung der Primärenergie und Übertragung schließlich genutzt wird. Die Endenergie ist derjenige Teil der Primärenergie, welcher dem Verbraucher für Heizung, Warmwasser und Lüftung zur Verfügung steht (z. B. Heizöl im Öltank, Gas oder Strom aus dem Hausanschluss, Holz für den Kamin).

Der Endenergiebedarf wird im Energieausweis angegeben. Je geringer der Endenergiebedarf ist, desto weniger Energie muss gekauft werden.

Im Rahmen der Berechnungen werden mehrere hinsichtlich Gebäudetyps und -alters unterschiedliche, fiktive Gebäude ähnlich der Deutschen Gebäudetypologie aus Abbildung 12 betrachtet. Die baulichen Wärmeschutz-niveaus der zu untersuchenden Gebäude werden in Anlehnung an die „Deutsche Gebäudetypologie“²⁾ abhängig vom Gebäudebaujahr nach Abbildung 12 festgelegt. Die betrachteten Gebäude werden den Gebäudetypen (Modellgebäuden) 1. Einfamilienhaus (EFH), 2. Reihenhaus (RH), 3. Mehrfamilienhaus mit 6 Wohneinheiten (MFH) zugeordnet. Beim EFH umschließt die thermische Hülle Erd-, Ober- und Dachgeschoss. Der Keller befindet sich außerhalb der thermischen Hülle. Die Nutzfläche beträgt 209 m² und die Wohnfläche 150 m². Aus dem Bruttovolumen von 654 m³ resultiert dann das A/V-Verhältnis von 0,68/m. Wie beim alleinstehenden EFH befinden sich beim RH Erd-, Ober- und Dachgeschoss innerhalb der thermischen Hülle. Der Keller liegt außerhalb des beheizten Bereiches.

Die Nutzfläche des RH beträgt 128 m² und die Wohnfläche 110 m². Aus dem Bruttovolumen von 401 m³ resultiert dann das A/V-Verhältnis von 0,49/m. In dem betrachteten MFH umfasst die thermische Hülle das Erdgeschoss und die beiden Obergeschosse. Keller und Dachgeschoss liegen außerhalb der thermischen Hülle. Die Nutzfläche des MFH beträgt 612 m² und die Wohnfläche 500 m². Aus dem Bruttovolumen von 1912 m³ resultiert dann das A/V-Verhältnis von 0,51/m.

Für Niedertemperaturkessel wird eine Trinkwassererwärmung über indirekt beheizte Trinkwarmwasserspeicher unterstellt. Niedertemperaturkombithermen besitzen eine integrierte Trinkwassererwärmung nach dem Durchflussprinzip. Bei Einzelraumöfen sowie elektrischer Beheizung wird von dezentraler, elektrischer Trinkwassererwärmung ausgegangen.

- Austausch bzw. Ergänzung des alten Wärmeerzeugers gegen/ um eine Wärmepumpe (einschließlich Regelung und Heizungs-pumpen)
- Austausch des alten Trinkwarmwasserspeichers gegen einen neuen, bzw. Einbau eines neuen Trinkwarmwasserspeichers
- Hydraulischer Abgleich
- Dämmung der Heizungs- und Warmwasserverteillungen im Kellerbereich entsprechend den Vorgaben der EnEV für neue Rohrleitungen³⁾

²⁾ Institut Wohnen und Umwelt – Deutsche Gebäudetypologie, Systematik und Datensätze, 18.12.2003

³⁾ War vor Sanierung keine Zentralheizung eingebaut, wird von einer kompletten Neuinstallation aller Trinkwasser- und Heizungsleitungen, einschließlich zeitgemäßer Rohrleitungsdämmung, ausgegangen.

Für Aussagen zur Einsetzbarkeit der verschiedenen Wärmeübertragungssysteme (Heizkörper oder Fußbodenheizung) in den untersuchten Beispielen ist eine qualifizierte Abschätzung der zu deckenden Heizlast erforderlich. Im Rahmen dieser Broschüre wird auf die Heizlastwerte zurückgegriffen, welche die verwendete Energieberatersoftware (Hottgenroth Energieberater 7)

liefert. Dieser Heizlastbestimmung liegt ein vereinfachtes Hüllflächenverfahren zugrunde. Zur Berechnung der Lüftungswärmeverluste wird ein Luftwechsel von 0,5 unterstellt. Die Berechnung der Energiekosten basiert auf den folgenden bundesdeutschen Jahresmittelwerten für das Jahr 2009:

Energiekosten			
Heizöl (nach Abnahmemenge)			
750 l	0,616	€/l	Umrechnung des Preises für Abnahmemenge 3000 l auf andere Abnahmemengen
1250 l	0,5804	€/l	
2000 l	0,5543	€/l	
3000 l	0,541	€/l	Brennstoffspiegel
4000 l	0,5338	€/l	Umrechnung des Preises für Abnahmemenge 3000 l auf andere Abnahmemengen
5000 l	0,5277	€/l	
6500 l	0,5234	€/l	
ab 8000 l	0,5209	€/l	
Erdgas (nach Abnahmemenge, für Gebäude ausgewählt)			
Arbeitspreis EFH	0,062	€/kWh	Brennstoffspiegel
Grundpreis EFH	165	€/a	
Arbeitspreis RH	0,062	€/kWh	
Grundpreis RH	165	€/a	
Strom			
Arbeitspreis Hochtarif	0,2120	€/kWh	BDEW
Arbeitspreis Niedertarif	0,1462	€/kWh	Preisrecherche (E.ON Hanse, E.ON Bayern, Vattenfall, RWE), 70 % Nacht + 30 % Tag; Grundpreis je Wohneinheit
Grundpreis Niedertarif	66,00	€/a	
Arbeitspreis Wärmepumpentarif	0,1583	€/kWh	BDEW-HKV 07/08 - 06/09, Umrechnung auf Jahresmittel 2009 anhand Verbraucherpreisindex Strom des statistischen Bundesamtes
Grundpreis Wärmepumpentarif	61,00	€/a	BDEW-HKV 07/08 - 06/09
Flüssiggas (nach Abnahmemenge)			
3000 l	0,6136	€/l	Auf niedrigere Abnahmemenge umgerechnet; Preisverhältnis aus Preisangaben des Bundes der Energieverbraucher ermittelt
über 3000 l	0,5930	€/l	Brennstoffspiegel, Preis für Abnahmemenge von ca. 4600 l

Abb. 13: Energie-/Brennstoffpreise für 2009

Die CO₂-Emissionen werden anhand des Endenergiebedarfs mit den CO₂-Emissionsfaktoren nach Gemis 4.5 berechnet. Diese spiegeln mittlere Verhältnisse für Deutschland wider. Neben den im Gebäude anfallenden Emissionen werden auch die bei

der Bereitstellung der Endenergie vorgelagerten Prozesse berücksichtigt. Für Strom wird der mittlere Emissionsfaktor für die Stromentnahme aus dem lokalen Stromnetz verwendet.



Die angesetzten anlagenseitigen Sanierungskosten sind das Ergebnis umfangreicher Recherchen. Sie basieren auf einer Auswertung von Listenpreisen führender Hersteller und umfassen neben den Materialkosten auch die Lieferung, Montage, Inbetriebnahme, typische Rabatte und Preisauflschläge.
 Wärmepumpen werden im Rahmen der Energiebedarfsberechnungen mit Durchschnittswerten moderner Anlagen abgebildet.

CO ₂ -Emissionsfaktor		
Erdgas	227	g/kWh
Flüssiggas	273	g/kWh
Heizöl	317	g/kWh
Strom	644	g/kWh

	Leistungszahl / COP			Δ T
Luft-Wasser	A-7/W35	A2/W35	A10/W35	5
	2,8	3,3	4,1	
Sole-Wasser	B0/W35			5
	4,4			
Wasser-Wasser	W10/W35			5
	5,3			

Abb. 14: Leistungszahlen moderner Wärmepumpen

Die Bezeichnung einer Wärmepumpe richtet sich nach dem Medium, mit welchem die Wärmepumpe primär- und sekundärseitig arbeitet. Unter Primärkreis versteht man hierbei die Wärmequelle, also

beispielsweise ein im Erdboden zirkulierender Wärmeträger (Sole). Unter Sekundärkreis versteht man das vom Heizkreis im Gebäude verwendete Arbeitsmedium, also üblicherweise (Heizungs-) Wasser.

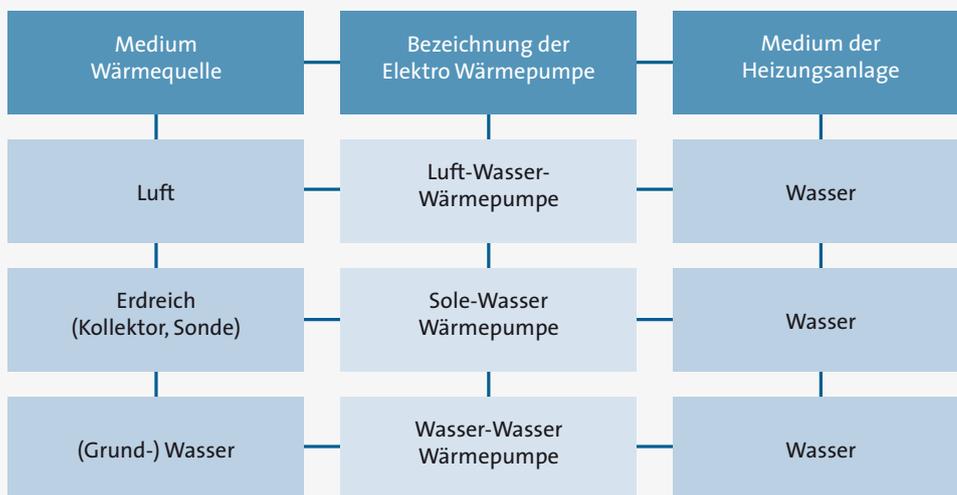


Abb. 15: Bezeichnungen von Wärmepumpen

Die verschiedenen Wärmepumpensysteme werden detailliert im BDH-Informationsblatt Nr. 25 „Wärmepumpen“ beschrieben. Weitere Informationen bieten die Informationsblätter Nr. 37

„Wärmeübergabe- und Kühlsysteme in Verbindung mit einer Wärmepumpe“ und Nr. 43 „Auslegung von oberflächennahen Erdwärmekollektoren“.

ÜBERSICHT DER DREI GEBÄUDETYPEN

Im Rahmen der Berechnungen werden drei verschiedene Modellgebäude betrachtet.

Einfamilienhaus (EFH)

Die thermische Hülle umschließt Erd-, erstes Ober- und Dachgeschoss.
Der Keller befindet sich außerhalb der thermischen Hülle.

Nutzfläche A	189,9 m ²
Wohnfläche	158,3 m ²
Bruttovolumen	593,6 m ³
A/V	0,71/m

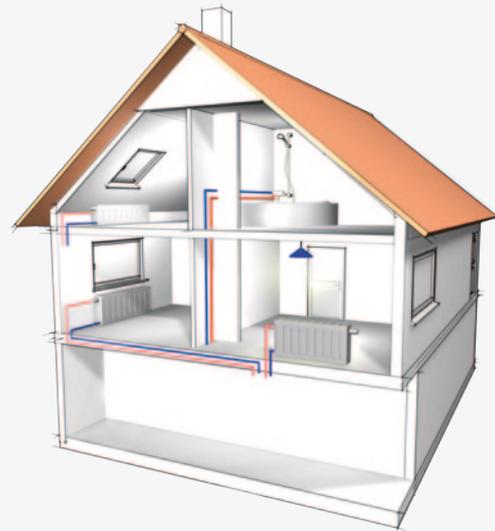


Abb. 16: Einfamilienhaus EFH

Reihenhaus RH

Wie beim alleinstehenden Einfamilienhaus befinden sich Erd-, erstes Ober- und Dachgeschoss innerhalb der thermischen Hülle. Der Keller liegt außerhalb des beheizten Bereiches.

Nutzfläche A	128,4 m ²
Wohnfläche	107,0 m ²
Bruttovolumen	401,4 m ³
A/V	0,66/m

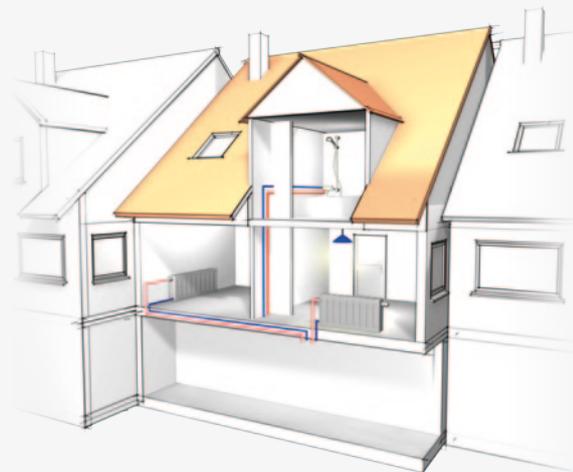


Abb. 17: Reihenhaus RH



Mehrfamilienhaus mit 6 Wohneinheiten (MFH)

Die thermische Hülle umfasst das Erd- und die beiden Obergeschosse.
Keller und Dachgeschoss liegen außerhalb der thermischen Hülle.

Nutzfläche A	330,7 m ²
Wohnfläche	436,6 m ²
Bruttovolumen	1368,4 m ³
A/V	0,58/m

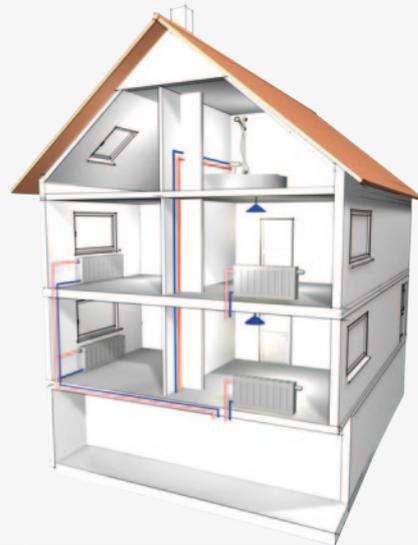


Abb. 18: Mehrfamilienhaus MFH

Bei den jeweiligen Beispielen werden die einzelnen Berechnungsergebnisse (Endenergie, Primärenergie, Energiekosten, CO₂-Emissionen und Investitionskosten) aufgeführt.

Beim Wechsel von Heizkörper zu Fußbodenheizung in einem bestehenden Gebäude sind die zur Verfügung stehenden Aufbauhöhen das entscheidende Kriterium.

Daher ist bei der Planung einer Fußbodenheizung die erforderliche Aufbauhöhe für die Wärmetrittschalldämmung, das Heizsystem (Rohre, Flächenelemente, etc.) und die Lastverteilschicht (Estrich, Platten, etc.) vorzusehen.

Zu der systembedingten Aufbauhöhe ist dann noch der jeweilige Bodenbelag hinzuzurechnen. Durch den Einbau der Fußbodenheizung entsteht an der Eingangstür eine Stufe, die so hoch sein wird, wie die erforderliche Aufbauhöhe der Fußbodenheizung.

Bei der Planung der Fußbodenheizung ist außerdem noch die Tragfähigkeit der Decke zu berücksichtigen. Deshalb kommen neben dem sogenannten Dünnschichtsystemen überwiegend Trockensysteme mit aufgelegtem Gipskarton- oder zementgebunden Leichtbauplatten oder Blechen für die Lastverteilung zum Einsatz. Vor Beginn der Verlegung einer Fußbodenheizung ist dafür Sorge zu tragen, dass ein ebener Untergrund vorhanden ist. Ansonsten können nach der Installation Einfederungen oder Brüche von Fliesen und Estrich auftreten.

