



LEITFADEN ENERGIEAUSWEIS

**Teil 2 – Modernisierungsempfehlungen
für Wohngebäude**

Inhalt

1 Einleitung	5
---------------------	----------

2 Modernisierungsempfehlungen: Vorgehensweise	6
2.2 Tipps für die Vertragsgestaltung	8
2.3 Arbeitsschritte und Aufklärungspflichten	10
2.4 Grundlagen zur Erstellung sinnvoller Modernisierungsempfehlungen	14
2.4.1 Zielvorgaben durch das Gebäudeenergiegesetz	14
2.4.2 Zielvorgaben des Auftraggebers	19
2.5 Zusammenstellung der Einzelmaßnahmen zu Modernisierungspaketen	21
2.6 Einfluss von Modernisierungsmaßnahmen auf die Energiebilanz	22

3 Maßnahmen an der Gebäudehülle	23
3.1 Grundsätze	23
3.2 Wärmedämmung	25
3.2.1 Kriterien für die Dämmstoffwahl	25
3.2.2 Sinnvolle Dämmstoffdicken	27
3.3 Luftdichtheit	30
3.3.1 Luftdichtheit bei der Sanierung der Gebäudehülle	32
3.3.2 Lüftung in luftdichten Gebäuden	34
3.3.3 Der Begriff „Atmende Wände“	34
3.4 Wärmebrücken	35
3.4.1 Rechnerische Berücksichtigung von Wärmebrücken	36
3.4.2 Typische Wärmebrücken	36
3.5 Maßnahmenkatalog	41
3.5.1 Außenwand außen	41
3.5.2 Dach	45
3.5.3 Fenster und Türen	50
3.5.4 Kellerdämmung	53
3.5.5 Sonderbauteile	56

4 Maßnahmen an der Anlagentechnik	58
4.1 Grundsätzliche Überlegungen zur Modernisierung der Anlagentechnik	58
4.2 Kriterien zur Erneuerung der Anlagentechnik	59
4.3 Auswahlkriterien für die Anlagentechnik	65
4.4 Maßnahmenkatalog	68
4.4.1 Wärmeerzeuger	68
4.4.2 Kontrollierte Wohnungslüftung	74
5 Anhang	76
5.1 Literaturnachweis	76
Impressum	77



1 Einleitung

Der Gebäudebestand in Deutschland ist für einen erheblichen Anteil der Treibhausgasemissionen verantwortlich und im Hinblick auf den Energieverbrauch modernisierungsbedürftig. Insbesondere bei Wohngebäuden besteht ein erheblicher Modernisierungsbedarf. Von den rund 40 Mio. Wohnungen wurden 75 Prozent vor dem Jahr 1977 und damit vor dem Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet. Verglichen mit den aktuellen Anforderungen weisen sie einen sehr hohen Energiebedarf auf. Zusammen mit steigenden Energiepreisen führt dies zu einer erheblichen Kostenbelastung für Mieter und Gebäudeeigentümer.

Die Modernisierung von Wohngebäuden im Bestand weist ein erhebliches Potenzial zur Energieeinsparung auf und ist zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestands unabdingbar. Mit einer umfassenden Modernisierung sind Einsparungen von 50 Prozent und mehr in der Regel problemlos möglich. Häufig lässt sich eine Reduzierung des Energieverbrauchs auch deutlich bis unter das aktuelle Neubau-niveau erreichen.

Die Energieeinsparverordnung 2007 hat erstmals Energieausweise auch für den Gebäudebestand verpflichtend eingeführt. Die Regelungen zum Energieausweis bleiben auch mit dem neuen Gebäudeenergiegesetz (GEG), das am 8. August 2020 in Kraft getreten ist, bestehen. Energieausweise informieren potenzielle Mieter und Käufer von Gebäuden über die energetischen Eigenschaften ihres Wunschobjekts. Diese Informationen können die Interessenten dann vor Vertragsabschluss in ihre Miet- oder Kaufentscheidung mit einfließen lassen.

Neben der Darstellung der energetischen Qualität des Gebäudes sind jedem Energieausweis Empfehlungen für kostengünstige und individuelle Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz des jeweiligen Gebäudes beizulegen. Diese Modernisierungsempfehlungen sollen dem Eigentümer einen ersten Eindruck davon vermitteln, welche Stellen des Gebäudes einer Modernisierung bedürfen. Ein freiwilliger Variantenvergleich ermöglicht die Angaben des berechneten Energieeinsparpotenzials.

Der vorliegende Leitfaden für Wohngebäude soll Ausstellern von Energieausweisen eine Arbeitshilfe zur Erstellung der Modernisierungsempfehlungen im Rahmen des Energieausweises bieten. Erläutert wird, welche Anforderungen das GEG dabei stellt und welche weiteren rechtlichen Aspekte berücksichtigt werden sollten. In einem umfangreichen Maßnahmenkatalog werden alle wesentlichen Komponenten eines Gebäudes mit möglichen Modernisierungsmaßnahmen vorgestellt. Im Zuge dessen wird auf die besonderen Anforderungen bei der Modernisierung der Elemente in praxisnahen Tipps eingegangen.

Der „Leitfaden Modernisierungsempfehlungen“ stellt den zweiten Teil der Leitfadensreihe der dena zum Energieausweis dar. Er baut inhaltlich auf dem ersten Leitfaden zur Datenaufnahme für Wohngebäude [1] auf. Der dritte Teil der Reihe betrachtet die Vorgehensweise bei der Erstellung verbrauchsbasierter Energieausweise für Wohn- und Nichtwohngebäude. Der Leitfaden ist in Zusammenarbeit mit erfahrenen Fachautoren entstanden. Für die Beiträge und konstruktiven Anregungen möchten wir uns bei allen Beteiligten herzlich bedanken. In der 4. Auflage dieses Leitfadens sind alle Neuerungen des GEG aktualisiert und ergänzt worden.

ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude
gemäß dem 55. F. Gebäudeenergiegesetz (GEG) vom 08.08.2020

Gültig bis: 20.11.2023 Registriernummer: 123456789

Gebäude	
Gebäudeart	Mehrfamilienhaus
Adresse	Musterstr. 123, Musterstadt
Gebäudeart ¹⁾	Wohnhaus
Baujahr Gebäude ²⁾	1927
Baujahr Wärmeerzeuger ³⁾	1993
Anzahl Wohnungen	10
Grundstückfläche (A _G)	600 ⁴⁾ nach § 6(1) GEG aus der Fläche ermittelt
Heizwärmeenergie für Heizung ⁵⁾	Endgültig H
Heizwärmeenergie für Warmwasser ⁶⁾	Endgültig H
Erneuerbare Energien	Art: keine Verwendung: keine
Art der Lüftung ⁷⁾	<input checked="" type="checkbox"/> Fensterlüftung <input type="checkbox"/> Lüftungslage mit Wärmerückgewinnung <input type="checkbox"/> Schachtlüftung <input type="checkbox"/> Lüftungslage ohne Wärmerückgewinnung
Art der Kühlung ⁸⁾	<input type="checkbox"/> Passive Kühlung <input type="checkbox"/> Kühlung aus Strom <input type="checkbox"/> Luft-Wasser-Kälte <input type="checkbox"/> Kühlung aus Wasser
Inspektionsfähige Klimaanlage ⁹⁾	Nein
Art der Ausattung des Energieausweises	<input checked="" type="checkbox"/> Standard <input type="checkbox"/> Modernisierung (Überschreibung, Übersetzung) <input type="checkbox"/> Sonstiges (Freitext)

Hinweise zu den Angaben über die energetische Qualität des Gebäudes
Die energetische Qualität eines Gebäudes kann durch die Berechnung des **Energiebedarfs** unter Annahme von standardisierten Randbedingungen oder durch die Auswertung des **Energieverbrauchs** ermittelt werden. Als Regelgröße dient die energetische Gebäudeskizze nach dem GEG, die sich in der Regel von den allgemeinen Wohnflächenangaben unterscheidet. Die angegebenen Vergleichswerte sollen überprüfbar verglichen werden können. **(Hinweisgeber: siehe Seite 10.)** Für den Energieausweis sind die Modernisierungsempfehlungen (Seite 16).

☒ Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Berechnungen des **Energiebedarfs** erstellt (Energiebedarfsausweis). Die Ergebnisse sind auf Seite 10 dargestellt. Zusätzliche Informationen zum Verbrauch sind freiwillig.
☐ Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Messungen des **Energieverbrauchs** erstellt (Energieverbrauchsausweis). Die Ergebnisse sind auf Seite 10 dargestellt.
Datenherkunft (Beispiel): Verbrauch durch: ☐ Eigentümer ☐ Aussteller

Hinweise zur Verwendung des Energieausweises
Der Energieausweis dient lediglich der Information. Der Angaben im Energieausweis beschränken sich auf das gesamte Gebäude oder den oben beschriebenen Gebäudeteil. Der Energieausweis ist lediglich dafür gedacht, einen überprüfbar Vergleich von Gebäuden zu ermöglichen.

Aussteller (mit Anschrift und Berufsbezeichnung):
Paul Mustermann
Musterstr. 45
12345 Musterstadt

24.11.2023
Ausstellungsdatum Unterschrift des Ausstellers

1) Nach dem Energieausweis ist, gegebenenfalls das angestrebte Ausstattungsdatum (GEG) 2) Einmal im Jahr bis 31. März (bzw. 30. Juni) zu aktualisieren. 3) Wärmeerzeuger mit Heizleistung > 100 kW sind zu aktualisieren. 4) Wohnflächen nach dem GEG. 5) Heizwärmeenergie für Heizung. 6) Heizwärmeenergie für Warmwasser. 7) Lüftungslage mit Wärmerückgewinnung. 8) Kühlung aus Strom. 9) Klimaanlage mit Kälteleistung > 10 kW.

Abb. 1: Energieausweis für Wohngebäude

2 Modernisierungsempfehlungen: Vorgehensweise

2.1 Leistungen im Rahmen des Energieausweises – Abgrenzung zur Energieberatung und zu weitergehenden Planungsleistungen

Der Energieausweis dient als Instrument für mehr Markttransparenz und soll dem zukünftigen Eigentümer oder Mieter eines Wohnhauses bzw. einer Wohnung ermöglichen, die energetische Qualität verschiedener Immobilien zu bewerten und zu vergleichen.

Neben der für den potenziellen Mieter oder Käufer wichtigen Information über die energetischen Aspekte enthält der Energieausweis Modernisierungsempfehlungen zur Verbesserung der Energieeffizienz des Gebäudes. Diese Empfehlungen können dem Gebäudeeigentümer den Einstieg in die energetische Optimierung des Gebäudes erleichtern und fundierte Tipps für wirtschaftlich sinnvolle Maßnahmen geben, auf denen eine weiterführende Energieberatung oder eine Ausführungsplanung aufbauen kann. Die Modernisierungsempfehlungen werden im Energieausweis übersichtlich als kurz gefasste Hinweise ausgeführt. Eine ausführliche Maßnahmenbeschreibung oder gar eine Wirtschaftlichkeitsberechnung ist im Energieausweis nicht vorgesehen.

Bei der Ausstellung eines Energieausweises werden Leistungen erbracht, die sich zum Teil mit den Leistungen bei einer Energieberatung oder auch bei einer Ausführungsplanung decken. Je nach Qualifikation des Ausstellers können weiterführende Leistungen von demselben Fachmann erbracht werden, der den Energieausweis erstellt. So kann z. B. ein Architekt auch für eine weitergehende ausführliche Energieberatung und die anschließende Ausführungsplanung beauftragt werden. Wichtig ist, dass die vereinbarten Leistungen für den Energieausweis vertraglich klar festgelegt und auch von weitergehenden Leistungen abgegrenzt werden. Nur so können falsche Erwartungshaltungen des Auftraggebers vermieden und eventuelle spätere Konflikte, die auf Missverständnissen über zu erbringende Leistungen beruhen, von vornherein begrenzt werden.

Leistungen des Energieberaters im Rahmen des Energieausweises

Der Leistungsumfang im Rahmen des Energieausweises erstreckt sich primär auf die Erstellung des Dokuments und die dafür erforderliche Datenaufnahme und -bewertung sowie die Berechnung. Sofern nicht anders vereinbart, erfolgt im Rahmen des Energieausweises keine detaillierte auf das Gebäude und den Nutzer bezogene Energieberatung. Der Energieausweis für Bestandsgebäude auf Grundlage des berechneten Energiebedarfs dient der Beurteilung der energetischen Qualität eines Gebäudes, um dieses innerhalb vergleichbarer Immobilien einordnen zu können. Die im Energieausweis enthaltenen Modernisierungsempfehlungen geben dem Hauseigentümer eine erste Übersicht über mögliche Maßnahmen zur Energieeinsparung. Für die praktische Umsetzung der Modernisierungsempfehlungen ist in vielen Fällen eine weiterführende Ausführungsplanung notwendig.

Leistungen im Zuge einer Energieberatung

Die Energieberatung geht bezüglich der gebäude- und nutzerspezifischen Analyse deutlich stärker ins Detail als die Angaben im Energieausweis. Für die Energieberatung werden die tatsächlichen klimatischen Randbedingungen am Standort und das Nutzerverhalten aufgenommen. Außerdem werden die für den Energieverbrauch relevanten Gebäudeparameter so genau wie möglich erfasst. Ziel ist es, das Gebäude inklusive der Nutzung möglichst treffend abzubilden. Modernisierungsempfehlungen, die im Rahmen des Beratungsberichts erarbeitet werden, sind stärker als beim Energieausweis auf die spezifische Situation des Gebäudes und die Absichten des Eigentümers ausgerichtet und mit Wirtschaftlichkeitsberechnungen hinterlegt.

Leistungen bei der Ausführungsplanung und Umsetzung

Der Energieausweis und die Energieberatung dienen der Information des Gebäudeeigentümers und helfen diesem, eine Entscheidung hinsichtlich Modernisierungsmaßnahmen zu treffen. Eine Ausführungsplanung hingegen zielt auf die konkrete Durchführung der Modernisierungsmaßnahmen ab. Bei der Ausführungsplanung werden, anders als beim Energieausweis oder bei einer -beratung, nicht nur vorrangig energetische Aspekte berücksichtigt. Der Planer betrachtet das Gebäude ganzheitlich und muss weitere Aspekte wie planungs- und bauordnungsrechtliche Vorgaben, Gestaltungsmöglichkeiten, Einordnung in den historischen und städtebaulichen Kontext, Nutzung und Grundrissgestaltung, Auswahl von Baustoffen etc. beachten. Zudem hat der Planer umfangreiche Aufklärungspflichten und muss auch die Verantwortung hinsichtlich der Sanierungsarbeiten und der möglichen Folgen einer Sanierung tragen.

Die Energieberatung ist in Deutschland kein geschützter Berufszweig. Grundsätzlich darf sich also jeder, unabhängig von seiner Qualifikation, als „Energieberater“ bezeichnen. Häufig wird jedoch mit der Energieberatung das von der Bundesregierung über das BAFA (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle) geförderte Programm „Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude (EBW)“ assoziiert. Um diese Energieberatungen durchführen zu können, müssen Energieberater in der Energieeffizienz-Expertenliste eingetragen sein. Die Voraussetzungen für die Eintragung in die Energieeffizienz-Expertenliste für die Vor-Ort-Beratung (BAFA) finden Sie im Regelheft unter:

→ www.energie-effizienz-experten.de

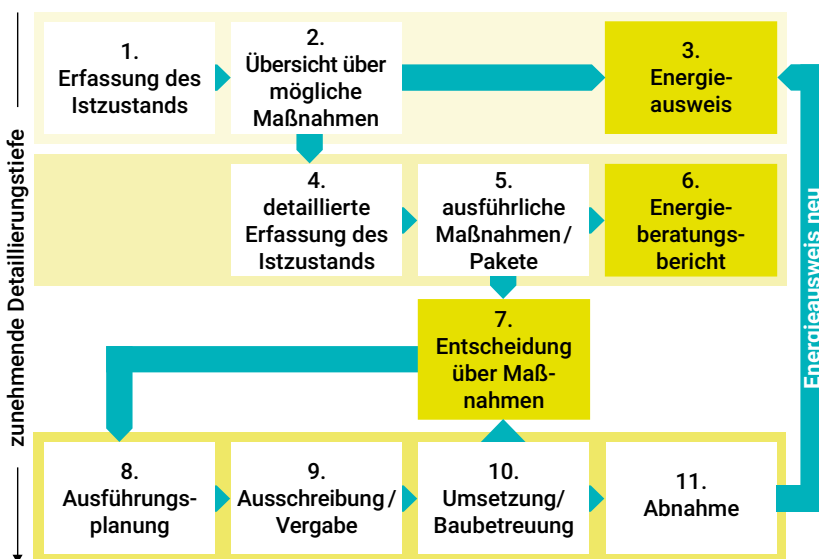


Abb. 2: Leistungen im Rahmen der unterschiedlichen Vertragsarten: Energieausweis, Energieberatung und konkrete Umsetzung



Vertragsgestaltung



Hier steht's:

§ 83 (3) GEG



Zur Ausgestaltung des Honorars für Leistungen nach dem GEG finden Aussteller von Energieausweisen u. a. in folgenden Veröffentlichungen Hinweise und Empfehlungen:

- Schrift „Wärmeschutz und Energiebilanzierung“ vom AHO-Arbeitskreis, Stand: September 2022 [2]

2.2 Tipps für die Vertragsgestaltung

Um spätere Konflikte zu vermeiden, sollte der Aussteller die vereinbarten Leistungen im Vertrag möglichst präzise beschreiben. Grundsätzlich gilt, dass nur für Leistungen gehaftet wird, die vertraglich geschuldet sind. In diesem Zusammenhang sollte auch die Datengrundlage zur Erstellung des Energieausweises festgelegt werden. Der Gesetzgeber lässt grundsätzlich die Datenaufnahme durch den Eigentümer zu. Er untersagt jedoch dem Aussteller, diese Daten zu verwenden, sofern sie Anlass zu Zweifeln an ihrer Richtigkeit geben. Der Aussteller ist in jedem Fall gut beraten, die Herkunft der Daten zu prüfen und gut zu dokumentieren. Darüber hinaus sollte der Vertrag Informationen darüber enthalten, ob und in welcher Weise Vereinfachungen bei der Datenaufnahme angewendet werden.

Folgende Punkte sollten in einem Vertrag geregelt werden:

1. Leistungspflichten des Auftragnehmers

- Welche Leistungen werden erbracht?
- Evtl.: Welche Leistungen werden nicht erbracht?
- Mit welchem Genauigkeitsgrad werden die Leistungen erbracht?
- Wozu dienen die Leistungen?
- Auf welchen Angaben des Bauherrn basieren die Berechnungen?
- Namentliche Aufzählung, welche Unterlagen benötigt werden oder vom Bauherrn übergeben worden sind.

2. Pflichten des Bauherrn

- Zusammenstellung der erforderlichen Unterlagen.

3. Honorar

- Empfehlenswert: Pauschalhonorar. Änderungs- und Ergänzungsleistungen und deren Vergütung sollten jedoch geregelt werden.
- Evtl. Nebenkosten aufführen.
- Wird eine Stundenvereinbarung getroffen, sollte geregelt werden, wie die geleisteten Stunden nachgewiesen werden müssen.

4. Haftung

- Unzulässig ist ein genereller Haftungsausschluss nach den allgemeinen Geschäftsbedingungen, der beispielsweise durch den Aussteller auf dem Ausweis vermerkt wird und alle Haftungsansprüche generell ausschließt oder summenmäßig begrenzt.
- Dies wäre nur in Form einer sogenannten Individualvereinbarung möglich, also wenn sich Aussteller und Eigentümer auf diesen Haftungsausschluss verständigt haben. Hierfür ist aber auch erforderlich, dass der Ausweisaussteller den Bauherrn über die möglichen Konsequenzen ausreichend aufgeklärt hat.
- Zulässig ist es, die Haftung für Vermögensschäden auf eine konkrete Haftpflichtversicherungssumme zu begrenzen.

5. Aufbewahrungspflichten

- Aufbewahrungspflichten bestehen in der Regel nicht länger als fünf Jahre. Da der Energieausweis jedoch zehn Jahre gültig ist, ist es sinnvoll, die Unterlagen entsprechend lange aufzubewahren.

6. Termine und Fristen für die Leistungserbringung

- Diese sollten nur dann vereinbart werden, wenn sie in jedem Fall eingehalten werden können.



Arbeitsschritte



Aufklärungspflicht

Der Auftraggeber sollte darüber informiert werden, dass eine detaillierte Datenaufnahme zu genaueren und meistens auch zu besseren Ergebnissen im Energieausweis führt, aber gleichzeitig Mehraufwand und höhere Kosten bedeutet.

Der Auftraggeber sollte darüber informiert werden, dass es für die Berechnung nach dem GEG für normale Wohngebäude zwei zulässige Berechnungsverfahren gibt, worin die Unterschiede bestehen und welches Verfahren vom Aussteller angewendet wird.

Der Aussteller sollte den Auftraggeber darüber informieren, dass der Berechnung Standardrandbedingungen zugrunde gelegt werden, die von einer normierten Nutzung und einem Standardklima ausgehen. Dadurch kann das Gebäude unabhängig vom Standort und vom individuellen Nutzerverhalten mit anderen Gebäuden verglichen werden.

Der individuelle Energieverbrauch kann sich daher aufgrund anderer Klimaverhältnisse und eines anderen Heiz- und Lüftungsverhaltens der Bewohner vom berechneten Energiebedarf unterscheiden.

2.3 Arbeitsschritte und Aufklärungspflichten

Die Erstellung eines Energieausweises erfolgt üblicherweise im Rahmen einer Vereinbarung zwischen dem Gebäudeeigentümer (Auftraggeber) und dem Aussteller (Auftragnehmer). Neben den Leistungen, die zur Erstellung des „Werks“, also des Energieausweises, gehören, betreffen den Auftragnehmer bestimmte Aufklärungspflichten. Diese zählen zu den vertraglichen Nebenpflichten und gelten ohne spezifische Erwähnung im Werkvertrag. Die Punkte, die in diesem Zusammenhang relevant sind und über die der Auftraggeber informiert werden sollte, sind nachfolgend im Kontext der einzelnen Arbeitsschritte hervorgehoben.

Datenaufnahme

Bei der Datenaufnahme wird der Istzustand des Gebäudes erfasst. Hierzu gehören bei bedarfsbasierten Energieausweisen die Erfassung der thermischen Hüllfläche mit ihren bauphysikalischen Eigenschaften sowie die Aufnahme der Komponenten der Anlagentechnik. Im Fall der Ausstellung eines verbrauchsbasierten Energieausweises sind die Energieverbrauchswerte und die Wohnfläche bzw. das Bruttovolumen V_g zu erfassen, aus dem die Gebäudenutzfläche A_n ermittelt werden kann.

Der Eigentümer sollte dem Aussteller alle vorhandenen Daten, Gebäudepläne und technischen Dokumente zur Verfügung stellen. Der Zeitaufwand für die Datenaufnahme kann hierdurch erheblich verkürzt werden. Bei unzureichenden Informationen oder dem Wunsch, einen möglichst kostengünstigen Energieausweis zu erstellen, können eine Reihe von Vereinfachungen vorgenommen werden, die im Rahmen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) zugelassen sind. Die Vereinfachungen sind im Detail auch im Leitfaden Energieausweis, Teil 1 [1], aufgeführt.

Berechnung

Die aufgenommenen Gebäudedaten werden in der Regel in ein Softwareprogramm eingegeben, das die für den Energieausweis relevanten Ergebnisse nach den gesetzlichen Vorgaben berechnet. Die Berechnung erfolgt bei Wohngebäuden laut GEG nach DIN V 18599. Bis zum 31. Dezember 2023 kann alternativ noch das Verfahren nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 verwendet werden.

Registrierung von Energieausweisen

Neu erstellte Energieausweise erhalten eine Registriernummer. Diese Registriernummer ist bei der zuständigen Behörde des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) elektronisch zu beantragen (www.dibt.de).

Das DIBt übernimmt in diesem Rahmen die Registrierung aller Energieausweise sowie die elektronische Stichprobenkontrolle (Stufe 1) für Energieausweise.

Erstellung des Energieausweises

Das Formular des Energieausweises soll nach dem Aufbau und den inhaltlichen Vorgaben der Muster die energierelevanten Angaben in leicht verständlicher Form vermitteln. Die Muster sind in der Bekanntmachung der Muster von Energieausweisen [12] vorgegeben. Der Energieausweis hat die für die jeweilige Ausweisart (Bedarfs- oder Verbrauchsausweis) geforderten Mindestangaben zu enthalten. Zusätzlich können die als freiwillig gekennzeichneten Felder ausgefüllt werden.

[illegible][illegible]

Leitfaden Energieausweis Teil 2 | 2 Modernisierungsempfehlungen: Vorgehensweise 11



Aufklärungspflicht

Der Aussteller sollte den Auftraggeber darüber informieren, dass ein Variantenvergleich der Modernisierungsempfehlungen im Rahmen des Energieausweises freiwillig ist.

Zudem sollte der Auftraggeber darüber informiert werden, dass die tatsächliche Einsparung bei der Durchführung der Maßnahmen von den im Energieausweis bezifferten Werten abweichen kann.

Dies liegt u. a. daran, dass die Berechnungen auf den gleichen standardisierten Randbedingungen wie der Energieausweis beruhen. Außerdem sollte der Auftraggeber darauf hingewiesen werden, dass vor der Umsetzung von Empfehlungen eine detaillierte Planung stehen sollte. Die Detailplanung kann z. B. aufgrund von baurechtlichen, statischen oder brandschutztechnischen Gründen zu abweichenden Lösungen und Maßnahmenpaketen führen.

Der Auftragnehmer sollte darauf achten, dass ein schriftlicher Nachweis über die erfolgte Aufklärung erstellt wird. Ein geeigneter Nachweis liegt vor, wenn die erteilten Hinweise in irgendeiner Form schriftlich dokumentiert sind und dem Auftraggeber zugesendet werden (beispielsweise im Rahmen des Werkvertrags oder in Form einer Aktennotiz per Fax, E-Mail oder Post).

Erstellung von Modernisierungsempfehlungen

Der neue Energieausweis nach GEG enthält die Modernisierungsempfehlungen auf Seite 4, unabhängig davon, ob es sich um einen Energiebedarfs- oder einen Verbrauchsausweis handelt. Sofern Empfehlungen möglich sind, sind hier für das Gebäude individuelle Empfehlungen zur Verbesserung der Energieeffizienz einzutragen. Diese sollen in Form kurzer fachlicher Informationen abgefasst sein und auf kostengünstige Modernisierungsmaßnahmen hinweisen. Im Sinne des GEG sind kostengünstige Maßnahmen solche, die wirtschaftlich sinnvoll und damit rentabel sind. Derartige Investitionen rechnen sich spätestens am Ende der Lebensdauer des Bauteils durch entsprechende Energieeinsparungen. Es ist davon auszugehen, dass Empfehlungen nicht möglich sind, wenn es sich um einen Neubau oder ein bereits umfassend modernisiertes Gebäude handelt.

Auf Seite 4 enthält das Energieausweisformular kurz beschriebene Modernisierungsmaßnahmen sowie Hinweise, ob diese als Einzelmaßnahmen oder in Zusammenhang mit größeren Modernisierungen durchgeführt werden können. Zusätzlich können freiwillig Angaben zu geschätzten Amortisationszeiten und zu den Kosten pro eingesparte Kilowattstunde Endenergie hinzugefügt werden.

Die tatsächliche Energieeinsparung aufgrund der Modernisierung kann nur anhand einer auf den tatsächlichen Nutzungsbedingungen basierenden Berechnung quantifiziert werden (z. B. im Rahmen einer Energieberatung, siehe dazu auch das Kapitel „Bedarfs-/Verbrauchsabgleich“ im Leitfaden Energieausweis, Teil 1), im Rahmen der Ausstellung/Erstellung des Energieausweises muss die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen nicht berechnet werden. Die Modernisierungsempfehlungen im Energieausweis dienen, wie der Energieausweis selbst, lediglich der Information. Aus ihnen kann keine Verpflichtung zur Sanierung für den Gebäudeeigentümer abgeleitet werden.

Bei der Erstellung von Modernisierungsempfehlungen können dem Aussteller Fehler oder Fehleinschätzungen unterlaufen, für die er möglicherweise haftbar gemacht werden kann. Auf der Basis eines Rechtsgutachtens, das im Auftrag der dena erstellt wurde, erläutert der Leitfaden Energieausweis, Teil 1 [1], im Detail, welche Schäden durch einen fehlerhaften Energieausweis entstehen können und welche Versicherung daher für Aussteller von Energieausweisen empfehlenswert ist. Werden im Energieausweis Modernisierungsempfehlungen gegeben, die nicht zu einer wirtschaftlichen Verbesserung der Energieeffizienz führen, könnte dies bei deren Umsetzung zu Vermögensschäden beim Auftraggeber führen, da er möglicherweise in eine Sanierung investiert hat, die keine Einsparung bringt. Führen die Maßnahmen trotz fachgerechter Ausführung zu Bauschäden, könnte der Aussteller des Energieausweises zudem möglicherweise für Sachschäden verantwortlich gemacht werden.

Ob der Energieausweis-Aussteller für solche Schäden haften muss, ist nicht klar gesetzlich geregelt und eine entsprechende Rechtsprechung fehlt bislang. Laut GEG handelt es sich bei den Modernisierungsempfehlungen um kurz gefasste Hinweise, die lediglich der Information dienen. Der Auftraggeber soll sich andererseits auf die Empfehlungen verlassen können, was wiederum gegen die Unverbindlichkeit spräche. Aufgrund der noch unklaren Rechtslage sollte der Aussteller die Absicherung durch eine Haftpflichtversicherung mit seinem Versicherer besprechen. Unabhängig davon, welcher Haftpflichtversicherungstyp vorliegt, sollte der Versicherungsschutz ausdrücklich mindestens die berufliche Tätigkeit „Energieausweis-Ausstellung“ nennen und auch reine Vermögensschäden abdecken.

ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

gemäß den §§ 79 ff. Gebäudeenergiegesetz (GEG) vom¹⁾ 08.08.2020

Empfehlungen des Ausstellers

Registriernummer: 123456789

4

Empfehlungen zur kostengünstigen Modernisierung

Maßnahmen zur kostengünstigen Verbesserung der Energieeffizienz

☒ sind möglich

☐ sind nicht möglich

1

Empfohlene Modernisierungsmaßnahmen

Nr.	Bau- oder Anlagenteile	Maßnahmenbeschreibung in einzelnen Schritten	empfohlen		(freiwillige Angaben)	
			in Zusammenhang mit größerer Modernisierung	als Einzelmaßnahme	geschätzte Amortisationszeit	geschätzte Kosten pro eingesparte Kilowattstunde Endenergie
1	Fenster	Austausch der Fenster zu 3-fach Verglasung: U-Wert 0,9; g-Wert 0,6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ca. 9 Jahre	
2	Kellerdecke	Dämmung der Kellerdecke 12 cm, WLG 039	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
3	Heizung	Austausch der Heizungsanlage, neue Anlage: Holz-Pelletkessel, 33 kW	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
4	Sonstiges	Solare Trinkwassererwärmung, 20m² Kollektorfläche	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
5	Außenwand gg. Außenluft	Dämmung der Ost- und Nordfassade des Vorderhauses; WDVS 20cm; WLG 034	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
6	Dach	12 cm Zwischensparrendämmung, +16 cm Untersparrendämmung WLG 032/040	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
7	Lüftungsanlage	Einbau einer Wohnraumlüftung (Zu- und Abluft) mit Wärmerückgewinnung (80%)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

2

☐ Weitere Einträge in Anlage

Hinweis: Modernisierungsempfehlungen für das Gebäude dienen lediglich der Information. Sie sind nur kurz gefasste Hinweise und kein Ersatz für eine Energieberatung.

