



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit



Energieeffizient bauen und modernisieren

Ratgeber für private Bauherren

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)
Referat Öffentlichkeitsarbeit · 11055 Berlin
E-Mail: service@bmub.bund.de · Internet: www.bmub.bund.de

Redaktion

BMUB, Referat B I 5 - Bauingenieurwesen, Nachhaltiges Bauen, Bauforschung

Fachliche Bearbeitung

solid-ar planungswerkstatt (Gesamtkonzept):

Dr. Günter Löhnert,

Dipl.-Ing. Sabine Dorn,

Dipl.-Ing. Andreas Dalkowski

Mitarbeit: Franka Dührkop M.Sc., Adrian Haegi M.A.

Dr. Burkhard Schulze Darup, schulze darup & partner architekten

Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Lützkendorf, KIT

Dr. Uwe Römmling, Freier Energieberater

Dipl.-Ing. Holger Barske, A-IG Ingenieure

Dipl.-Ing. Architekt Holger König, Ascona GbR

Gestaltung

design.idee, Büro für Gestaltung, Erfurt

Druck

Bonifatius GmbH, Paderborn

Bildnachweise

Siehe Seite 119.

Stand

Juni 2015

2. Auflage

10.000 Exemplare

Bestellung dieser Publikation

Publikationsversand der Bundesregierung

Postfach 48 10 09 · 18132 Rostock

Tel.: 030 / 18 272 272 1 · Fax: 030 / 18 10 272 272 1

E-Mail: publikationen@bundesregierung.de

Internet: www.bmub.bund.de/bestellformular

Hinweis

Diese Publikation ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Gedruckt auf Recyclingpapier.

Energieeffizient bauen und modernisieren

Ratgeber für private Bauherren

Inhalt

Vorwort	6
Hinweise und Überblick	8
1 Wir bauen!	10
1.1 Die Rolle des Bauherrn	10
1.2 Energie: Eine Definitionsfrage	12
1.3 Gesetzliche Rahmenbedingungen	14
2 Planungsziel Energieeffizienz	15
2.1 Wohnqualität: Komfort- und Energieaspekte	15
2.2 Wahl des energetischen Standards	19
2.3 Planungsgrundsätze – Ziele definieren	22
2.4 Bestand erneuern oder doch neu bauen?	26
3 Wirtschaftlichkeit und Qualität	31
3.1 Wirtschaftlichkeit beurteilen	31
3.2 Energiepreisänderungsrisiko minimieren	34
3.3 Qualitätsbewusst planen und bauen	36
4 Gebäudehülle	39
4.1 Konstruktionen im Überblick	40
4.2 Konstruktionsbeispiele	42
4.3 Fenster richtig einbauen – Solargeometrie und passiv Energie gewinnen	52
5 Heizen und passiv kühlen	61
5.1 Energieträger im Überblick	63
5.2 Wärmeerzeuger im Überblick	65
5.3 Trinkwassererwärmung	69
5.4 Speicherung, Verteilung und Wärmeübergabe	70
5.5 Passiv kühlen	73

6	Richtig lüften	75
6.1	Komponenten der Lüftungsanlage	78
6.2	Mechanisch gestützte Abluftanlage	79
6.3	Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung	80
7	Strom effizient nutzen	82
7.1	Stromverbrauch im Haushalt	82
7.2	Stromverbrauch der Haustechnik	83
7.3	Die richtige Beleuchtung	84
7.4	Strom selbst erzeugen und nutzen	86
8	Qualität der Bauausführung	90
8.1	Qualitätsmanagement in der Umsetzung	90
8.2	Leistungsbeschreibung: Qualität definieren	91
8.3	Eigenleistungen realistisch einschätzen	91
8.4	Die Baustelle im Griff	92
8.5	Feuchtemessung von Baustoffen	94
8.6	Dokumentation	96
9	Einfach und sparsam im Betrieb	98
9.1	Gebäudeautomation: Steuern und Regeln	98
9.2	Inbetriebnahme	101
9.3	Luftfeuchte kontrollieren	102
9.4	Inspektion und Wartung	102
9.5	Verbräuche erfassen und auswerten	102
10	Beispiele aus der Praxis	104
11	Anhang	110
11.1	Den Energieausweis richtig lesen	110
11.2	Checkliste	112
11.3	Förder- und Beratungsmöglichkeiten	114
11.4	Glossar	115
11.5	Abkürzungsverzeichnis	118
	Bildnachweise	119

Vorwort



Liebe Leserinnen und Leser,

der Klimawandel zählt zu den großen Herausforderungen unserer Zeit. Es bedarf großer Anstrengungen, um das Ziel zu erreichen, die Erderwärmung bis zum Ende des Jahrhunderts auf 2 Grad Celsius zu begrenzen. Derzeit verhandeln die Regierungen der Welt mit dem Ziel, ein neues Klimaschutzabkommen zu verabschieden. Schon heute leiden vor allem die Menschen in den ärmsten Regionen der Welt unter den Folgen des Klimawandels. Und es ist absehbar, dass sich die soziale Spaltung weiter vertiefen wird, wenn es nicht gelingt, das 2-Grad-Ziel einzuhalten.

Gleichzeitig ist vor dem Hintergrund einer wachsenden Weltbevölkerung klar, dass der Energiebedarf und damit die Energiepreise weiter ansteigen werden. Auch diese Entwicklung wird soziale Spannungen verschärfen, wenn es nicht gelingt, die Abhängigkeit von den fossilen Energien abzubauen und den Umstieg auf erneuerbare Energien zu schaffen.

Wir haben uns in Deutschland das ambitionierte Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2020 mindestens 40 Prozent weniger Treibhausgase zu emittieren als 1990. Das erfordert eine große technische und gesellschaftspolitische Transformation. Mit dem Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 und dem Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz (NAPE) hat die Bundesregierung bereits wichtige Maßnahmenbündel beschlossen. Und wir wollen andere Länder in Europa und weltweit motivieren, mit uns beim Klimaschutz und bei der Energieeffizienz voranzugehen.

Zu unseren Zielen zählt zum Beispiel ein nahezu klimaneutraler Gebäudebestand bis zum Jahr 2050. Das bedeutet, dass bis dahin der Primärenergiebedarf durch Energieeinsparung und den Einsatz erneuerbarer Energien um rund 80 Prozent gegenüber 2008 gesenkt werden muss. Aber auch Energiewirtschaft, Verkehr und Landwirtschaft müssen ihre Beiträge leisten. Daneben sollen in der Industrie, in den privaten Haushalten und vor allem im Gebäudebereich bis zu 30 Millionen Tonnen Treibhausgase durch mehr Energieeffizienz eingespart werden. Der Gebäudebereich ist für knapp 40 Prozent des Endenergieverbrauchs in Deutschland verantwortlich. Entsprechend groß sind Notwendigkeit und Chancen zu deutlichen Effizienzsteigerungen, vor allem bei Immobilien, die vor der ersten Wärmeschutzverordnung 1979 errichtet wurden. Viele dieser Gebäude sind noch unsaniert. Mit modernen Sanierungsverfahren und in Verbindung mit leistungsfähigen Baustoffen und effizienten Anlagentechniken kann ihr Energiebedarf um bis zu 80 Prozent verringert werden.

Im Neubau muss von Anfang an nach Lösungen gesucht werden, die technisch und wirtschaftlich überzeugend zu einer Minimierung von Energiebedarf und Betriebskosten führen. Oftmals rechnen sich energetische Standards, die über die gesetzlichen Mindestanforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) hinausgehen, bereits nach wenigen Jahren.

Kernstück unserer Klimaschutz- und Energiepolitik bleibt das erfolgreiche CO₂-Gebäudesanierungsprogramm. Die Bundesregierung stellt jährlich 2 Milliarden Euro Fördermittel zur Verfügung und setzt damit starke Anreize für energieeffizientes Bauen und Sanieren. Die Förderung der Energieeffizienz bei Nichtwohngebäuden kommt hinzu und zur Erhöhung der Breitenwirkung werden die Tilgungszuschüsse gezielt erhöht. Die Förderbedingungen im Hinblick auf das Inkrafttreten der EnEV 2016 werden gegenwärtig geprüft und vorbereitet.

Beim klimagerechten Bauen und Modernisieren kommt es immer auf die richtige Mischung aus Information, Beratung und Förderung an. Dieser Ratgeber will mit einer umfassenden und verständlichen Übersicht dazu beitragen.



Dr. Barbara Hendricks
Bundesministerin für Umwelt, Natur, Bau und Reaktorsicherheit

Hinweise und Überblick

Dieser Ratgeber unterstützt Sie als Bauherr beim Einstieg in die komplexe Welt des energieeffizienten Bauens und Sanierens. Unter Beachtung der Themenvielfalt werden bauliche und anlagentechnische Grundkonzepte vorgestellt. Bewusst wurde auf Fachbegriffe nicht verzichtet. Gegenüber Planern und Firmen sollen Sie sich präzise ausdrücken können. Der Ratgeber erleichtert Ihnen damit auch die gezielte Stichwortsuche über das Internet. Erklärungen finden Sie im [Glossar](#). Weitere Informationsquellen und Abkürzungen sind im Anhang beschrieben.

Kapitel 1

Ideen, Wünsche, viele Fragen? Hinweise zur Bauherrenrolle, zu Energiedefinitionen und zu gesetzlichen Rahmenbedingungen für Neu- und Bestandsbauten.

Kapitel 2

Die richtige Mischung macht's: Integrieren Sie planerische Konzeptbausteine und nutzen Sie frühe Planungsphasen für Zielsetzungen und Entscheidungen.

Kapitel 3

Stellschrauben für wirtschaftliche Gebäude mit hoher Qualität finden. Betrachten Sie Ihr Gebäude von der „Wiege bis zur Bahre“.

Kapitel 4

Konstruktionsbeispiele und Bedeutung der Gebäudehülle bei Neu- und Bestandsbauten: Außenwand, Dach, Fenster, erdberührte Bauteile.

Kapitel 5

Anlagenkonzepte für Heizen und Trinkwassererwärmung. Tipps zum passiven Kühlen.

Kapitel 6

Mehr als frische Luft: Lüftungskonzepte, Komfortaspekte und Anlagenkomponenten.

Kapitel 7

Strom sparen und erzeugen: Beleuchtung, Haustechnik und Haushaltsgeräte unter der Lupe.

Kapitel 8

Qualität umsetzen: Mit präzisen Leistungsbeschreibungen, Kontrollen auf der Baustelle und dem Thema Eigenleistungen.

Kapitel 9

Tipps zum sparsamen Gebäudebetrieb: Von der Inbetriebnahme über die Gebäudeautomation bis hin zu Wartungsaufgaben.

Kapitel 10

Projektbeispiele liefern Anregungen und Ideen für Ihr eigenes Bauvorhaben.

 Tipp	 Tipp
 Checkliste	 Checkliste
 Frage	 Frage

Als Navigationshilfe und zum schnellen Übersichtslesen sind **Tipps, Checklisten** und **Fragen** farbig hervorgehoben. Allgemeingültige Hinweise sind blau, Informationen zum Bauen im Bestand sind orange gekennzeichnet.

 Wasser	 Zähler
 Brennstoff/Heizöl	 Pumpe/Ventilator
 Gas	 Wärmepumpe
 Netzstrom	 Solarkollektor
 Beleuchtung	 Erdwärme
 Hausstrom	 elektrischer Speicher
 Haushaltsgeräte	 Wechselrichter
 Trinkwarmwasser	 mechanische Lüftung
 Heizkörper	 mechanische Lüftung mit WRG
 Fußbodenheizung	 freie Lüftung
 Heizkessel	 Schachtlüftung
 (Kombi-)Speicher	

Im Bauherrenratgeber verdeutlichen schematische Darstellungen Prinzipien und Beispiele unterschiedlicher Anlagentechnik. Die folgenden Symbole verbessern die Lesbarkeit der Darstellungen.

1 Wir bauen!

Wenn die Entscheidung für ein eigenes Haus gefallen ist, sollten Sie sich zunächst auf die Planungs- und Bauaufgaben vorbereiten. Prüfen Sie Ihren Bedarf und definieren Sie Ihre Ziele sorgfältig, damit der Wunsch vom eigenen Heim, das komfortabel, energieeffizient und wirtschaftlich ist, auch in Erfüllung geht.

1.1 Die Rolle des Bauherrn

Sie schlüpfen in eine neue Rolle mit Rechten und Pflichten. Jeder, der zum ersten Mal baut, steht vor besonderen Herausforderungen: planerisch, finanziell und organisatorisch. Damit Sie für Bauherrenaufgaben gut gerüstet sind, sollten Sie gerade zu Beginn konzeptionelle und methodische Überlegungen zur Umsetzung des Bauvorhabens anstellen. Neben ganz individuellen Vorstellungen sind Risiken, Eigenleistungen sowie zeitliche Flexibilität zu betrachten. Jeder private Bauherr trägt auch Verantwortung für die Qualität unserer gebauten Umwelt. Beim Energiesparen lassen sich persönliche Ziele sehr gut mit gesellschaftlichen Anliegen verbinden. Insbesondere die energetische Sanierung im Gebäudebestand leistet einen großen Beitrag zur Reduktion des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen, aber auch zur Bewahrung und Fortentwicklung unserer Baukultur.



Zieh ich aufs Land ...



...oder will ich in der Stadt wohnen?

Bedarf, Ziele und Entscheidungen

Als Bauherr bestimmen Sie Richtung und Ziel. Flächen, Räume, Wohnfunktionen, Material und Farben können Sie festlegen. Aber es gilt ebenso, Unwägbarkeiten zu kalkulieren und Entwicklungen abzuschätzen. Sie müssen die Grundlagen der Planung definieren und vor allem rechtzeitig entscheiden: Stadt oder Land? Neu oder alt? Groß oder klein? Allein oder in der Gruppe bauen? Viele Entscheidungsfragen müssen Bauherren gleich zu Beginn eines Projektes verbindlich beantworten. Damit nehmen sie bereits entscheidend Einfluss auf die Kosten sowie den Ressourcen- und Energieverbrauch.



Checkliste

Anforderungen, Bedarf und Ziele prüfen

- Welches energetische Niveau **muss** ich erreichen (gesetzliche Anforderungen) und was **kann** ich zusätzlich schaffen (zum Beispiel Passivhaus-Niveau oder Effizienzhaus-Plus-Niveau)?
- Welche Konsequenzen haben energetische Zielsetzungen auf die Verwirklichung eigener Wohnwünsche: das Haus als Kapitalanlage, als Altersvorsorge oder auf das Erzielen von Mieteinnahmen?
- Schränken bau- und genehmigungsrechtliche Vorgaben, zum Beispiel Bebauungsplan, Gestaltungssatzung oder denkmalpflegerische Auflagen meine Handlungsspielräume in Bezug auf das Energiesparen ein?
- Welche Bauweise, welches Konzept, kommt prinzipiell in Frage: Massivbau oder Leichtbau, schlüsselfertiges Bauen oder Ausbauhaus, Konzepte wie das wachsende Haus oder das Nachrüsthause?
- Welche Anforderungen stelle ich in Bezug auf gesundes Bauen, Behaglichkeit und Komfort?
- Ist ein Keller zugunsten ebenerdiger Abstellräume verzichtbar (Kosteneinsparung, Barrierefreiheit)?
- In welcher Art und welchem Umfang kann ich Eigenleistungen realistisch erbringen?
- Soll ein exzellenter Wärmeschutz realisiert werden, der es erlaubt, auf eine konventionelle Heizung zu verzichten?
- Welche Potenziale von Entwurf und Konstruktion kann ich nutzen, um meine Wünsche nach hohem Komfort und geringem finanziellem und energetischem Einsatz zu erfüllen?

Wohneigentum: Alternativen prüfen

Haben Sie bereits ein konkretes Grundstück oder Gebäude für Ihre Planungen ins Auge gefasst? Es lohnt sich, Alternativen zur Schaffung von Wohneigentum hinsichtlich der Handlungsspielräume zur Energieeinsparung zu prüfen. Bestandsimmobilien bieten zum Beispiel den Vorteil von gewachsenen Infrastrukturen. Oder haben Sie schon einmal darüber nachgedacht, in einer Baugruppe oder Genossenschaft gemeinsam Ziele umzusetzen? Hier verbinden sich ökonomische und ökologische Vorteile. Der Einzelne spart, hat aber trotzdem höhere Qualitäten, durch Gemeinschaftseinrichtungen oder zum Beispiel ein Blockheizkraftwerk (BHKW) für mehrere Gebäude.

Kompetente Partner gewinnen

Für die Planung und Bauausführung ist es erforderlich, mit kompetenten Partnern zusammenzuarbeiten. Die Kosten dieser fachlichen Unterstützung zahlen sich immer aus. Das gilt für den Neubau und bei einer energetischen Gesamtanierung auch für das Bauen im Bestand. Da die Bauerneuerung damit beginnt, das Objekt zunächst gründlich kennen zu lernen, vergleichbar mit einem ganzheitlichen Gesundheits-Check beim Arzt, um die richtigen Einschätzungen vornehmen zu können, kommen wichtige baudiagnostische Untersuchungen und Bewertungen zum Tragen.



Checkliste

Wege zum Wohneigentum

- Bau eines neuen Wohnhauses in Eigenregie
- Erwerb eines schlüsselfertigen Gebäudes
- Beteiligung an einer Bauherrengemeinschaft
- Beteiligung an einer Genossenschaft
- Umbau und Sanierung eines Bestandsgebäudes
- Erwerb einer Eigentumswohnung

! Tipp

Beratung und Fördermöglichkeiten

Bund, Länder, Kommunen und weitere Institutionen bieten vielfältige Hilfe und Unterstützung für private Bauherren. Informieren Sie sich rechtzeitig, da sich Förderbedingungen und Programme ändern. Hinweise finden Sie im Anhang.

Beachten Sie auch, dass eine gute Planung Zeit braucht! Das gilt für Sie selbst, wie auch für die beteiligten Planer und Firmen. Gesparte Planungszeit verursacht in aller Regel Probleme durch fehlende Details und mangelhafte Abstimmungen. Optimale Lösungen entstehen nicht einfach so, sondern durch die Auseinandersetzung mit Alternativen. Mit anderen Worten: Variantenvergleiche gehören zu einem guten Planungsprozess.

Verständlichkeit einfordern

Beim Planen und Bauen, aber auch beim Umgang mit Maklern und Beratern treffen Sie auf unterschiedliche Fachleute, die oft in ihrer eigenen „Sprache“ kommunizieren. Insofern ist es beim Planen und Bauen wie in allen anderen komplexen Fachgebieten und Lebensbereichen, wie in der Medizin oder der Juristerei. Auf fachlicher Ebene ist dies auch immer notwendig, um präzise zu sein. Im Dialog mit Ihnen als Bauherrn und anderen Beteiligten, kann „Fachchinesisch“ aber zu Irritationen und Missverständnissen führen. Da es bei einem Bauvorhaben insbesondere um Ihr Geld geht, haben Sie Anspruch darauf, dass Ihnen die fachlichen Zusammenhänge erläutert werden – fordern Sie Ihr Recht auf Verständlichkeit auch ein! Dies fällt übrigens umso leichter, je mehr Sie sich auf solche Dialoge vorbereiten und sich selbst fachlich weiterqualifizieren.



Investieren Sie in gute Planung ...



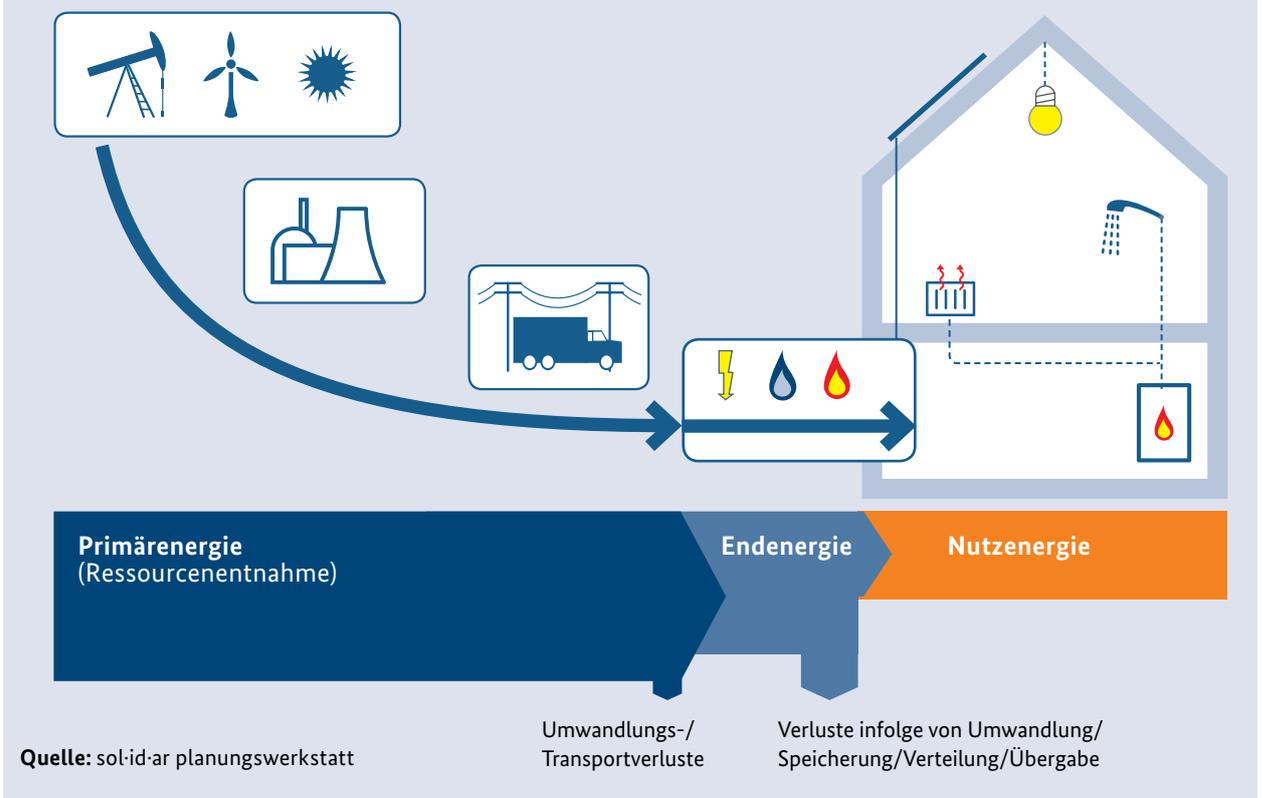
...und bauen Sie mit verlässlichen Partnern

1.2 Energie: Eine Definitionsfrage

Energiesparendes und klimaschonendes Bauen ist heute nicht mehr das Thema von Randgruppen ökologisch orientierter Bauherren, sondern eine gesamtgesellschaftliche Notwendigkeit. Auch Sie können Ihre Energiekosten senken und einen Beitrag leisten zu Ressourcenschonung und Umweltschutz, zum Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen und zu einem angenehmen Wohnumfeld.

Um realistische Anforderungen an die energetische Qualität von Wohngebäuden zu formulieren, ist es hilfreich, sich mit der energetischen Umwandlungskette zu befassen.



Abbildung 1: Von der Primärenergie zur Nutzenergie

Nutzenergie bezeichnet die tatsächlich genutzte Energiemenge, zum Beispiel die notwendige Wärme, die dem Raum zugeführt wird, um die gewünschte Raumtemperatur sicherzustellen. Bei der Bereitstellung der Nutzenergie durch das Heizungssystem entstehen jedoch auch Verluste durch Wirkungsgrade der Anlagen, Verteilung und Zirkulation.

Dies berücksichtigt die **Endenergie**. Sie stellt damit den Aufwand an Energieträgern (Öl, Gas, Fernwärme, Strom, Holz und so weiter) dar, der leicht zu messen ist und sich in den Kosten darstellt, die Sie an den Lieferanten bezahlen.

Je nach Energieträger wird der Umwelt eine bestimmte Menge an Ressourcen entnommen. Ein Teil davon geht für Gewinnung, Umwandlungsprozesse und Transportaufwendungen verloren. Die Einbeziehung dieser Vorkette bildet die **Primärenergie** ab, unterschieden in erneuerbare und nicht erneuerbare Primärenergie.

Für Sie ist der Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie wichtig für den Nachweis der Einhaltung von Anforderungen des Gesetzgebers. Auch energetische Standards wie das KfW-Effizienzhaus und das Effizienzhaus Plus orientieren sich am Bedarf nicht erneuerbarer Primärenergie.

Orientieren Sie sich bei den Anforderungen an die energetische Qualität an Energiestandards für Gebäude und gehen Sie im Sinne der Zukunftsfähigkeit Ihres Gebäudes über gesetzliche Vorgaben hinaus.



Tipp

Bedarf und Verbrauch unterscheiden

Energiebedarf und Energieverbrauch verhalten sich ungefähr wie Theorie und Praxis. Der Bedarf wird mit Annahmen und nach Regeln rechnerisch ermittelt. Der Verbrauch wird konkret gemessen.

! Tipp

Nachrüstpflichten und „bedingte“ Anforderungen

Die EnEV beinhaltet Nachrüstpflichten für Bestandsbauten und alte Heizungsanlagen. Diese sind abhängig von den jeweiligen Randbedingungen und müssen bis zu bestimmten Stichtagen umgesetzt werden. Bedingte Anforderungen greifen nicht automatisch, sondern nur dann, wenn Einzelmaßnahmen am Gebäude umgesetzt werden. Für denkmalgeschützte Gebäude gelten ebenso Sonderregelungen wie für Gebäude, die kurz vor dem Ende ihrer Nutzungsdauer stehen.

! Tipp

Detaillierte Informationen zur Energieeinsparverordnung (EnEV) und dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) finden Sie auf dem Informationsportal „Energieeinsparung“ des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung unter www.bbsr-energieeinsparung.de

Dies betrifft vor allem auch die Gebäudehülle, die mit einer Nutzungsdauer von mehreren Jahrzehnten eine langfristig ausreichende Qualität besitzen muss. Daneben können Sie auch Anforderungen an die Art des Energieträgers stellen.

1.3 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Die wichtigsten Gesetze und Verordnungen im Hinblick auf die energetische Qualität Ihres Gebäudes sind die Energieeinsparverordnung (EnEV) sowie das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG). Das Energieeinsparungsgesetz (EnEG) enthält keinerlei unmittelbar für Sie als Bauherr wirksame Regelungen. Es ermöglicht der Bundesregierung den Erlass von Verordnungen, zum Beispiel den der EnEV.

Energieeinsparverordnung (EnEV)

Sowohl im Interesse der Vergleichbarkeit von Energieträgern als auch mit dem Ziel der Schonung nicht erneuerbarer Ressourcen sind die Anforderungen der EnEV auf dem Niveau der nicht erneuerbaren **Primärenergie** formuliert. Diese kann nicht gemessen, sondern muss rechnerisch ermittelt werden.

Um den unterschiedlichen Situationen im Lebenszyklus eines Gebäudes angemessen entsprechen zu können, gibt es zwei Formen des Energieausweises für Wohnbauten. Im Energiebedarfsausweis werden der Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie und der **Endenergiebedarf** ausgewiesen. Das Anforderungsniveau kann über Kombinationen von Maßnahmen an der Gebäudehülle und in der Haustechnik erreicht werden. Der Energiebedarfsausweis basiert auf Berechnungsergebnissen und ist für jeden Neubau und umfassende Sanierungen im Bestand zu erstellen. Er eignet sich für den direkten Vergleich der energetischen Qualität von Gebäuden.

