

Heizen in bestehenden Wohngebäuden

Wärmepumpen in Kombination
mit Wärmeübergabesystemen



Inhaltsverzeichnis

Einleitung	3
Rahmenbedingungen	3
Moderne Heizsysteme	5
Rahmenbedingungen	6
Besonderheiten bei der Planung	7
Hydraulische und regelungstechnische Besonderheiten bei der Planung von Wärmepumpenanlagen	7
Allgemeine Hinweise	7
Besondere Hinweise für verschiedene Wärmequellen:.....	7
Wärmequellen	7
Luft-Wasser-Wärmepumpen	7
Sole-Wasser-Wärmepumpen	8
Erdkollektoren	8
Erdsonden	9
Wasser-Wasser-Wärmepumpen	9
Trinkwassererwärmung	9
Planung	10
Planung des geeigneten Wärmeübergabesystem	10
Flächenheizung/-kühlung	10
Heizkörper	12
Kombination Heizkörper mit Flächenheizung	14
Praxisbeispiele	15
Übersicht der drei Gebäudetypen	17
Einfamilienhaus (EFH).....	17
Reihenhaus RH	17
Mehrfamilienhaus mit 6 Wohneinheiten (MFH)	18
Beispiel 1 Freistehendes Einfamilienhaus (EFH siehe Baualtersklasse H aus Abb. 15)	24
Beispiel 2 Freistehendes Einfamilienhaus (EFH siehe Baualtersklasse E aus Abb. 15)	26
Beispiel 3 Reihen-Einfamilienhaus (RH siehe Baualtersklasse F aus Abb. 15)	28
Beispiel 4 Reihen-Einfamilienhaus (RH siehe Baualtersklasse I aus Abb. 15)	30
Beispiel 5 Reihen-Einfamilienhaus (RH siehe Baualtersklasse H aus Abb. 15)	32
Beispiel 6 Freistehendes Einfamilienhaus (EFH siehe Baualtersklasse H aus Abb. 15)	34
Beispiel 7 Freistehendes Einfamilienhaus (EFH siehe Baualtersklasse E aus Abb. 15)	36
Beispiel 8 Freistehendes Einfamilienhaus (EFH siehe Baualtersklasse H aus Abb. 15)	38
Beispiel 9 Freistehendes Einfamilienhaus (EFH siehe Baualtersklasse H aus Abb. 15)	40
Beispiel 10 Mehrfamilienhaus (MFH siehe Baualtersklasse F aus Abb. 15)	42
Beispiel 11 Mehrfamilienhaus (MFH siehe Baualtersklasse C aus Abb. 15)	44
Beispiel 12 Mehrfamilienhaus (MFH siehe Baualtersklasse F aus Abb. 15)	46
Beispiel 13 Mehrfamilienhaus (MFH siehe Baualtersklasse H aus Abb. 15)	48
Beispiel 14 Reihen-Einfamilienhaus (RH siehe Baualtersklasse F aus Abb. 15)	50
Beispiel 15 Reihen-Einfamilienhaus (RH siehe Baualtersklasse F aus Abb. 15)	52
Beispiel 16 Reihen-Einfamilienhaus (RH siehe Baualtersklasse F aus Abb. 15)	54

Einleitung/Rahmenbedingungen

Warum energetische Modernisierung?

Rund 40 % des Endenergieverbrauchs in Europa entfallen auf den Gebäudebestand. Gut 85 % davon dienen der Deckung des Heizwärmebedarfs von Gebäuden und der Erwärmung von Trinkwasser. Dies entspricht wiederum etwa einem Drittel des gesamten Endenergieverbrauchs in Europa. Die Erhöhung der Effizienz der Bestandsanlagen in Gebäuden kann Energieeinsparungen von bis zu 30 % und mehr realisieren.

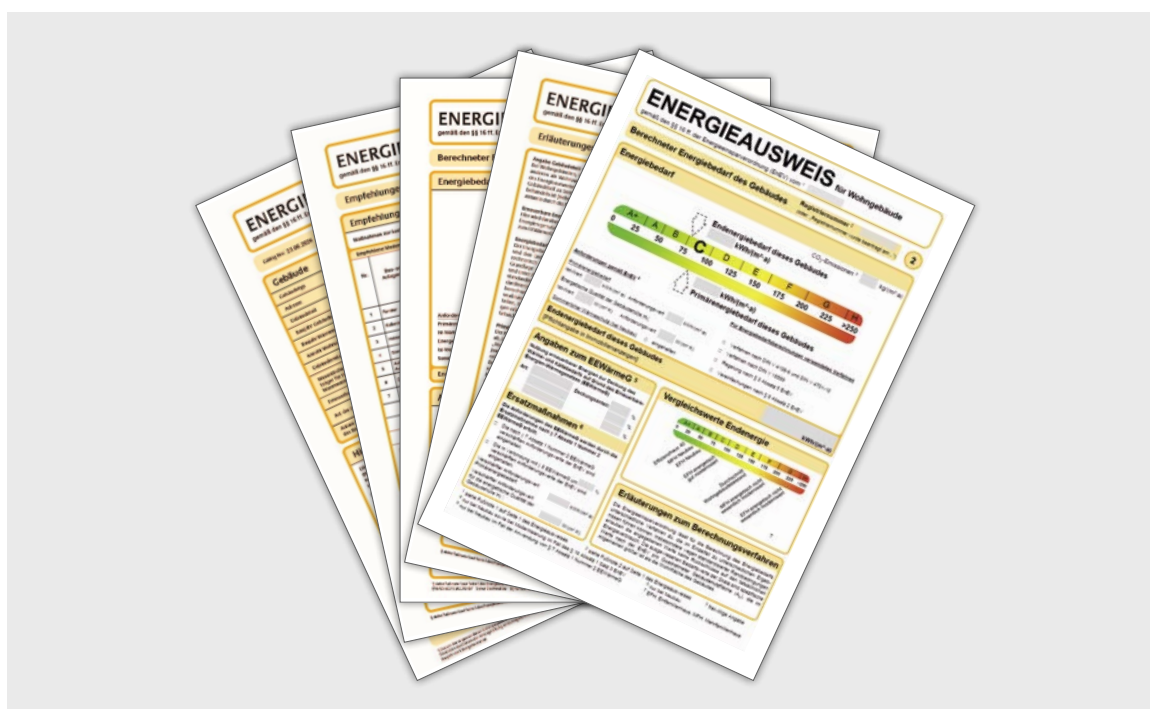
Über die energetische Modernisierung des Gebäudebestandes mit energieeffizienten Heizsystemen, in Verbindung mit erneuerbaren Energien, können sehr hohe Energieeinspar- und CO₂-Minderungspotenziale erschlossen werden, denn die Energieeffizienz des Gebäudebestands liegt nach Angaben der Europäischen Union (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

In der EU beschreibt vor allem die Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden den wesentlichen Rahmen. 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 das seit November 2020 gültige Gebäudeenergiegesetz (GEG) werden im Wesentlichen die europäischen Vorgaben umgesetzt..

Das GEG ist die Basis für eine ganzheitliche und nachhaltige 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 Gebäudehülle und der Anlagentechnik abgebildet. Abgeleitet daraus werden dem Eigentümer Modernisierungsmaßnahmen vorgeschlagen, um die energetische Qualität des Gebäudes zu verbessern und gleichzeitig Komfort und Behaglichkeit für den Nutzer zu erhöhen (siehe Abb. 1).



Quelle: dena

Abb. 1: Muster-Energieausweis

Moderne Heizsysteme

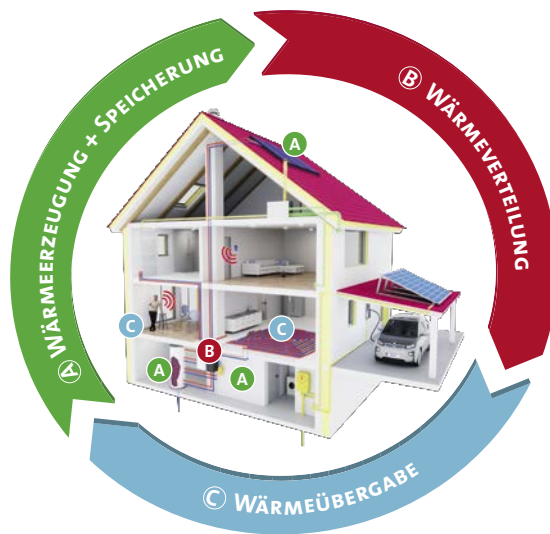


Abb. 2: Der Systemgedanke in einem Heizsystem



Abb. 3: Zusammenspiel Wärmeerzeugung und -speicherung

Der Systemgedanke steht immer im Vordergrund

Damit die Energieeinsparpotenziale moderner Wärmeerzeuger optimal realisiert werden können, müssen alle Komponenten des Heizsystems perfekt aufeinander abgestimmt sein. Wärmeerzeugung, -speicherung, -verteilung und -übergabe sind deshalb immer als Gesamtsystem zu betrachten (siehe Abb. 2).

Wärmeerzeugung und Speicherung

Die Wärmeerzeugung ist der Ausgangspunkt für den Betrieb des Heizsystems: In einem zentralen Wärmeerzeuger wird der eingesetzte Energieträger in Wärme umgewandelt. Diese wird anschließend zum Heizen und/oder zur Erwärmung von Trinkwasser eingesetzt. So wird sie zum Bindeglied zwischen dem Energieträger und der gewünschten Nutzenergie. Außerdem können erneuerbare Energien wie Solarthermie, Umweltwärme, Geothermie und Holz in einem Heizsystem eingebunden werden (siehe Abb. 3).

Energiespeicherung

Weil die verfügbare Energie nicht immer bedarfsgerecht zur Verfügung steht, kann der Einbau von Speichern sinnvoll sein. Die Energie kann thermisch auf der Wärmeseite, der Wärmequellenseite oder auch elektrisch gespeichert werden. Quellspeicher sind Systeme, in denen Wärme auf niedrigem Temperaturniveau saisonal eingespeichert und abgerufen werden kann.

Warmwasserspeicher sind heute zentraler Bestandteil der Heiz- und Trinkwarmwasserversorgung in Wohngebäuden. Durch eine optimierte Wärmedämmung des Speichers sowie einer optimierten Wärmeübertragung und Temperaturschichtung im Speicher können die Energieverluste gering gehalten werden. Warmwasserspeicher ermöglichen so die sichere Versorgung von Trinkwarmwasser und Wärme bei zeitlichem Versatz von Bedarf und Angebot.

Die Erzeugung von Strom mit Photovoltaik-Anlagen erfolgt immer unabhängig vom Heizsystem. Damit kann die solare Stromerzeugung parallel zu allen hier vorgestellten Systemen betrieben werden und den erzeugten Strom auch zur Gebäudeheizung und Erwärmung von Trinkwasser mit einer Elektrowärmepumpe nutzen. Die Photovoltaik-Anlage kann sinnvoll ergänzt werden um einen Batteriespeicher und zur Unterstützung der E-Mobilität beitragen.

Regelungs- und Kommunikationseinrichtungen ermöglichen das optimale Zusammenspiel aller Komponenten.



Abb. 4: Einflussfaktoren für eine effiziente Wärmeverteilung

Wärmeverteilung

Die Wärmeverteilung bildet das Bindeglied zwischen der Wärmeerzeugung sowie Speicherung und der Wärmeübergabe (siehe Abb. 4). Zum Wärmeverteilsystem gehören die Heizungsumwälzpumpen, der Vor- und Rücklauf des hydraulischen Heizsystems sowie die Armaturen und Ventile. Damit sich die Wärme optimal im Heizsystem verteilen kann, kommt es zudem auf die Dämmung von Vor- und Rücklauf sowie einen hydraulischen Abgleich des gesamten Heizsystems an.



Abb. 5: Einflussfaktoren für eine effiziente Wärmeübergabe

Wärmeübergabe

Die Wärmeübergabe bildet das Bindeglied zwischen der Wärmeverteilung und den zu beheizenden Räumen (siehe Abb. 5). Als hydraulische Wärmeübergabesysteme stehen dabei entweder eine Flächenheizung (Boden, Wand oder Decke) oder Heizkörper (mit oder ohne Gebläse) zur Verfügung. Auf Wunsch können auch gemischt installiert werden und sind mit allen Wärmeerzeugertypen eines hydraulischen Heizsystems kombinierbar.

Um die hohen Effizienzwerte von Wärmepumpen zu erreichen, sind niedrige Temperaturen im Heizsystem die Voraussetzung. Korrekt geplante und installierte Wärmeübergabesysteme sorgen dafür und steigern so gleichzeitig die Behaglichkeit.

Rahmenbedingungen für den Einsatz einer Wärmepumpe

Wärmepumpenheizungen sind als erneuerbares Heizsystem in der Lage, ganzjährig die Funktionen Heizung und Erwärmung von Trinkwasser effizient sicherzustellen. Dazu wird die in der Umwelt gespeicherte Sonnenenergie mit technischer Hilfe auf das benötigte Temperaturniveau angehoben.

Wärmepumpen können gleichermaßen im Neu- und Altbau eingesetzt werden. Je niedriger die benötigte maximale Vorlauftemperatur des Heizsystems, desto effizienter und wirtschaftlicher arbeitet die Wärmepumpe. 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. 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.

Weitere Informationen zur Wärmepumpe finden Sie in folgenden BDH-Informationsblättern (siehe Abb. 6)

- Infoblatt Nr. 25 „Wärmepumpen“
- Infoblatt Nr. 37 „Wärmeübergabe- und Kühlsysteme in Verbindung mit einer Wärmepumpe“
- Infoblatt Nr. 43 „Auslegung von oberflächennahen Erdwärmekollektoren“
- Infoblatt Nr. 53 „Wärmepumpen in Verbindung mit Solarthermie“
- Infoblatt Nr. 57 „Bivalente Wärmepumpen“
- Infoblatt Nr. 62 „Inspektion, Wartung und Optimierung von Heizungsanlagen mit Wärmepumpe“
- Infoblatt Nr. 68 „System Photovoltaik, Wärmepumpe und Speicher“
- Infoblatt Nr. 70 „Planung und Auslegung des Systems PV-Anlage, Wärmepumpe und Speicherung“

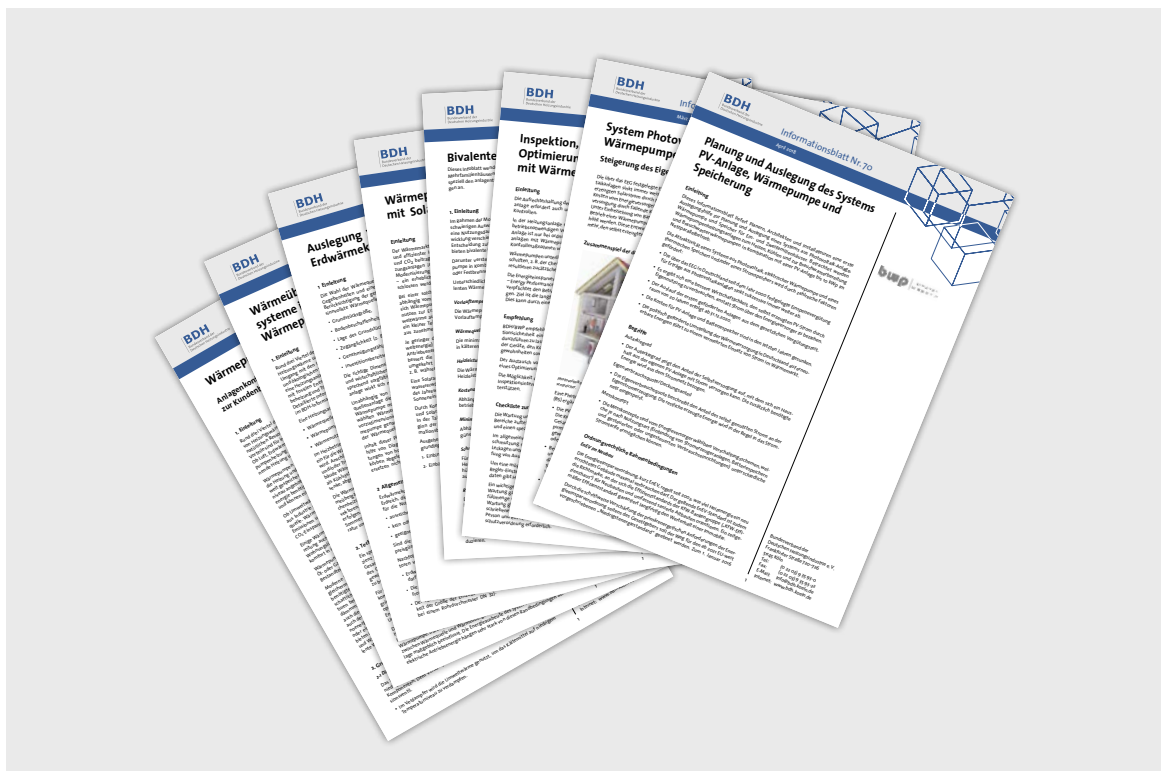


Abb. 6:
BDH-Infoma-
tionsblätter
rund um die
Wärmepumpe

Hydraulische und regelungstechnische Besonderheiten bei der Planung von Wärmepumpenanlagen

Allgemeine Hinweise

Für den Betrieb einer Wärmepumpenanlage ist eine sorgfältige Planung und Auslegung der kompletten Anlage (Wärmequelle, Wärmepumpe, Wärmeverteilung und Wärmeübergabe) notwendig. Dazu gehört im Detail:

- Ermittlung von Heizlast (Raum und Gebäude) und ggf. Trinkwarmwasserbedarf. Auswahl einer geeigneten Hydraulik, ggf. Dimensionierung eines Pufferspeichers. Ein Heizungs-Pufferspeicher kann auch erforderlich werden, wenn in der Heizungsanlage vorwiegend Heizkörper installiert sind oder zwischen Energieversorger (EVU) und Betreiber ein Tarifmodell mit Sperrzeiten vereinbart wurde.
- Prüfung der Auslegung vorhandener Heizflächen und gegebenenfalls Austausch unterdimensionierter oder ungeeigneter Heizflächen; alternativ Ergänzung um zusätzliche Heizflächen
- Spülung der bestehenden Anlage (Rohrleitungssystem), (nach VDI 2035)
- Prüfung und eventueller Austausch von Armaturen und Ventilen, Durchführung des hydraulischen Abgleichs.