Genauere Angaben zu den Empfehlungen sind erhältlich bei/unter:

Ergänzende Erläuterungen zu den Angaben im Energieausweis (Angaben freiwillig)

1) siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises

- An dieser Stelle wird angegeben, ob Empfehlungen für das jeweilige Gebäude möglich sind oder nicht. Auch wenn Empfehlungen nicht möglich sind, ist das Formblatt dem Energieausweis beizulegen.
- Angabe der einzelnen Empfehlungen und ob diese als Einzelmaßnahmen oder in Zusammenhang mit größeren Modernisierungen durchgeführt werden können. Zusätzlich können die geschätzten Amortisationszeiten und die Kosten pro eingesparte Kilowattstunde Endenergie eingetragen werden. Diese Angaben sind allerdings nicht verpflichtend.

Abb. 4: Musterformular zu den Modernisierungsempfehlungen im Energieausweis

2.4 Grundlagen zur Erstellung sinnvoller Modernisierungsempfehlungen

Bevor ein Gebäudeeigentümer in die Modernisierung seines Gebäudes investiert, muss eine Fülle von Entscheidungen für oder gegen bestimmte Maßnahmen getroffen werden. Jedes Gebäude hat seinen eigenen Charakter und seine eigene Geschichte, sodass sinnvolle Empfehlungen nicht pauschal gegeben werden können. Die Erstellung eines Modernisierungskonzepts für das jeweilige Gebäude ist eine komplexe Aufgabe, die vor jeder Investitionsentscheidung stehen sollte.

Es ist immer sinnvoll, eine umfassende Modernisierung anzustreben und einzelne Energiesparmaßnahmen miteinander zu kombinieren. Nur so können die Einzelmaßnahmen aufeinander abgestimmt und die Energieeinsparung maximiert werden. In der Summe ist eine umfassende Modernisierung in der Regel am Ende sogar preisgünstiger als die Durchführung von mehreren Einzelmaßnahmen über die Jahre verteilt. So müssen z. B. Gerüstkosten bei gleichzeitiger Dämmung der Außenwand und des Dachs nur einmal bezahlt werden. Auch können bei einer umfassenden Sanierung zinsgünstige Kredite oder Zuschüsse bei der KfW beantragt werden.

Die Empfehlungen im Energieausweis können einen guten Einstieg in die Modernisierung bieten. Auf dieser Grundlage kann eine ausführlichere Beratung mit Erstellung eines individuellen Sanierungsfahrplanes (ISFP) oder eine Ausführungsplanung aufbauen.

2.4.1 Zielvorgaben durch das Gebäudeenergiegesetz

Das GEG sieht vor, dass im Rahmen des Energieausweises kosteneffiziente Verbesserungsmöglichkeiten der energetischen Eigenschaften eines Gebäudes in Form von kurz gefassten fachlichen Hinweisen ausgewiesen werden. Mit „kosteneffizient“ sind Maßnahmen gemeint, die wirtschaftlich vertretbar sind, d. h., durch die sich die erforderlichen Investitionen innerhalb der Nutzungsdauer durch die Energieeinsparungen amortisieren.

Die Herausforderung bei der Erarbeitung von kosteneffizienten und für das individuelle Gebäude sinnvollen Modernisierungsempfehlungen besteht darin, dass im Rahmen des Energieausweises keine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung vorgenommen werden muss. Es können auch „handfeste“, praktisch erprobte und erkennbar kosteneffiziente Maßnahmen vorgeschlagen werden. Der Fachmann ist dann aufgefordert, ohne Wirtschaftlichkeitsberechnung zu entsprechend sinnvollen Empfehlungen zu kommen. Die nachfolgende Prioritätenliste soll eine Grundlage für die Vorgehensweise bieten. Durch das schrittweise Abfragen der einzelnen Punkte können qualifizierte Empfehlungen gegeben werden.



Gebäudeenergiegesetz

1. Nachrüstverpflichtungen laut GEG

Das GEG legt im Bereich der Anlagentechnik und der Gebäudehülle unter bestimmten Bedingungen für den Gebäudebestand Nachrüstverpflichtungen fest. Die Verpflichtungen greifen nicht für selbst genutzte Eigenheime mit nicht mehr als zwei Wohneinheiten. Dann muss erst zwei Jahre nach einem Eigentümerwechsel der Verpflichtung nachgekommen werden. Da jedoch alle vorgegebenen Maßnahmen wirtschaftlich sinnvoll sind, sollten sie im Rahmen der Modernisierungsempfehlungen auf jeden Fall in den Energieausweis aufgenommen werden. Einige Fristen sind bereits in den letzten Jahren ausgelaufen, sodass davon auszugehen ist, dass der Verpflichtung in den meisten Fällen bereits nachgekommen wurde. In einigen Fällen gelten die Nachrüstverpflichtungen jedoch erst bei einem Eigentümerwechsel. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über alle Verpflichtungen laut GEG.

Hier steht's:
§ 84 GEG

Bauteil	Verpflichtung	Frist
1) Heizkessel von 4 bis 400 kW		
■ die mit marktüblichen flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen beschickt werden	außer Betrieb nehmen (nach § 72 GEG)	dürfen nach Ablauf von 30 Jahren nicht mehr betrieben werden ¹
2) Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen, Armaturen		
■ die bisher ungedämmt sind und ■ zugänglich sind und ■ die sich nicht in beheizten Räumen befinden	nachträglich dämmen (nach § 71 und Anlage 8 GEG)	
3) oberste Geschossdecken		
■ zugängliche oberste Geschossdecken beheizter Räume, die nicht die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz erfüllen ■ in Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden, ■ die nach ihrer Zweckbestimmung jährlich mindestens vier Monate und auf Innentemperaturen von mindestens 19 °C beheizt werden	nachträglich dämmen; der U-Wert des Gesamtbauteils darf 0,24 W/(m ² · K) nicht überschreiten; alternativ kann das darüberliegende, bisher ungedämmte Dach entsprechend gedämmt werden (nach § 47 GEG)	

¹ Bei Wohngebäuden mit nicht mehr als zwei Wohnungen, von denen zum 01.02.2002 eine der Eigentümer selbst bewohnt hat, sind die Anforderungen erst im Falle eines Eigentümerwechsels nach dem 01.02.2002 von dem neuen Eigentümer zu erfüllen. Die Frist beträgt dann zwei Jahre ab dem Eigentumsübergang.

Tab. 1: Nachrüstverpflichtungen nach § 47 und 71 bis 73 GEG



Maßnahmen

2. Offensichtliche Mängel am Gebäude beseitigen

Hohe Priorität bei der Optimierung der Energieeffizienz sollten Maßnahmen haben, die aufgrund vorhandener Mängel der Gebäudehülle oder der Anlagentechnik in jedem Falle in absehbarer Zeit anstehen. Werden Bauteile erneuert, sollte nach dem „Wennschon, dennschon“-Prinzip lieber zu viel als zu wenig in die Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz investiert werden, da die zusätzlichen Kosten hierfür häufig nur einen geringen Anteil an den Gesamtkosten ausmachen. Wird beispielsweise ohnehin ein Gerüst aufgestellt, weil die Fassade ausgebessert werden muss, ist es sinnvoll und kostengünstig, die Fassade gleichzeitig auch zu dämmen.

Das GEG sieht neben Mindeststandards beim Einbau einer nachträglichen Dämmung auch bei anderen baulichen Änderungen, die an der Gebäudehülle durchgeführt werden, Grenzwerte für den maximalen Wärmedurchgangskoeffizienten vor. In der Verordnung wird damit eine gesetzliche Grundlage für die Verknüpfung von baulichen Maßnahmen mit der gleichzeitigen Verbesserung des Wärmeschutzes hergestellt. Tabelle 2 bietet eine Übersicht über die entsprechenden Anforderungen.

Weiterhin sollten im Rahmen der Modernisierungsempfehlungen primär Maßnahmen vorgeschlagen werden, die sich auf jene baulichen Gegebenheiten beziehen, die zum Zeitpunkt der Erstellung des Gebäudes nicht den Regeln der Technik entsprachen. Insbesondere sind hier Maßnahmen in Betracht zu ziehen, die der einfachen Beseitigung von Wärmebrücken dienen können, wie das nachträgliche Dämmen von Mauerkronen in Kehlbalkenlagen unbeheizter Dachspitzböden.

Häufig können solche Mängel allein durch das Befragen der Nutzer nach Problemen mit Feuchtigkeit, Schimmel, kalten und unbehaglichen Räumen oder undichten Fenstern und Türen erkannt werden. Die Beseitigung solcher Mängel geht in der Regel mit einer energetischen Verbesserung des Gebäudes einher.

3. Modernisierungsvorstellungen und -wünsche des Eigentümers

Möchte der Gebäudeeigentümer in absehbarer Zeit sein Gebäude baulich verändern, sollte dies bereits in den Modernisierungsempfehlungen mit berücksichtigt werden. Steht z. B. ein Dachausbau an, ist es nicht sinnvoll, eine Dämmung der obersten Geschossdecke zu empfehlen. Hier sollte ggf. schon im Energieausweis auf eine optimale Dämmstoffdicke der Dachschrägen hingewiesen werden.

Welche Zielvorgaben bei der Modernisierung für den Auftraggeber sinnvoll sein können, wird in Kapitel 2.4.2 näher erläutert.

4. Orientierung am GEG: Anforderungen bei Änderung von Außenbauteilen

Werden Gebäude nachträglich geändert, dürfen der zulässige Höchstwert des Jahresprimärenergiebedarfs Q_p und der zulässige spezifische Transmissionswärmeverlust H'_T für Neubauten um maximal 40 Prozent überschritten werden. Die Anforderungen des GEG gelten als erfüllt, wenn die in Anlage 7 des GEG genannten Höchstwerte für die Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) eingehalten werden.



Das GEG fordert keine Angaben über Dämmstoffdicken oder -qualitäten in den Modernisierungsempfehlungen. Werden Dämmstoffdicken angegeben, müssen diese die Mindestanforderungen an die U-Werte des Bauteils laut Anlage 7 GEG einhalten.



Hier steht's:

§ 50 (1) GEG

Bauteil	Maßnahme	Max. U-Wert W/(m² · K)
Außenwand ^{3, 10}	Ersatz des Bauteils ² ; Anbringen von Platten oder plattenartigen Bauteilen, Verschalungen und Mauerwerk-Vorsatzschalen	0,24
	Einbau von Dämmschichten ^{1, 2}	
	Erneuerung des Außenputzes	
Fenster ^{4, 5}	Ersatz außen liegender Fenster und Fenstertüren, Einbau zusätzlicher Vor- oder Innenfenster	1,3
	Ersatz von Dachflächenfenstern, Einbau zusätzlicher Vor- oder Innenfenster in den Dachflächen	1,4
	Ersatz von Verglasungen ⁶	1,1
	Ersatz von Glasdächern oder ihrer Verglasung ⁶	2,0
Außentüren	Erneuerung von Außentüren	1,8
Steildächer ^{7, 9, 10}	Ersatz des Daches; Ersatz oder Neuaufbau der Dachhaut bzw. der außenseitigen Bekleidungen oder Verschalungen ⁸	0,24
	Aufbringen oder Erneuern innenseitiger Bekleidungen oder Verschalungen	
	Einbau von Dämmschichten ⁸	
	Einbau von zusätzlichen Bekleidungen oder Dämmschichten an den Wänden zum unbeheizten Dachraum	
Flachdächer ^{3, 9, 10}	Ersatz des Daches; Ersatz oder Neuaufbau der Dachhaut bzw. der außenseitigen Bekleidungen oder Verschalungen	0,2
	Aufbringen oder Erneuern der innenseitigen Bekleidungen oder Verschalungen	
	Einbau von Dämmschichten	
Decken und Wände gegen unbeheizte Räume oder Erdreich ^{3, 9, 10}	Ersatz des Bauteils, Erneuerung oder Anbringen von außenseitigen Bekleidungen oder Verschalungen, Feuchtigkeitssperren oder Drainagen	0,3
	Anbringen von Deckenbekleidungen auf der Kaltseite	0,5
	Einbau von Dämmschichten	
	Aufbringen oder Erneuerung von Fußbodenaufbauten auf der beheizten Seite	
Decken nach unten an die Außenluft ¹⁰	Ersatz des Bauteils, Erneuerung oder Anbringen von außenseitigen Bekleidungen oder Verschalungen, Feuchtigkeitssperren oder Drainagen	0,24
	Anbringen von Deckenbekleidungen auf der Kaltseite	
	Einbau von Dämmschichten	
	Aufbringen oder Erneuerung von Fußbodenaufbauten auf der beheizten Seite	
Vorhangfassaden ⁴	Ersatz des Bauteils	1,5

1 Bei einer Kerndämmung von mehrschaligem Mauerwerk genügt es, den Hohlraum vollständig mit Dämmstoff auszufüllen.

2 Gesonderte Anforderungen für Außenwände in Sichtfachwerkbauweise.

3 Gesonderte Anforderungen, wenn die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt ist.

4 Gesonderte Anforderungen für Bauteile mit Sonderverglasungen (z. B. Schallschutzverglasung, durchschusshemmende Verglasung oder Brandschutzverglasung).

5 Gilt nicht für Schaufenster und Türanlagen aus Glas.

6 Gilt nicht, wenn der Rahmen für die vorgeschriebene Verglasung ungeeignet ist; gesonderte Anforderungen, wenn die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt ist; gesonderte Anforderungen für Kasten- und Doppelfenster.

7 Gilt auch für Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen sowie für Decken und Wände (einschließlich Dachschrägen), die beheizte oder gekühlte Räume nach oben gegen die Außenluft abgrenzen.

8 Wird der Wärmeschutz als Zwischensparrendämmung ausgeführt und ist die Dämmschichtdicke wegen einer innenseitigen Bekleidung und der Sparrenhöhe begrenzt, so gilt die Anforderung als erfüllt, wenn die nach den anerkannten Regeln der Technik höchstmögliche Dämmschichtdicke eingebaut wird.

9 Gilt nur für opake Bauteile.

10 Ist nicht auf Bauteile anzuwenden, die unter Einhaltung energiesparrechtlicher Vorschriften nach dem 31. Dezember 1983 errichtet oder erneuert wurden.

Tab. 2: Anforderungen der Anlage 7 des GEG an den maximal zulässigen Wärmedurchgangskoeffizienten U bei nachträglichen baulichen Änderungen von Bauteilen

Im Gebäudeenergiegesetz wird der Detaillierungsgrad der Modernisierungsempfehlungen nicht vorgegeben. Es ist letztlich eine Frage der Vereinbarung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer, in welcher Ausführlichkeit die Empfehlungen gegeben werden sollen. Werden Dämmstoffdicken empfohlen, müssen mindestens die Anforderungen nach dem GEG erfüllt sein. Die Einschätzung, welche Dämmstoffdicke für die Erreichung eines bestimmten U-Wertes notwendig ist, lässt sich beim bedarfsbasierten Energieausweis wesentlich einfacher treffen als beim verbrauchsorientierten, da die Daten der vorhandenen Bauteile der Berechnung für den Energieausweis zugrunde gelegt werden können. Grundsätzlich kann man aber auch beim verbrauchsorientierten Energieausweis eine Abschätzung treffen. Dafür liefert die Bekanntmachung zur Datenaufnahme für Wohngebäude [3] eine gute Grundlage. Der mutmaßliche U-Wert kann aufgrund von Baualter und Konstruktion des Bauteils anhand einer Tabelle ermittelt werden. Über einen weiteren Tabellenwert lässt sich dann anhand des zu erreichenden U-Werts die benötigte Dämmstoffdicke abschätzen.

Alternativ können die vorhandenen U-Werte von Bauteilen über die Untersuchung und den Katalog „Erfassung regionaltypischer Materialien im Gebäudebestand mit Bezug auf die Baualtersklasse und Ableitung typischer Bauteilaufbauten“ [4] abgeschätzt werden.



Eine Abschätzung der U-Werte einer nachträglich gedämmten Wand kann man mithilfe der in der Bekanntmachung zur Datenaufnahme für Wohngebäude [3] angebotenen Tabelle 2 vornehmen. Hinweise zur Anwendung finden sich auch im Leitfaden Energieausweis, Teil 1 [1].

5. Modernisierungsempfehlungen anhand von Förderkriterien (KfW, BAFA)

Mit Novellierung der EnEV 2009 wurden erstmals seit Einführung der EnEV im Jahr 2002 die energetischen Anforderungen bei Neubauten und Sanierungen um durchschnittlich 30 Prozent verschärft. Die höheren Anforderungen gelten sowohl für die Komplettisanierung von Gebäuden als auch für die Sanierung einzelner Bauteile. Eine weitere Verschärfung der primärenergetischen Anforderungen an neu gebaute Wohn- und Nichtwohngebäude um 25 Prozent erfolgte seit dem 01.01.2016. Die Wärmedämmung der Gebäudehülle muss zudem im Schnitt etwa 20 Prozent besser ausgeführt werden. Mit der in 2022 angekündigten Novellierung des GEG soll ab 01.01.2023 der sogenannte Standard für Neubauten von „Effizienzhaus 75“ zum Niveau des „Effizienzhaus 55“ angehoben werden. Unter Umständen kann es sinnvoll sein, sich bei den Modernisierungsempfehlungen an Vorgaben aus Förderprogrammen zu orientieren, die über die Anforderungen des GEG hinausgehen. Damit ist auch die Finanzierung der Maßnahmen durch die Förderprogramme als Option möglich. Haussanierer und Bauherren sparen mit besserer Dämmung und einer effizienteren Anlagentechnik langfristig erheblich Energie und Kosten. Insbesondere kann sich hier an der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) orientiert werden.

Grundsätzlich sind die Gesamtmaßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz unter Hinzuziehen der Fördermittel wirtschaftlich sinnvoll. Werden nur Einzelbauteile saniert, kann sich unter Umständen ein anderes Bild ergeben. Eine weitergehende Berechnung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sollte in jedem Falle durchgeführt werden, wenn das Gebäude umfassend saniert und Fördermittel beantragt werden sollen.

Dazu sind stets die Entwicklungen der aktuellen Bau- und Energiepreise zu berücksichtigen, deren Tendenz in den letzten Jahren stark steigend ist.

2.4.2 Zielvorgaben des Auftraggebers

Bei der Zusammenstellung von Maßnahmenpaketen für die Modernisierung sollten neben einer möglichst sinnvollen Kombination von Einzelmaßnahmen und der Beseitigung von offensichtlichen Schwachstellen auch die Ziele des Auftraggebers in Bezug auf die weitere Entwicklung des Gebäudes berücksichtigt werden. Je nachdem, ob es sich um einen selbst nutzenden Eigentümer, einen Investor oder eine Wohnungsbaugesellschaft handelt, verfolgt der Auftraggeber unterschiedliche Ziele bei einer Modernisierung. Während der selbst nutzende Eigentümer den Schwerpunkt möglicherweise auf die Senkung der Energiekosten und die Steigerung des Wohnkomforts legt, wird der Investor eher die langfristige Wertsteigerung des Objekts im Auge haben. Für Wohnungsbaugesellschaften stehen in der Regel die Vermietbarkeit und der Mittelrückfluss innerhalb eines bestimmten Zeitraums im Vordergrund.

Selbst nutzender Eigentümer

Eigentümer, die das Gebäude selbst bewohnen, haben in den meisten Fällen ein starkes Interesse an der Senkung der Energiekosten, der Steigerung des Wohnkomforts und dem langfristigen Werterhalt ihrer Immobilie. Sie sind jedoch häufig besonders unsicher, welche energetischen Maßnahmen für ihr Gebäude sinnvoll sind.

Insbesondere wenn das Gebäude schon seit längerer Zeit bewohnt ist, wurden häufig bereits mehrere Sanierungsmaßnahmen durchgeführt. Dabei können z. B. einzelne Komponenten wie Heizkessel oder Fenster ausgetauscht oder Elemente der Gebäudehülle im Zuge eines Aus- oder Umbaus gedämmt worden sein. Die Modernisierungsempfehlungen für selbst nutzende Eigentümer sollten sich vor allem daran orientieren, wie neue Maßnahmen die bereits durchgeführten ergänzen können. Es sollte außerdem berücksichtigt werden, dass die Eigentümer das Gebäude in aller Regel während einer Modernisierung weiterhin bewohnen.

Ob und welche Modernisierungsmaßnahmen durchgeführt werden sollen, hängt für selbst nutzende Eigentümer häufig nicht nur von der zu erwartenden Energieeinsparung ab. Selbst nutzende Eigentümer profitieren von einer Modernisierung auch durch die gewonnene Komfortverbesserung, die sich allerdings nicht in Euro bewerten lässt. Hinzu kommt häufig eine Verbesserung des äußeren Erscheinungsbilds der Immobilie, was ebenfalls zur Investitionsentscheidung beitragen kann.

Eigentümergeinschaft

Bei Eigentümergeinschaften müssen Entscheidungen über grundlegende Modernisierungsmaßnahmen gewöhnlich mit einer Dreiviertelmehrheit der Eigentümer getroffen werden. In Mehrfamilienhäusern kann der Eigentümer einer einzelnen Wohnung die Energieeffizienz seiner Wohnung nur sehr eingeschränkt verbessern (z. B. durch Innendämmung). In diesem Zusammenhang kommt den Modernisierungsempfehlungen im Energieausweis eine wichtige Funktion als Erstinformation zu. Eigentümergeinschaften haben erfahrungsgemäß Schwierigkeiten, sich allein aus Kostengründen auf einen „großen Wurf“ zu einigen. Auch wenn eine „Rundum-Sanierung“ immer anzustreben ist, lassen sich Einzelmaßnahmen, die zu einer überschaubaren Belastung für die einzelnen Parteien führen, mit größerer Wahrscheinlichkeit durchführen als sehr umfangreiche Maßnahmenpakete. Die beiden Varianten der Modernisierungsvorschläge sollten dazu dienen, besonders wirtschaftliche und leicht umsetzbare Möglichkeiten aufzuzeigen und das grundsätzliche Potenzial des Gebäudes darzustellen.

Beratung



Wohnungsbaugesellschaften

Wohnungsbaugesellschaften verfügen als gewerbliche Vermieter häufig über einen größeren Gebäudebestand, der je nach Ausrichtung und Entwicklung sehr heterogen sein kann. Oberstes Ziel für Wohnungsbaugesellschaften ist der langfristig wirtschaftliche Betrieb der Gebäude und die Erwirtschaftung angemessener Gewinne. Da die Energieeinsparungen jedoch in der Regel dem Mieter und nicht dem Vermieter zugute kommen, stellt sich die Bewertung von Maßnahmen für gewerbliche Vermieter komplexer dar und ist von einer Reihe äußerer Randbedingungen abhängig. Wichtige Kriterien sind z. B. der lokale Nachfragemarkt und der örtliche Mietspiegel. Lässt sich die Attraktivität des Objekts durch eine Verbesserung der Energieeffizienz so weit steigern, dass eine langfristige Vermietbarkeit gesichert ist und Leerstände vermieden werden können, so lohnt sich eine Modernisierung häufig auch dann, wenn sich die dadurch entstehenden Kosten nur zum Teil auf die Mieten umlegen lassen. Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit geht hier deutlich über den Rahmen des Energieausweises hinaus. Die Modernisierungsempfehlungen im Energieausweis können allerdings eine erste Übersicht über die Entwicklungsmöglichkeiten der einzelnen Objekte liefern. Häufig sind konkrete Baumängel, Schäden an der Bausubstanz oder ein Sanierungsstau der Anlass für die Durchführung von Maßnahmen im Mietwohnungsbau. Aus diesem Grund ist für Wohnungsbaugesellschaften besonders die Verknüpfung der Sanierung zur Optimierung der Energieeffizienz mit „Sowieso“-Maßnahmen wichtig.

2.5 Zusammenstellung der Einzelmaßnahmen zu Modernisierungspaketen

Abstimmung der Einzelmaßnahmen

Auf freiwilliger Basis können im Energieausweis im Variantenvergleich Einzelmaßnahmen zu Modernisierungspaketen zusammengestellt werden. Grundsätzlich sollte immer eine vollständige Modernisierung im Hinblick auf die Energieeffizienz angestrebt werden. Es ist aber auch sinnvoll, eine Variante vorzuschlagen, die mit geringerem investivem Aufwand zu guten Energieeinsparungen führt, da der Gebäudeeigentümer unter Umständen nicht alle Maßnahmen in einem Zuge durchführen kann. Dem Aussteller kommt bei der Darstellung von Einzelmaßnahmen jedoch die Verantwortung zu, mögliche Risiken (z. B. Feuchteschäden) zu beachten und den Bauherrn darüber zu informieren. Manche Einzelmaßnahmen sind diesbezüglich unproblematischer als andere. In den Kapiteln 3 und 4 wird auf diese Zusammenhänge im Einzelnen eingegangen.

Soll die Modernisierung des kompletten Gebäudes nicht in einem Zuge durchgeführt werden, sollte ein Konzept für ein zeitlich gestuftes und aufeinander abgestimmtes Vorgehen entwickelt werden. Hierbei ist zu entscheiden, welche Maßnahmen zuerst umgesetzt werden sollten (z. B. Heizungsanlage oder Dämmung), welche Maßnahmen im Bauablauf zwingend vor anderen ausgeführt und welche Vorbereitungen eventuell für Folgemaßnahmen in einer früheren Phase getroffen werden müssen (z. B. Verlegen von Solarleitungen im Gebäude im Zuge einer Kernsanierung).

Im Rahmen des Energieausweises werden solche Detailfragen in der Regel nicht berücksichtigt. Umso wichtiger ist es, den Auftraggeber darüber aufzuklären, dass vor der Durchführung von Modernisierungsmaßnahmen eine entsprechende weiterführende Ausführungsplanung erfolgen sollte.

Erstellung eines Sanierungskonzepts

Für die Optimierung der Energieeffizienz gilt üblicherweise der Grundsatz: „Erst den Bedarf reduzieren, dann die Anlagentechnik modernisieren.“ Dies hat vor allem den Hintergrund, dass die Anlagentechnik umso effizienter arbeitet, je genauer sie auf den Bedarf abgestimmt ist. Wird zunächst der Heizkessel ausgetauscht und durch einen modernen Wärmeerzeuger gleicher Leistung ersetzt, ist dieser nach einer späteren Wärmedämmung der Gebäudehülle stark überdimensioniert. In Kombination mit einem anstehenden Kesselaustausch sollte darum immer geprüft werden, ob nicht zuerst Maßnahmen zur Senkung des Wärmebedarfs möglich sind.

Grundsätzlich kann der Aussteller folgende grobe Prioritätenliste bei der Zusammenstellung von Modernisierungspaketen zugrunde legen:

1. Reduzierung des Energiebedarfs (Dämmung der Gebäudehülle)
2. Einsatz erneuerbarer Energien
3. Deckung des Restenergiebedarfs durch effiziente Technik

Diese Liste gilt nicht in allen Fällen. Weist das Gebäude beispielsweise eine extrem schlechte Anlagentechnik auf, so sollte diese ersetzt werden, und zwar unabhängig davon, ob bei der Gebäudehülle bereits alle Potenziale ausgeschöpft sind. Welche Reihenfolge der Maßnahmen im Einzelfall sinnvoll ist, muss jeweils individuell für das konkrete Objekt entschieden werden.

ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude
gemäß den §§ 79 ff. Gebäudeenergiegesetz (GEG) vom 01.09.2020

Registrierungsnummer: 123456789

Empfehlungen des Ausstellers

Empfehlungen zur kostengünstigen Modernisierung
Maßnahmen zur kostengünstigen Verbesserung der Energieeffizienz: ☒ sind möglich ☐ sind nicht möglich

Empfohlene Modernisierungsmaßnahmen

Nr.	Bauteil oder Bauteile	Maßnahmenbeschreibung in einzelnen Schritten	empfohlen	als Einzelmaßnahme	(freiwillige Angaben)
1	Fenster	Austausch der Fenster zu 3-fach-Isolierfenstern (U-Wert < 0,8 kWh/m²K)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ca. 9 Jahre
2	Kellerdecken	Übertragung der Kellerdecken zu 20 cm Dämmung (U-Wert < 0,15 kWh/m²K)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Heizung	Austausch der Heizungsanlage gegen Anlage mit Wärmepumpe (U-Wert < 1,0 kWh/m²K)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Sonstiges	Sonstige Maßnahmen (z. B. Solarthermie, Photovoltaik)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	Außenwand- u. Dachdämmung	Übertragung der Dämmung der Außenwand und Dach zu 20 cm Dämmung (U-Wert < 0,15 kWh/m²K)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	Dach	12 cm Dämmung der Dachdämmung (U-Wert < 0,15 kWh/m²K)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	Lüftungsanlage	Einbau einer Lüftungsanlage (z. B. mit Wärmerückgewinnung)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

☒ Weitere Einzelmaßnahmen

Hinweis: Modernisierungsempfehlungen für das Gebäude dienen lediglich der Information. Sie sind nur kurz gefasste Hinweise und kein Ersatz für eine Energieberatung. Genauere Angaben zu den Empfehlungen sind erhältlich bei: (unten)

Ergänzende Erläuterungen zu den Angaben im Energieausweis (freiwillig)

© 2020 Fabian auf der Heide & Co. Energieausweise

Abb. 5: Modernisierungsempfehlungen auf der Seite 4 im Energieausweis

2.6 Einfluss von Modernisierungsmaßnahmen auf die Energiebilanz



Energiebilanz

Die Ermittlung des primärenergetischen Energiebedarfs im Energieausweis basiert auf einer standardisierten Berechnungsmethode, die im GEG festgelegt ist. Dabei werden die in der Heizzeit entstehenden Wärmeverluste (nach DIN V 18599 auch „Wärmesenken“) und die Wärmegewinne (nach DIN V 18599 auch „Wärmequellen“) bilanziert. Nach GEG kann diese Berechnung für Wohngebäude wahlweise nach einem der folgenden Verfahren durchgeführt werden:

- Berechnung nach der Norm DIN V 18599 (mit Bestimmung des Heizwärmebedarfs und der Anlagenverluste in einer Monatsbilanz) oder
- noch bis 31.12.2023 anwendbar; Berechnung nach den Normen DIN V 4108-6 für das Gebäude und DIN V 4701-10 bzw. DIN V 4701-12 für die Anlagentechnik (mit Bestimmung des Heizwärmebedarfs über eine Monats- sowie Ermittlung der Anlagenverluste in einer Jahresbilanz)

Bei der noch bis 31.12.2023 anwendbaren Berechnung nach DIN V 4108-6 ergibt die „Deckungslücke“ in der Bilanz den Heizwärmebedarf des Gebäudes. Die Energieeffizienz der Anlagentechnik wird über einen Faktor, die sogenannte „Anlagenaufwandszahl“, in die Bilanz integriert, sodass sich aus den Verlusten des Heizungssystems der Endenergie- und über den Energieträger der Primärenergiebedarf berechnen lassen. Ab dem 31.12.2023 ist nur noch eine Berechnung nach DIN V 18599 zugelassen. Dabei wird für jede Zone der Endenergiebedarf inklusive der Hilfsenergien aus dem zuvor berechneten Nutzenergiebedarf einzeln errechnet und es werden monatsweise die Anlagenverluste berücksichtigt. Neben den technischen Eigenschaften des Gebäudes und der Anlagentechnik fließen in die Bilanzierung standardisierte Randbedingungen wie klimatische Verhältnisse und Nutzungsprofile ein. Um Energieausweise bundesweit vergleichbar zu machen, werden diese Randbedingungen für alle Gebäude gleich angesetzt. Die Berechnung erfolgt daher mit einem deutschlandweit einheitlichen „Normklima“ und einem „Normnutzer“. Damit wird der bedarfsbasierte Energieausweis unabhängig vom Standort und vom individuellen Bewohner erstellt und kann somit als neutrales Instrument für die Beurteilung der energetischen Qualität des Gebäudes und zum Vergleich von Gebäuden untereinander verwendet werden.