Für bestehende Gebäude wird in der Regel ein Energieverbrauchsausweis erstellt. Dieser beruht auf dem tatsächlichen Energieverbrauch und ist daher auch vom individuellen Nutzerverhalten der Bewohner beeinflusst.

Eine ausführliche Beschreibung der Angaben im Energieausweis finden Sie im Anhang.

Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz

Das EEWärmeG sieht vor, dass bei Wohnneubauten ein Teil (15 bis 50 Prozent) des Wärme- und Kältebedarfs aus erneuerbaren Energien gedeckt werden muss. Jeder Gebäudeeigentümer kann im Rahmen des Gesetzes individuelle, kostengünstige Lösungen finden. Der regenerative Energieträger ist frei wählbar und es sind „Ersatzmaßnahmen“, wie die Unterschreitung der EnEV-Anforderungen um 15 Prozent, oder Abwärmernutzung möglich. Bitte beachten Sie, dass Bundesländer bei der Nutzung erneuerbarer Energie ebenfalls Anforderungen stellen dürfen und informieren Sie sich deshalb gesondert hinsichtlich dieser Regelungen.

2 Planungsziel Energieeffizienz

Um als kompetenter Bauherr gemeinsam mit dem Architekt und Fachplaner das richtige Konzept für die Umsetzung Ihrer Vorstellungen zu entwickeln, erläutert dieses Kapitel grundlegende Planungszusammenhänge.

2.1 Wohnqualität: Komfort- und Energieaspekte

Menschen verbringen einen großen Teil ihres Lebens in geschlossenen Räumen. Gesundes und behagliches Wohnen ist daher für viele Bauherren und Wohneigentümer zu Recht ein hohes Gut. Sie messen daran auch ihre Lebensqualität. Zu gesundem Leben tragen Häuser oder Wohnungen durch schadstofffreie und umweltverträgliche Baustoffe, behagliches Raumklima und durch Anpassungen des Komfortniveaus mit einer gut regelbaren Haustechnik bei.

Wichtig ist, mit welchem Aufwand an Bau- und Nutzungskosten, an Energie und natürlichen Ressourcen sich dieses Komfortniveau realisieren lässt. Ausgangspunkt für alle Überlegungen sind neben den Wünschen hinsichtlich Art, Anzahl und Anordnung der Räume, die Anforderungen an den thermischen, hygienischen, visuellen und akustischen Komfort.



Energieeffizienz: viel Komfort mit wenig Energieaufwand

Abbildung 2: Einflussfaktoren auf Behaglichkeit und Energieeffizienz

Visueller Komfort

- Helligkeit
- Blendung/Kontrast
- Farbe/Material



Thermischer Komfort

- Temperaturen
- Luftbewegung
- Luftfeuchte



Akustischer Komfort

- Schallquellen
- Oberflächenreflexion
- Bauteile (Masse)



Hygienischer Komfort

- Luftmenge
- CO₂-Gehalt
- Geruchsstoffe

Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt

! Tipp

Sparpotenzial Raumtemperatur

Jede Erhöhung der Raumlufttemperatur um ein Kelvin also zum Beispiel von 19 Grad Celsius auf 20 Grad Celsius erhöht auch den Heizenergieverbrauch und somit die Kosten um circa sechs Prozent.



Komfort: Schlüsselbauteil Fenster

✓ Checkliste

Einflussfaktoren: Thermischer Komfort

- Raumoberflächentemperaturen sind direkt von der thermischen Qualität der Gebäudehülle abhängig.
- Temperaturverteilung im Raum bestimmt die Dämmung sowie die Art und Anordnung der Heizflächen.
- Luftgeschwindigkeit (Zugluft) und Raumluftfeuchte stehen in engem Zusammenhang mit der Luftdichtheit der Gebäudehülle und mit dem Lüftungskonzept.

Warm und kalt: Thermischer Komfort

Unter thermischem Komfort wird ein angenehmes Temperaturempfinden verstanden, das durch Heizen und Kühlen beeinflusst werden kann. Die Baukonstruktion, hier insbesondere die Gebäudehülle und die Haustechnik, müssen so zusammenspielen, dass in jeder Jahreszeit ein Raumklima mit hohem thermischem Komfort herrscht.

Die empfundene Temperatur kann sich von der Thermometeranzeige unterscheiden, da „nur“ die Temperatur der Raumluft erfasst wird. Die empfundene Temperatur wird aber zusätzlich durch Raumoberflächentemperaturen beeinflusst. Kalte Wände und große Temperaturschwankungen werden in der Regel als unbehaglich empfunden.

Auch unangenehme Zugscheinungen, zum Beispiel im Fensterbereich, sind für erhöhte Energieverbräuche verantwortlich, wenn „dagegen geheizt“ werden muss. Diese Probleme gehören aber bei heutigen Neubaustandards der Vergangenheit an. Thermische Behaglichkeit ist auch von der Wärmeübergabe in den Raum abhängig. Besonders angenehm wirken Flächenheizungen durch eine gleichmäßige Abgabe von Strahlungswärme. So sind geringere Raumlufttemperaturen ausreichend, um Behaglichkeit zu schaffen. Neben der Temperatur im Winter ist auch die Raumtemperatur im Sommer entscheidend für das Wohlbefinden. Der Aufwand für maschinelle Kühlung kann vermieden werden: Nutzen Sie die Speicherfähigkeit der Baukonstruktion und die Potenziale der Lüftungsanlage durch Vorkühlung der Luft, zum Beispiel durch ein vorgeschaltetes Erdregister. Die sorgfältige Planung und Ausführung des sommerlichen Wärmeschutzes und die aktive Nutzung von Verschattungseinrichtungen, kombiniert mit einer sinnvollen Nutzung der Nachtkühle, verringern das Problem von zu hohen Raumtemperaturen im Sommer.

Auch Luftbewegungen und Feuchte im Raum sind relevante Faktoren für thermische Behaglichkeit. Die relative Luftfeuchtigkeit sollte im Winter zwischen 35 Prozent und 55 Prozent liegen. Dies können Sie über ein Hygrometer kontrollieren. Der Luftwechsel von Lüftungsanlagen kann sich an der Luftfeuchtigkeit orientieren. Luftgeschwindigkeit und Zuluftöffnungen müssen so eingestellt werden, dass keine Zugscheinungen auftreten.

Frische Luft: Hygienischer Komfort

Wohngesundheit ist eine unverzichtbare Qualitätsanforderung. Dazu müssen Räume mit frischer Luft versorgt, CO₂ aus der Atemluft, Gerüche und Schadstoffe abgeführt und entstandene Feuchtigkeitsmengen abtransportiert werden. Dies erfordert ausreichend hohe Luftwechsel. Zu hoch sollten diese jedoch auch nicht sein, um [Lüftungswärmeverluste](#) zu verringern und zu trockener Luft im Winter vorzubeugen.

Auf folgende Dinge sollten Sie achten:

- Belastungen der Innenraumluft mit Schadstoffen müssen vermieden werden, eine gute Qualität und Frische der Raumluft sind jederzeit zu sichern.

- Belastungen können aus der Außenluft am Standort kommen, aber auch im Innenraum entstehen. Hier helfen Filter auf der Zuluftseite von Lüftungsanlagen.
- Achten Sie auf schadstofffreie Baustoffe und Möbel und schränken Sie den Gebrauch von lösemittel- und schadstoffhaltigen Haushaltsprodukten (Kleber, Schädlingsbekämpfung) ein.

Abbildung 3: Feuchtequellen im Wohnumfeld



Eine mechanische Lüftung kann bei richtiger Planung entscheidende Vorteile gegenüber der freien Lüftung haben und führt zu einem bedarfsgerechten Luftwechsel. Sowohl der Luftwechsel als auch die Auslegung und der Betrieb der Lüftungsanlage beeinflussen den Energieverbrauch. Lüftungsanlagen dürfen selbst nicht zu viel Strom verbrauchen. Denken Sie auch an die Wartung der Anlagen.

Licht und Schatten: Visueller Komfort

Visueller Komfort setzt angenehmes Sehen bei ausreichender Beleuchtung voraus und hat daher viel mit Tageslichtnutzung und der Qualität der elektrischen Beleuchtung (Kunstlicht) zu tun. Richtiges Licht ist ein Wohlfühlfaktor. Es beeinflusst die Stimmung, ermöglicht ermüdungsfreies Arbeiten, Spielen und Lernen. Die Dynamik des Tageslichtes steuert unsere „biologische Uhr“ auch im Innenraum.

Zusätzlich sind Sichtbeziehungen nach außen wichtig für die Orientierung und Übersicht im Wohnbereich. Hauptnutzungsbereiche sollten daher über ausreichend und sinnvoll angeordnete Fensterflächen verfügen. Das nutzbare Tageslichtpotenzial beeinflussen Sie schon mit der Wahl der Lage und Ausrichtung Ihres Hauses auf dem Grundstück. Anordnung und Größe der Fenster bestimmen die Helligkeit der Innenräume. Aber auch die Qualität der Fenster, und insbesondere der Gläser, sowie Art und

! Tipp

Optimierung der Tageslichtnutzung ...

... heißt, diffuses Himmelslicht durch bauliche und technische Maßnahmen optimal zu nutzen, aber nicht maximale, direkte Sonneneinstrahlung zuzulassen.



Lärmkarten helfen bei der Standortbewertung

Umfang einer Eigenverschattung der Fassade, zum Beispiel durch Vorsprünge, Balkone oder Erker, sowie die Qualität und Funktionalität des Sonnen- und Blendschutzes beeinflussen die Nutzbarkeit des Tageslichtes.

Tageslicht muss durch elektrische Beleuchtung ergänzt oder ersetzt werden. Sie sollte dann tageslichtähnliche Qualität aufweisen – lassen Sie sich bei der Wahl der Leuchtmittel entsprechend beraten. Bei der Beleuchtung im Wohnbereich unterscheidet man die Grundbeleuchtung zur Orientierung, die Arbeitsbeleuchtung für besondere Sehaufgaben, wie Lesen, und eine Akzentbeleuchtung zur Raum- und Objektgestaltung. Dies muss auf Grundlage Ihrer Anforderungen geplant und aufeinander abgestimmt werden (Kapitel 7). Mit welchen Leuchtmitteln es produziert wird, beeinflusst auch Ihren Energieverbrauch.

Laut und leise: Akustischer Komfort

Akustischer Komfort umfasst den Schutz vor Lärm und die Gestaltung guter raumakustischer Verhältnisse. Lärm kann ein ernst zu nehmendes Problem darstellen und gesundheitliche Beeinträchtigungen hervorrufen. Dabei sind verschiedene Lärmquellen und Übertragungswege von Schall zu berücksichtigen. Lärmbelastungen können sowohl von außen als auch innerhalb von Gebäuden entstehen. Schall wird als Luft- und Körperschall übertragen. Außenwandkonstruktionen sowie Art und Einbau der Fenster haben eine hohe Relevanz sowohl für energetische Fragen als auch für den Schallschutz. Beachten Sie deshalb bei der Auswahl entsprechender Konstruktionen neben energetischen Eigenschaften auch die Schallschutzeigenschaften.



Checkliste

Visueller Komfort: Einflussfaktoren

- Übergroße Raumtiefen vermeiden – (ver)führt zu erhöhtem Kunstlichteinsatz
- Fenster möglichst ohne Sturz deckenbündig einbauen
- Breite Fensterformate wählen – möglichst ohne Unterteilungen wie zum Beispiel Sprossen
- Nordorientierte Fenster liefern hochwertiges, blendfreies Tageslicht – auf Sonnenschutz kann verzichtet werden.
- Oberlichter in Innenwänden und Innentüren versorgen auch innen liegende Räume wie Flure mit Tageslicht.
- Dunkle Farben „schlucken“ Licht.
- Vorsicht bei hellen, glänzenden Oberflächen: Reflexionen und Blendung sind störend.
- Angemessene visuelle Kontraste durch Beleuchtung und Ausstattung sorgen für eine gute Erkennbarkeit.

Abbildung 4: Äußere Schallimmissionen



Schallimmissionen von außen wirken störend. Eine massive Hülle und entsprechend ausgerüstete Bauteile, zum Beispiel Schallschutzfenster, wirken dem entgegen. Schallemissionen entstehen aber auch innen, durch Trittschall (Körperschall) oder Luftschall. Hier muss die Übertragung in andere Räume verhindert werden.

Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt

Bei hoher Lärmbelastung von außen ist eine Lüftungsanlage empfehlenswert. So kann unabhängig ein ausreichender Luftwechsel sichergestellt werden, ohne Fenster öffnen zu müssen. Ein ausreichender Schallschutz der Zuluftöffnungen ist dabei eine Voraussetzung. Weitere Zusammenhänge zwischen Wärme- und Schallschutz ergeben sich in folgenden Punkten:

- Lüftungsanlagen erfordern einen Luftverbund zwischen allen Räumen. Gleichzeitig soll die Schallübertragung vermieden und Vertraulichkeit gesichert werden. Überströmelemente in Wänden oder Türen leisten das.
- Massive Bauteile sind ein Lösungsansatz für den Schallschutz. Diese bilden als Innenbauteile auch thermische Speichermasse für Energie, die sich positiv auf den sommerlichen Wärmeschutz auswirken.
- Bei der Auswahl von Lüftungsanlagen ist darauf zu achten, dass diese selbst leise sind. Die Haustechnik ist so zu installieren, dass keine zusätzlichen Schallbelastungen in den Wohnräumen entstehen.

Weitere Aspekte des Schallschutzes sind energetisch weniger relevant, dürfen aber nicht vernachlässigt werden. Verlangen Sie stets einen vollständigen Schallschutznachweis und bedenken Sie mögliche Veränderungen in der Nutzung, zum Beispiel durch eine spätere Abtrennung einer Einliegerwohnung, die auch schalltechnisch unabhängig sein muss.

2.2 Wahl des energetischen Standards

Mit Überlegungen zum Anforderungsniveau an den Komfort und einem ersten Verständnis zu den Wechselwirkungen zwischen Komfortniveau und Energieaufwand ist ein erster wichtiger Schritt abgeschlossen. Nun geht es darum, wie Ihre Vorstellungen zur Größe des Gebäudes, zur Raumanordnung, zur gestalterischen und städtebaulichen Qualität und zum Komfortniveau auf dem verfügbaren Grundstück mit möglichst geringem Einsatz an finanziellen Mitteln, Energie und weiteren Ressourcen sowie mit minimalen Belastungen und Risiken für die Umwelt realisiert werden können. Eine Aufgabe des energiesparenden Planens, Bauens und Sanierens ist die Zielfestlegung für die energetische Qualität, die sich über den zu erwartenden Energieaufwand für Raumheizung, Warmwasserbereitstellung und Hilfsenergie definieren lässt. In Abhängigkeit von diesem Ziel bieten sich technische Lösungen für das Bauen als Orientierung an, ergeben sich Hinweise auf einen Kostenrahmen oder erschließen sich Fördermöglichkeiten.

Bei der Auseinandersetzung mit der energetischen Qualität von Gebäuden werden Sie mit einer Begriffs- und Konzeptvielfalt konfrontiert: Solarhaus, Niedrigenergiehaus, Effizienzhaus, Passivhaus oder auch Niedrigstenergiehaus beziehungsweise Effizienzhaus Plus stehen für eine Beschreibung der energetischen Qualität von Gebäuden, die sich an der Höhe des Energiebedarfs, an Art und Umfang der Erfüllung gesetzlicher Anforderungen oder am technischen Konzept orientiert. Es ergeben sich Qualitätsstufen, die auch als energetische Standards bezeichnet werden.



Lärmmessung

✓ **Checkliste**

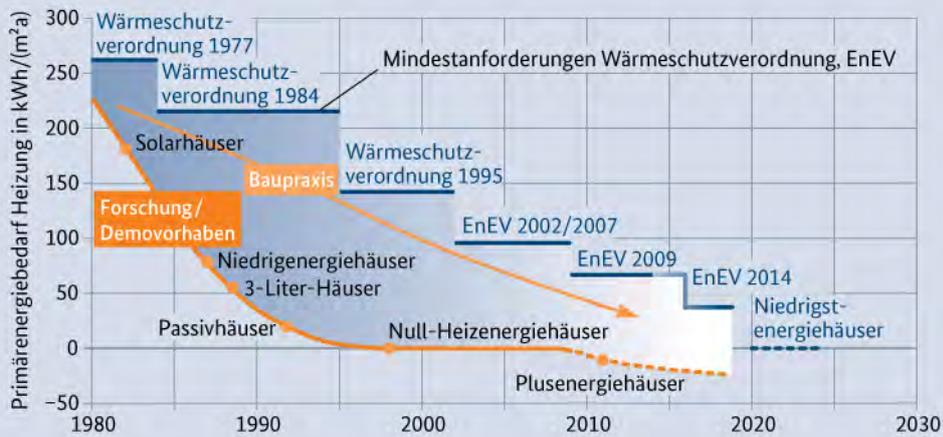
Schallschutz und Akustik

- Massive Wände und Decken bieten hohen Schallschutz. Körperschallentkopplung beachten!
- Haustechnische Anlagen sind interne Schallquellen. Geeignete Aufstellorte und eine schalltechnisch entkoppelte Leitungsführung sind wichtig.
- Bei großen schallharten Flächen, zum Beispiel glatte Betondecke und in Kombination mit (Stein-)Fußboden, sollten Sie auch über Maßnahmen zur Raumakustik nachdenken.



Abbildung 5: Gesetzliche Anforderungen an die Gebäudehülle

Seit der ersten Wärmeschutzverordnung 1977 haben sich die Anforderungen an die Gebäudehülle, mit Einführung und Fortschreibung der EnEV auch an den Bedarf nicht erneuerbarer Primärenergie stetig erhöht. Diese Entwicklung wird sich im Hinblick auf die Klimaschutzziele Deutschlands noch fortsetzen. Vor dem Hintergrund dieser Zukunftsperspektive ist es sinnvoll, schon heute über gesetzliche Vorgaben hinauszugehen.



Quelle: nach Fraunhofer IBP

Die aktuelle gesetzliche Grundlage bietet die Energieeinsparverordnung mit ihrem Neubaustandard (EnEV 2014). Darauf basierend geben die Qualitätsstufen des KfW-Effizienzhaus-Niveaus an, zu wie viel Prozent die Anforderungen der jeweiligen KfW-Förderstandards abweichen. Das KfW-Effizienzhaus 55 erreicht zum Beispiel maximal 55 Prozent des maximal zulässigen Aufwandes an Primärenergie und ist damit 45 Prozent besser

Tabelle 1: Energetische Standards

Energetische Standards	KfW EH Denkmal	EnEV 2014 (B)		KfW EH 115		KfW EH 100		KfW EH 85	
Anwendung	Bestand	Bestand		Bestand		Bestand		Bestand	
Primärenergiebedarf	160 %	140 %		115 %		100 %		85 %	
H'T [W/(m²K)]	—	max. 1,26		max. 1,17		max. 1,04		0,40–0,65	
Gebäudehülle	cm U-Wert	cm	U-Wert	cm	U-Wert	cm	U-Wert	cm	U-Wert
Außenwand	keine Anforderungen an Einzelbauteile	16	0,24	16	0,24	16	0,24	16	0,24
Dach		16	0,24	16	0,24	24	0,20	24	0,20
Grund-/Kellerdecke		12	0,30	12	0,30	12	0,30	12	0,30
Fenster		≤ 1,30	≤ 1,30	≤ 1,30	≤ 1,30				
Luftdichtheit		$n_{50} \leq 3,0 \text{ h}^{-1}$	$n_{50} \leq 0,7 \text{ h}^{-1}$	$n_{50} \leq 0,7 \text{ h}^{-1}$	$n_{50} \leq 0,7 \text{ h}^{-1}$				
Anlagenvarianten									
Beispielhafte Vorschläge für Heizung/Trinkwarmwasser/Lüftung	gebäudespezifisch möglichst Verwendung von regenerativen Energien	konventionelle Heizsysteme, möglichst unter Verwendung von erneuerbaren Energien, Lüftung als ventilatorgestützte Abluftanlage							

Energetische Standards: Sie lassen sich je nach Gebäudegröße, Orientierung und Energiekonzept durch unterschiedliche Maßnahmenkombinationen an der Gebäudehülle und der Anlagentechnik realisieren. Die angegebenen U-Werte verstehen sich als Orientierungs- und Richtwerte. Zusätzlich wird informativ eine Dämmstoffdicke (WLS 035) angegeben, die dem U-Wert entspricht; eine vorhandene Konstruktion bleibt unberücksichtigt. In den technischen FAQs zu den wohnwirtschaftlichen Förderprogrammen der KfW wird ein n_{50} -Wert von $0,7 \text{ h}^{-1}$ für alle Effizienzhaus-Standards empfohlen.

Quelle: schulze darup & partner architekten, Kalksandstein Dienstleistung GmbH, KfW

als das aktuelle Anforderungsniveau. Das KfW EH 40 liegt bei nur noch maximal 40 Prozent des EnEV-Neubaustandards und unterschreitet die EnEV-Anforderungen um 60 Prozent.

Passivhäuser weisen einen Heizwärmebedarf von maximal 15 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr auf und haben eine Maximalanforderung hinsichtlich des Primärenergiebedarfs inklusive Haushaltsstrom von 120 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr gemäß Definition des Passivhaus Instituts Darmstadt. Das Effizienzhaus Plus basiert auf Gebäuden mit hocheffizienter Gebäudehülle und stellt aufgrund des Ertrags aus erneuerbaren Energien in der Bilanz mehr Energie zur Verfügung, als es für Heizung, Warmwasser und auch Haushaltsstrom benötigt. Das Niedrigstenergiehaus nach EU-Gebäuderichtlinie wird ab 2020 Standard und wird derzeit spezifiziert. (Eine nationale Begriffsdefinition ist derzeit in Entwicklung.)

Bei Komplettmaßnahmen im Bestand dürfen Gebäude maximal 40 Prozent mehr Primärenergie benötigen als Neubauten (Niveau 140). Ein KfW-Effizienzhaus 115 beziehungsweise 100 ist für eine Bestandsmaßnahme bereits eine Unterschreitung der gesetzlichen Anforderungen. Zu empfehlen ist allerdings auch bei der Sanierung ein Standard mit sehr hochwertig gedämmter Gebäudehülle, möglichst im Bereich des KfW-Effizienzhauses 55. Dann können Sie davon ausgehen, dass Ihr Gebäude über die nächsten dreißig Jahre hinaus zukunftsfähig ist. Beachten Sie bei einem Bestandsgebäude das Baujahr und bereits durchgeführte Maßnahmen, um Rückschlüsse auf die energetische Qualität zu erhalten. Zu empfehlen ist immer die Analyse des Energieverbrauchs durch einen Energieberater oder Architekten mittels einer energetischen Berechnung.



EnEV 2014 (N)		KfW EH 70		KfW EH 55		KfW EH 40		Passivhaus		EH Plus	
Neubau		Neubau/Bestand		Neubau/Bestand		Neubau		Neubau/Bestand		Neubau	
100 %		70 %		55 %		40 %		45 %		< 0 %	
0,40–0,65		0,34–0,55		0,28–0,46		0,16–0,26		0,15–0,22		0,15–0,22	
cm	U-Wert	cm	U-Wert	cm	U-Wert	cm	U-Wert	cm	U-Wert	cm	U-Wert
16	0,24	18	0,2	20	0,2	22–24	0,16	25–30	≤ 0,15	20–25	≤ 0,15
24	0,20	25–30	0,16	28	0,16	30–35	0,14	30–40	≤ 0,15	30–40	≤ 0,15
12	0,30	12–15	0,24	16	0,24	20	0,20	20–25	≤ 0,15	20–25	≤ 0,15
≤ 1,30		≤ 1,0		≤ 1,0		≤ 0,9		≤ 0,8		≤ 0,8	
$n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$		$n_{50} \leq 0,7 \text{ h}^{-1}$		$n_{50} = 0,7 \text{ h}^{-1}$		$n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ (Nachw.)		$n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ (Nachw.)		$n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ (Nachw.)	
Brennwertkessel, Solarthermie für Trinkwarmwasser. Alternativ: Wärmepumpe				Brennwertkessel, Solarthermie für Trinkwarmwasser, Zu-/Abluftanlage mit WRG. Alternativ: Wärmepumpe, Solarthermie für Trinkwarmwasser oder Zu-/Abluftanlage mit WRG		Wärmepumpe, Solarthermie für Trinkwarmwasser, Zu-/Abluftanlage mit WRG. Alternativ: Wärmepumpe, Solarthermie für Trinkwarmwasser und Zu-/Abluftanlage mit WRG		Wärmepumpen-Kompaktaggregate, Heizwärmeübertragung mittels Zuluft der Zu-/Abluftanlage mit WRG, Wärembereitstellungsgrad > 75 %		Wärmepumpe und Zu-/Abluftanlage mit WRG in Verbindung mit Photovoltaik (EFH: 6–15 kW _p) mit Eigenstromnutzung	

Für Neubauten, aber auch für anspruchsvolle Bestandsmaßnahmen gibt es Fördermittel nach den KfW-Effizienzhaus-Standards. Die Festlegung eines energetischen Standards ist auch aus baurechtlicher Sicht von Interesse. Sie sollten ihn in den Vertrag mit dem Planer aufnehmen oder sich vom Bauträger oder Fertighausanbieter verbindlich zusichern lassen.

2.3 Planungsgrundsätze – Ziele definieren

Um das Ziel, eine hohe Gebäudequalität in Bezug auf Gesundheit, Wohnkomfort und Gestaltung bei gleichzeitig geringem Energieverbrauch und angemessenen Investitions- und Nutzungskosten zu erreichen, gibt es klare Grundsätze und Arbeitsschritte, die Sie bei der Planung berücksichtigen sollten.



Checkliste

Planungsstrategie

1. Formulierung angemessener Nutzeranforderungen durch abgestimmte Zielsetzungen
2. Minimierung des Energiebedarfs unter Einbeziehung von nutzbaren Gewinnen
3. Maximierter Einsatz erneuerbarer Energien durch Auswahl geeigneter Energieträger
4. Optimierung der Anlageneffizienz durch Auslegung und Regelstrategien

Energiekonzept und Lösungsstrategien

Gesucht wird die sowohl technisch als auch wirtschaftlich optimale Lösung im Zusammenspiel zwischen Gebäudehülle, Haustechnik und Betriebsweise. Im Hinblick auf die Minimierung von Energiebedarf und Betriebskosten sollten Sie immer zunächst die Potenziale von Entwurf und Konstruktion nutzen. Eine hohe thermische Qualität der Gebäudehülle verkürzt die Heiz-, aber auch die „Kühl“-Periode eines Gebäudes – ganz ohne Technik und Energieeinsatz. Diese Lösung ist fehlertolerant, robust und nahezu wartungsfrei. Die Anlagentechnik zur Deckung des verbleibenden Energiebedarfs kann auf das notwendige Maß dimensioniert werden. Bei einem nur noch sehr geringen Wärme- und Energiebedarf wird die Nutzung erneuerbarer Energie bereits wirtschaftlich.