Eine vollständige Übersicht der erforderlichen Planungsschritte liefert die VDI 4645.

Besondere Hinweise für verschiedene Wärmequellen:

Wärmequellen

Je höher die Temperatur der Wärmequelle (Luft, Erdreich oder Wasser) ist, umso effizienter arbeitet die Wärmepumpe. Die Quellentemperatur sollte im Jahresverlauf möglichst wenig schwanken und langfristig verfügbar sein. Erdgekoppelte Wärmepumpen arbeiten mit konstanter Wärmequelle und können aus diesem Grund effizienter betrieben werden. Außenluftgeführte Wärmepumpen erfordern geringere Investitionen zur Erschließung der Wärmequelle.

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 häufig ohne Zusatzheizung betrieben werden.

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.

Durch die Umkehrung des Funktionsprinzips kann die Luft-Wasser-Wärmepumpe, mit entsprechendem Zubehör, zur Kühlung von Gebäuden eingesetzt werden.

Für alle Aufstellungsarten sind baurechtliche Vorgaben und die 32. BImSchV mit der zugehörigen TA Lärm einzuhalten. Hilfsweise steht der Leitfaden Schall des BWP zur Verfügung.

Außenaufstellung:

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. 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 Heizsystem im Haus erfolgt über wärmeisolierte Rohre/Kanäle, die meistens im Erdreich verlegt sind. Das an der Wärmepumpe anfallende Kondensat muss frostfrei abgeleitet werden können.

Innenaufstellung:

Wird die Luft-Wasser-Wärmepumpe im Gebäude aufgestellt, sollte dies nicht im Wohnbereich, sondern in Funktionsräumen erfolgen. Das anfallende Kondensat muss abgeleitet werden.

Die hohen Volumenströme der 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. Bei Installation der Wärmepumpe in einem Obergeschoss ist die Tragfähigkeit der Decke zu prüfen. Um die Übertragung von Körperschall zu vermeiden, ist eine Schwingungsentkopplung nach Herstellerangaben vorzusehen.

Ergänzend sind baurechtliche Vorgaben und die TA-Lärm und die 32. BImSchV einzuhalten. Hilfsweise steht der Leitfaden Schall des BWP zur Verfügung.

Sole-Wasser-Wärmepumpen

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

Die Auslegung erfolgt nach Richtlinie VDI 4640 Blatt 2.

Erdkollektoren

Unter Erdkollektoren (siehe Abb. 7) versteht man dünne Rohrschlangen aus Kunststoff, die in 1,2 bis 1,5 m Tiefe (mindestens 0,2 m unter der Frostgrenze) in einer nicht versiegelten Freifläche verlegt werden. Der Abstand zwischen den Rohren beträgt 0,3 bis 0,8 m. Weitere Sonderformen von Erdkollektoren werden im Infoblatt Nr. 43 erläutert.

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.

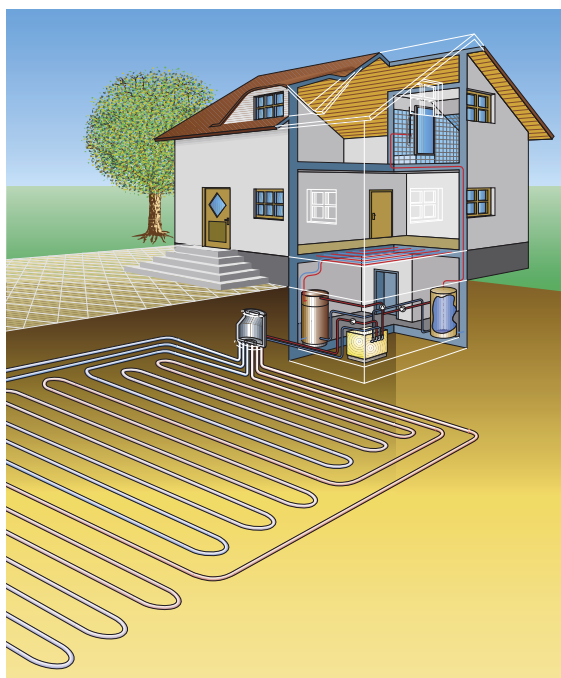


Abb. 7: Sole-Wasser-Wärmepumpe mit horizontal eingebrachten Erdkollektoren

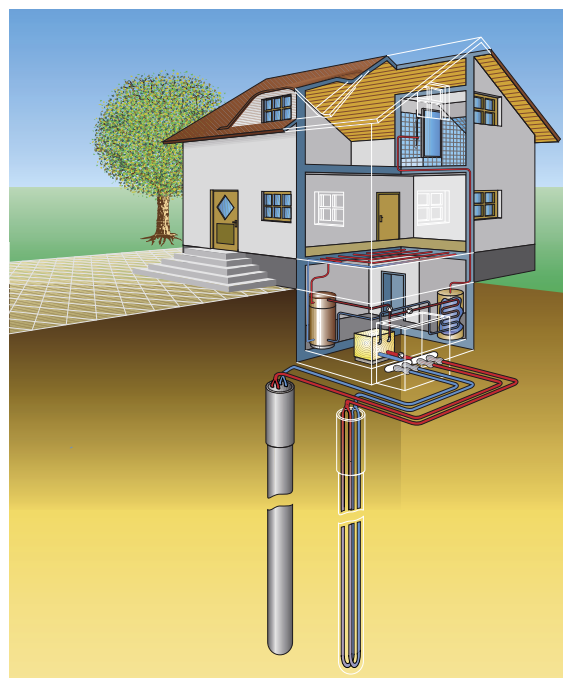


Abb. 8: Sole-Wasser-Wärmepumpe mit vertikal eingebrachten Erdsonden

Erdsonden

Als Erdsonde (siehe Abb. 8) bezeichnet man Rohre aus Kunststoff, die in 10 bis 100 m Tiefe reichen (tiefere Bohrungen sind auch möglich). Dort herrschen ganzjährig Temperaturen um 10 °C, also ein relativ hohes Temperaturniveau. Erdsonden lassen sich auch zur freien Kühlung (passive Kühlung) nutzen. Im Vorfeld der Planung ist zu prüfen, ob und bis zu welcher Tiefe eine Bohrung durchgeführt werden darf und eventuell weitere regionale Vorgaben bestehen.

Erdsondenanlagen sind genehmigungspflichtig; Auskünfte erteilen die unteren Wasserbehörden.

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. Außerdem muss bei der Planung die Wasserqualität der Quelle berücksichtigt und die sich aus dieser Planung ergebenden Anforderungen an die Wärmepumpe müssen mit den Angaben des Herstellers überprüft werden. Die Nutzung des Grundwassers als Wärmequelle ist genehmigungspflichtig; Auskünfte erteilen die unteren Wasserbehörden.

Trinkwassererwärmung

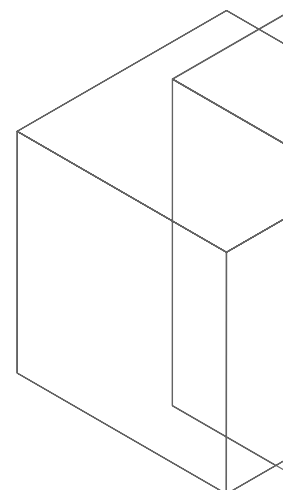
Die Trinkwassererwärmung stellt im Vergleich zur Heizwärmebereitstellung grundlegend andere Anforderungen, da sie ganzjährig mit etwa gleichbleibender Wärmemenge auf konstantem Temperaturniveau betrieben wird. Bei der Auswahl der Warmwasserbereitung ist eine ausreichende Wärmeübertragerfläche zu berücksichtigen. Daher muss geprüft werden, ob der bestehende Trinkwarmwasserspeicher weiterverwendet werden kann oder getauscht werden muss.

Der Trinkwarmwasserbedarf hängt von den individuellen Nutzergewohnheiten und der Anlagenkonfiguration ab.

Folgende Faktoren sind bei der Planung zu berücksichtigen:

- Anzahl und Bedarf der Nutzer, unter Berücksichtigung der Zapfstellen, der Lebensgewohnheiten und dem Ausstattungsgrad der Bäder
- Wärmeverteilung: mit/ohne Zirkulation
- Trinkwarmwasser-Vorhaltung: Art und Größe und Aufstellungsort des Speichers, Wärmeübertragungssystem, Frischwassertechnik (extern/intern)
- Zusätzliche Energiequellen, z. B. Solaranlage
- Trinkwasserhygiene

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 maßgeblichen Anteil erhält.



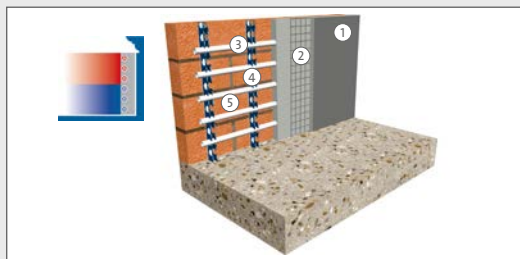
Planung des geeigneten Wärmeübergabesystems

Flächenheizung/-kühlung

Als Flächenheizung kommen Systeme im Fußboden (siehe Abb. 11), der Wand (siehe Abb. 9) sowie der Decke (siehe Abb. 10) zum Einsatz. Einer der besonderen Vorteile einer Flächenheizung/-kühlung besteht darin, dass eine große Fläche zur Wärmeabgabe zur Verfügung steht, so dass die Deckung der geforderten Heizlast des Raumes bzw. Gebäudes mit sehr niedrigen Systemtemperaturen realisier-

bar ist. Ein hohes Maß an thermischer Behaglichkeit wird durch den Einsatz hochwertiger Temperaturregler erreicht.

Die Estrichmasse von Fußbodenheizungen führt bei vollständiger Abschaltung zu langen Aufheiz- und Abkühlzeiten. Durch den Einsatz von hochwertiger Regelungstechnik, die den Aufheiz- und Absenkezeitpunkt intelligent steuert, wird ein hohes Maß an thermischem Komfort bei gleichzeitiger energieeffizienter Betriebsweise erreicht.

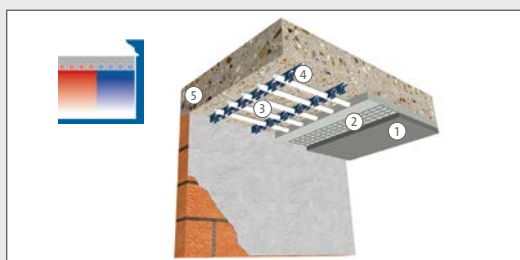


- ① Wärmeverteilschicht, erste und zweite Putzschicht
- ② Armierungsgewebe
- ③ Systemrohr
- ④ Systemschienen
- ⑤ Rohwand



- ① Wärmeverteilschicht/ Trockenbauplatte
- ② Systemrohr
- ③ Wärmeleitblech
- ④ System-Wärmedämmplatte
- ⑤ Unterkonstruktion (z. B. Holz)
- ⑥ Rohwand

Abb. 9:
Wandheizung/
-kühlung in
verschiedenen
Ausführungen

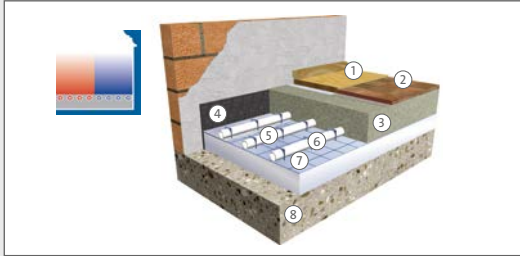


- ① Wärmeverteilschicht, erste und zweite Putzschicht
- ② Armierungsgewebe
- ③ Systemrohr
- ④ Systemschienen
- ⑤ Rohbetondecke

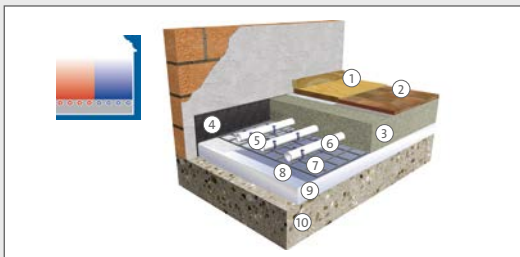


- ① Wärmeverteilschicht/ Trockenbauplatte
- ② Systemrohr
- ③ Wärmeleitblech
- ④ System-Wärmedämmplatte
- ⑤ Unterkonstruktion (z. B. Metall)
- ⑥ Rohbetondecke

Abb. 10:
Deckenheizung/
-kühlung in
verschiedenen
Ausführungen



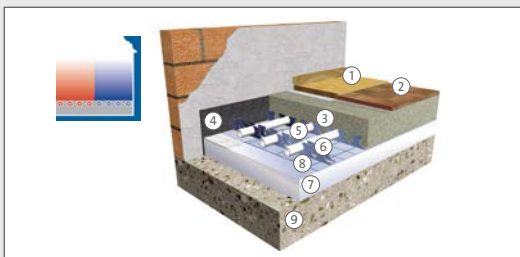
- ① Schwimmendes Parkett mit Ausgleichsunterlage
- ② Fliesen mit Flex-Fliesenkleber
- ③ Last- bzw. Wärmeverteilschicht
- ④ Randdämmstreifen mit PE-Folienlappen
- ⑤ Systemrohr
- ⑥ Widerhakenclip
- ⑦ Tackersystemplatte mit Wärmedämmung
- ⑧ Rohbetondecke



- ① Schwimmendes Parkett mit Ausgleichsunterlage
- ② Fliesen mit Flex-Fliesenkleber
- ③ Last- bzw. Wärmeverteilschicht
- ④ Randdämmstreifen mit PE-Folienlappen
- ⑤ Systemrohr
- ⑥ Kunststoffclip
- ⑦ Gittermatte
- ⑧ PE-Folie
- ⑨ Wärmedämmung
- ⑩ Rohbetondecke



- ① Schwimmendes Parkett mit Ausgleichsunterlage
- ② Fliesen mit Flex-Fliesenkleber
- ③ Last- bzw. Wärmeverteilschicht
- ④ Randdämmstreifen mit PE-Folienlappen
- ⑤ Systemrohr
- ⑥ Noppensystemplatte mit Wärmedämmung
- ⑦ Rohbetondecke



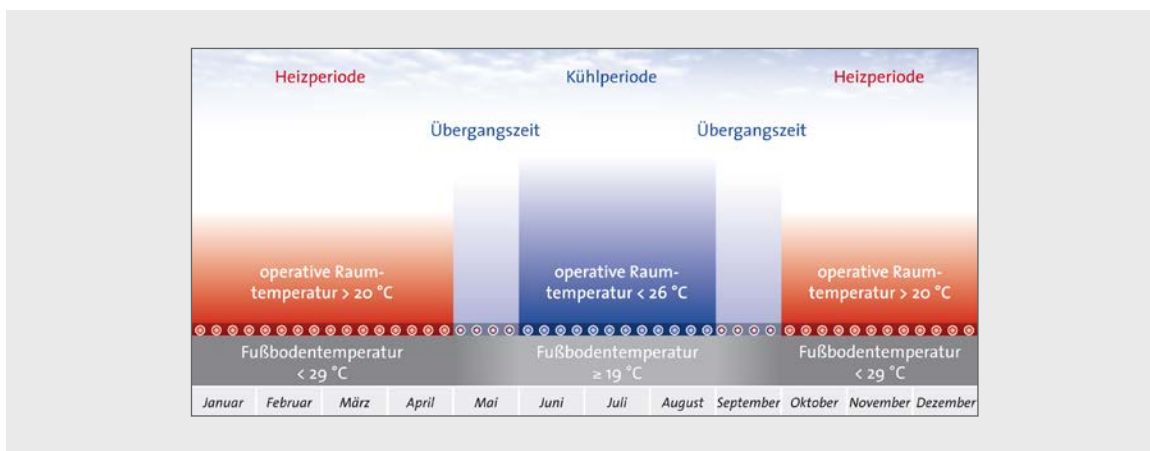
- ① Schwimmendes Parkett mit Ausgleichsunterlage
- ② Fliesen mit Flex-Fliesenkleber
- ③ Last- bzw. Wärmeverteilschicht
- ④ Randdämmstreifen mit PE-Folienlappen
- ⑤ Systemrohr
- ⑥ Systemschienen
- ⑦ Wärmedämmung
- ⑧ PE-Folie
- ⑨ Rohbetondecke



- ① Schwimmendes Parkett mit Ausgleichsunterlage
- ② Fliesen mit Flex-Fliesenkleber
- ③ Last- bzw. Wärmeverteilschicht
- ④ Randdämmstreifen mit PE-Folienlappen
- ⑤ PE-Folie
- ⑥ Systemrohr
- ⑦ Wärmeleitblech
- ⑧ System-Wärmedämmplatte
- ⑨ Zusatzdämmung
- ⑩ Rohbetondecke

Abb. 11:
Fußboden-
heizung/
-kühlung in
verschiedenen
Ausführungen

Abb. 12:
Einsatzbereich
einer Fußboden-
heizung/-kühlung



Durch den Einsatz von Dünnschichtsystemen oder Wandheizungen in Verbindung mit hochwertigen Reglern werden auch im Sanierungsbereich kurze Aufheizzeiten und ein hohes Maß an thermischer Behaglichkeit erreicht.