Aus der Systematik der Berechnungsmethode folgt, dass sich in den Modernisierungsempfehlungen nur Maßnahmen quantitativ abbilden lassen, die sich auf den Wärmeschutz des Gebäudes oder die Anlagentechnik beziehen. Dämm-Maßnahmen beispielsweise führen immer zu mehr oder weniger großen Einsparungen beim Primärenergiebedarf, ein energiebewusstes Nutzerverhalten wird jedoch nicht in den Modernisierungsempfehlungen des Energieausweises abgebildet. Dies wäre auch nicht sinnvoll, denn der Energieausweis richtet sich an potenzielle Käufer oder Mieter, die ein völlig unterschiedliches Nutzerverhalten haben können. Optimierungen der Regelung der Heizungsanlage können zum Teil in der Energiebilanz und damit im Energieausweis abgebildet werden. Bei der Berechnung nach DIN V 4701-10 bzw. DIN V 4701-12 führen der Einbau einer geregelten Heizpumpe und der Einbau einer verbesserten Raumtemperaturregelung der Heizflächen zu einer Energieeinsparung, die die Energiebilanz geringfügig reduziert. Bei der Berechnung nach DIN V 18599 sind zusätzliche Optimierungen möglich.

Da diese kostengünstigen Maßnahmen in der Praxis zu erheblichen Einsparungen im Energieverbrauch führen, sollten sie unbedingt im Energieausweis vermerkt werden, wenn sie für das Gebäude sinnvoll sind.

3 Maßnahmen an der Gebäudehülle



3.1 Grundsätze

Bei der Modernisierung bestehender Gebäude können hohe Energieeinsparungen erzielt werden. Eine Reduktion des Primärenergiebedarfs um mehr als 50 Prozent ist technisch machbar und häufig wirtschaftlich sinnvoll umsetzbar.

Eine entscheidende Rolle spielt dabei die Optimierung der thermischen Hüllfläche. Zur thermischen Hüllfläche zählen die Außenwände, das Dach, die Kellerdecke oder Bodenplatte sowie die Fenster und Außentüren. Da Gebäude in der Regel keine standardisierten Systeme sind, die pauschal bewertet werden können, ist eine fachmännische und individuelle Analyse des Gebäudes Voraussetzung für die Erarbeitung sinnvoller Modernisierungsempfehlungen.

Einfluss einer Modernisierung auf das Gebäude

Wird ein Gebäude modernisiert, kann sich das gesamte Energiegefüge nachhaltig verändern. Ziel einer Modernisierung im Hinblick auf die Energieeffizienz ist zunächst die Senkung des Heizwärmebedarfs und die Steigerung des Wohnkomforts durch höhere Oberflächentemperaturen. Werden jedoch z. B. neue dicht schließende Fenster eingebaut, ohne dass gleichzeitig für einen ausreichenden Luftwechsel gesorgt ist (z. B. durch eine Lüftungsanlage), kann es an ungedämmten Bauteilen zu Tauwasserausfall und damit zu Schimmelproblemen im Innenraum kommen.

Die Modernisierung der Gebäudehülle senkt nicht nur den Energiebedarf, sondern hat auch Einfluss auf das Erscheinungsbild des Gebäudes. Dadurch kann die Identifizierung der Bewohner mit dem Gebäude beeinflusst werden. Auch die Wechselwirkung mit der Nachbarbebauung kann sich verändern und das Straßenbild nachhaltig beeinflussen. Schließlich ist bei erhaltenswerten Gebäuden oder Gebäudeteilen die Auswirkung der Modernisierung auf den Denkmalschutz zu beachten.

Optimierung der Gebäudehülle

Neben der Dämmung der thermischen Hüllfläche können folgende Maßnahmen zur Optimierung der Gebäudehülle sinnvoll sein:

Optimierung des A/V_e -Verhältnisses

Das Verhältnis der thermischen Hüllfläche A zum hiervon eingeschlossenen Bauwerksvolumen V_e hat Einfluss auf den Energiebedarf des Gebäudes. Je kleiner die Umfassungsfläche A im Verhältnis zum beheizten Volumen V_e ist (A/V_e), desto geringer ist auch der Wärmeverlust pro m^2 Nutzfläche über die Gebäudehülle. Vor- und Rücksprünge im Gebäude verschlechtern das Verhältnis. Im Zuge einer Modernisierung kann das A/V_e -Verhältnis verbessert werden, indem man das Gebäude z. B. durch An- oder Erweiterungsbauten sinnvoll ergänzt. Dabei sollten die ergänzten Bauteile aus hoch wärmedämmenden Materialien bestehen. Modernisierungsmaßnahmen mit größeren baulichen Veränderungen können äußerst komplex sein und sollten daher mithilfe eines Fachplaners durchgeführt werden.



Wie die thermische Hüllfläche eines Gebäudes festgelegt wird, ist in Teil 1 der Reihe Leitfaden Energieausweis [1] erläutert.



Abb. 6: Mehrfamilienhaus vor und nach der energetisch optimierten Modernisierung, Oberstdorf

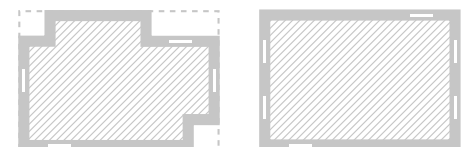


Abb. 7: Verbesserung des A/V_e -Verhältnisses: Durch Ergänzung zu einem einfachen Baukörper mithilfe von Verglasungen von Loggien kann ein energetisch günstiges Volumen entstehen.

Bildung von Pufferzonen

Pufferzonen wie unbeheizte Wintergärten, Garagenanbauten und unbeheizte Treppenhäuser können ebenfalls den Transmissionswärmeverlust mindern, sofern das beheizte Volumen an diese Pufferzonen grenzt.

Einsparpotenzial durch die Gebäudehülle

Das Einsparpotenzial im Bereich der Gebäudehülle ist bei jedem Gebäude unterschiedlich. Die genauen Einsparungen sind abhängig von der Größe der Bauteilflächen und der mithilfe der Dämmung erreichten Bauteilqualität (U-Wert). Wird bei einem bisher unsanierten Gebäude die gesamte Gebäudehülle gedämmt, kann der Heizwärmebedarf in der Regel um 50 Prozent oder mehr gesenkt werden.

Wie sich die Verluste bei einem typischen unsanierten Einfamilienhaus aus dem Jahr 1980 über die einzelnen Bauteile der Gebäudehülle und der Anlagentechnik verteilen, zeigt folgende Grafik beispielhaft:

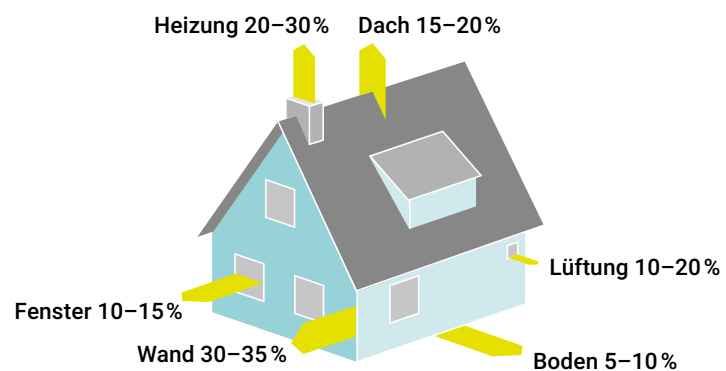


Abb. 8: Typische Verteilung der Wärmeverluste eines unsanierten Einfamilienhauses aus dem Baujahr 1980

3.2 Wärmedämmung

Als Wärmedämmstoffe werden Baustoffe bezeichnet, deren Wärmeleitfähigkeit kleiner als $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ist. In der Regel wird die Dämmwirkung durch eingeschlossene Luftporen erreicht. Dämmstoffe werden entweder künstlich hergestellt (Mineral- und Glasfaser, Polystyrol, Polyurethan etc.) oder aus natürlichen Rohstoffen gewonnen (Holzfaser, Zellulose, Hanf etc.). Darüber hinaus gibt es als neueste Entwicklung besonders gut dämmende Vakuumisulationspaneele (VIP). Die Dämmwirkung dieser VIP ist durch das eingeschlossene Vakuum um den Faktor 8 bis 10 höher als bei konventionellen Dämmstoffen.

Dämmstoffe übernehmen je nach Einbausituation und Material verschiedene Aufgaben:

- Reduktion der Transmissionswärmeverluste im Winter
- Überhitzungsschutz im Sommer
- Brandschutz
- Trittschalldämmung
- Schutz der Konstruktion vor Kondensationsfeuchte oder Frost
- Erhöhung der Behaglichkeit

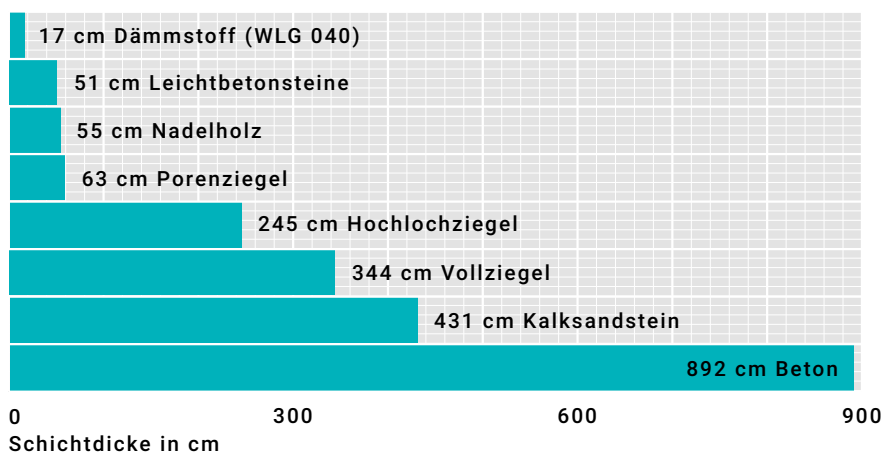


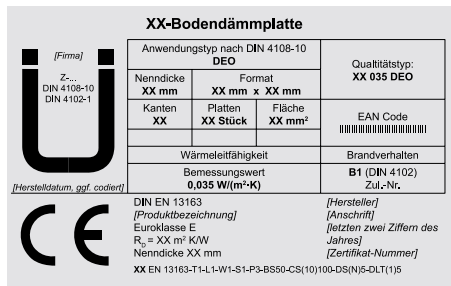
Abb. 9: Schichtdicke verschiedener Baustoffe bei gleicher Dämmwirkung (in cm)

3.2.1 Kriterien für die Dämmstoffwahl

Im Gebäudeenergiegesetz ist nicht definiert, welche Detailinformationen zu den kurz gefassten Modernisierungsempfehlungen im Energieausweis anzugeben sind. Es empfiehlt sich jedoch, zumindest die Dämmstoffdicke und die Wärmeleitgruppe (WLG) des Dämmstoffs mit anzugeben.

Dem beratenden Fachmann und dem Gebäudeeigentümer sollte die Komplexität bei der Auswahl des geeigneten Dämmstoffs bewusst sein. Vor der Durchführung der Modernisierungsmaßnahmen sollte eine weiterführende Beratung bzw. Planung angeboten oder ein geeigneter Fachmann hinzugezogen werden. Im Folgenden sind die wichtigsten Kriterien zur Dämmstoffwahl aufgeführt.





Die DIN-Nummer und das Ü-Zeichen gelten als Nachweis für die bauaufsichtliche Zulassung des Dämmstoffs in Deutschland.

Das CE-Zeichen bedeutet, dass der Dämmstoff übereinstimmend mit den geltenden EU-Normen hergestellt ist. Der Nennwert der Wärmeleitfähigkeit wird in der EUNormung vom Hersteller aus den Messwerten aller Dämmstoffproben einer Produktion ermittelt.

Das Ü-Zeichen besagt, dass der Dämmstoff mit der deutschen Normung übereinstimmt. Für die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit darf, anders als auf der Grundlage der europäischen Normung, keine Probe aus einer Produktion den Grenzwert überschreiten.

Abb. 10: Typisches Dämmstoffetikett



Der U-Wert-Berechnung muss immer der Bemessungswert zugrunde gelegt werden. Dieser ist bei Dämmstoffen, die über eine bauaufsichtliche Zulassung verfügen, auf dem Etikett angegeben. Die bauaufsichtliche Zulassung erfolgt durch ein unabhängiges, staatlich anerkanntes Prüfinstitut und wird durch das Ü-Zeichen auf dem Etikett kenntlich gemacht.

Dämmstoffe ohne bauaufsichtliche Zulassung verfügen ausschließlich über ein CE-Kennzeichen auf dem Etikett. Hier muss laut DIN V 4108-4 der Bemessungswert durch einen Aufschlag von 20 Prozent auf den angegebenen Nennwert der Wärmeleitfähigkeit errechnet werden.

Dadurch ergeben sich für Dämmstoffe mit Ü-Zeichen häufig günstigere Bemessungswerte gegenüber Dämmstoffen mit ausschließlicher CE-Kennzeichnung.

Wärmeleitfähigkeit λ in $W/(m^2 \cdot K)$

Die Maßeinheit λ bezeichnet die Wärmeleitfähigkeit eines Dämmstoffs. Je niedriger dieser Wert ist, umso besser ist die Wärmedämmwirkung eines Materials. Man unterscheidet zwischen zwei verschiedenen Lambda-Werten: dem Nennwert und dem Bemessungswert. Der Nennwert wird auf Grundlage von Proben aus der Produktion des Dämmstoffs bestimmt. Der Bemessungswert ist der Rechenwert und darf ausschließlich der Berechnung des U-Werts zugrunde gelegt werden. Ist auf dem Dämmstoffetikett nur der Nennwert ausgewiesen, muss ein Zuschlag von bis zu 20 Prozent zur Ermittlung des Bemessungswerts angesetzt werden.

Dampfdiffusionswiderstandszahl μ

Durch die Wasserdampfdiffusion von innen nach außen, speziell im Winter, kann sich im Innern von Außenwänden und Dächern Kondensat bilden. Der μ -Wert gibt den Diffusionswiderstand eines Stoffes an und ist eine dimensionslose Einheit. Sie gibt an, um wie viel der Diffusionswiderstand eines Baustoffs größer ist als der Diffusionswiderstand einer gleichdicken Luftschicht. Nach DIN 4108-4 sind Dämmstoffe aus Mineralwolle ($\mu = 1$) sehr diffusionsoffen, Schaumglas hingegen ist praktisch dampfdicht ($\mu = 100.000$). Meist verwendet man dampfdichte und damit feuchteresistente Stoffe bei der Gefahr aufsteigender Feuchte (Kellerräume) oder bei Konstruktionen, die Schlagregen ausgesetzt sind. Besonders bei der Kerndämmung von zweischaligen Wänden muss der Dämmstoff einen möglichst hohen Dampfdiffusionswiderstand aufweisen, da die einmal aufgenommene Feuchte schlecht wieder abgegeben werden kann.

Bei der Innendämmung hingegen sind kapillaraktive Dämm-Materialien z. B. aus Calciumsilikat, die keine Dampfsperre oder dampfdichten Anstrich erhalten dürfen, praktisch bewährt. Calciumsilikat-Platten sind sehr diffusionsoffen ($\mu = 5-20$). Sie sind in der Lage, entstehendes Tauwasser kapillar aufzunehmen und wieder an die Raumluft abzugeben.

Spezifische Wärmekapazität c in $J/(kg \cdot K)$

Die spezifische Wärmekapazität ist ein Richtwert dafür, wie viel Wärme ein Stoff speichern kann. Sie ist definiert als die Menge an Energie, die ein Kilogramm eines Baustoffs aufnimmt, wenn sich die Temperatur des Materials um 1 K erhöht. Dämmstoffe auf Holzbasis besitzen eine bis zu 20-mal höhere Wärmekapazität als mineralische Dämmstoffe. Je nach Konstruktion der Bauteile hat die spezifische Wärmekapazität der verwendeten Dämmstoffe einen positiven Einfluss auf den sommerlichen Wärmeschutz.

Temperaturleitzahl a in m^2/s

Die Temperaturleitzahl gibt die durch Wärmeleitung entstehende zeitliche Veränderung von Temperaturverteilungen in Baustoffen an. Sie ist abhängig von der Wärmeleitfähigkeit, der spezifischen Wärmekapazität und der Rohdichte eines Baustoffs. Je geringer dieser Wert ist, desto besser ist die Wärmepufferung. Während die Wärmeleitfähigkeit die stationäre Wärmeleitung beschreibt, berücksichtigt die Temperaturleitzahl auch instationäre Effekte wie die Weitergabe von Temperaturzyklen durch Tag- und Nachtschwankungen der Außentemperatur. Wie warm oder kalt sich ein Körper anfühlt, wird im ersten Moment durch die Temperaturleitfähigkeit bestimmt. Je größer die Temperaturleitzahl a ist, desto kälter fühlt sich die Oberfläche eines Materials im ersten Moment an.

Rohdichte ρ in kg/m³

Die Rohdichte bezeichnet das Verhältnis von Masse zu Stoffvolumen (inklusive aller Luft- bzw. Gaseinschlüsse). An statisch beanspruchten Bauteilen wie Dachstuhl und Holzkonstruktionen spielt das Gewicht der Wärmedämmung eine große Rolle. Bei der Außenwanddämmung hat die Rohdichte wesentlichen Einfluss auf die Befestigungsart (wie Kleben, Dübeln etc.).

Druckfestigkeit σ in N/mm²

Die Druckfestigkeit gibt an wie viel Kraft pro Fläche ein Material aushalten kann bevor es sich plastisch verformt. Die meisten Wärmedämmstoffe besitzen eine sehr niedrige Druckfestigkeit. Belastbare Dämmstoffe, z. B. für eine Aufsparrendämmung, sind laut Etikett entsprechend gekennzeichnet. Für hoch belastete Bereiche wie Parkdecks oder begehbare Flächen kann z. B. Schaumglas eingesetzt werden, das eine sehr hohe Druckfestigkeit aufweist.

Brennbarkeit/Brandschutz

Dämmstoffe können zum vorbeugenden Brandschutz beitragen, da sie die tragenden Bauteile vor zu schneller Erwärmung schützen. Sie sind nach DIN 4102 den folgenden Baustoffklassen zugeordnet:

- A 1 – nicht brennbarer Baustoff ohne brennbare Bestandteile
- A 2 – nicht brennbarer Baustoff mit geringem Anteil brennbarer Baustoffe
- B 1 – schwer entflammbare Baustoffe
- B 2 – normal entflammbare Baustoffe (Mindestanforderung für Häuser bis zu zwei Vollgeschossen)

Verrottbarkeit, Schädlingsresistenz

Die Schädlingsresistenz eines Dämmstoffs beeinflusst seine Einsatzmöglichkeiten und die Höhe des Zusatzes von Insektiziden. Nachwachsende Dämmstoffe sind meist anfälliger für Insektenbefall, sind also häufig mit Pestiziden und Insektiziden belastet. Mithilfe von Zusatzstoffen kann die Resistenz aber auch erhöht werden.

3.2.2 Sinnvolle Dämmstoffdicken

Das Gebäudeenergiegesetz gibt für die Sanierung von Bauteilen bestimmte Mindest-Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) vor. Aufgrund stetig steigender Energiepreise kann es jedoch sinnvoll sein, einen höheren Dämmstandard bei einer Sanierung zu wählen. Welche Dämmdicken für das einzelne Gebäude optimal sind, muss im Einzelfall berechnet werden. Tabelle 3 gibt einen Überblick über Mindestdämmstoffdicken laut GEG und über die von der dena im Rahmen des Projekts „Niedrigenergiehaus im Bestand“ empfohlenen Dämmstandards von Außenbauteilen.

Die gesetzlichen Mindestanforderungen und die Empfehlungen für Dämmdicken beruhen auf den derzeitigen Energiepreisen und können sich bei einer weiteren Teuerungsrate auch ändern.

Bauteil	Gesetzliche Mindestanforderungen an die Bestandssanierung		Empfehlung aus dem dena-Projekt „Niedrigenergiehaus im Bestand“	
	U-Wert in $W/(m^2 \cdot K)$	Dämmstärke ¹	U-Wert in $W/(m^2 \cdot K)$	Dämmstärke ⁸
Außenwand (Dämmung außen) ^{2,3,9}	0,24	ca. 14 cm	0,10–0,20	18–30 cm
Außenwand (Kerndämmung)	mind. Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,45 W/(m^2 \cdot K)$ ist einzuhalten	Hohlraum muss vollständig ausgefüllt sein		den Hohlraum vollständig ausfüllen und ggf. zusätzlich dämmen
Steildach ^{5,9}	0,24	ca. 14 cm	0,10–0,20	20–30 cm
Flachdach ^{3,9}	0,20 ⁴	ca. 18 cm	0,07–0,20	20–36 cm
oberste Geschossdecke ⁹	0,24	ca. 14 cm	0,06–0,20	20–40 cm
Kellerdecke und -wände ^{3,9}	0,30 0,50 ⁶	ca. 12 cm ca. 8 cm	0,10–0,30	12–20 cm 8–10 cm
Fenster-Gesamtbauteil ⁷	1,30		0,85–1,30	

- 1 Die Umrechnung der U-Werte in Dämmstoffdicken wurde auf Basis eines Dämmstoffs mit einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035 W/(m^2 \cdot K)$ ohne Berücksichtigung der Bauteilkonstruktion vorgenommen (Rundung auf gerade cm-Werte). Die tatsächlich erforderliche Dämmstärke ist abhängig vom Aufbau der vorhandenen Bauteile und kann von den hier angegebenen Werten abweichen. Entscheidend ist die Einhaltung der maximalen U-Werte.
- 2 Für Außenwände in Sichtfachwerkbauweise gelten gesonderte Anforderungen.
- 3 Es gelten gesonderte Anforderungen, wenn die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt ist.
- 4 Je nach Dämmstoff und vorliegender Konstruktion können die notwendigen Dämmstärken bei der Innendämmung erheblich von den angegebenen Werten abweichen.
- 5 Bei Zwischensparrendämmung gelten ggf. geringere Anforderungen.
- 6 Gilt bei Aufbringen oder Erneuerung von Fußbodenaufbauten auf der beheizten Seite.
- 7 Für Fenster in Dachflächen, Glasdächer und Sonderfenster wie Schaufenster, Fenster mit Schallschutzverglasungen, durchschusshemmenden Verglasungen oder Brandschutzglas gelten gesonderte Anforderungen.
- 8 Die angegebenen U-Werte sind Erfahrungswerte aus dem dena-Modellvorhaben „Niedrigenergiehaus im Bestand“. Die hier angegebenen Dämmstärken sind abhängig vom Bauteilaufbau und von der Qualität der Dämmung und können im Einzelfall davon abweichen. Im Modellprojekt wurden meist Dämmstoffe mit einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,024–0,035 W/(m^2 \cdot K)$ verwendet.
- 9 Ist nicht auf Bauteile anzuwenden, die unter Einhaltung energiesparrechtlicher Vorschriften nach dem 31. Dezember 1983 errichtet oder erneuert wurden.

Tab. 3: Mindestdämmstoffdicken zum Erreichen der GEG-Anforderungen und Empfehlungen der dena

Dämmstoff	Wärmeleitfähigkeit λ in W/(m ² · K)	Wasserdampfdiffusionswiderstand μ	Rohdichte ρ [kg/m ³]	Baustoffklasse DIN 4102 (Brennbarkeitsklasse)	Primärenergieinhalt in kWh/m ³
Organisch – aus natürlichen Rohstoffen					
Baumwolle	0,040	1–2	20	B1–B2	10–90
Flachs	0,040	1–2	16–40	B2	50–400
Getreidegranulat	0,047	3	100–120	B2	100–120
Hanffaser	0,045	1–2	25	B2	50
Holzfaser	0,040 - 0,055	1–10	150–350	B2	165–620
Kokosfaser	0,040 - 0,050	1	80–120	B2	95–400
expandierter Kork	0,040 - 0,050	1,5–3	55–500	B2	180–400
Leichtlehm	0,080 - 0,470	3–19	300–12.000	A2–B1	k. A.
Schafwolle	0,04	1–2,5	20–25	B2	75–400
Schilfrohr	0,044 - 0,060	2	190–220	B1–B2	160
Seegras	0,045	1–2	70–80	B2	k. A.
Zellulose	0,040 - 0,045	1–2	70–100	B1–B2	55–70
Organisch – aus synthetischen Rohstoffen					
Polystyrol-Hartschaum (EPS)	0,030–0,040	20–100	15–30	B1–B2	151–900
Polystyrol-Extruderschaum (XPS)	0,030–0,040	80–250	20–60	B1–B2	360–810
Polyurethan-Hartschaum (PUR)	0,020–0,035	30–100	15–80	B1–B2	834–1.400
Anorganisch – aus natürlichen Rohstoffen					
Blähglimmer	0,070–0,160	10	k. A.	A1	k. A.
Blähton	0,040	1,1	300	A1	425
Perlite	0,050–0,060	3–4	10 - 200	A1	210 - 235
Anorganisch – aus synthetischen Rohstoffen					
Glaswolle	0,035–0,050	1–2	15–250	A1–B2	60–700
Steinwolle	0,035–0,050	1–2	15–160	A1–B2	200–800
Calciumsilikatplatte	0,050–0,065	3–20	200–260	A1–A2	3.600
Mineralschaumplatte	0,045	5	115	A2	250
Schaumglas	0,040–0,060	praktisch dicht	105–165	A1–A2	320–2.500
Vakuumisulationspaneel (VIP)	0,004–0,008	praktisch dicht	162–192	A1	–

Tab. 4: Dämm-Materialien mit den wichtigsten bauphysikalischen Eigenschaften
Quelle: Schulze-Darup: Bauökologie [5], Verbraucherzentrale: Wärmedämmung [6],
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe [7]



Luftdichtheit

$$n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$$



Undichte Stellen treten häufig an Bauteilanschlüssen auf, bei denen ein Materialwechsel stattfindet, wie am Fenster-Wand-Anschluss, oder aber auch an Einbauteilen in der äußeren Hülle, z. B. Steckdosen.



Warme Luft kann mehr Wasserdampf aufnehmen als kalte. Kühlt warme Luft ab, steigt die relative Luftfeuchte. Wird der Taupunkt (Taupunkttemperatur) erreicht, fällt Tauwasser (Kondensat) aus.

3.3 Luftdichtheit

Gebäude sollten möglichst luftdicht ausgeführt werden. Eine luftdichte Bauweise hat viele Vorteile. Zum einen können unangenehme Zugerscheinungen durch Fensterfugen und Undichtigkeiten in Wänden und Dächern vermieden werden, zum anderen werden Energieverluste minimiert. Eine wesentliche Funktion der luftdichten Ebene ist auch der Schutz der Konstruktion. Es können Feuchteschäden entstehen, wenn die warme Raumluft in die Konstruktion gelangt, dort abkühlt und der in der Luft enthaltene Wasserdampf kondensiert.

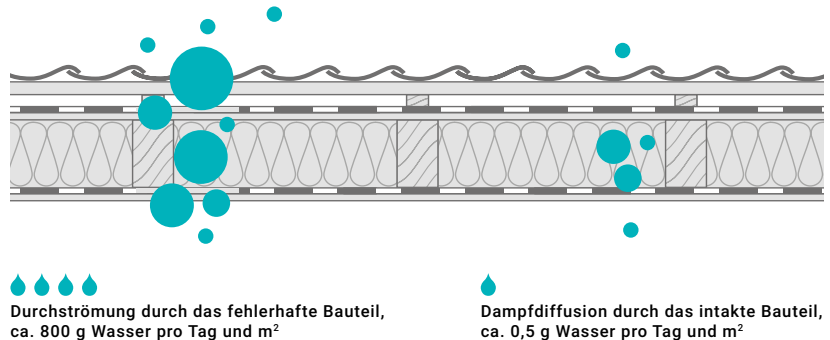


Abb. 11: Laut einer Messung durch das Institut für Bauphysik in Stuttgart gelangen bei einer 1 mm breiten Fuge mit einer Länge von 1 m ca. 800 g Wasser pro Tag in das Bauteil. Bei intakter Luftdichtung kann der Feuchteeintrag auf 0,5 g pro Tag reduziert werden [8].

Die Anforderungen an die Luftdichtheit von Gebäuden werden in DIN 4108-7 geregelt und beziehen sich auf Leckagen des ganzen Gebäudes oder des Gebäudeteils zur Außenluft oder zu unconditionierten Bereichen. Zur pauschalen Einstufung der Gebäudedichtheit können die Kategorien gemäß DIN V 18599-2 Tabelle 7 verwendet werden. Es gibt vier Kategorien:

- Gebäude, bei denen eine Luftdichtheitsmessung vorliegt,
- Neubauten ohne diese Messung,
- übliche Bestandsgebäude und
- Gebäude mit offensichtlichen Undichtheiten.

Bilanzierungsgrundlage für den Luftwechsel

In der Berechnung nach GEG wird ein Standardluftwechsel pro Stunde, bezogen auf das Luftvolumen des Gebäudes, zugrunde gelegt. Ein Luftwechsel von „1“ bedeutet den Austausch von 100 Prozent der Raumluft innerhalb einer Stunde.

Bei Modernisierungen mit lüftungstechnisch relevanten Änderungen ist nach DIN 1946-6 ein Lüftungskonzept zu erstellen, um die Notwendigkeit lüftungstechnischer Maßnahmen zur Vermeidung von Tauwasser- und Schimmelpilzbildung zu prüfen.