Anforderungen an die Wohnfläche

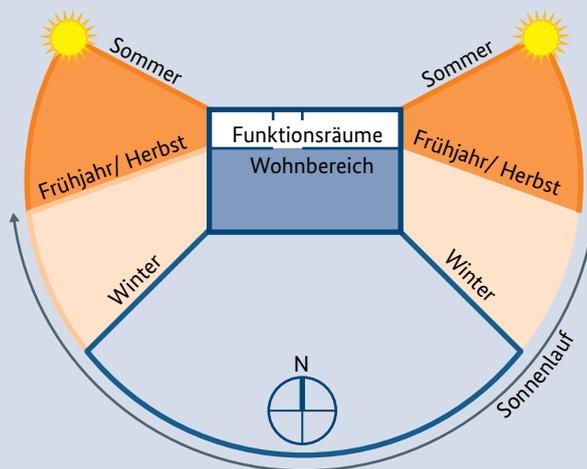
Bereits über die gewünschte Größe der Wohnfläche beeinflussen Sie Energieverbrauch, Kosten, Ressourcenverbrauch und Umweltbelastung. Jeder Quadratmeter auf den man verzichten kann, spart Energie und Geld – sowohl bei der Investition als auch im Betrieb. Eine intelligente Planung erreicht dies ohne Einbußen der Nutzbarkeit – durch Reduktion von Verkehrsflächen, Nutzungsüberlagerungen und Vermeidung nicht benötigter Kapazitäten.

Standort, Lage, Ausrichtung

Mit der Standortwahl nehmen Sie erste Weichenstellungen für die Nutzung erneuerbarer Energien vor, die Sie durch die Positionierung und Orientierung des Gebäudes auf dem Grundstück noch beeinflussen können. Die Ausrichtung der Gebäudefassaden und Dachflächen bestimmt die Nutzbarkeit von Sonnenenergie, Tageslicht und Wind (hier zum Beispiel zur passiven Kühlung). Neben dem lokalen Mikroklima sollten Sie auf die aktuelle und die sich perspektivisch einstellende Verschattung durch Nachbarbebauung oder Vegetation achten. Prüfen Sie auch die Verfügbarkeit leitungsgebundener Energie (Gas, Nahwärme, Fernwärme, Strom), die Einspeisemöglichkeiten am Gebäude erzeugter Energie oder die Notwendigkeit der Nutzung oder Vermeidung ausgewählter Energieträger.

Auch bei Maßnahmen im Bestand sollten Sie den Standort hinsichtlich der genannten Aspekte analysieren, um eine Ausgangsposition zu definieren sowie Randbedingungen und Sachzwänge zu identifizieren.

Abbildung 6: Solare Wärmegewinne



Eine Gebäudeorientierung nach Süden ermöglicht auch im Winter hohe solare Wärmegewinne.

Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt



Plusenergiestandard auch als Fertighaus

Kubatur und Kompaktheit

Bei der Gestaltung und Gliederung des zukünftigen Hauses sollten energetische Überlegungen eine Rolle spielen, sie schränken Ihre Kreativität nicht ein! Einfache Gebäudeformen sind vorteilhaft, mit wenigen, einfachen Konstruktionsdetails baubar und verringern das Risiko von Ausführungsmängeln. Sie sind mit vergleichsweise günstigen Baukosten realisierbar. Andererseits kann ein stärker gegliederter Baukörper mit der Anordnung unbeheizter Pufferräume erreicht werden, ohne das Konzept eines kompakten warmen „Kernbereiches“ aufzugeben. Sie können Garagen, unbeheizte oder temperierte Neben- und Abstellräume sowie Pufferbereiche so anordnen, dass sie einen „Zwischenraum“ gegenüber der Außenluft bilden und so die Wärmeverluste aus den vollbeheizten Räumen verringern. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass bei einer hochwertigen Dämmung das Temperaturniveau innerhalb der thermischen Gebäudehülle eher nah beieinander liegt. Weist ein Gebäude die heute üblichen energetisch optimierten Fenster mit Dreischeibenverglasung auf, so verlieren Glasvorbauten oder Wintergärten ihre energetisch vorteilhafte Wirkung.



Reihenhäuser – Platzsparer im urbanen Kontext

Abbildung 7: Wärmeverluste anhand verschiedener Bauformen

Typ	Grundriss	Ansicht	A/V
Einfamilienhaus			1,1
			0,9
Doppelhaus-hälfte			0,7
Reihenmittelhaus			0,6
Mehrfamilienhaus			0,1

Wärmeverluste werden rein geometrisch durch ein günstiges, möglichst kleines Verhältnis von wärmetauschender Hüllfläche zu beheiztem Volumen (A/V) verringert.

Kompakte Bauformen benötigen daher vergleichsweise weniger Heizwärme.

Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt

Zonierung und Grundrissaufteilung

Eine sinnvolle Zonierung sieht insbesondere die Anordnung von Wohnräumen auf der Südseite vor. Dies dient der Versorgung mit Tageslicht und der Nutzung solarer Gewinne im Winter. Innerhalb des beheizten Bereiches hochgedämmter Gebäude ist eine Zonierung aber kaum noch nötig oder möglich. Die traditionelle Frage der Anordnung von Wohnräumen im Süden und Nebenräumen im Norden verliert aus energetischer Sicht an Bedeutung, da ein einheitlich hoher Wärmeschutz im Gebäude zu einem ausgeglichenen Temperaturniveau führt.

Beheizte und unbeheizte Bereiche abgrenzen

Eine weitere Grundsatzentscheidung ist die Festlegung der Lage der „wärmetauschenden Hüllfläche“. Darunter wird die Grenze zwischen dem beheizten und dem unbeheizten Teil des Gebäudes beziehungsweise zwischen dem beheizten Teil und der Außenluft verstanden. Voraussetzung sind zum Beispiel Überlegungen, ob und inwieweit das Dachgeschoss genutzt und deshalb beheizt werden soll. Ähnliches gilt für Räume im Keller. Sie können zum Beispiel in Grundrissen und Schnitten die geplante Grenze zwischen beheizten und unbeheizten Räumen einzeichnen und dabei auf die momentane und gegebenenfalls eine künftige Variante eingehen. Entlang dieser Linie ist dann in der Planung ein ausreichender Wärmeschutz, die Vermeidung von Wärmebrücken sowie die dauerhafte Sicherung der Luft- und Winddichtung zu planen.

Konstruktion/Speichermassen

Der Heizwärmeverbrauch ist weitestgehend unabhängig von einer schweren oder leichten Bauweise, aber die Leistung des Heizsystems muss angepasst sein. Wichtig ist die Abstimmung zwischen Bauweise, Haustechnik und Betriebsweise. Leichtbauweisen erfordern flinke Regelungen, da sich

Abbildung 8: Abgrenzung von beheizten und unbeheizten Bereichen im Gebäude

Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt

Sehen Sie eine Nutzung von Räumen vor, die eine klare Abgrenzung von beheizten und unbeheizten Bereichen im Gebäude erlaubt. Ob und inwieweit später eine Nutzung und damit Beheizung von Dachgeschossen oder Räumen im Keller erfolgt, muss bei der Planung von Baumaßnahmen berücksichtigt werden.

solche Gebäude schnell aufheizen lassen, aber mangels Speichermassen auch schnell wieder abkühlen. Bei schweren Bauweisen, mit massiven Decken und Innenwänden, reagieren Gebäude und Regelungsträger auf kurzfristige Temperaturschwankungen und sorgen für einen höheren Komfort – vor allem im Sommer, da sie die Temperaturspitzen des Tages hervorragend abpuffern und durch ein sinnvolles Nachtlüftungskonzept wieder entladen werden können.

Effiziente Systeme und Anlagentechnik

Zu einem thermisch hochwertigen Gebäude gehört selbstverständlich auch eine Anlagentechnik, die sich dem aktuellen Bedarf anpasst und auch in der Betriebsführung effizient arbeitet. Sie sollte selbst möglichst wenig Hilfsenergie (hier in der Regel Strom) benötigen und leise arbeiten. Das gilt sowohl für die Anlagen der Wärmeversorgung als auch für eine eventuelle Lüftungsanlage. Wichtige Parameter sind der Wirkungsgrad, der Stromverbrauch, der Wartungszyklus sowie der Instandhaltungsaufwand.

Weitere Teilaspekte im Zusammenhang mit der Wahl der Anlagentechnik sind die Abstimmung von Regelungsstrategien, die Berücksichtigung der Verständlichkeit und der Nutzerfreundlichkeit der Steuerung sowie Festlegungen zu Art und Umfang eines direkten Nutzereinflusses. Bitte denken Sie auch an die Frage der Erfassung der künftigen Energieverbräuche. Zusätzliche Unterzähler geben Ihnen später mehr Klarheit über den Energieverbrauch für die Beleuchtung, Pumpen oder Lüfter. So lässt sich schneller identifizieren, wo ein Verbrauch ungewöhnlich hoch ist.

Die Anlagentechnik hat eine geringere Lebensdauer als die Baukonstruktion und wird während der Nutzungsdauer des Gebäudes mehrfach ausgetauscht. So wirkt sich eine optimierte Dimensionierung der Haustechnik auf die **Lebenszykluskosten** aus und macht sich auch zukünftig bezahlt. Lassen Sie sich hier gut beraten und fordern Sie einen Vollkostenvergleich der Lösungen für die Haustechnik.

Für die Verbesserung der energetischen Qualität im Bestand bieten sich unterschiedliche Strategien an. Sind Sie bereits Hausbesitzer, sollten Sie unbedingt bei jeder ohnehin anstehenden Instandsetzung alle Möglichkeiten der energetischen Verbesserung identifizieren und ausschöpfen.



Denkmalgerechte und energetische Sanierung



Bauzustandsanalyse

Sie verpassen sonst eine wichtige Gelegenheit, eine Instandsetzung mit einer Modernisierung zu koppeln und so besonders wirtschaftliche Lösungen zu erreichen. In diesem Fall gelten die bedingten Anforderungen der Energieeinsparverordnung für Maßnahmen im Bestand. Nach dem Prinzip „**wenn schon – denn schon**“ geben diese Mindestanforderungen für Maßnahmen vor, soweit diese prinzipiell ohnehin vorgesehen sind. Die großflächige Erneuerung des Außenputzes führt zum Beispiel zur Forderung nach einer deutlichen Verbesserung des Wärmeschutzes durch eine nachträgliche Wärmedämmung. So können Sie „Schritt für Schritt“ die Qualität des Gebäudes verbessern und diese Teilschritte auch an Ihren finanziellen Spielraum anpassen. Zu beachten sind dennoch Wechselwirkungen zwischen dem Wärmeschutz der Fenster und der Wände (sehr gute Fenster können zu Feuchteproblemen an bisher schlecht gedämmten Wänden führen) sowie zwischen der Veränderung des Wärmebedarfs und der Dimensionierung oder Einstellung der Haustechnik.

Hochwertige Bauprodukte, Bauteile und Systeme sowohl für die Gebäudehülle als auch für die technischen Anlagen stehen speziell für die Modernisierung zur Verfügung, zum Beispiel diffusionsoffene, kapillaraktive Dämmstoffe oder drehzahlregelte Pumpen.

Bei Erwerb einer Bestandsimmobilie werden Sie diese in der Regel an Ihre Wünsche und Bedürfnisse anpassen wollen. Hier können Sie nach dem Prinzip „**Jetzt aber richtig**“ vorgehen. Sie können einen energetischen Standard (Tabelle 1) wählen und gezielt umsetzen. Die Minimalanforderung liegt 40 Prozent unter dem Neubaustandard (dies ist die Anforderung der gültigen EnEV). Aber warum sollte man nicht gleich das Niveau eines Neubaus oder das eines KfW-Effizienzhauses anstreben? Bei dieser Strategie entfällt der Nachweis der Erfüllung von Anforderungen an Einzelbauteile und Sie haben mehr gestalterische und technische Spielräume für eine auch kostenoptimale Lösung.



! Tipp

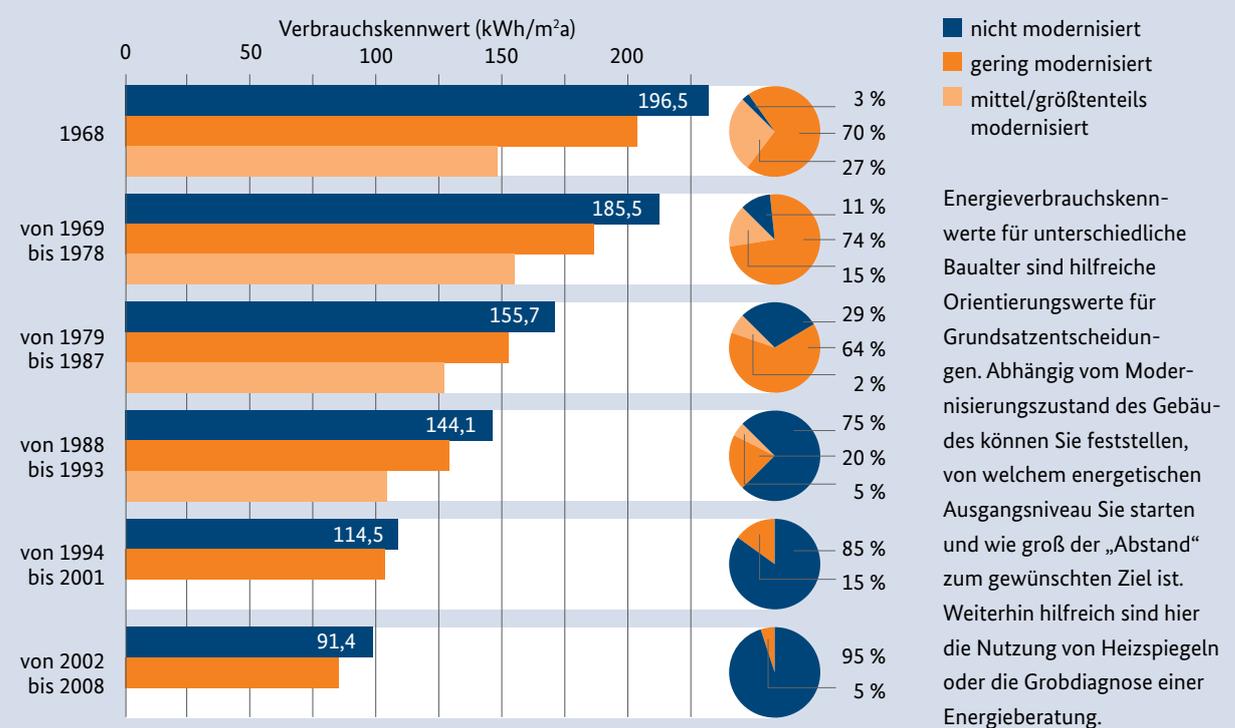
Erneuerungszyklen langfristig planen

Eine Modernisierung mit zeitlich gestaffelten Einzelmaßnahmen ist anspruchsvoll. Wird der Wärmebedarf durch die Dämmung der Gebäudehülle minimiert, arbeitet eine vorhandene, dann überdimensionierte Heizungsanlage plötzlich ineffizient im untersten Leistungsbereich und taktet verschleißfördernd. Umgekehrt sollten beim Austausch der Anlagentechnik auch immer baukonstruktive Erfordernisse berücksichtigt werden. Erneuerungszyklen und Nachrüstverpflichtungen der EnEV sind dabei strategisch zu beachten.

2.4 Bestand erneuern oder doch neu bauen?

In Deutschland wurden knapp 40 Prozent der Ein- und Zweifamilienhäuser, seit Beginn der Nachkriegszeit bis zur ersten Wärmeschutzverordnung 1977, ohne ausgesprochene energetische Anforderungen errichtet. Ab der 2. Wärmeschutzverordnung 1995 bis heute konnte die Gesetzgebung auf circa 17 Prozent des Bestandes einwirken. Hierdurch wird der große Sanierungsbedarf in Bezug auf Energieaspekte deutlich. Nachfolgende bauliche Kriterien sind für Sanierungsüberlegungen entscheidend, da sie gar nicht oder nur mit unverhältnismäßigem Aufwand behoben oder nachgerüstet werden können:

- Unzureichend tragfähige Primärkonstruktionen, also Wände, Decken und Dächer (auch in Bezug auf konkret geplante Maßnahmen)
- Unzureichender Schallschutz
- Zu geringe Geschosshöhen (kein Platz für Fußbodenaufbauten oder die Verteilung der Medien im Gebäude)

Abbildung 9: Energieverbrauchskennwerte für unterschiedliche Baualter

Quelle: Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e. V.

Bauzustandsanalyse im Bestand

Neubau beginnt mit Planungen auf dem Papier, Altbauerneuerung mit Bewertungen im Bestand. Beim Planen und Bauen im Bestand sind über Standortanalysen hinaus viele Planungsfaktoren, Randbedingungen und Einschränkungen zu berücksichtigen, die nur durch eine fundierte Analyse und Bewertung der vorhandenen Bausubstanz ermittelbar sind. Selbst wenn es Bestandspläne des Gebäudes gibt, heißt das nicht, dass auch so gebaut wurde. Undokumentierte bauliche Änderungen sind eher die Regel als die Ausnahme. Folgendes ist daher notwendig:

- **Maßliche Bestandsaufnahme:** Erstellung eines (verformungsgerechten) Gebäudeaufmaßes mit Grundrissen, Schnitten, Details und Fotodokumentation.
- **Bautechnische Bestandsaufnahme:** Sie umfasst die Untersuchung und Bewertung der Baukonstruktion, wie Tragfähigkeit, Material, Wärmebrücken, Dichtheit.
- **Anlagentechnische Bestandsaufnahme:** Prüfung von Zustand und Dimensionierung. Dokumentation von Schäden, Zustandsbeschreibung, Zeichnungen, Fotos.

Die energetische Bestandsaufnahme ist praktisch eine Querschnittsbetrachtung, die auf der Grundlage der oben genannten Maßnahmen erfolgen muss. Als erster Schritt kann eine Grobanalyse des Energieverbrauchs unter Zuhilfenahme des Energieausweises erfolgen.



KfW-Effizienzhaus 70 im Bestand

Ein Plädoyer für den Neubau

Neu zu bauen, erfüllt Wünsche uneingeschränkt im Rahmen des Budgets. Man kann wählen zwischen der individuelle Planung mit einem Architekten oder den Angeboten von Fertighausherstellern. Man kann sich entscheiden zwischen urbanen oder ländlichen Bereichen. Budget und Zielvereinbarungen sind verbindlich und nachprüfbar, Termin- und Kostenmanagement sind weitgehend kalkulierbar.

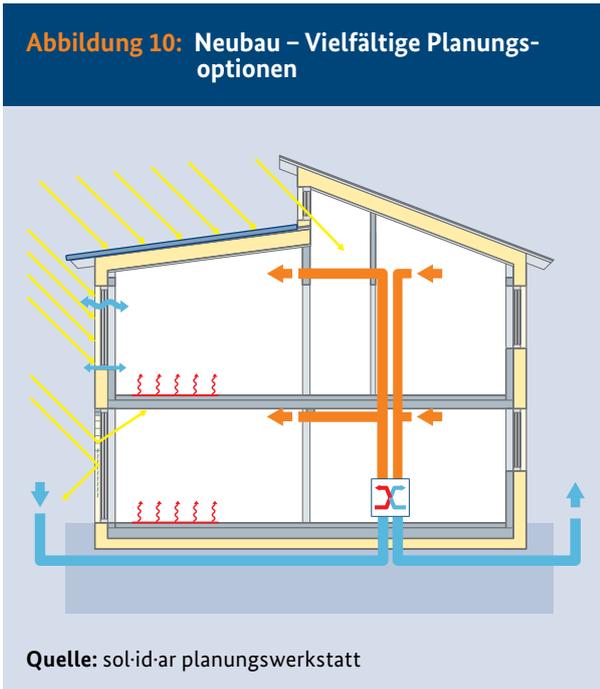
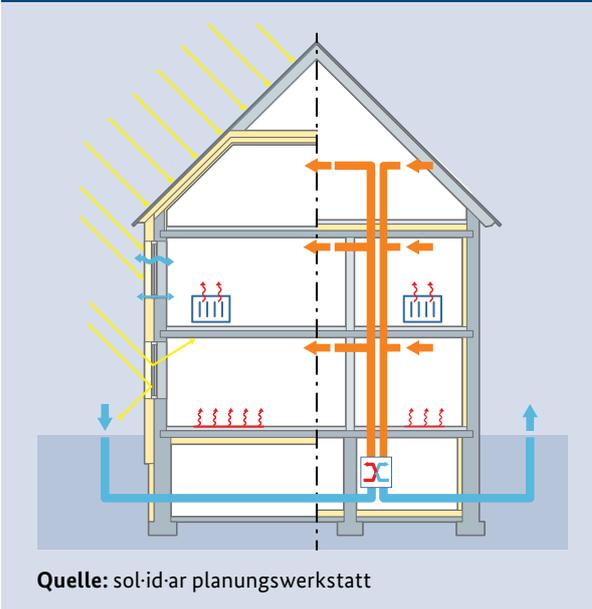


Tabelle 2: Gegenüberstellung von Potenzialen verschiedener Bauteile für Neu- und Altbau

Neubau	Bauteil	Altbau
Frei zu entwerfen nach Form, Neigung und Orientierung, insbesondere nach Gesichtspunkten der aktiven Nutzung der Sonnenenergie. Bauplanungsrechtliche Vorgaben des Bebauungsplans zu „Art und Maß der baulichen Nutzung“ (BauNVO) vorher abprüfen.	Dach 	Firstrichtung/Dachneigung sind vorgegeben. Werden Dachkonstruktionen beibehalten, bestehen auch Einschränkungen bei der Anordnung der Dämmung (auf, zwischen, unter Sparren/Dachdecke) und Dämmstärken sowie in der lichten Raumhöhe.
Für die Außenwände stehen prinzipiell alle Bauweisen (leicht/schwer) und Konstruktionen zur Verfügung. In jedem Fall ist eine konsequent durchgehende Dämmlinie zu beachten zur Vermeidung von Wärmebrücken vor allem im Bereich der Fensteranschlüsse.	Außenwände 	Die Gebäudehülle ist konstruktiv vorgegeben, für die energetische Verbesserung kommen nicht alle Bauteile in Frage. Auch bei sorgfältiger Planung können Wärmebrücken, besonders im Sockel- und Fundamentbereich, nicht ganz vermieden, sondern nur reduziert werden.
Die thermische Qualität der Fenster richtet sich nach Zielen der Energieeffizienz und der Nachhaltigkeit bezüglich Materialien und Oberflächen sowie Lebenszykluskosten (Dauerhaftigkeit, Wartung und Pflege). Dreifach-Wärmeschutzverglasung ist bereits weitgehend Standard.	Fenster 	Je nach Modernisierungsumfang können vorhandene Fenster aufgerüstet oder auch ausgetauscht werden. Fenster sollten nicht als Einzelmaßnahme erneuert werden, da die Gefahr von Kondenswasserniederschlag und Schimmelpilzbildung im Wandanschlussbereich besteht.
Bauweise und Materialien können gemäß Statik frei gewählt werden. Tragende Wände sind auch im Hinblick auf hohe Speicherkapazität mit positiver Wirkung auf den thermischen Komfort zu planen, leichte Trennwände sollten vor allem auch Schallschutzanforderungen erfüllen.	Innenwände 	Je nach Modernisierungsumfang sollte in Abhängigkeit zu der Wandfunktion (Trag-/Trennwand, massiv/leicht) immer darauf geachtet werden, wenn möglich die thermischen Speichermassen zu erhöhen, gegebenenfalls mit PCM-Putz mit einem Zuschlag aus Latentspeicher-Mikrokapseln.
Massive Deckenausführungen bringen Vorteile für die Wärmespeicherfähigkeit und den Schallschutz. Bei beheizten Kellern lässt sich der lückenlose Wärmeschutz im Decken- oder Fußbodenbereich einfacher umsetzen.	Geschossdecken 	Weit verbreitete Holzbalkendecken verfügen über geringe Wärmespeicherkapazitäten und mäßigen Schallschutz, beides ist nur partiell und wenn, mit hohem Aufwand nachrüstbar. Bei Kellerdecke und -boden sind Aufbauhöhen und Kondensatriskiken kritisch zu betrachten.
Für eine angenehme Temperatur im Raum bieten sich zumindest in den Hauptaufenthaltsbereichen auch Fußböden als Flächenstrahler an. Dabei ist auf geeignete Beläge für Fußbodenheizung wie Steinzeug/Linoleum zu achten. Auch manche Holzböden sind dafür geeignet.	Fußböden 	Je nach Konstruktion und Umfang der Sanierung lassen sich ähnliche Konzepte aus dem Neubau auch auf die Altbauerneuerung übertragen. Sollen zum Beispiel alte Parkett- oder Terrazzoböden erhalten bleiben, bieten sich Flächenheizkörper und Wand- oder Deckenheizungen an.

Abbildung 11: Altbau: Potenziale des Bestandes nutzen



Ein Plädoyer für die Altbauerneuerung

Bauerneuerung vorhandenen Wohneigentums erzeugt Identifikation. Der Erwerb einer Bestandsimmobilie profitiert von gewachsenen natürlichen, sozialen und infrastrukturellen Qualitäten. Die Baurerneuerung kann man budgetgerecht stufenweise planen. Der Anteil von Eigenleistungen ist größer, da man diese langfristiger planen und einbringen kann. Bestehende Bausubstanz hat per se eine bessere Ökobilanz.