BEISPIEL 1

Freistehendes Einfamilienhaus (EFH siehe Baualtersklasse H aus Abbildung 12)



- Einfamilienhaus, Baujahr 1989
- Nutzfläche 209 m²
- Bruttovolumen 654 m³
- Wohnfläche ca. 150 m²
- A/V_e 0,68/m
- Die thermische Hülle umschließt Erd-, Ober- und Dachgeschoss.
- Der Keller befindet sich außerhalb der thermischen Hülle.

Ausgangssituation

	Heizung	Trinkwassererwärmung
Erzeuger 1	NT-Gebläsekessel (1987-1994), Erdgas	Wärmeerzeuger Heizung
Speicherung	—	indirekt beheizter Speicher, Dämmung abhängig von Gebäude- bzw. Wärmeerzeugerbaujahr gewählt, Standardgröße nach jeweiliger Norm
Verteilung	Heizkreisauslegungstemperaturen 50/40 °C, mäßige Leitungsdämmung, kein hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpe ungeregelt und überdimensioniert	mit Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
Übergabe	Fußbodenheizung, Einzelraumregelung, 2 K Schaltdifferenz	—

Sanierungsmaßnahmen:

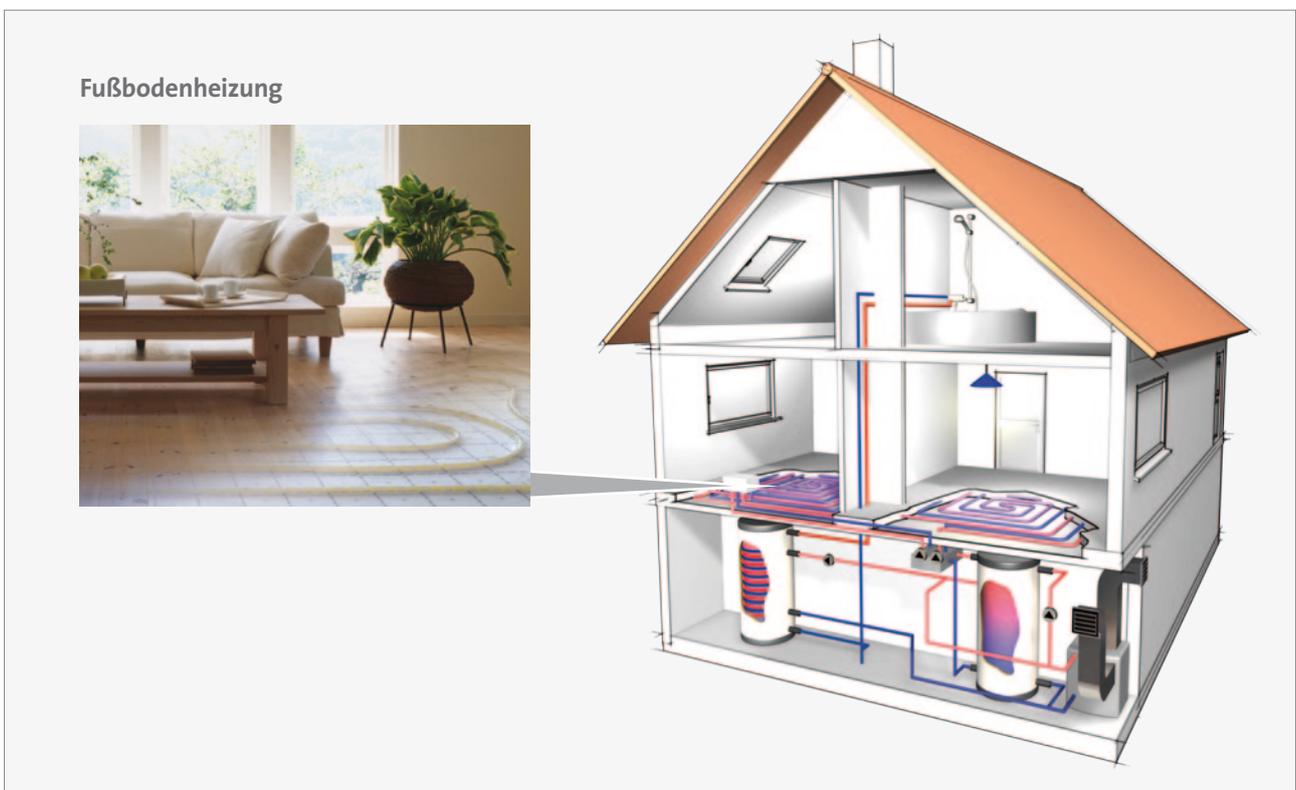
- Alter Wärmeerzeuger wird durch Luft-Wasser-Wärmepumpe ersetzt
- Heizstabunterstützung bei sehr niedrigen Außentemperaturen
- Bestehende FBH wird beibehalten
- Verbesserungspotential durch Austausch der Einzelraumregler durch moderne Regler mit niedrigerer Schaltdifferenz
- Absenkung der Systemtemperatur auf 45/35
- Indirekt beheizter Speicher
- Standardgröße nach Norm
- Trinkwassererwärmung mit Zirkulation
- Dämmung der Verteilleitungen im Keller nach EnEV
- Neue Umwälzpumpe geregelt und bedarfsausgelegt
- Optimierter Betrieb durch hydraulischen Abgleich und optimale Heizkurve
- Trinkwassererwärmung (Anforderungen gemäß DIN 1988)



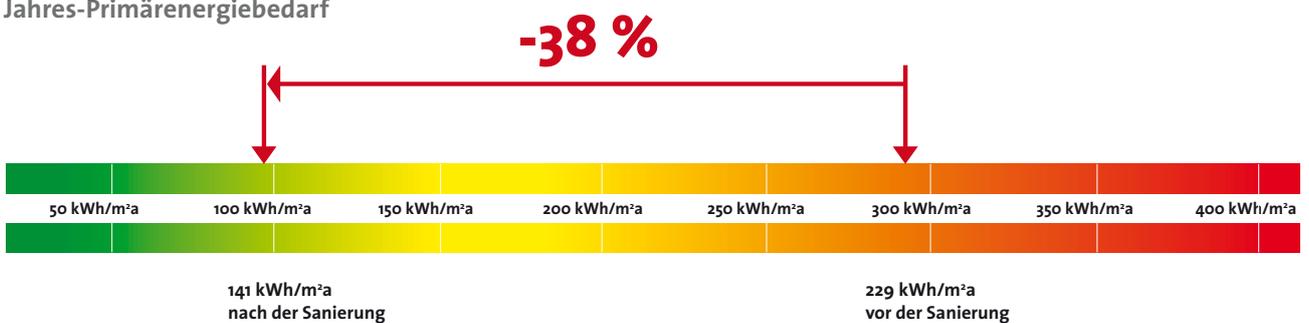
Energetische Kennwerte

Anlage	Endenergie				Primärenergie				CO ₂ -Emissionen			
	Bedarf [kWh]		Einsparung		Bedarf [kWh]		Einsparung		vorher [kg/a]	nachher [kg/a]	Einsparung	
	vorher	nachher	absolut	relativ	vorher	nachher	absolut	relativ			absolut	relativ
Luft-Wasser-EWP	42.429	11.387	31.042	73 %	47.849	29.606	18.243	38 %	9.959	7.333	2.626	26 %

Berechnungsdaten nach DIN V 4108-6/4701-10



Jahres-Primärenergiebedarf



BEISPIEL 2

Freistehendes Einfamilienhaus (EFH siehe Baualtersklasse E aus Abbildung 12)



Quelle: Institut Wohnen und Umwelt GmbH

- Einfamilienhaus, Baujahr 1963
- Nutzfläche 209 m²
- Bruttovolumen 654 m³
- Wohnfläche ca. 150 m²
- A/V_e 0,68/m
- Die thermische Hülle umschließt Erd-, Ober- und Dachgeschoss.
- Der Keller befindet sich außerhalb der thermischen Hülle.

Ausgangssituation

	Heizung	Trinkwassererwärmung
Erzeuger 1	NT-Gebläsekessel (vor 1987), Heizöl	Wärmeerzeuger Heizung
Speicherung	—	indirekt beheizter Speicher, Dämmung abhängig von Gebäude- bzw. Wärmeerzeugerbaujahr gewählt, Standardgröße nach jeweiliger Norm
Verteilung	Heizkreisauslegungstemperaturen 70/55 °C, mäßige Leitungsdämmung, kein hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpe unregelt und überdimensioniert	mit Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
Übergabe	alte Heizkörper, Anordnung im Außenwandbereich, alte Thermostatventile	—

Sanierungsmaßnahmen:

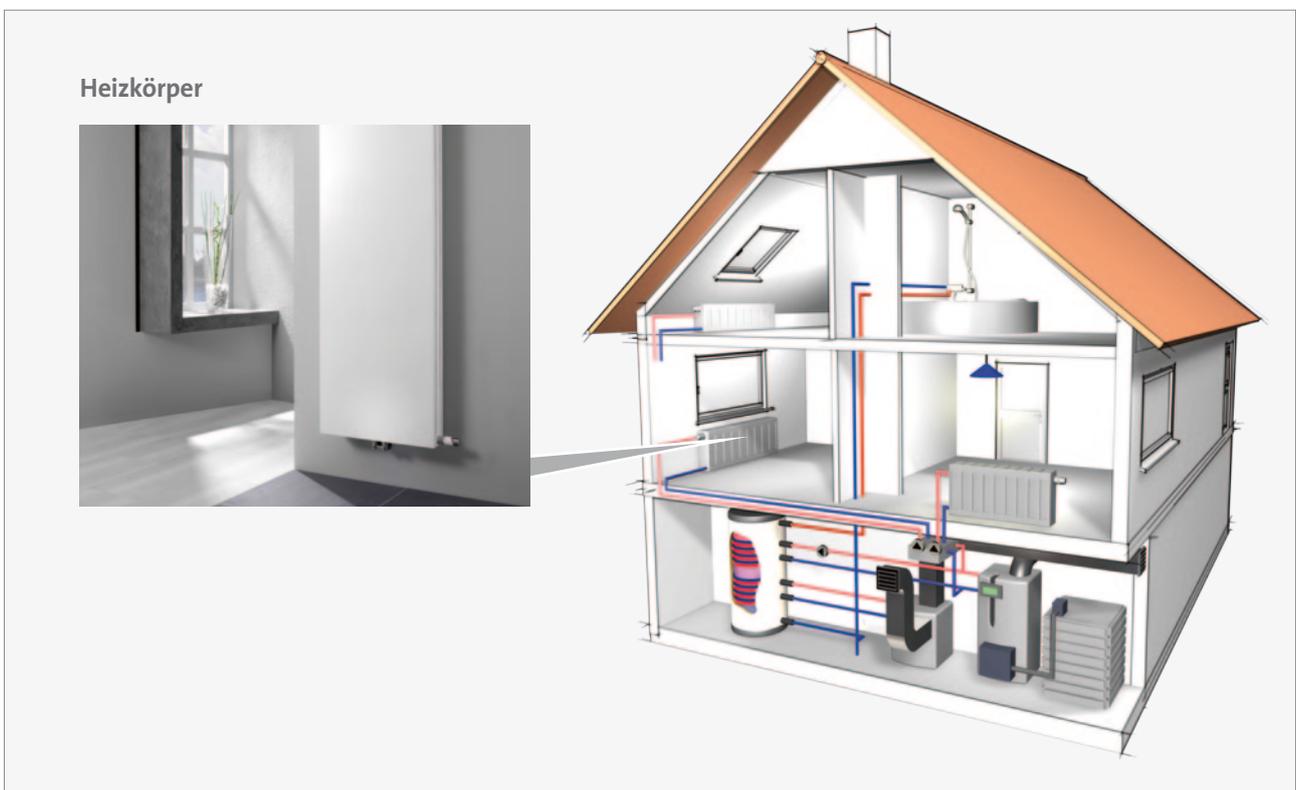
- Alter Wärmeerzeuger bleibt als Spitzenlastkessel erhalten und wird durch Luft-Wasser-Wärmepumpe ergänzt
- Bivalenter Betrieb mit zwei Systemtemperaturen
- Ca. 45/35 für den Bivalenzpunkt (-2°C) und ca. 55/45 für den Auslegungsfall am kältesten Tag des Jahres
- Neuer Bad-Heizkörper mit neuem Thermostatventil
- Indirekt beheizter Speicher, Standardgröße nach Norm
- Trinkwassererwärmung mit Zirkulation
- Dämmung der Verteilleitungen im Keller nach EnEV
- Neue Umwälzpumpe geregelt und bedarfsausgelegt
- Einbau neuer Thermostatventile
- Optimierter Betrieb durch hydraulischen Abgleich und optimale Heizkurve



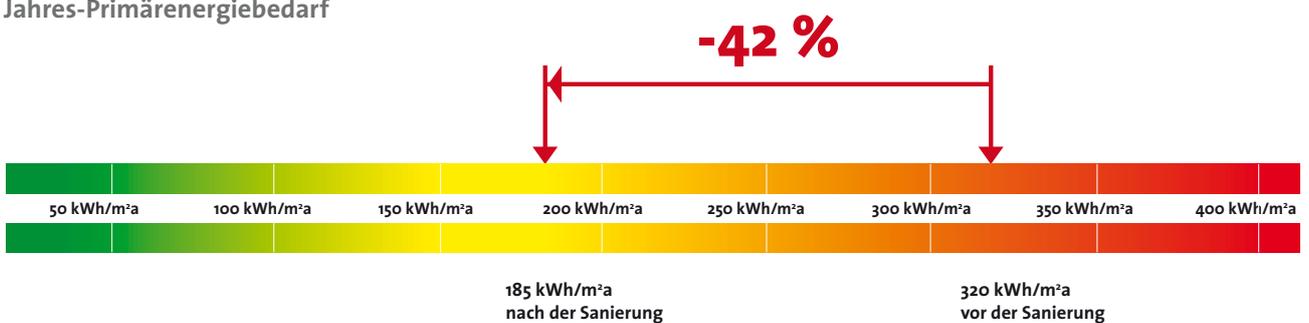
Energetische Kennwerte

Anlage	Endenergie				Primärenergie				CO ₂ -Emissionen			
	Bedarf [kWh]		Einsparung		Bedarf [kWh]		Einsparung		vorher [kg/a]	nachher [kg/a]	Einsparung	
	vorher	nachher	absolut	relativ	vorher	nachher	absolut	relativ			absolut	relativ
Luft-Wasser-EWP	59.577	19.929	39.648	67 %	66.549	38.755	27.794	42 %	19.107	9.987	9.120	48 %

Berechnungsdaten nach DIN V 4108-6/4701-10



Jahres-Primärenergiebedarf



BEISPIEL 3

Reihen-Einfamilienhaus (RH siehe Baualtersklasse F aus Abbildung 12)



Quelle: Institut Wohnen und Umwelt GmbH

- Reihenhaus, Baujahr 1974
- Nutzfläche 128 m²
- Bruttovolumen 401 m³
- Wohnfläche ca. 110 m²
- A/V_e 0,49/m
- Die thermische Hülle umschließt Erd-, Ober- und Dachgeschoss.
- Der Keller befindet sich außerhalb der thermischen Hülle.