Die Festlegung der Luftwechsel ist in der Norm DIN V 18599 geregelt. Für mechanische Lüftungsanlagen sind der Berechnung die tatsächlich geplanten bzw. vor Ort erhobenen Luftvolumenströme zugrunde zu legen. Sind diese nicht bekannt oder ermittelbar, sind die Richtwerte des Mindestaußenluftwechsels für Wohngebäude gemäß Tabelle 4 aus DIN V 18599-10 anzusetzen:

■ $n_{\text{nutz}} = 0,5 \text{ 1/h}$ nicht bedarfsgeführt

■ $n_{\text{nutz}} = 0,45 \text{ 1/h}$ bedarfsgeführt

Der tatsächliche Luftwechsel weicht bei Bestandsgebäuden häufig von den Vorgaben des GEG ab. Bei der Modernisierung der Gebäudehülle lässt sich daher häufig eine sehr viel höhere Energieeinsparung erzielen, als zuvor rechnerisch gemäß GEG ermittelt wurde.



Die Dichtheit der Gebäudehülle kann mithilfe eines Blower-Door-Tests überprüft werden. Hierzu wird über einen Ventilator nacheinander ein Unter- und ein Überdruck von 50 Pascal erzeugt. Leckagen in der Gebäudehülle können gezielt mit einem Anemometer festgestellt werden.



Eine feuchteadaptive Dampfbremse kann ihr Diffusionsverhalten der Umgebungsfeuchte anpassen. In die Konstruktion eingedrungene Feuchtigkeit kann so bei trockenerer Raumluft wieder zurück in den Innenraum diffundieren.

3.3.1 Luftdichtheit bei der Sanierung der Gebäudehülle

Bei der Modernisierung der thermischen Hülle von Bestandsgebäuden muss auf eine sorgfältig verlegte luftdichte Ebene besonders viel Wert gelegt werden. Zum einen kann in die Konstruktion unkontrolliert eindringende Luft zu Feuchteschäden und Schimmelbildung führen, zum anderen wächst bei einem gut gedämmten Gebäude der prozentuale Anteil der Lüftungswärmeverluste an den gesamten Wärmeverlusten. Bei der Verlegung der luftdichten Ebene ist darauf zu achten, dass alle Materialien auf Dauer luftdicht sind und die Verarbeitungsrichtlinien beachtet werden (z. B. der passende Kleber zur Dichtungsbahn). Durchdringungen sind, wo immer möglich, zu vermeiden.

Planungen zur Luftdichtigkeit sind nicht Bestandteil des Energieausweises. Dem Aussteller sollte die Problematik jedoch bewusst sein, um den Gebäudeeigentümer für die Thematik sensibilisieren zu können. Vor der Durchführung von Modernisierungsmaßnahmen ist eine weitergehende Beratung des Bauherrn bezüglich der Luftdichtigkeit des Gebäudes empfehlenswert.

Typische Luftundichtigkeiten

Für die Bewertung oder Planung einer luftdichten Gebäudehülle sind vier Problemfelder zu beachten:

1. Die Dichtung in der Fläche

Jedes Bauteil hat eine Schicht, die als Luftdichtungsebene dienen muss. Bei massiven Wänden übernimmt diese Funktion der Innenputz und bei Leichtbaukonstruktionen (Holzständerwände, Dach etc.) eine Luftdichtheitsfolie oder ein Plattenwerkstoff auf der Innenseite des Bauteils. Bei Leichtbaukonstruktionen ist zusätzlich eine Winddichtungsebene (Unterspannbahn, Weichfaserplatten etc.) auf der Außenseite vorzusehen.

2. Linienförmige Anschlüsse zwischen verschiedenen Bauteilflächen

Die luftdichten Schichten benachbarter Bauteile müssen direkt und dicht miteinander verbunden werden. Besonderes Augenmerk ist dabei auf den Ortgang und alle anderen Dach-Wand-Anschlüsse zu richten.

3. Punktförmige Anschlüsse

Sie ergeben sich bei konstruktiven oder haustechnischen Durchdringungen, wie bei Kaminen, Pfetten oder Durchbrüchen von Strom- und Wasserleitungen. Die Durchdringungen können in der Regel mit luftdichten Manschetten abgeklebt werden.

4. Bauelemente mit Schließ- und Einbaufugen

Dies sind in der Regel Fenster, Türen und Rollladenkästen.

In Bestandsgebäuden finden sich häufig u. a. folgende undichte Stellen, die bei einer Sanierung zu beachten sind:

- Durchdringungen im Dach (Sanitärinstallationen, Lüftungsanlagen etc.)
- Anschlüsse an Dachflächenfenster
- Anschluss Sparren – Ortgang
- Blendrahmen – Mauerwerk (Fenster und Türen)
- Fensterflügelrahmenanpressung auf Blendrahmen
- Gurtdurchführungen bei Rollladenkästen
- unverputzte Außenwand
- nach außen durchlaufende Balken etc.
- umlaufende Dichtung und Bodendichtung im Bereich Keller- und Außentür
- Auflager von Holzbalkendecken
- Anschluss Dämmstoff – Sparrenflanken
- Dachluke zum Spitzboden
- Steckdosen oder eingebaute Lampen
- Vorwandinstallationen an Außenwänden von WCs und Bädern, da in der Regel die Außenwand nicht auf der Innenseite verputzt wurde; das unverputzte Mauerwerk führt in Verbindung mit nicht luftdichten Tastern der WC-Spülung und den Leitungsdurchführungen der Vorwandinstallation zu Luftzug.

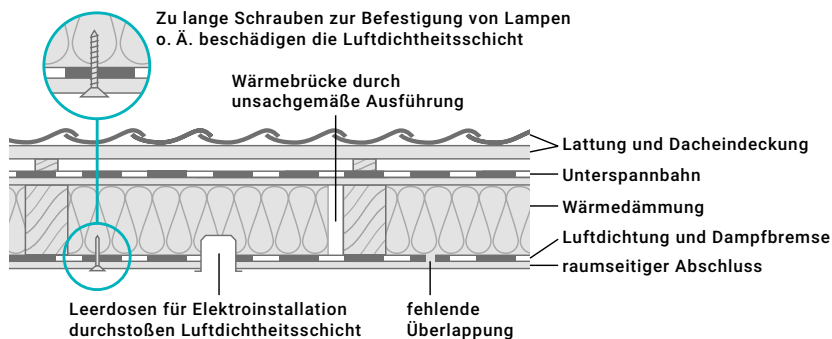


Abb. 12: Beispiel von Undichtigkeiten durch nachträgliche Beschädigung der luftdichten Ebene und durch unsachgemäße Ausführung

3.3.2 Lüftung in luftdichten Gebäuden

In luftdichten und gedämmten Gebäuden kommt der Lüftung eine besondere Bedeutung zu. Über die Lüftung wird die Raumhygiene sichergestellt und die in den Räumen entstehende Luftfeuchtigkeit abgeführt.

In der Regel werden Wohngebäude über freie Lüftung oder Fensterlüftung gelüftet. Wie lange es dauert, bis die Raumluft vollständig ausgetauscht ist, hängt von der Lüftungsart (Quer-, Stoß-, Kipplüftung) und von den Wind- und Temperaturverhältnissen ab.

Im Zuge einer Sanierung mit verbesserter Luftdichtigkeit ist der Einbau einer mechanischen Lüftungsanlage zu empfehlen, da sie den notwendigen Luftwechsel sicherstellen kann und somit unkontrollierte Lüftungsverluste vermieden werden. Eine Lüftungsanlage dient zusätzlich dem Schutz der Konstruktion, da Feuchtigkeit regelmäßig abtransportiert wird und somit nicht zu Schäden an den Bauteilen führen kann. Zudem kann ein Wärmetauscher zwischen Zu- und Abluft den Energiebedarf erheblich reduzieren.

3.3.3 Der Begriff „Atmende Wände“

Weitverbreitet ist die Auffassung, die Wände eines Hauses müssten atmen, damit sich die Luft im Haus erneuern kann. Diese Theorie geht zurück auf den Hygieniker Max von Pettenkofer, der sie im vorletzten Jahrhundert aufgestellt hat [9].

Seine Hypothese, ein Großteil des Luftwechsels in Räumen erfolge als „Porenventilation durch die Wände“, wurde 1928 vom Bauphysiker E. Raisch widerlegt. Er stellte fest, dass „der Luftdurchgang pro Stunde durch ein einziges Schlüsselloch in einem Zimmer 50-mal größer ist als durch 1 m² Außenwandfläche [10].

3.4 Wärmebrücken

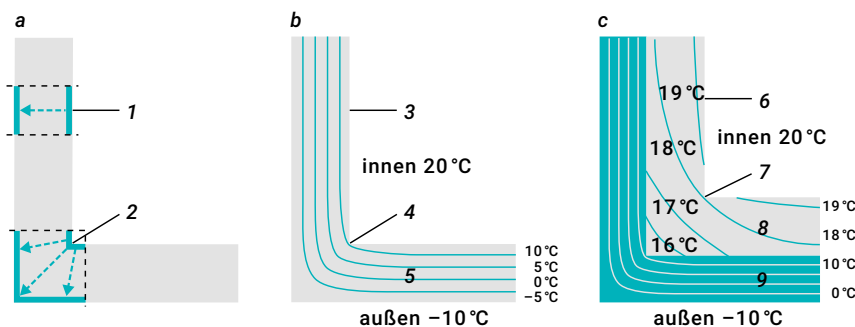
Wärmebrücken sind Schwachstellen in der Gebäudehülle, an denen im Vergleich zu den ungestörten Bauteilflächen erhöhte Transmissionswärmeverluste auftreten. Bei gedämmten Gebäuden gewinnen Wärmebrücken an Bedeutung, da der Wärmeverlust prozentual gegenüber anderen Bauteilen ansteigt. Bei der nachträglichen Dämmung eines Gebäudes ist es daher besonders wichtig, auf eine durchgängige Dämmebene zu achten. An Stellen, an denen dies nicht möglich ist, sollte der Weg für den Wärmeabfluss möglichst lang gestaltet werden (z. B. durch flankierende Dämmstreifen).

Das Erkennen und Vermeiden von Wärmebrücken erfordert besondere Fachkenntnis. Thermografieaufnahmen können helfen, Wärmebrücken sichtbar zu machen.

Als Wärmebrücken bezeichnet man Bereiche in der thermischen Gebäudehülle, bei denen aufgrund von

- Materialwechsel in der Bauteilebene (z. B. bei Fachwerkwänden)
- Merkmalen der Bauteilgeometrie (z. B. in Gebäudeecken)
- konstruktiven Zwängen (z. B. auskragenden Stahlbetondecken)
- Fugen und Undichtigkeiten (bei unsachgemäßem Einbau)

während der Heizperiode gegenüber dem ungestörten Bauteil erhöhte Wärmeabflüsse auftreten. Dadurch tritt auf der inneren Seite eine verringerte Oberflächen-temperatur auf als bei ungestörten Bauteilen.



- a Die Abbildung zeigt das Prinzip der geometrischen Wärmebrücke in der Gebäudeecke. Die Pfeile geben den Wärmestromverlauf an.
- 1 Ungestörtes Bauteil: Jeder Innenfläche steht eine gleich große Außenfläche gegenüber.
 - 2 In einer Ecke oder Kante gibt eine kleine Innenfläche einen Wärmestrom an eine viel größere Außenfläche ab.
- b Die Isothermen zeigen Bereiche im Bauteil mit gleicher Temperatur. In diesem Beispiel bildet die Innenecke die kälteste Stelle – Schimmelpilzgefahr!
- 3 Temperatur der ungestörten Wand: 14,4 °C
 - 4 Temperatur in der Ecke: 9,97 °C
 - 5 Hochlochziegel, 24 mm
- c Bei sehr gutem Wärmeschutz ist die Temperatur in der Innenecke deutlich höher.
- 6 Temperatur der ungestörten Wand: 19,2 °C
 - 7 Temperatur in der Ecke: 18,2 °C
 - 8 Kalksandstein, 24 mm
 - 9 Dämmstoff, 24 mm

Abb. 14: Gebäudeecke



Die von der dena 2020 veröffentlichte Broschüre „Die Wärmebrückenbewertung bei der energetischen Bilanzierung von Gebäuden“ kann unter www.gebaeudeforum.de heruntergeladen werden.

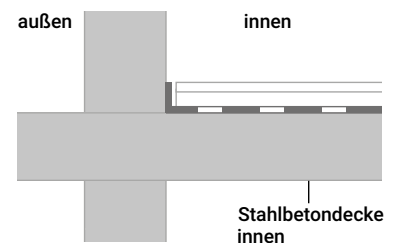


Abb. 13: Auskragende Stahlbetondecke

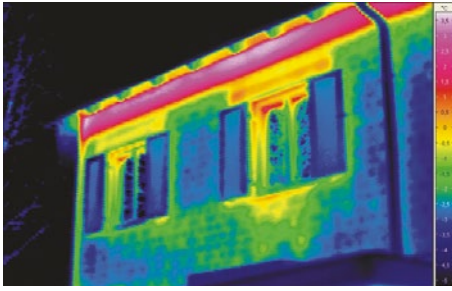


Abb. 15: Die Thermografieaufnahme zeigt eine Wärmebrücke an der Traufe und an den Fensterstürzen

3.4.1 Rechnerische Berücksichtigung von Wärmebrücken

Dadurch, dass beim Aufmaß der thermischen Hüllfläche die Außenabmessungen zugrunde gelegt werden, werden Wärmebrücken in gewissem Maße berücksichtigt. Zusätzlich wird im Rahmen der energetischen Bilanzierung bei Bestandsgebäuden im Regelfall ein pauschaler Wärmebrückenzuschlag von $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ auf die U-Werte aller Bauteile angesetzt.

Werden bei einer vollständigen Sanierung alle zugänglichen Wärmebrücken gemäß dem Beiblatt 2 zur DIN 4108 ausgeführt, darf ein verminderter Wärmebrückenzuschlag von $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ angesetzt werden. Dabei ist zu beachten, dass dieses Beiblatt Standardlösungen für Neubauten vorgeschlägt. Diese lassen sich bei der Modernisierung von Gebäuden nicht immer anwenden. Dem Planer stehen jedoch Möglichkeiten zur Verfügung, die Gleichwertigkeit der vorhandenen Konstruktion mit den Planungsbeispielen des Beiblatts 2 nachzuweisen. Verschiedene Verfahren und Vorgehensweisen werden in der Broschüre „Die Wärmebrückenbewertung bei der energetischen Bilanzierung von Gebäuden“ [11] umfassend erläutert.

Werden überwiegend Außenwandflächen mit einer Innendämmung versehen und wird die Dämmebene durch massive Decken oder Innenwände durchstoßen, so ist sogar ein pauschaler Wärmebrückenzuschlag von $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ zu berücksichtigen.

Neben den pauschalen Ansätzen können die zusätzlichen Energieverluste über Wärmebrücken aber auch über eine detaillierte Berechnung gemäß der DIN V 18599-2 oder der noch bis 31.12.2023 anwendbaren DIN V 4108-6 bei der Ermittlung des Jahresheizwärmebedarfs berücksichtigt werden.

3.4.2 Typische Wärmebrücken

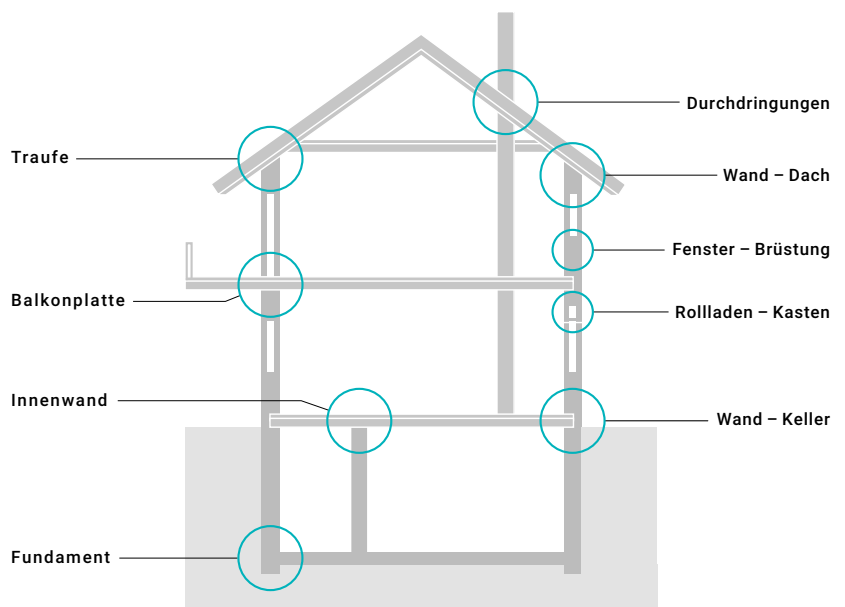


Abb. 16: Die häufigsten Wärmebrücken am Gebäude

Außenwand und Dach

Die Regelflächen eines Daches sind über Aufsparren-, Zwischensparren- und Untersparrendämmung – eine fachgerechte Ausführung vorausgesetzt – relativ einfach zu dämmen. Demgegenüber bedürfen die Anschlusspunkte vom Dach zur Außenwand einer detaillierten Planung, um Wärmebrücken zu vermeiden oder gering zu halten.

Am Ortgang liegt der obere Abschluss der Giebelwände mit der Oberkante der Sparren im Normalfall auf gleicher Höhe. Eine durchgehende Dämmung ist nur mit baulichen Eingriffen zu erreichen. Behelfsweise kann man die Innenseite der Giebelwand mitdämmen. Auch eine Aufsparrendämmung kann Abhilfe schaffen.



Abb. 17: Ortgang

Traufe

An der Traufe ist auf den Anschluss von Dach und Wand mit durchgängig verlegter Wärmedämmung zu achten. Häufig können an dieser Stelle nur geringe Dämmstoffstärken eingebaut werden. Unter Umständen muss der Dachüberstand mit Hilfe von Einschüben an den Sparren verlängert werden, wenn die Außenwand gedämmt wird und das Dach nicht weit genug auskragt.

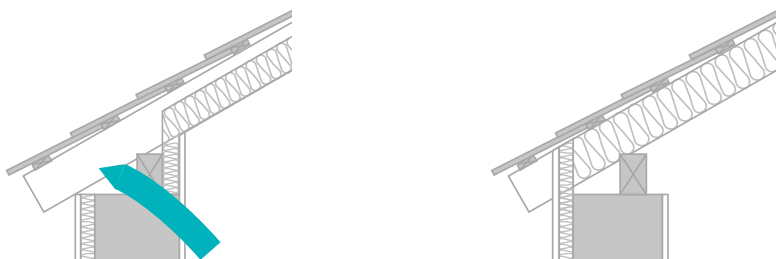


Abb. 18: Traufe

Flachdach

Die Attika ist häufig eine Schwachstelle in der Gebäudehülle. Ist keine umlaufende Dämmschicht vorhanden, sollte man die Attika nachträglich allseitig dämmen.

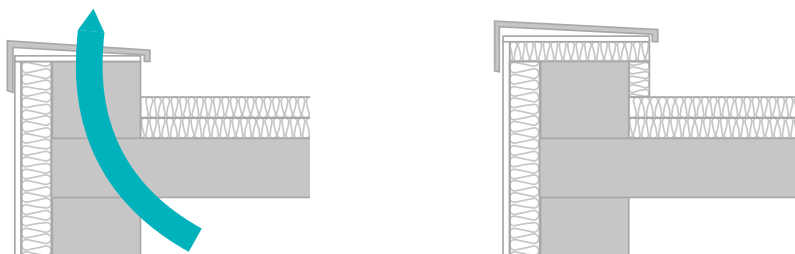


Abb. 19: Attika

Dachbodenluken

Dachbodenluken bestehen häufig aus einfachen Bauplatten ohne besondere Dämmwirkung. Sie sollten nachträglich gedämmt und luftdicht gemacht werden. Sie dürfen besonders dann nicht vergessen werden, wenn die oberste Geschossdecke gedämmt wird.

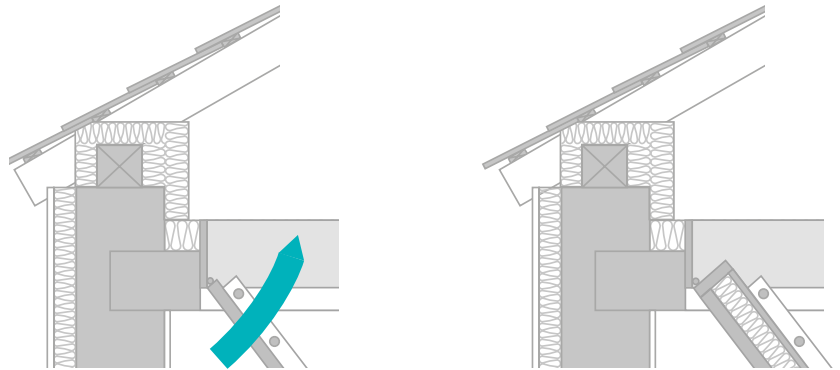


Abb. 20: Dachbodenluke zum unbeheizten Dachboden

Fenster und Türen

Fenster und Türen sollten im Idealfall in der Dämmebene liegen. Im Altbau ist diese optimale Lösung nur möglich, wenn man die Dämm-Maßnahme mit der Erneuerung der Fenster, die dann in die Dämmebene versetzt werden, kombiniert.

Eine klassische Wärmebrücke stellen Fensterlaibung und -brüstung dar. Sollen die Fenster nicht erneuert werden oder müssen neue Fenster wieder in der alten Position (mauerwerksmittig) eingebaut werden, sollten die Laibungen je nach Dämmstoffgüte mindestens ca. 3 cm stark gedämmt werden. Für die Überdämmung der Fensterrahmen müssen die Laibungen unter Umständen aufgeklopft oder es muss gegebenenfalls ein vorhandener Maueranschlag komplett entfernt werden. Da die Dämmstoffdicken in diesem Bereich nur sehr gering sein können, sollten hochdämmende Materialien eingesetzt werden. Durch das Überdämmen des Blendrahmens von bestehenden Fenstern kann in diesem Zuge auch die Luftdichtheit des Fensteranschlusses in einem gewissen Maß verbessert werden.



Abb. 21: Fensterlaibung

Fensterbrüstung

Auch die Fensterbrüstung sollte wärmebrückenoptimiert ausgeführt werden. Nicht vergessen werden darf die nachträgliche Dämmung unter den Fensterbänken. Bei nachträglicher Dämmung der Außenwand müssen die vorhandenen Fensterbänke ersetzt werden, da sie an den dickeren Wandaufbau angepasst werden müssen. Eine nachträgliche Dämmung auf der Brüstung ist deshalb in der Regel

kein Problem. Liegen die Fenster allerdings nicht in der Dämmebene, muss man auf Fensterbänke mit geringen Materialstärken zurückgreifen, um die zusätzliche Dämmschicht unterbringen zu können. Auch hier sollten aufgrund der geringen Dämmstärke nur hochdämmende Materialien verwendet werden.



Abb. 22: Fensterbrüstung

Rollladenkästen

Rollladenkästen bilden eine typische Wärmebrücke und Luftundichtigkeitsstelle. Häufig sind ältere Kästen aus Materialien mit hoher Wärmeleitfähigkeit gebaut, die Hohlräume sind ungedämmt. Durch konstruktiv bedingte Öffnungen, wie Gurt-durchführungen, entweicht warme Raumluft. Im Maßnahmenkatalog in Kapitel 3 finden sich konkrete Hinweise, wie Rollladenkästen energetisch wirksam saniert werden können.



Abb. 23: Rollladenkästen

Balkone und Vordächer

Von innen nach außen durchlaufende Stahlbetonplatten sowie Stahlträger von Balkonen, Vordächern und Dachüberständen bedeuten hohe Wärmeverluste und sind heute nicht mehr Stand der Technik. Die Folgen sind eine starke Auskühlung der Innendecke, häufig auch Feuchteschäden. Wenn möglich sollte man durchlaufende Platten abschneiden und durch vorgesetzte Systeme ersetzen. Alternativ kann über flankierende Dämmstreifen auf der Ober- und Unterseite der Wärmebrückeneffekt minimiert werden (Balkontür beachten).

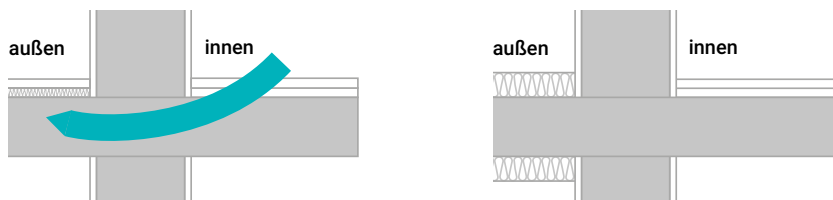


Abb. 24: Balkonplatte

Sockel

Ist der Keller unbeheizt, kann in der Regel am einfachsten die Kellerdecke nachträglich gedämmt werden. Endet die Außenwanddämmung an der Kellerdecke, entsteht hier eine Wärmebrücke. Ein außen liegender Dämmstreifen von mindestens 50 cm verringert diese Wärmebrücke.

Kann die Außenwanddämmung nicht erweitert werden, sollte der Dämmstreifen, der auch keilförmig sein kann, an der Innenwand angebracht werden.

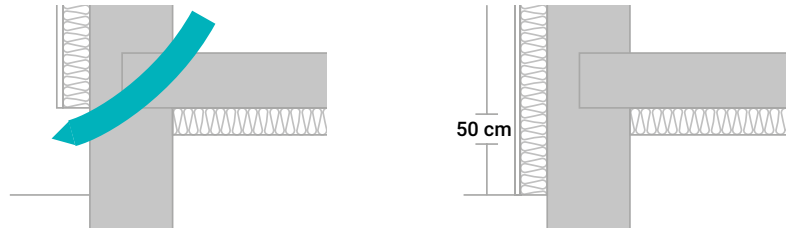


Abb. 25: Sockel

Innenwände

Innenwände in unbeheizten Kellern, deren Geschossdecken nachträglich gedämmt werden, stellen eine Wärmebrücke dar. Gegebenenfalls kann bei hocheffizienten nachträglichen Dämm-Maßnahmen die beidseitige Anbringung von ca. 50 cm breiten Dämmstreifen notwendig sein. Im Rahmen von Umbaumaßnahmen kann eine Entkopplung oder Entfernung von nicht tragenden Innenwänden sinnvoll sein, um eine durchgehende Dämmung der Geschossdecke zu ermöglichen.

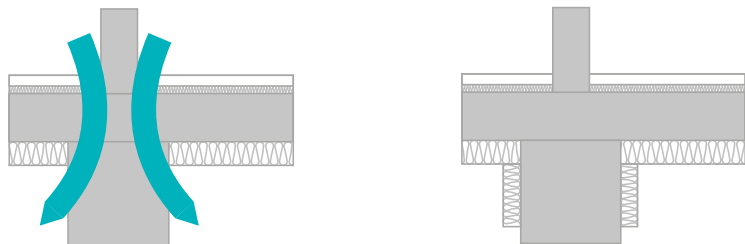


Abb. 26: Innenwandanschluss

3.5 Maßnahmenkatalog

3.5.1 Außenwand außen

Eine Dämmung der Außenwand ist immer sinnvoll, wenn ohnehin Maßnahmen wie eine Putzerneuerung oder Fassadenanstriche anstehen. Im Vorfeld muss das Gebäude dahingehend untersucht werden, wie eine ausreichende Dämmung an allen Anschlusspunkten realisiert werden kann. Der Dachüberstand beispielsweise muss ausreichend dimensioniert sein oder im Zuge der Maßnahme verlängert werden. Ebenso ist zu überprüfen, ob der vorhandene Altputz ausreichend tragfähig ist oder ob er aus- und nachgebessert werden muss.

Wärmedämmverbundsystem (WDVS)

Dämmplatten werden an die Gebäudeaußenwand geklebt, gedübelt oder mit Schienen mechanisch befestigt. Sie werden mit einem Putz überzogen, der durch Glasfasergewebe armiert ist. Darüber wird der abschließende Oberputz aufgebracht.

Typische Dämmstoffe

- Hartschaum, Mineralschaum, Mineralwolle, Holzfaserdämmung, Korkdämmung

Befestigung an der bestehenden Außenwand

- Bei der Befestigung sind die Richtlinien des jeweiligen Herstellers zu beachten.
- Für nicht tragfähigen Untergrund oder zum Ausgleich größerer Unebenheiten gibt es spezielle Schienenbefestigungen.
- WDVS können Lärmemissionen der Umgebung verstärkt an den Innenraum übertragen. Daher ist besonders an stark befahrenen Straßen das Dämm-Material entsprechend auszuwählen.

Vorteile

- bei korrekter Umsetzung bauphysikalisch sichere Konstruktion
- einfaches Anbringen größerer Dämmstoffdicken
- kostengünstiger Aufbau
- Minimierung von Wärmebrücken durch sorgfältige Planung möglich
- Erhaltung der Speicherwirkung der massiven Außenwand (sommerlicher Wärmeschutz)
- Schutz der Konstruktion durch Minimierung von Temperaturspannen

Zu beachten

- Außendämmung verändert das Erscheinungsbild des Gebäudes (besonders zu beachten bei denkmalgeschützten Gebäuden).
- Ab einer Dämmstoffdicke von 10 cm müssen bei den meisten Hartschaumdämmsystemen Brandschutzvorkehrungen im Fensterbereich getroffen werden.

Maßnahmen

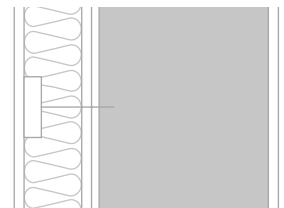


Abb. 27: Wärmedämmverbundsystem geklebt und gedübelt



Nachträgliches Dämmen über die Abstandsflächen hinaus ist über die jeweilige Landesbauordnung geregelt. Bei Grenzbebauungen an öffentlichen und privaten Flächen sind Absprachen mit den Bauämtern und privatrechtliche Vereinbarungen nötig.

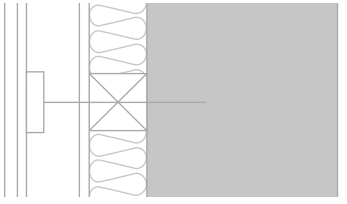


Abb. 28: Hinterlüftete Vorhangfassade

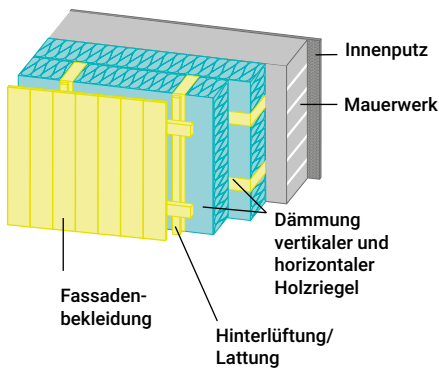


Abb. 29: Aufbau hinterlüftete Vorhangfassade

Hinterlüftete Vorhangfassade

Die wärmedämmende, hinterlüftete Vorhangfassade besteht aus einer Dämmschicht, die mechanisch an die Außenwand angebracht und durch eine winddichte und wasserabweisende Schicht geschützt wird. Davor befindet sich eine Hinterlüftungsebene, die außen durch eine vor direkter Bewitterung schützende Bekleidung begrenzt ist. Aufgrund ihrer Eigenschaft, Kondenswasser abzuführen und bei einem diffusionsoffenen Aufbau eine Austrocknung zu ermöglichen, kann die Vorhangfassade im Sanierungsbereich auch bei durchfeuchtetem Mauerwerk eingesetzt werden. Sie nimmt im Vergleich zum Wärmedämmverbundsystem mehr Platz in Anspruch. Entsprechend ist im Vorfeld der vorhandene Platz an Anschlusspunkten wie Dach und Fenster zu überprüfen.