Auf Grund dieser energetischen und thermischen Vorteile ist die Flächenheizung sehr gut mit einer Wärmepumpe kombiniert werden. Ein weiteres Plus der Kombination Wärmepumpe und Flächenheizung ist die Möglichkeit der Kühlung.

Sollen vorhandene Fußbodenheizungen in eine Wärmepumpenanlage eingebunden werden, ist eine Bestandsaufnahme unabdingbar. Sind Bestandsunterlagen vorhanden, können diese, nach einer Prüfung, für die Auslegung herangezogen werden. Fehlen solche, sollte versucht werden, den Bestand (v. a. Heizlasten, Rohrdimension und Verlegeabstände) zu ermitteln, um eine Grundlage für den erforderlichen hydraulischen Abgleich der Heizkreise und für die Pumpendimensionierung zu bekommen. Thermographische Aufnahmen oder thermochrome Folien können bei der Ermittlung der Verlegeabstände helfen. Unbedingt erforderlich ist die Nachrüstung der Anlage mit Einzelraumregelungen und Stellantrieben. Mit einer modernen Funkregelung, kann das aufwendige Nachrüsten der Verkabelung entfallen.

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. Diese Möglichkeiten bieten neben der energeti-

schon Sanierung eines Gebäudes auch raumgestalterische Maßnahmen im Kontext einer ganzheitlichen Heizungsmodernisierung. Grundlegende Hinweise beim Einbau einer Flächenheizung/-kühlung in Bestandsgebäuden bietet das Informationsblatt Nr. 51 „Flächenheiz- und -kühlssysteme“ Teil 2 „Modernisierung“.

Weiterführende Informationen zur Flächenheizung/-kühlung stehen im Internet unter:

www.flaechenheizung-bdh.de zur Verfügung.

Heizkörper

Heizkörper (siehe Abb. 13) können dezentral angeordnet werden und sind leistungsstark, bedarfsgerecht, frei zu positionieren und individuell zu regeln. 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. Durch den Einsatz von Heizkörpern mit Gebläse ist auch ein Kühlbetrieb im Sommer möglich.

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 Wärmestrahlungen dringen ungerichtet in den Raum und werden dort, wo sie auftreffen, direkt als Wärme spürbar. Wenn die Vorlauftemperatur eines Heizkörpers unter 40 °C sinkt, reduziert sich der konvektive Anteil der Heizwärme deutlich, da die Temperaturunterschiede zwischen Heizkörper und zu er-



Abb. 13: Praxisbeispiele zum Einsatz von Heizkörpern

wärmender 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 50 °C Heizkörper mit großen Strahlungsflächen zum Raum maßgebend. Dies kann bei Heizkörpern sowohl mit serieller Durchströmung als auch mit einer möglichst großen Heizkörperoberfläche realisiert werden. Das behagliche Wärmegefühl wird so speziell bei niedrigen Vorlauftemperaturen erhöht.

Verändert sich die erforderliche Größe der Heizkörper beim Wärmepumpeinsatz?

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 Wärmeerzeugern.

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 effizient 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 1-Rohrsystem ist dadurch gekennzeichnet, dass im 1-Rohrsystem die Heizkörper nacheinander an ein- und derselben Leitung angeschlossen sind und daher die Vorlauftemperatur der im Einrohring 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. Insgesamt ist aber aus Effizienzgründen ein 2-Rohrsystem vorzuziehen, siehe hierzu auch VDI 2073). Weitere Informationen rund um den Heizkörper finden Sie im Internet unter www.heizkoerpertausch.de

Kombination Heizkörper mit Flächenheizung

Meist wird diese Kombinationen so betrieben, dass eine Fußbodenheizung zur Deckung der Grundlast und Heizkörper für die noch erforderliche Restleistung eingesetzt werden (siehe Abb. 14). Bedingt durch die meist unterschiedlichen Auslegungstemperaturen werden 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 ermöglicht werden.

Durch die bei der Wandheizung möglichen höheren Vorlauftemperaturen ($> 35\text{ °C}$) eignen sich diese Systeme z. B. als Trockenbauweise gerade für Sanierungen hervorragend. Beispielsweise könnten die Heizkörper in Wohn- und Essbereichen durch Wandheizungsmodulare ersetzt werden, während in untergeordneten Räumen die Heizkörper bestehen bleiben, bzw. gegen Heizkörper mit höherem Strahlungsanteil oder ansprechenderem Design ausgetauscht werden (z. B. in Schlafzimmern).



Abb. 14: Beispiel einer Kombination aus Flächenheizung mit einem Heizkörper im Bad.

Praxisbeispiele

In Deutschland befinden sich etwa 73 % der Wohnfläche in Ein- und Zweifamilienhäusern bzw. Reihenhäusern, die anderen 27 % in Mehrfamilienhäusern unterschiedlicher Größe. Ein großer Teil des Bestands (38 %) stammt aus der Zeit zwischen dem 2. Weltkrieg und der Ölkrise (1949–1978), ein kleinerer Teil (26 %) aus der Zeit davor (siehe Abb. 15).

Sowohl bei den Einfamilien- als auch bei den Mehrfamilienhäusern dominieren neuere Zentralheizungssysteme (Baujahr Wärmeerzeuger ab 1990). Dabei hat Gas einen Anteil von etwa 50 % und Öl von ca. 26 %. Die Ölheizung ist noch überwiegend bei Ein- und Mehrfamilienhäusern anzutreffen. Etwa ein Drittel der Zentralheizungen sind älteren Baujahrs. Der Großteil der mit Zentralheizungen ausgestatteten Gebäude besitzt auch eine zentrale Warmwasserbereitung. Brennstoffbetriebene Ofenheizungen besitzen nur noch 6 % der Wohngebäude. Die Beheizung

mit Elektro-Öfen (Nachtspeicheröfen und Elektro-Direkt-Heizung) hat noch einen Anteil von rund 3 %. Mit Strom betriebene Heizsysteme sind bei 5 % der Einfamilienhäuser, jedoch nur bei 2 % der Geschosswohnungsbauten anzutreffen. Die Elektro-Wärmepumpe hat insgesamt einen Anteil im Gebäudebestand von ca. 2 % (siehe Abb. 16).

Entsprechend diesem Profil des Gebäudebestands in der Bundesrepublik Deutschland fand eine Auswahl der Praxisbeispiele für eine energetische Modernisierung statt. Anhand der Häufigkeitsverteilung in Abbildung 15 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

		Baualterklassen										Summe	Anteil
		bis 1860	1861–1918	1919–1948	1949–1957	1958–1968	1969–1978	1979–1983	1984–1994	1995–2001	2002–2006		
Deutscher Wohngebäudebestand Baujahr bis 2009	Auswertung der Gebäude- und Wohnungszählung 2011*	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
	EFH												
	Anz. Wohngebäude in Tsd.	330	966	1.131	859	1.509	1.507	704	1.160	1.035	775	9.976	55 %
	Anz. Wohnungen in Tsd.	339	1.213	1.389	1.060	1.948	1.915	881	1.397	1.204	858	12.263	31 %
	Wohnfläche in Mio. m²	46	135	150	116	218	233	110	178	158	119	1.463	41 %
	RH												
	Anz. Wohngebäude in Tsd.	148	492	710	447	633	611	335	652	619	384	5.030	28 %
	Anz. Wohnungen in Tsd.	181	617	840	546	749	685	374	722	674	409	5.796	15 %
	Wohnfläche in Mio. m²	19	62	82	52	76	79	45	85	80	52	633	18 %
	MFH												
Anz. Wohngebäude in Tsd.	54	442	388	356	586	412	146	309	244	85	3.023	17 %	
Anz. Wohnungen in Tsd.	214	2.177	1.911	2.003	3.348	2.313	852	1.826	1.390	461	16.495	42 %	
Wohnfläche in Mio. m²	16	163	129	125	225	169	64	133	104	39	1.168	33 %	
GMH													
Anz. Wohngebäude in Tsd.	0,6	28,7	7,4	17,3	34,0	50,1	15,0	28,7	20,9	7,6	210	1 %	
Anz. Wohnungen in Tsd.	11	526	126	308	818	1.366	356	605	408	151	4.674	12 %	
Wohnfläche in Mio. m²	0,7	35,8	7,9	17,0	47,1	86,7	21,9	34,8	25,5	10,4	288	8 %	
Anzahl Wohngebäude in Tsd.	533	1.929	2.236	1.679	2.762	2.580	1.200	2.150	1.919	1.251	18.239		
Anteil	3 %	11 %	12 %	9 %	15 %	14 %	7 %	12 %	11 %	7 %			
Anzahl Wohnungen in Tsd.	806	4.533	4.265	3.915	6.863	6.279	2.463	4.550	3.675	1.880	39.228		
Anteil	2 %	12 %	11 %	10 %	17 %	16 %	6 %	12 %	9 %	5 %			
Wohnfläche in Mio. m²	82	396	370	309	567	569	240	431	368	220	3.552		
Anteil	2 %	11 %	10 %	9 %	16 %	16 %	7 %	12 %	10 %	6 %			
Gewählte Zuordnung: EFH = freistehende Ein-/Zweifamilienhäuser; RH = Ein-/Zweifamilienhäuser als Doppelhaushälfte, Reihenhäuser oder sonstiger Gebäudetyp; MFH = Mehrfamilienhäuser mit 3–12 Wohnungen; GMH = Mehrfamilienhäuser ab 13 Wohnungen.											* Stichtag: 9.5.2011		
Die Angaben beziehen sich ausschließlich auf Wohngebäude (ohne Wohnheime, ohne „sonstige Gebäude mit Wohnraum“, ohne „bewohnte Unterkünfte“)													

Quelle: IWU

Abb. 15: Deutsche Wohngebäudetypologie

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 Wärmepumpen in Bestandsgebäuden ergeben. Dazu werden für verschiedene Gebäudetypen und unterschiedliche Wärmeschutzniveaus die folgenden Größen vor sowie nach Anlagensanierung mit einer Wärmepumpe berechnet:

- Endenergiebedarf
- Primärenergiebedarf
- CO₂-Emissionen

Dabei sei deutlich darauf hingewiesen, dass die ausgewiesenen Einsparungen nicht immer mit einer gleichartigen Kosteneinsparung verbunden sein müssen. Außerdem lassen diese Ergebnisse keinen unmittelbaren Rückschluss auf die Amortisationszeiten der getätigten Investition zu.

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 Abb. 15 betrachtet. Die baulichen Wärmeschutzniveaus der zu untersuchenden Gebäude werden in Anlehnung an die „Deutsche Gebäudetypologie“¹⁾ abhängig vom Gebäudebaujahr nach Abb. 15 festgelegt. Die betrachteten Gebäude werden den Gebäudetypen (Modellgebäuden) 1. Einfamilienhaus (EFH), 2. Reihenhaushaus (RH), 3. Mehrfamilienhaus mit 6 Wohneinheiten (MFH) zugeordnet.

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

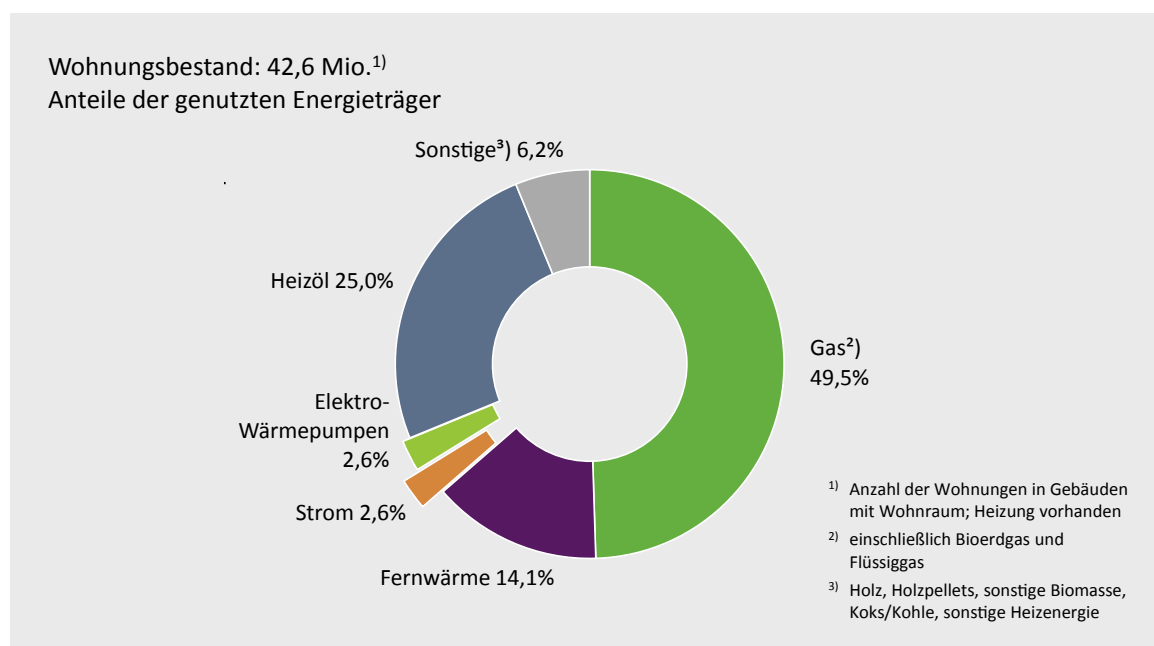


Abb. 16: Beheizungsstruktur im Wohnungsbestand in Deutschland 2020

Quelle: BDEW; Stand 12/2020; vorläufig, teilweise geschätzt

Übersicht der drei Gebäudetypen

Im Rahmen der Berechnungen werden drei verschiedene Modellgebäude betrachtet.

Einfamilienhaus (EFH)

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.

Nutzfläche A_N	209 m ²
Wohnfläche	ca. 150 m ²
Bruttovolumen	654 m ³
A/V_e	0,68/m



Abb. 17:
Einfamilienhaus
EFH

Reihenhaus RH

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.

Nutzfläche A_N	128 m ²
Wohnfläche	ca. 110 m ²
Bruttovolumen	401 m ³
A/V_e	0,49/m

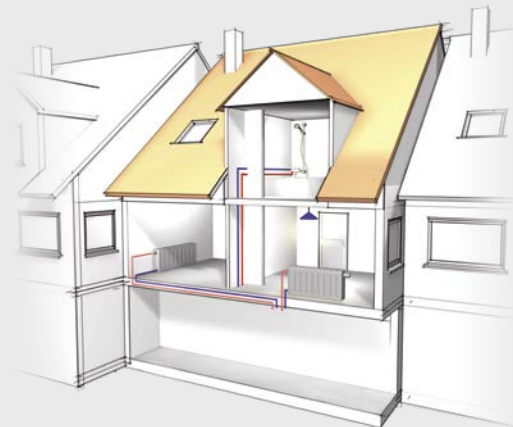


Abb. 18:
Reihenhaus
RH

Mehrfamilienhaus mit 6 Wohneinheiten (MFH)

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.