Ausgangssituation

	Heizung	Trinkwassererwärmung
Erzeuger 1	NT-Kombikessel (1987–1994), Erdgas	Wärmeerzeuger Heizung
Speicherung	—	ohne bzw. Kleinspeicher im Wärmeerzeuger (Kombikessel)
Verteilung	Heizkreisauslegungstemperaturen 55/45 °C, mäßige Leitungsdämmung, kein hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpe unregelt und überdimensioniert	mit Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
Übergabe	Fußbodenheizung, Einzelraumregelung, 2 K Schaltdifferenz	—

Sanierungsmaßnahmen:

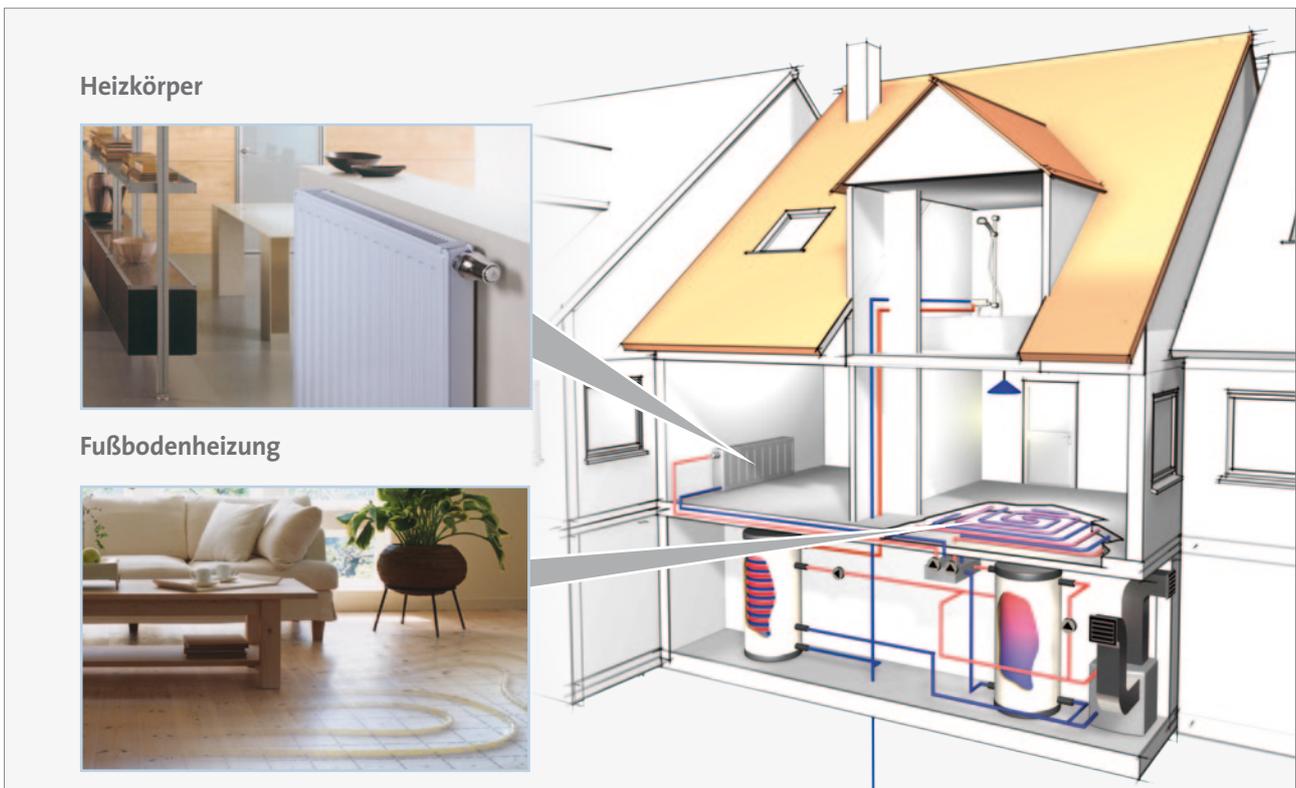
- Alter Wärmeerzeuger wird durch Luft-Wasser-Wärmepumpe ersetzt
- Heizstabunterstützung bei sehr niedrigen Außentemperaturen
- Gemischtes Wärmeübergabesystem (Fußbodenheizung 70% und Heizkörper 30%)
- Anpassung der Hydraulik (zwei verschiedene Heizkreise)
- Absenkung der Systemtemperatur auf 45/35
- Indirekt beheizter Speicher. Standardgröße nach Norm
- Trinkwassererwärmung mit Zirkulation
- Dämmung der Verteilleitungen im Keller nach EnEV
- Neue Umwälzpumpe geregelt und bedarfsausgelegt
- Einbau neuer Thermostatventile
- Optimierter Betrieb durch hydraulischen Abgleich und optimale Heizkurve
- Trinkwassererwärmung (Anforderungen gemäß DIN 1988)



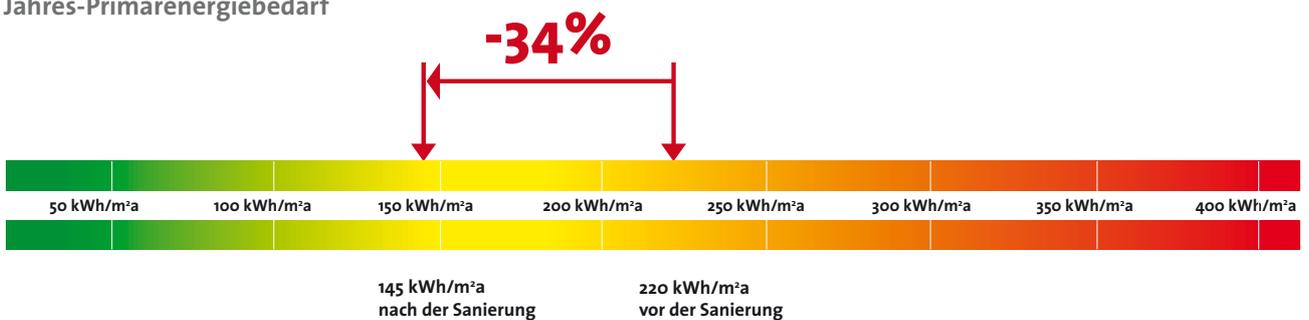
Energetische Kennwerte

Anlage	Endenergie				Primärenergie				CO ₂ -Emissionen			
	Bedarf [kWh]		Einsparung		Bedarf [kWh]		Einsparung		vorher [kg/a]	nachher [kg/a]	Einsparung	
	vorher	nachher	absolut	relativ	vorher	nachher	absolut	relativ			absolut	relativ
Luft-Wasser-EWP E-Heizung	24.870	7.180	17.690	71 %	28.175	18.668	9.507	34 %	5.873	4.624	1.249	21 %

Berechnungsdaten nach DIN V 4108-6/4701-10



Jahres-Primärenergiebedarf



BEISPIEL 4

Reihen-Einfamilienhaus (RH siehe Baualterklasse I aus Abbildung 12)



Quelle: Institut Wohnen und Umwelt GmbH

- Reihenhaus, Baujahr 1995
- Nutzfläche 128 m²
- Bruttovolumen 401 m³
- Wohnfläche ca. 110 m²
- A/V_e 0,49/m
- Die thermische Hülle umschließt Erd-, Ober- und Dachgeschoss.
- Der Keller befindet sich außerhalb der thermischen Hülle.
- Haus nach Wärmeschutzverordnung 95

Ausgangssituation

	Heizung	Trinkwassererwärmung
Erzeuger 1	NT-Kombikessel, Innenaufstellung, Erdgas	Wärmeerzeuger Heizung
Speicherung	—	ohne bzw. Kleinspeicher im Wärmeerzeuger (Kombikessel)
Verteilung	Heizkreisauslegungstemperaturen 40/30 °C, mäßige Leitungsdämmung, kein hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpe unregelt und überdimensioniert	mit Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
Übergabe	Fußbodenheizung, Einzelraumregelung, 2K Schaltdifferenz	—

Sanierungsmaßnahmen:

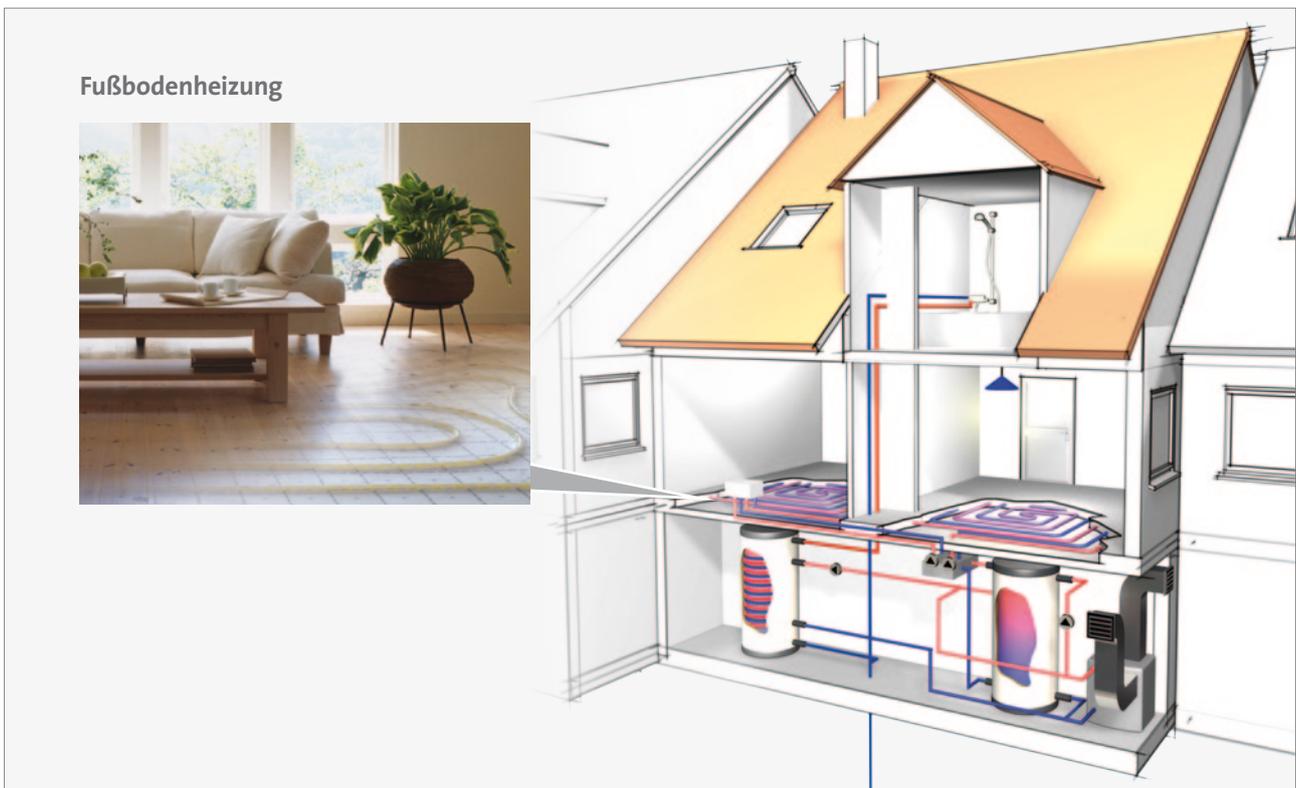
- Alter Wärmeerzeuger wird durch Luft-Wasser-Wärmepumpe ersetzt
- Heizstabunterstützung bei sehr niedrigen Außentemperaturen
- Bestehende FBH wird beibehalten
- Verbesserungspotential durch Austausch der Einzelraumregler durch moderne Regler mit niedrigerer Schaltdifferenz
- Absenkung der Systemtemperatur auf 35/28
- Indirekt beheizter Speicher, Standardgröße nach Norm
- Trinkwassererwärmung mit Zirkulation
- Dämmung der Verteilleitungen im Keller nach EnEV
- Neue Umwälzpumpe geregelt und bedarfsausgelegt
- Optimierter Betrieb durch hydraulischen Abgleich und optimale Heizkurve
- Trinkwassererwärmung (Anforderungen gemäß DIN 1988)



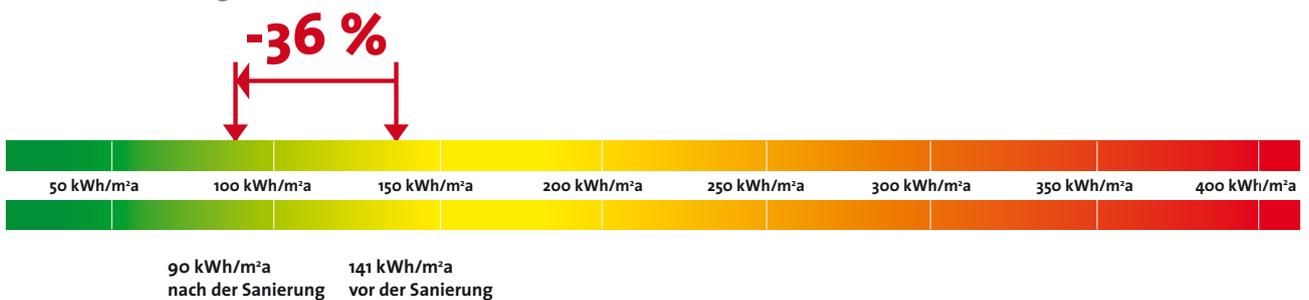
Energetische Kennwerte

Anlage	Endenergie				Primärenergie				CO ₂ -Emissionen			
	Bedarf [kWh]		Einsparung		Bedarf [kWh]		Einsparung		vorher [kg/a]	nachher [kg/a]	Einsparung	
	vorher	nachher	absolut	relativ	vorher	nachher	absolut	relativ			absolut	relativ
Luft-Wasser-EWP E-Heizung	15.830	4.449	11.381	72 %	18.109	11.567	6.542	36 %	3.787	2.865	922	24 %

Berechnungsdaten nach DIN V 4108-6/4701-10



Jahres-Primärenergiebedarf



BEISPIEL 5

Reihen-Einfamilienhaus (RH siehe Baualtersklasse I aus Abbildung 12)



Quelle: Institut Wohnen und Umwelt GmbH

- Reihenhaus, Baujahr 1994
- Nutzfläche 128 m²
- Bruttovolumen 401 m³
- Wohnfläche ca. 110 m²
- A/V_e 0,49/m
- Die thermische Hülle umschließt Erd-, Ober- und Dachgeschoss.
- Der Keller befindet sich außerhalb der thermischen Hülle.