Typisches Material

- Dämmung: Mineralfaserdämmung, Holzweichfaserplatten, Hartschaumplatten
- Vorhang: viele Materialien und Oberflächen ausführbar (z. B. Holzpaneele, Metallfassade, Kunststoffplatten, Putzträgerplatten etc.)

Befestigung an der bestehenden Außenwand

- Befestigung mithilfe einer Unterkonstruktion aus Holz und Metall
- Wahl der Unterkonstruktion ist abhängig von der Vorhangfassade (Gewicht, Befestigungssystem etc.)

Vorteile

- durch Hinterlüftung besserer sommerlicher Wärmeschutz gegenüber dem WDVS
- in der Regel bauphysikalisch unbedenklich
- Altputz muss nicht nachgebessert werden.
- Neugestaltung des äußeren Erscheinungsbildes möglich
- durch demontierbare Konstruktion gut zu warten

Zu beachten

- erhöhter Platzbedarf
- Anschlussdetails sind nicht einfach und müssen gut geplant werden.
- durchgehende gut be- und entlüftete Luftschicht erforderlich
- Konstruktion teurer als WDVS

Für Gebäude über 8 m Höhe oder Wohngebäude mit mehr als zwei Vollgeschossen ist eine bauaufsichtliche Zulassung der Fassadenelemente erforderlich.

Innendämmung

Eine Innendämmung ist nur bei Bauaufgaben empfehlenswert, bei denen eine Dämmung von außen nicht oder nur mit hohem Aufwand realisierbar ist (z. B. bei erhaltenen Fassaden, Denkmälern etc.). Wird eine Außenwand auf der Innenseite gedämmt, wird zwischen Innendämmung und Außenwand in der Regel im Winter der Taupunkt unterschritten. Hier ist die Gefahr besonders groß, dass Tauwasser ausfällt und Feuchteschäden entstehen. Deswegen ist darauf zu achten, dass auch eine lückenlose Dampfbremse eingebaut wird. Diese muss insbesondere an den Anschlusspunkten von Decken und Innenwänden sorgfältig geplant und ausgeführt werden.

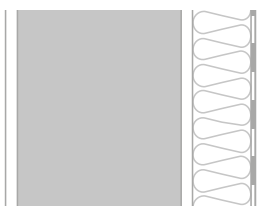


Abb. 30: Konstruktionsdetail: Innendämmung mit Dampfbremse

Typische Dämmstoffe

- | Mineralschaum- oder Calciumsilikat-Platten. Sie können mithilfe des Kapillareffekts Feuchte aufnehmen, in der Fläche verteilen und schnell wieder abgeben (bei Einbau ist keine zusätzliche Dampfbremse erforderlich).
- | Holzfaserdämmplatten und andere nachwachsende Dämmstoffe
- | Hartschaumplatten
- | Glas- und Mineralwolle
- | Wärmedämmputz

Eine fachliche Beratung ist bei der Planung und Ausführung der nachträglichen Innendämmung erforderlich, da es sich um eine bauphysikalisch schwierige Konstruktion handelt!

Befestigung an der bestehenden Außenwand

- | Kleben oder Dübeln der Dämmung auf der Innenseite der Außenwand
- | Untergrund muss eben sein oder entsprechend hergerichtet werden.
- | Selbsttragende Innenschale aus Holzständer oder Metallprofilen
- | Gegebenenfalls feuchteadaptive Dampfbremse auf der dem Wohnraum zugewandten Dämmstoffseite
- | Anschlüsse an Decke, Boden und den Innenwänden müssen sorgfältig geplant sein.

Vorteile

- | Das äußere Erscheinungsbild bleibt erhalten.
- | Eine Sanierung ist raumweise möglich und witterungsunabhängig.
- | In der Heizperiode erwärmen sich die Räume schneller.

Zu beachten

- | Große Dämmstoffdicken führen zu höherem Raumverlust und einer höheren Wärmebrückenwirkung.
- | Gefahr von Bauschäden, besonders an unvermeidbaren Wärmebrücken (z. B. Decken und Innenwänden)
- | Leitungen in der Außenwand können durch Frost beschädigt werden.
- | Speicherwirkung der massiven Außenbauteile wird reduziert.
- | Wohnfläche wird reduziert.
- | Einbau in bewohntem Zustand nur mit erheblichen Einschränkungen für die Bewohner möglich

Eine Innendämmung lohnt sich z. B.:

- | bei Wohnungsrenovierung oder Mieterwechsel, wenn nicht von außen gedämmt werden kann,
- | wenn nur einzelne Wohnungen in einem Mehrfamilienhaus saniert werden können (z. B. bei Eigentümergemeinschaften),
- | wenn das Erscheinungsbild des Gebäudes nicht verändert werden soll (z. B. bei denkmalgeschützten Fassaden).

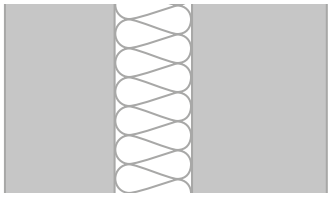


Abb. 31: Zweischaliges Mauerwerk mit Kerndämmung



Das GEG wird eingehalten, wenn die Luftschicht vollständig mit Dämmung ausgefüllt ist. Bei einer Kerndämmung muss kein bestimmter U-Wert eingehalten werden, da die mögliche Dämmdicke durch die vorhandene Luftschicht eingeschränkt ist.

Kerndämmung

Zweischaliges Mauerwerk kann nachträglich mit einer Kerndämmung besonders kostengünstig energetisch verbessert werden. Über Bohrungen oder ausgenommene Klinker wird ein loser wasserabweisender Schüttdämmstoff in die Luftschicht eingebracht und zu einer fugenlosen, homogenen Schicht verdichtet. Wichtig ist eine Prüfung der Luftschicht im Vorfeld, um Zahl und Zustand der vorhandenen Maueranker zu untersuchen und sicherzustellen, dass Mörtelreste oder Bauschutt keine Wärmebrückeneffekte erzeugen und den Zwischenraum blockieren.

Typische Dämmstoffe

- | Perlite
- | Mineralfaserflocken
- | Dämmschäume auf Polystyrolbasis

Die Dämmstoffe müssen den erforderlichen DIN-Normen und Brandschutzrichtlinien entsprechen, dauerhaft wasserabweisend, unverrottbar und nicht brennbar sein.

Vorteile

- | einfach durchführbar bei bestehender zweischaliger Konstruktion
- | Das Erscheinungsbild des Gebäudes bleibt erhalten.

Zu beachten

- | Luftschicht muss durchgehen und darf nicht unterbrochen sein (z. B. von Mörtelresten, Müll o. Ä.), damit beim Einbringen der Dämmung keine Wärmebrücken durch Lücken in der Dämmung entstehen.
- | Mörtelfugen der Außenwand müssen intakt sein, um Eindringen von Feuchte zu vermeiden.
- | Anschlusspunkte sorgfältig planen (Sockel, Fenster, Rollladenkästen, Dach etc.); Wärmebrücken können meist nicht komplett vermieden werden.
- | nur geringe Dämmdicken möglich

Nachträgliche Kerndämmungen fallen in der Regel unter genehmigungsfreie Vorhaben. Da das äußere Erscheinungsbild unverändert bleibt, eignet sich die Maßnahme gerade im denkmalgeschützten Gebäudebestand.

Eine Kerndämmung lohnt sich z. B., wenn:

- | eine zweischalige Außenwand mit intakter Luftschicht vorliegt,
- | das Erscheinungsbild der Außenwand unverändert bleiben soll,
- | eine intakte Vorhangschale vorhanden ist.

3.5.2 Dach

Aufsparrendämmung

Eine Modernisierung mit Aufsparrendämmung ist zu empfehlen, wenn die Dachdeckung ohnehin erneuert wird. Die alte Dachkonstruktion wird nach Entfernung der Dachdeckung mit einer dampfbremsenden und winddichten Schicht versehen, auf der die neue Dämmebene verlegt werden kann. Bei ungeraden Sparren muss unter der Dämmung eventuell erst eine ebene Fläche hergestellt werden. Über der Dämmung werden eine Unterspannbahn, die Dachunterkonstruktion und die Dachdeckung montiert. Um die Konstruktion dauerhaft bauphysikalisch sicher zu halten, muss eine Beschädigung der dampfbremsenden Schicht durch Nägel etc. auf jeden Fall vermieden werden.

Typische Dämmstoffe

- druckfeste Hartschaumplatte
- druckfeste Mineralfaserplatten
- Holzfaserdämmplatten

Vorteile

- durchgängige Dämmebene möglich
- wärmebrückenfreie Konstruktion möglich (Sparren, Ortgang und Innenwände durchstoßen nicht die Dämmebene)
- Die Dämmebene kann optimal von außen vor Feuchte geschützt werden.
- Die Maßnahme kann ohne Veränderung des Dachraumes und im bewohnten Zustand vorgenommen werden.
- Sparren können bei nachträglichem Dachgeschossausbau im Innenraum sichtbar bleiben.

Zu beachten

- Vorhandene Sparren bilden häufig, z. B. wegen Durchbiegungen, keine ebene Fläche. Sparren müssen unter Umständen unterfüttert werden.
- Der Anschluss der luftdichten Ebene an den Anschlusspunkten (z. B. Wand-Dach-Anschluss, Durchdringungen von Entlüftungsrohren etc.) muss lückenlos sein (eventuell luftdichtende Manschetten verwenden).
- nachträglicher Beschädigung der Dampfbremse vorbeugen
- Alle Anschlusshöhen aufgehender Bauteile, wie Kamine und Brandwände, müssen angepasst werden.
- relativ hohe Investitionskosten (Gerüst, Dämmung und Dachdeckung)
- verändertes äußeres Bild durch Anheben der Dachebene (Abstandsfläche ändert sich)

Eine Aufsparrendämmung lohnt sich z. B., wenn:

- das Dach undicht ist oder die Dachziegel erneuert werden sollen,
- das Dach bereits ausgebaut ist und nachträglich gedämmt werden soll,
- die Sparren im Dachraum sichtbar bleiben sollen.

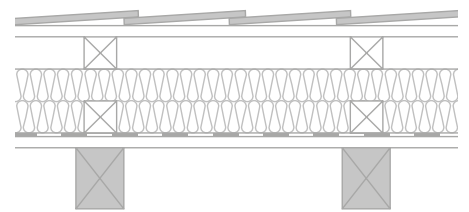


Abb. 32: Aufsparrendämmung mit optimierter Dämmdicke



Die alte Konstruktion ist von einem Fachmann statisch-konstruktiv und brandschutztechnisch zu untersuchen. Eine Kombination mit einer Zwischensparrendämmung ist meist zu empfehlen, um ausreichende Dämmschichtdicken zu erzielen. Unter Umständen muss für die Maßnahme eine baubehördliche Genehmigung eingeholt werden, da sich die Trauf- und die Firsthöhe ändern.



Die Ermittlung der Abstandsfläche ergibt sich aus der Traufhöhe des Gebäudes. Die Traufhöhe ist durch den Schnittpunkt von Außenwand und Dacheindeckung definiert. Wird das Dach durch nachträgliche Dämmung angehoben, verändert sich dadurch auch die Abstandsfläche des Gebäudes.

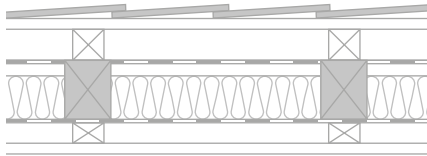


Abb. 33: Konstruktionsschnitt mit neuer Dämmebene im Sparrenzwischenraum



Eine Kombination mit Auf- bzw. Untersparrendämmschichten ist zu empfehlen, um die Dämmdicke zu optimieren und Wärmebrücken zu vermeiden. Die Tragfähigkeit der alten Dachkonstruktion sollte zuvor von einem Fachmann geprüft werden.

Zwischensparrendämmung

Ist eine Neueindeckung des Gebäudes nicht geplant, kann eine nachträgliche Dachdämmung nur von innen zwischen den Sparren erfolgen. In diesem Fall sollte sichergestellt sein, dass eine intakte Unterspannbahn zur Vermeidung von Feuchtigkeitseintrag von außen und als winddichte Ebene vorhanden ist. Als Dämmung eignen sich zum Beispiel sogenannte „Klemmfilze“, da sie sich am besten an im Bestand häufig vorkommende ungerade Sparren anpassen und bei unterschiedlichen Sparrenabständen individuell zugeschnitten werden können. Damit der Zwischenraum lückenlos ausgefüllt wird, ist es ratsam, die Dämmung etwas größer zuzuschneiden, als der Zwischenraum breit ist.

Typische Dämmstoffe

- zusammendrückbare Klemmfilze – in Rollen, Streifen und Keilen erhältlich (Mineralfaserplatten, Zellulosematten)
- Hartschaumplatten

Vorteile

- nachträglich einfach zu realisierende Maßnahme (Selbstbau möglich) bei nicht ausgebauten Dachräumen
- kostengünstige Variante (keine Baustelleneinrichtung, keine neue Deckung, bei Schüttstoffen kein Materialverschnitt)
- Kombination mit Aufsparren- oder Untersparrendämmung

Zu beachten

- sehr aufwendig bei bereits ausgebauten Dachräumen
- Sparren und einbindende Innen- und Giebelwände bilden Wärmebrücken.
- in der Regel geringe Dämmstoffdicken, wenn ausschließlich zwischen den Sparren gedämmt wird

Eine Zwischensparrendämmung lohnt sich z. B., wenn:

- auf oder unter dem Sparren gedämmt werden soll,
- das Dach nicht ausgebaut ist und kostengünstig energetisch verbessert werden soll,
- das Dach ausgebaut werden soll (in Kombination mit einer Untersparrendämmung),
- das Dach nicht neu eingedeckt werden soll.

Untersparrendämmung

Eine nachträgliche Dämmung unter der Sparrenebene ist angesichts heutiger Dämmstoffanforderungen meist nur zusätzlich zu einer Zwischensparrendämmung sinnvoll. Der Dämmstoff wird mit einer Unterkonstruktion raumseitig befestigt. Im Bestand sind Dachsparren häufig wegen Durchbiegungen uneben. Vor dem Durchführen der Maßnahme muss in diesen Fällen zunächst eine ebene Fläche hergestellt werden.

Falls bei bereits vorhandener Zwischensparrendämmung keine Dampfbremse eingebaut ist, kann diese entweder auf der Innenraumseite der neuen Dämmung eingebaut werden oder direkt unter dem Sparren zwischen alter und neuer Dämmung. Dann muss die Untersparrendämmung diffusionsoffen sein und sollte im Verhältnis zur Gesamtdämmung nicht mehr als ein Viertel ausmachen, in der Regel entspricht dies 4 bis 6 cm. Vorteil ist, dass die Dampfbremse durch die zusätzliche Dämmebene geschützt wird, die dann auch als Installationsebene genutzt werden kann. Den inneren Abschluss bilden in der Regel montierte Gipskartonplatten, Holz oder Holzwerkstoffplatten.

Typische Dämmstoffe

- Hartschaumplatten
- Mineralfaserplatten
- Holzfaserdämmplatten
- Zellulosedämm-Matten

Auf dem Markt erhältlich sind Systemkombinationen, bei denen die Dämmung bereits mit Gipskartonplatten verbunden ist.

Vorteile

- bei nicht ausgebautem Dach günstig und einfach realisierbare Maßnahme (keine neue Deckung, kein Gerüst, witterungsunabhängig)
- keine Veränderung des äußeren Erscheinungsbilds
- Eine Dämmung als Installationsebene schützt die Dampfbremse vor nachträglicher Beschädigung.

Zu beachten

- meist nur geringe Dämmstoffdicken möglich, deshalb Kombination mit Zwischensparrendämmung, um erforderliche Dämmstärke zu erreichen
- Reduktion der Raumhöhe
- Einbau einer Dampfbremse notwendig

Eine Untersparrendämmung lohnt sich z. B., wenn:

- das Dach in Kombination mit einer Zwischensparrendämmung ausgebaut werden soll, ohne dass die Dachziegel erneuert werden sollen,
- die Holzkonstruktion kleingliedrig ist und die Abstände nicht gleichbleibend sind (z. B. bei Fachwerkhäusern),
- die Dämmung des Daches bei vorhandener Zwischensparrendämmung verstärkt werden soll.

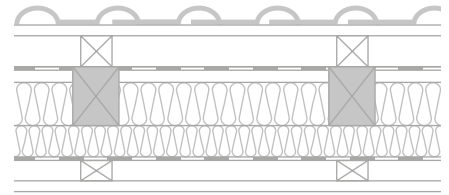


Abb. 34: Konstruktionsschnitt mit neuer Dämmebene unterhalb der Sparrenlage und raumseitiger Dampfbremse



Der nachträgliche Ausbau von Dachraum zu Wohnraum bedarf häufig keiner baubehördlichen Genehmigung. Da der Ausbau des Daches jedoch in der Regel mit einer Vielzahl an Baumaßnahmen verbunden ist (z. B. zweiter Rettungsweg), die aufeinander abgestimmt werden müssen, sollte eine weiterführende Planung und Bauleitung beauftragt werden.

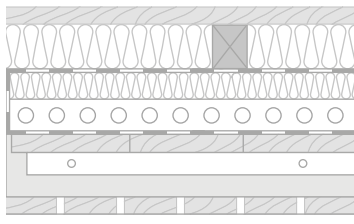


Abb. 35: Holzbalkendecke mit nachträglicher Dämmung

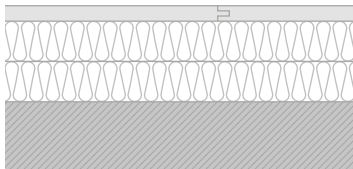


Abb. 36: Massive Decke mit nachträglicher Dämmung



Die nachträgliche Dämmung der obersten Geschossdecke bedarf keiner baubehördlichen Genehmigung. Oberste Geschossdecken in Bestandsgebäuden, die nicht den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2: 2013-02 erfüllen, müssen ab dem 01.01.2016 gedämmt sein ($U\text{-Wert} \leq 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$). Die Forderung gilt als erfüllt, wenn das darüberliegende Dach gedämmt ist oder den Mindestwärmeschutz erfüllt.



Hier steht's:
§ 47 (1) bis (4) GEG

Oberste Geschossdecke

Wenn der Dachraum nicht als Wohnraum genutzt wird und unbeheizt ist, ist eine Dämmung der obersten Geschossdecke kostengünstiger durchzuführen als die Dämmung der Dachschrägen.

Besteht die oberste Geschossdecke aus einer Holzbalkendecke, gibt es die Möglichkeit, die Zwischenräume der Holzbalken zu dämmen. Dazu muss der Bodenaufbau abgenommen und eventuell vorhandenes Füllmaterial herausgenommen werden. Bei ausreichender Höhe des Dachraums ist es einfacher, die Dämmung auf die Decke zu legen, ohne den Hohlraum zusätzlich zu dämmen. Dabei ist jedoch sicherzustellen, dass die Dämmung nicht hinterlüftet wird. Bei massiven Decken kann die Dämmung direkt auf den vorhandenen Beton oder Estrich gelegt werden.

Als Dämmung können entweder druckfeste, begehbare Platten verlegt werden, die zweilagig mit versetzten Stößen eingebaut werden, oder es wird eine Balkenlage ergänzt, zwischen der weiche Dämm-Matten eingebaut werden können. Ist die Decke uneben oder gibt es viele Durchdringungen durch Schornsteine, Trennwände o. Ä., ist es sinnvoll, eine Schüttung zu verbauen.

Typische Dämmstoffe

- | Mineralfasermatten
- | Holzfasermatten
- | Dämmschüttungen (Zelluloseflocken, Perlite)
- | druckfeste Hartschaumplatten

Vorteile

- | kostengünstige Maßnahme (kein Gerüst, weniger Materialverbrauch im Vergleich zur Volldachdämmung, Selbstbau möglich)
- | witterungsunabhängig

Zu beachten

- | Der Zugang zum Dachraum sollte auch gedämmt werden und luftdicht sein, um Energieverluste zu vermeiden.
- | Der Dachraum bleibt kalt.

Eine Dämmung der obersten Geschossdecke lohnt sich

- | in der Regel immer,
- | wenn das Dach nicht ausgebaut werden soll und kalt bleiben kann,
- | wenn durch Eigenleistung Kosten reduziert werden sollen.

Flachdach

Wie bei geneigten Dächern ist auch bei Flachdächern im Vorfeld eine Prüfung des Zustands (z. B. bezüglich Dichtheit) und der Tragfähigkeit für die beabsichtigte Maßnahme notwendig. Im Gebäudebestand gibt es im Wesentlichen zwei Konstruktionstypen von Flachdächern:

1) Warmdach (nicht hinterlüftetes Flachdach)

Die Abdichtung liegt direkt auf der Dämmebene. Im Sanierungsfall ist diese zu entfernen, dann die stärkere, neue Dämmung einzubringen oder, falls schadensfrei, die vorhandene zu verstärken und abzudichten. Bei intakter Dachabdichtung können geschlossoporige Dämmplatten auf die Dichtungsebene gelegt werden. Bei dieser Umkehrdachkonstruktion wird die Abdichtung vor mechanischer Beschädigung geschützt.

2) Kaltdach (hinterlüftetes Flachdach)

Eine Hinterlüftung erfolgt zwischen wetterschützender Schicht und Dämmebene. Dieser Luftraum kann mit einem Dämmstoff ausgeblasen werden, wenn im Vorfeld überprüft wurde, ob die Luftschicht ausreichend dimensioniert ist und die Konstruktion bauphysikalisch auch als Warmdach funktioniert.

Dämmen von innen

Ist eine Dämmung oberhalb des Daches nicht möglich, kann bei ausreichender Raumhöhe auch von innen gedämmt werden. Diese Lösung ist bauphysikalisch schwierig, da Wärmebrücken, z. B. durch Trennwände, nicht zu vermeiden sind.

Vorteile

- meist kostengünstige Maßnahme mit hohem Energieeinsparpotenzial
- in der Regel einfach durchführbar

Zu beachten

- Die Attika muss eventuell wegen höheren Dachaufbaus erhöht werden (verändertes Erscheinungsbild).
- Die Attika sollte überdämmt werden, um Wärmebrückeneffekte zu reduzieren.
- Die vorhandene Dachentwässerung muss an die neue Entwässerungsebene angeschlossen werden.
- Dachdurchdringungen müssen eventuell erhöht werden.

Eine Dämmung des Flachdachs lohnt sich z. B., wenn:

- Dachdichtungen undicht sind und nachgebessert werden müssen,
- das Gebäude rundum saniert wird und die Außenwanddämmung an die Dachdämmung angeschlossen werden kann,
- das Dach intakt ist und anhand einfacher Maßnahmen Energie gespart werden soll.

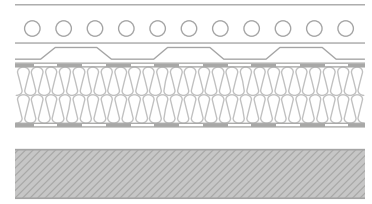


Abb. 37: Warmdach wird zum Umkehrdach

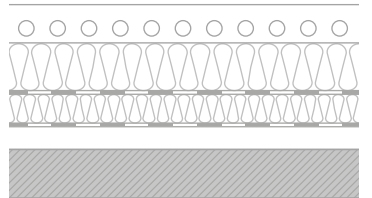


Abb. 38: Kaltdach wird zum Warmdach

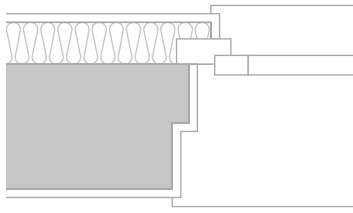


Abb. 39: Fensterrahmenanschluss an gedämmte Außenwand; Fenster liegt in Dämmebene



Der U_w -Wert des Fensters setzt sich zusammen aus dem U_g -Wert des Glases, dem U_f -Wert des Rahmens und dem ψ -Wert des Abstandhalters. Der U_w -Wert muss für jedes Fenster individuell berechnet werden, da der Fensterflächenanteil und der Rahmenanteil nicht zuletzt von der Größe des jeweiligen Fensters abhängen. Alternativ können Standardwerte (z. B. aus den Bekanntmachungen nach GEG) verwendet werden.



Fenstererneuerungen erfordern im Normalfall keine bauaufsichtliche Genehmigung. Es sollte bei der Planung beachtet werden, dass durch das Ändern der Rahmenbreite oder den Einbau des Fensters in eine andere Ebene das äußere Erscheinungsbild des Hauses verändert wird.

3.5.3 Fenster und Türen

Fensteraustausch

Schlechter Wärmedämmstandard von Verglasungen, niedrige Rahmendämmwirkung und Undichtheit der Anschlussfugen tragen durch Kaltluftabfall und Luftzug zu einem unbehaglichen Raumklima bei und erhöhen den Heizenergiebedarf des Gebäudes. Mittlerweile gibt es sehr gut gedämmte Fensterrahmen mit Wärmeschutzverglasungen, die einen ausreichenden Komfort sicherstellen und zur Energieeinsparung beitragen können.

Werden nur die Fenster ausgetauscht, ohne dass die Außenwand gedämmt wird, besteht eine erhöhte Gefahr des Tauwasserausfalls und der Schimmelbildung, z. B. an der raumseitigen Laibungsfläche der Außenwand. Zum einen werden durch die neuen Fenster die unkontrollierten Lüftungsverluste beseitigt, zum anderen ist die ungedämmte Außenwand nach Austausch der Fenster häufig das „schlechtere“ und damit kältere Bauteil, an dem sich die Feuchtigkeit eher niederschlägt. Es empfiehlt sich daher, mit dem Fensteraustausch auch die Außenwand zu dämmen. Zumindest muss ein ausreichender Luftwechsel sichergestellt werden – z. B. mithilfe von Außenluftdurchlässen, Lüftungsgeräten etc. Diese können im oder am Fenster integriert oder unabhängig vom Fenster in der Gebäudehülle positioniert werden. Die Auslegung dieser Maßnahmen ist von einem Fachplaner vorzunehmen.

Wird zugleich die Außenwand gedämmt, sollte das Fenster idealerweise direkt in der Dämmebene eingebaut werden. Ist dies nicht oder nur mit hohem Aufwand möglich, sollten die Laibungen, der Sturz und die Brüstung unterhalb der Fensterbänke gedämmt werden, um Wärmebrücken zu vermeiden. Dabei kann der Fensterrahmen für eine weitere Verbesserung der energetischen Qualität mit mindestens 3 bis 4 cm überdämmt werden.

Für einen luftdichten Abschluss der Blendrahmen, Fensterbänke und Rollladenkästen zur Außenwand müssen bewegungsfähige Abdichtungssysteme zum Einsatz kommen. Die Hohlräume in den Fugen sind mit Dämmstoff zu verfüllen.

Vorteile

- Erhöhung der Behaglichkeit im Innenraum
- Verbesserung des Schallschutzes

Der Austausch des Fensters lohnt sich z. B., wenn:

- der Rahmen nicht mehr in einem guten Zustand ist und saniert werden müsste,
- die Außenwand gedämmt wird, sodass der Rahmen direkt mit überdämmt werden kann,
- es zu erhöhten Zugerscheinungen und Kaltluftabfall im Raum kommt,
- wenn noch Einfachverglasungen eingebaut sind.

Zu beachten

- Gefahr der Schimmelbildung: besser gleichzeitig die Außenwand dämmen
- einen ausreichenden Luftwechsel sicherstellen (z. B. durch den Einbau einer Lüftungsanlage)
- Ein Ausbau der Fenster ist nicht zerstörungsfrei, Laibungen müssen in der Regel nachgebessert werden (Ausgleichen von Unebenheiten, Ausmauern von Anschlägen etc.).

Kastenfenster

Bei historischen oder stark lärmbelasteten Fassaden kann ein Kastenfenster sinnvoll sein. Dabei wird raum- oder außenseitig in die Fensteröffnung eine zusätzliche Wärmeschutzverglasung eingesetzt. Die beiden Fenster sind nacheinander zu öffnen. Sie haben einen Abstand von mindestens 10 cm und sind durch ein umlaufendes Futter miteinander verbunden. Ob eine nachträgliche Wärmeschutzverglasung auf der Innen- oder der Außenseite eingebaut werden sollte, ist abhängig von der Bauaufgabe und der Lage des vorhandenen Fensters. Bei denkmalgeschützten Gebäuden ist der Einbau des zusätzlichen Fensters innen sinnvoll, um das äußere Bild unberührt zu lassen. Das Erscheinungsbild historischer Fassaden kann damit weitgehend erhalten werden (Sprossenaufteilung etc.).

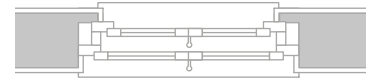


Abb. 40: Kastenfenster mit zwei Öffnungsflügeln

Geeignete Gläser für Kastenfenster mit U-Wert:

- 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung, $U = 1,0 - 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung, $U = 0,4 - 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- Erhalt der alten Fenster und des Erscheinungsbildes bei Verbesserung von Wärmeschutz, Luftdichtheit und Schallschutz

Zu beachten

- Die Anschlüsse an den/die Laibungen und vorhandene Fenster sind winddicht und fachgerecht auszuführen.
- Gefahr der Schimmelbildung: Es ist besser, gleichzeitig die Außenwand zu dämmen und einen ausreichenden Luftwechsel sicherstellen (z. B. durch eine kontrollierte Lüftungsanlage).

Außentürenaustausch

Außentüren können ebenfalls zu Wärmeverlusten, Zugerscheinungen und zu einem unbehaglichen Innenraumklima beitragen. Dicke und Material von Rahmen, Füllung und Türblatt sind verantwortlich für die Behaglichkeit und die Dichtheit der Anschlusspunkte. Alternativ zu einer kompletten Erneuerung der Tür sind unter Umständen Verbesserungen durch nachträgliche Bodendichtungen, Fugenbänder und die Dichtung der Anschlüsse an angrenzende Bauteile möglich. Außentüren gibt es in unzähligen Varianten, deshalb wird für jede Tür ein U_d -Wert ermittelt, der eine Aussage über den Dämmstandard zulässt. Über die U-Werte der einzelnen Materialien und Bauteile (Rahmen, Glas, Dämmstoff etc.) und den jeweiligen Flächenanteil wird der U_d -Wert ermittelt. Beispielsweise verändert sich bei Türen mit Glasanteil der U_d -Wert je nach eingesetztem Glas. Nach der EnEV muss bei einer Erneuerung der Außentür ein U_d -Wert von mindestens $1,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ erreicht werden. Allerdings sind nach dem aktuellen Stand der Technik weit niedrigere U-Werte möglich und zu empfehlen.