Tabelle 3: Gegenüberstellung von Potenzialen der Anlagentechnik für Neu- und Altbau

Neubau	Bauteil	Altbau
Flächenheizungen in Fußboden oder Wand, aber auch Niedertemperaturheizkörper korrespondieren gut mit regenerativen Energieträgern wie Solarenergie, Geothermie, Grundwasser, Luft-Wärmepumpe im Niedertemperaturbereich und lassen sich optimal planen.	Heizung 	Je nach Sanierungsumfang können ähnliche Konzepte im Altbau realisiert werden. Beim Einsatz regenerativer Systeme kann es zu Einschränkungen bei Anwendung von Systemen oder Erträgen kommen, zum Beispiel bei ungünstiger Ausrichtung von Fassaden und/oder Dachflächen.
Wichtig ist die Disposition von Lüftungsöffnungen (Oberlichter mit Motor, Automation), der Abgleich mit Schließkontakten zu Einbruchschutz, Alarmanlage und Lüftungsanlage. Außerdem: motorische und sensorgesteuerte Außenverschattung; Gebäudeautomation.	Passiv kühlen 	Je nach Sanierungsumfang kann diese Strategie mit ähnlichen Konzepten im Altbau umgesetzt werden, insbesondere wenn auch die Fenster ersetzt werden. Der Zusammenhang mit dem Schallschutz und der Nutzung der Speichermasse ist zu beachten.
Je nach angestrebtem Energiestandard grundsätzliche Entscheidung bezüglich Art der Lüftungsanlage, ob dezentral/zentral, ob nur Abluft- oder Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung. Bauteilintegrierte Kanalführung muss sorgfältig geplant werden, auch bezüglich der Wartungsfreundlichkeit.	Lüftung 	Bei allen Bestandsgebäuden lässt sich eine mechanische Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung integrieren. Auf Einfachheit sollte Wert gelegt werden. Je nach Individualfall und Schwierigkeitsgrad sind auch dezentrale Lösungen sinnvoll.
Je mehr Komponenten geplant sind, desto wichtiger wird ein einheitliches Konzept des Zusammenspiels. Notwendige Schnittstellen und die Verkabelung zu den Endpunkten sind zu beachten und rechtzeitig auf ihre Funktionen zu überprüfen.	Automation 	Grundsätzlich bieten sich ähnliche Möglichkeiten wie im Neubau. Kabelgebundene Lösungen sind jedoch schwieriger umsetzbar, wenn die Elektroanlagen nicht ohnehin im Rahmen der Modernisierung erneuert werden, was sich zu diesem Anlass ja immer anbietet.
Große Planungs- und Gestaltungsfreiheit für Ausrichtung, Neigung und Integration der Empfängerflächen in die Dachhaut beziehungsweise Fassade. Auch die Lage von Systemkomponenten (Speicher, Wechselrichter) und Leitungslängen sind optimal planbar und umsetzbar.	Solarthermie/PV 	Eine ungünstige Orientierung oder Neigung der Empfängerflächen kann gegebenenfalls durch Auslegungsparameter (mehr Fläche) oder Systemwahl (zum Beispiel Vakuum-Röhrenkollektoren) kompensiert werden. Zielkonflikte mit Konzepten für einen späteren Dachausbau sollten beachtet werden.
Oberflächennahe Geothermie ist in allen Varianten möglich, Sonden auch unter dem Gebäude, um eine optimierte Energieperformance im Betrieb zu erreichen. Der Kontakt zu Genehmigungsbehörden sollte rechtzeitig aufgenommen werden.	Geothermie 	Bohrungen und Flächenabsorber sind oft nur eingeschränkt im Außenbereich beziehungsweise nur mit Zusatzaufwand installierbar. Grundstücksgröße, Baubestand und Bebauung sind oft limitierende Faktoren, wenn im Rahmen der Sanierung die Außenanlagen nicht umfänglich einbezogen werden.

Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt

! Tipp

Baukultur ist nicht verhandelbar!

Bei denkmalgeschützten Gebäuden müssen baukulturelle und energetische Aspekte bei der Sanierung ausgewogen berücksichtigt werden. Sinnvolle Kompromisse unter Einbeziehung aller Akteure erlauben auch ambitioniertere Energiestandards – aber immer im Kontext mit der Nutzung und Erhaltung der Bausubstanz. Die KfW fördert als Baudenkmal eingestufte Wohngebäude mit dem Programm KfW-Effizienzhaus Denkmal.

Spannungsfeld Denkmalschutz – Energieeffizienz

Auch im denkmalgeschützten Bestand sind hochwertige energetische Standards realisierbar, allerdings können nicht unreflektiert neubauorientierte Maßstäbe angelegt werden. Motivierte und engagierte Bauherren sind gefragt.

Nicht nur Schutzziele beim Baudenkmal, auch Vorgaben aus Ortssatzungen oder Festlegungen beim so genannten Erhaltungsgebiet oder allein die unglücklich festgelegte Baugrenze an der Fassadenlinie können die energetische Ertüchtigung der Gebäudehülle einschränken. Alternative Dämmkonzepte wie Innendämmung erfordern immer die Einbindung von Experten und eine sorgfältige Ausführung.

Denken Sie in derartigen Fällen an Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen, die Ihnen eine überdurchschnittliche Nutzung erneuerbarer Energien bietet. Letztlich kommt es darauf an, den Primärenergiebedarf und die Wirkung auf die Umwelt zu reduzieren. Allerdings sind auch im Baudenkmal bei heutiger Nutzung keinerlei Abstriche am bauphysikalisch bestimmten Mindestwärmeschutz möglich. Fehler in diesem Bereich gefährden die Bausubstanz und damit gerade auch die Ziele des Denkmalschutzes.

Durch die Bauerhaltung kann die im Bauwerk durch seine Herstellung gebundene Energie bewahrt werden, dies kann in eine erweiterte Betrachtung einbezogen werden.



Saniertes Fachwerkhaus

3 Wirtschaftlichkeit und Qualität

„Rechnet sich das?“, ist die typische Frage bei der Festlegung eines erhöhten energetischen Gebäudestandards oder bei energierelevanten Einzelmaßnahmen.

3.1 Wirtschaftlichkeit beurteilen

Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit derartiger Maßnahmen existieren bewährte Methoden, die Ihnen bei der Meinungsbildung und Entscheidung helfen. Für Bauherren und Nutzer eines eigenen Hauses beziehungsweise einer eigenen Wohnung ist die Situation sehr übersichtlich. Sie tragen die (Mehr-)Kosten für die Maßnahmen, aber profitieren auch unmittelbar von der Energieeinsparung und den reduzierten Energiekosten.

Zunächst gilt es, Baukosten beziehungsweise Mehrkosten für den besseren energetischen Standard oder für Einzelmaßnahmen zusammenzustellen. Prüfen Sie, ob und inwieweit zusätzliche Planungskosten bereits enthalten sind. Stimmen Sie auch Ihre finanziellen Möglichkeiten (Kostenrahmen) sowie die Finanzierungsbedingungen ab und erkundigen Sie sich nach Fördermöglichkeiten. Die KfW bietet zum Beispiel Unterstützung an, um die Anforderungen der aktuellen Energieeinsparverordnung überzuerfüllen.

Um sowohl die Höhe der Energiekosten als auch mögliche Einsparungen abschätzen zu können, benötigen Sie Informationen zu Energiepreisen und -tarifen. Neben Zinsen, Tilgung und den Energiekosten müssen auch die Wartung, die Instandhaltung sowie der Ersatz von Bauteilen nach Ablauf ihrer Nutzungsdauer bezahlt werden. Informieren Sie sich daher über jeweilige Lebensdauern, Wartungs- und Instandhaltungszyklen sowie Kosten von Bauteilen.

Die Diskussion um die Wirtschaftlichkeit erhöhter energetischer Standards konzentriert sich häufig zunächst auf die zu erwartenden Baukosten beziehungsweise die Mehrkosten gegenüber einer Basisvariante. Diese werden häufig überschätzt. Durch regionale und saisonale Schwankungen sowie durch unterschiedliche konstruktive und technische Möglichkeiten ist die Bandbreite der Kostenunterschiede sehr groß. Variantenvergleiche lohnen sich, die ein Bestandteil jeder guten Planung sind. Energieverbräuche und jährliche Energiekosten von unsanierten Altbauten,



Wirtschaftlichkeitsaspekt Vorfertigung

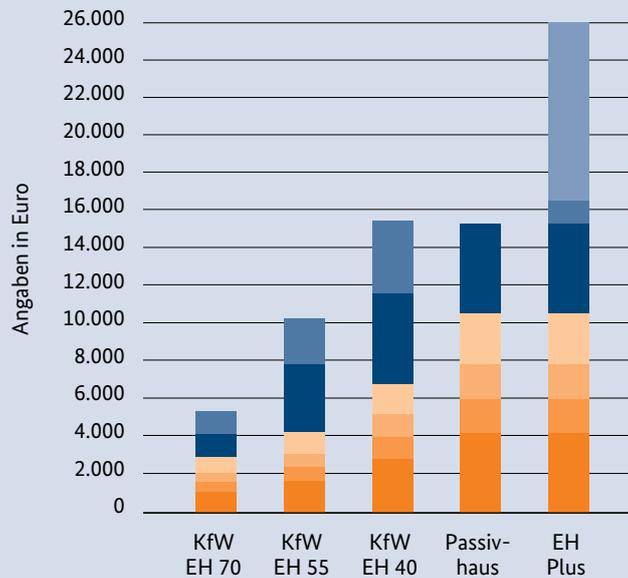


Wirtschaftlichkeit prüfen

Abbildung 12: Mehrinvestitionen für Effizienzstandards gegenüber dem EnEV-Niveau

- Photovoltaik
- Heizung/einschließlich erneuerbarer Energien
- Lüftung
- Fenster
- Bodenplatte
- Dach
- Außenwand

Mehrinvestitionen für Effizienzstandards gegenüber dem EnEV-Niveau am Beispiel eines optimiert geplanten Einfamilienhauses mit 120 Quadratmetern Wohnfläche. Passivhaus und Effizienzhaus Plus haben gegenüber dem EnEV-Standard eine um 15 Zentimeter erhöhte Dämmdicke, die Fenster einen verbesserten U-Wert von $UW = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und die Lüftungsanlage weist eine effiziente Wärmerückgewinnung auf.



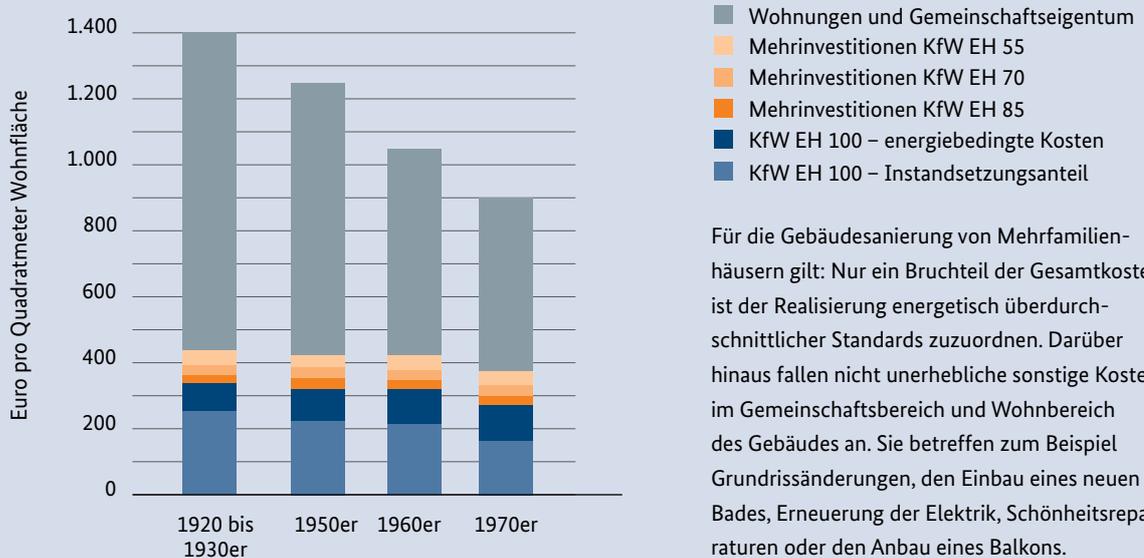
Quelle: schulze darup & partner architekten

modernisierten Bestandsgebäuden, Neubauten nach EnEV 2014 oder KfW-Effizienzhäusern unterscheiden sich erheblich. Sie können mit den Angaben zu den energetischen Standards leicht abgeschätzt werden. Ursache hierfür sind unter anderem Energiepreissteigerungen. Auch wenn diese schwer exakt zu prognostizieren sind, ist mit einem weiteren Anstieg zu rechnen. Man spricht dabei von einem Energiepreisänderungsrisiko.

Bei bekannten Mehrkosten und Informationen zu den jährlichen Einsparungen an Energiekosten kann die Amortisationszeit für Einzelmaßnahmen oder Maßnahmenpakete berechnet werden. Für einen privaten Bauherren oder Eigentümer ist jedoch die monatliche oder jährliche finanzielle Belastung von entscheidender Bedeutung. Wie bei einem Vollkostenvergleich werden die im Jahr entstehenden Kosten ermittelt und für Varianten gegenübergestellt. Folgende Kosten fließen in die Ermittlung ein:

- kapitalgebundene
- betriebsgebundene (unter anderem Wartung, Instandsetzung)
- verbrauchsgebundene (unter anderem Energiekosten)

Höhere kapitalgebundene Kosten für bessere energetische Standards relativieren sich, wenn deutlich geringere verbrauchsgebundene Energiekosten und Fördermöglichkeiten dagegengerechnet werden. Zwar muss die finanzielle Gesamtbelastung stets für den individuellen Fall durchgerechnet werden, aber bei optimierten Planungslösungen können KfW-Effizienzhäuser und Passivhäuser bereits heute zu einer geringeren monatlichen Belastung durch Kapitaldienst, betriebsgebundene Kosten und Kosten für den Energieverbrauch führen als ein Gebäude, das die EnEV 2014 erfüllt.

Abbildung 13: Kosten für die Gebäudesanierung von Mehrfamilienhäusern

Für die Gebäudesanierung von Mehrfamilienhäusern gilt: Nur ein Bruchteil der Gesamtkosten ist der Realisierung energetisch überdurchschnittlicher Standards zuzuordnen. Darüber hinaus fallen nicht unerhebliche sonstige Kosten im Gemeinschaftsbereich und Wohnbereich des Gebäudes an. Sie betreffen zum Beispiel Grundrissänderungen, den Einbau eines neuen Bades, Erneuerung der Elektrik, Schönheitsreparaturen oder den Anbau eines Balkons.

Quelle: schulze darup & partner architekten

Die zusätzlichen jährlichen Kosten für Zins und Tilgung infolge der nach Berücksichtigung einer Förderung verbleibenden Mehrkosten für die Verbesserung der energetischen Qualität sind dann von Anfang an geringer als die jährlich eingesparten Energiekosten. Beispiele aus der Praxis belegen dies. Ein ähnlicher Ablauf empfiehlt sich für die Beurteilung von Einzelmaßnahmen, insbesondere bei einer energetischen Modernisierung.

Die (Mehr-)Kosten für energiesparende Maßnahmen werden unter Annahme einer Kreditlaufzeit beziehungsweise ihrer Lebensdauer und einem Zinssatz in jährliche Kosten für Zins und Tilgung umgerechnet (Euro pro Jahr). Diesen werden die jährlichen Einsparungen an Energie gegenübergestellt (Kilowattstunden pro Jahr). Ermittelt werden kann ein **äquivalenter Energiepreis** in Euro pro Kilowattstunde für eine eingesparte Kilowattstunde Energie.

Dieser kann mit dem Preis für eine Kilowattstunde Energie verglichen werden, die ohne die Maßnahme weiterhin verbraucht würde. Bei Berücksichtigung möglicher Fördermittel und insbesondere bei einer Durchführung von Energiesparmaßnahmen zu einem Zeitpunkt, bei dem ohnehin Instandhaltungsmaßnahmen notwendig werden (zum Beispiel das Neuverputzen und Streichen der Außenwand), sind die Kosten für die Einsparung von Energie bereits geringer als für den weiteren Verbrauch von Energie. Die Maßnahme ist dann wirtschaftlich.



3.2 Energiepreisänderungsrisiko minimieren

Ressourcenschonung und Klimaschutz stehen in engem Zusammenhang mit Ihren persönlichen Zielen – kostengünstig und komfortabel wohnen. Die Steigerung der Energiepreise können Sie schon aktuell erleben, diese Entwicklung wird sich voraussichtlich noch verschärfen. Der Aufwand für Suche und Gewinnung von fossilen Energieträgern steigt und wird damit teurer. Gleichzeitig wächst die globale Nachfrage nach Energie stetig an und beeinflusst letztendlich den Preis. Dies führt zu einem Energiepreisänderungsrisiko, das im Prinzip nur eine Richtung kennt – den weiteren Anstieg der Energiepreise.

Im Hinblick auf einen noch weitergehenden, jedoch nicht verlässlich abschätzbaren Anstieg der Energiepreise macht es für Sie jedoch einen Unterschied, ob sich der Energiepreis bei einem eigenen jährlichen Verbrauch von 20 oder vier Litern Öl pro Quadratmetern Wohnfläche deutlich erhöht oder ob Sie bereits nahezu unabhängig von Energieträgern sind, die Sie beziehen und bezahlen müssen.

Abbildung 14: Senkung des Energiebedarfes durch bessere Wärmedämmung

- Erdgas
- leichtes Heizöl

Investitionen in energetische Maßnahmen zu den aktuell niedrigen Zinsen und guten Förderbedingungen sind wie eine Versicherung gegen steigende Energiekosten. Senken Sie Ihren Energiebedarf durch bessere Wärmedämmung, decken Sie den verbleibenden Energiebedarf mit effizienter Haustechnik und nutzen Sie erneuerbare Energien. So verringern Sie den Verbrauch an nicht erneuerbaren Ressourcen, reduzieren klimaschädliche Emissionen und sind später von steigenden Preisen weniger betroffen.

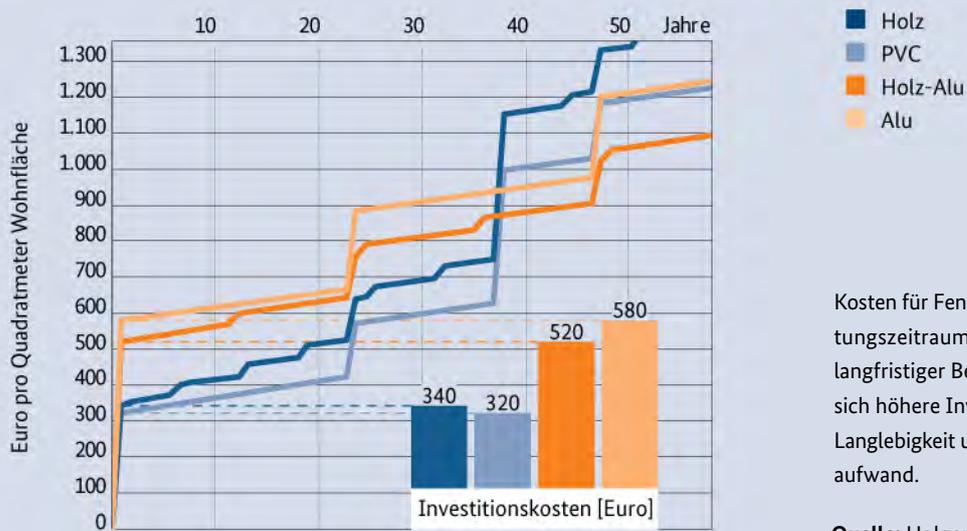
Quelle: FastEnergy GmbH



Wertstabilität sichern

Eigenschaften wie der energetische Standard von Neubauten beziehungsweise der Modernisierungsgrad im Bestand wirken sich inzwischen unmittelbar auf den Immobilienwert aus. Die aktuelle Grundlage der Wertermittlung in Deutschland – die Immobilienwertermittlungsverordnung – weist bereits ausdrücklich darauf hin. Haben Sie gleichzeitig die Aspekte Dauerhaftigkeit, Flexibilität und Barrierefreiheit in Ihrer Planung berücksichtigt, stehen die Chancen gut, dass Ihre Immobilie auch zukünftig einen hohen Marktwert besitzt.

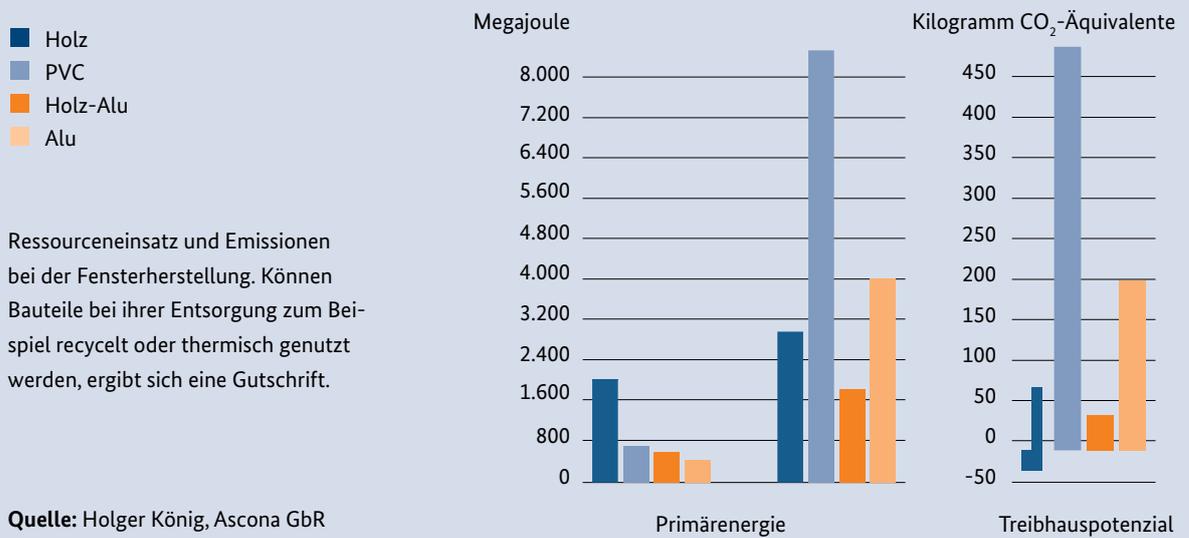
Abbildung 15: Kosten für Fenster in einem Betrachtungszeitraum von 50 Jahren



Kosten für Fenster in einem Betrachtungszeitraum von 50 Jahren. Bei langfristiger Betrachtung relativieren sich höhere Investitionskosten durch Langlebigkeit und geringen Wartungsaufwand.

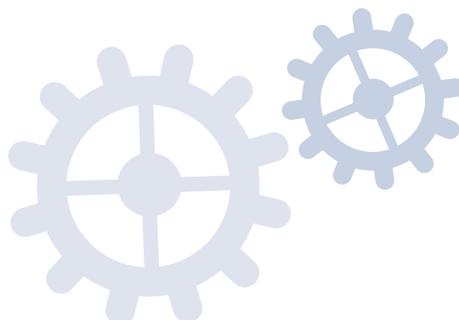
Quelle: Holger König, Ascona GbR

Abbildung 16: Ressourceneinsatz und Emissionen bei der Fensterherstellung



Ressourceneinsatz und Emissionen bei der Fensterherstellung. Können Bauteile bei ihrer Entsorgung zum Beispiel recycelt oder thermisch genutzt werden, ergibt sich eine Gutschrift.

Quelle: Holger König, Ascona GbR



Lebenszyklus(kosten) vorausplanen

Gebäude verursachen langfristig Kosten. Von der Herstellung über die Nutzung bis zum Rückbau nehmen sie Rohstoffe und Energie in Anspruch und erzeugen umweltrelevante Emissionen. Oft werden bei Investitionen für die Herstellung Folgekosten, durch Betrieb und Wartung, nicht ausreichend berücksichtigt. Gleichzeitig fokussiert die Betrachtung des Ressourcenverbrauchs oft nur den Energiebedarf für die Nutzungsphase. Die **Lebenszykluskosten**berechnung und die lebenszyklusbezogene **Ökobilanz** sind Werkzeuge, die eine ganzheitliche Betrachtung von Kosten, Energieaufwand und Umweltwirkungen bereits in der Planung ermöglichen. Dies ist eine Voraussetzung für eine sich am vollständigen Lebenszyklus orientierende Planung, die Auswirkungen von Planungsentscheidungen nicht nur erkennt, sondern auch nutzt, um das Planungsergebnis und damit die Qualität des Gebäudes im Lebenszyklus zu verbessern. Die Methode der Ermittlung und Bewertung von **Lebenszykluskosten** kann auch bei der Auswahl von Bauteilen angewendet werden. Höherwertige Bauteile können eine längere Lebensdauer aufweisen, zu geringeren Wartungs- und Instandsetzungskosten führen und sich so auf lange Sicht letztlich als wirtschaftlicher erweisen. Hier gibt es jedoch keinen Automatismus.

3.3 Qualitätsbewusst planen und bauen

Neben den naheliegenden Qualitäten, wie Komfort, Effizienz und Wirtschaftlichkeit, gibt es weitere Aspekte der qualitätsbewussten Planung, die Sie in Ihre Überlegungen mit einbeziehen sollten.

Flexibilität erhalten

Im Laufe der Nutzung muss ein Gebäude unterschiedlichen Anforderungen gerecht werden. Auch Ihre Lebenssituation wird in den nächsten Jahrzehnten diversen Änderungen unterworfen sein. Änderungen der Familiensituation sind meist absehbar und planbar. Bedenken Sie schon heute mögliche Szenarien für die Zukunft. Kinder ziehen irgendwann aus. Dann bietet es sich schon heute an, Nutzungseinheiten zu planen, die mit geringem Aufwand teilbar sind. Sie halten sich damit die Option offen, einen von Ihnen nicht mehr benötigten Teil des Hauses zu vermieten und so zusätzliche Einnahmen zu generieren. Auch für pflegebedürftige Eltern kann eine abtrennbare Wohneinheit mit notwendiger Nähe und gleichzeitig ausreichender Privatsphäre eine wünschenswerte Option sein.

Barrierefrei bauen

Sie sollten auch daran denken, dass Sie selbst älter werden und sich dadurch die Anforderungen an Ihr Wohnumfeld ändern. Natürlich macht es wenig Sinn, schon heute bei bester Gesundheit ein rollstuhlgerechtes Haus zu bauen, dennoch ist einiges zu bedenken, damit Sie oder andere in einer derartigen Situation das Haus oder die Wohnung komfortabel nutzen könnten. Besonders eine nachträgliche Änderung von Durchgangsbreiten und Bewegungsflächen ist kaum zu realisieren. Verzichten Sie bewusst auf unnötige Schwellen – diese können im Alter ein Hindernis darstellen. Bei mehrgeschossiger Bauweise sollten Sie darauf achten, dass zumindest das Erdgeschoss barrierearm zugänglich ist und notwendige Funktionen und Anschlüsse vorhanden sind – zum Beispiel ein Badezimmer. Barrierefreiheit

ist nicht nur als Thema körperlicher Gebrechlichkeit zu begreifen. Barrierearmes Bauen bietet Vorteile für alle Nutzer – vom Kleinkind bis zum Erwachsenen mit Großeinkauf.

Graue Energie und Ökobilanz

Bei Maßnahmen zur Einsparung von Energie stellt sich auch häufig die Frage, wie viel Energie diese selbst zu ihrer Herstellung und gegebenenfalls Instandhaltung benötigen und ob dieser Energieaufwand in einem günstigen Verhältnis zum Einspareffekt steht. Neu ist die Frage, wie viel Umweltbelastung entsteht, um durch Maßnahmen zur Energieeinsparung die Umwelt zu entlasten sowie welche und wie viel Ressourcen hierfür eingesetzt werden. Beantwortet werden können diese Fragen zunächst über die energetische oder ökologische Amortisationszeit.

Ähnlich einer finanziellen Rückzahldauer gibt diese an, nach wie vielen Jahren sich der Aufwand an Energie oder die Umweltbelastung für Herstellung,

! Tipp

Grundlagen für die Lebenszyklusbetrachtung

Ökobilanzen und Nutzungsdauern von Baustoffen sind auf dem Internetportal des BMUB frei zugänglich:

→ www.nachhaltigesbauen.de

! Tipp

Ökologisch und energetisch sinnvoll

- Verbesserte energetische Standards verringern den Gesamtaufwand an Primärenergie sowie die Gesamtbelastung für die Umwelt.
- Dämmstoffe amortisieren sich energetisch oft schon nach wenigen Monaten, spätestens aber nach zwei Jahren.
- Anlagen zur solaren Wassererwärmung amortisieren sich energetisch in weniger als zwei Jahren.
- Die Nutzung und Sanierung vorhandener Bausubstanz ist ein Weg zum Erhalt bereits verbauter Ressourcen und spart Energie für den Neubau. Voraussetzung ist die Erfüllung übriger Anforderungen (unter anderem Funktionalität, Wohnwert, Brandschutz).