Ausgangssituation

	Heizung	Trinkwassererwärmung
Erzeuger 1	NT-Gebläsekessel (1987-1994), Flüssiggas	Wärmeerzeuger Heizung
Speicherung	—	indirekt beheizter Speicher, Dämmung abhängig von Gebäude- bzw. Wärmeerzeugerbaujahr gewählt, Standardgröße nach jeweiliger Norm
Verteilung	Heizkreisauslegungstemperaturen 55/45 °C, mäßige Leitungsdämmung, kein hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpe unregelt und überdimensioniert	mit Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
Übergabe	alte Heizkörper, Anordnung im Außenwandbereich, alte Thermostatventile	—

Sanierungsmaßnahmen:

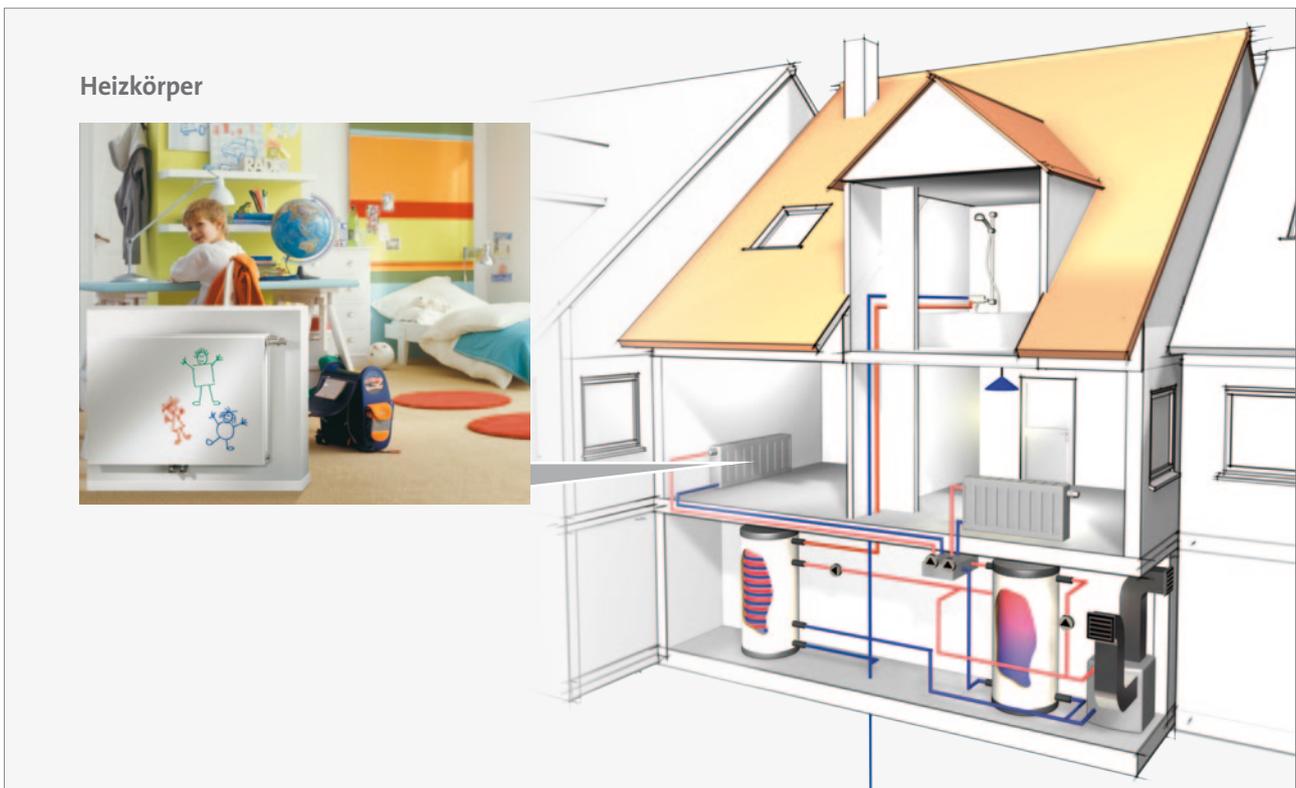
- Alter Wärmeerzeuger wird durch Luft-Wasser-Wärmepumpe ersetzt
- Absenkung der Systemtemperatur auf 50/40
- Neue Heizkörper mit Thermostatventilen
- Indirekt beheizter Speicher, Standardgröße nach Norm
- Trinkwassererwärmung mit Zirkulation
- Dämmung der Verteilleitungen im Keller nach EnEV
- Neue Umwälzpumpe geregelt und bedarfsausgelegt
- Optimierter Betrieb durch hydraulischen Abgleich und optimale Heizkurve
- Verbesserungspotential durch Austausch der Einzelraumregler durch moderne Regler mit niedrigerer Schaltdifferenz



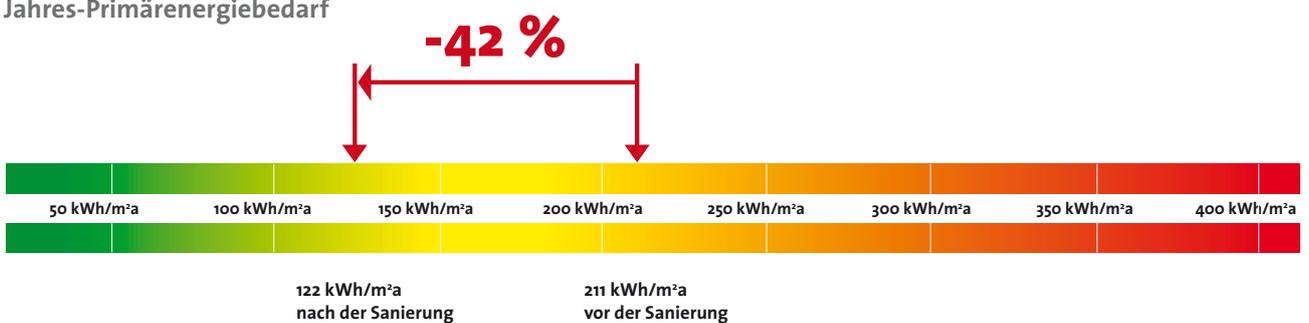
Energetische Kennwerte

Anlage	Endenergie				Primärenergie				CO ₂ -Emissionen			
	Bedarf [kWh]		Einsparung		Bedarf [kWh]		Einsparung		vorher [kg/a]	nachher [kg/a]	Einsparung	
	vorher	nachher	absolut	relativ	vorher	nachher	absolut	relativ			absolut	relativ
Luft-Wasser-EWP E-Heizung	23.921	6.032	17.889	75 %	27.072	15.683	11.389	42 %	6.718	3.885	2.834	42 %

Berechnungsdaten nach DIN V 4108-6/4701-10



Jahres-Primärenergiebedarf



BEISPIEL 6

Freistehendes Einfamilienhaus (EFH siehe Baualtersklasse H aus Abbildung 12)



- Einfamilienhaus, Baujahr 1989
- Nutzfläche 209 m²
- Bruttovolumen 654 m³
- Wohnfläche ca. 150 m²
- A/V_e 0,68/m
- Die thermische Hülle umschließt Erd-, Ober- und Dachgeschoss.
- Der Keller befindet sich außerhalb der thermischen Hülle.

Ausgangssituation

	Heizung	Trinkwassererwärmung
Erzeuger 1	NT-Gebläsekessel (1987-1994), Heizöl	Wärmeerzeuger Heizung
Speicherung	—	indirekt beheizter Speicher, Dämmung abhängig von Gebäude- bzw. Wärmeerzeugerbaujahr gewählt, Standardgröße nach jeweiliger Norm
Verteilung	Heizkreisauslegungstemperaturen 70/55 °C, mäßige Leitungsdämmung, kein hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpe ungeregelt und überdimensioniert	mit Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
Übergabe	alte Heizkörper, Anordnung im Außenwandbereich, alte Thermostatventile	—

Sanierungsmaßnahmen:

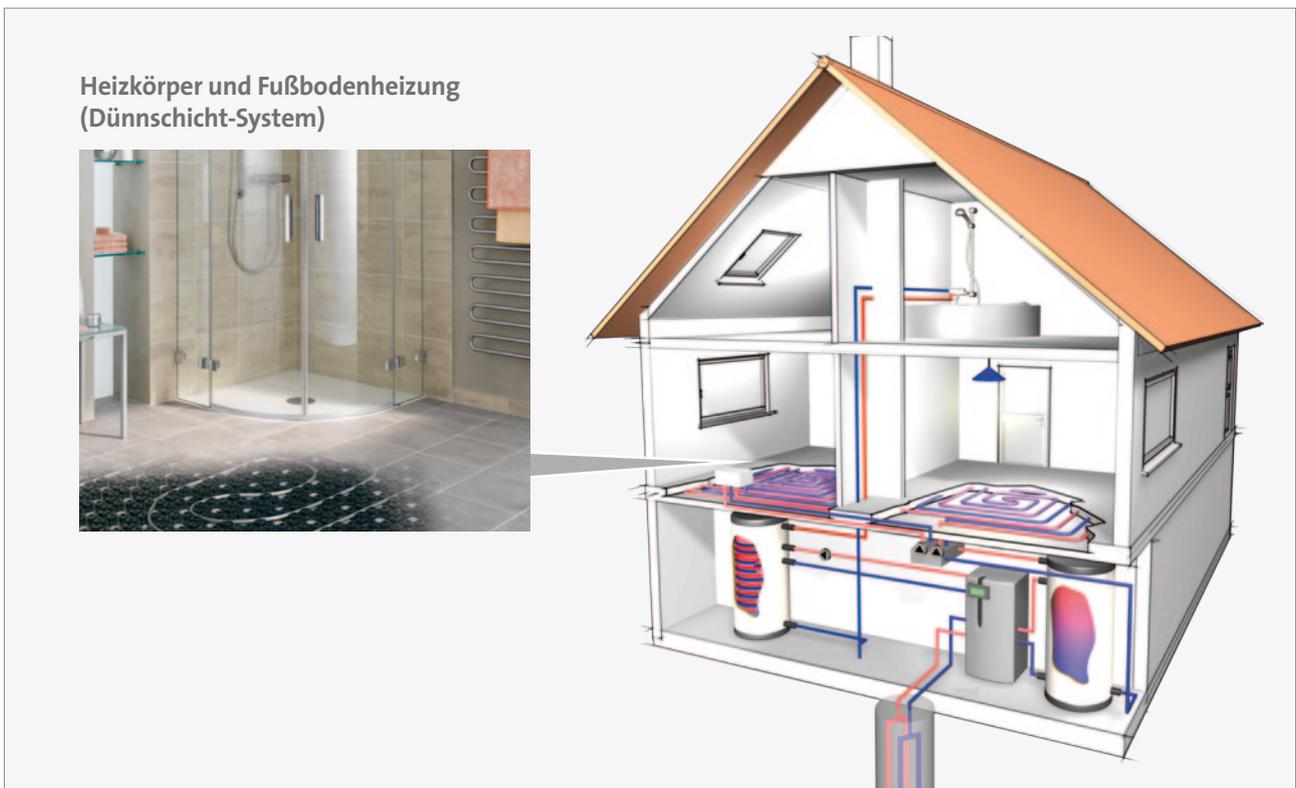
- Alter Wärmeerzeuger wird durch Sole-Wasser-Wärmepumpe ersetzt
- Wechsel von Heizkörper zu Fußbodenheizung (40/30)
- Neuer Bad-Heizkörper mit neuem Thermostatventil
- Fachgerechte Planung der FBH (Dünnschicht-System mit niedriger Aufbauhöhe)
- Bei Dünnschicht Herstellerhinweise zur Auslegung der Heizkreislängen beachten
- Neue Einzelraumregelung für Fußbodenheizung
- Indirekt beheizter Speicher, Standardgröße nach Norm
- Trinkwassererwärmung mit Zirkulation
- Dämmung der Verteilleitungen im Keller nach EnEV
- Neue Umwälzpumpe geregelt und bedarfsausgelegt
- Optimierter Betrieb durch hydraulischen Abgleich und optimale Heizkurve



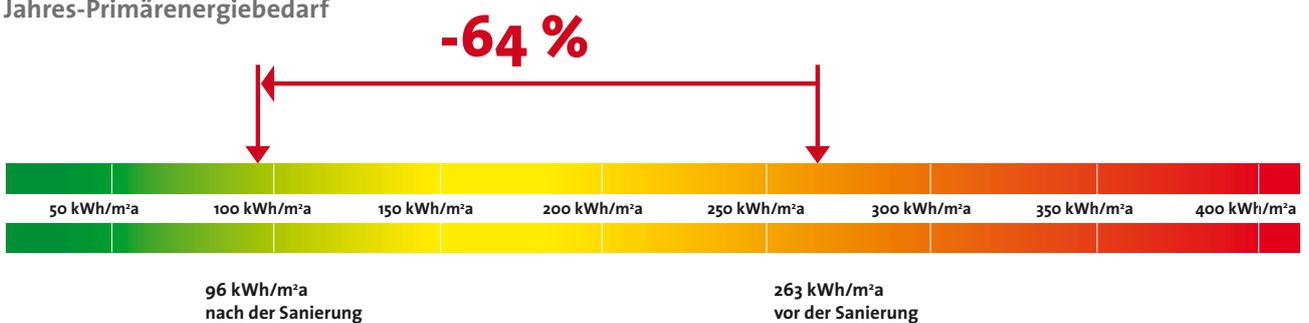
Energetische Kennwerte

Anlage	Endenergie				Primärenergie				CO ₂ -Emissionen			
	Bedarf [kWh]		Einsparung		Bedarf [kWh]		Einsparung		vorher [kg/a]	nachher [kg/a]	Einsparung	
	vorher	nachher	absolut	relativ	vorher	nachher	absolut	relativ			absolut	relativ
Sole-Wasser-EWP	49.082	7.689	41.393	84 %	55.046	19.991	35.055	64 %	15.789	4.952	10.837	69 %

Berechnungsdaten nach DIN V 4108-6/4701-10



Jahres-Primärenergiebedarf



BEISPIEL 7

Freistehendes Einfamilienhaus (EFH siehe Baualtersklasse E aus Abbildung 12)



Quelle: Institut Wohnen und Umwelt GmbH

- Einfamilienhaus, Baujahr 1963
- Nutzfläche 209 m²
- Bruttovolumen 654 m³
- Wohnfläche ca. 150 m²
- A/V_e 0,68/m
- Die thermische Hülle umschließt Erd-, Ober- und Dachgeschoss.
- Der Keller befindet sich außerhalb der thermischen Hülle.