Nutzfläche A_N	612 m ²
Wohnfläche	ca. 500 m ²
Bruttovolumen	1.912 m ³
A/V_e	0,51/m



Abb. 19:
Mehrfamilienhaus
MFH

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

Für im Altbau installierte 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.

Für alle dargestellten Praxisbeispiele werden die folgenden Maßnahmen unterstellt:

- Austausch bzw. Ergänzung des alten Wärmeerzeugers gegen/um eine Wärmepumpe (einschließlich Regelung und Heizungspumpen)
- Austausch des alten Trinkwarmwasserspeichers gegen einen neuen, bzw. Einbau eines neuen Trinkwarmwasserspeicher
- Hydraulischer Abgleich
- Dämmung der Heizungs- und Warmwasserverleitungen im Kellerbereich entsprechend den Vorgaben der EnEV für neue Rohrleitungen²⁾

Für Aussagen zur Einsetzbarkeit der verschiedenen Wärmeübergabesysteme (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 (IBP 18599) liefert. Dieser Heizlastbestimmung liegt ein vereinfachtes Hüllflächenverfahren zugrunde. Zur Berechnung der Lüftungswärmeverluste wird ein Luftwechsel von 0,5 unterstellt. Die Berechnung der Energiekosten (siehe Tab. 1) basiert auf den folgenden bundesdeutschen Jahresmittelwerten für den Zeitraum Oktober 2015 bis September 2016. Beim Einsatz von Wärmepumpen erfolgt die Berechnung der Energiekosten für die Hilfsenergie mit dem Energiepreis für Wärmepumpenstrom.

Die CO₂-Emissionen werden anhand des Endenergiebedarfs mit den CO₂-Emissionsfaktoren nach Gemis 4.9 (Standarddaten) 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.

²⁾ War vor Sanierung keine Zentralheizung eingebaut, wird von einer kompletten Neuinstallation aller Trinkwasser- und Heizungsleitungen, einschließlich zeitgemäßer Rohrleitungsämmung, ausgegangen.

Strom			
Arbeitspreis Normaltarif (Hilfsenergie)	0,258	€/kWh	BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
Arbeitspreis WP-Tarif	0,186	€/kWh	
Grundpreis Wärmepumpentarif	73	€/a	
Arbeitspreis Niedertarif	0,186	€/kWh	Aktuelle Preise (Stand 04/2017) nach check.24, 70 % Niedertarif, 30 % Normaltarif
Grundpreis Niedertarif	90	€/a	
Heizöl (nach Abnahmemenge)			
≤ 1.000 l	0,531	€/l	Brennstoffspiegel Ceto Verlag GmbH mit Anpassung an die Abnahmemenge
2.000 l	0,489	€/l	
3.000 l	0,478	€/l	
4.000 l	0,473	€/l	
5.000 l	0,470	€/l	
6.000 l	0,468	€/l	
7.000 l	0,466	€/l	
ab 8.000 l	0,465	€/l	
Erdgas (nach Abnahmemenge für Gebäude)			
Arbeitspreis EFH und RH	0,053	€/kWh _{HS}	BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
Grundpreis EFH und RH	132	€/a	
Flüssiggas (nach Abnahmemenge)			
3.000 l	0,377	€/l	Umrechnung auf niedrigere Abnahmemenge mit dem Preisverhältnis aus Preisangaben des Bundes der Energieverbraucher [7]
über 3.000 l	0,347	€/l	Brennstoffspiegel Ceto Verlag GmbH, Preise für Abnahmemenge von 4.600 l

Tab. 1: Energiekosten

Die in der Berechnung verwendeten Kennwerte können der Tabelle 2 entnommen werden.

Basis für die Berechnung der CO₂-Emissionen sind die dargestellten CO₂-Emissionsfaktoren.

Energieträger	Emissionsfaktor CO ₂	
Erdgas	228	g/kWh
Flüssiggas	264	g/kWh
Heizöl	312	g/kWh
Strom	538	g/kWh

Tab. 2: CO₂-Emissionsfaktoren

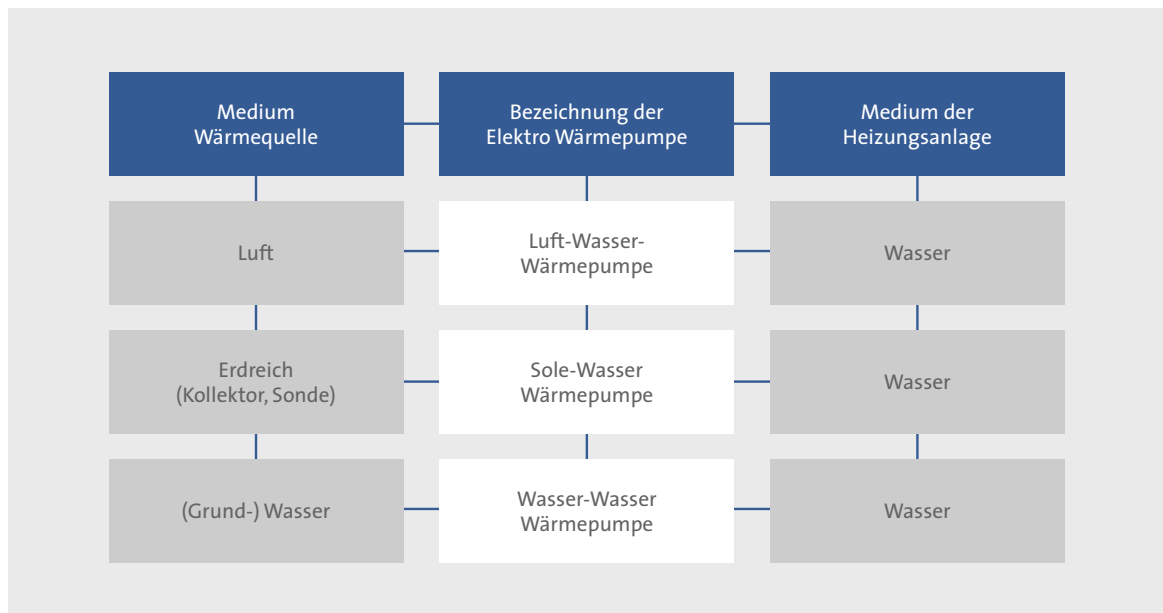


Abb. 20:
Bezeichnung von Wärmepumpen

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.

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“, Nr. 53 „Wärmepumpe in Verbindung mit Solarthermie“, Nr. 57 „Bivalente Wärmepumpen-Systeme“, Nr. 62 „Inspektion, Wartung und Optimierung von Heizungsanlagen mit Wärmepumpe“, Nr. 68 „System Photovoltaik, Wärmepumpe und Speicher“ und Nr. 70 „Planung und Auslegung des Systems PV-Anlage, Wärmepumpe und Speicherung“.

Die Energiebedarfsberechnungen erfolgen für die Wärmepumpen mit den Standardwerten der DIN V 18599:2011-12, die Kennwerte entsprechen den Standardvorgaben für aktuelle Wärmepumpen der aktualisierten DIN V 18599:2016-10. Nachfolgend werden die für die Berechnungen relevanten Leistungszahlen nach Norm angegeben. Die Leistungszahlen bei einer Vorlauftemperatur von 40 °C werden entsprechend den Vorgaben der Norm interpoliert (siehe Tab. 3).

Luft-Wasser-Wärmepumpe			
	Leistungszahl/COP bei Außentemperatur		
Vorlauftemperatur	-7 °C	2 °C	7 °C
35 °C	2,8	3,2	3,8
45 °C	2,3	2,7	3,2
Sole-Wasser-Wärmepumpe			
	Leistungszahl/COP bei Außentemperatur		
Vorlauftemperatur	-5 °C	0 °C	5 °C
35 °C	3,7	4,3	4,9
40 °C	3,4	3,9	4,4
45 °C	3,0	3,4	3,9
55 °C	2,2	2,6	2,9
Wasser-Wasser-Wärmepumpe			
	Leistungszahl/COP bei Außentemperatur		
Vorlauftemperatur	10 °C	15 °C	
35 °C	5,5	6,0	
40 °C	5,0	5,4	
45 °C	4,4	4,7	

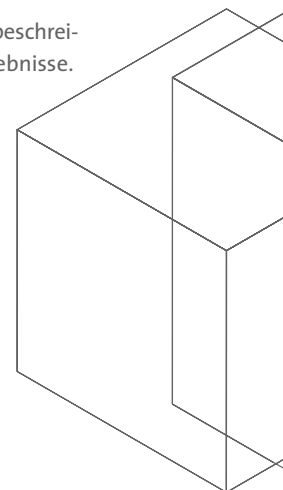
Tab. 3:
Leistungszahlen
moderner
Wärmepumpen
nach DIN V 18599

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 Wärme-/Trittschalldämmung, 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 Zementgebundenen 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.

Zusammenfassung

Die vorliegende Broschüre zeigt die Potentiale beim Einsatz von Wärmepumpen im Rahmen einer energetischen Modernisierung auf. Überdies wird verdeutlicht, auf was bei einem geeigneten Wärmeübergabesystem (Flächenheizung oder Heizkörper) zu achten ist. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass mit den Systemen Flächenheizung und Heizkörper mit Gebläse auch eine Kühlungsfunktion realisiert werden kann.

Nachfolgend zur besseren Übersicht die Variantenbeschreibungen der untersuchten Beispiele sowie die Ergebnisse.



Variante			Heizung					Trinkwassererwärmung			
			Erzeuger 1	Erzeuger 2	Speicherung	Verteilung	Übergabe	Erzeuger 1	Erzeuger 2	Speicherung	Verteilung
A1	EFH	1989	NT-Gebläsekessel (1987–1994), Heizöl	–	–	Auslegungstemperaturen 70/55 °C, mäßige Leitungsdämmung, kein hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpe ungeregelt und überdimensioniert	alte Heizkörper, Anordnung im Außenwandbereich, alte Thermostatventile	Wärmeerzeuger Heizung	–	indirekt beheizter Speicher, Dämmung abhängig von Wärmeerzeugerbaujahr, Standardgröße nach Norm	mit Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
A2	EFH	1963	NT-Gebläsekessel (1987–1994), Heizöl	–	–						
A3	MFH	1974	NT-Gebläsekessel (1987–1994), Heizöl	–	–						
A4	MFH	1920	Einzelöfen, Heizöl	–	–	–	direkte Wärmeabgabe	Elektrisch dezentral	–	–	keine Zirkulation
A5	RH	1974	NT-Gebläsekessel (1987–1994) als Kombikessel, Erdgas	–	–	Auslegungstemperaturen 70/55 °C, mäßige Leitungsdämmung, kein hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpe ungeregelt und überdimensioniert	alte Heizkörper, Anordnung im Außenwandbereich, alte Thermostatventile	Wärmeerzeuger Heizung	–	ohne (Kombikessel)	keine Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
A6	RH	1974	NT-Gebläsekessel (1987–1994) als Kombikessel, Erdgas Innenaufstellung	–	–				Auslegungstemperaturen 55/45 °C, mäßige Leitungsdämmung, kein hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpe ungeregelt und überdimensioniert		
A7	EFH	1989	NT-Gebläsekessel (1987–1994), Erdgas	–	–	Auslegungstemperaturen 50/40 °C, mäßige Leitungsdämmung, kein hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpe ungeregelt und überdimensioniert	Fußbodenheizung, Einzelraumregelung, zK Schaltdifferenz	Wärmeerzeuger Heizung	–	indirekt beheizter Speicher, Dämmung abhängig von Wärmeerzeugerbaujahr, Standardgröße nach Norm	mit Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
A8	RH	1995	NT-Kombikessel, Innenaufstellung, Erdgas	–	–				Auslegungstemperaturen 40/30 °C, mäßige Leitungsdämmung, kein hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpe ungeregelt und überdimensioniert		
A9	RH	1994	NT-Gebläsekessel (1987–1994), Flüssiggas	–	–				Auslegungstemperaturen 55/45 °C, mäßige Leitungsdämmung, kein hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpe ungeregelt und überdimensioniert		
A10	EFH	1989	NT-Gebläsekessel (1987–1994), Erdgas	–	–	Auslegungstemperaturen 70/55 °C, mäßige Leitungsdämmung, kein hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpe ungeregelt und überdimensioniert	alte Heizkörper, Anordnung im Außenwandbereich, alte Thermostatventile	Wärmeerzeuger Heizung	–	indirekt beheizter Speicher, Dämmung abhängig von Wärmeerzeugerbaujahr, Standardgröße nach Norm	mit Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
A11	MFH	1974	Nachtspeicherheizung + E-direkt, Strom	–	–				–		
A12	EFH	1963	NT-Gebläsekessel (1987–1994), Heizöl	–	–	Auslegungstemperaturen 70/55 °C, mäßige Leitungsdämmung, kein hydraulischer Abgleich, Umwälzpumpe ungeregelt und überdimensioniert	alte Heizkörper, Anordnung im Außenwandbereich, alte Thermostatventile	Wärmeerzeuger Heizung	–	indirekt beheizter Speicher, Dämmung abhängig von Wärmeerzeugerbaujahr, Standardgröße nach Norm	mit Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
A13	MFH	1989	NT-Gebläsekessel (1987–1994), Heizöl	–	–				–		

Tab. 4: Variantenbeschreibung vor Sanierung

Variante			Heizung				Trinkwassererwärmung						
			Erzeuger 1	Erzeuger 2	Speicherung	Verteilung	Übergabe	Erzeuger 1	Erzeuger 2	Speicherung	Verteilung		
N1 (A1)	EFH	1989		–		wie Altanlage mit folgenden Änderungen: - Heizkreisauslegungstemperaturen 40/30 °C - nachträgliche Dämmung der Verteilungen im Keller nach EnEV - Umwälzpumpe geregelt und bedarfsausgelegt - optimierter Betrieb (hydraulischer Abgleich, optimale Heizkurve)	neue Fußbodenheizung (95 %), Einzelraumregelung 0,5 K + neuer Bad-Heizkörper (5 %), TRV 1K		–		mit Zirkulation, Dämmung der Verteilungen im Keller nach EnEV		
N2 (A2)	EFH	1963	E-Wärmepumpe, Sole-Wasser	–	Pufferspeicher, Standardgröße nach jeweiliger Norm	wie N1, jedoch 55/45 °C	neue Heizkörper, Anordnung im Außenwandbereich, Thermostatventile mit Auslegungsproportionalbereich 1K	Wärme-erzeuger Heizung	–	indirekt beheizter Speicher, Standardgröße nach jeweiliger Norm			
N3 (A3)	MFH	1974		–		wie N1	wie N1		–				
N4 (A4)	MFH	1920		–		wie N1, jedoch 55/45 °C und komplett neue Rohrleitungsinstallation mit Dämmung nach EnEV	wie N2		–		mit Zirkulation, Leitungsdämmung nach EnEV		
N5 (A5)	RH	1974		–		wie N1, jedoch 45/35 °C	wie N2		–				
N6 (A5)	RH	1974		–	wie N1	wie N1		–					
N16 (A5)	RH	1974	E-Wärmepumpe, Wasser-Wasser			wie N1, aber 2 Verteilkreise 45/35 °C + 35/28 °C	neue Fußbodenheizung (30 %) Einzelraumregelung 0,5 K + neue Heizkörper (70 %), TRV 1K				wie N1		
N7 (A6)	RH	1974			Pufferspeicher, Standardgröße nach Norm	wie N1, jedoch 45/35 °C Verlegung der Verteilungen in den Keller (Aufstellungsort Wärmeerzeuger)	bestehende Fußbodenheizung (80 %), Einzelraumregelung 0,5 K + neue Heizkörper (20 %), TRV 1K	Wärmeerzeuger Heizung	E-Heizung	indirekt beheizter Speicher, Standardgröße nach Norm	mit Zirkulation, Verlegung der Verteilungen im Keller		
N8 (A7)	EFH	1989				wie N1, jedoch 45/35 °C						wie N1	
N9 (A8)	RH	1995	E-Wärmepumpe, Luft-Wasser	E-Heizung		wie N1, jedoch 35/28 °C Verlegung der Verteilungen in den Keller (Aufstellungsort Wärmeerzeuger)	bestehende Fußbodenheizung, Einzelraumregelung 0,5 K						mit Zirkulation, Verlegung der Verteilungen im Keller
N10 (A9)	RH	1994				wie N1, jedoch 45/35 °C	bestehende Heizkörper (70 %) + neue Heizkörper (30 %), TRV 1 K						wie N1
N11 (A10)	EFH	1989		–		wie N1, jedoch 45/35 °C	wie N2		–		wie N1		
N12 (A10)	EFH	1989	E-Wärmepumpe, Sole-Wasser	–		wie N1	wie N1		–				
N13 (A11)	MFH	1974		–		wie N1, jedoch 45/35 °C und komplett neue Rohrleitungsinstallation mit Dämmung nach EnEV			–		wie N4		
N14 (A12)	EFH	1963	E-Wärmepumpe, Luft-Wasser	NT-Kessel, Heizöl aus A12, Brenner-tausch, 200 Betriebsstunden		wie N1, jedoch 55/45 °C	wie N2	Wärmeerzeuger Heizung 1	Wärmeerzeuger Heizung 2		wie N1		
N15 (A13)	MFH	1989	E-Wärmepumpe, Sole-Wasser	–		wie N1, jedoch 35/28 °C	wie N1, jedoch ohne Bad-Heizkörper	Wärmeerzeuger Heizung	–				