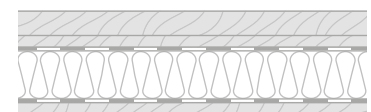


Abb. 41: Holztafel als Sandwichelement mit Kerndämmung

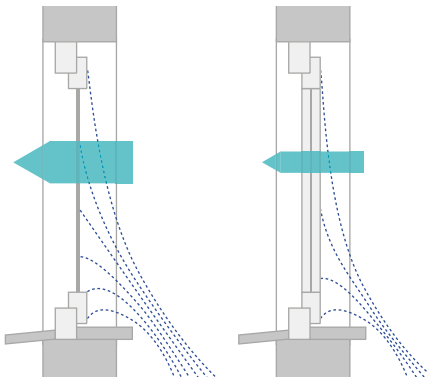


Abb. 42: Reduzierung der Energieverluste durch neue Verglasung



Eine baurechtliche Genehmigung ist bei der Erneuerung bestehender Fenster in der Regel nicht notwendig. Bei einem Austausch der Verglasung ist die Prüfung der Rahmentragfähigkeit durch einen Fachmann unerlässlich!

Fenster aufarbeiten

In besonderen Fällen kann es sinnvoll sein, das Fenster als Element zu erhalten. Dann kann der Rahmen aufgearbeitet und das Glas ausgetauscht werden. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn ein Fenster so in der Außenwand eingebaut ist, dass es ohne größere Zerstörungen der Fassade nicht ausgebaut werden kann. Auch aus Gründen des Denkmalschutzes kann der Erhalt der alten Fenster gefordert sein.

Verbesserung der Luftdichtheit

Fugen im Rahmen können nachträglich durch Aufkleben von Dichtprofilen luftdicht verschlossen werden. Anstelle handelsüblicher Profile für den Selbstbau sind vom Fachmann einzufräsende Dichtprofile zu empfehlen. Ebenso kann der Übergang von Fensterrahmen zum Mauerwerk über eine nachträgliche Abfugung mit dauerelastischen Materialien nachgearbeitet werden. Diese Maßnahme verbessert die Luftdichtheit, muss aber in regelmäßigen Abständen wiederholt werden.

Verbesserung des Wärmeschutzes

Ob die Glasscheibe ausgetauscht werden kann, hängt von der Beschaffenheit des Rahmens ab. Dabei spielen Tragfähigkeit und Tiefe des Rahmens eine Rolle, aber auch die Dimensionierung der Beschläge. Zudem muss die Glashalteleiste zerstörungsfrei abnehmbar sein. Bei Holzrahmen ist die Beurteilung in der Regel einfacher als bei Kunststoffrahmen, da bei diesen äußerlich keine Aussage über die Tragfähigkeit getroffen werden kann. Bevor entschieden werden kann, ob der Rahmen für neue Glasscheiben ausreichend dimensioniert ist, sollte in jedem Fall ein Fachmann hinzugezogen werden.

Laut GEG wird vorgegeben, dass neu einzusetzende Glasscheiben einen U_g -Wert von mindestens $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ aufweisen müssen. Lediglich bei einer aus technischen Gründen begrenzten Glasdicke kann eine Verglasung mit einem maximalen U_g -Wert von $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ eingebaut werden. Wird zusätzlich die Außenwand gedämmt, sollte der feststehende Rahmenanteil so weit wie möglich überdämmt werden.

Vorteile

- Das Äußere Erscheinungsbild bleibt erhalten (Denkmalschutz).
- Verbesserung des Wärmeschutzes auch bei schwierigen Einbausituationen möglich

Zu beachten

- Rahmen und Beschläge müssen ausreichend dimensioniert sein.
- erhöhte Schimmelgefahr, wenn nicht gleichzeitig die Außenwand gedämmt wird
- Undichtigkeiten am Anschluss Fenster/Wand bleiben bestehen.

Der Austausch der Gläser lohnt sich z. B., wenn:

- der Rahmen noch in einem guten Zustand ist,
- erhaltenswerte oder denkmalgeschützte Rahmen nicht ausgetauscht werden sollen,
- der Austausch der Fensterrahmen unverhältnismäßig hohe Folgeschäden (z. B. an der Laibung) nach sich zieht.

3.5.4 Kellerdämmung

Dämmung der Kellerdecke

Um in Erdgeschosswohnungen zu unbeheizten Kellerräumen Energieverluste und Unbehaglichkeit durch kalte Bodenflächen zu verhindern, empfiehlt es sich, die Kellerdecke nachträglich zu dämmen. Die Kellerdämmung zählt zu den wirtschaftlichsten Maßnahmen.

Die mögliche Dämmstoffdicke, die für den Einbau verwendet werden kann, ist abhängig von der Kellerraumhöhe, der Höhe der Fenster- und Türstürze sowie der Leitungsführung im Keller. An ebenen Kellerdecken können Dämmplatten angeklebt oder angedübelt werden. Für Leitungen, die unter der Decke verlegt sind, müssen die Platten an den entsprechenden Stellen ausgespart werden. Alternativ kann auch Spritzdämmstoff aufgetragen werden (z. B. Zellulosedämmung). Vorher sollten jedoch sämtliche Leitungen auf ihre Dichtigkeit hin überprüft werden, da sie bei diesem Verfahren komplett mit eingedämmt werden. Unebene Decken oder Gewölbe können mit einer Vorsatzdeckenschale versehen und mit Schüttdämmungen ausgeblasen werden. Eine Dämmung auf der Kellerdecke im Erdgeschoss kann nur im Rahmen einer Kernsanierung durchgeführt werden, da sich viele Anschlusspunkte ändern (Türen kürzen oder Türöffnungen erweitern, Heizkörper anheben, Treppen anpassen etc.).

Typische Dämmstoffe

- eingespritzte Zellulosedämmung
- Hartschaumplatten
- Mineralwolledämmung bei Brandschutzauflagen

Vorteile

- kostengünstige und witterungsunabhängige Maßnahme
- im Selbstbau und raumweise ausführbar
- Erhöhung der Behaglichkeit im Erdgeschoss

Zu beachten

- Innen- und Außenwände im unbeheizten Keller sollten mindestens 50 cm tief überdämmt werden, um Wärmebrücken zu vermeiden.
- Rohrleitungen, die überdämmt werden, müssen gegebenenfalls auf Dichtheit überprüft werden.

Die Dämmung der Kellerdecke lohnt sich z. B.:

- bei kaltem Fußboden im Erdgeschoss

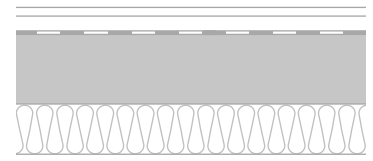


Abb. 43: Unterseitige Dämmung der Kellerdecke



Im Hausanschluss- oder Heizungsraum muss besonders auf den Brandschutz geachtet werden.

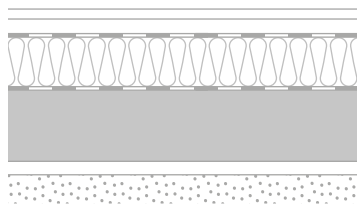


Abb. 44: Oberseitige Fußbodendämmung

Dämmung des Kellerfußbodens

Sollen Kellerräume oder nicht unterkellerte Erdgeschossräume als Wohn- oder Aufenthaltsräume genutzt werden, empfiehlt sich als nachträgliche wärmeschutztechnische Verbesserung eine oberseitige Dämmung des Fußbodens bzw. der Bodenplatte. Vorhandene Bodenbeläge und nicht tragfähige Auffüllungen sind hierfür zunächst zu entfernen. Auf der Massivplatte wird dann eine neue feuchtesperrende Folie verlegt oder die bestehende ausgebessert. Darüber werden druckfeste Dämmplatten aufgebracht oder Dämmschüttstoffe zwischen Kanthölzern eingebracht. Eine abdichtende Folie wird über der Dämmebene verlegt, die den Untergrund für das Einbringen eines schwimmenden Estrichs oder eines Trockenestrichs bieten kann. Bei bereits ausgebauten Kellerräumen ist die Maßnahme meist nur sehr schwierig durchzuführen, da Treppen und Türhöhen meist nachträglich sehr aufwendig an das höhere Bodenniveau angepasst werden müssen.

Typische Dämmstoffe

- Hartschaumplatten
- Mineralfaserplatten

Die Dämmstoffe müssen den erforderlichen DIN- und Brandschutzrichtlinien entsprechen und gemäß den erforderlichen Nutzlasten eine hinreichende Druckfestigkeit aufweisen.

Vorteile

- witterungsunabhängige Maßnahme
- raumweise durchführbar

Zu beachten

- Bei bereits ausgebauten Kellerräumen sind Folgearbeiten aufwendig: Türen kürzen, Heizkörper anheben, Treppen erneuern, bauphysikalisch sensible Anschlusspunkte berücksichtigen (aufsteigende Feuchte).
- Verringerung der Raumhöhe

Die Dämmung des Kellerfußbodens lohnt sich:

- nur dann, wenn der Keller beheizt und bewohnt wird,
- in Kombination mit der Dämmung der Kellerwände.

Dämmung der Kellerwände

Werden Kellerräume beheizt, ist zur Reduktion von Energieverlusten und zur Steigerung der Behaglichkeit das nachträgliche Dämmen der erdberührenden Bauteile erforderlich. Die Wände können entweder auf der Innenseite oder von außen gedämmt werden. Im Vorfeld einer Außendämmung muss überprüft werden, ob die Kellerwände trocken sind. Liegt eine Durchfeuchtung vor, muss zunächst die Ursache gefunden werden, um nachträgliche Bauschäden zu verhindern. Werden Kellerwände ohnehin zur Beseitigung einer Durchfeuchtung aufgrund fehlender äußerer Abdichtungen freigelegt, bietet sich das Anbringen einer äußeren, sogenannten Perimeterdämmung an. Nach dem Befreien der Wände vom Erdreich und der Trockenlegung werden sie mit einer wasserundurchlässigen Schicht in Form einer geklebten Bitumenbahn oder eines Bitumenanstrichs versehen. Darauf werden Dämmstoffplatten verklebt. Ein vollflächiges Verkleben ist ratsam, um das Hinterfeuchten der Dämmung zu vermeiden. Eine Drainschicht vor der Dämmung und das Einlegen einer Drainageleitung im Fundamentbereich sorgen für eine bessere Wasserabführung. Vor dem Auffüllen des Erdreichs können Schutzmatte angebracht werden, damit der Dämmstoff nicht beschädigt wird.

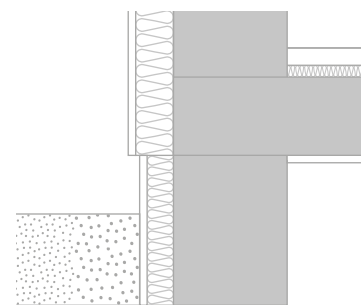


Abb. 45: Nachträgliche Dämmung erdberührender Bauteile (Perimeterdämmung)

Typische Dämmstoffe

- Hartschaumplatten
- Schaumglas

Typische Dichtungsmaterialien

- Bitumenanstrich oder -bahn (mehrlagig)

Die Dämmstoffe müssen feuchteunempfindlich, druckbelastbar und verrottungs-fest sein. Die Dichtungs-, Dämm- und Klebmaterialien sind aufeinander abzustimmen.

Vorteile

- behagliches Raumklima
- Bei ausreichender Belichtung entsteht Wohn- bzw. Aufenthaltsraum.
- Schutz des Gebäudes gegen Durchfeuchten
- Eine Außendämmung hilft Wärmebrücken zu vermeiden.

Zu beachten

- aufwendige Maßnahme, insbesondere lohnenswert zusammen mit „Sowieso-Maßnahmen“ (z. B. Trockenlegen der Wände)

Die Dämmung der Kellerwände lohnt sich z. B.:

- besonders dann, wenn die Wände trockengelegt werden sollen und das Erdreich ohnehin aufgemacht wird,
- zum Anschluss der Außenwanddämmung oberhalb des Erdreichs (Wärmebrücke am Sockel kann so vermieden werden),
- wenn der Keller beheizt und bewohnt wird.

3.5.5 Sonderbauteile

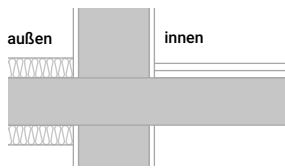


Abb. 46: Balkonplatte

Ausragende Betondecken

Ausragende Massivdecken wie Balkone oder Vordächer stellen große Wärmebrücken dar. Deshalb sollten sie im Zuge von Sanierungsmaßnahmen der Fassade modernisiert werden. Um den Wärmebrückeneffekt zu vermindern oder ganz zu beseitigen, gibt es generell drei Möglichkeiten:

1) Abnehmen der Balkonplatte:

Ob eine Balkonplatte nachträglich abgenommen werden kann, muss im Vorfeld von statischer Seite geprüft werden. Nach dem Abnehmen alter Auskragungen und nachträglicher Dämmung der Außenwände können selbsttragende Systeme in Holz- oder Metallkonstruktionen vor die Fassade gestellt werden. Nach Prüfung der Statik wird eine neue Balkonplatte entweder auf Stützen vor das Gebäude gestellt oder über Konsolen und Abhängungen am Gebäude befestigt. Im Bereich der Balkonplatte muss die Außenwand gegebenenfalls mit einem druckfesten Dämmstoff versehen werden.

2) Dämmen der Balkonplatte/Auskragung:

Ausragende Platten können von allen Seiten rundherum gedämmt werden. Bei Balkonplatten ist allerdings das Dämmen der Oberseite schwierig, da sonst an Terrassentüren in der Regel nicht mehr der erforderliche Höhenunterschied von innen nach außen vorhanden wäre. Bei einer Kombination der Maßnahme mit dem Austausch der Fenster kann die Türschwelle erhöht und die Betonplatte auch von oben ausreichend gedämmt werden.

3) Dämmen mit Verzögerungstreifen:

Um eine Wärmebrückenreduzierung zu erreichen, kann man auch die auskragende Platte auf der Unter- und Oberseite (sofern ein neuer Bodenbelag eingebaut wird) ca. 50 cm weit mit einem Verzögerungsdämmstreifen versehen.

Rollladenkästen

Rollladenkästen stellen im Bestand häufig eine Schwachstelle dar, da sie meist nicht oder unzulänglich gedämmt sind und die Gurtöffnung zu Undichtigkeiten führt. Generell ist bei einer Sanierung der Fassade die Frage zu beantworten, ob in der Wand integrierte Rollläden weiterhin gewünscht sind oder ob man auf sie verzichten kann. Es besteht die Möglichkeit, außen auf die Fassade Rollladenkästen oder Schiebeläden zu montieren.

1) Entfernen der Rollläden

Werden Fenster ohnehin ausgetauscht, empfiehlt es sich, die Kästen zu entfernen und einen entsprechenden Sturz einzubauen oder mit einer Vergrößerung der Fensteröffnung die Tageslichtverhältnisse zu verbessern. Sollen nicht die kompletten Kästen ausgebaut werden, können sie auch nach Entfernen der Rollläden nach außen verschlossen, mit Zellulosedämmung gefüllt und nach innen luftdicht abgedichtet werden.

2) Erhalten der Rollläden

Erhält man die Rollläden, können die Kästen nachträglich eventuell innen mit Dämmplatten ausgekleidet werden. Mit Klebebändern, speziellen Gummistopfen oder Bürsten werden Fugen und Gurtauslässe abgedichtet. Die beste Lösung erreicht man bei einer Umstellung auf einen elektrischen Antrieb, für den keine Durchdringung mehr erforderlich ist.

3) Rollladenkästen außen aufsetzen

Möchte man auf Rollläden nicht verzichten und strebt eine bauphysikalisch sichere Lösung an, können Rollladenkästen oder Schiebeläden auf der Außenwand angebracht werden.

Heizkörpernischen

In der Regel sind Außenwände hinter Heizkörpernischen dünner als im Regelquerschnitt und stellen deshalb bei ungedämmten Außenwänden eine erhebliche wärmetechnische Schwachstelle in der Hülle dar. Es können verschiedene Maßnahmen vorgenommen werden, um Heizenergieverluste zu reduzieren.

1) Dämmung der Außenwand von außen

Durch einen ausreichenden Wärmeschutz an der äußeren Wandseite fallen die dünneren Wandbereiche hinter den Heizkörpern als Wärmebrücken nicht mehr ins Gewicht.

2) Dämmung der Heizkörpernischen von innen

Kann die Wand nicht von außen gedämmt werden, ist eine Dämmung der Heizkörpernischen von innen möglich, wenn genügend Platz zwischen Heizkörper und Wand ist. Dabei werden Dämmplatten raumseitig hinter die Heizkörper an die Außenwand geklebt oder gedübelt. Diese Maßnahme ist mit einer Innendämmung der Außenwände kombinierbar.

3) Reflexion der Wärmestrahlung

Als Übergangslösung kann eine Folie aus Aluminium hinter dem Heizkörper angebracht werden, um die Wärmestrahlung in den Raum zu reflektieren.

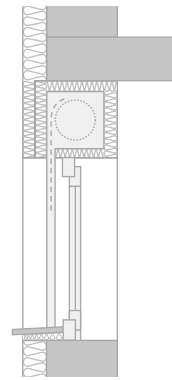


Abb. 47: Gedämmter Rollladenkasten



Nachträgliche wärmetechnische Verbesserungen von Rollladenkästen sind prinzipiell zu empfehlen, um Zugscheinungen und Wärmebrücken zu verhindern.

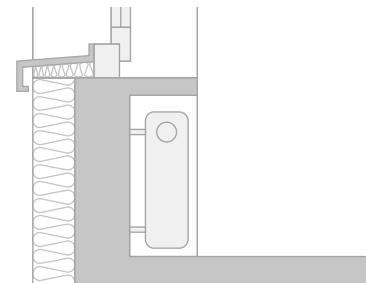


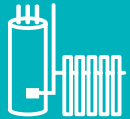
Abb. 48: Fassadenschnitt Heizkörpernische mit Außendämmung



Durch nachträgliches Dämmen dünner Wandbereiche in den Heizkörpernischen können wärmetechnische Verbesserungen erreicht werden. Die Außendämmung der Wand ist jedoch am effektivsten.

4 Maßnahmen an der Anlagentechnik

4.1 Grundsätzliche Überlegungen zur Modernisierung der Anlagentechnik



Anlagentechnik



Der Primärenergiebedarf beschreibt die Energiemenge, die zur Deckung des Jahresheizenergiebedarfs und des Trinkwasserwärmebedarfs inklusive des Aufwands für die Anlagentechnik (Heizung, Warmwasser, Lüftung, Kühlung) benötigt wird. Zusätzlich werden die Energiemengen berücksichtigt, die für die vorgelagerten Prozessketten bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des Energieträgers benötigt werden.

Neben den Anforderungen des GEG an die Gebäudehülle (Begrenzung des maximalen Transmissionswärmeverlustes H'_T) stellt das GEG auch Anforderungen an den Gesamtprimärenergiebedarf Q_p . Der Primärenergiekennwert berücksichtigt den Energiebedarf für Heizung, Warmwasser, Lüftung und Kühlung sowie die verwendeten Energieträger.

Wird ein Gebäude modernisiert, stellt sich neben der Frage nach der Dämmung der Gebäudehülle auch immer die, ob die Anlagentechnik verbessert oder erneuert werden soll. Die Umstellung auf eine andere Technik des Anlagensystems ist dabei ebenso möglich wie der Wechsel des Energieträgers. Insgesamt müssen vor Einbau einer neuen Anlagentechnik alle grundlegenden Kriterien sorgfältig überprüft werden, die zu einer Entscheidung für eine bestimmte Technik führen.

Dieses Kapitel soll als Entscheidungsgrundlage für die Wahl der richtigen Anlagentechnik dienen. Dabei ist jedoch für jedes Gebäude individuell zu prüfen, welche Kriterien zutreffen. In jedem Fall muss vor Einbau einer neuen Anlage eine weiterführende Planung durchgeführt werden, die auf den Ergebnissen der Modernisierungsempfehlungen im Energieausweis aufbauen kann.

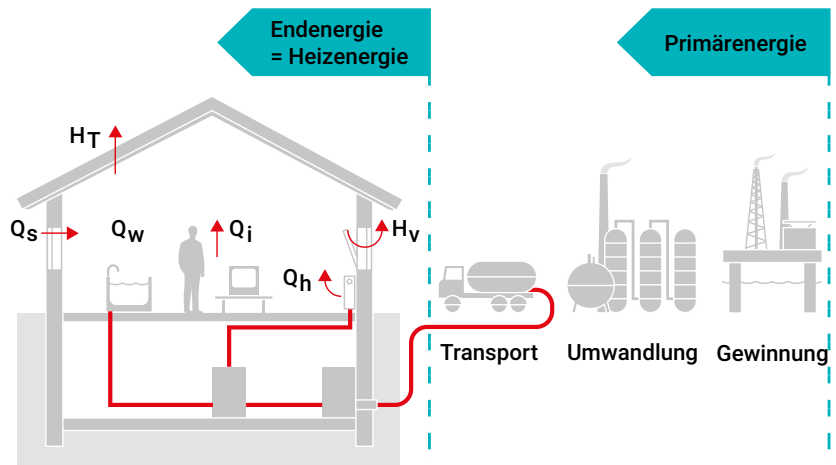


Abb. 49: Bilanzierungsgrenzen für Primär-, End- und Nutzenergie

4.2 Kriterien zur Erneuerung der Anlagentechnik

Die Anlagentechnik besteht aus einzelnen Komponenten, wie dem Wärmeerzeuger, eventuell einem Speicher, Pumpen, Verteilleitungen, Heizkörpern oder Heizflächen und Regelungen, Ventilatoren und Luftkanälen etc., die jede für sich einzeln modernisiert werden können. Häufig werden in Bestandsgebäuden einzelne Anlagenkomponenten im Laufe der Jahre erneuert und sind energetisch gesehen in einem guten Zustand, während andere Komponenten veralteter Technik entsprechen.

Soll der Wärmeerzeuger erneuert werden, ist es unter Umständen ratsam, auch andere Komponenten der Anlage zu modernisieren, da die einzelnen Elemente im System aufeinander abgestimmt sind.

Vor der Modernisierung der Anlagentechnik ist es wichtig, sich im Vorfeld über einige wesentliche Randbedingungen klar zu werden, da diese die Entscheidung für oder gegen eine bestimmte Technik maßgeblich bestimmen.

Folgende Fragestellungen können dabei zur Beurteilung der Anlagentechnik herangezogen werden:

Beurteilung des Bestandsgebäudes

- Wie hoch ist der Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser?
- An welchen Stellen gibt es die größten Energieverluste?
- Kann der derzeitige Energieverbrauch durch geeignete Dämm-Maßnahmen gesenkt werden?
- Wie alt sind die Hauptkomponenten der Anlagentechnik?
- Wie viel Platz steht im Gebäude für die Anlagentechnik zur Verfügung (Lagerung von Energieträgern, Platz für Erzeugungsanlagen und Speicher etc.)?
- Welche Energieträger sind verwendbar?
- Können und sollen Wohnungen in Mehrfamilienhäusern oder größere Gebäudekomplexe über einen gemeinsamen Wärmeerzeuger versorgt werden?
- Kann die Leitungsführung im Gebäude geändert werden?
- Welche Orientierung und Größe haben Dachflächen zur Nutzung von Solarthermie?
- Arbeiten die Ventilatoren effizient?

In der Regel wird im Rahmen der Leistungen des Energieausweises nicht jede dieser Fragen ausführlich behandelt. Eine weitergehende Beratung des Bauherrn ist deshalb empfehlenswert.

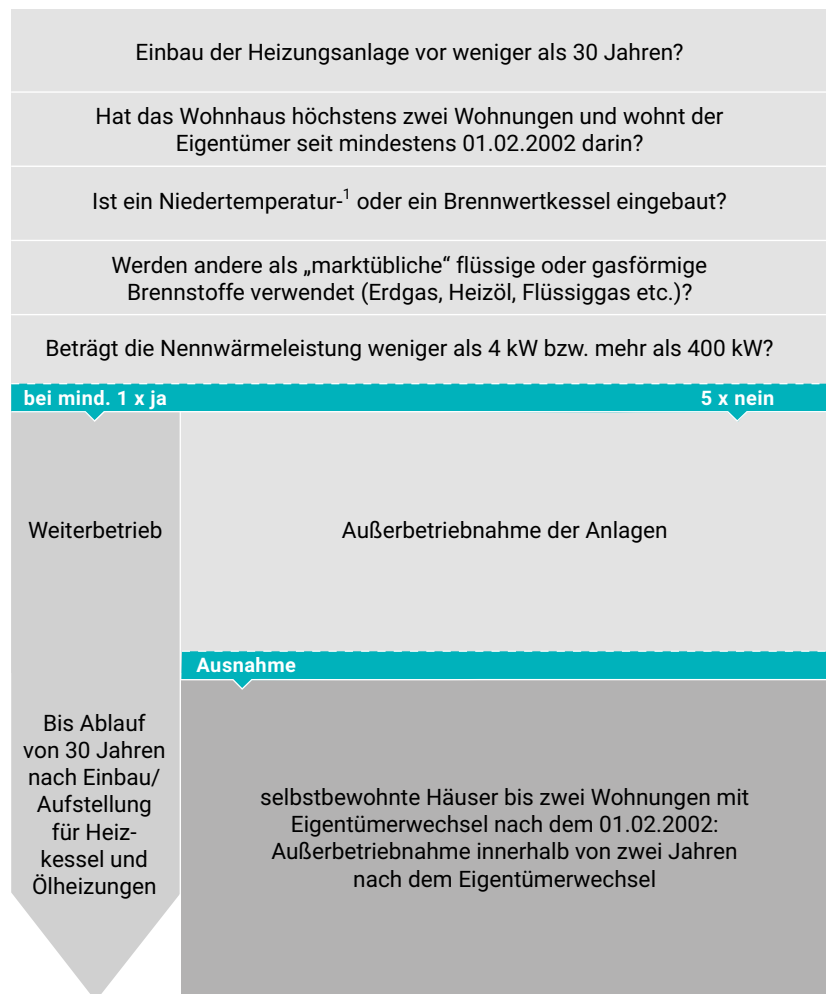
Um im Energieausweis auch ohne eine ausführliche Untersuchung der Wirtschaftlichkeit, der Wünsche des Gebäudeeigentümers und der Gegebenheiten vor Ort sinnvolle Empfehlungen erarbeiten zu können, bieten folgende Kriterien für die Vorgehensweise eine gute Grundlage.

1. Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen

Hinsichtlich der Sanierungsdringlichkeit sind gesetzliche Maßnahmen vorgeschrieben, die vorrangig umgesetzt werden müssen. Das GEG macht Vorgaben zur Sanierung der Anlagentechnik und der Gebäudehülle (siehe hierzu auch Kapitel 2.4.1).

Die Nachrüstverpflichtungen nach GEG gelten nicht für selbst genutzte Ein- und Zweifamilienhäuser. Hier greift die Regelung erst zwei Jahre nach einem Eigentümerwechsel. Es ist trotzdem empfehlenswert, die geforderten Maßnahmen auch in diesen Fällen schon früher durchzuführen, da sie in jedem Fall wirtschaftlich sinnvoll sind.

Das unten stehende Schema gibt eine Übersicht über die durchzuführenden Maßnahmen im Bereich Anlagentechnik.



Nachrüstverpflichtung gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG) für Heizungsanlagen

¹ Heizgerät mit niedrigen Temperaturen (Vorlauftemperatur bis 70 °C)

Abb. 50: Gesetzliche Bestimmungen und Fristen zur Erneuerung von Heizungsanlagen

In der Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (1. BImSCHV – Verordnung über kleine und mittlere Feueranlagen) werden Grenzwerte für Abgasverluste von Heizkesseln geregelt. Auf dem Schornsteinfegerprotokoll sind die gemessenen Werte des Heizkessels ausgewiesen. Bei Nichteinhaltung der Werte sollte immer der gesamte Kessel ausgetauscht werden und nicht nur der Brenner. Aber auch wenn die Werte nur knapp eingehalten werden, ist es ratsam, die Heizungsanlage zu erneuern.

Nennwärmeleistung	Grenzwerte für die Abgasverluste
4–25 kW	11 %
25–50 kW	10 %
> 50 kW	9 %

Tab. 5: Grenzwerte für die Abgasverluste von Heizungsanlagen

2. Abschätzung der Effizienz der Anlage

Auch ohne eine detaillierte Berechnung durchzuführen, lässt sich anhand einiger Kriterien abschätzen, ob der eingebaute Kessel dem Stand der Technik entspricht. Bei Abgastemperaturen über 200 °C (ausgewiesen auf dem Schornsteinfegerprotokoll) kann man davon ausgehen, dass der Kessel nicht effizient arbeitet.

Auch überhöhte Bereitschaftsverluste sind feststellbar. Zum einen gibt die Temperatur des Aufstellraums einen Hinweis, zum anderen sollte die Oberfläche des Kessels nur lauwarm sein.

Über das Effizienzlabel für Heizungsanlagen wird über den Effizienzstatus des Heizgeräts informiert. Die Kennzeichnung durch ein Effizienzlabel soll die Austauschrate bei alten Heizgeräten erhöhen und Verbrauchern einen Anstoß zum Energiesparen geben. Das Label gilt für gas- bzw. ölbetriebene Anlagen und darf für bestehende Anlagen vom Heizungsinstallateur, Schornsteinfeger oder Energieberater vergeben werden.

3. Abschätzung der Restnutzungsdauer der Anlagenkomponenten

Muss der Kessel nicht aufgrund gesetzlicher Verpflichtungen ausgetauscht werden, kann eine Erneuerung trotzdem sinnvoll sein. Als entscheidendes Kriterium kann hier das Alter der Anlage mit der geschätzten Restnutzungsdauer herangezogen werden.

In VDI 2067 ist die Nutzungsdauer für unterschiedliche Anlagenkomponenten hinterlegt, die für eine Abschätzung der Lebensdauer herangezogen werden kann (siehe Auswahl in nebenstehender Tabelle). Alle angegebenen Werte können in der Praxis jedoch davon abweichen und sind abhängig von Größe, Auslastung, Wartung und Pflege sowie nicht zuletzt vom Produkt selbst.

Im Bereich der Anlagentechnik schreitet die technische Entwicklung besonders schnell voran, sodass Anlagen, die älter als 15 Jahre sind, in der Regel nicht mehr dem Stand der Technik entsprechen. Es lohnt sich daher, die Heizung und deren Komponenten auch schon dann auszutauschen, wenn sie noch funktionstüchtig, aber bereits älter als 15 Jahre sind. Insbesondere, wenn größere Reparaturen anliegen, ist es in der Regel sinnvoll, eine Kompletterneuerung durchzuführen.



Nutzungsdauer von Heizungsanlagenkomponenten nach VDI 2067:

Konstanttemperaturkessel	20 Jahre
Brennwertkessel	20 Jahre
Elektrowärmepumpe	20 Jahre
Ölbrenner	12 Jahre
Pumpen	10 Jahre
Rohrleitungen	30 Jahre
Stahlradiator	35 Jahre
Fußbodenheizungen	30 Jahre
Schornstein	50 Jahre
Solarkollektoren	20 Jahre



Ist die Heizung nicht optimal geregelt, sollte ein Fachbetrieb die Einstellung der Heizkurve und der Pumpen überprüfen und sie gegebenenfalls entsprechend anpassen. Diese Maßnahme hat jedoch keine Auswirkung auf die Energiebilanz nach GEG.