Ausgangssituation

	Heizung	Trinkwassererwärmung
Erzeuger 1	NT-Gebläsekessel (vor 1987), Heizöl	Wärmeerzeuger Heizung
Speicherung	—	indirekt beheizter Speicher, Dämmung abhängig von Gebäude- bzw. Wärmeerzeugerbaujahr gewählt, Standardgröße nach jeweiliger Norm
Verteilung	Heizkreisauslegungstemperaturen 70/55 °C, mäßige Leitungsdämmung, kein hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpe ungeregelt und überdimensioniert	mit Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
Übergabe	alte Heizkörper, Anordnung im Außenwandbereich, alte Thermostatventile	—

Sanierungsmaßnahmen:

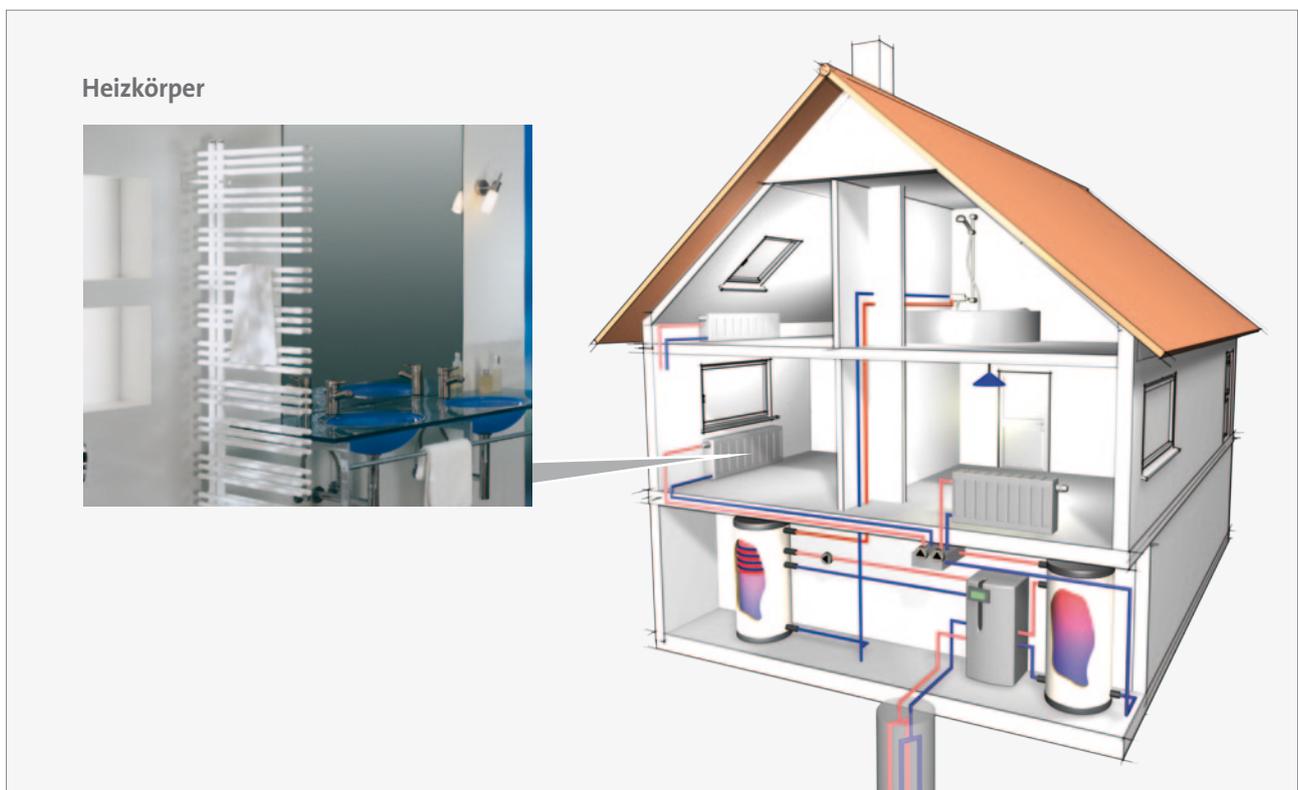
- Alter Wärmeerzeuger wird durch Sole-Wasser-Wärmepumpe ersetzt
- Absenkung der Systemtemperatur mit Heizkörper auf 55/45
- Neue Heizkörper im Außenwandbereich mit neuen Thermostatventilen
- Indirekt beheizter Trenn-Pufferspeicher, da unterschiedliche Massenströme (Hydraulische Weiche)
- Indirekt beheizter Speicher, Standardgröße nach Norm
- Trinkwassererwärmung mit Zirkulation
- Dämmung der Verteilleitungen im Keller nach EnEV
- Neue Umwälzpumpe geregelt und bedarfsausgelegt
- Optimierter Betrieb durch hydraulischen Abgleich und optimale Heizkurve



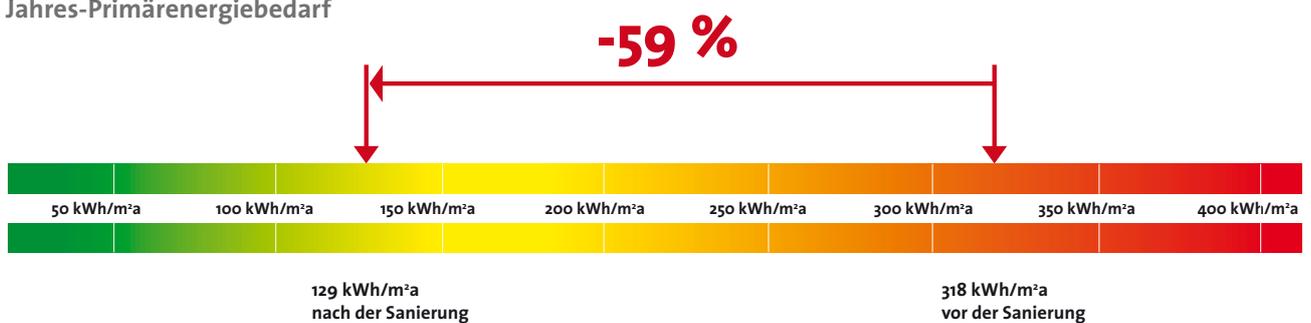
Energetische Kennwerte

Anlage	Endenergie				Primärenergie				CO ₂ -Emissionen			
	Bedarf [kWh]		Einsparung		Bedarf [kWh]		Einsparung		vorher [kg/a]	nachher [kg/a]	Einsparung	
	vorher	nachher	absolut	relativ	vorher	nachher	absolut	relativ			absolut	relativ
Sole-Wasser-EWP	59.577	10.392	49.185	83 %	66.549	27.019	39.530	59 %	19.107	6.692	12.415	65 %

Berechnungsdaten nach DIN V 4108-6/4701-10



Jahres-Primärenergiebedarf



BEISPIEL 8

Freistehendes Einfamilienhaus (EFH siehe Baualtersklasse H aus Abbildung 12)



- Einfamilienhaus, Baujahr 1989
- Nutzfläche 209 m²
- Bruttovolumen 654 m³
- Wohnfläche ca. 150 m²
- A/V_e 0,68/m
- Die thermische Hülle umschließt Erd-, Ober- und Dachgeschoss.
- Der Keller befindet sich außerhalb der thermischen Hülle.

Ausgangssituation

	Heizung	Trinkwassererwärmung
Erzeuger 1	NT-Gebläsekessel (vor 1987), Erdgas	Wärmeerzeuger Heizung
Speicherung	—	indirekt beheizter Speicher, Dämmung abhängig von Gebäude- bzw. Wärmeerzeugerbaujahr gewählt, Standardgröße nach jeweiliger Norm
Verteilung	Heizkreisauslegungstemperaturen 70/55°C, mäßige Leitungsdämmung, kein hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpe ungeregelt und überdimensioniert	mit Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
Übergabe	alte Heizkörper, Anordnung im Außenwandbereich, alte Thermostatventile	—

Sanierungsmaßnahmen:

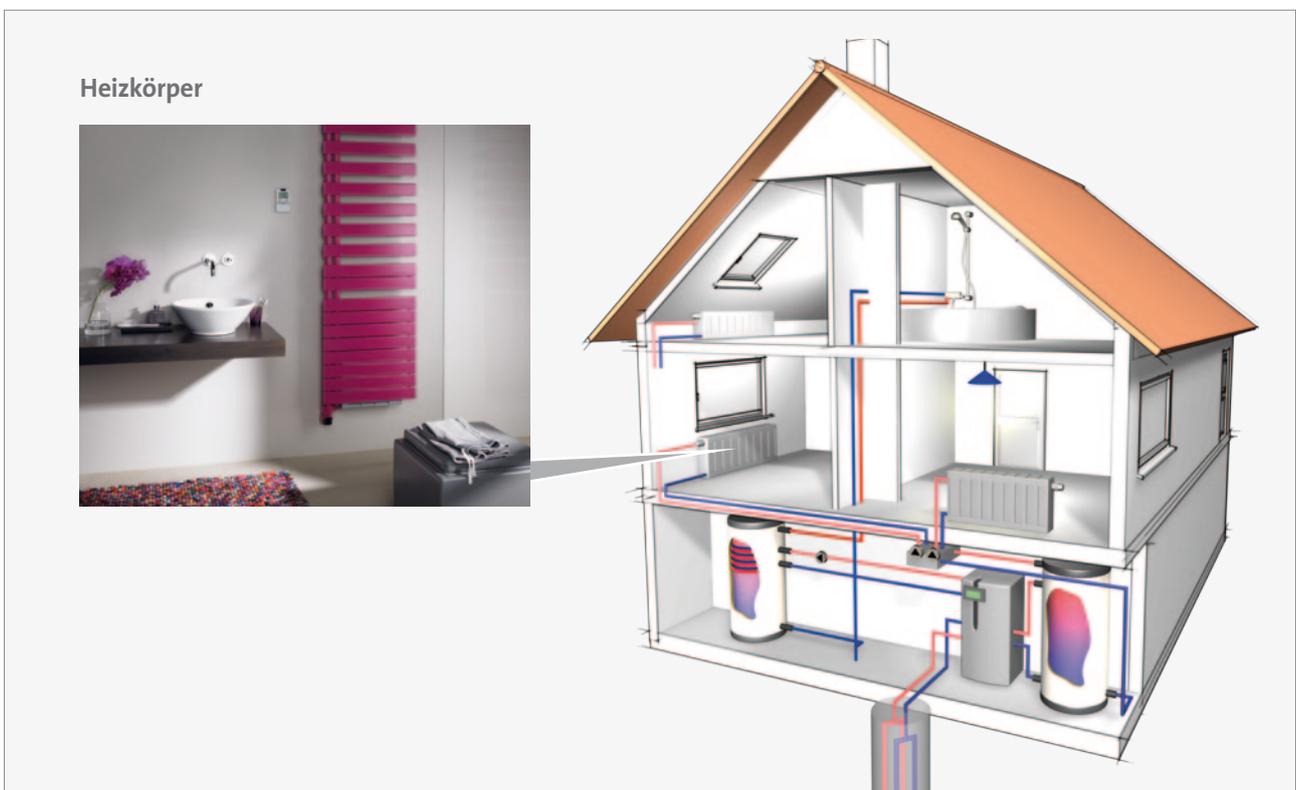
- Alter Wärmeerzeuger wird durch Sole-Wasser-Wärmepumpe ersetzt
- Absenkung der Systemtemperatur mit Heizkörper auf 45/35
- Neue Heizkörper im Außenwandbereich mit neuen Thermostatventilen
- Indirekt beheizter Trenn-Pufferspeicher, da unterschiedliche Massenströme (Hydraulische Weiche)
- Indirekt beheizter Speicher, Standardgröße nach Norm
- Trinkwassererwärmung mit Zirkulation
- Dämmung der Verteilleitungen im Keller nach EnEV
- Neue Umwälzpumpe geregelt und bedarfsausgelegt
- Optimierter Betrieb durch hydraulischen Abgleich und optimale Heizkurve



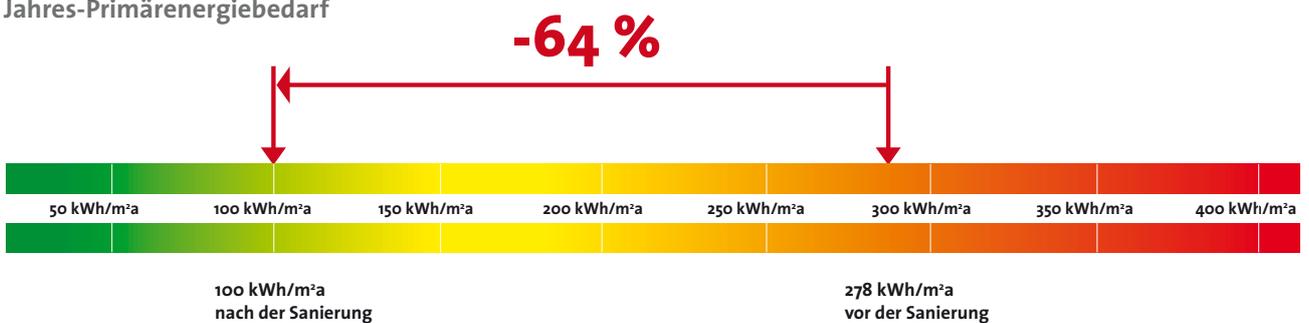
Energetische Kennwerte

Anlage	Endenergie				Primärenergie				CO ₂ -Emissionen			
	Bedarf [kWh]		Einsparung		Bedarf [kWh]		Einsparung		vorher [kg/a]	nachher [kg/a]	Einsparung	
	vorher	nachher	absolut	relativ	vorher	nachher	absolut	relativ			absolut	relativ
Sole-Wasser-EWP	51.929	8.021	43.908	85 %	58.088	20.855	37.233	64 %	12.056	5.166	6.891	57 %

Berechnungsdaten nach DIN V 4108-6/4701-10



Jahres-Primärenergiebedarf



BEISPIEL 9

Freistehendes Einfamilienhaus (EFH siehe Baualtersklasse H aus Abbildung 12)



- Einfamilienhaus, Baujahr 1984
- Nutzfläche 209 m²
- Bruttovolumen 654 m³
- Wohnfläche ca. 150 m²
- A/V_e 0,68/m
- Die thermische Hülle umschließt Erd-, Ober- und Dachgeschoss.
- Der Keller befindet sich außerhalb der thermischen Hülle.

Ausgangssituation

	Heizung	Trinkwassererwärmung
Erzeuger 1	NT-Gebläsekessel (vor 1987), Erdgas	Wärmeerzeuger Heizung
Speicherung	—	indirekt beheizter Speicher, Dämmung abhängig von Gebäude- bzw. Wärmeerzeugerbaujahr gewählt, Standardgröße nach jeweiliger Norm
Verteilung	Heizkreisauslegungstemperaturen 70/55°C, mäßige Leitungsdämmung, kein hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpe ungeregelt und überdimensioniert	mit Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
Übergabe	alte Heizkörper, Anordnung im Außenwandbereich, alte Thermostatventile	—

Sanierungsmaßnahmen:

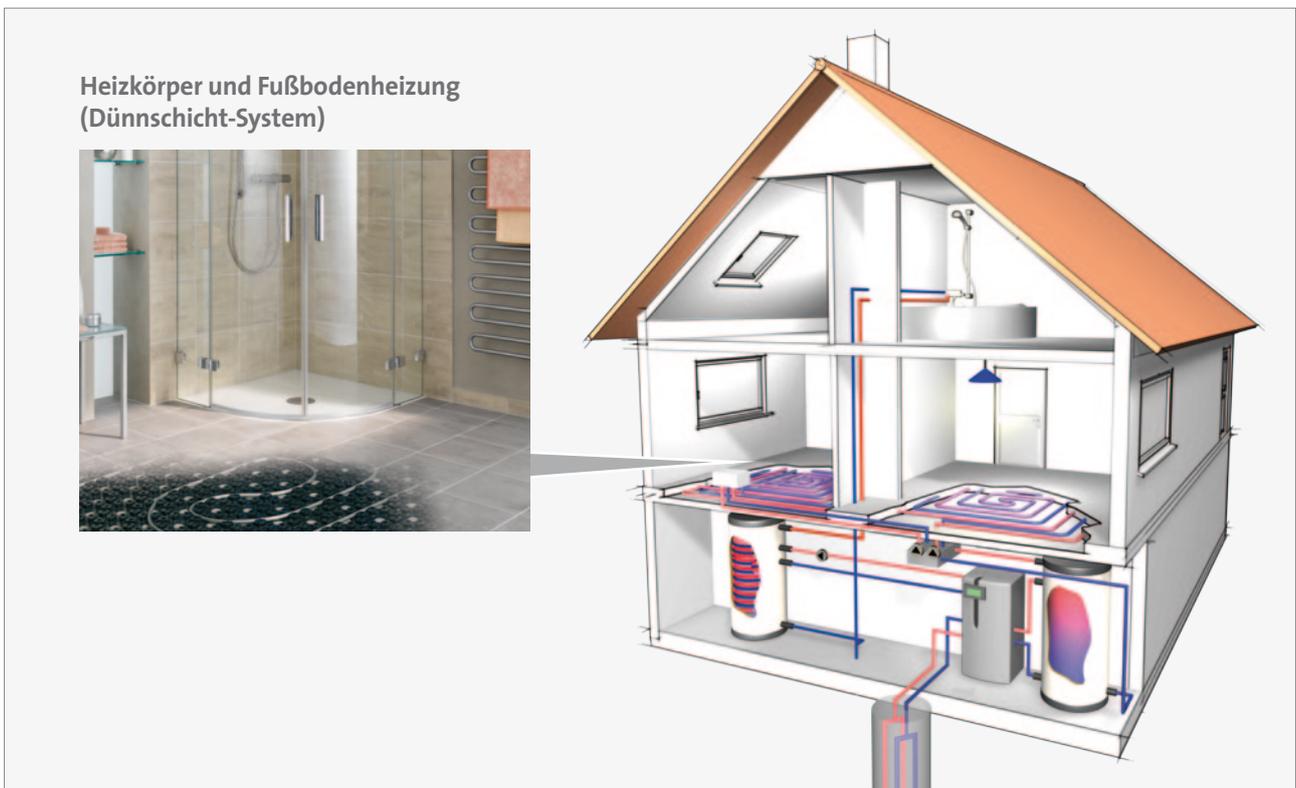
- Alter Wärmeerzeuger wird durch Sole-Wasser-Wärmepumpe ersetzt
- Wechsel von Heizkörper zu Fußbodenheizung (40/30)
- Neuer Bad-Heizkörper mit neuem Thermostatventil
- Fachgerechte Planung der FBH (Dünnschicht-System mit niedriger Aufbauhöhe)
- Bei Dünnschicht Herstellerhinweise zur Auslegung der Heizkreislängen beachten
- Neue Einzelraumregelung für Fußbodenheizung
- Indirekt beheizter Speicher, Standardgröße nach Norm
- Trinkwassererwärmung mit Zirkulation
- Dämmung der Verteilleitungen im Keller nach EnEV
- Neue Umwälzpumpe geregelt und bedarfsausgelegt
- Optimierter Betrieb durch hydraulischen Abgleich und optimale Heizkurve
- Trinkwassererwärmung (Anforderungen gemäß DIN 1988)