Tab. 5: Variantenbeschreibung nach Sanierung

Beispiel 1: Freistehendes Einfamilienhaus (EFH siehe Baualtersklasse H aus Abbildung 16)



- 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 (Tabelle 4/A7)

	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	—

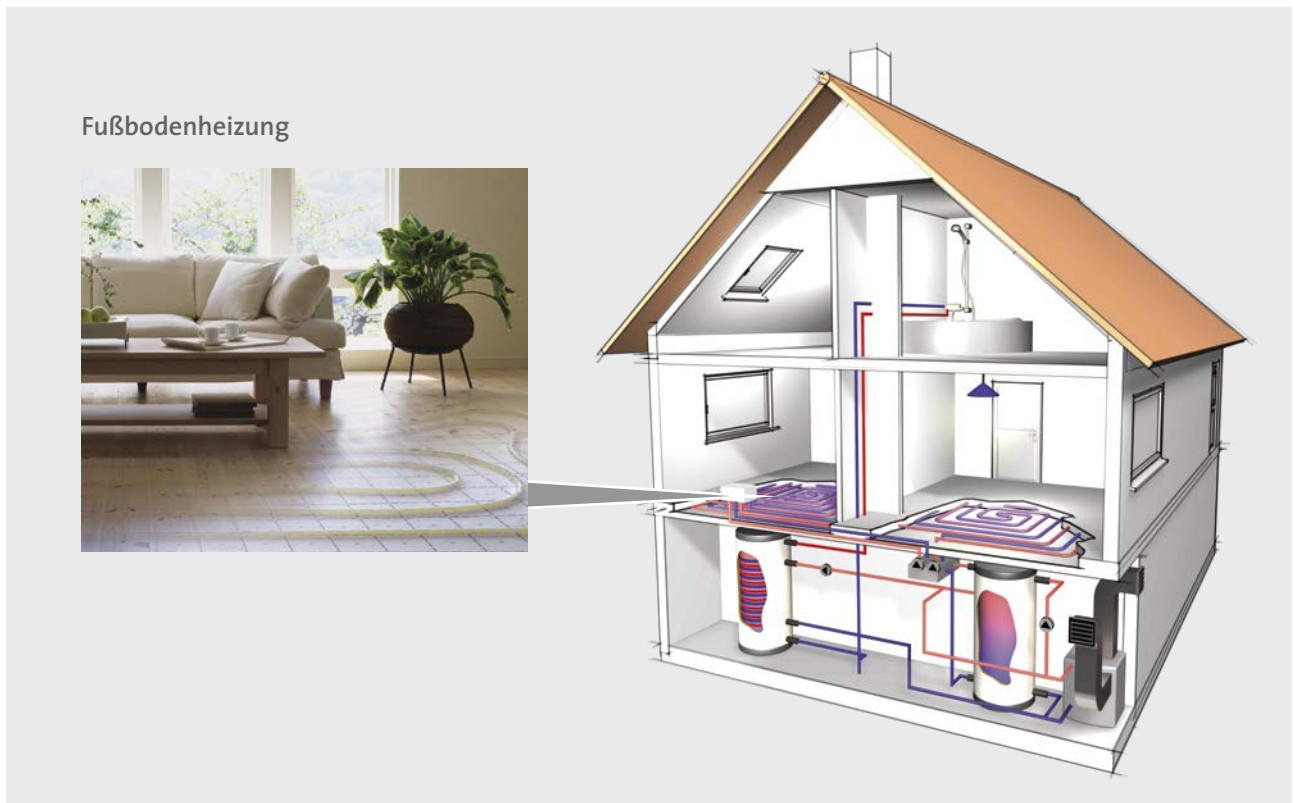
Sanierungsmaßnahmen (Tabelle 5/N8)

- 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)

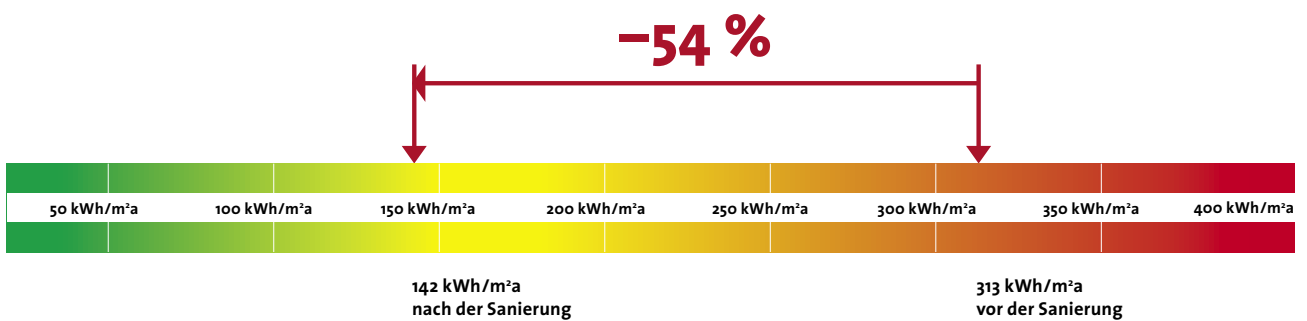
Energetische Kennwerte

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	42.032	11.870	30.162	72 %	46.941	21.366	25.575	54 %	9.896	6.386	3.510	35 %

Berechnungsdaten nach DIN V 18599



Jahres-Primärenergiebedarf



Beispiel 2: Freistehendes Einfamilienhaus (EFH siehe Baualtersklasse E aus Abbildung 16)



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	—

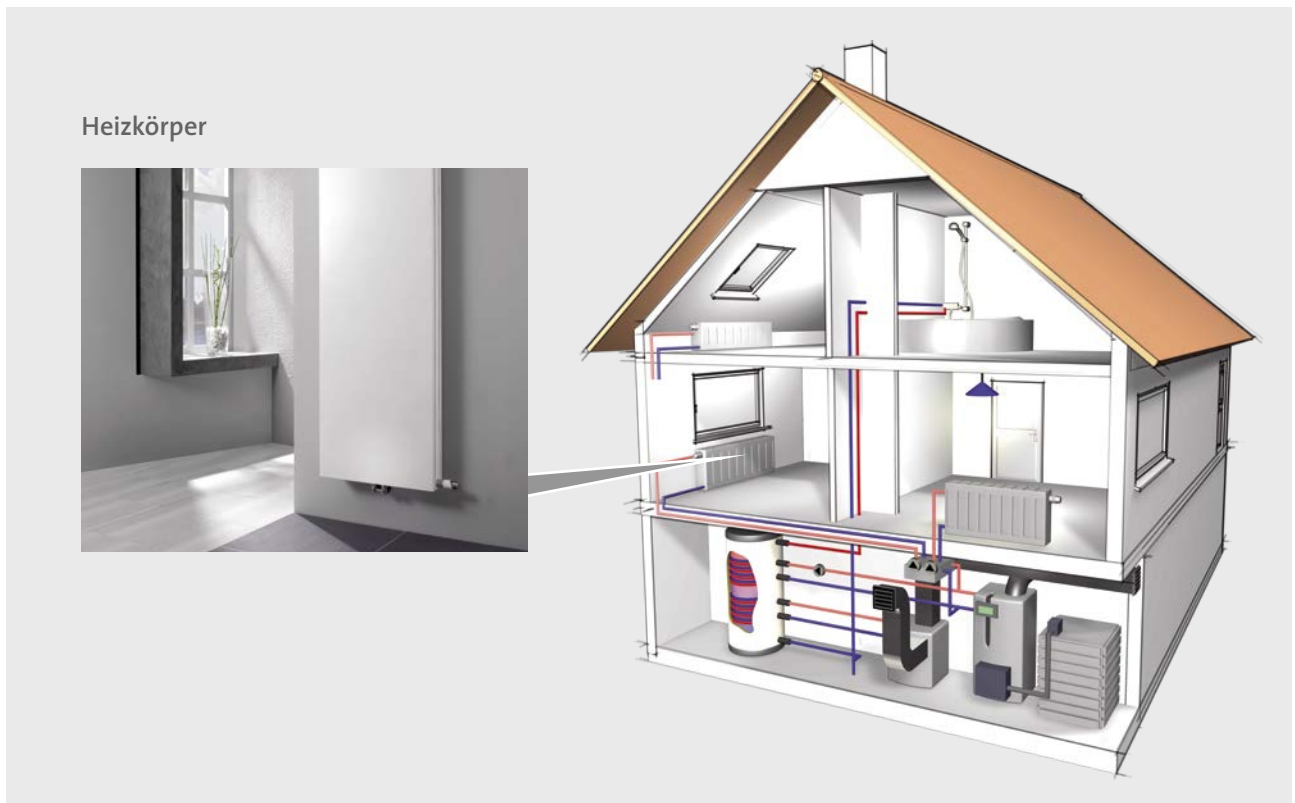
Sanierungsmaßnahmen

- Alter Wärmeerzeuger 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

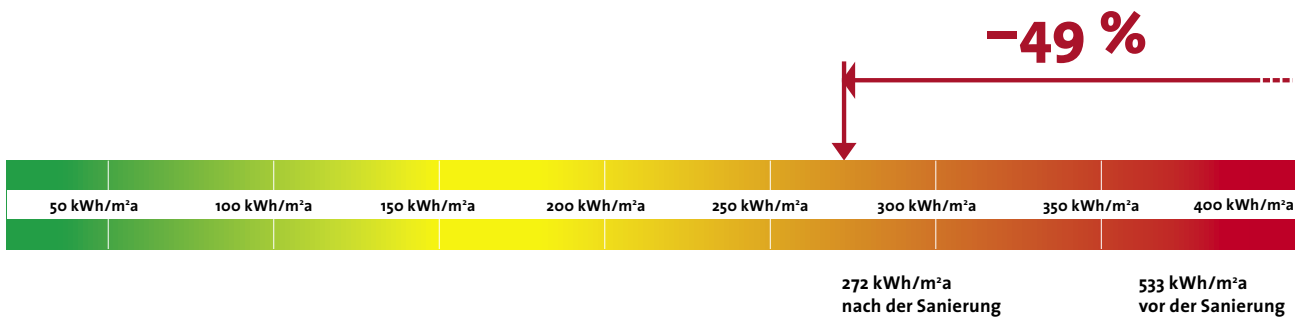
Energetische Kennwerte

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	72.196	25.215	46.981	65 %	79.950	40.843	39.108	49 %	22.698	12.099	10.599	47 %

Berechnungsdaten nach DIN V 18599



Jahres-Primärenergiebedarf



Beispiel 3: Reihen-Einfamilienhaus (RH siehe Baualtersklasse F aus Abbildung 16)



Quelle: Institut Wohnen und Umwelt GmbH

- Reihenhause, 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 ungeregelt und überdimensioniert	mit Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
Übergabe	Fußbodenheizung, Einzelraumregelung, 2 K Schaltdifferenz	—

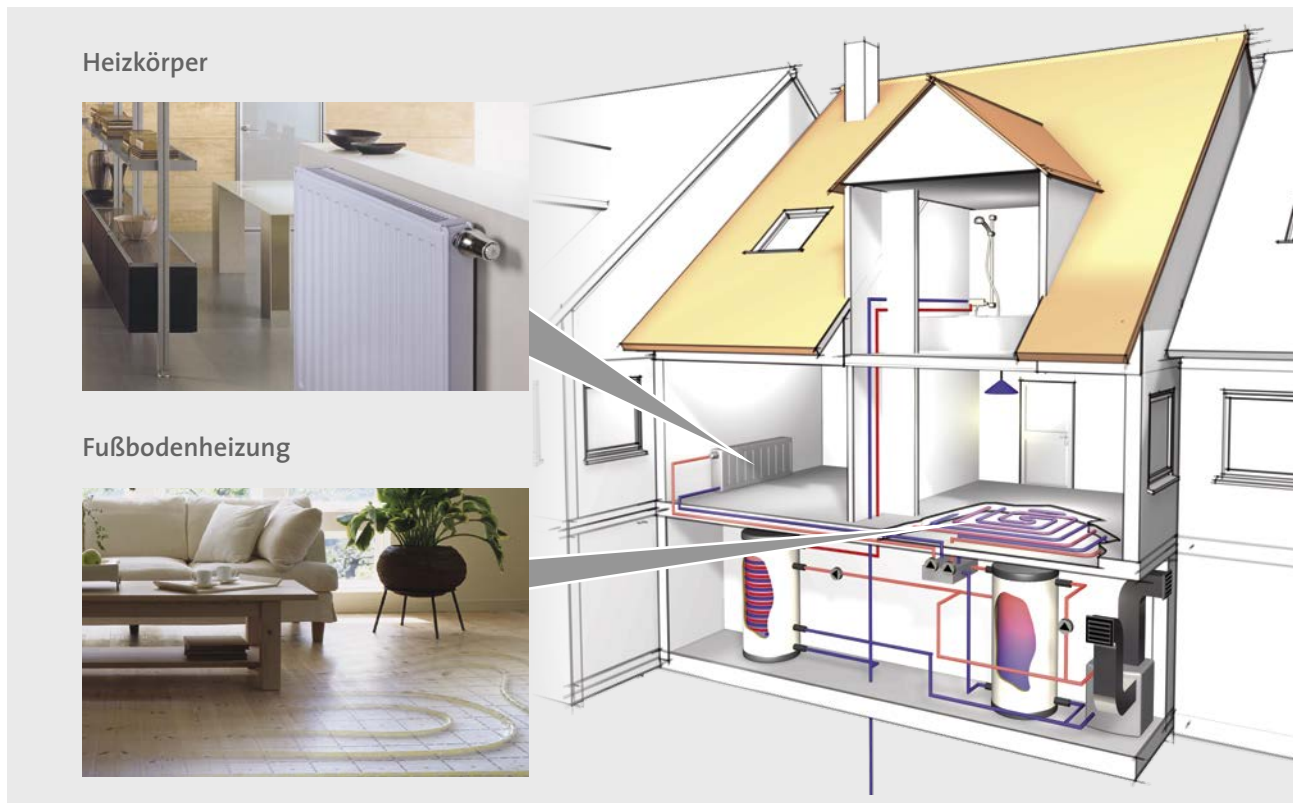
Sanierungsmaßnahmen

- Alter Wärmeerzeuger wird durch Luft-Wasser-Wärmepumpe ersetzt
- Heizstabunterstützung bei sehr niedrigen Außentemperaturen
- 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)

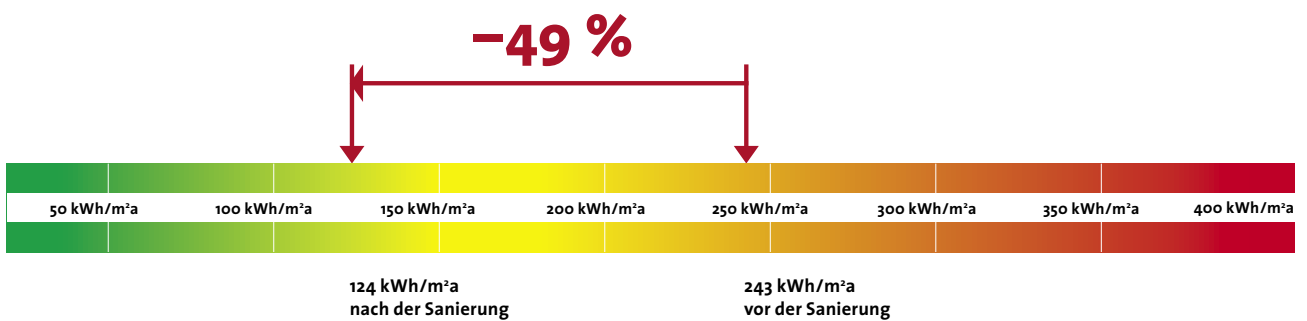
Energetische Kennwerte

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	24.144	7.555	16.589	69 %	26.703	13.599	13.104	49 %	5.569	4.065	1.504	27 %