Nutzung und Rückbau von Bauteilen durch Einsparungen im Betrieb amortisiert. Energetisch rechnet sich der Einbau einer Dämmung spätestens in einem Zeitraum von zwei Jahren, beim Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen oft schon nach wenigen Monaten!

Mit Hilfe einer **Ökobilanz** können die Energie- und Stoffströme im Lebenszyklus von Gebäuden, Art und Umfang der Ressourceninanspruchnahme und Wirkungen auf die Umwelt abgebildet und bewertet werden. Experten können auf dieser Basis die Umweltverträglichkeit von Gebäuden optimieren sowie die Auswahl von Bauteilen und Systemen unterstützen.

Rückbau und Recycling beachten

Im Sinne der endlichen Verfügbarkeit von Ressourcen setzte im letzten Jahrhundert ein Umdenken ein. Abfälle sind Wertstoffe und werden nicht mehr beseitigt, sondern einer neuen Nutzung zugeführt. Gebäude dienen stärker als Rohstofflieferanten.



Dies betrifft nicht nur wertvolle Metalle, sondern auch andere Baustoffe, die stofflich oder thermisch „umgenutzt“ werden. Um hierfür gute Voraussetzungen zu bieten, sind trennbare Konstruktionen den Verbundkonstruktionen vorzuziehen.

Bedenken Sie auch, dass Schadstoffe in Gebäuden nicht nur in Bezug auf Umweltschutz und Gesundheit zu vermeiden sind. Wie die Asbestsanierungen der letzten Jahrzehnte zeigen, haben Sie auch entscheidenden Einfluss auf die Rückbaubarkeit und damit nicht zuletzt auch auf den zukünftigen Wert Ihres Gebäudes beziehungsweise Grundstückes.

Die Lebensdauer von Bauteilen sollte schon beim Einbau beachtet werden. Kombinieren Sie nur Bauteile und Schichten mit vergleichbarer Lebensdauer oder denken Sie an leicht lösbare Verbindungen. Im Leitfa- den Nachhaltiges Bauen gibt das BMUB eine Orientierungshilfe zu den Lebensdauern der wichtigsten Baustoffe.



Ressourcen schonen – Recycling von Bau- und Wertstoffen

Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit

Die Maßnahmen zur Einsparung von Energie und zur Reduzierung von Emissionen müssen jedoch auch selbst umwelt- und gesundheitsverträglich sein. Dies betrifft sowohl die Auswahl von Bauprodukten und -systemen als auch die haustechnische Lösung. Eine Informationsgrundlage bildet das webbasierte ökologische Baustoffinformationssystem WECOBIS.

Bei der Auswahl von Haustechnik sollte auf einen hohen Wirkungsgrad und geringe Emissionswerte geachtet werden. Geräte und Anlagen, die mit dem Blauen Engel ausgezeichnet wurden, bieten eine Orientierungshilfe. Die Wahl des Energieträgers entscheidet wesentlich über die CO₂-Emissionen.

Bei der Ausführung von Arbeiten am Gebäude oder im Rahmen einer Sanierung sind ebenfalls die Anforderungen des Umwelt-, Gesundheits- und Arbeitsschutzes zu beachten. Auch zur Bewertung von Eigenleistungen kann man sich über WINGIS in einem webbasierten Gefahrstoffinformationssystem informieren, Hinweise zum vorbeugenden Schutz von Umwelt und Gesundheit erhalten sowie Hinweise für alternative Technologien und Produkte finden.

! Tipp

Informationen zu Baustoffen

- www.nachhaltigesbauen.de
- www.blauer-engel.de
- www.wecobis.de
- www.wingis.de

Nachhaltigkeit dokumentieren

Alle genannten Teilthemen tragen zu mehr Nachhaltigkeit beim Planen, Bauen und Nutzen sowie Sanieren von Wohnbauten bei. Es ist wichtig, diese Eigenschaften nicht nur gezielt zu planen und zu realisieren, sondern auch zu dokumentieren. Einen Einstieg bildet der **Energieausweis** als Nachweis der vorhandenen energetischen Qualität sowie eine ständig zu aktualisierende Objektdokumentation. Im Sinne eines Ausblicks wird hier darauf verwiesen, dass künftig auch komplexe Nachhaltigkeitsbewertungssysteme für Wohnbauten zur Verfügung stehen, die Sie zum Signalisieren der erreichten Qualität verwenden oder beim Erwerb als Informationsquelle nutzen können.

4 Gebäudehülle

Gute Dämmung ist Grundlage für energieeffiziente Gebäude. Wärmeverluste werden im Wesentlichen vom **Wärmedurchgangskoeffizient** opaker und transparenter Bauteile sowie von **Wärmebrücken** und der **Luftdichtheit** bestimmt.

Der Wärmedurchgangskoeffizient beziehungsweise **U-Wert** in $W/(m^2K)$ ist dabei der wichtigste Kennwert für die thermische Qualität von Bauteilen. Je kleiner der U-Wert, desto geringer die **Transmissionswärmeverluste**, also die Wärmeverluste über die Gebäudehülle.

Der U-Wert von Bauteilen berechnet sich aus der **Wärmeleitfähigkeit** λ und Schichtdicke der einzelnen Baustoffe. Je schlechter ein Baustoff Wärme leitet und je höher die Schichtdicke, desto niedriger ist der resultierende U-Wert. Die Transmissionswärmeverluste opaker Bauteile, wie Wand und Dach, sind geringer als die transparenter Bauteile, wie Fenster. Demgegenüber sind relevante solare Wärmegewinne nur durch transparente Bauteile möglich.

Der U-Wert der gesamten Gebäudehülle bezieht neben den Bauteilen auch Wärmebrücken mit ein. An diesen treten gegenüber der sonstigen Fläche erhöhte Transmissionswärmeverluste auf. Ihr Anteil an den Verlusten kann beträchtlich sein. Der erhöhte Wärmeübergang birgt neben dem Wärmeverlust auch die Gefahr von Bauschäden, Schimmelbildung und damit gesundheitliche Folgeschäden. Die Berechnung nach EnEV sieht für Wärmebrückenverluste einen pauschalen Aufschlag zum U-Wert von $0,1 W/(m^2K)$ vor. Werden Wärmebrücken optimiert, kann mit einer detaillierten Wärmebrückenberechnung ein deutlicher Bonus realisiert werden.

Eine weitere Anforderung ist die dauerhaft luft- und windundurchlässige Ausführung der Gebäudehülle. Eine unkontrollierte Durchlüftung der Konstruktion führt zu erhöhten Wärmeverlusten, Tauwasserbildung in der Konstruktion und damit zu Bauschäden und gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch Schimmelbildung.

Die luftdichte Gebäudehülle ist Voraussetzung für den effizienten Betrieb einer Lüftungsanlage. Gleichzeitig ist die Schallausbreitung auch über kleine Schlitzte erheblich, so dass die Wand bei mangelhafter Ausführung der luftdichtenden Ebene insgesamt nur noch einen verminderten Schallschutz aufweist. Die Festlegung der luftdichtenden Ebenen mit präziser Detailplanung ist dafür ebenso notwendig wie eine gute Abstimmung mit den Handwerkern bei der Baudurchführung.

? Frage

Beeinflussen „atmende Wände“ das Raumklima?

Der Luftaustausch durch Bauteile ist vernachlässigbar – atmende Wände gibt es nicht. Der Luftaustausch muss über die Fensterlüftung oder eine Lüftungsanlage sichergestellt werden.



Fertigstellung der Gebäudehülle

4.1 Konstruktionen im Überblick

Für die Errichtung von Gebäuden steht eine große Auswahl von Materialien und Konstruktionsarten zur Verfügung, die spezifische Vor- und Nachteile beinhalten. Mit allen üblichen Konstruktionen können Außenwand, Dach und Kellerdecken beziehungsweise Bodenplatten so ausgeführt werden, dass der Wärmeverlust minimiert wird.

Im Massivbau werden die statischen Anforderungen durch Baustoffe wie Ziegel, Kalksandstein, Porenbeton oder Beton erfüllt. Bei Einsatz von schweren Materialien ist ein guter Schallschutz gegeben. Die Wärmespeicherfähigkeit kommt dem sommerlichen Komfort zugute. Da die Baustoffe eine hohe **Wärmeleitfähigkeit** besitzen, ist in der Regel eine zusätzliche Dämmung erforderlich. Diese kann als Außendämmung mit Wärmedämmverbundsystem (WDVS), als Vorhangfassade oder als zweischalige Konstruktion ausgeführt werden. Dämmung kann auch in die Ziegelsteine integriert werden. Auf diese Weise können monolithische Wandkonstruktionen mit sehr guter Wärmedämmung realisiert werden.

Im Holzbau ist ein hoher Vorfertigungsgrad üblich, durch den sich die Bauzeiten für den Rohbau erheblich verkürzen. Der Primärenergieinhalt von Holzbauten liegt bei konsequenter Anwendung etwa 30 Prozent niedriger als bei vergleichbaren Massivbauten. Kostenmäßig bewegt sich hochwertiger Holzbau allerdings im oberen Segment. Im Wohnungsbau werden meist Holzrahmenkonstruktionen realisiert. Dabei werden die statischen Eigenschaften von einer Skelettkonstruktion übernommen und die Gefache mit Dämmstoff gefüllt. Auch der Holzmassivbau wird in den letzten Jahren im Wohnungsbau immer beliebter. Der Lastabtrag erfolgt mit massiven Holzwänden und -decken, der Wärmeschutz erfolgt durch außen liegende Dämmsysteme. Der Holzmassivbau ermöglicht günstige Lösungen für Schall- und Brandschutz.

! Tipp

Das hilft bei der Planung des Dichtheitskonzeptes:

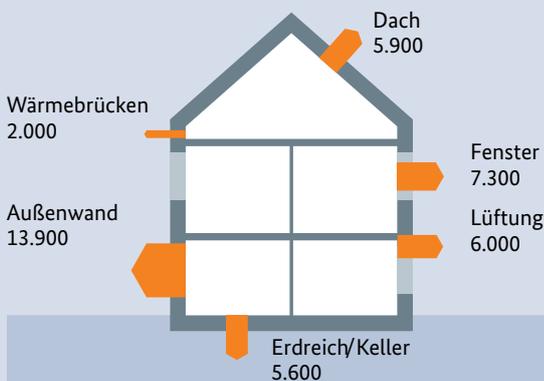
- Einfache Form der Gebäudehülle
- Einfache Konstruktionen wählen
- Materialübergänge minimieren
- Punktförmige Durchdringungen der Gebäudehülle, wie zum Beispiel Zangen im Dachstuhl oder Rohrdurchbrüche, möglichst vermeiden

Abbildung 17: Bilanzierung eines Bestandsgebäudes im Vergleich zum KfW-Effizienzhaus 70 und einem Passivhaus

Bestandsgebäude

Gewinne: 4.000 kWh/a

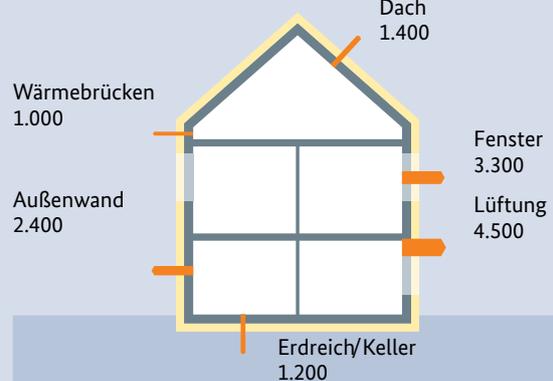
Heizwärmebedarf 36.700 kWh/a



EnEV-Standard

Gewinne: 4.000 kWh/a

Heizwärmebedarf 9.800 kWh/a



Quelle: schulze darup & partner architekten

Mit einer Außendämmung können **Wärmebrücken** leicht vermieden werden. Die tragenden Bauteile liegen innerhalb der thermischen Hülle. Dagegen ist die außen liegende Dämmschicht hohen Temperaturschwankungen und mechanischen Belastungen ausgesetzt. Durch die thermische Trennung zum Innenraum kann Außenputz mit einer geringen Wärmespeicherfähigkeit stark auskühlen. Kondensiert Feuchtigkeit aus der Luft an der Fläche, besteht die Gefahr von mikrobiellem Bewuchs. Dieser Effekt kann durch die Erhöhung der Wärmespeicherkapazität des Putzes und glatte, wasserabweisende Anstriche vermindert werden. Biozide sind dagegen keine langfristige Lösung, da sie aus der Fassade ausgewaschen werden. Wärmedämmverbundsysteme ohne Zusatz von Bioziden sind inzwischen erhältlich. Bei zweischaligen Konstruktionen beziehungsweise hinter einer Vorhangfassade ist die Dämmschicht vor äußeren Einflüssen sehr gut geschützt. Zweischalige Konstruktionen weisen eine hohe Wertbeständigkeit auf, liegen kostenmäßig allerdings im oberen Segment. Mikrobieller Bewuchs ist in der Regel kein Problem.

Dächer können als Flachdächer, Pultdächer und Satteldächer ausgeführt werden. Pult- und Satteldächer sind meist Holzkonstruktionen. Die Neigung ermöglicht den natürlichen Ablauf von Regenwasser und in Abhängigkeit der Ausrichtung auch die Integration von Solaranlagen in die Dachfläche. Die Dämmung kann als Zwischen- oder Aufsparrendämmung ausgeführt werden. In der Sanierung kann auch die Untersparrendämmung eine Option sein. Die unterschiedlichen Dämmungen können kombiniert werden, wenn zum Beispiel die Höhe der Sparren nicht der gewünschten Dämmstärke entspricht. Als Dachdeckung kommen zum Beispiel Ziegel, Betonsteine oder Metall zur Anwendung. Flach geneigte Dächer eignen sich auch zur (extensiven) Begrünung.

Flachdächer werden in der Regel in Stahlbeton ausgeführt, im Holzbau kommen auch Brettstapel- oder Holzbalkendecken in Betracht. Der Regenwasserablauf muss detailliert geplant werden. Die Abdichtung kann

! Tipp

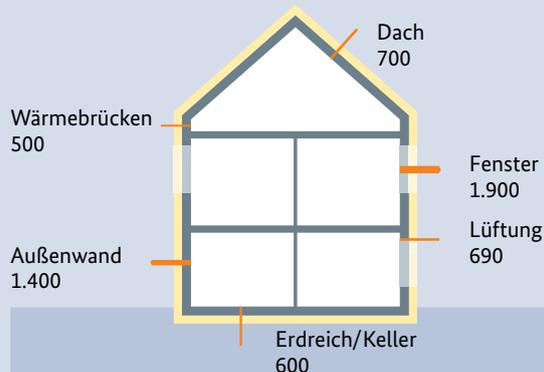
Innendämmung

Innendämmung lässt das äußere Erscheinungsbild eines Gebäudes unverändert. Bei Denkmalschutzanforderungen an die Fassade ist diese daher oft die einzige Option der energetischen Verbesserung. Bauphysikalische Nachteile, wie die Gefahr der Kondensation innerhalb der Konstruktion, müssen durch kapillaraktive Dämmstoffe (zum Beispiel Kalziumsilikatplatten) oder eine diffusionsdichte Abdichtung sicher ausgeschlossen werden.

Passivhaus/Plusenergiehaus

Gewinne: 4.200 kWh/a

Heizwärmebedarf 1.755 kWh/a



Je höher die energetische Qualität von Gebäuden, desto geringer die Wärmeverluste (kWh, von links nach rechts): Bilanzierung eines Bestandsgebäudes im Vergleich zum KfW-Effizienzhaus 70 und einem Passivhaus mit minimierten Wärmeverlusten.

ober- oder unterhalb der Dämmebene erfolgen. Liegt die Dämmebene oberhalb der Abdichtung, spricht man von einem Umkehrdach. Hier können nur hydrophobe, also wasserabweisende Dämmstoffe eingesetzt werden. Die Dachdeckung erfolgt durch Dachbahnen. Durch eine Kiesschicht oder Begrünung werden thermische Belastungen der Dachbahn reduziert und die Lebensdauer erhöht.

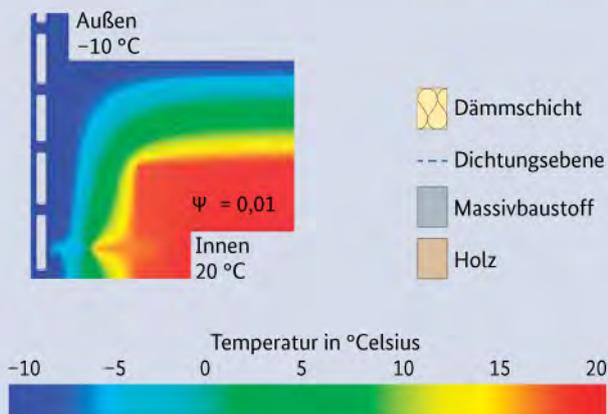
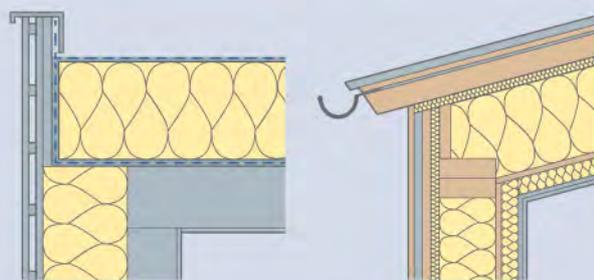
Erdberührende Bauteile, wie Keller oder Fundamentplatte, müssen durch eine wasser- und druckbeständige Dämmung, sogenannte **Perimeterdämmung**, vor Wärmeverlust geschützt werden. Gleichzeitig müssen die Bauteile vor aufsteigender Feuchtigkeit, bei hohem Grundwasserstand auch vor drückendem Wasser, geschützt werden. Im Holzbau besteht auch die Möglichkeit, das Gebäude aufzuständern und so Kosten einzusparen.

4.2 Konstruktionsbeispiele

Auf den folgenden Seiten sind Beispiele gängiger Konstruktionen dargestellt. Wichtige Details sind der Dachanschluss, die Einbindung von Decken und der Anschluss an Bodenplatte, Keller oder Fundament. An diesen Stellen gilt es, **Wärmebrücken** weitestgehend zu vermeiden. Für jede Konstruktion gibt es erprobte Lösungen.

Alle Details sind jeweils als Konstruktionszeichnung und mit resultierender **Isothermendarstellung**, das heißt dem Temperaturverlauf innerhalb des Bauteils, dargestellt.

Abbildung 18: Anschlussdetails und Isothermendarstellung



Legende für Anschlussdetails und Isothermendarstellung.

„Psi“ ist der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient Ψ (W/mK). Er gibt die Energiemenge über die Länge einer linearen Wärmebrücke an, wie sie typischerweise an Gebäudedecken und an der Deckeneinbindung auftritt.

Quelle: sol·id·ar planungswerkstatt

Monolithische Massivbauweise

Mauerwerksbau mit monolithischen Konstruktionen stellt eine archaische Form des Bauens dar. Die Wände werden aus einem einzigen Material erstellt und beidseitig verputzt. Dabei kommen zum Beispiel Ziegel, Betonstein oder Porenbeton zur Anwendung. Aufgrund der energetischen Anforderungen wurden diese Materialien seit den 1950er Jahren ständig fortentwickelt und kommen heute auf eine Wärmeleitfähigkeit λ von 0,07 bis 0,1 W/(mK). Mit Wanddicken von 49 Zentimetern zuzüglich eines Wärmedämmputzes können damit U-Werte von 0,13 bis 0,16 W/(m²K) erreicht werden.

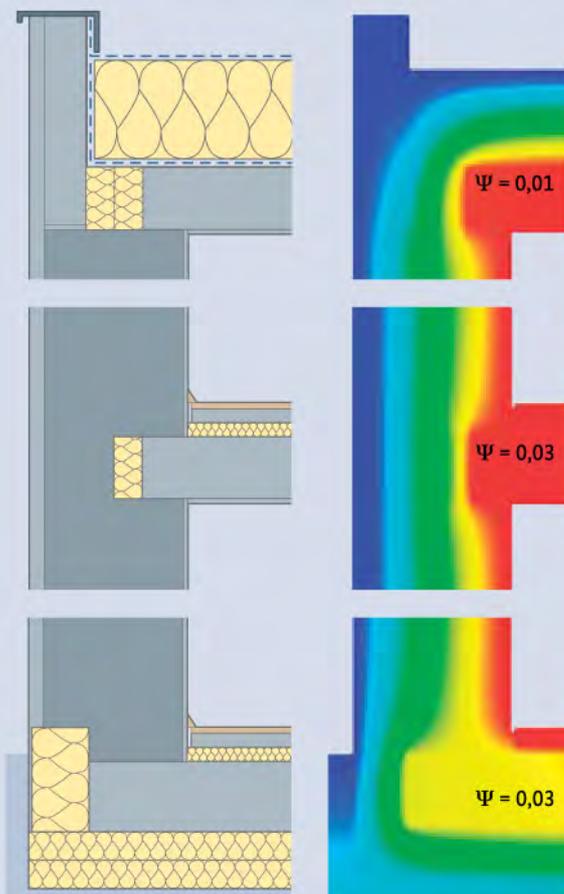
Da die Materialien hoch porosiert sind, ist die Steifigkeit für statisch anspruchsvolle Konstruktionen oftmals nicht ausreichend, so dass Stahlbetonstützen mit außen liegender Wärmedämmung einbezogen werden müssen. Diese **Wärmebrücken** sind ebenso zu beachten wie zum Beispiel Deckenaufleger oder Sockelanschlüsse. Zudem ist in die Planung einzubeziehen, dass sich der Schallschutz von leichtem Mauerwerk ungünstiger verhält als schwere Materialien.

Einfamilienhäuser in Passivhausbauweise können seit einigen Jahren hochwertig in monolithischer Massivbauweise erstellt werden.



Rationelles Auftragen der Mörtelschicht

Abbildung 19: Anschlussdetails monolithisches Mauerwerk



Attika-Detail als Anschluss der Außenwand an eine Flachdachkonstruktion mit 30 bis 40 Zentimetern Dämmung oberhalb der Betondecke. Die Isothermendarstellung zeigt die klare thermische Trennung von Stahlbetondecke und Attika durch eine hochwertige Dämmung, die mittig auf der monolithischen Wandkonstruktion sitzt.

Bei monolithischem Mauerwerk bilden die Deckeneinbindungen typische Wärmebrücken, die in der Energiebedarfsberechnung bilanziert werden sollten. Durch möglichst geringe Auflagertiefe in Verbindung mit hochwertiger Dämmung der Deckenaußenkante kann dieser Konstruktionspunkt optimiert werden.

Wie bei der Einbindung der Geschosdecken muss die Bodenplatte deutlich hinter die Außenkante des Mauerwerks zurücktreten, um eine ausreichende Dämmung der Bodenplattenaußenkante zu ermöglichen.

Quelle: sol-id-ar Planungswerkstatt, Schulze Darup, Holger Barske

Massivbau – zweischalig und mit Vorhangfassade



Punktuelle Befestigung mit Tellerdübeln

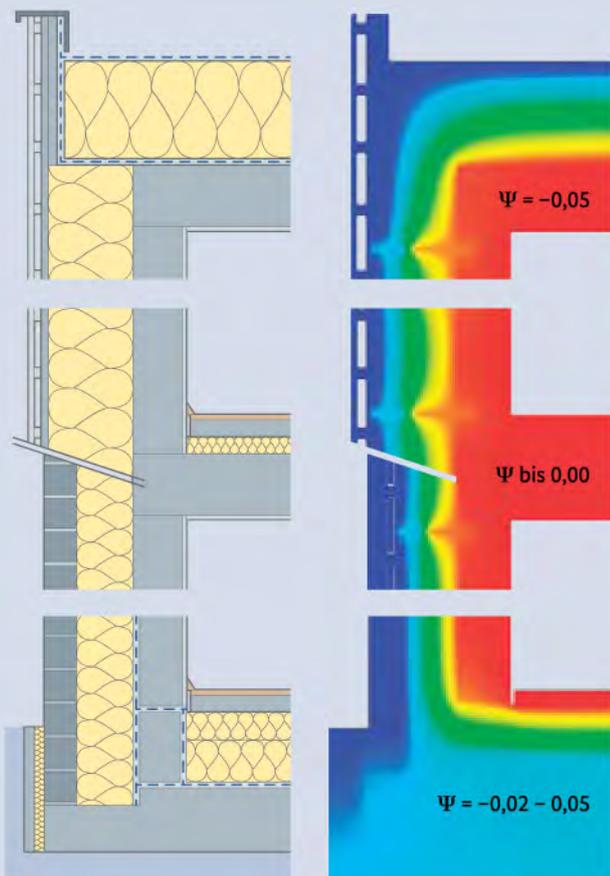
Zweischaliges Mauerwerk und Mauerwerk mit Vorhangfassade sind bauphysikalisch vergleichbar. Die massive Tragwand befindet sich auf der warmen Innenseite. Die Dämmung liegt idealtypisch außerhalb der Tragwand. Vorhangfassade beziehungsweise Vormauerschale dienen als hochwertiger Witterungsschutz und zugleich als gestaltende Fassadenebene, die ein weites Spektrum an architektonischen Möglichkeiten bietet.

Beide Systeme erreichen U-Werte unter 0,15 Watt je Quadratmeter und Jahr. Für zweischalige Wände gibt es Zulassungen für Befestigungssysteme der Vormauerschale an die Tragwand bis zu einer Dicke der Kerndämmung von 20 Zentimetern.

Deshalb muss ein hochwertiger Dämmstoff mit geringer Wärmeleitfähigkeit, λ -Wert von 0,032 bis 0,022 W/(mK), eingesetzt werden. Der Vorteil bei beiden Systemen liegt im breiten Anwendungsspektrum mit hoher ästhetischer Qualität und in vielen Fällen guter Wertbeständigkeit. Beiden Konstruktionen ist ebenfalls gemein, dass sie eher im oberen Kostensegment liegen.

Durch eine durchgängige, außen liegende Dämmschicht sind Wärmebrücken im Bereich des Dachanschlusses und Deckenaufagers leicht zu vermeiden. Insbesondere bei der Vorhangschale muss aber auf ein wärmebrückenarmes Befestigungssystem geachtet werden.

Abbildung 20: Anschlussdetails von zweischaligem Mauerwerk oder einer Vorhangfassade



Attika-Anschluss der Vorhangfassade an eine Warmdachkonstruktion mit 30 bis 40 Zentimetern Dämmdicke oberhalb einer Betondecke. Sowohl für die Vorhangfassade als auch die zweischalige Wand können wärmebrückenoptimierte Anschlüsse hergestellt werden. Die Isothermen zeigen die günstige Situation, bei der die Dämmung in vollem Querschnitt um den Anschluss herumführt.