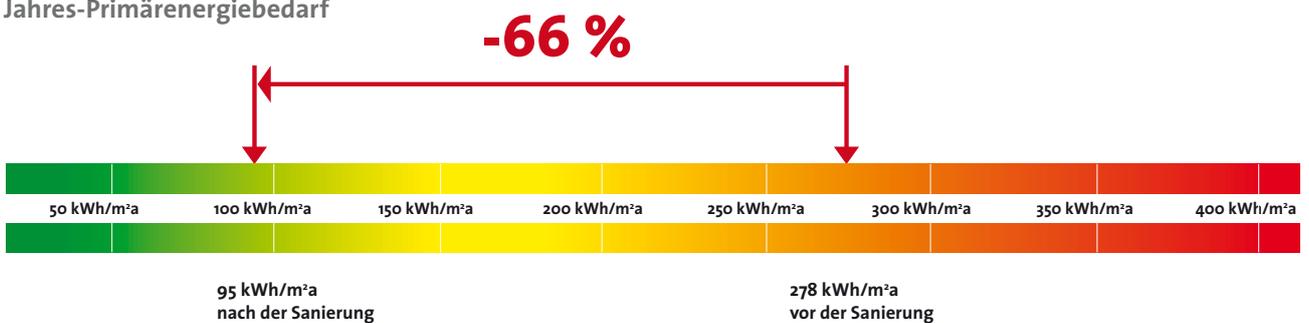
Energetische Kennwerte

Anlage	Endenergie				Primärenergie				CO ₂ -Emissionen			
	Bedarf [kWh]		Einsparung		Bedarf [kWh]		Einsparung		vorher [kg/a]	nachher [kg/a]	Einsparung	
	vorher	nachher	absolut	relativ	vorher	nachher	absolut	relativ			absolut	relativ
Sole-Wasser-EWP	51.929	7.689	44.240	85 %	58.088	19.991	38.097	66 %	12.056	4.952	7.105	59 %

Berechnungsdaten nach DIN V 4108-6/4701-10



Jahres-Primärenergiebedarf



BEISPIEL 10

Mehrfamilienhaus (MFH siehe Baualtersklasse F aus Abbildung 12)



Quelle: Institut Wohnen und Umwelt GmbH

- Mehrfamilienhaus, Baujahr 1974
- Nutzfläche 612 m²
- Bruttovolumen 1.912 m³
- Wohnfläche ca. 500 m²
- A/V_e 0,51/m
- Die thermische Hülle umfasst das Erd- und die beiden Obergeschosse.
- Keller und Dachgeschoss liegen außerhalb der thermischen Hülle.

Ausgangssituation

	Heizung	Trinkwassererwärmung
Erzeuger 1	NT-Gebläsekessel (vor 1987), Heizöl	Wärmeerzeuger Heizung
Speicherung	—	indirekt beheizter Speicher, Dämmung abhängig von Gebäude- bzw. Wärmeerzeugerbaujahr gewählt, Standardgröße nach jeweiliger Norm
Verteilung	Heizkreisauslegungstemperaturen 70/55°C, mäßige Leitungsdämmung, kein hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpe ungeregelt und überdimensioniert	mit Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
Übergabe	alte Heizkörper, Anordnung im Außenwandbereich, alte Thermostatventile	—

Sanierungsmaßnahmen:

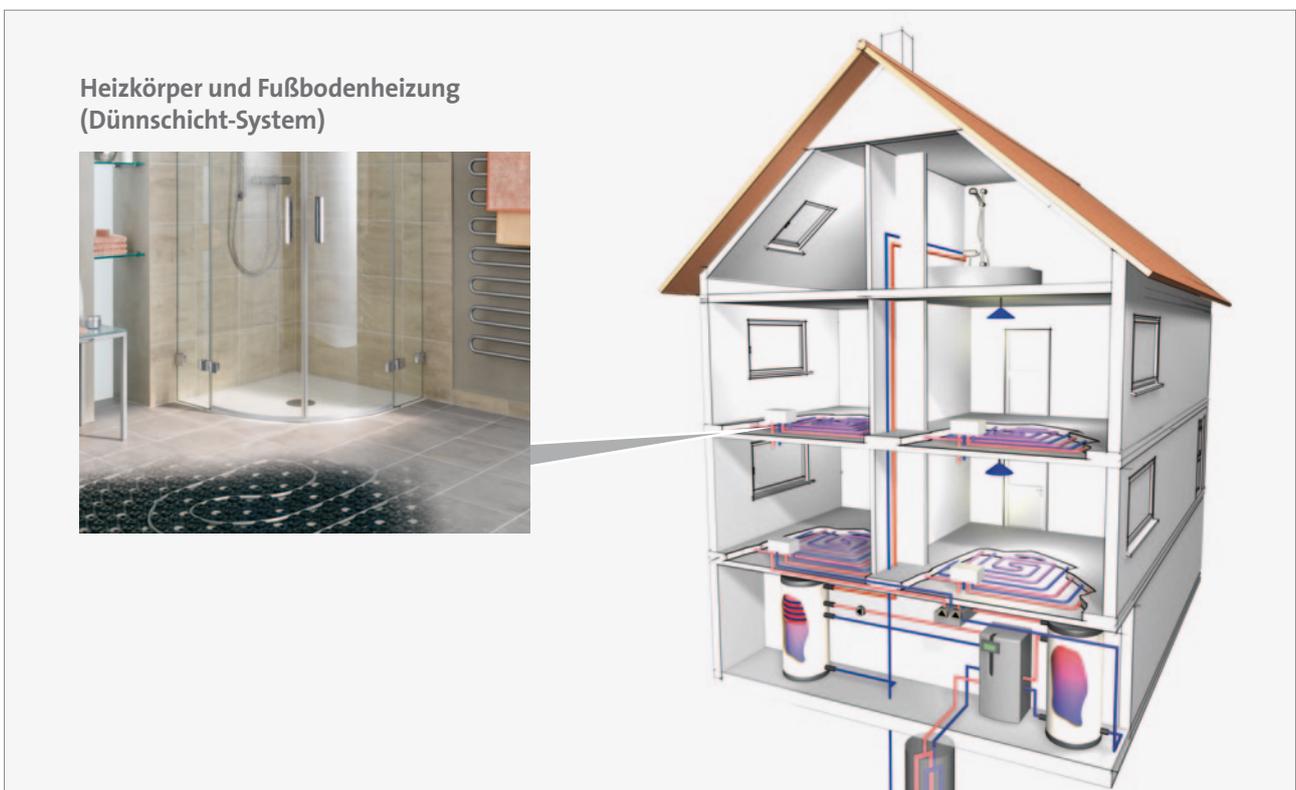
- Alter Wärmeerzeuger wird durch Sole-Wasser-Wärmepumpe ersetzt
- Wechsel von Heizkörper zu Fußbodenheizung (40/30)
- Neuer Bad-Heizkörper mit neuem Thermostatventil
- Fachgerechte Planung der FBH (Dünnschicht-System mit niedriger Aufbauhöhe)
- Bei Dünnschicht Herstellerhinweise zur Auslegung der Heizkreislängen beachten
- Neue Einzelraumregelung für Fußbodenheizung
- Indirekt beheizter Speicher. Standardgröße nach Norm
- Trinkwassererwärmung mit Zirkulation
- Dämmung der Verteilleitungen im Keller nach EnEV
- Neue Umwälzpumpe geregelt und bedarfsausgelegt
- Optimierter Betrieb durch hydraulischen Abgleich und optimale Heizkurve
- Trinkwassererwärmung (Anforderungen gemäß DIN 1988)
- Messwerterfassung für die Heizkostenabrechnung



Energetische Kennwerte

Anlage	Endenergie				Primärenergie				CO ₂ -Emissionen			
	Bedarf [kWh]		Einsparung		Bedarf [kWh]		Einsparung		vorher [kg/a]	nachher [kg/a]	Einsparung	
	vorher	nachher	absolut	relativ	vorher	nachher	absolut	relativ			absolut	relativ
Sole-Wasser-EWP	141.653	21.788	119.865	85 %	157.786	56.649	101.138	64 %	45.333	14.031	31.302	69 %

Berechnungsdaten nach DIN V 4108-6/4701-10



Jahres-Primärenergiebedarf



BEISPIEL 11

Mehrfamilienhaus (MFH siehe Baualtersklasse C aus Abbildung 12)



Quelle: Institut Wohnen und Umwelt GmbH

- Mehrfamilienhaus, Baujahr 1920
- Nutzfläche 612 m²
- Bruttovolumen 1.912 m³
- Wohnfläche ca. 500 m²
- A/V_e 0,51/m
- Die thermische Hülle umfasst das Erd- und die beiden Obergeschosse.
- Keller und Dachgeschoss liegen außerhalb der thermischen Hülle.

Ausgangssituation

	Heizung	Trinkwassererwärmung
Erzeuger 1	Einzelöfen, Heizöl	Elektrisch dezentral
Speicherung	—	—
Verteilung	—	keine Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
Übergabe	—	—

Sanierungsmaßnahmen:

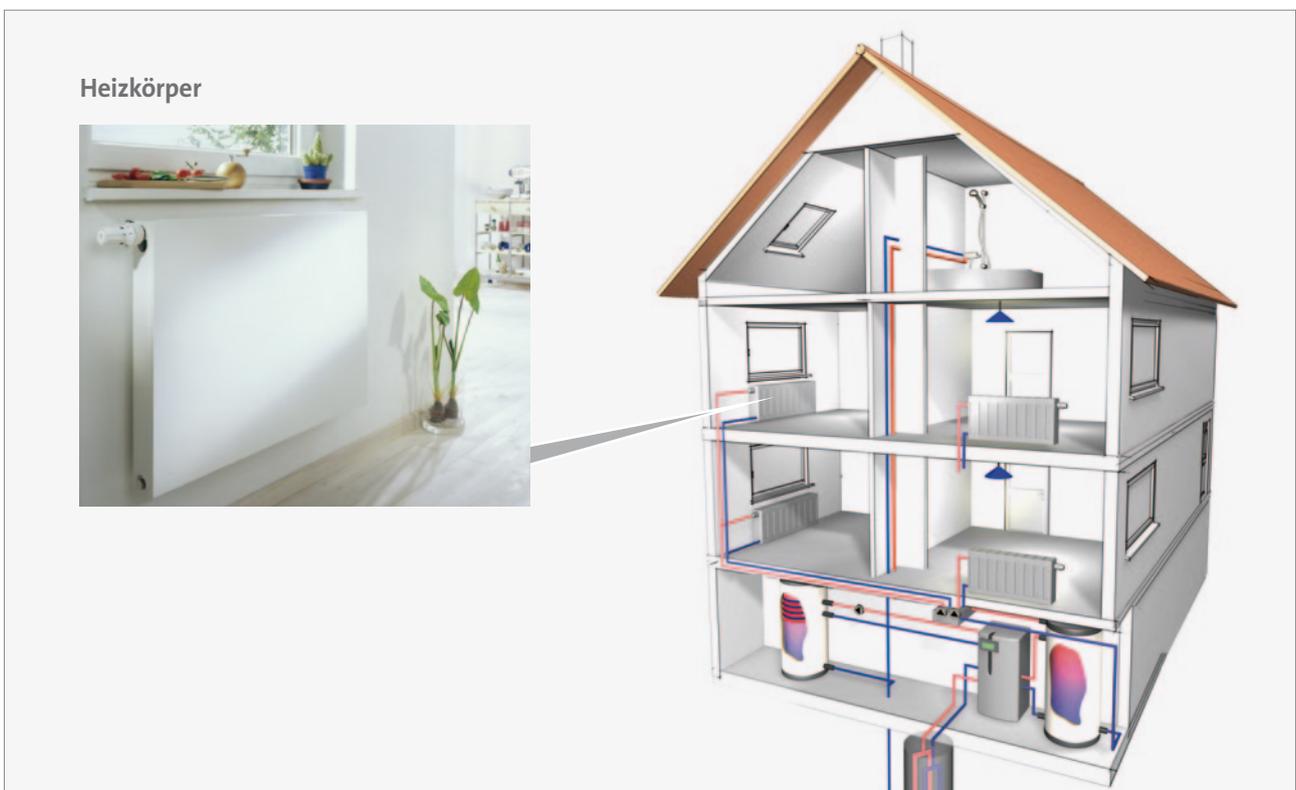
- Alter Wärmeerzeuger wird durch Sole-Wasser-Wärmepumpe ersetzt
- Neue Heizkörper (55/45), im Außenwandbereich mit neuen Thermostatventilen
- Komplett neue Rohrleitungsinstallation mit Dämmung nach EnEV
- Indirekt beheizter Speicher, Standardgröße nach Norm
- Trinkwassererwärmung mit Zirkulation
- Dämmung der Verteilleitungen nach EnEV
- Neue Umwälzpumpe geregelt und bedarfsausgelegt
- Optimierter Betrieb durch hydraulischen Abgleich und optimale Heizkurve
- Trinkwassererwärmung (Anforderungen gemäß DIN 1988)
- Messwerterfassung für die Heizkostenabrechnung



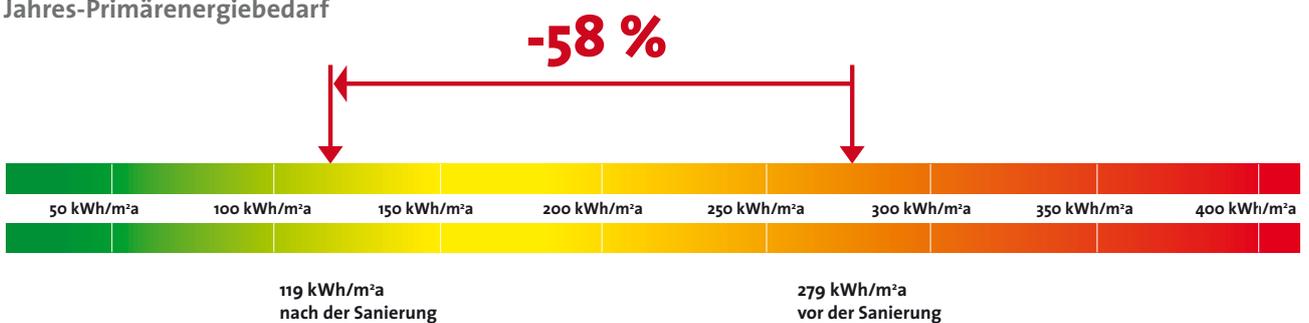
Energetische Kennwerte

Anlage	Endenergie				Primärenergie				CO ₂ -Emissionen			
	Bedarf [kWh]		Einsparung		Bedarf [kWh]		Einsparung		vorher [kg/a]	nachher [kg/a]	Einsparung	
	vorher	nachher	absolut	relativ	vorher	nachher	absolut	relativ			absolut	relativ
Sole-Wasser-EWP	138.265	27.933	110.332	80 %	170.921	72.626	98.295	58 %	47.935	17.989	29.946	62 %

Berechnungsdaten nach DIN V 4108-6/4701-10



Jahres-Primärenergiebedarf



BEISPIEL 12

Mehrfamilienhaus (MFH siehe Baualtersklasse F aus Abbildung 12)



Quelle: Institut Wohnen und Umwelt GmbH

- Mehrfamilienhaus, Baujahr 1974
- Nutzfläche 612 m²
- Bruttovolumen 1.912 m³
- Wohnfläche ca. 500 m²
- A/V_e 0,51/m
- Die thermische Hülle umfasst das Erd- und die beiden Obergeschosse.
- Keller und Dachgeschoss liegen außerhalb der thermischen Hülle.