Berechnungsdaten nach DIN V 18599



Jahres-Primärenergiebedarf



Beispiel 4: Reihen-Einfamilienhaus (RH siehe Baualtersklasse I aus Abbildung 16)



Quelle: Institut Wohnen und Umwelt GmbH

- Reihenhause, 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 ungeregelt und überdimensioniert	mit Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
Übergabe	Fußbodenheizung, Einzelraumregelung, 2K Schaltdifferenz	—

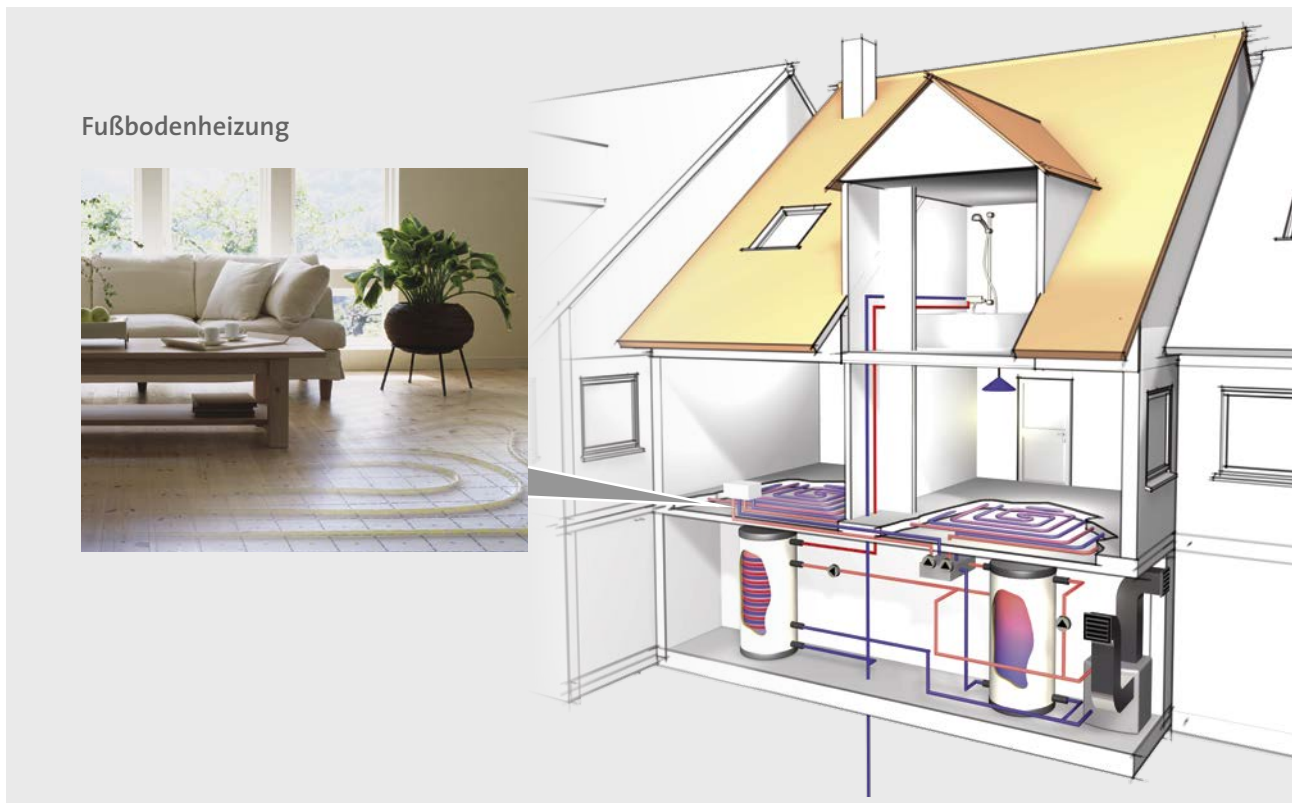
Sanierungsmaßnahmen

- 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)

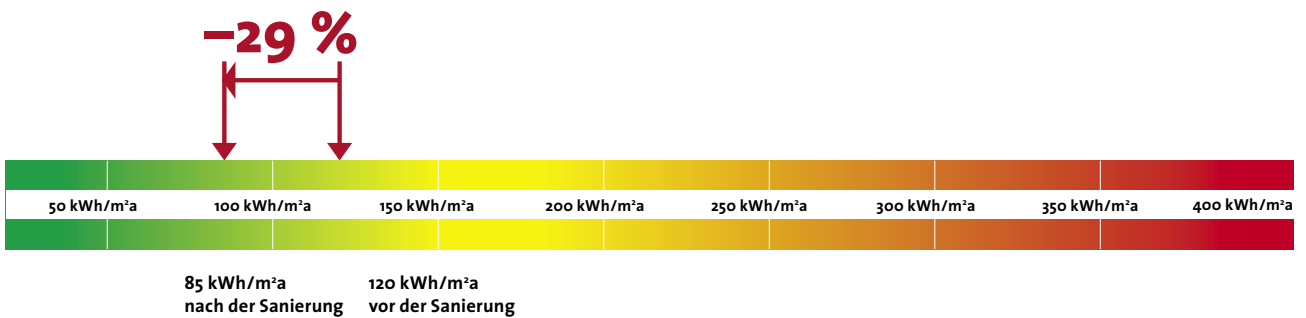
Energetische Kennwerte

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 monoenergetisch	11.734	5.218	6.516	56 %	13.222	9.392	3.830	29 %	2.815	2.807	7	0 %

Berechnungsdaten nach DIN V 18599



Jahres-Primärenergiebedarf



Beispiel 5: Reihen-Einfamilienhaus (RH siehe Baualtersklasse H aus Abbildung 16)



Quelle: Institut Wohnen und Umwelt GmbH

- Reihenhause, 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 ungeregelt und überdimensioniert	mit Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
Übergabe	alte Heizkörper, Anordnung im Außenwandbereich, alte Thermostatventile	—

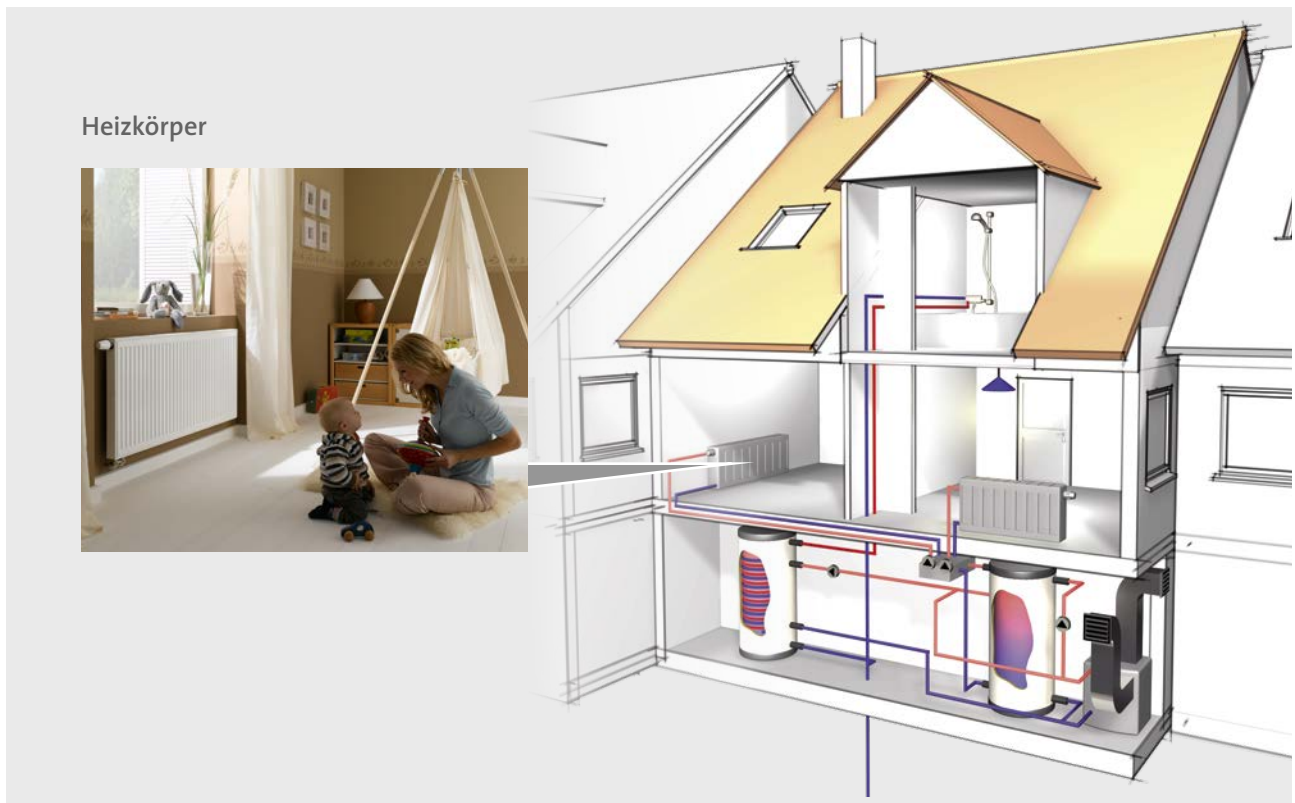
Sanierungsmaßnahmen

- 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

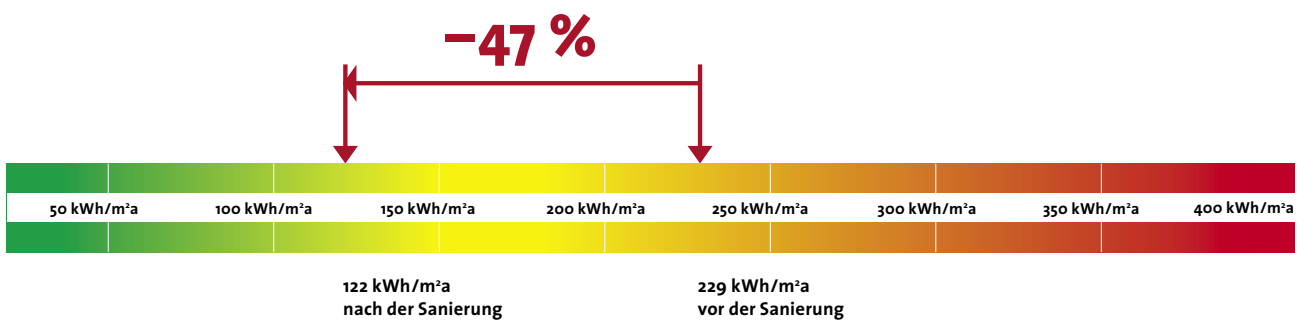
Energetische Kennwerte

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	22.556	7.433	15.123	67 %	25.166	13.380	11.786	47 %	6.094	3.999	2.094	34 %

Berechnungsdaten nach DIN V 18599



Jahres-Primärenergiebedarf



Beispiel 6: Freistehendes Einfamilienhaus (EFH siehe Baualtersklasse H aus Abbildung 16)



- 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 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

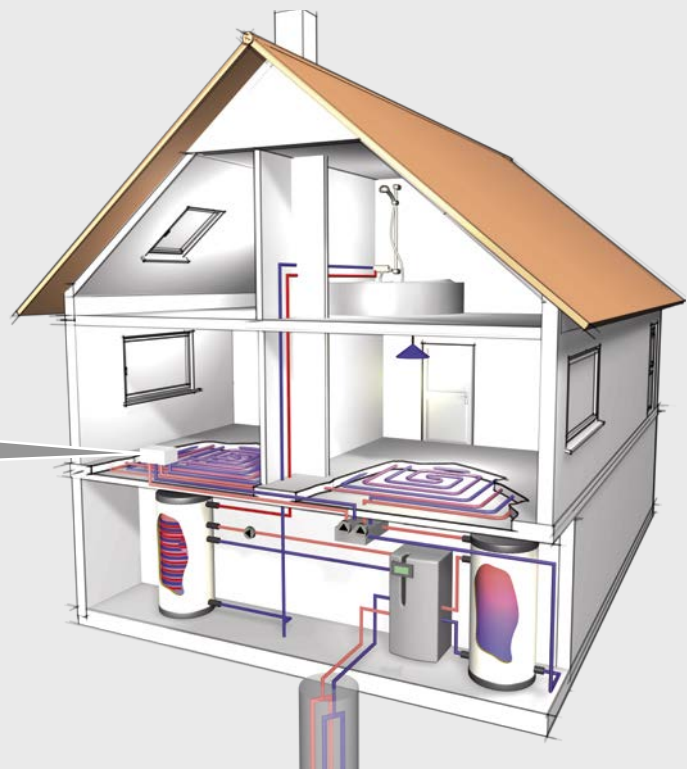
- Alter Wärmeerzeuger wird durch Sole-Wasser-Wärmepumpe ersetzt
- Wechsel von Heizkörper zu Fußbodenheizung (40/30)
- Neuer Bad-Heizkörper mit neuem Thermostatventil
- Fachgerechte Planung der FBH (Dünnschicht-System mit niedriger Aufbauhöhe)
- Bei Dünnschicht Herstellerhinweise zur Auslegung der Heizkreislängen 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

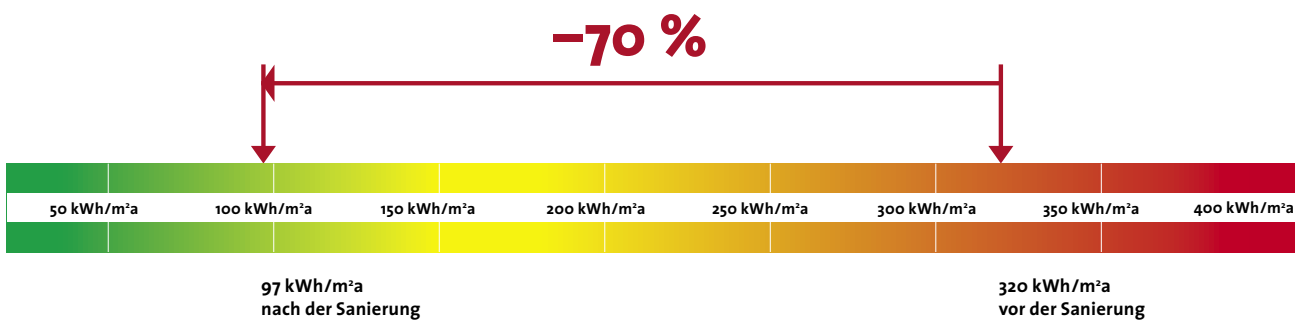
Anlage	Endenergie				Primärenergie				CO ₂ -Emissionen			
	Bedarf [kWh]		Einsparung		Bedarf [kWh]		Einsparung		vorher [kg/a]	nachher [kg/a]	Einsparung	
	vorher	nachher	absolut	relativ	vorher	nachher	absolut	relativ			absolut	relativ
Sole-Wasser-EWP	43.210	8.073	35.137	81 %	47.949	14.532	33.417	70 %	13.616	4.343	9.273	68 %

Berechnungsdaten nach DIN V 18599

Heizkörper und Fußbodenheizung (Dünnschicht-System)



Jahres-Primärenergiebedarf



Beispiel 7: Freistehendes Einfamilienhaus (EFH siehe Baualtersklasse E aus Abbildung 16)