Typische U-Werte der dargestellten Außenwand als zweischalige Wand mit 20 cm Kerndämmung:
 $\lambda = 0,032 \text{ W/(mK)} \rightarrow U = \text{circa } 0,15 \text{ W/(m}^2\text{a)}$
 $\lambda = 0,025 \text{ W/(mK)} \rightarrow U = \text{circa } 0,12 \text{ W/(m}^2\text{a)}$
 als Vorhangfassade mit 30 cm Dämmung
 $\lambda = 0,032 \text{ W/(mK)} \rightarrow U = \text{circa } 0,13 \text{ W/(m}^2\text{a)}$
 in Verbindung mit einem wärmebrückenoptimierten Befestigungssystem.

Für die Außenmauerschale muss eine Lastabtragung erfolgen, entweder wie dargestellt über die Bodenplatte oder aufwändiger über getrennte Fundamente mit Zwischenlegen einer Dämmung. Das Detail bei der Vorhangfassade lässt sich wärmebrückenoptimiert gestalten, indem die Außenwanddämmung direkt an eine Perimeterdämmung unterhalb der Bodenplatte anschließt.

Quelle: sol-id-ar Planungswerkstatt,
 Schulze Darup, Holger Barske

Holzrahmenbau

Im Holzrahmenbau besteht ein hohes Maß an Freiheit bezüglich der Gestaltung und der Auswahl an Dämmstoffen. Holzrahmenbau-Konstruktionen können bei gutem U-Wert vergleichsweise schlank ausgeführt werden, weil die Dämmung fast den gesamten Querschnitt ausmacht. Damit sind U-Werte im Bereich der Außenwände von 0,10 bis 0,14 W/(m²K) leicht erreichbar.

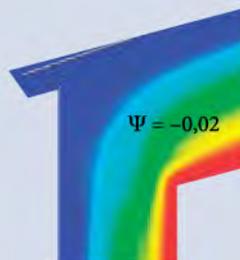
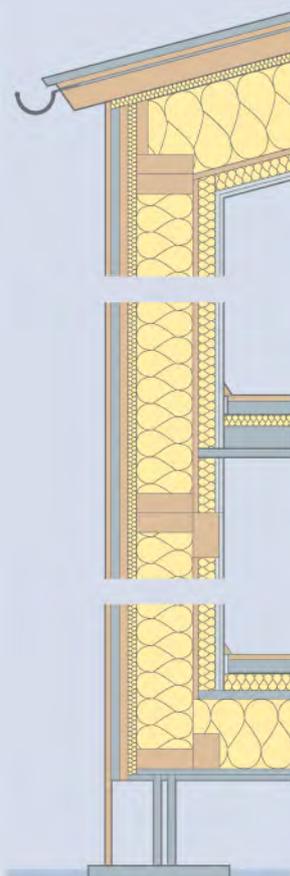
Hochwertiger Holzbau stellt erhöhte Anforderungen an den Planer, um Schallschutz, Brandschutz und konstruktiven Holzschutz zu gewährleisten. Emissionen aus großen Holz- und Holzwerkstoffflächen und gegebenenfalls deren Anstrichen müssen minimiert werden, zum Beispiel durch die Bekleidung mit mineralischen Materialien zu den Aufenthaltsbereichen. Eine innenseitige Bekleidung mit schweren und gegebenenfalls mineralischen Materialien bietet gleichzeitig Vorteile für den sommerlichen Wärmeschutz und ist bei reinen Holzbauten zu empfehlen.

Beim Holzrahmenbau stellen die Konstruktionshölzer Wärmebrücken dar, die in der U-Wert-Berechnung gegenüber den dazwischen liegenden Gefachen berücksichtigt werden müssen. Zur Reduzierung der Wärmebrücken beim Holzrahmenbau sollten die Holzquerschnitte in den Bauteilen minimiert werden. Dabei müssen nicht nur die Statikanforderungen für die Standsicherheit, sondern auch die Transportanforderungen an

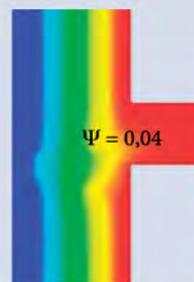


Vorgefertigte Bauteile ermöglichen kurze Bauzeiten

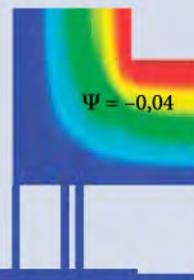
Abbildung 21: Anschlussdetails Holzrahmenbau



Wärmebrückendetails im Dachanschluss lassen sich sehr gut lösen. Bei der dargestellten Lösung ist der Wärmeverlust über das Anschlussdetail sogar niedriger als in der Wand- beziehungsweise Dachfläche selbst.



Das Deckenauflager im Bereich der Installationsebene ermöglicht eine durchgängige Luftdichtheitsschicht und minimiert die Wärmebrücke der Einbindung.



Wer auf eine Stahlbetonbodenplatte verzichtet und den Holzbau aufgeständert ausführt, spart Energie und Kosten für den Bau des Gebäudes. Mit der dargestellten Konstruktion ist der Wärmeverlust am Anschlussdetail geringer als bei gängigen Anschlüssen an betonierten Bodenplatten.

Quelle: sol-id-ar Planungswerkstatt,
Schulze Darup, Holger Barske

die vorgefertigten Bauteile bedacht werden. Die Ausführung einer innen liegenden Installationsebene kann sich diesbezüglich günstig auswirken und gleichzeitig Durchdringungen der Außenwandkonstruktion durch Leitungen minimieren.

Massivbauweise mit Wärmedämmverbundsystem

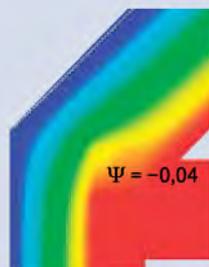
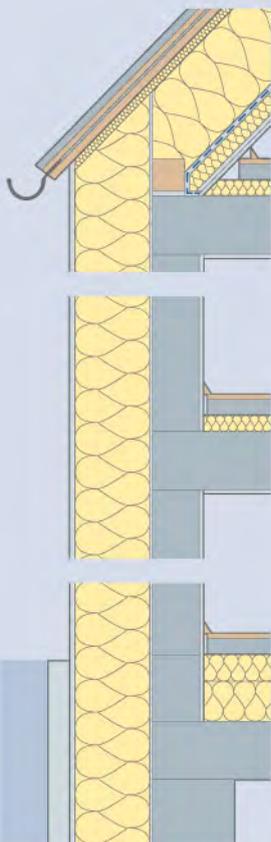
Massivbauweise mit Wärmedämmverbundsystem (WDVS) verbindet die Vorteile schweren Mauerwerks wie zum Beispiel Kalksandstein mit den bauphysikalischen Vorteilen eines energetisch optimierten Außendämmsystems. Das innen liegende schwere Material wirkt günstig hinsichtlich des Schallschutzes und des sommerlichen Wärmeschutzes. WDVS-Konstruktionen sind sehr wirtschaftlich realisierbar. In Abhängigkeit von Dämmdicken und Wärmeleitfähigkeit können U-Werte bis unter $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erreicht werden. Wärmedämmverbundsysteme sollten immer als Systemlösung eines Herstellers gewählt werden.

Als Dämmmaterialien kommen Schäume, künstliche Mineralwolle, Mineralschaumdämmung oder Dämmung aus nachwachsenden Rohstoffen in Frage. Für Brandschutzanforderungen liegen seitens der Systemlieferanten hochwertige Lösungen vor. Bereits bei Errichtung des ersten Passivhauses wurde Kalksandstein-Mauerwerk mit WDVS eingesetzt und die Systeme seitdem ständig verbessert. Wie im Beispiel dargestellt, können Wärmebrücken durch eine durchgängige außen liegende Wärmedämmung bei vollflächiger Verklebung weitgehend vermieden werden.

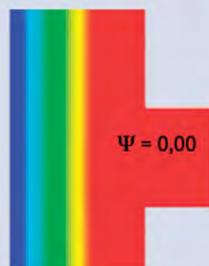


Massivbauweise mit Wärmedämmverbundsystem hat viele Vorteile

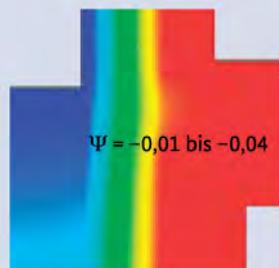
Abbildung 22: Anschlussdetails Massivbau mit Außendämmung



Das Traufdetail zeigt, wie die Dämmung mit vollem Querschnitt vom Dach in das Wärmedämmverbundsystem übergeht. Die Zwischensparrendämmung von etwa 30 Zentimetern wird ergänzt durch die gedämmte Installationsebene und gegebenenfalls durch eine Holzweichfaserplatte mit zwei bis fünf Zentimetern oberhalb der Sparren.



Bei außen liegender Dämmung erzeugen die Deckeneinbindungen keine Wärmebrücken, die in der Energiebedarfsberechnung bilanziert werden müssen.



Das Wärmedämmverbundsystem wird in vollem Querschnitt bis ins Erdreich geführt. Ist der Keller unbeheizt, muss eine Dämmung oberhalb und/oder unterhalb der Kellerdecke eingebracht werden. Wichtig ist allerdings die Ausführung des Mauerwerks in wärmedämmendem Material mit $\lambda = 0,07 - 0,14 \text{ W}/(\text{mK})$, um die Wärmeübertragung im Mauerwerk zu minimieren.

Quelle: sol-id-ar Planungswerkstatt,
Schulze Darup, Holger Barske

Sanierung mit Außendämmung

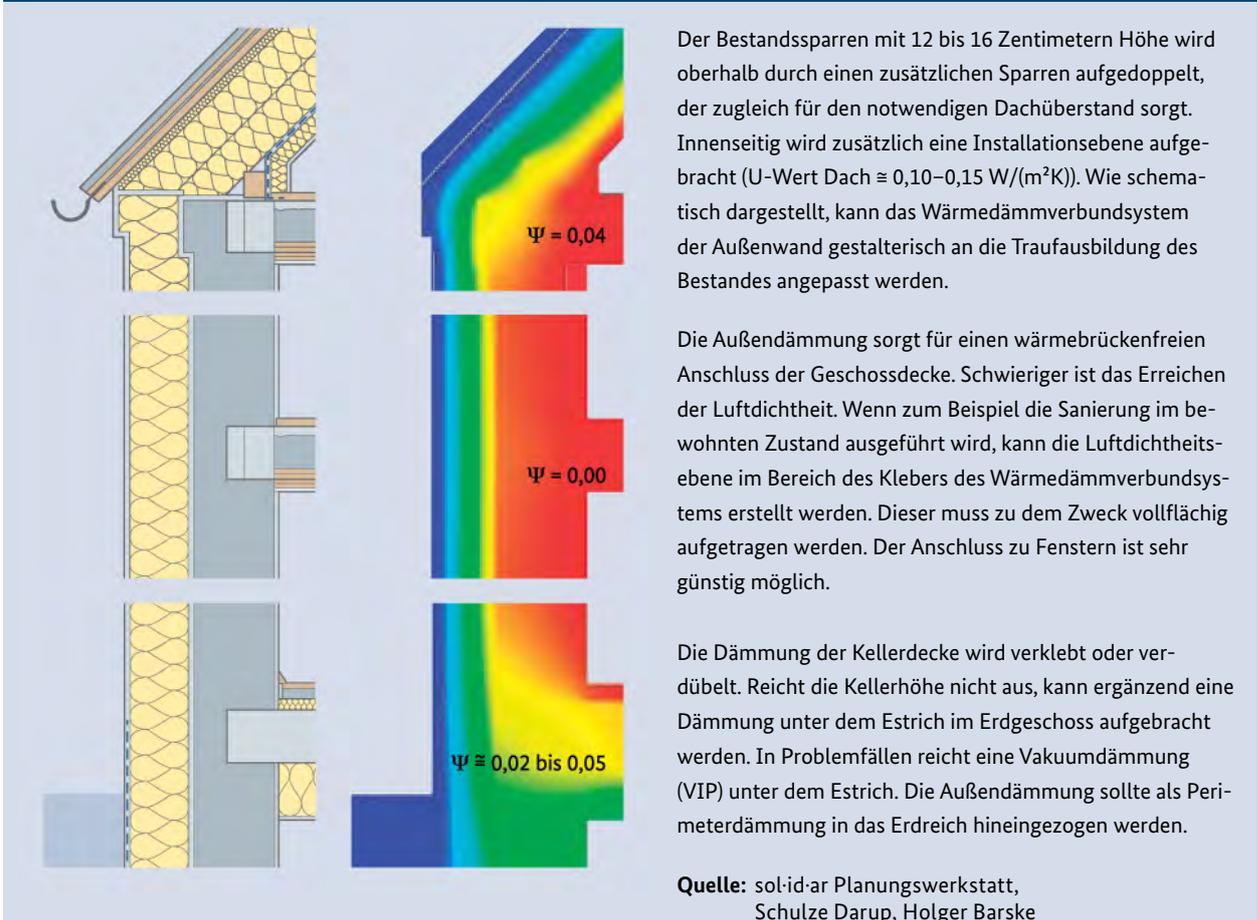
Die Wahl des Dämmsystems für die Außenwand ist bei der Gebäudemodernisierung oftmals die größte Herausforderung. Es gilt, die architektonisch-denkmaltreueren Aspekte mit einer möglichst optimalen energetischen Sanierung zu verbinden. Die bauphysikalisch und ökonomisch günstigste Lösung ist eine Außendämmung, zum Beispiel als Wärmedämmverbundsystem. Sie kann insbesondere dann zum Einsatz kommen, wenn aus Aspekten des Denkmalschutzes und des Stadtbildes keine Einwände bestehen. Im Hinblick auf eine Nutzungsdauer von 40 Jahren ist ein Dämmstandard mit einem U-Wert unter $0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ zu empfehlen, was mit Dämmdicken um 20 Zentimeter erreichbar ist.

Hinsichtlich des Wärmedämmverbundsystems greifen die gleichen Empfehlungen wie im Neubau. Sanierungsspezifische Aspekte gelten darüber hinaus hinsichtlich der Befestigung, die meist mit einer zusätzlichen Dübelung erreicht wird. Zu beachten ist auch die Einbindung der Fenster, die möglichst um die Dämmdicke weiter nach außen gesetzt werden sollten, um das Erscheinungsbild zu bewahren. Auch gibt es für Wärmedämmverbundsysteme eine Fülle an Gestaltungsmöglichkeiten, die Bezug nehmen auf bestandstypische Gestaltungs- und Oberflächenausbildungen. In vielen Städten ist die Überbauung zum Beispiel des Gehwegs durch Außendämmung möglich.



Polystyrolämmung

Abbildung 23: Anschlussdetails Sanierung mit Außendämmung



Sanierung zweischaliger Wandkonstruktionen



Zweischaliges Mauerwerk

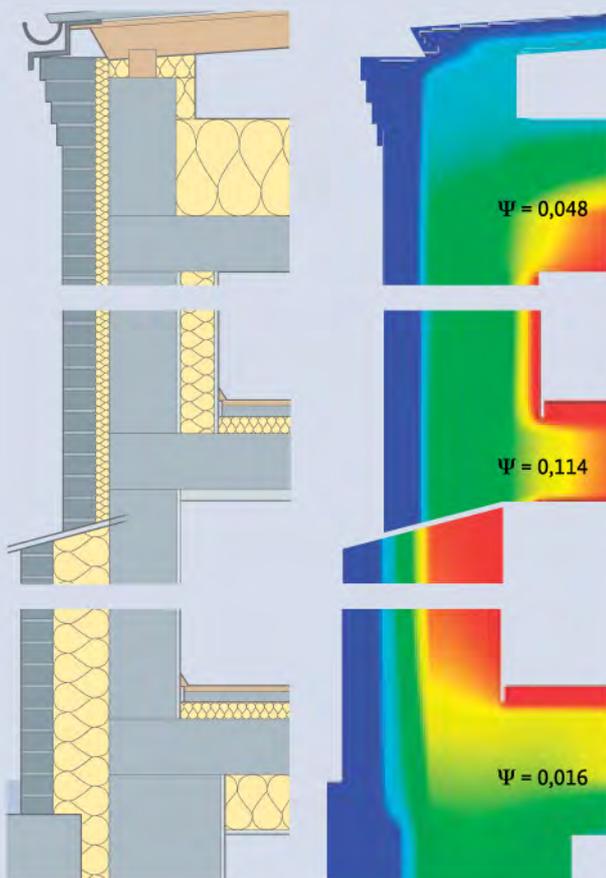
Backsteinbauten mit zweischaligem Mauerwerk sind vor allem in Norddeutschland eine wesentliche stadtbildprägende Konstruktion. Aus baukultureller Sicht ist diese Qualität unbedingt zu bewahren. Eine energetische Sanierung ist mit folgenden Techniken möglich, von kostengünstig bis teuer:

- Kerndämmung (energetisch nicht ausreichend)
- Wärmedämmverbundsystem mit/ohne Riemchen (nicht denkmalgerecht)
- Innendämmung, gegebenenfalls zuzüglich Kerndämmung
- Neue Vormauerschale mit erhöhter Dämmung.

Die Aufstellung beschreibt das Dilemma: Einfache kostengünstige Lösungen gibt es nicht. Die konsequente Sanierung beinhaltet das Abtragen der alten Vormauerung, Errichten einer neuen Fundamentierung und Erstellen einer neuen Vormauerung mit hochwertiger Dämmung.

Mit allen Anschlüssen liegen die Kosten pro Quadratmeter Fassadenfläche etwa 100 bis 200 Euro höher als die Vergleichsvarianten. Sinnvoll kann insbesondere bei Gebäuden mit Stahlbetondecken das Einbringen von Kerndämmung in Verbindung mit Innendämmung sein. Bei grundlegender Ausführung können **U-Werte** bis unter $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erzielt werden.

Abbildung 24: Anschlussdetails Sanierung mit Kerndämmung



Traufabschluss eines leicht geneigten Kaldaches. Über der Stahlbetondecke kann kostengünstig 30 bis über 40 Zentimeter Einblasdämmung eingebracht und damit die Bestandsdämmung (vier bis 10 Zentimeter) ersetzt oder ergänzt werden. Damit können U-Werte im Bereich von $0,08$ bis $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erreicht werden.

Zweischaliges Mauerwerk mit Hinterlüftungsfuge von vier bis sechs Zentimetern kann energetisch saniert werden, indem zunächst die Fuge mit Einblasdämmung verfüllt wird. Dadurch ergeben sich für die Innendämmung Vorteile, weil die Wärmebrücken durch die einbindenden Decken und Innenwände gedämpft sind. Die Zweischaligkeit bringt bei entsprechender Ausführung zudem den Vorteil der Schlagregensicherheit für die Konstruktion.

Im Sockeldetail wird schematisch dargestellt, wie das Vormauerwerk durch eine neue Schale mit energetisch optimierter Kerndämmung von 20 Zentimetern erneuert werden kann. Dazu ist eine neue Fundamentierung erforderlich. Weist die Wärmedämmung eine Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{mK})$ auf, so beträgt $U_{\text{Wand}} 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, bei $\lambda = 0,025 \text{ W}/(\text{mK})$ liegt der U-Wert bei $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Quelle: sol-id-ar Planungswerkstatt,
Schulze Darup, Holger Barske

Sanierung mit Innendämmung

Kann ein Gebäude aus Gründen des Denkmalschutzes oder anderer Aspekte nicht von außen gedämmt werden, stellt Innendämmung eine sinnvolle Alternative dar. Nachteile liegen im Raumverlust und vor allem in der bauphysikalisch schwierigeren Situation, für deren Lösung in der Regel erfahrene Fachleute eingebunden werden sollten. Feuchteschäden durch Diffusion, Konvektion, Schlagregeneinflüsse oder **Wärmebrücken** müssen sicher ausgeschlossen werden. Dafür ist eine sorgfältig luftdicht montierte Dampfbremse auf der Innenseite der Dämmung erforderlich. Alternativ ist auch der Einsatz von kapillaraktiven Dämmstoffen, wie beispielsweise Kalziumsilikatplatten, möglich. Zudem muss das Dämmmaterial vollflächig auf die Bestandswand aufgebracht sein.

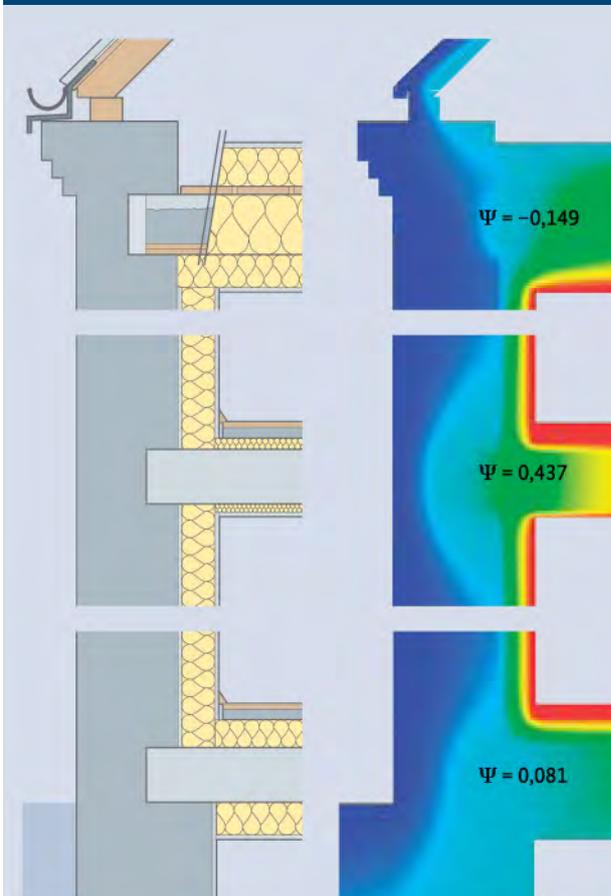
Ein Vorteil der Innendämmung besteht in der Möglichkeit, raumweise vorzugehen. Günstige **U-Werte** sind schwieriger zu erreichen als mit Außendämmung. Zudem verbleiben relevante **Wärmebrücken** durch die Einbindung der Decken und Innenwände an die Außenwand. Dennoch können in der Gesamtabwägung bei guter Planung zufriedenstellende Ergebnisse erzielt werden.

Bei üblichen Bestandsgebäuden ist ein U-Wert von $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ mit Dämmdicken von sechs bis acht Zentimetern bei einer **Wärmeleitfähigkeit**



Nachträgliche Dämmung der Kellerdecke von unten

Abbildung 25: Anschlussdetails Sanierung mit Innendämmung



Das Traufdetail zeigt den Anschluss der Innendämmung zur obersten Geschossdecke, die als Fehlbodenkonstruktion ausgeführt ist. Die Dämmung kann unter der Decke weitergeführt werden, alternativ anstelle des Fehlbodens in die Balkenlage eingelegt oder auf der Decke aufgebracht werden. Kombinationen sind möglich, so dass U-Werte bis zu $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ für die Decke erreicht werden können.

Einbindende Decken und Innenwände bilden eine deutliche Wärmebrücke und sollten deshalb durch einen flankierenden Dämmstreifen von etwa 30 Zentimetern gemindert werden, wie unterhalb der Stahlbetondecke dargestellt. Bei Holzbalkendecken kann die Innendämmung durchgezogen werden. Allerdings müssen die Balkenköpfe luftdicht angeschlossen werden, damit keine Konvektion stattfindet, die zu Schäden führt.

Sockelausbildungen können mit Innendämmung günstig gelöst werden, indem die Wanddämmung lückenlos in die Dämmlage unterhalb des Estrichs überführt wird. Die Kellerdecke kann zusätzlich von unten gedämmt werden, so sind U-Werte unter $0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ gut erreichbar.

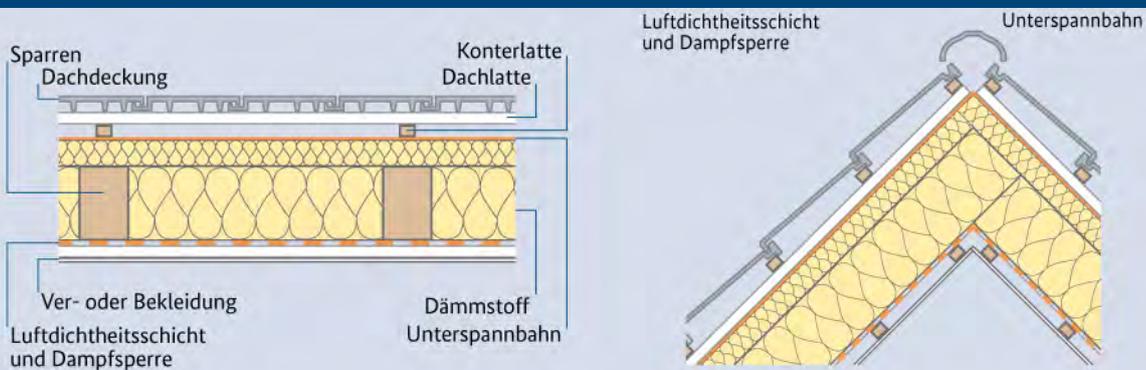
Quelle: sol-id-ar Planungswerkstatt, Schulze Darup, Holger Barske

$\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{mK})$ zu erreichen. Bauphysikalisch sinnvoll sind bei den meisten Konstruktionen **U-Werte** im Bereich von $0,20\text{--}0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Sehr schlanke Lösungen mit guten Dämmwerten lassen sich durch den Einsatz von **Aerogel-** oder **Vakuumdämmung** erzielen.

Sanierung von Dächern

Neben den elementaren Anforderungen des Witterungsschutzes und des Brandschutzes, die eine Dachkonstruktion erfüllen muss, sparen gut gedämmte und abgedichtete Dächer Energie. Die verbesserte thermische Qualität ist daher eine sinnvolle Maßnahme, auch wenn sich eine umfassende Sanierung aus Gründen des Denkmalschutzes oder der Kosten nicht realisieren lässt. Die Art der Konstruktion richtet sich in erster Linie

Abbildung 26: Kombination Vollsparren- und Aufsparrendämmung



Die Zwischensparrendämmung kombiniert mit Aufsparrendämmung stellt energetisch die beste konstruktive und bauphysikalische Lösung dar. Sollen die Sparren in Ausnahmefällen sichtbar bleiben, ist auch eine ausschließliche Aufsparrendämmung in ausreichender Stärke möglich, die bei großen Dämmstärken allerdings zu schwierigen Traufanschlüssen führen kann.

Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt

Abbildung 27: Kombination Vollsparren- und Untersparrendämmung



Zwischensparrendämmung kombiniert mit Untersparrendämmung, bei ausgebautem Dachgeschoss auch als nachträgliche Verbesserung der Wärmedämmung, kann ohne Ab- und Neueindeckung des Daches erfolgen. Dabei verringert sich allerdings die lichte Raumhöhe. Statt Dämmplatten zwischen den Sparren kann der Zwischenraum auch bei dieser Lösung mit einer Einblasdämmung gefüllt werden, wenn das Dach eine Schalung auf der Oberseite der Sparren aufweist.

Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt

nach der Nutzung. Wird der Dachraum in absehbarer Zeit nicht als Wohnraum benötigt, bietet sich die Dämmung der obersten Geschossdecke an. Abdichtungen sind dabei nicht erforderlich, deshalb können diese Arbeiten in Eigenleistung erbracht werden. Die Dämmung der Dachschrägen reduziert nicht nur die Wärmeverluste, sondern ermöglicht auch die Nutzung des Dachraums als hochwertige Wohnfläche. Welche Konstruktion sinnvoll ist, hängt neben der Tragfähigkeit der Dachkonstruktion davon ab, ob zeitgleich auch die Neueindeckung des Daches ansteht oder nur von innen Dämmung eingebracht werden kann. Energetisch hochwertige Lösungen nutzen die volle Sparrenhöhe, eine zusätzliche Aufsparren- oder Untersparrendämmung reduziert die Wirkung der Wärmebrücken im Sparrenbereich und erhöht auch die Winddichtigkeit.

In jedem Fall ist eine einwandfreie Planung und Ausführung notwendig. Auf Dachdurchdringungen sollte weitgehend verzichtet werden, die raumseitige Dampfsperre muss absolut diffusions- und luftdicht, die über der Dämmung liegenden Schichten dagegen diffusionsoffen verlegt sein.

Den richtigen Dämmstoff finden

Dämmstoffe wirken vor allem durch den kleinteiligen Einschluss von Luft in porigem oder faserigem Material. Die Dämmeigenschaft wird durch die **Wärmeleitfähigkeitsstufe (WLS)** beschrieben, die den ersten drei Nachkommastellen der Wärmeleitfähigkeit λ (Lambda) entspricht. Je niedriger der Wert, desto besser ist der Wärmeschutz. Übliche Dämmstoffe weisen λ -Werte von 0,040 bis 0,032 W/(mK) auf und entsprechen damit der **WLS 040** beziehungsweise 032. Ist die mögliche Schichtdicke der Baustoffe begrenzt, beispielsweise durch Integration von Rollladenkästen, kann eine **Vakuum-** oder **Aerogeldämmung** eingesetzt werden. Diese erreichen mit Schichtdicken von wenigen Zentimetern gute U-Werte, sind dafür aber auch kostenintensiver.

Nicht jeder Dämmstoff ist für alle Anwendungen gleichermaßen geeignet. Neben der **Wärmeleitfähigkeit** sind auch bauphysikalische und konstruktive Eigenschaften zu beachten. Insofern muss für jede individuelle Anwendung ein nach technischen und hygienischen Anforderungen möglichst geeignetes Material gewählt werden.



Holzweichfaserplatten mit anschließender Verkleidung



Checkliste

Dämmen lohnt sich immer!

Für welchen Dämmstoff Sie sich auch entscheiden, die für die Herstellung benötigte Energie haben Sie spätestens nach zwei Jahren wieder eingespart!



Frage

Führt Wärmedämmung zu Bauschäden?

Eine fachgerecht ausgeführte Gebäudehülle birgt kein Risiko bezüglich Bauschäden. Bei einer nachträglichen Wärmedämmung für einen Altbau müssen die bauphysikalischen Aspekte im Zusammenhang mit Außenwandkonstruktion, Fensteranschlüssen und Lüftungskonzept geprüft werden.

Tabelle 4: Vergleich verschiedener Dämmmaterialien

Material	Gewicht in kg/m ³	Wärmeleitfähigkeit in W/(m·K)	Amortisation der Herstellungsenergie in Monaten	Kosten in € pro m ² für einen U-Wert = 0,20 W/(m ² K)	bei einer Schichtdicke in cm
Expandiertes Polystyrol (EPS)	15–30	0,032–0,040	7–20	ca. 13–20	17–20
Extrudiertes Polystyrol (XPS)	15–30	0,030–0,040	7–20	ca. 36	16–20
Polyurethan Hartschaum	15–80 (i.M. 30)	0,025–0,040	5–16	ca. 40	14–18
Glaswolle	20–100	0,035–0,045	2–14	ca. 12 (schwere Platten ca. 48)	20
Steinwolle	30–140	0,035–0,050	1,5–12	ca. 13 (schwere Platten ca. 45)	20
Perliteplatten	150–200	0,055–0,060	–	ca. 53–90	28–30
Perliteschüttung	60–165 (i.M. 90)	0,050–0,055	–	ca. 42	26
Kalzium Silikatplatten	200–260	0,050–0,065	–	ca. 182	26
Mineralschaumplatten	115	0,045	–	ca. 55	22
Holzspäne, Holzfasern	50–100 (i.M. 80)	0,040–0,055	6–8	ca. 16–18	20–22
Holzfasern-Dämmplatten	160	0,040–0,055	6–8	ca. 62	20–22
Zellulose-Dämmstoff	60–80	0,040–0,045	0,4–0,6	ca. 29	20
Flachs	18–30	0,040	–	ca. 40	20
Hanf	25	0,040–0,045	–	ca. 23–26	20
Kokosfaser	75–85	0,045	14	ca. 55	22
Korkplatte	80	0,040–0,045	1,5	ca. 66	22
Schafwolle	20	0,040	–	ca. 26	20

* Die Kostenangaben für die verschiedenen Dämmstoffe sind Mittelwerte. Abweichungen sind aufgrund regionaler Unterschiede oder der Marktbedingungen (Sonderangebote, Großmengenabnehmer) möglich.

Quelle: Verbraucherzentrale Bundesverband e. V., Berlin

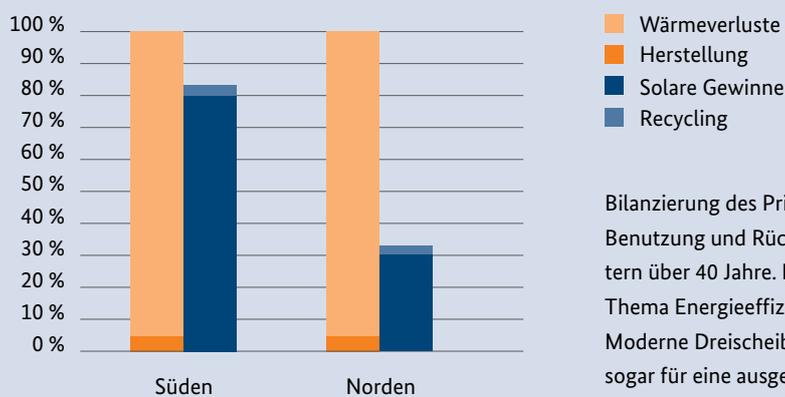
4.3 Fenster richtig einbauen – Solargeometrie und passiv Energie gewinnen

Transparente Flächen und ihre Anschlüsse sind trotz technologischer Fortschritte die thermisch schwächsten Stellen einer gut gedämmten Gebäudehülle. Ihr Wärmeverlust ist im Vergleich zu Wand- und Dachflächen etwa fünffach höher. Aber durch Verglasungen können nennenswerte solare Gewinne erzielt werden. Von diesem Effekt profitiert man vor allem bei Südfenstern. Während im Winter die tiefstehende Südsonne solare Wärmegewinne ermöglicht, wird die Einstrahlung durch die hochstehende Mittagssonne im Sommer minimiert. Demgegenüber weisen Ost- und Westfenster vor allem im Sommer unerwünschte solare Wärmegewinne auf.

Werden die transparenten Flächen hinsichtlich der Ausrichtung optimiert und eine angemessene Größe für den winterlichen und sommerlichen Wärmeschutz gewählt, so können die solaren Gewinne des Gebäudes

höher liegen als die Restwärme, die noch über eine Heizung zugeführt werden muss. So weisen Südfenster mit Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung und gedämmten Rahmen in der Heizsaison mehr solare Gewinne auf als Wärmeverluste. Häuser mit hocheffizienter Wärmedämmung können in Verbindung mit diesem Effekt weitgehend passiv beheizt werden. Im Hinblick auf die Tageslichtversorgung sollte der Anteil der Fensterfläche, bezogen auf das Innenmaß der Außenwand in Aufenthaltsräumen, über 40 Prozent liegen. Die Fensterbreite sollte mehr als 50 Prozent der Raumbreite betragen. Es ist zu empfehlen, auf den Fenstersturz zu verzichten, damit das Tageslicht tief in den Raum dringen kann.

Abbildung 28: Bilanzierung des Primärenergiebedarfes von Standardfenstern



Quelle: Baitz, Kreißig

Bilanzierung des Primärenergiebedarfs für Herstellung, Benutzung und Rückbau von verschiedenen Standardfenstern über 40 Jahre. Herstellung und Material spielen beim Thema Energieeffizienz nur eine untergeordnete Rolle. Moderne Dreischeibenverglasungen nach Süden könnten sogar für eine ausgeglichene Bilanz der Wärmegewinne sorgen und den blauen Balken über die 100-Prozent-Marke verschieben.

Fensterkonstruktion im Überblick

Fenster bestehen aus einem zu öffnenden verglasten Fensterflügel in einem festen Blendrahmen. Rahmenkonstruktionen können aus Holz, Holz-Aluminium, Kunststoff oder Metall erstellt werden. Die relevanten Kennwerte eines Fensters sind der U-Wert in Bezug auf die Wärmeverluste und der **Gesamtenergiedurchlassgrad** der Verglasungen in Bezug auf die Wärmegewinne.

Dabei bemisst sich der **U-Wert** des Fensters aus den Werten für die Verglasung und den Rahmen. Eine hochwertige Verglasung erreicht bessere U-Werte als der Rahmen. Gleichzeitig sind nur über die Verglasung Energiegewinne möglich. Daher sollte der Rahmenanteil so gering wie möglich sein. Dies wird erreicht durch schlanke Rahmenkonstruktionen und Verzicht auf Sprossen. Muss ein Fenster nicht für die Lüftung geöffnet werden, kann auch eine Festverglasung eingebaut werden. Dies ist in der Regel günstiger. Beachten Sie jedoch, dass das Fenster dann auch nicht zum Reinigen geöffnet werden kann. Für großflächige Verglasungen bieten sich Pfosten-Riegel-Konstruktionen oder Sonderlösungen an.

Neben bauphysikalischen Kennwerten ist vor allem die sorgfältige Planung und Ausführung der Fensteranschlüsse an die Wand entscheidend für die thermische Qualität der Gebäudehülle. Dabei muss auf einen luftdichten und wärmebrückenoptimierten Einbau der Fenster geachtet

! Tipp

Fenster – Planungsgrundsätze

- Besser wenige große als viele kleine Fenster
- Besser breite als hohe Fenster
- Gestaltung, Funktion und Solareintrag in Einklang bringen
- Ausrichtung der Fenster optimieren – Aufenthaltsräume möglichst von Süden besonnen
- Fenstergrößen hinsichtlich solarer Gewinne, Belichtung und sommerlichem Wärmeschutz optimieren
- Große Glasfläche, kleiner Rahmenanteil – günstig sind einflügelige Fenster mit 1,10 bis 1,25 Metern Breite .

werden. Auch der Sonnenschutz sollte bei der Planung frühzeitig berücksichtigt werden, da er das Erscheinungsbild des Gebäudes stark beeinflussen kann und nicht alle Lösungen nachträglich einfach zu realisieren sind.

✓ Checkliste

Technische Kennwerte hocheffizienter Fenster

Der Wärmedurchgangskoeffizient U_W des gesamten Fensters setzt sich aus den Teilwerten für Rahmen, Verglasung und den Wärmeverlusten über den Randverbund der Verglasung zusammen.

Fenster gesamt: $U_W = 0,75 - 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

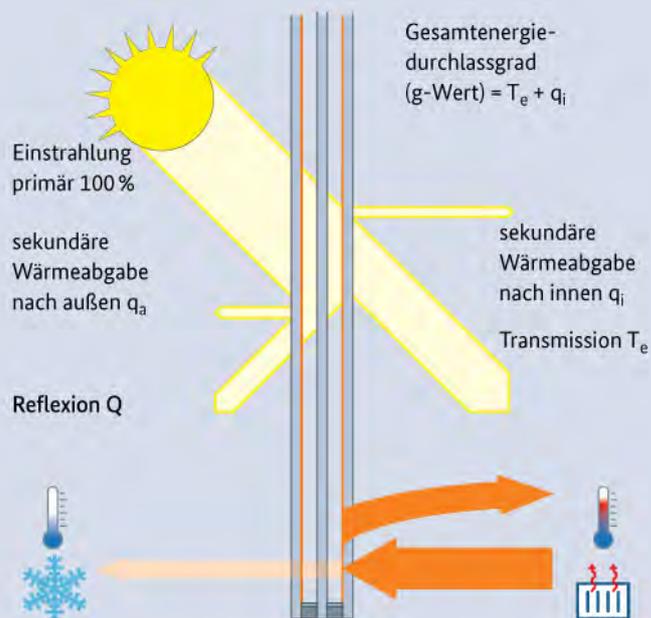
- Rahmen: $U_f = 0,65 - 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Verglasung: $U_g = 0,5 - 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Verluste Randverbund: $\psi_{\text{Glasrand}} = 0,03 - 0,035 \text{ W}/(\text{mK})$
- Gesamtenergiedurchlassgrad: $g = 0,45 - 0,60$

Verglasung

Der hohe Wärmeschutz von Verglasungen wird durch die Füllung der Glaszwischenräume mit Edelgasen wie Argon, Krypton oder Xenon erreicht und durch das Aufbringen von möglichst dünnen und homogenen Edelmetall- oder Halbleiter-Oxidschichten auf die Innenseiten der Scheiben ergänzt. Die Edelgase verhindern einen Wärmeverlust durch ihre geringe Wärmeleitfähigkeit, die Edelmetallschicht reflektiert Wärme in den Innenraum. Es können zwei, drei oder auch vier Scheiben verbunden werden. Wichtig ist ein absolut dichter Randverbund der Scheiben, der zudem eine möglichst geringe Wärmebrücke aufweist.

Abbildung 29: Schematische Darstellung von Wärmeströmen am Fenster

Schematische Darstellung von Wärmeströmen am Fenster. Bei hochwärmedämmenden Verglasungen reduzieren sich auch die Energiegewinne – dennoch ist die Bilanz deutlich besser. Die Verringerung der Tageslichttransmission bei einer hochwertigen Verglasung ist in der Regel nicht wahrnehmbar.



! Tipp

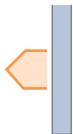
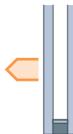
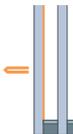
Bei der Sanierung

- Keine Fenstersanierung ohne energetische Verbesserung der Außenwand
- Südfenster durch geringere Brüstungshöhen vergrößern, zum Beispiel 60 Zentimeter in Verbindung mit einem Brüstungsstab.
- Es müssen nicht immer neue Fenster sein! Auch erhaltenswerte Fenster können durch eine innenseitig vorgesetzte Wärmeschutzverglasung energetisch verbessert und gleichzeitig das Erscheinungsbild der Fenster und der Fassade bewahrt werden.

Die thermische Qualität der Verglasung definiert sich über den Transmissionswärmeverlust, den **Gesamtenergiedurchlassgrad g** und den **Lichttransmissionsgrad T**.

Der g-Wert ist ausschlaggebend für solare Gewinne bei transparenten Flächen und setzt sich aus der Lichttransmission T und zum geringen Teil aus der Wärmeleitung nach innen zusammen. Die Strahlung wird im Innenraum beim Auftreffen von den jeweiligen Materialien absorbiert und in langwellige Wärmestrahlung verwandelt, die nicht mehr durch die Scheibe nach außen gelangt.

Abbildung 30: Kennwerte verschiedener Verglasungen

					
	Einfachglas	Isolierglas		Wärmeschutzglas	
Scheiben	1	2	2	3	3
WS-Folien	–	0	1	2	2
Füllung	–	Luft	Argon	Argon	Krypton
U_g-Wert	5,80	3,00–2,80	1,30–1,10	0,70–0,50	0,60–0,50
g-Wert	0,90–0,85	0,80–0,76	0,70–0,64	0,60–0,45	0,66–0,45
τ	0,90–0,88	0,82–0,80	0,79–0,70	0,66	0,66

Der Wärmeverlust einer Dreischeibenverglasung beträgt weniger als ein Zehntel einer Einfauchscheibe. Hinzukommen die solaren Gewinne, die insbesondere auf der Südseite in der Jahresbilanz höher liegen als die Verluste.

Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt

Rahmenmaterial im Vergleich

Abbildung 31: Holzfenster

Regelmäßig gewartet sind Holzfenster sehr langlebig. Bei den notwendigen Anstrichen sollte man auf biozidfreie, lösemittelarme Produkte achten. Alternativ bietet thermisch behandeltes Holz sehr guten Witterungsschutz. Luft einschlüsse oder eingearbeitete Dämmprofile im Rahmenprofil können die Effizienz des Fensters zusätzlich verbessern.

Quelle: Unilux GmbH



Abbildung 32: Holz-Aluminiumfenster

Der Schwachpunkt der direkten Bewitterung wird bei Holz-Aluminiumfenstern durch einen außen aufgetragenen Schutz reduziert. Außenseitig wird das Fenster damit wartungsarm, innenseitig bleibt die gewünschte Holzoptik erhalten. Auch hier kann eine zwischen Aluminiumschale und Holzrahmen eingefügte hocheffiziente Dämmschicht die energetische Qualität des Rahmens noch verbessern. Durch den Einsatz von Aluminium ist der Energiebedarf für die Herstellung des Fensters relativ hoch. Die höhere Qualität führt zu circa 30 Prozent Mehrkosten bei der Investition im Vergleich zu einem Holzfenster.

Quelle: Unilux GmbH



Abbildung 33: Kunststofffenster

Kunststofffenster werden aus Strangpressprofilen hergestellt. Für die Statik sorgen Stahlprofile oder zunehmend faserbewehrter Kunststoff. Der Wärmeschutz wird durch Hohlkammern erzielt, die gegebenenfalls mit Dämmprofilen versehen sind. Dadurch können Profile mit sehr günstigem U-Wert preiswert hergestellt werden. Recyclingsysteme mit vollständiger Wiederverwertung von Rest- und Abfallmaterial sind seit Jahren in Betrieb. Kunststofffenster haben den Vorteil, dass sie weitestgehend wartungsfrei sind.

Quelle: Unilux GmbH



Abbildung 34: Aluminiumfenster

Metallfenster werden in den letzten Jahren vor allem aus Aluminium hergestellt, zeichnen sie sich durch eine hohe Haltbarkeit und einen hohen Gebrauchswert aus. Lange verhielt sich allerdings der Wärmeschutz eher ungünstig. Erst in letzter Zeit sind Metallfenster mit Passivhaus-Qualität verfügbar. Entscheidend ist die Qualität der thermischen Trennung. Die Materialeigenschaften erlauben sehr dünne Profile. Aufgrund der hohen Stabilität lassen sich insbesondere sehr große Fensterformate wirtschaftlich mit Metallfenstern realisieren.

Quelle: Kneer GmbH



Optimierung der Einbausituation

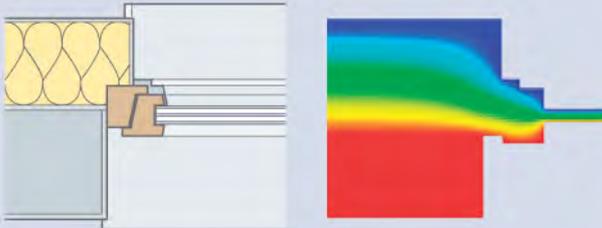
Abbildung 35: Einbausituation Holzfenster



Einbausituation eines Holzfensters in eine Holzrahmenkonstruktion. Um die Wärmebrückenwirkung des Blendrahmens zu verringern, wird er außen mit einem Dämmstreifen überdeckt.

Quelle: sol-id-ar Planungswerkstatt, Schulze Darup, Holger Barske

Abbildung 36: Einbausituation Holz- Aluminiumfenster



Einbau eines Holz-Aluminium-Fensters bei der Modernisierung mit Wärmedämmverbundsystem. Da der Fensterrahmen nicht zu tief in der Laibung sitzt, wird eine gute Besonnung ermöglicht. Zudem wird der Fensterrahmen wärmebrückenoptimiert von der Dämmung umfasst.

Quelle: sol-id-ar Planungswerkstatt, Schulze Darup, Holger Barske

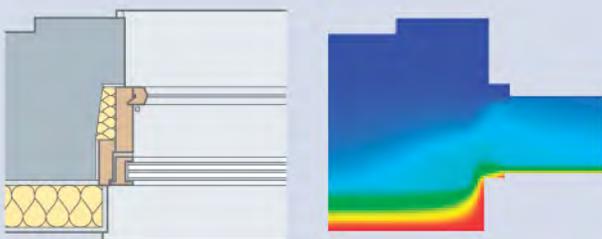
Abbildung 37: Einbausituation Kunststofffenster



Wird beim Einbau eines Kunststofffensters in eine Massivbauwand mit Wärmedämmverbundsystem der Rahmen deutlich überdämmt, minimiert sich die Wärmebrücke.

Quelle: sol-id-ar Planungswerkstatt, Schulze Darup, Holger Barske

Abbildung 38: Einbausituation Holz-Kasten-Fenster



Moderne Kastenfenster haben zwei Funktionsebenen: innen-seitig eine thermisch hochwertige Verglasung, außenseitig ein beliebig gestaltbares Außenfenster ohne besondere thermische Anforderungen. Aufgrund seiner Einscheibenverglasung kann es mit sehr schlanken Profilen erstellt werden. Bei Ausführung des Innenfensters mit Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung können hervorragende U-Werte $\leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ für die Fenster erreicht werden. Kastenfenster eignen sich vor allem für den Einsatz bei denkmalgeschützten Gebäuden.

Quelle: sol-id-ar Planungswerkstatt, Schulze Darup, Holger Barske

Fenster sollen luftdicht und möglichst ohne **Wärmebrücken** eingebaut werden. Günstig ist es, wenn die Wärmedämmung der Wand den Blendrahmen des Fensters möglichst weitgehend überdeckt. Welche Ausführung am sinnvollsten ist, hängt von der Wandkonstruktion ab. Die **Luftdichtheit** erfordert eine sichere Verklebung der Fensterrahmen an die Wandkonstruktion. Ein geeigneter Untergrund ist wichtige Voraussetzung. Sinnvoll ist die mechanische Befestigung der Klebänder, zum Beispiel durch Einputzen mit dem Innenputz. Um einen möglichst hohen solaren Ertrag zu erzielen, sollten die Fenster einen möglichst geringen Einstand in die Wandkonstruktion aufweisen. Dadurch wird die Verschattung durch Laibungen und Sturz niedrig gehalten. Das ist besonders wichtig bei der Sanierung. Ideal ist es, wenn das Fenster um das Maß der Dämmung nach außen gerückt wird. Dadurch entsprechen die Laibungstiefen nach der Sanierung der Bestandsoptik.

Der Horizontalschnitt durch die Laibung zeigt wärmebrückenoptimierte Fensternanschlüsse an die Außenwand für unterschiedliche Konstruktionen in Neubau und Bestand.

Solare Gewinne und Verschattung

Bei der Planung von Fenstern gilt es, das Verhältnis von solarem Energieeintrag und sommerlichem Wärmeschutz zu optimieren. Richtig dimensionierte Fenster mit einem wirksamen Sonnenschutz optimieren solare Wärmegewinne im Winter und verhindern gleichzeitig die Raumüberhitzung im Sommer. Hinsichtlich des solaren Eintrages sind Fensterflächen mit 20 bis 60 Prozent der südlichen Fassadenfläche günstig. Schwere und damit speicherfähige Innenbauteile wie Wände, Böden und Decken können Wärme durch solare Einstrahlung im Winter speichern. Je größer die Glasflächen, desto genauer muss auf die Überhitzung durch Sonneneinstrahlung im Sommer geachtet werden.

Für die Verschattung gibt es viele unterschiedliche Lösungen. Grundsätzlich kann eine Verschattung außen, innen oder zwischen den Scheiben liegen. Gleichzeitig kann die Verschattungslösung weitere Funktionen,



Fallarm-Markise außen



Außen liegende „Tageslichtlamelle“ mit geteiltem Behang

wie Blend-, Sicht- und Einbruchschutz oder der Verdunklung, übernehmen. Zur Vermeidung sommerlicher Wärmeeinträge durch die Fenster eignen sich außen liegende Verschattungssysteme am besten. Außen liegender Sonnenschutz muss eine ausreichende Windstabilität aufweisen. Bei begrenzter Windstabilität sollten sogenannte Windwächter angebracht werden, die bei Überschreitung der zulässigen Windgeschwindigkeiten den Sonnenschutz automatisch einfahren, um Beschädigungen zu vermeiden.

Feste Verschattungen wie Überstände, Balkone oder andere konstruktive Elemente haben den Nachteil, dass sie im Winter die Tageslichtverfügbarkeit und teilweise den solaren Eintrag reduzieren können und im Sommer nicht auf den Sonnenstand anpassbar sind. Bewegliche Systeme wie Markisen und Lamellen erlauben dagegen eine bedarfsgerechte Verschattung.

Beim Einbau von Sonnenschutzsystemen in die Wandkonstruktion entstehen oft **Wärmebrücken**, die aufgrund der Platzproblematik durch hocheffiziente Dämmstoffe bis hin zur **Vakuumdämmung** reduziert werden können.

Schiebe- oder Klapppläden sind in vielfältigen Ausführungen erhältlich. Neben geschlossenen Flächen sind auch perforierte und sogar mit Solarzellen versehene Läden verfügbar. Zum vollständigen Öffnen benötigen Sie jedoch eine ausreichende Fläche neben dem Fenster.

Markisen bieten auch bei vollständiger Verschattung eine gute Sichtbeziehung nach außen. Sie sind vergleichsweise kostengünstig und komfortabel mit einem motorischen Antrieb auszurüsten.

Rollläden bieten neben Sonnenschutz auch die Möglichkeit der Verdunkelung. Sie stellen auch einen zusätzlichen Einbruchschutz dar. Bei geschlossenen Rollläden am Tag ist jedoch weder Durchsicht noch Tageslichtnutzung möglich.

Lamellensysteme ermöglichen auch bei Verschattung einen guten Durchblick nach außen. Durch die Verstellbarkeit des Neigungswinkels kann die direkte Sonnenstrahlung gezielt reflektiert werden, während diffuses Licht für die Tageslichtnutzung zur Verfügung steht. Konsequentermaßen sind diese Funktionsüberlagerungen bei einem geteilten Behang ausgeprägt (siehe rechtes Bild).

Zwischen den Scheiben liegende Verschattungssysteme stellen eine gute Lösung für Verbund- und Kastenfenster dar. Innenseitig muss durch eine Isolierverglasung ein ausreichender Wärmeschutz zum Raum gewährleistet und das System für Wartungsarbeiten zugänglich sein.

Sonnenschutzgläser sind dann eine Option, wenn ungewöhnliche Fenstergeometrien oder schwer erreichbare Stellen mit einem Sonnenschutz versehen werden müssen. Durch die Beschichtung (Coating) können solche Gläser jedoch nicht farbneutral produziert werden.

Innenverschattung wirkt deutlich schlechter, weil die Solarstrahlung beim Auftreffen auf Stores, Rollos, Lamellen, Schiebeelemente oder



Tipp

Der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2 soll sicherstellen, dass in Gebäuden keine zu hohen Temperaturen auftreten. Im Nachweis werden in der Berechnung süd- oder westorientierte Räume mit größeren Fensterflächen oder Eckräume gewählt.