Ausgangssituation

	Heizung	Trinkwassererwärmung
Erzeuger 1	Nachtspeicherheizung, Strom	Elektrisch dezentral
Speicherung	—	—
Verteilung	—	keine Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
Übergabe	—	—

Sanierungsmaßnahmen:

- Alter Wärmeerzeuger wird durch Sole-Wasser-Wärmepumpe ersetzt
- Absenkung der Systemtemperatur mit Heizkörper auf 45/35
- Neue Heizkörper im Außenwandbereich mit neuen Thermostatventilen
- Indirekt beheizter Speicher, Standardgröße nach Norm
- Trinkwassererwärmung mit Zirkulation
- Komplett neue Rohrleitungsinstallation mit Dämmung nach EnEV
- Neue Umwälzpumpe geregelt und bedarfsausgelegt
- Optimierter Betrieb durch hydraulischen Abgleich und optimale Heizkurve
- Trinkwassererwärmung (Anforderungen gemäß DIN 1988)
- Messwerterfassung für die Heizkostenabrechnung



Energetische Kennwerte

Anlage	Endenergie				Primärenergie				CO ₂ -Emissionen			
	Bedarf [kWh]		Einsparung		Bedarf [kWh]		Einsparung		vorher [kg/a]	nachher [kg/a]	Einsparung	
	vorher	nachher	absolut	relativ	vorher	nachher	absolut	relativ			absolut	relativ
Sole-Wasser-EWP	98.901	22.284	59.617	73 %	212.943	57.938	155.004	73 %	52.744	14.351	38.393	73 %

Berechnungsdaten nach DIN V 4108-6/4701-10



Jahres-Primärenergiebedarf



BEISPIEL 13

Mehrfamilienhaus (MFH siehe Baualtersklasse H aus Abbildung 12)



Quelle: Institut Wohnen und Umwelt GmbH

- Mehrfamilienhaus, Baujahr 1989
- Nutzfläche 612 m²
- Bruttovolumen 1.912 m³
- Wohnfläche ca. 500 m²
- A/V_e 0,51/m
- Die thermische Hülle umfasst das Erd- und die beiden Obergeschosse.
- Keller und Dachgeschoss liegen außerhalb der thermischen Hülle.

Ausgangssituation

	Heizung	Trinkwassererwärmung
Erzeuger 1	NT-Gebläsekessel (1987-1994), Heizöl	Wärmeerzeuger Heizung
Speicherung	—	indirekt beheizter Speicher, Dämmung abhängig von Gebäude- bzw. Wärmeerzeugerbaujahr gewählt, Standardgröße nach jeweiliger Norm
Verteilung	Heizkreisauslegungstemperaturen 70/55°C, mäßige Leitungsdämmung, kein hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpe ungeregelt und überdimensioniert	mit Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
Übergabe	alte Heizkörper, Anordnung im Außenwandbereich, alte Thermostatventile	—

Sanierungsmaßnahmen:

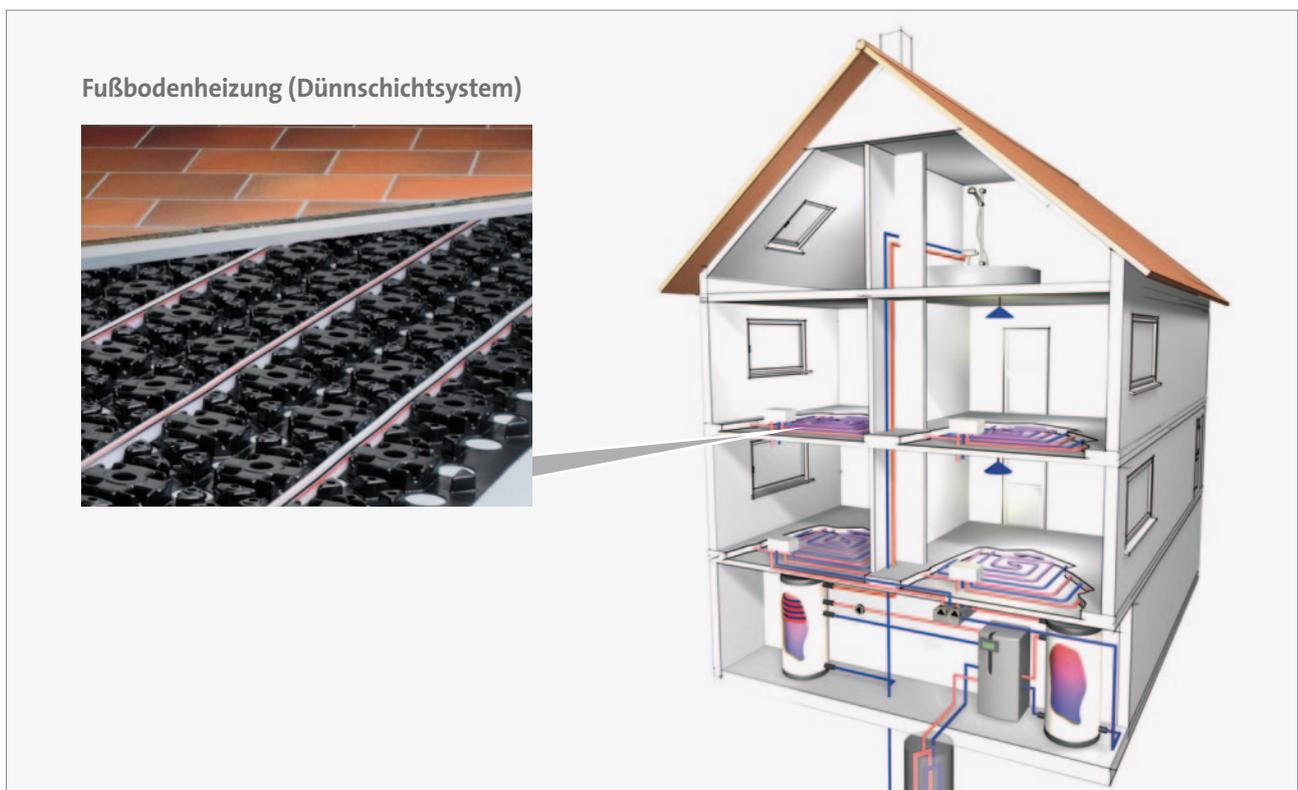
- Alter Wärmeerzeuger wird durch Sole-Wasser-Wärmepumpe ersetzt
- Wechsel von Heizkörper zu Fußbodenheizung (35/28)
- Fachgerechte Planung der FBH (Dünnschicht-System mit niedriger Aufbauhöhe)
- Bei Dünnschicht Herstellerhinweise zur Auslegung der Heizkreislängen beachten
- Neue Umwälzpumpe geregelt und bedarfsausgelegt
- Anpassung der Hydraulik
- Indirekt beheizter Speicher, Standardgröße nach Norm
- Trinkwassererwärmung (Anforderungen gemäß DIN 1988)
- Messwerterfassung für die Heizkostenabrechnung



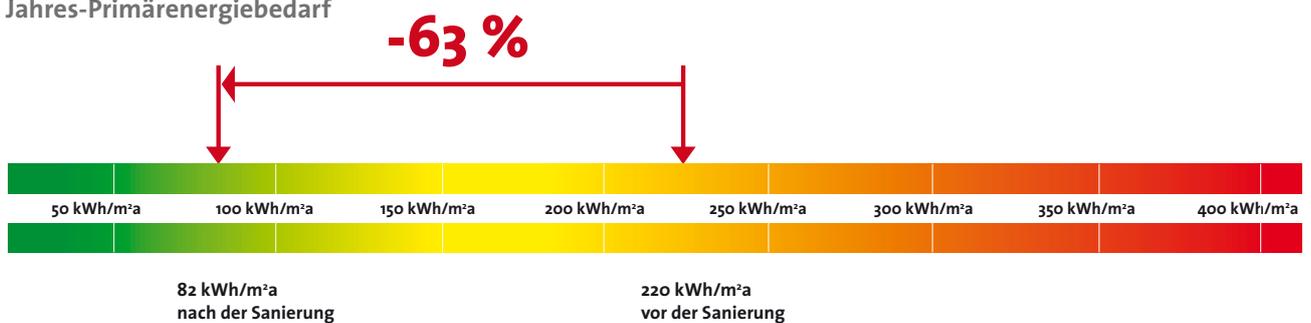
Energetische Kennwerte

Anlage	Endenergie				Primärenergie				CO ₂ -Emissionen			
	Bedarf [kWh]		Einsparung		Bedarf [kWh]		Einsparung		vorher [kg/a]	nachher [kg/a]	Einsparung	
	vorher	nachher	absolut	relativ	vorher	nachher	absolut	relativ			absolut	relativ
Sole-Wasser-EWP	120.644	19.243	101.401	84 %	134.679	50.032	84.648	63 %	52.674	12.392	26.281	68 %

Berechnungsdaten nach DIN V 4108-6/4701-10



Jahres-Primärenergiebedarf



BEISPIEL 14

Reihen-Einfamilienhaus (RH siehe Baualtersklasse F aus Abbildung 12)



Quelle: Institut Wohnen und Umwelt GmbH

- Reihenhaus, Baujahr 1974
- Nutzfläche 128 m²
- Bruttovolumen 401 m³
- Wohnfläche ca. 110 m²
- A/V_e 0,49/m
- Die thermische Hülle umschließt Erd-, Ober- und Dachgeschoss.
- Der Keller befindet sich außerhalb der thermischen Hülle.

Ausgangssituation

	Heizung	Trinkwassererwärmung
Erzeuger 1	NT-Kombikessel (1987–1994), Erdgas	Wärmeerzeuger Heizung
Speicherung	—	ohne bzw. Kleinspeicher im Wärmeerzeuger (Kombikessel)
Verteilung	Heizkreisauslegungstemperaturen 70/55°C, mäßige Leitungsdämmung, kein hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpe ungerregelt und überdimensioniert	mit Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
Übergabe	alte Heizkörper, Anordnung im Außenwandbereich, alte Thermostatventile	—

Sanierungsmaßnahmen:

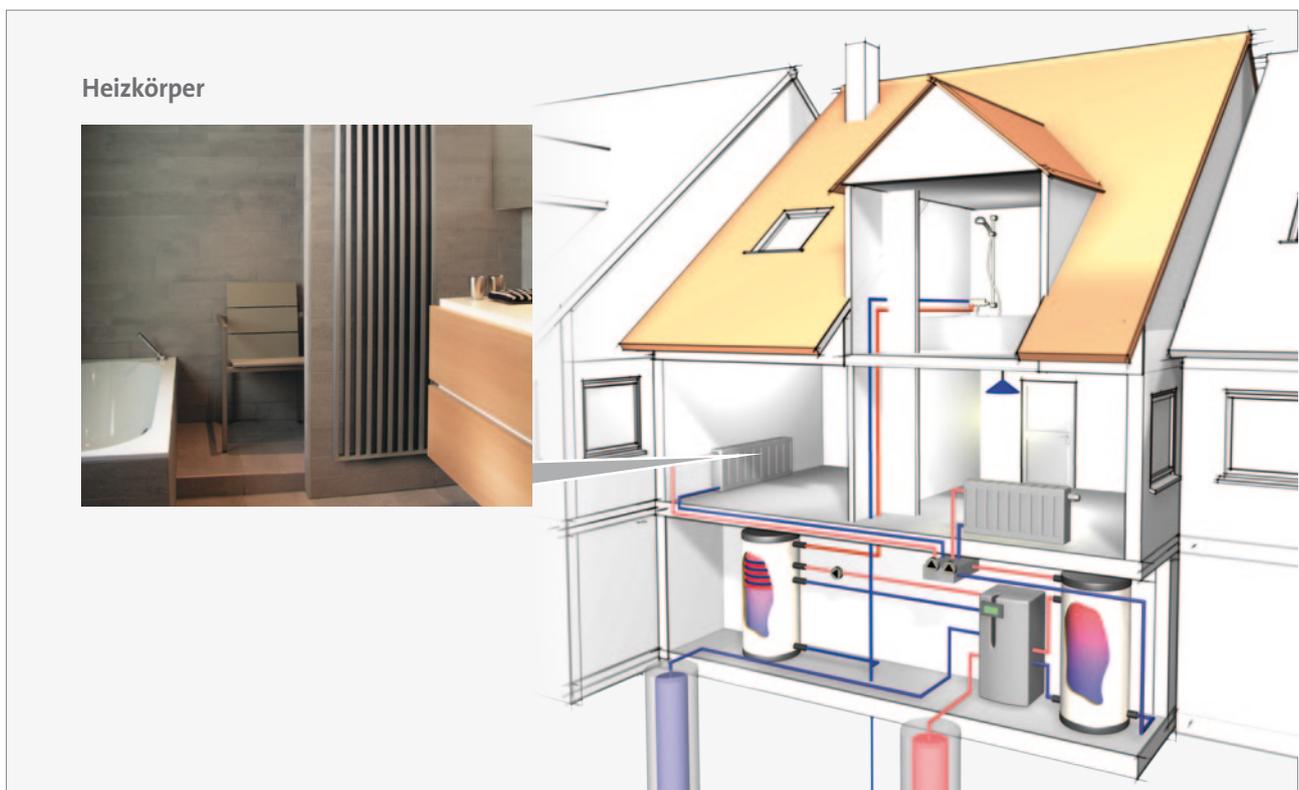
- Alter Wärmeerzeuger wird durch Wasser-Wasser-Wärmepumpe ersetzt
- Absenkung der Systemtemperatur mit Heizkörper auf 45/35
- Neue Heizkörper im Außenwandbereich mit neuen Thermostatventilen
- Indirekt beheizter Speicher, Standardgröße nach Norm
- Trinkwassererwärmung mit Zirkulation
- Dämmung der Verteilleitungen im Keller nach EnEV
- Neue Umwälzpumpe geregelt und bedarfsausgelegt
- Optimierter Betrieb durch hydraulischen Abgleich und optimale Heizkurve
- Trenn-Pufferspeicher, da unterschiedliche Massenströme (Hydraulische Weiche)