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	—

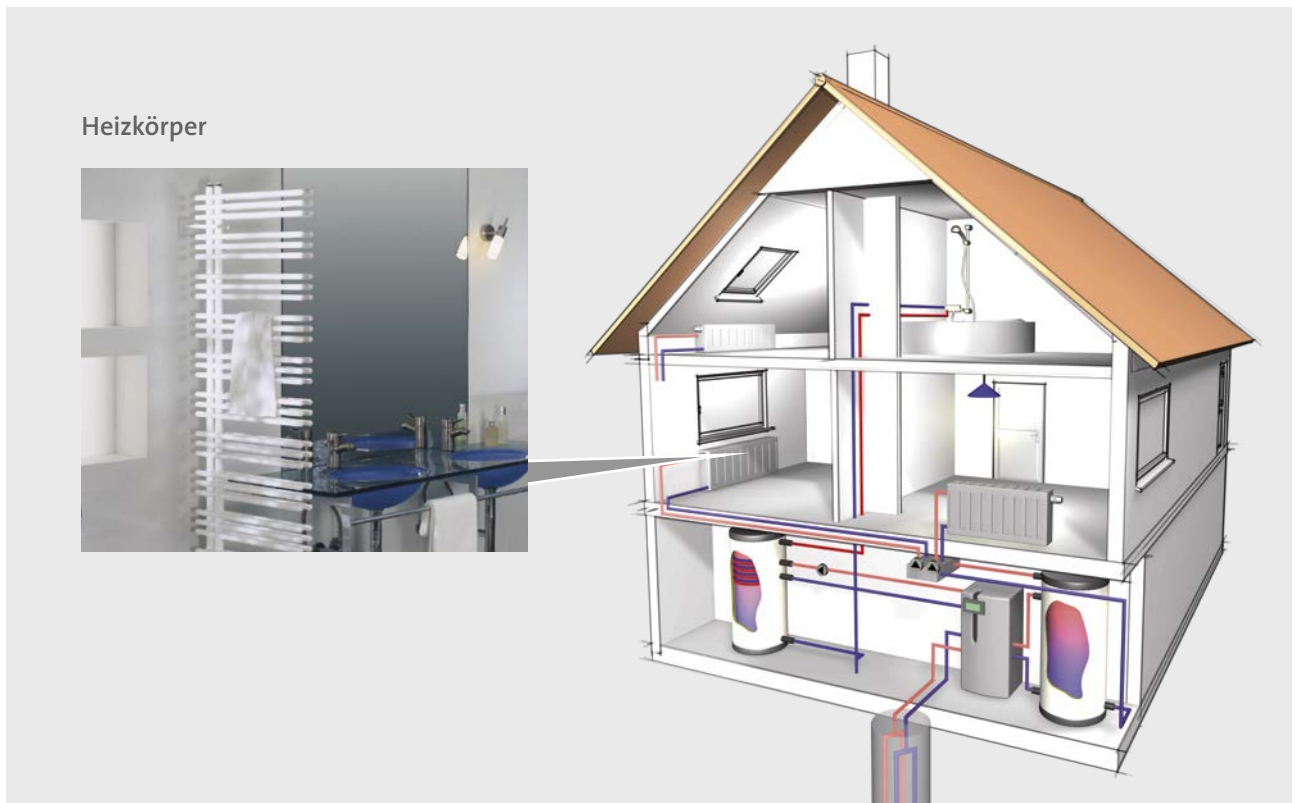
Sanierungsmaßnahmen

- 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

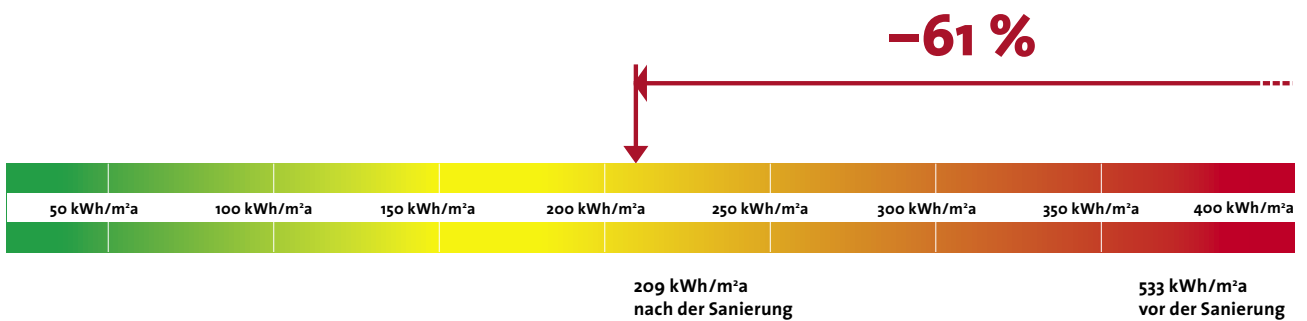
Energetische Kennwerte

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	72.196	17.449	54.747	76 %	79.950	31.409	48.542	61 %	22.698	9.388	13.310	59 %

Berechnungsdaten nach DIN V 18599



Jahres-Primärenergiebedarf



Beispiel 8: Freistehendes Einfamilienhaus (EFH siehe Baualtersklasse H aus Abbildung 16)



- 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

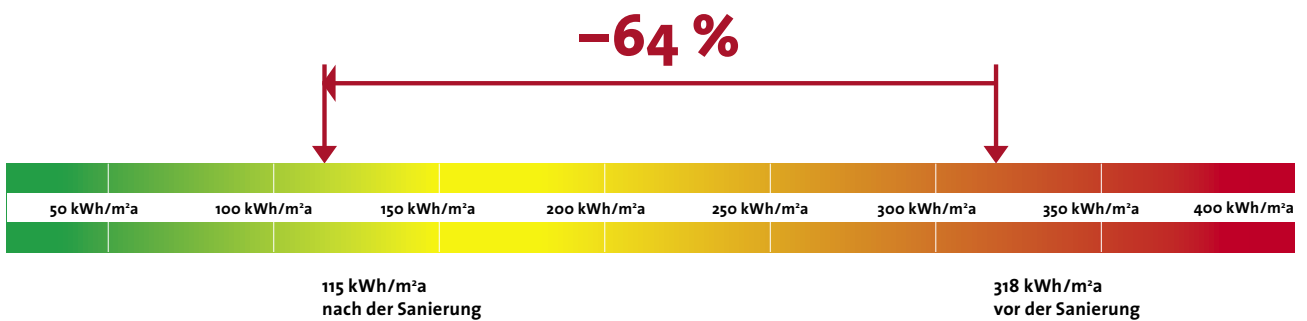
Energetische Kennwerte

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	43.011	9.611	33.400	78 %	47.730	17.300	30.430	64 %	9.992	5.171	4.821	48 %

Berechnungsdaten nach DIN V 18599



Jahres-Primärenergiebedarf



Beispiel 9: Freistehendes Einfamilienhaus (EFH siehe Baualtersklasse H aus Abbildung 16)



- 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

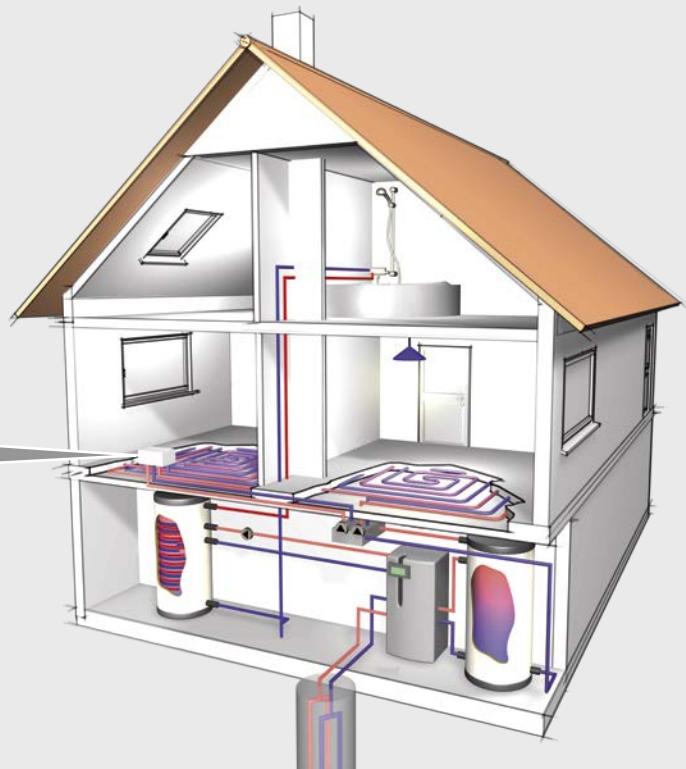
- Alter Wärmeerzeuger wird durch Sole-Wasser-Wärmepumpe ersetzt
- Wechsel von Heizkörper zu Fußbodenheizung (40/30)
- Neuer Bad-Heizkörper mit neuem Thermostatventil
- Fachgerechte Planung der FBH (Dünnschicht-System mit niedriger Aufbauhöhe)
- Bei Dünnschicht Herstellerhinweise zur Auslegung der Heizkreislängen 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

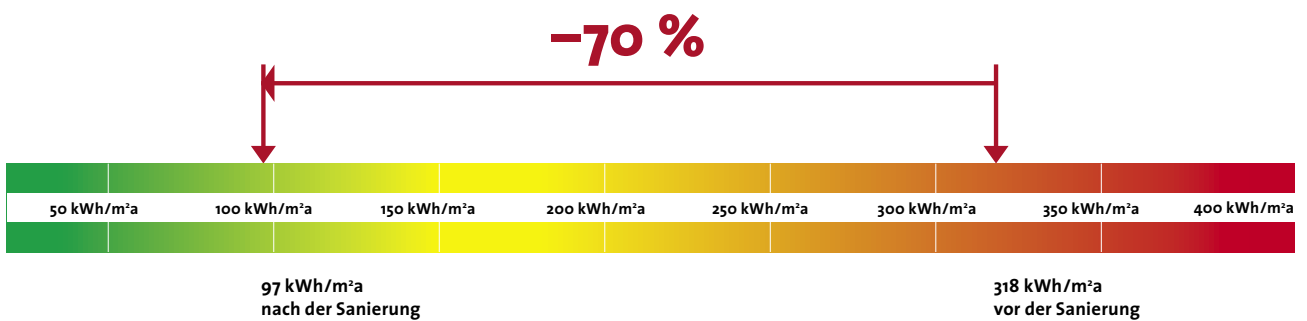
Anlage	Endenergie				Primärenergie				CO ₂ -Emissionen			
	Bedarf [kWh]		Einsparung		Bedarf [kWh]		Einsparung		vorher [kg/a]	nachher [kg/a]	Einsparung	
	vorher	nachher	absolut	relativ	vorher	nachher	absolut	relativ			absolut	relativ
Sole-Wasser-EWP	43.011	8.073	34.938	81 %	47.730	14.531	33.199	70 %	9.992	4.343	5.649	57 %

Berechnungsdaten nach DIN V 18599

Heizkörper und Fußbodenheizung (Dünnschicht-System)



Jahres-Primärenergiebedarf



Beispiel 10: Mehrfamilienhaus (MFH siehe Baualtersklasse F aus Abbildung 16)



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 Erdgeschoss 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

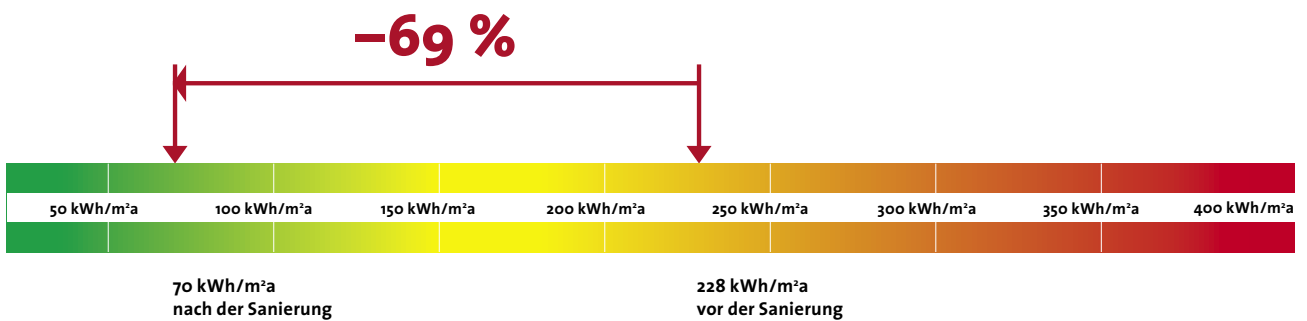
Anlage	Endenergie				Primärenergie				CO ₂ -Emissionen			
	Bedarf [kWh]		Einsparung		Bedarf [kWh]		Einsparung		vorher [kg/a]	nachher [kg/a]	Einsparung	
	vorher	nachher	absolut	relativ	vorher	nachher	absolut	relativ			absolut	relativ
Sole-Wasser-EWP	103.209	19.495	83.714	81 %	114.238	35.091	79.146	69 %	32.430	10.488	21.941	68 %

Berechnungsdaten nach DIN V 18599

Heizkörper und Fußbodenheizung (Dünnschicht-System)



Jahres-Primärenergiebedarf



Beispiel 11: Mehrfamilienhaus (MFH siehe Baualterklasse C aus Abbildung 16)



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

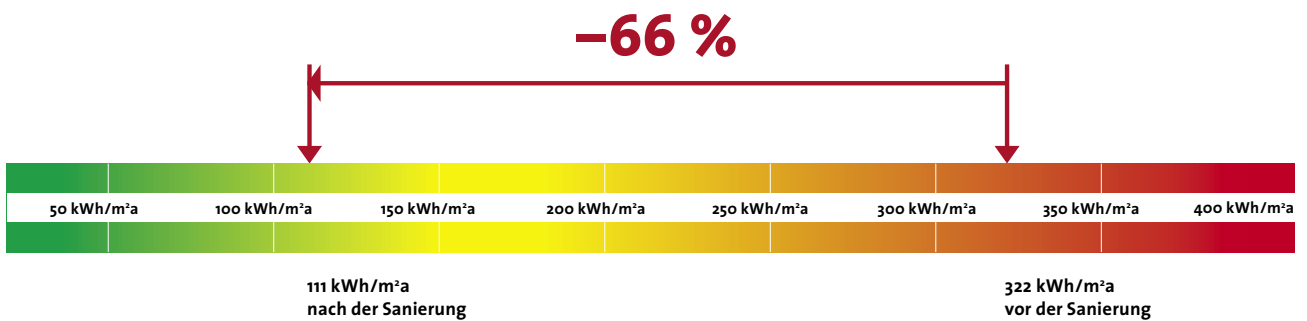
Energetische Kennwerte

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	141.220	30.778	110.442	78 %	160.764	55.401	105.363	66 %	45.811	16.559	29.252	64 %

Berechnungsdaten nach DIN V 18599



Jahres-Primärenergiebedarf



Beispiel 12: Mehrfamilienhaus (MFH siehe Baualtersklasse F aus Abbildung 16)



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 Erdgeschoss und die beiden Obergeschosse.
- Keller und Dachgeschoss liegen außerhalb der thermischen Hülle.

Ausgangssituation

	Heizung	Trinkwassererwärmung
Erzeuger 1	Nachtspeicherheizung, Strom	Elektrisch dezentral
Speicherung	—	—
Verteilung	—	mit 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

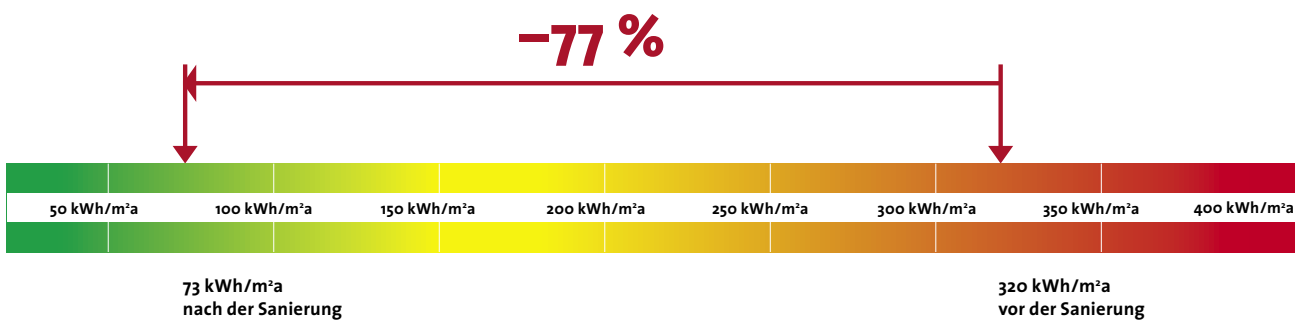
Energetische Kennwerte

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	88.776	20.344	68.432	77 %	159.796	36.619	123.177	77 %	47.761	10.945	36.816	77 %

Berechnungsdaten nach DIN V 18599



Jahres-Primärenergiebedarf



Beispiel 13: Mehrfamilienhaus (MFH siehe Baualtersklasse H aus Abbildung 16)



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 Erdgeschoss 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

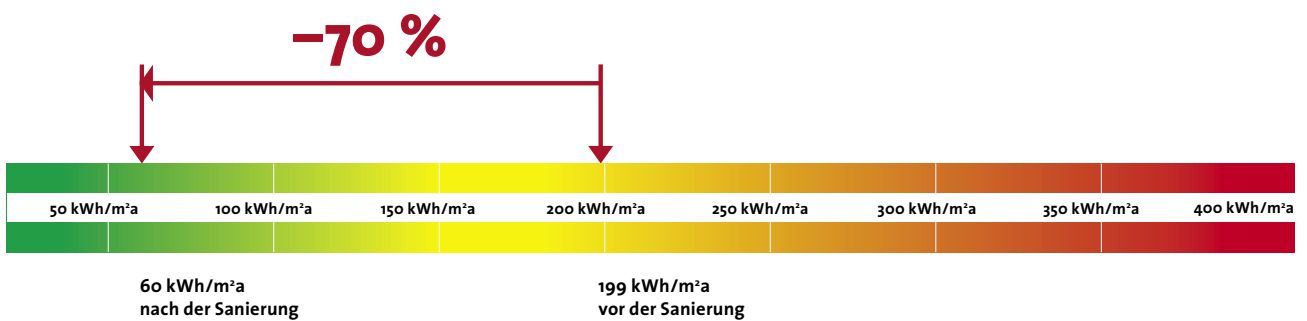
Anlage	Endenergie				Primärenergie				CO ₂ -Emissionen			
	Bedarf [kWh]		Einsparung		Bedarf [kWh]		Einsparung		vorher [kg/a]	nachher [kg/a]	Einsparung	
	vorher	nachher	absolut	relativ	vorher	nachher	absolut	relativ			absolut	relativ
Sole-Wasser-EWP	89.754	16.711	73.043	81 %	99.384	30.080	69.304	70 %	28.214	8.991	19.224	68 %