4. Geringinvestive Maßnahmen

Zur Optimierung der Anlagentechnik gibt es meistens die Möglichkeiten der energetischen Verbesserung ohne hohe Investitionen.

Folgende Maßnahmen sollten bei einer bestehenden Anlage überprüft und gegebenenfalls verbessert werden:

Optimierung der Regelungseinstellung der Heizung

Die Regelung der Heizung übernimmt eine wichtige Funktion, ohne die die Anlage nicht effizient arbeiten kann. Sie steuert die Bereitstellung der erforderlichen Energie in Abhängigkeit von der Witterung und den Anforderungen durch den Nutzer. Im Wesentlichen steuert sie folgende Faktoren:

■ Nachtabsenkung oder -abschaltung

Die Vorlauftemperatur des Kessels wird nachts oder bei längeren Abwesenheiten gedrosselt oder bis zur Sicherung der Frostfreiheit gesenkt. Da zu diesen Zeiten keine Wärme in den Räumen angefordert wird, muss der Kessel nicht die sonst eingestellte Temperatur bereitstellen.

■ Anpassung der Vorlauf- an die Außentemperatur

Über einen Temperaturfühler kann die Vorlauftemperatur der Heizung an die Witterungsverhältnisse angepasst werden. An kalten Tagen wird die Vorlauftemperatur erhöht, während sie an wärmeren Tagen reduziert wird. Alte Konstanttemperaturkessel können die Temperatur nicht modulieren. Sie fahren mit einer einfachen An-Aus-Regelung immer mit denselben Temperaturen. Niedertemperatur- und Brennwertkessel können dagegen die Kesseltemperatur reduzieren, wenn die Wärmeanforderung in den Räumen gering ist.

In § 61 (1) des GEG ist auch für Zentralheizungen in Bestandsgebäuden eine zentrale automatische Regelung zur Verringerung und Abschaltung der Wärmezufuhr sowie zur Ein- und Ausschaltung elektrischer Antriebe in Abhängigkeit von der Zeit und der Außentemperatur oder einer anderen geeigneten Führungsgröße vorgeschrieben.

Die Einstellungen der Regelungen sollten bei Bestandsgebäuden in folgenden Punkten überprüft werden:

- Die maximale Vorlauftemperatur sollte möglichst gering gewählt werden. Bei der Sanierung eines Gebäudes sind 70 °C in der Regel ausreichend. Darüber hinaus sollte geprüft werden, ob eine weitere Absenkung möglich ist.
- Die Einstellungen der Nachtabsenkung oder -abschaltung sollten auf das Nutzerverhalten ausgerichtet sein. Bei einem Haushalt mit kinderlosen berufstätigen Erwachsenen, die tagsüber außer Haus sind, kann die Nachtabsenkung unter Umständen auch tagsüber aktiviert werden.

Regelung der Zirkulationspumpen für Warmwasser

Zirkulationspumpen sollten nachträglich mit einer Zeitschaltuhr oder einem Fernschalter ausgerüstet werden, wenn sie nicht ganz abgestellt werden können. Über eine Zeitschaltuhr kann die Pumpenlaufzeit auf die Stunden am Tag reduziert werden, an denen in der Regel warmes Wasser gezapft wird. Alternativ kann ein Schalter in Bad und Küche installiert werden, über den die Pumpe immer bei Anforderung von warmem Wasser gestartet wird.

Heizungsumwälzpumpe

Heizungspumpen laufen über viele Stunden im Jahr, sodass hier bei einer ineffizienten Pumpe ein hohes Einsparpotenzial besteht. Viele Pumpen sind im Bestand überdimensioniert oder falsch eingestellt. Mehrstufige Pumpen können häufig auf eine kleinere Leistungsstufe eingestellt werden. Sind noch alte, nicht regelbare Pumpen eingebaut, lohnt sich der Austausch gegen neue hocheffiziente Pumpen immer. Ab einer Pumpenleistung von mehr als 3 W pro Kilowatt Kesselleistung ist ein Austausch gegen eine kleinere Pumpe zu empfehlen. Neue Pumpen sollten dabei stufenlos regelbar sein.

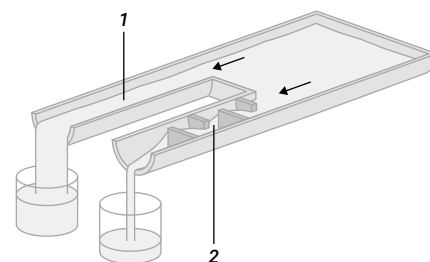
Hydraulischer Abgleich

Das Heizungswasser fließt nach dem Prinzip des geringsten Widerstands durch das Heizsystem. Bei nicht einregulierten Anlagen führt dieser Weg durch die der Umwälzpumpe nächstgelegenen Heizkörper. Weiter entfernte Heizkörper werden nicht ausreichend versorgt und die zugehörigen Räume nicht warm.

Es ist weitverbreitete Praxis, zur Abhilfe stärkere Pumpen einzubauen und/oder die Vorlauftemperatur zu erhöhen. Die Folge sind ein höherer Energieverbrauch, Strömungsgeräusche im Heizsystem und teilweise überhitzte Räume wegen der unzulänglichen Regelbarkeit.

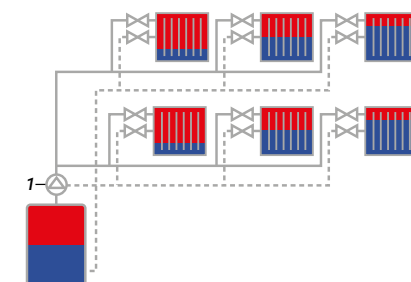
Nur durch eine hydraulische Einregulierung, mit der für alle Heizkörper oder Heizflächen ähnliche Widerstände erzeugt werden, ist dieses Problem mit optimalem Energieeinsatz zu lösen. Auch wenn für die meisten Heizungsanlagen ein hydraulischer Abgleich hätte durchgeführt werden müssen, werden Heizungen häufig nicht einreguliert. Auch bei neu eingebauten Anlagen findet häufig noch keine Einregulierung statt.

Einen Hinweis auf einen durchgeführten hydraulischen Abgleich kann die Einstellung von voreinstellbaren Thermostatventilen geben. Dazu muss der Thermostatkopf entfernt werden. Sofern eine darunterliegende Einstelldrossel an verschiedenen Heizkörpern unterschiedlich eingestellt ist, ist vermutlich ein hydraulischer Abgleich durchgeführt worden.



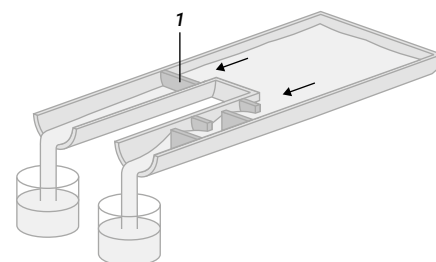
- 1 geringer Widerstand = großer Durchfluss
- 2 großer Widerstand = geringer Durchfluss

Abb. 51: Prinzip einer hydraulisch nicht abgeglichenen Anlage



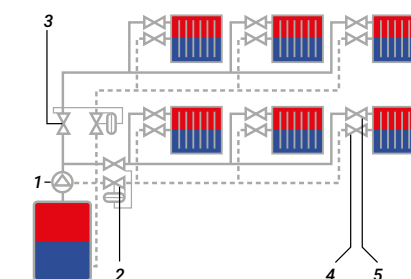
- 1 Pumpe

Abb. 52: Schema einer hydraulisch nicht abgeglichenen Anlage



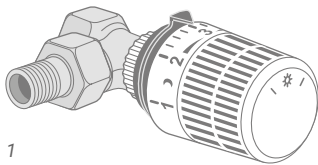
- 1 Durchflussbegrenzung zum Abgleich

Abb. 53: Prinzip einer hydraulisch abgeglichenen Anlage

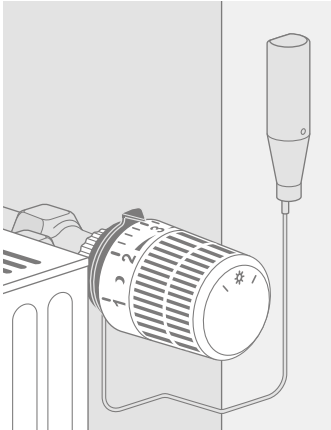


- 1 Pumpe
- 2 Regulierventil mit Membranregler
- 3 Vorlaufventil
- 4 Rücklaufverschraubung
- 5 Thermostatventil

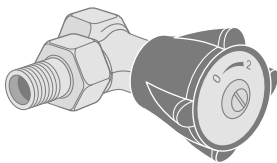
Abb. 54: Schema einer hydraulisch abgeglichenen Anlage



1



2



3

- 1 modernes Thermostatventil
2 Thermostatventil mit Fernfühler
3 altes Regulierventil ohne Thermostat

Abb. 55: Thermostatventile

Thermostatventile

Thermostatventile regeln die Heizkörperleistung durch Anpassung der Durchflussmenge. Diese hängt nicht nur von der Außentemperatur ab, sondern wird auch von Wärmegewinnen durch Solareinstrahlung und der Abwärme durch Geräte oder Personen beeinflusst. Am Thermostatventil stellt der Nutzer eine bestimmte Temperatur ein, die über Stufen definiert ist. Diese wird automatisch durch die Regelung des Ventils eingehalten.

Damit durch das Thermostatventil die Raumtemperatur festgestellt werden kann, darf es nicht durch Verkleidungen oder die Vorhänge verdeckt werden. Unter Umständen kann ein Fernfühler eingebaut werden, der an einer Stelle im Raum angebracht und so von der Raumluft umspült wird.

Sind noch keine Thermostatventile im Gebäude vorhanden, müssen sie laut § 63 (3) des GEG nachgerüstet werden. Alte Ventile können den Heizkörper lediglich teilweise oder ganz absperren oder öffnen und die Raumtemperatur nicht automatisch regeln.

Nachträgliches Dämmen von Rohrleitungen

Ungedämmte Rohrleitungen der Heizungsanlage müssen nachträglich gedämmt werden, wenn sie im unbeheizten Bereich verlaufen. Warmwasserleitungen sollten auch im beheizten Bereich gedämmt werden, da sie wesentlich höhere Temperaturen führen und entsprechende Verluste auch gegenüber beheizten Räumen haben. Insbesondere, wenn Zirkulationsleitungen vorhanden sind, sollten diese Leitungen gedämmt werden.

Dabei ist auf eine sorgfältige und lückenlose Dämmung zu achten, vor allem an Armaturen, Pumpen und Anschlüssen. Entsprechende Formteile für die Dämmung werden auf dem Markt angeboten.

Folgende Tabelle fasst übersichtlich die einzelnen Sanierungsmöglichkeiten zusammen:

Anlagenkomponente	Sanierungsmaßnahme
Wärmeerzeuger/Kessel	<ul style="list-style-type: none"> Regelung der Betriebstemperaturen Austausch des Geräts (Möglichkeit der Umstellung des Energieträgers) Einsatz von Solarthermie
Speicher	<ul style="list-style-type: none"> Dämmung des Speichers Austausch des Geräts (unter Umständen Wahl eines anderen Speichertyps oder einer anderen Speichergröße)
Verteilung/Leitungsnetz	<ul style="list-style-type: none"> Dämmung der Rohrleitungen und Armaturen hydraulischer Abgleich
Pumpen	<ul style="list-style-type: none"> Regelungseinstellung Austausch der Pumpen hydraulischer Abgleich
Heizkörper	<ul style="list-style-type: none"> Austausch alter Ventile

Tab. 6: Anlagekomponenten und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Energieverlusten

4.3 Auswahlkriterien für die Anlagentechnik



Die verschiedenen Anlagensysteme werden im Maßnahmenkatalog unter Punkt 4.4 dargestellt.

Vor dem Einbau einer neuen Heizung sollte die Gebäudehülle weitestgehend gedämmt werden, um den Energiebedarf des Gebäudes zu senken (siehe hierzu Kapitel 3). Je geringer der Energiebedarf ist, desto kleiner kann die Leistung der Anlage ausgewählt werden.

Soll ein neuer Wärmeerzeuger eingebaut werden, so ergibt sich die Chance, die technische Ausstattung des Gebäudes zu verändern und neue anlagentechnische Elemente einzubauen. In den meisten Fällen besteht auch die Möglichkeit, den Energieträger neu zu wählen. Bei der Auswahl einer neuen Anlagentechnik sollte immer auch die Möglichkeit der Integration und des Einsatzes regenerativer Energieträger berücksichtigt werden.

Eine neue Heizungsanlage ist in Abhängigkeit von der Heizlast des Gebäudes auszulegen und sollte möglichst gering dimensioniert werden. In der Regel wurden ältere Anlagen mit diversen Sicherheitszuschlägen ausgelegt und sind schon für das unsanierte Gebäude überdimensioniert, sodass insbesondere nach einer Dämmung der Gebäudehülle meist eine sehr viel kleinere Leistung ausreichend ist. Für die korrekte Dimensionierung der Heizungsanlage muss eine Berechnung nach DIN EN 12831 durchgeführt werden. Bei kleinen Gebäuden bestimmt nach einer energetischen Modernisierung der Gebäudehülle die zur Warmwasserbereitung nötige Energie die Wärmeerzeugergröße. In keinem Fall sollte ohne Prüfung eine Anlage mit derselben Leistung wie vorhanden eingebaut werden.

Welche Anlagentechnik für das Gebäude sinnvoll einsetzbar und überhaupt technisch integrierbar ist, hängt von vielen Faktoren ab. Die unterschiedlichen Hauptkomponenten der Anlagentechnik werden im Maßnahmenkatalog beschrieben. Im Folgenden werden zunächst die Randbedingungen für das System und den zu wählenden Energieträger betrachtet.

Zentrale oder dezentrale Heizungs- und Warmwasserversorgung

Die Entscheidung, ob eine zentrale oder dezentrale Anlage eingebaut werden soll, hängt bei einer Sanierung im Wesentlichen von der bestehenden Anlagentechnik ab und davon, wie tief bei einer Modernisierung in die Gebäudesubstanz eingegriffen werden kann.

In den meisten Fällen sind zentrale Heizungsanlagen mit integrierter Warmwasserbereitung dezentralen Systemen vorzuziehen. Der Nutzungsgrad ist bei Zentralanlagen höher und eine thermische Solaranlage zur Heizungs- und/oder Warmwasserunterstützung besser integrierbar.

Bei einer bestehenden dezentralen Heizungs- und Warmwasseranlage ist eine Umstellung auf ein zentrales System allerdings nur mit erheblichem Aufwand umsetzbar und in der Regel nur sinnvoll, wenn das Gebäude grundlegend saniert wird. Wenn keine Umstellung auf eine Zentralanlage erfolgen soll, empfiehlt sich eine kombinierte dezentrale Heizung mit Warmwasserbereitung. Auch wenn keine umfangreiche Modernisierung möglich ist, können einzelne dezentrale Geräte optimiert werden.

Wahl des Energieträgers

Die Wahl des Energieträgers beeinflusst maßgeblich die Wahl der Anlagentechnik. Man sollte die Auswahl deshalb immer im Zusammenhang mit der Anlagentechnik treffen. Eine Umstellung des Energieträgers ist häufig möglich. Jedoch ist nicht jeder Energieträger für jedes Gebäude beliebig einsetzbar. Folgende Entscheidungskriterien helfen bei der Auswahl:

Verfügbarkeit

Vor der Entscheidung für einen bestimmten Energieträger sollte geprüft werden, ob er für das Gebäude überhaupt verfügbar ist. Leitungsungebundene Energieträger wie Heizöl oder Holzpellets sind in der Regel überall verfügbar. Leitungsgebundene Energieträger wie Erdgas oder Fernwärme sind nur dort verfügbar, wo entsprechende Anschlüsse vorhanden sind.

Gesetzliche Vorschriften

Nach § 72 GEG dürfen Öl- und Gasheizungen nur noch mit deutlichen Einschränkungen eingebaut werden. Über diese Anforderungen des GEG hinaus gibt die Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (1. BImSchV – Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen) Grenzwerte für die Abgasverluste von Heizkesseln vor. Ferner strebt die seit 2022 amtierende Bundesregierung im Koalitionsvertrag eine Novellierung des GEG an. Darin soll jede neu eingebaute Heizung ab 2024 auf der Basis von 65 Prozent erneuerbarer Energie betrieben werden.

Platzbedarf

Die Anlagenkomponenten haben je nach Anlagensystem einen unterschiedlichen Platzbedarf. Vor allem ist aber entscheidend, ob Platz für die Lagerung des Energieträgers zur Verfügung gestellt werden muss. Öl oder Holzpellets benötigen einen Tank, ein Sacksilo oder ein Lager. Die Dimensionierung des Lagerraums ist abhängig vom Heizwärmebedarf des Gebäudes.

Kostensicherheit, Energiepreissteigerung

Welche Energiepreissteigerungen für die einzelnen Energieträger zu erwarten sind, ist nicht einfach zu beantworten.

Es empfiehlt sich, die Preissteigerungsrate in der Vergangenheit für eine Prognose zugrunde zu legen. Entscheidend für die Kostenentwicklung ist zudem, ob ein Energieträger endlich ist (z. B. fossile Brennstoffe), ob politische Entwicklungen oder militärische Auseinandersetzungen Einfluss haben können oder ob es z. B. eine Förderung zum Ausbau bestimmter Energieträger gibt.

Handling

Beim Handling wird hauptsächlich zwischen leitungsgebundenen (Erdgas, Fernwärme, Strom) und leitungsunabhängigen Energieträgern (Heizöl, Holzpellets) unterschieden. Bei den leitungsungebundenen Energieträgern muss sich jemand um die Anlieferung kümmern, während leitungsgebundene Energieträger ohne Zusatzaufwand geliefert werden.

Umweltbelastung

Bei den Energieträgern gibt es erhebliche Unterschiede bezüglich der Umweltbelastung. Bei der Bewertung einbezogen werden sollte der Einsatz der Energie, die aufgewendet werden muss, um den Energieträger bereitzustellen (Primärenergieeinsatz), und auch die Emissionen, die beim Einsatz des Energieträgers entstehen. Insbesondere sind hier die klimaschädlichen CO₂-Emissionen von Bedeutung, die von Energieträger zu Energieträger sehr unterschiedlich sein können (siehe auch Tabelle 7). Um die ambitionierten Klimaschutzziele zu erreichen, ist der Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energieträger notwendig, um die Energieversorgung langfristig zu dekarbonisieren.

Energieträger Eigenschaften	Erdgas schwer	Flüssiggas	Heizöl extra leicht (flüssig)	Holzpellets	Holzhack- schnittzel	Strommix	Fernwärme	Solar- strahlung	Umgebungs- energie ¹
regenerativer Energieträger				x	x		(x)	x	x
leitungsgebunden	x					x	x		
leitungsunabhängig		x	x	x	x			x	x
versorgerabhängig	(x)					(x)	x		
Lagerraum notwendig		x	x	x	x				
Brennwertnutzung	x	x	x	(x)	x				
einfache Verbrauchserfassung	x					x	x	x	x
Treibhausgase CO ₂ -Äquivalent in g/kWh nach GEG Anlage 9	240	270	310	20	20	560	60–400		
Primärenergiefaktor nach GEG Anlage 4 (nicht erneuerbarer Anteil)	1,1	1,1	1,1	0,2	0,2	1,8	0,0–1,3		

¹ Energie aus Erdreich, Grundwasser und Außenluft, die mithilfe einer Wärmepumpe nutzbar gemacht werden kann.

Tab. 7: Entscheidungskriterien für die Auswahl eines Energieträgers für die Gebäudeheizung und Trinkwassererwärmung

Lüftungsanlagen in der Bestandssanierung

Bei der Sanierung eines Bestandsgebäudes sollte immer über das optimale Lüftungskonzept nachgedacht werden. Die aktualisierte Norm DIN 1946-6: 2019-12 zu Systemen der Wohnungslüftung fordert bei Neubauten und bei der Modernisierung von bestehenden Gebäuden die Erstellung eines Lüftungskonzepts. Als Modernisierung gelten nach dieser Norm alle lüftungstechnisch relevanten Änderungen am Gebäude. Konkret fordert die Norm, ein Lüftungskonzept zu erstellen, wenn

- bei einem Mehrfamilienhaus mehr als ein Drittel aller Fenster ausgetauscht wird und
- bei einem Einfamilienhaus ebenfalls mehr als ein Drittel aller Fenster ausgetauscht oder mehr als ein Drittel der vorhandenen Dachfläche abgedichtet wird.

Falls ein Lüftungskonzept erforderlich ist, wird zuerst geprüft, ob eine ausreichende Infiltration des Gebäudes (über Undichtigkeiten, Fugen etc.) zur Gewährleistung des Feuchteschutzes vorhanden ist. Bei nicht ausreichender Infiltration ist weiterhin zu prüfen, welche Lüftungssysteme für das Gebäude geeignet sind (freie Lüftung, ventilatorgestützte Lüftung), um die lüftungstechnischen Aufgaben zu erfüllen.

Hintergrund dieser Norm ist der bei Bestandsgebäuden in der Regel vorhandene Luftaustausch über die freie Lüftung. Bei der Sanierung eines Gebäudes wird die Dichtigkeit der Gebäudehülle erhöht, was zu einer erheblichen Verbesserung des Komforts und einer Reduzierung der unkontrollierten Energieverluste führt. Gleichzeitig muss jedoch dafür gesorgt werden, dass eine gute Raumluftqualität im Gebäude vorliegt und dass die anfallende Luftfeuchtigkeit regelmäßig abgeführt werden kann. So kann z. B. eine kontrollierte Lüftungsanlage dazu beitragen, dass immer für gute Luft gesorgt ist und ein behagliches Klima im Innenraum vorherrscht. Im Maßnahmenkatalog wird das Thema Lüftungssysteme ausführlich behandelt.



Bei Neubau oder einer umfassenden Sanierung liegt die Verantwortung zur Erstellung eines Lüftungskonzepts beim planenden Architekten, der dies in der Regel an den Haustechnikplaner oder den Ausführenden delegieren wird.

Um Haftungsrisiken zu vermeiden, sollte bei der Teilmodernisierung derjenige, der die wesentliche lüftungstechnische Änderung zu verantworten hat (z. B. der Fensterbauer), schriftlich auf die Forderung der Norm DIN 1946-6 zur Erstellung eines Lüftungskonzepts hinweisen. Er selbst oder ein vom Bauherrn beauftragter Fachmann muss dann berechnen, ob zusätzliche Lüftungsmaßnahmen in Form einer freien oder einer ventilatorgestützten Lüftung erforderlich sind. In jedem Fall sollten dem Eigentümer das Ergebnis des Lüftungskonzepts und eine Lüftungsanleitung übergeben werden.

4.4 Maßnahmenkatalog

4.4.1 Wärmeerzeuger

Wärmepumpe

Wärmepumpen gibt es in verschiedenen Bauarten. Am häufigsten wird im Wohngebäudebereich die Kompressionswärmepumpe eingesetzt, die mithilfe elektrischer Energie angetrieben wird.

Die Wärmepumpe nutzt die Energie aus Außenluft, Erdreich, Wasser oder Abwärmequellen. Sie macht sie mittels eines Temperaturhubes über ein Kältemittel und den Verdichter für Heizzwecke und Trinkwassererwärmung verfügbar. Der Einsatz von Wärmepumpen ist umso effizienter, je geringer die Temperaturspreizung zwischen Wärmequelle und Heizsystem ist. Folgende Kriterien vereinfachen den nachträglichen Einbau einer Wärmepumpe:

1. Gut gedämmte Gebäude sind von Vorteil.

Eine gute Dämmung des Gebäudes verringert Wärmeverluste und die bereitzustellende Wärmeenergie. Das senkt die Antriebsenergie (Strombedarf) und somit die Betriebskosten. Bevor eine Wärmepumpe eingebaut wird, sollte die Gebäudehülle wenn möglich mit den in Kapitel 3 vorgestellten Maßnahmen optimiert werden.

2. Das Temperaturniveau der Wärmequelle sollte möglichst hoch sein.

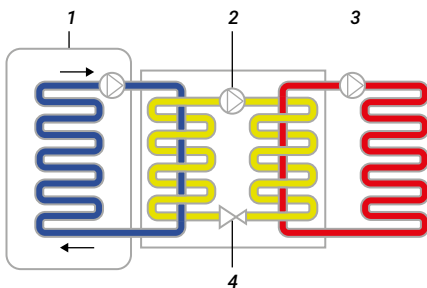
Je höher die Temperatur der Wärmequelle und je geringer der erforderliche Temperaturhub für die Heizmitteltemperaturen, desto effektiver arbeitet eine Wärmepumpe und umso weniger Antriebsenergie für den Verdichter wird benötigt. Außenluft hat im Vergleich zu anderen Wärmequellen (Erdreich und Grundwasser), insbesondere in der Heizperiode, eine geringere Temperatur.

Zur Nutzung von Erdwärme müssen Flächenkollektoren verlegt oder Vertikalbohrungen durchgeführt werden. Für Flächenkollektoren benötigt man grob geschätzt eine Fläche, die dem Zwei- oder Dreifachen der zu beheizenden Fläche im Gebäude entspricht. Im Bestand ist eine solche Fläche häufig nicht vorhanden, sodass in der Regel Vertikalkollektoren mit einer Tiefe von 40 bis 100 m eingesetzt werden. Das vorhandene Grundstück kann bei dieser Lösung nahezu unverändert bleiben und die vorhandene Bepflanzung kann beibehalten werden.

Auch bei Wasserwärmepumpen wird eine Bohrung in die Tiefe vorgenommen, um die Wärme des Grundwassers nutzen zu können. Die Durchführung dieser Bohrung bedarf in der Regel einer wasserrechtlichen Erlaubnis.



Maßnahmen



- 1 Umweltenergie
- 2 Verdichter
- 3 Heizung/Warmwasser
- 4 Entspannungsventil

Abb. 56: Schema einer Wärmepumpe



Wärmepumpen können auch in un- oder teilsanierten Gebäuden sinnvoll eingesetzt werden. Auch der Betrieb mit Heizkörpern ist für Wärmepumpen bei richtiger Planung unproblematisch. Die Entwicklung der Energiepreise macht Wärmepumpen als Wärmeerzeuger und Warmwasserbereiter sehr attraktiv.



3. Großflächige Wärmeübertrager sind vorteilhaft.

Im Neubau werden oft Flächenheizungen (wie Fußboden, Wand- oder Deckenheizungen) eingesetzt. In Passivhäusern ist es sogar möglich, mittels Lüftungsanlagen zu heizen. Dies erlaubt geringe Heizkreistemperaturen und eine höhere Effizienz der Wärmepumpenanlagen. Im Sanierungsfall ist es oft einfacher alte Heizkörper gegen Niedertemperatur- oder Wärmepumpenheizkörper auszutauschen.

Die Installation von Wärmepumpen in Bestandsgebäuden ist in den meisten un- oder teilsanierten Bestandsgebäuden möglich, muss aber bei der Planung gut abgestimmt werden, um einen effizienten Betrieb zu gewährleisten.

Auswahl des Wärmepumpengerätes

Die Entwicklung von Wärmepumpen schreitet voran. So bringen z.B. Entwicklungen in der Verdichtertechnologie (Leistungsanpassung durch Invertertechnologie) und neue Kältemittel höhere Leistungen und eine größere Effizienz mit sich. Natürliche Kältemittel, wie Propan, sind zudem umweltverträglicher und erreichen höhere Temperaturen bei einer besseren Effizienz. Bei den Geräuschemissionen der Außenlufteinheiten sollten ebenfalls die Unterschiede der Kennwerte berücksichtigt werden.

Holzpelletkessel

Holz kann als Brennstoff in vielfältiger Form verwendet werden und kommt in den unterschiedlichsten Bereichen zum Einsatz. Holz hat den Vorteil, ein nachwachsender Rohstoff zu sein, der im Laufe seines Lebens das CO₂ aufnimmt, das bei der Verbrennung wieder freigesetzt wird. Holz ist deshalb als Brennstoff CO₂-neutral. Für Heizungsanlagen im Wohngebäudebereich wird Holz überwiegend in Form von Holzpellets eingesetzt.

Holzpellets werden aus unbehandeltem Sägemehl und Holzabfällen zu etwa 5 mm langen Presslingen verarbeitet. Als Bindemittel dient ausschließlich das im Holz enthaltene Lignin. Ein Kilogramm Holzpellets enthält mit ca. 4,9 kWh in etwa die Energiemenge, die in einem halben Liter Heizöl steckt.

Pellets müssen trocken gelagert werden, damit ihre Qualität für die Verbrennung aufrechterhalten bleibt. Dazu können Lagerräume hergerichtet oder bereits vorgefertigte Sacksilos im Keller aufgestellt werden.

Die Größe des Lagerraums richtet sich nach der erforderlichen Leistung des Kessels. Das Lager sollte so groß ausgeführt sein, dass nur einmal im Jahr eine Pelletlieferung erforderlich ist, da jede Anlieferung Zusatzkosten und CO₂-Belastung verursacht. Ausgehend von einer Jahreslieferung wird pro kW Kesselleistung ein Lagervolumen von ca. 0,9 m³ benötigt. Bei einem gut gedämmten Einfamilienhaus mit einem Jahreswärmebedarf von 16.000 kWh und einer Heizleistung von 9 kW würde damit ein Lagerraum von 8 m³ ausreichen.

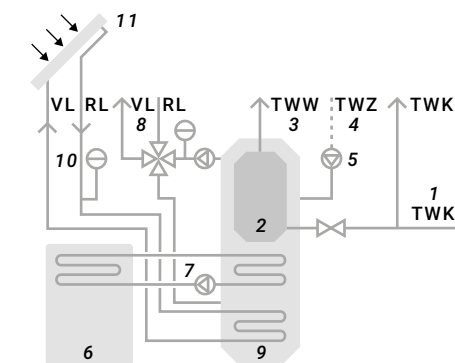
Holzpellets werden in vollautomatisch arbeitenden Zentralkesseln, die über eine Förderschnecke oder eine Saugeinrichtung mit dem Energieträger beschickt werden, eingesetzt. Auf dem Markt erhältlich sind auch Einzelöfen, die im Wohnraum aufgestellt werden können.

Im Pelletkessel erfolgt die Verbrennung emissionsarm. Besonders emissionsarme und effiziente Kessel sind mit dem „Blauen Engel“ ausgezeichnet. Es werden Wirkungsgrade von 95 Prozent erzielt.

Die **Leistungszahl**, die häufig als technisches Merkmal bei Wärmepumpen angegeben wird, gibt das Verhältnis von Nutzwärme zu eingesetzter elektrischer Leistung der Wärmepumpe unter Standardbetriebsbedingungen an. Besser geeignet zur Beurteilung der Energieeffizienz der Wärmepumpenanlage und zum Vergleich verschiedener Heizungsgeräte ist die **Jahreszeitbedingte Raumheizungseffizienz** (η_s). Dieser Kennwert berücksichtigt neben der unterschiedlichen Auslastung der Geräte bei unterschiedlichen klimatischen Bedingungen auch die eingesetzte Hilfsenergie außerhalb der Wärmepumpe (z.B. Heizstab).