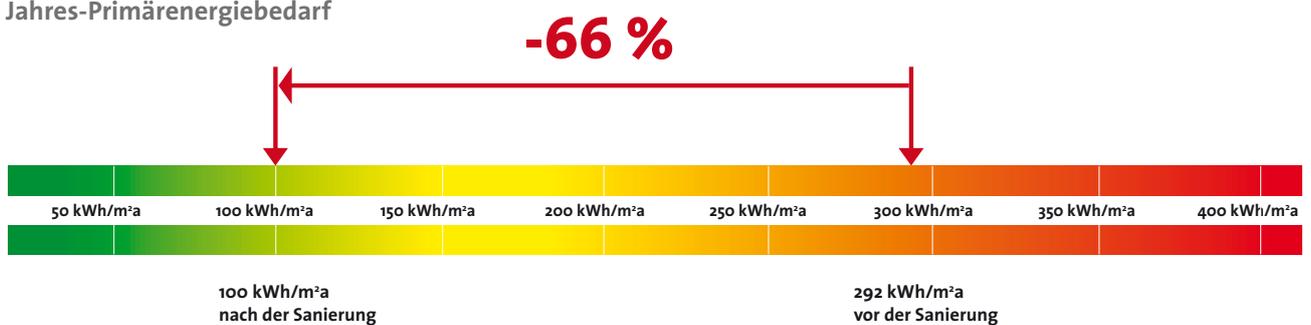
Energetische Kennwerte

Anlage	Endenergie				Primärenergie				CO ₂ -Emissionen			
	Bedarf [kWh]		Einsparung		Bedarf [kWh]		Einsparung		vorher [kg/a]	nachher [kg/a]	Einsparung	
	vorher	nachher	absolut	relativ	vorher	nachher	absolut	relativ			absolut	relativ
Wasser-Wasser-EWP	33.220	4.944	28.276	85 %	37.414	12.854	24.559	66 %	7.783	3.184	4.599	59 %

Berechnungsdaten nach DIN V 4108-6/4701-10



Jahres-Primärenergiebedarf



BEISPIEL 15

Reihen-Einfamilienhaus (RH siehe Baualtersklasse F aus Abbildung 12)



Quelle: Institut Wohnen und Umwelt GmbH

- Reihenhaus, Baujahr 1974
- Nutzfläche 128 m²
- Bruttovolumen 401 m³
- Wohnfläche ca. 110 m²
- A/V_e 0,49/m
- Die thermische Hülle umschließt Erd-, Ober- und Dachgeschoss.
- Der Keller befindet sich außerhalb der thermischen Hülle.

Ausgangssituation

	Heizung	Trinkwassererwärmung
Erzeuger 1	NT-Kombikessel (1987–1994), Erdgas	Wärmeerzeuger Heizung
Speicherung	—	ohne bzw. Kleinspeicher im Wärmeerzeuger (Kombikessel)
Verteilung	Heizkreisauslegungstemperaturen 70/55°C, mäßige Leitungsdämmung, kein hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpe ungerregelt und überdimensioniert	mit Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
Übergabe	alte Heizkörper, Anordnung im Außenwandbereich, alte Thermostatventile	—

Sanierungsmaßnahmen:

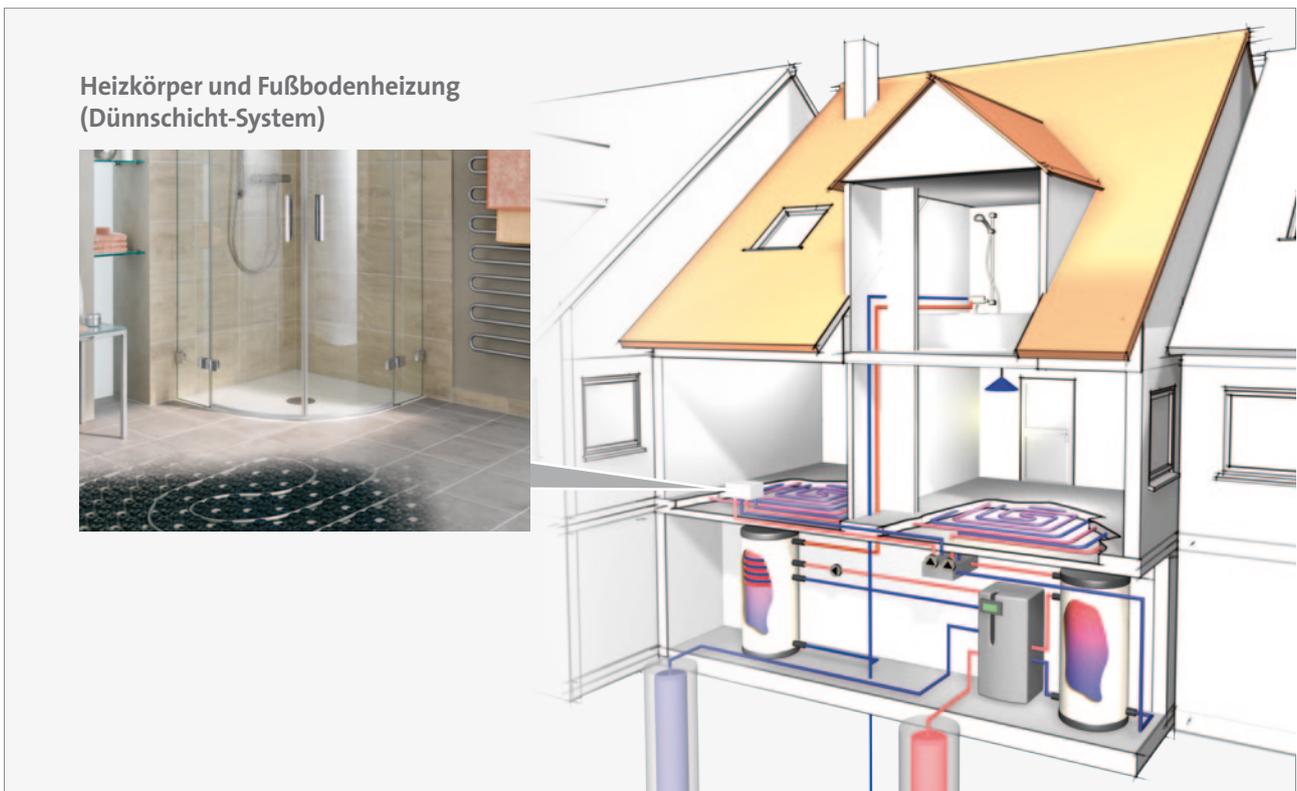
- Alter Wärmeerzeuger wird durch Wasser-Wasser-Wärmepumpe ersetzt
- Wechsel von Heizkörper zu Fußbodenheizung (40/30)
- Neuer Bad-Heizkörper mit neuem Thermostatventil
- Fachgerechte Planung der FBH (Dünnschicht-System mit niedriger Aufbauhöhe)
- Bei Dünnschicht Herstellerhinweise zur Auslegung der Heizkreislängen beachten
- Neue Einzelraumregelung für Fußbodenheizung
- Indirekt beheizter Speicher, Standardgröße nach Norm
- Trinkwassererwärmung mit Zirkulation
- Dämmung der Verteilleitungen im Keller nach EnEV
- Neue Umwälzpumpe geregelt und bedarfsausgelegt
- Optimierter Betrieb durch hydraulischen Abgleich und optimale Heizkurve
- Trinkwassererwärmung (Anforderungen gemäß DIN 1988)



Energetische Kennwerte

Anlage	Endenergie				Primärenergie				CO ₂ -Emissionen			
	Bedarf [kWh]		Einsparung		Bedarf [kWh]		Einsparung		vorher [kg/a]	nachher [kg/a]	Einsparung	
	vorher	nachher	absolut	relativ	vorher	nachher	absolut	relativ			absolut	relativ
Wasser-Wasser-EWP	33.220	4.753	28.467	86 %	37.414	12.358	25.056	67 %	7.783	3.061	4.722	61 %

Berechnungsdaten nach DIN V 4108-6/4701-10



Jahres-Primärenergiebedarf



BEISPIEL 16

Reihen-Einfamilienhaus (RH siehe Baualtersklasse F aus Abbildung 12)



Quelle: Institut Wohnen und Umwelt GmbH

- Reihenhaus, Baujahr 1974
- Nutzfläche 128 m²
- Bruttovolumen 401 m³
- Wohnfläche ca. 110 m²
- A/V_e 0,49/m
- Die thermische Hülle umschließt Erd-, Ober- und Dachgeschoss.
- Der Keller befindet sich außerhalb der thermischen Hülle.

Ausgangssituation

	Heizung	Trinkwassererwärmung
Erzeuger 1	NT-Kombikessel (1987–1994), Erdgas	Wärmeerzeuger Heizung
Speicherung	—	ohne bzw. Kleinspeicher im Wärmeerzeuger (Kombikessel)
Verteilung	Heizkreisauslegungstemperaturen 70/55°C, mäßige Leitungsdämmung, kein hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpe ungerregelt und überdimensioniert	mit Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
Übergabe	alte Heizkörper, Anordnung im Außenwandbereich, alte Thermostatventile	—

Sanierungsmaßnahmen:

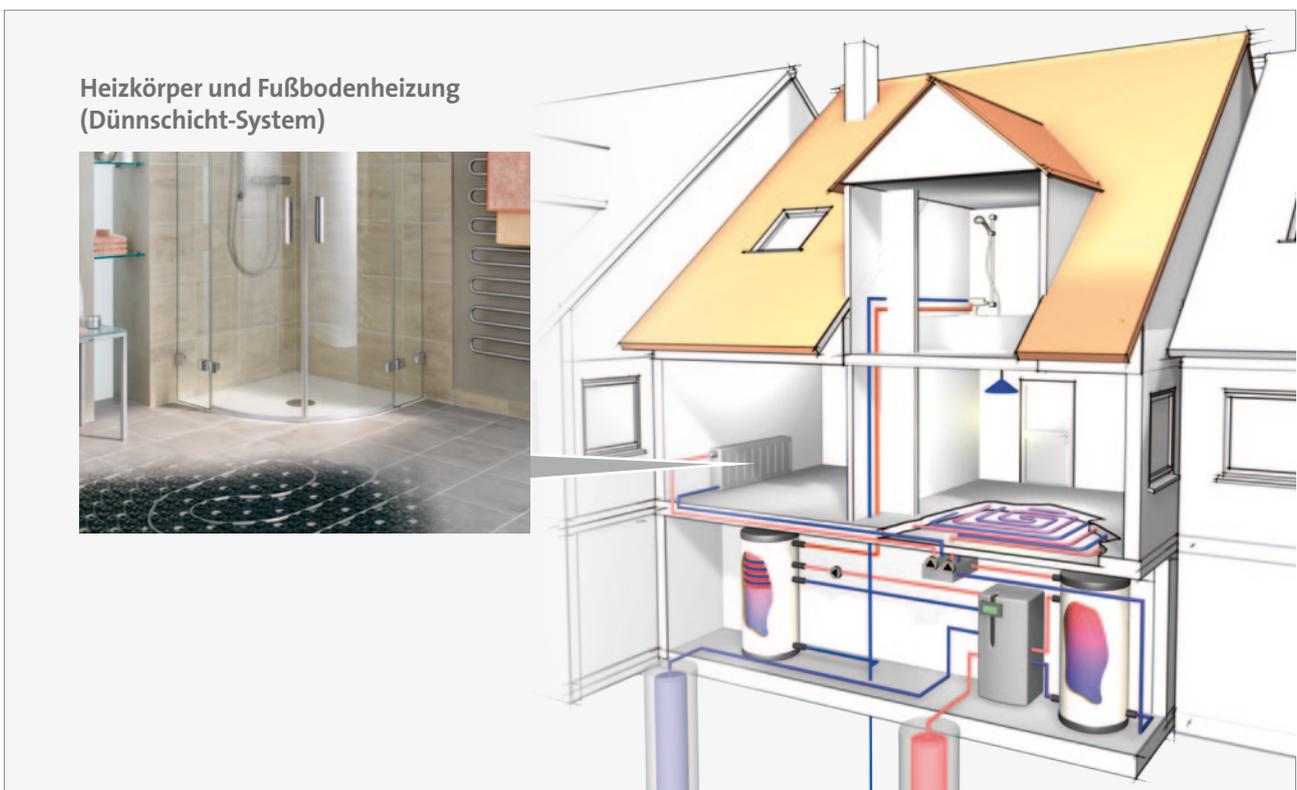
- Alter Wärmeerzeuger wird durch Wasser-Wasser-Wärmepumpe ersetzt
- Gemischtes Wärmeübergabesystem (Fußbodenheizung 30% und Heizkörper 70%)
- Anpassung der Hydraulik (zwei verschiedenen Heizkreise)
- Absenkung der Systemtemperatur auf 45/35 bzw. 35/28
- Fachgerechte Planung der FBH (Dünnschicht-System mit niedriger Aufbauhöhe)
- Bei Dünnschicht Herstellerhinweise zur Auslegung der Heizkreislängen beachten
- Indirekt beheizter Speicher, Standardgröße nach Norm
- Trinkwassererwärmung mit Zirkulation
- Dämmung der Verteilleitungen im Keller nach EnEV
- Neue Umwälzpumpe geregelt und bedarfsausgelegt
- Optimierter Betrieb durch hydraulischen Abgleich und optimale Heizkurve
- Trinkwassererwärmung (Anforderungen gemäß DIN 1988)



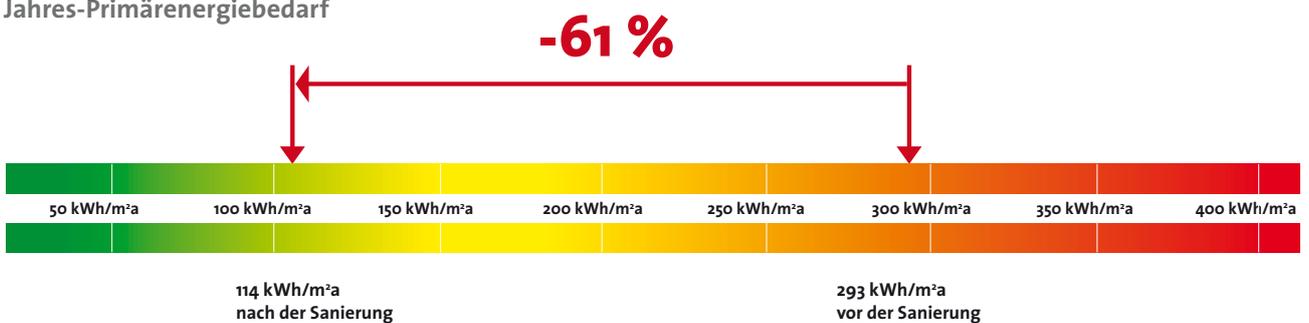
Energetische Kennwerte

Anlage	Endenergie				Primärenergie				CO ₂ -Emissionen			
	Bedarf [kWh]		Einsparung		Bedarf [kWh]		Einsparung		vorher [kg/a]	nachher [kg/a]	Einsparung	
	vorher	nachher	absolut	relativ	vorher	nachher	absolut	relativ			absolut	relativ
Wasser-Wasser-EWP	33.220	5.599	27.621	83 %	37.414	14.557	22.856	61 %	7.783	3.606	4.177	54 %

Berechnungsdaten nach DIN V 4108-6/4701-10



Jahres-Primärenergiebedarf





BDH

Bundesindustrieverband Deutschland
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.

Frankfurter Straße 720-726
51145 Köln
Tel.: (0 22 03)-9 35 93 - 0
Fax: (0 22 03)-9 35 93 - 22
E-Mail: info@bdh-koeln.de
Internet: www.bdh-koeln.de