Berechnungsdaten nach DIN V 18599

Fußbodenheizung (Dünnschichtsystem)



Jahres-Primärenergiebedarf



Beispiel 14: Reihen-Einfamilienhaus (RH siehe Baualtersklasse F aus Abbildung 16)



Quelle: Institut Wohnen und Umwelt GmbH

- Reihenhause, 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 ungeregelt und überdimensioniert	mit Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
Übergabe	alte Heizkörper, Anordnung im Außenwandbereich, alte Thermostatventile	—

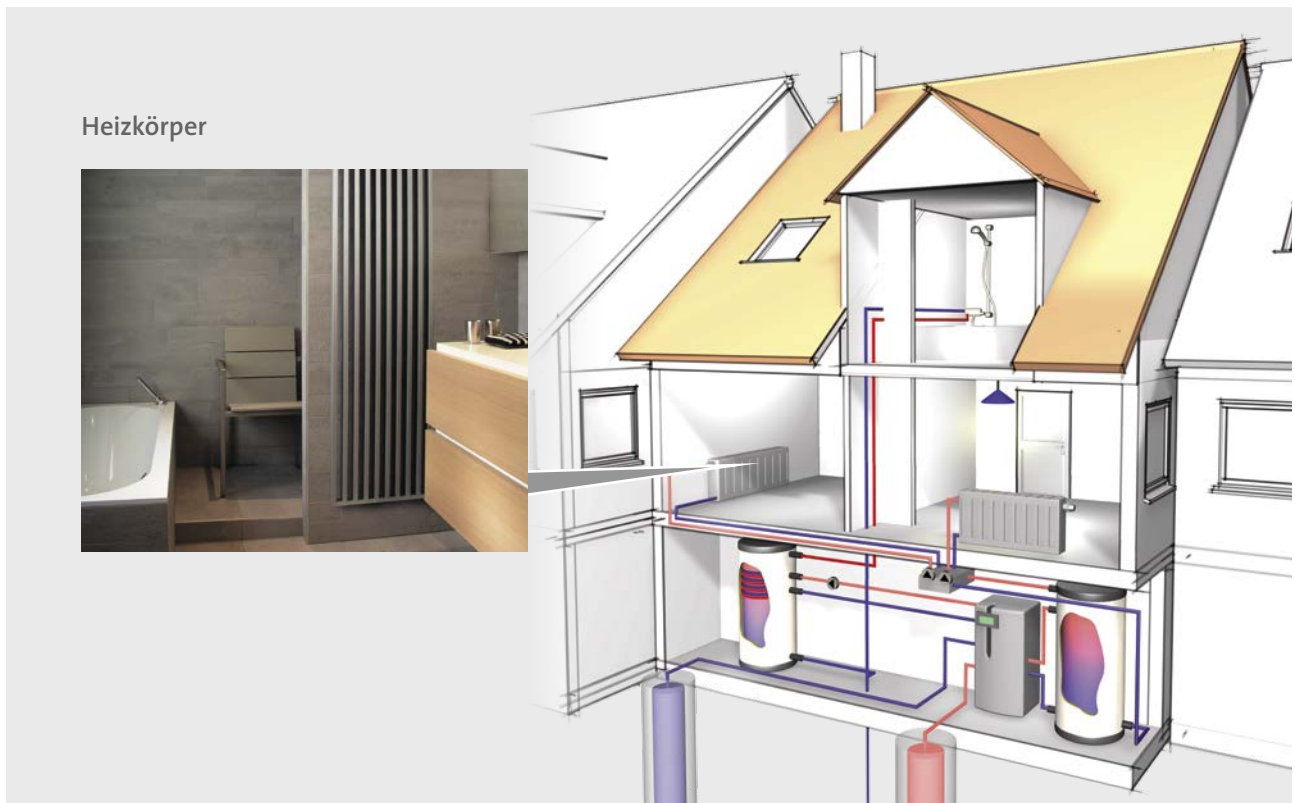
Sanierungsmaßnahmen

- 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)

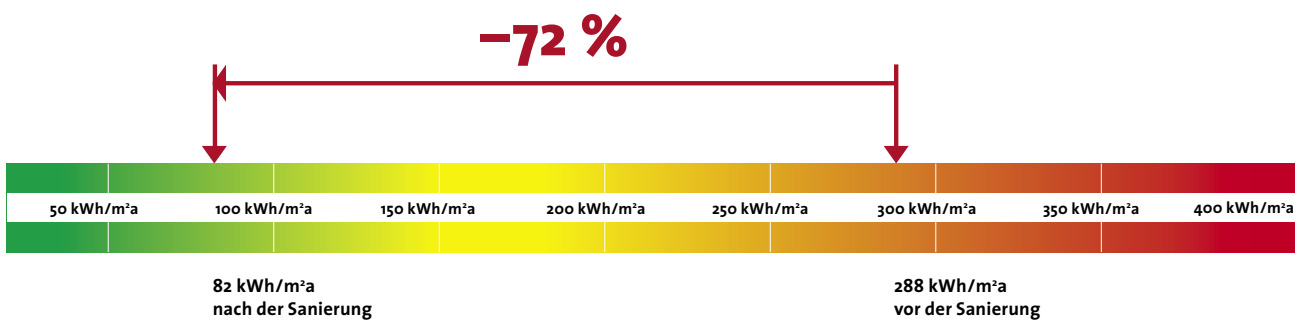
Energetische Kennwerte

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	28.386	5.015	23.371	82 %	31.684	9.026	22.658	72 %	6.676	2.698	3.978	60 %

Berechnungsdaten nach DIN V 18599



Jahres-Primärenergiebedarf



Beispiel 15: Reihen-Einfamilienhaus (RH siehe Baualtersklasse F aus Abbildung 16)



Quelle: Institut Wohnen und Umwelt GmbH

- Reihenhause, 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 ungeregelt und überdimensioniert	mit Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
Übergabe	alte Heizkörper, Anordnung im Außenwandbereich, alte Thermostatventile	—

Sanierungsmaßnahmen

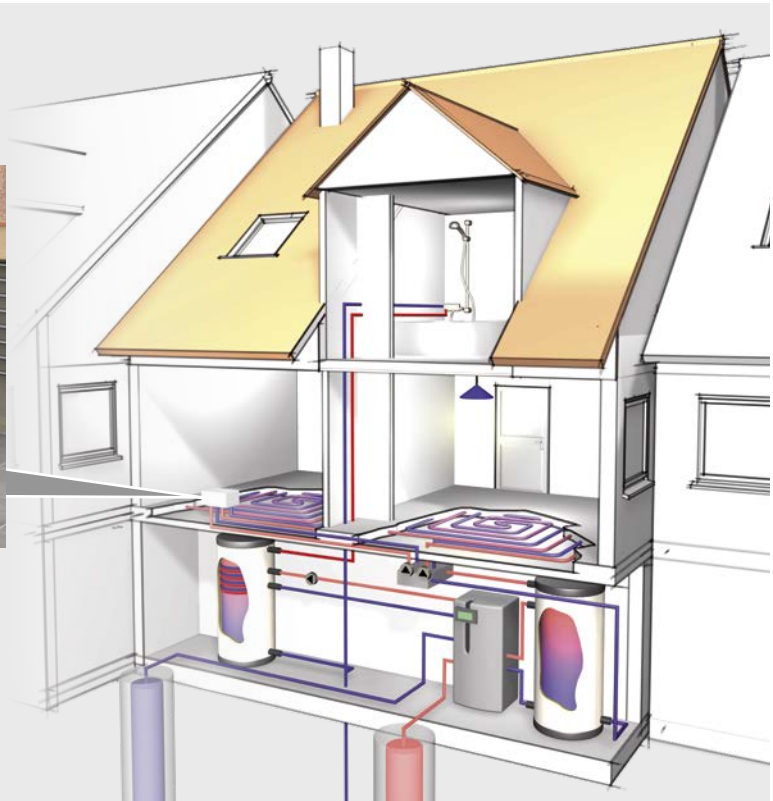
- Alter Wärmeerzeuger wird durch Wasser-Wasser-Wärmepumpe ersetzt
- Wechsel von Heizkörper zu Fußbodenheizung (40/30)
- Neuer Bad-Heizkörper mit neuem Thermostatventil
- Fachgerechte Planung der FBH (Dünnschicht-System mit niedriger Aufbauhöhe)
- Bei Dünnschicht Herstellerhinweise zur Auslegung der Heizkreislängen 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

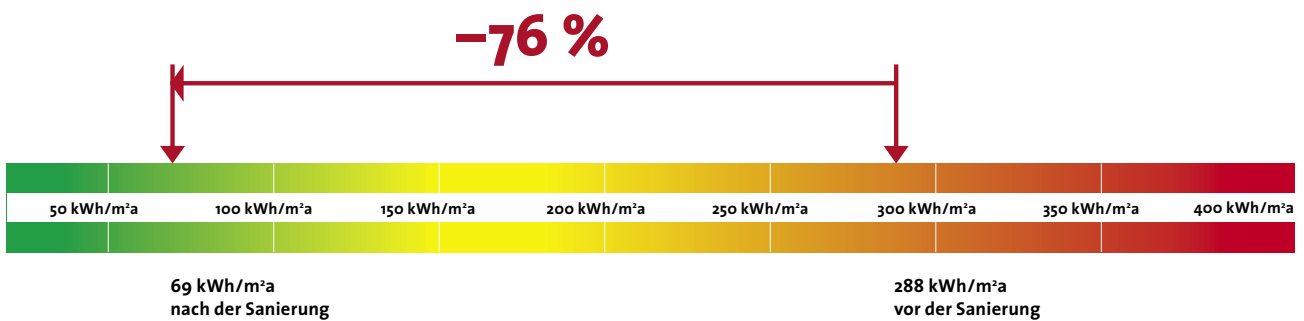
Anlage	Endenergie				Primärenergie				CO ₂ -Emissionen			
	Bedarf [kWh]		Einsparung		Bedarf [kWh]		Einsparung		vorher [kg/a]	nachher [kg/a]	Einsparung	
	vorher	nachher	absolut	relativ	vorher	nachher	absolut	relativ			absolut	relativ
Wasser-Wasser-EWP	28.386	4.243	24.143	85 %	31.684	7.637	24.047	76 %	6.676	2.283	4.393	66 %

Berechnungsdaten nach DIN V 18599

Heizkörper und Fußbodenheizung (Dünnschicht-System)



Jahres-Primärenergiebedarf



Beispiel 16: Reihen-Einfamilienhaus (RH siehe Baualtersklasse F aus Abbildung 16)



Quelle: Institut Wohnen und Umwelt GmbH

- Reihenhause, 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 ungeregelt und überdimensioniert	mit Zirkulation, mäßige Leitungsdämmung
Übergabe	alte Heizkörper, Anordnung im Außenwandbereich, alte Thermostatventile	—

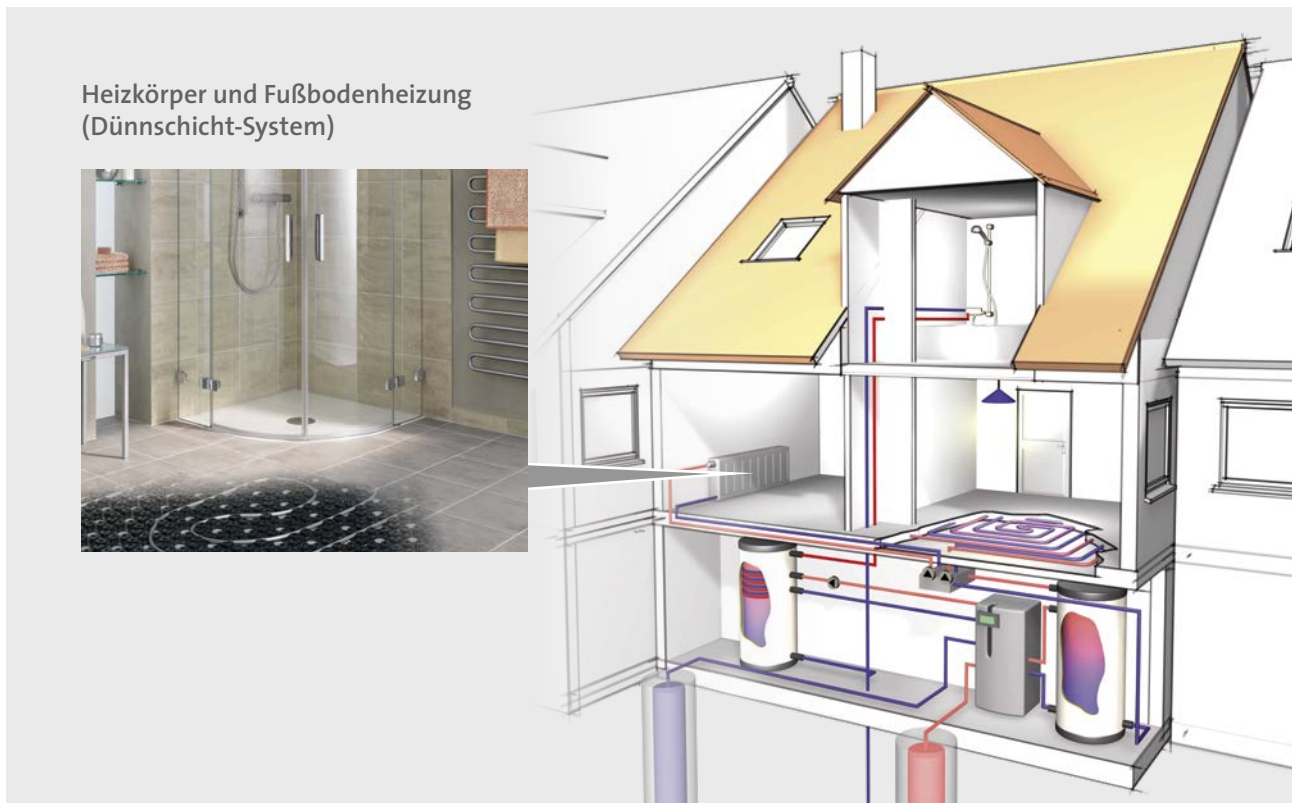
Sanierungsmaßnahmen

- 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)

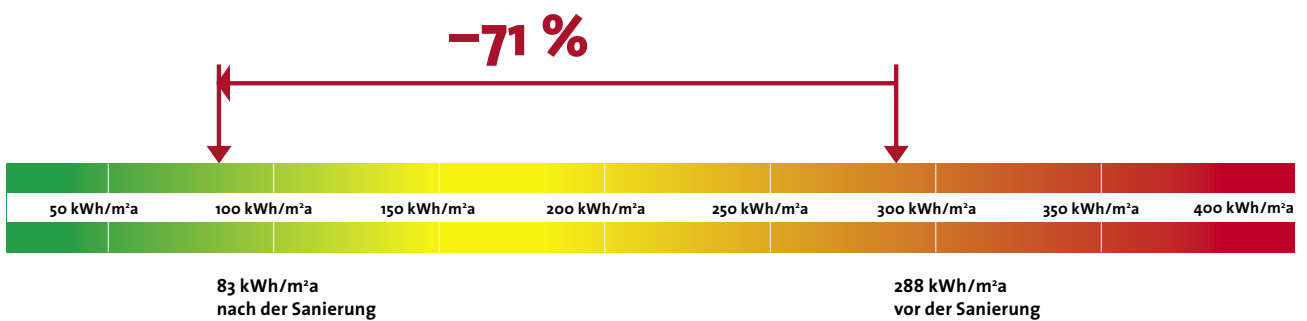
Energetische Kennwerte

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	28.386	5.101	23.285	82 %	31.684	9.183	22.502	71 %	6.676	2.745	3.931	59 %

Berechnungsdaten nach DIN V 18599



Jahres-Primärenergiebedarf



www.bdh-koeln.de



Herausgeber: Interessengemeinschaft Energie Umwelt
Feuerungen GmbH, Frankfurter Straße 720-726, 51145 Köln

Ausgabe März 2021

BDH

Bundesverband der
Deutschen Heizungsindustrie

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