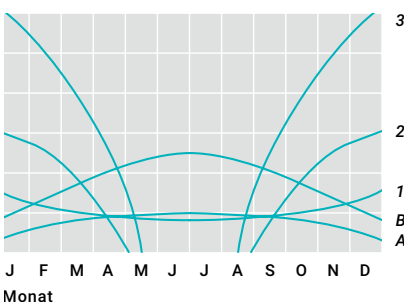


Pellets werden in Deutschland nach der DIN 51731 genormt. In Österreich gilt die strengere ÖNORM 7135. Die Kennzeichnung laut ÖNORM 7135 wird auch in Deutschland verwendet. Zusätzlich gibt es das Zertifikat „DIN plus“, über das beide Normen miteinander vereint werden. „DIN plus“-geprüfte Pellets unterliegen einer Überwachung der Qualitätssicherung beim Hersteller durch DIN Certo.



- 1 Trinkwasser (kalt) (TWK), Zusp eisung
- 2 Trinkwasserspeicher (warm)
- 3 Trinkwasser (warm) (TWW)
- 4 Trinkwasserzirkulation (TWZ)
- 5 Zirkulationspumpe
- 6 Heizkessel
- 7 Speicherladepumpe
- 8 Heizungskreislauf
- 9 Heizungspufferspeicher
- 10 Solarkreislauf
- 11 Kollektorfläche

Abb. 57: Systemeinbindung einer solarthermischen Anlage zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung mit Schichtspeicher



- 1 Trinkwasser
- 2 Raumbeheizung gut gedämmter Gebäude
- 3 Raumbeheizung schlecht gedämmter Gebäude
- A Kleine Anlage zur Trinkwassererwärmung
- B Große Anlage zur Trinkwassererwärmung

Abb. 58: Deckungsanteile von Solaranlagen – Gegenüberstellung von Heizwärme- und Warmwasserbedarf (1, 2, 3) gegen solares Strahlungsangebot (A, B)

Solarthermische Anlagen

Solarthermische Anlagen gehören mittlerweile zur gängigen Technik für die Warmwasser- und Heizungsunterstützung. Über Flach- oder Vakuumröhrenkollektoren wird Sonnenlicht in Wärme umgewandelt und mithilfe eines in der Regel pumpen-gestützten Kreislaufsystems zu einem Wärmespeicher transportiert.

Eine Solaranlage kann mit Anpassung der Komponenten (Verrohrung und Speicher) in die meisten bestehenden und neuen Heizungs- und Warmwasseranlagen integriert werden. Die Montage auf dem Schräg- oder Flachdach ist problemlos möglich, ebenso die Integration in die Fassade. Der optimale Aufstellwinkel liegt in unseren Breiten zwischen 45 und 60°, je nach Himmelsrichtung, Größe und Verwendung der Anlage.

Für die Warmwasserunterstützung sind im Allgemeinen Jahresdeckungs-raten von bis zu 60 Prozent besonders wirtschaftlich. Die Anlage wird dabei so dimensioniert, dass die Heizung im Sommer vollständig ausgeschaltet werden kann.

Die solare Heizungsunterstützung bringt eine Energieeinsparung von ca. 10 bis 30 Prozent, je nach energetischem Standard der Gebäudehülle. Je geringer der Heizwärmebedarf des Gebäudes ist, umso größere Deckungs-raten sind möglich. Eine erste grobe Auslegung der Anlage kann nach folgenden Daumenwerten erfolgen:

Kollektorfläche	1,2–1,5 m ² Flachkollektor pro Person 0,9–1,2 m ² Röhrenkollektor pro Person
Speichervolumen	60–70 l pro m ² Kollektor

Tab. 8: Auslegung einer Solaranlage zur Warmwasserunterstützung

Kollektorfläche pro 10 m² WFL	0,7–1,0 m ² Flachkollektor 0,5–0,8 m ² Röhrenkollektor
Speichervolumen	60–70 l pro m ² Kollektor

Tab. 9: Auslegung einer Solaranlage zur Heizungsunterstützung

Zu beachten

Die Ausrichtung der Anlage zum Sonnenverlauf bestimmt maßgeblich den Wirkungsgrad. Dachneigung und Orientierung sind vor der Planung zu bestimmen. Solarwärmespeicher sind zur Überbrückung von sonnenarmen Tagen notwendig.

Blockheizkraftwerk (BHKW)/Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Blockheizkraftwerke (BHKWs) funktionieren in der Regel genauso wie ein kleines Kraftwerk. Es handelt sich in aller Regel um gasbetriebene Ottomotoren, die auf lange Laufzeiten ausgelegt sind. Als Brennstoffe können aber auch Heizöl, Pflanzenöl (Rapsöl), Biogas oder Holzhackschnitzel verwendet werden.

Über einen Generator wird Wechselstrom erzeugt. Die Abwärme des Motors (Dieselmotor, Gasturbine) wird gleichzeitig zu Heizzwecken verwendet. Somit wird neben der elektrischen Energie (Kraft) auch die entstehende Wärme genutzt (Kraft-Wärme-Kopplung, KWK). Das Verhältnis von elektrischer zu thermischer Energie liegt in etwa bei 40 zu 60. Das heißt, 40 Prozent der eingesetzten Energie werden in Strom umgesetzt und 60 Prozent in Wärme zur Beheizung des Gebäudes.

Im Wohngebäudebereich werden in der Regel Klein-BHKWs eingesetzt, die eine elektrische Leistung zwischen 5 und 30 kW haben und in einem Fertigmodul geliefert und montiert werden. Der Einsatz solcher Anlagen lohnt sich vor allem in Gebäuden, bei denen der Wärmebedarf hoch ist, wie bei Mehrfamilienhäusern oder bei Häusergruppen, die über eine Heizzentrale versorgt werden.

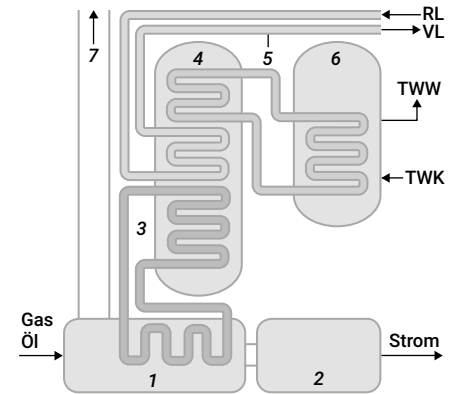
BHKWs arbeiten bei gleichmäßiger und hoher Ausnutzung des Stroms und der Wärme über das Jahr gesehen besonders wirtschaftlich. Sie werden in der Regel für die Grund- und Mittellast ausgelegt und sollten zwischen 5.000 und 8.760 Stunden pro Jahr laufen. Spitzenlasten bei geringen Außentemperaturen können über einen zusätzlichen Kessel (z. B. Brennwertkessel) abgedeckt werden.

Vorteile eines BHKW

- hoher Gesamtwirkungsgrad (gleichzeitige Strom- und Wärmeerzeugung), dadurch sehr gute Primärenergiebilanz
- Gesetzlich geregelte Stromeinspeisevergütung nach Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz. Noch höhere Vergütung für den Einsatz von regenerativen Treibstoffen nach EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz).
- ideal bei hohem Wärmebedarf (z. B. bei größeren Gebäuden)
- Kann bei Ersatz einer alten Kesselanlage meist problemlos in eine bestehende Heizungsanlage eingebunden werden.

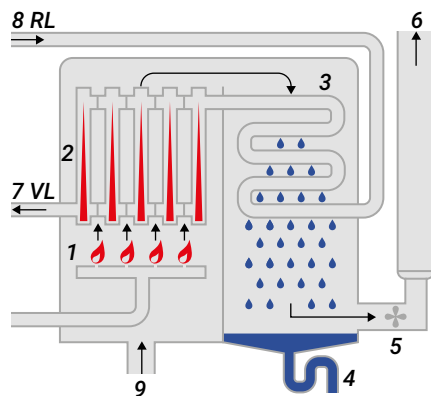
Zu beachten

BHKWs können nicht modulierend betrieben werden und sollten daher mit einem Pufferspeicher ausgestattet werden. Je länger die Laufzeiten des Aggregats, umso wirtschaftlicher die Anlage. Schallemissionen können auftreten. Im Rahmen der Planung sind entsprechende Maßnahmen zur Schallreduktion vorzusehen. BHKWs ziehen hohe Wartungskosten nach sich, die sich jedoch in der Regel über die erzeugte elektrische Energie amortisieren.



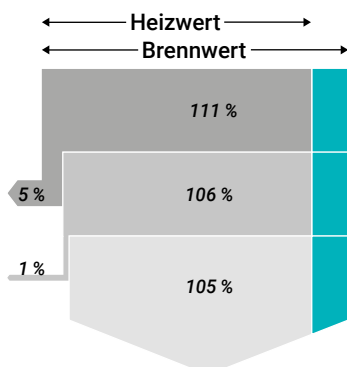
- 1 Verbrennungsmotor/Gasturbine
- 2 Generator
- 3 Motorkühlkreislauf
- 4 Heizungs- und Trinkwasserwärmetauscher/Pufferspeicher
- 5 Heizungskreislauf (VL/RL)
- 6 Trinkwasserspeicher
- 7 Abgasabführung

Abb. 59: Systemschema eines BHKW



- 1 Brenner
- 2 1. Wärmetauscher
- 3 2. Wärmetauscher
- 4 Kondensatablauf
- 5 Abgasgebläse
- 6 Abgasleitung
- 7 Heizungsvorlauf
- 8 Heizungsrücklauf
- 9 Kesselzuluft

Abb. 60: Funktionsweise eines Brennwertkessels



- 5 % Abgasverluste
- 1 % Abstrahlungs- und Betriebsbereitschaftsverluste
- Wärmeenergie (latent und fühlbar) im Abgas, die durch Abkühlung bis zur Kondensation nutzbar gemacht wird

Abb. 61: Nutzbare Energie in einem Brennwertkessel

Brennwertkessel

Brennwertkessel nutzen im Gegensatz zu Konstanttemperatur- oder Niedertemperaturkesseln zusätzlich die Energie, die im Wasserdampf des Abgases enthalten ist (Kondensationsenergie). Aus den Abgasen wird in einem nachgeschalteten Wärmetauscher durch Kondensation die Energiemenge zusätzlich genutzt, die sonst über den Schornstein verloren gehen würde. Die Abgastemperaturen liegen bei Nutzung der Brennwerttechnik bei 50 bis 60 °C, bei Konstanttemperaturkesseln hingegen bei über 200 °C.

Brennwertkessel weisen einen Wirkungsgrad von bis zu 109 Prozent auf. Der Wirkungsgrad kann über 100 Prozent liegen, da er auf den Heizwert (H_i – früher unterer Heizwert H_u) bezogen wird. Der Heizwert beinhaltet nur den bei vollständiger Verbrennung des Energieträgers bezifferten Energiegehalt, und zwar ohne die zusätzliche Energiemenge, die im sogenannten Brennwert (H_s – früher oberer Heizwert H_o) enthalten ist und die durch Kondensation nutzbar gemacht wird. 109 Prozent Wirkungsgrad bezogen auf den Heizwert entsprechen ca. 98 Prozent Wirkungsgrad bezogen auf den Brennwert.

Nachträglich ausfallendes Kondensat im Schornstein kann zur Versottung führen. Die Abgasleitung muss beim Neueinbau eines Brennwertkessels korrosionsfest und feuchtigkeitsunempfindlich hergestellt werden. In der Regel werden dafür Rohre aus Kunststoff, Edelstahl oder Keramik in den vorhandenen Schornstein eingesetzt. Im Schornstein anfallendes Kondensat muss darüber hinaus abgeführt werden. Bei Gaskesseln mit einer Leistung von mehr als 25 kW und bei allen Ölbrennwertkesseln ist das saure Kondensat vorher zu neutralisieren.

Vorteile des Brennwertkessels

- effiziente Nutzung des Energieträgers
- Standort des Kessels kann zentral für das Gebäude oder dezentral für einzelne Wohnungen (Brennwerttherme) vorgesehen werden.
- Reduzierung der Heizkosten und Schadstoffemissionen (gegenüber Konstanttemperatur- oder Niedertemperaturkesseln)

Zu beachten

Die Rücklauftemperatur muss zur Nutzung des Brennerts deutlich unter der Kondensationstemperatur des Abgases liegen. Die Heizungsanlage sollte deshalb mit möglichst niedrigen Temperaturen ausgelegt werden, damit der Brennwert möglichst über das gesamte Jahr genutzt werden kann. Die Brennwerttechnik kann am besten mit einer Vorlauftemperatur von unter 55 °C ausgenutzt werden. Die maximale Rücklauftemperatur liegt dann bei 40 °C.

Ab dem Jahr 2024 müssen neue Heizungen die Vorgabe zu 65 % mit erneuerbaren Energien betrieben zu werden erfüllen. Die ausschließliche Nutzung von fossilen Energieträgern ist dann nicht mehr möglich.

Die Auslegung des Kessels ist abhängig vom Dämmstandard des Gebäudes und von den eingebauten Heizflächen. Wird ein Gebäude nachträglich gedämmt, sind die vorhandenen Heizkörper in der Regel auch bei niedrigeren Systemtemperaturen ausreichend dimensioniert.

Häufiges Anspringen des Kessels sollte vermieden werden, da die Lebensdauer der Anlage negativ beeinflusst wird und erhöhte Emissionen die Umwelt belasten. Mindestlaufzeiten des Brenners können durch den Einbau eines Warmwasserspeichers und durch optimierte Einstellungen an der Regelung beeinflusst werden.

Warmwasserspeicher

Speichersysteme werden sowohl für den Heizkreislauf als auch für die Warmwasserbereitung eingesetzt. Besonders beim Einbau einer thermischen Solaranlage ist der Einbau eines Speichers notwendig. Ein Speicher kann sich gegebenenfalls auch lohnen, damit die Heizung gleichmäßiger ausgelastet werden soll. Ein kontinuierlicher Betrieb verringert die Schadstoffemissionen und wirkt sich günstig auf den Wirkungsgrad der Heizung aus.

Speicher gibt es als Trinkwasserspeicher, als Heizungsspeicher (sogenannte Pufferspeicher) oder als eine Kombination aus beiden. Es gibt sehr unterschiedliche Systeme (direkt oder indirekt beheizt, separat oder im Kessel integriert), die sich nicht pauschal bewerten lassen und in diesem Rahmen nicht ausführlich betrachtet werden sollen.

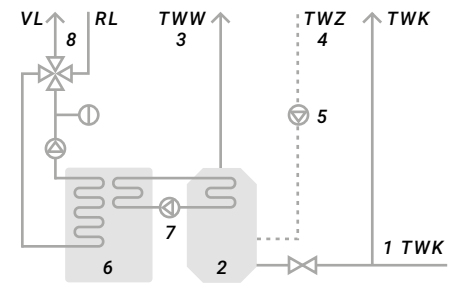
Elektrospeicher

Die sogenannten Untertischgeräte sind wegen des Einsatzes von Direktstrom und des schlechten Nutzungsgrads nicht sinnvoll. Häufig trifft man sie in Bestandsgebäuden dennoch an. Eine Verbesserung kann mit einer Regelung erzielt werden, die dafür sorgt, dass das Gerät das Wasser nicht laufend auf Temperatur hält. Hierzu kann eine Schaltuhr eingebaut werden oder eine Ausschaltautomatik, die über einen Taster betätigt wird. Der Speicher wird immer nur dann erhitzt, wenn der Schalter betätigt wird. Ein automatisches Nachheizen erfolgt dann nicht mehr.

Durchlauferhitzer

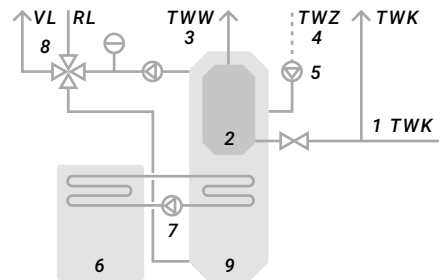
Dezentrale Durchlauferhitzer werden entweder mit Gas oder Strom betrieben. Sie können sinnvoll zum Einsatz kommen, wenn damit lange Verteilleitungen vermieden werden.

Sind im Bestand elektrische Durchlauferhitzer eingebaut, ist die Umstellung auf gasbetriebene Geräte oder gar auf eine zentrale Warmwassererzeugung nicht ohne sehr hohen Aufwand möglich. In diesen Fällen können die vorhandenen Geräte zur Verbesserung der Energieeffizienz durch elektronisch geregelte Durchlauferhitzer ausgetauscht werden. Mit diesen lässt sich die Energiezufuhr stufenlos je nach Anforderung regeln, wohingegen die elektrischen einfachen Durchlauferhitzer immer mit voller Leistung die voreingestellte Temperatur bereitstellen.



- 1 Trinkwasser (kalt), Zusppeisung
- 2 Trinkwasserspeicher (warm)
- 3 Trinkwasser (warm)
- 4 Trinkwasserzirkulation
- 5 Zirkulationspumpe
- 6 Heizkessel
- 7 Speicherladepumpe
- 8 Heizungskreislauf
- 9 Heizungspufferspeicher

Abb. 62: Einbindung eines Trinkwasserspeichers in eine Heizungsanlage



- 1 Trinkwasser (kalt), Zusppeisung
- 2 Trinkwasserspeicher (warm)
- 3 Trinkwasser (warm)
- 4 Trinkwasserzirkulation
- 5 Zirkulationspumpe
- 6 Heizkessel
- 7 Speicherladepumpe
- 8 Heizungskreislauf
- 9 Heizungspufferspeicher

Abb. 63: Einbindung eines Heizungspufferspeichers mit integriertem Tank-in-Tank-Warmwasserspeicher in eine Heizungsanlage

4.4.2 Kontrollierte Wohnungslüftung

Insbesondere sehr gut gedämmte Gebäude benötigen anteilig zum Gesamtwärmebedarf einen erheblichen Teil der Energie zum Ausgleich der Lüftungswärmeverluste. Wenn im sanierten Altbau die berechneten Lüftungswärmeverluste die berechneten Transmissionswärmeverluste übersteigen, empfiehlt sich als Alternative zur freien Lüftung der Einbau einer kontrollierten mechanischen Lüftungsanlage. Sie stellt den notwendigen Luftwechsel bei gleichzeitig reduzierten Lüftungswärmeverlusten mit entsprechender Energieeinsparung sicher.

Zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Zur Verbesserung des Komforts und zur Einsparung von Lüftungswärmeverlusten kann eine kontrollierte Zu- und Abluftanlage eingebaut werden. Über einen Wärmetauscher im zentralen Lüftungsgerät wird die Abluftwärme der Zuluft zugeführt. So kann die Zuluft bereits vorgewärmt in die Räume strömen und es lassen sich 70 bis 90 Prozent der Lüftungswärmeverluste einsparen.

Zu- und Abluft müssen über zwei Rohrleitungsnetze, die im Gebäude zu integrieren sind, zu dem Lüftungsgerät geführt werden. Der nachträgliche Einbau der Lüftungsrohre oder -kanäle mit einem Durchmesser zwischen 80 und 200 mm ist in Bestandsgebäuden in der Regel nicht einfach. Gegebenenfalls können stillgelegte Kamine genutzt werden, die Leitungen können im Dachboden verzogen und mithilfe von Deckendurchbrüchen an die darunterliegenden Geschosse angebunden werden oder es müssen nachträglich Abkofferungen eingebaut werden, wenn die Kanäle nicht sichtbar bleiben sollen. Diese aufwendigen Maßnahmen lohnen sich besonders, wenn das Gebäude auch von innen saniert wird.

Für den effizienten Betrieb der Anlage ist eine geringe Ventilatorleistung wichtig. Diese kann schon mit der Planung des Verteilnetzes optimiert werden. Hierbei ist auf möglichst kurze Leitungslängen mit einer strömungsgünstigen Verlegung zu achten. Leitungen sollten mit möglichst großen Radien um die Ecke geführt werden. Die Anlage muss insgesamt auf die erforderlichen Volumenströme der einzelnen Räume ausgelegt werden.

Am Lüftungsgerät selbst tritt Kondensat auf, das abgeführt werden muss. Ist der nachträgliche Anschluss an die Kanalisation nicht möglich, kann es z. B. mithilfe eines Auffangbeckens gesammelt werden, das von Zeit zu Zeit geleert werden muss.

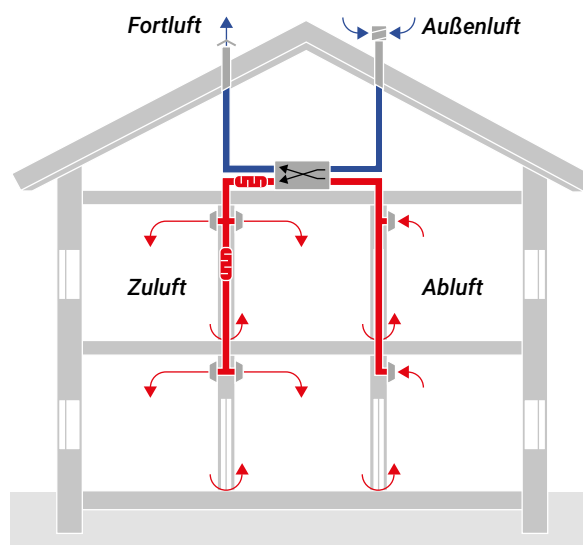


Abb. 64: Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung, Schemaschnitt

Die Lüftungsleistung wird über einen Schalter im Wohnbereich geregelt. Es empfiehlt sich, hier eine möglichst einfache Regelung anzubieten. Üblicherweise reichen drei Tasten, die es ermöglichen, das Gerät auszuschalten, auf Normalbetrieb zu schalten oder – für einen höheren Luftwechsel – auf Intensivbetrieb zu stellen.

Eine sorgfältige Planung ist beim Einbau einer Lüftungsanlage unbedingt erforderlich, damit die Anlage effizient arbeitet und es zu keiner Geräuschbelästigung kommt.

Abluftanlage

Abluftanlagen ohne Wärmerückgewinnung stellen bei der Altbauanierung eine der einfachsten und kostengünstigsten Möglichkeiten für eine kontrollierte Lüftung dar.

Bei diesen Anlagen wird die Wärme der Raumluft nicht genutzt und deshalb werden die Lüftungswärmeverluste nicht reduziert. Die Anlagen tragen hauptsächlich zu einem ausreichenden Luftwechsel bei und sichern damit die Raumluftqualität.

Bei einer Abluftanlage wird Luft aus den geruchsbelasteten Räumen wie Bad und Küche abgesaugt und mithilfe eines Ventilators meist über einen zentralen Schacht (z. B. stillgelegter Kamin) über das Dach abtransportiert. Frische Außenluft gelangt über Nachströmöffnungen in Wohn- und Schlafzimmer des Gebäudes. Durch den entstehenden Unterdruck kann die Luft allerdings auch unkontrolliert durch undichte Stellen in der Gebäudehülle eindringen. Deswegen sollte auf die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle besonderes Augenmerk gelegt werden (siehe hierzu auch Kapitel 3).

Die Nachströmöffnungen werden entweder in der Außenwand, im Fensterrahmen oder im Rollladenkasten eingebaut. Beim Einbau ist zu beachten, dass die Lüftungselemente regelmäßig zu warten sind und entsprechend zugänglich sein müssen.

Mittels Abluftwärmepumpen kann unter bestimmten technischen Voraussetzungen die in der Abluft enthaltene Wärme teilweise zurückgewonnen werden.

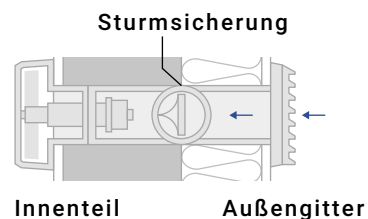


Abb. 65: In der Außenwand eingebaute Nachströmöffnung

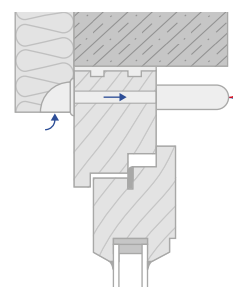


Abb. 66: Im Fensterrahmen eingebaute Nachströmöffnung

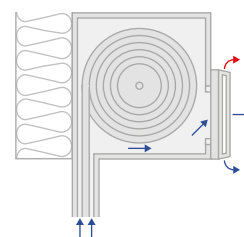


Abb. 67: Im Rollladenkasten eingebaute Nachströmöffnung

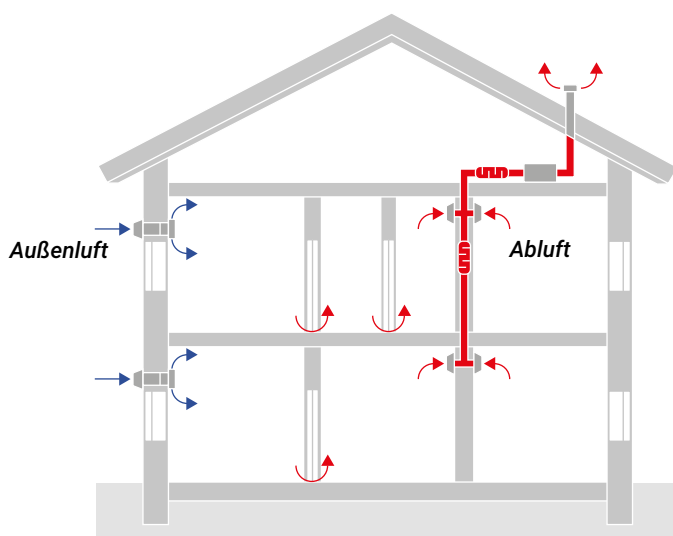


Abb. 68: Abluftanlage mit Nachströmöffnung, Schemaschnitt

5 Anhang

5.1 Literaturnachweis

- [1] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): Leitfaden Energieausweis Teil 1 – Energiebedarfsausweis: Datenaufnahme für Wohngebäude; Berlin, 4. Auflage, Dezember 2022
- [2] AHO Arbeitskreis: Wärmeschutz und Energiebilanzierung; 3. Auflage, September 2022
- [3] Gemeinsame Bekanntmachung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie und des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat: Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand vom 8. Oktober 2020, Berlin
Online zum Download auf www.gebaeudeforum.de
- [4] S. Klauß, W. Kirchhof, J. Gissel: Erfassung regionaltypischer Materialien im Gebäudebestand mit Bezug auf die Baualtersklasse und Ableitung typischer Bauteilaufbauten, Katalog regionaltypischer Materialien im Gebäudebestand mit Bezug auf die Baualtersklasse und Ableitung typischer Bauteilaufbauten, Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e. V. Kassel (ZUB Kassel), Oktober 2009; die Forschungsarbeit wurde gefördert durch das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR-Förderkennzeichen Z6-10.07.03-06.13 / II 2-80 01 06-13)
Online zum Download auf www.gebaeudeforum.de
- [5] B. Schulze-Darup: Bauökologie; Berlin, 1996
- [6] Verbraucherzentrale (Hrsg.): Wärmedämmung
- [7] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), www.fnr.de
- [8] Deutsche Bauzeitung, Heft 12/89, Seite 1639 ff.
- [9] M. v. Pettenkofer: Populäre Vorträge „über das Verhalten der Luft zum Wohnhaus des Menschen“; Braunschweig, 1877
- [10] E. Raisch: Die Luftdurchlässigkeit von Baustoffen und Baukonstruktionsteilen; Gesundheits-Ingenieur, 30/1928
- [11] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): Die Wärmebrückenbewertung bei der energetischen Bilanzierung von Gebäuden. Anwendung und Nachweismethoden des Beiblatts 2 der DIN 4108: 2019-6; Dezember 2020
Online zum Download auf www.gebaeudeforum.de
- [12] Gemeinsame Bekanntmachung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie und des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat: Bekanntmachung der Muster von Energieausweisen nach dem Gebäudeenergiegesetz vom 8. Oktober 2020
Online zum Download auf www.gebaeudeforum.de

Impressum

Herausgeber:

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Gebäudeforum klimaneutral
Chausseestraße 128 a
10115 Berlin
Tel.: +49 (0) 30 66 777 - 0
Fax: +49 (0) 30 66 777 - 699
E-Mail: info@dena.de / info@gebaeudeforum.de
Internet: www.dena.de / www.gebaeudeforum.de



Konzept und Redaktion:

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Uwe Bigalke, Thomas Kwapich, Heike Marcinek,
Romy Reichenberger, Christina Sager
Überarbeitung: Dominik Monteiro Haushahn,
Peter Pannier und Lasse Schöfer

Fachliche Begleitung:

Andreas Deppe (ENTECH) · Kap. 2.4
Rainer Feldmann (Energie & Haus) · Kap. 3/4
ift Rosenheim · Kap. 3.5.3

Autorinnen und Autoren:

Kap. 1 / 2.1 / 2.3–2.6

Thomas Kwapich, Heike Marcinek, Christina Sager (dena)

Kap. 2.2

RA Karsten Meurer (Meurer Rechtsanwälte)

Kap. 3 / 4

Andrea Georgi-Tomas (ee concept GmbH); Prof. Manfred
Hegger, Prof. Karl-Heinz Petzinka (TU Darmstadt);
Florian Lang, Isabell Schäfer, Jürgen Volkwein
(LANG+VOLKWEIN Architekten und Ingenieure);
Peter Pannier (dena) (3. Auflage)

Gestaltung:

The Ad Store GmbH, Hamburg

Bildnachweis:

Titel: shutterstock/VladimirZhupanenko
Seite 4: shutterstock.com/Yuri Hoyda
Seite 23, Abb. 6: SWW Oberallgäu, Architekt Felkner
Seite 23, Abb. 15: Wolfgang Nowak, München

Sämtliche Inhalte wurden mit größtmöglicher Sorgfalt und nach bestem Wissen erstellt. Die dena übernimmt keine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der bereitgestellten Informationen. Für Schäden materieller oder immaterieller Art, die durch Nutzung oder Nichtnutzung der dargebotenen Informationen unmittelbar oder mittelbar verursacht werden, haftet die dena nicht, sofern ihr nicht nachweislich vorsätzliches oder grob fahrlässiges Verschulden zur Last gelegt werden kann.

Bitte zitieren als:

Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (dena, 2022)
„Leitfaden Energieausweis“. Teil 2 – Modernisierungsempfehlungen für Wohngebäude

Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena.

In dieser Publikation verwenden wir bei Berufsbezeichnungen wie Planer, Architekten usw. die männliche Form. Dies dient einer besseren Lesbarkeit. Ausdrücklich sind damit natürlich auch Planerinnen, Architektinnen usw. angesprochen.

Auflage:

4. Auflage

Stand:

Dezember 2022



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

Die Veröffentlichung dieser Publikation erfolgt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. Die Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) unterstützt die Bundesregierung in verschiedenen Projekten zur Umsetzung der energie- und klimapolitischen Ziele im Rahmen der Energiewende.