Blendschutzelement innen

Vorhänge größtenteils absorbiert wird und es zur Raumaufheizung kommt. Ihre Wirkung ist in erster Linie die Vermeidung der direkten Einstrahlung. Allerdings sind sie auch nachträglich einfach anzubringen und vergleichsweise kostengünstig.

Bei der Wahl des Sonnenschutzes sollten Sie auch berücksichtigen, welche zusätzlichen Anforderungen das Verschattungssystem übernehmen kann. Ideal sind individuell anpassbare Kombinationen aus Sonnenschutz, Blendschutz, Sichtschutz und Durchsicht nach draußen, wie zum Beispiel bei der „Tageslichtlamelle“. Nicht zuletzt spielen Ästhetik und Erscheinungsbild eine Rolle bei Ihrer Entscheidung, schließlich ist der Sonnenschutz – in Aktion – auch ein entscheidendes gestalterisches Merkmal von Gebäuden.

Tabelle 5: Wirksamkeit und Merkmale verschiedener Verschattungslösungen im Vergleich

Eignung und Qualitäten unterschiedlicher Sonnen- und Blendschutzvorrichtungen		Regulierbarkeit	Sonnenschutzwirkung	Blendschutzwirkung	Durchsicht nach außen	Sichtschutz nach innen	zusätzl. Wärmeschutz	zusätzl. Einbruchschutz	zusätzl. Insektenschutz	Reinigungs- und Wartungsfreundlichkeit	Windstabilität	Wirtschaftlichkeit/Kosten
außen liegend	Verschattung durch das Umfeld, zum Beispiel Bepflanzung, Nachbarbebauung	-	●	○	-	-	-	-	-	-	-	-
	Konstruktiver Sonnenschutz, zum Beispiel Balkon, Dachüberstand	-	●	○	●	-	-	-	-	●	●	○
	Rollladen (vorgebaut/integriert)	●	●	●	-	●	●	●	●	●	●	●
	Klapp- oder Schiebeläden	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●
	Vertikaljalousie	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Markise: Fallarm/Gelenkarm	●	●	●	●	●	-	-	-	●	●	●
	Horizontallamelle beweglich	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
zwischen	Horizontallamelle beweglich	●	●	●	●	●	●	○	-	●	-	●
	Rollo	●	●	●	●	●	●	○	-	●	-	●
innen	Lamelle beweglich (vertikal/horizontal)	●	●	●	●	●	○	-	○	●	-	●
	Vorhang, Rollo, Plissee, Panel	●	●	●	●	●	○	-	○	●	-	●
	Sonnenschutzfolie	●	●	●	○	●	○	-	-	●	-	●

● hoch · sehr gut · geeignet ○ niedrig · gering · ungeeignet
 ● mittel · bedingt · teilweise - nicht zutreffend · nicht anwendbar

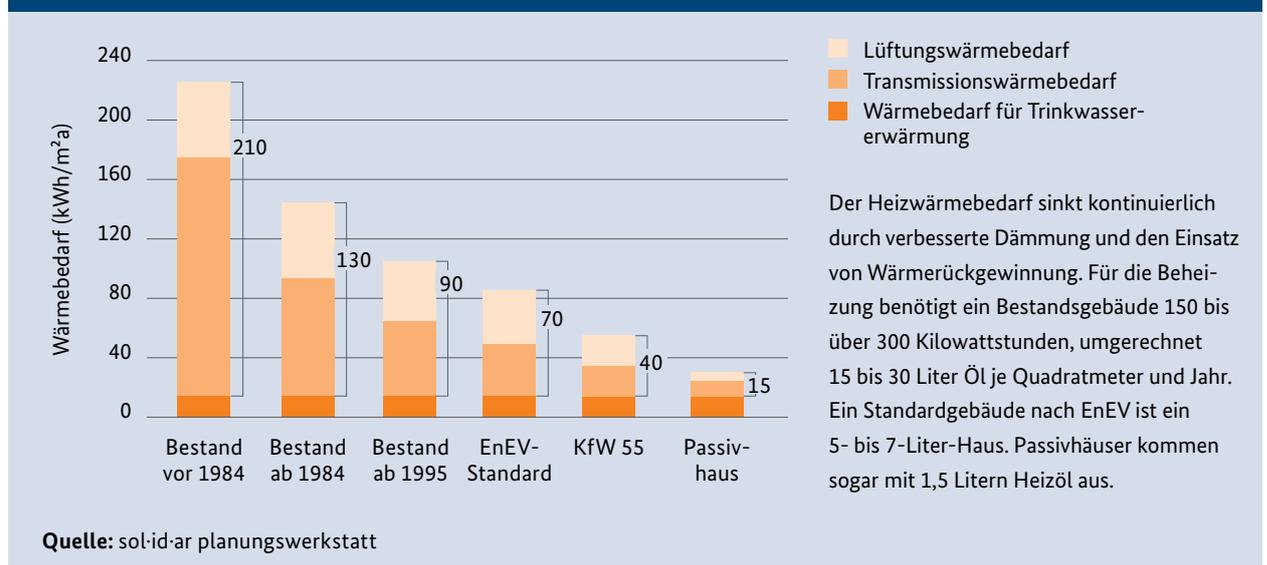
Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt

5 Heizen und passiv kühlen

Auch hocheffiziente Gebäude können Wärmeverluste über Gebäudehülle und Lüftung in der Regel nicht allein durch solare und interne Wärmegewinne ausgleichen. Um eine komfortable Raumtemperatur zu erzielen, wird deshalb Energie für die Beheizung benötigt.

Das Heizsystem muss dem Gebäude und den individuellen Anforderungen angepasst werden. Dazu gehören Technik- und Komfortaspekte, die Wirtschaftlichkeit des Systems sowie die Verfügbarkeit des Energieträgers und der Vergleich von Primärenergiebilanz und CO₂-Emission.

Abbildung 39: Darstellung des Heizwärmebedarfs bei verschiedenen Bauformen



Bei der Planung ist die sinnvolle Kombination von Energieträger, Heizungsanlage und Wärmeübergabe in den Raum zu beachten. Entscheidend ist dabei das Temperaturniveau. Hohe Vorlauftemperaturen, wie sie durch Verbrennungsprozesse bereitgestellt werden, eignen sich für übliche Heizkörper. Niedrige Vorlauftemperaturen lassen sich durch Wärmepumpen wirtschaftlich erzeugen und eignen sich vor allem in Kombination mit Flächenheizungen. Durch die große Speichermasse von Fußboden oder Wand reagieren sie eher träge.

Trinkwassererwärmung ist integraler Bestandteil moderner Heizanlagenkonzepte. Es geht einerseits darum, warmes Wasser mit hohem Komfort unter Beachtung von Hygieneaspekten bereitzustellen, zugleich aber auch hocheffiziente Lösungen bei Speichertechnologien und im Verteilnetz sicherzustellen.



Checkliste

Heizung – Wirtschaftlichkeitsaspekte prüfen

- Welche Energieträger sind am Standort langfristig und kostengünstig verfügbar?
- Wo soll die Heizungsanlage stehen (Keller, Dach, Küche, Wirtschaftsraum)? Raumprogramm sowie Notwendigkeit und Art des Schornsteins sind zu prüfen.
- Welche Flächen sind zur Lagerung oder Speicherung von Energieträgern notwendig?

Tabelle 6: Einsparmöglichkeiten durch unterschiedliche Maßnahmen

Maßnahme	Einsparung	
	Invest	Betrieb
Heizung innerhalb der thermischen Hülle	–	●
Kompakter Heizraum, zum Beispiel im Abstellbereich	●	○
Bei Kesseln: einfache Abgasführung, zum Beispiel Dachheizzentrale	●	○
Wahl eines hocheffizienten Heizsystems	–	●
– mit geringem Wartungsaufwand	–	●
– mit kostengünstigen Ersatzkomponenten	–	●
Speicher mit minimierten Wärmeverlusten	–	●
Kurzes Verteilsystem für die Heizanlage	◐	◐
Sanitärräume an einem Strang, kurze Verteilleitungen für Warmwasser	◐	◐
Kein Zirkulationssystem für Warmwasser	◐	◐
Besonders gute Wärmedämmung des Verteilsystems (doppelter EnEV-Standard)	–	◐
Heizflächen mit niedrigen Vorlauftemperaturen	–	●
Wärmeübergabe gut regelbar	–	◐

● hoch ◐ mittel ○ niedrig – nicht relevant

Quelle: schulze darup & partner architekten



5.1 Energieträger im Überblick

Die Entscheidung für einen Energieträger steht in engem Zusammenhang mit dem gewählten Heizsystem und ist gegebenenfalls sogar untrennbar mit diesem verbunden. Es gilt, die langfristige Verfügbarkeit und die Kosten, aber auch die ökologischen Auswirkungen eines Energieträgers bei der Wahl zu berücksichtigen. Man unterscheidet zwischen erneuerbaren und nicht erneuerbaren Energieträgern. Das Heizen mit Öl und Gas ist in Deutschland noch weitverbreitet. Vor dem Hintergrund der Energiewende werden sich jedoch in den nächsten Jahren die Entscheidungsgrundlagen für Heizsysteme deutlich ändern. Soll der Gebäudebestand bis 2050 weitestgehend klimaneutral sein, muss neben hoher Effizienz die Versorgung vollständig durch erneuerbare Energien erfolgen. Ein wesentlicher Teil der regenerativen Energiegewinnung muss innerhalb der Siedlungsstrukturen erfolgen, um eine Ausgewogenheit zwischen Baukultur und Landschaftsschutz zu erreichen. Integrale Planung muss also ein hohes Maß an erneuerbaren Systemen innerhalb der Gebäude mit hoher gestalterischer Qualität einbeziehen. Regenerative Wärmeenergiegewinnung erfolgt bei Gebäuden am sinnvollsten durch Solarthermie, Biomassennutzung, Nutzung von Umweltwärme und Wärmerückgewinnung.

Gas und Öl

Gas und Öl sind fossile Energieträger mit hoher Energiedichte. Bei der Investitionsentscheidung muss bedacht werden, dass die Verfügbarkeit in den nächsten 20 bis 30 Jahren deutlich abnehmen wird. Baugebiete mit hocheffizienten Gebäuden werden oft schon heute von Energieversorgern nicht mehr mit Gasnetzen versehen, weil die geringe Energieabnahme keinen wirtschaftlichen Betrieb mehr ermöglicht.

Solarenergie

Solarenergie steht je nach Jahreszeit in unterschiedlichem Maß zur Verfügung und eignet sich vor allem zur Trinkwassererwärmung. Solare Heizungsunterstützung erzielt bei hocheffizienten Gebäuden nur geringe Effekte, weil gerade in den Heizmonaten November bis Februar die solaren Erträge dafür nicht ausreichen.

Erd- und Umweltwärme

Erdwärme steht unmittelbar unter der Erdoberfläche bis hin zu großen Tiefen zur Verfügung. Im Wohnungsbau wird zumeist die oberflächennahe Wärme von Grundwasser, Erdreich oder Umweltwärme aus der Umgebungsluft genutzt.



Gas: Effizient aber endlich



Photovoltaik lässt sich in Dach und Fassade integrieren

Biomasse

Biomasse ist ein Sammelbegriff für Energieträger mit hoher Energiedichte, die über Photosynthese vor allem im Sommerhalbjahr gebildet werden. Biomasse kann gut für die zeitversetzte Nutzung, zum Beispiel im Winter, gespeichert werden. Wegen der begrenzten Verfügbarkeit muss die Nutzung für Heizzwecke sorgfältig überdacht werden. Sinnvoll ist der direkte Einsatz in ländlichen Gebieten und für Kraft-Wärme-Kopplung in städtischen Nah- und Fernwärmenetzen. Das individuelle Heizen mit Festbrennstoffen in Metropolen sollte aus Emissionsschutzgründen vermieden werden.

Wärmerückgewinnung

Ist eine sinnvolle Option in der Gebäudetechnik. Voraussetzung sind nutzbare Wärmequellen, zum Beispiel Abwärme aus Prozessen benachbarter Gebäude oder Betriebe. Auch in jedem Haushalt fällt Abwärme an, unter anderem aus Abwasser, Bad- und Küchentechnik. Bei hocheffizienten Gebäuden ist die Wärmerückgewinnung bei Lüftungsanlagen Standard.

Strom

Trotz der sehr günstigen Investitionskosten sollten Gebäude nicht direkt elektrisch beheizt werden. In Wärmepumpen wird Strom dagegen sehr effizient eingesetzt, um das Potenzial der Umgebungswärme zum Heizen zu nutzen. Wenn während der Heizmonate ein sorgsamer Umgang mit Strom erfolgt, wird die Energiewende deutlich vereinfacht und der Strompreis in einem verträglichen Rahmen gehalten.

Abbildung 40: Primärenergiefaktoren unterschiedlicher Energieträger

	Energieträger	Primärfaktor, nicht erneuerbarer Anteil	
Brennstoffe	Heizöl EL/ Erdgas		1,1
	Holz		0,2
Nah-/ Fernwärme aus KWK	fossiler Brennstoff		0,7
	erneuerbarer Brennstoff		0,0
Nah-/ Fernwärme aus Heizwerken	fossiler Brennstoff		1,3
	erneuerbarer Brennstoff		0,1
Strom	Strom-Mix Deutschland bis 2016		2,4
	Strom-Mix Deutschland ab 2016		1,8
Biogene Brennstoffe	Biogas, Bioöl		0,5
Umweltenergie	Solarenergie, Umgebungswärme		0,0

Quelle: Energieeinsparverordnung 2014

5.2 Wärmeerzeuger im Überblick

Auf dem Markt ist eine Vielzahl unterschiedlicher Wärmeerzeuger verfügbar. Für jedes Gebäude und vor allem für jeden Nutzer ist individuell die passende Lösung zu finden. Neben dem Energieträger und den daraus resultierenden **Primärenergiefaktoren** geht es dabei um Komfort, Kosten und Effizienz von Anlage und Betrieb, Langlebigkeit und Zukunftsfähigkeit des Systems.

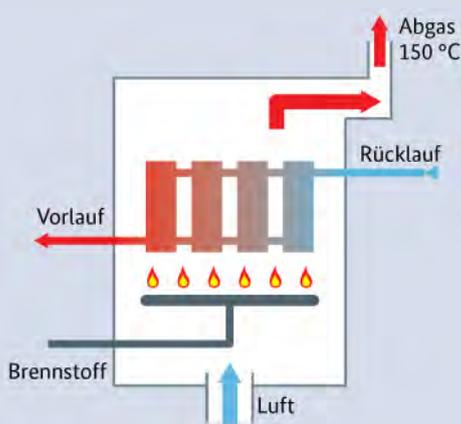
Niedertemperatur- und Brennwerttechnik

Der Nutzungsgrad von alten Gasgeräten liegt bei 75 bis 85 Prozent, bei Niedrigtemperaturkesseln um 95 Prozent des Heizwertes des eingesetzten Brennstoffs. Brennwertkessel erreichen einen Nutzungsgrad von 105 bis 109 Prozent durch Nutzung der im Abgas enthaltenen Kondensationswärme. Die Vergleichswerte für Ölkessel liegen für Altgeräte bei 70 bis 85 Prozent, bei Öl-Blaubrennern bei etwa 95 Prozent und bei Brennwertkesseln bei 100 bis 102 Prozent.

Es ist also in höchstem Grade lohnend, Altgeräte gegen neue auszutauschen. Dies wird vom Gesetzgeber auch eingefordert. In Verbindung mit verbesserter Regelung, Verbesserung der Rohrdämmung im Keller und einem hydraulischen Abgleich des Verteilsystems können 20 bis 30 Prozent Energie eingespart werden.

Hocheffiziente Einfamilienhäuser haben einen Leistungsbedarf von lediglich etwa 1,5 Kilowatt. Die verfügbaren Kessel sind aber deutlich höher ausgelegt. Aggregate mit eher niedrigen Leistungen sind meist gedrosselte Standardgeräte, die geringfügig kostengünstiger sind.

Abbildung 41: Schema Niedertemperaturkessel



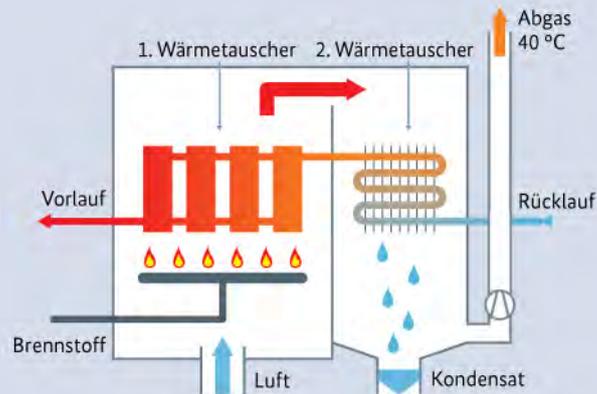
Schema Niedertemperaturkessel (praktisch nicht mehr relevant): Ein nicht unerheblicher Anteil der Energie geht über die Abgase verloren.

Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt



Abbildung 42: Schema Brennwertkessel

Schema: Brennwertkessel (heutiges Standardgerät). Die im Abgas enthaltene Energie wird zusätzlich genutzt, so dass die Geräte hohe Wirkungsgrade erzielen.



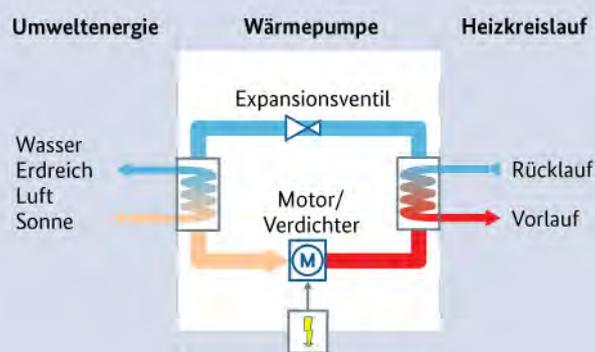
Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt

Wärmepumpen

Mit Wärmepumpensystemen werden niedrige Temperaturniveaus in der Umwelt für die Nutzung im Gebäude erschlossen. Als Wärmequellen dienen Außenluft, Erdreich, Grundwasser, Solarabsorber oder Prozessabwärme. Pro eingesetzter Kilowattstunde für den Antrieb der Wärmepumpe sollten drei bis über vier Kilowattstunden Wärme für die Heizung bereitgestellt werden, das heißt, die sogenannte Arbeitszahl sollte mindestens drei, zur Einhaltung des EEWärmeG möglichst größer als vier sein. Dabei gilt: Je geringer die zu überwindende Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und erforderlichem Temperaturniveau für die Heizung ist, desto effektiver arbeitet die Wärmepumpe.

Abbildung 43: Funktionsprinzip einer Wärmepumpe

Funktionsprinzip einer Wärmepumpe: Das vergleichsweise niedrige Temperaturniveau der Wärmequelle wird durch einen Verdichtungsprozess bis auf die erforderliche Vorlauftemperatur des Heizsystems angehoben. Dazu muss Energie in Form von Strom oder – seltener – auch Gas aufgewendet werden.



Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt

Gut gedämmte Gebäude können über Flächenheizungen sehr wirtschaftlich ab etwa 26 Grad Celsius Vorlauftemperatur geheizt werden. Dagegen führt die Warmwasserbereitstellung mit Wärmepumpen zu ungünstigeren Arbeitszahlen, weil eine deutlich höhere Wassertemperatur erforderlich ist.

Grundwasser und Erdreich sind als Wärmequelle sehr gut geeignet, da das ganze Jahr über ein annähernd gleichbleibendes Temperaturniveau zur Verfügung steht. Wärme wird mittels eines Leitungssystems entzogen und auf ein wasserbasiertes Heizsystem übertragen. Mit günstigen Arbeitszahlen des Systems von 3,5 bis über vier wird der eingesetzte Strom für den Betrieb der Wärmepumpe sehr effizient genutzt.

Um dauerhafte Temperaturveränderungen des Erdreichs zu vermeiden, sind ein saisonal ausgewogener Betrieb und ausreichend unversiegelte Flächen erforderlich – so kann der Wärmeentzug im Winter durch solare Einstrahlung im Sommer, aber auch die Versickerung von Niederschlägen wieder ausgeglichen werden. Auch ein reversibler Betrieb – also die Nutzung zur Kühlung im Sommer – kann die Temperatur wieder auf ein ausreichend hohes Niveau anheben.

Der Vorteil von Luft-Wärmepumpen sind die geringen Investitionskosten. Über einen außen liegenden Wärmetauscher kann der Primärkreis kostengünstig erstellt werden. Der Nachteil liegt im niedrigeren Wirkungsgrad bei tiefen Außentemperaturen, so dass die Arbeitszahlen bei 2,8 bis 3,8 liegen.

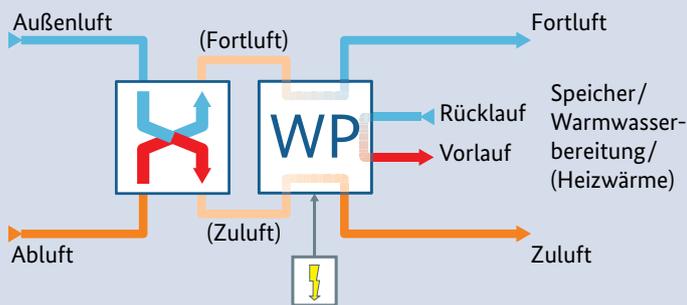


Tip

Grundwasser testen

Nutzbare Menge und Inhaltsstoffe des Grundwassers müssen vorab ermittelt werden. Richtwerte für problematische Inhaltsstoffe, die Betrieb und Funktionsfähigkeit der Anlagen beeinträchtigen können, sind herstellerspezifisch zu erfragen.

Abbildung 44: Wärmepumpen-Kompaktaggregat



Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt

Wärmepumpen-Kompaktaggregat: Bei Passivhäusern kann das Lüftungszentralgerät mit einer kleinen Wärmepumpe und optional einem Speicher in einem Kompaktgerät kombiniert werden. Die Wärmepumpe nutzt die Abwärme der Fortluft als Wärmequelle. Geheizt wird über die Zuluft. Das Konzept ermöglicht sehr günstige Investitionskosten, die Arbeitszahl liegt bei 2,5 bis 3,0.

Festbrennstoff-Öfen

Der Einsatz von Biomasse aus nachwachsenden regionalen Rohstoffen ist schon heute eine wichtige erneuerbare Energiequelle für die Heizung. Das Brennmaterial kann als Stückholz, aber auch in Form von Pellets oder Holzhackschnitzeln verbrannt werden. Langfristig wird Biomasse für die Heizung jedoch nur noch begrenzt zur Verfügung stehen. Festbrennstofföfen können zum Beispiel als Kaminöfen, Kachelöfen oder als Kessel konfiguriert werden. Sie bestehen aus einer Brennkammer und einem Wärmetauscher zur Weiterleitung der Energie direkt in den Raum oder in ein Heizsystem. Der Brennprozess sollte gleichmäßig mit vollständiger Verbrennung verlaufen und eine Nachverbrennungszone mit möglichst hohen Temperaturen von 600 bis 800 Grad Celsius beinhalten, um einen guten Wirkungsgrad sowie eine geringe Abgasbelastung zu erhalten. In der Anheizphase liegen die Emissionen extrem hoch und übertreffen

oftmals die Abgasmengen während des gesamten sonstigen Betriebs. Deshalb ist es empfehlenswert, Systeme mit Pufferspeichern zu wählen, die Wärme für mehrere Tage speichern können. Eine Ergänzung mit einer solarthermischen Anlage ist günstig. Abstimmungen über die Abgasführung und den gefahrlosen gleichzeitigen Betrieb mit Lüftungsanlagen müssen vor allem bei Kamin oder Kachelöfen mit dem Schornsteinfeger abgestimmt werden.

Stückholzkessel gibt es für unterschiedliche Holzformate, erfordern aber hohen Aufwand bei der Betreuung. Dagegen können Pelletkessel mit automatischer Befeuerung betrieben werden und weisen zudem sehr günstige Werte hinsichtlich des Emissionsverhaltens auf. Eine Hackschnitzelheizung ist nur für größere Anlagen empfehlenswert, zum Beispiel in Verbindung mit Nahwärmesystemen. In Städten ist es nicht sinnvoll, Heizanlagen oder Einzelöfen mit Festbrennstoffen zu betreiben. Aufgrund der hohen Bebauungsdichte sind bei einem flächendeckenden Einsatz auch bei guten Öfen insgesamt erhöhte Emissionen zu erwarten.

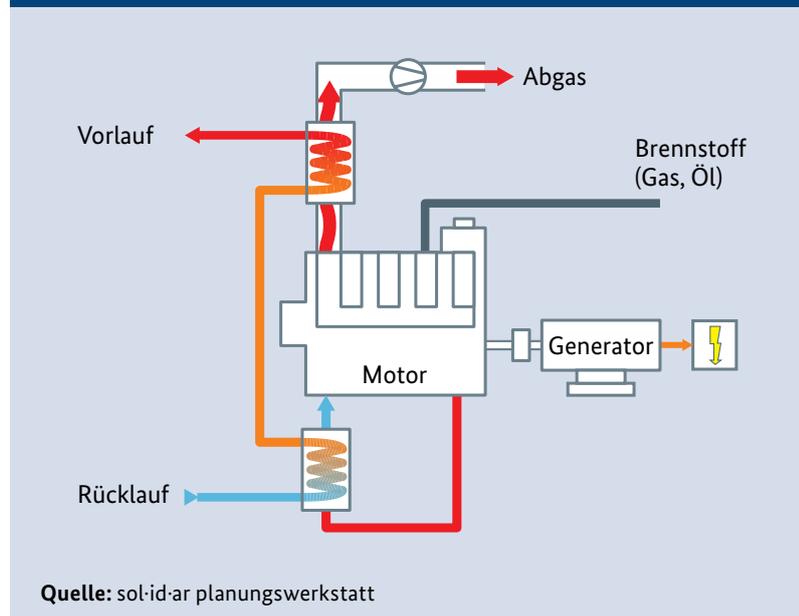


Röhrenkollektor: Solarthermie für Trinkwassererwärmung

Blockheizkraftwerk (BHKW) und Nahwärme

Mit einem BHKW werden gleichzeitig Strom und Wärme erzeugt. Ein Gas- oder Dieselmotor betreibt einen Generator und erzeugt im Vergleich zum eingesetzten Brennstoff etwa 25 Prozent Strom und 60 Prozent Wärme bei Verlusten um 15 Prozent. Mikro-BHKWs haben ein Kilowatt elektrische und 2,5 Kilowatt thermische Leistung. Neben den hohen Investitionskosten sind die Wartungskosten zu beachten. Wirtschaftlich werden BHKW mit hohen jährlichen Betriebszeiten. Ein BHKW kann insbesondere bei verdichtetem Bauen im Geschosswohnungsbau sinnvoll sein, wo Nahwärmesysteme auch bei zukünftig geringerer Wärmedichte wirtschaftlich betrieben werden können. Ein hoch effizientes Einfamilienhaus durch ein BHKW zu versorgen, ist im Allgemeinen nicht wirtschaftlich.

Abbildung 45: Schema Blockheizkraftwerk



Solarthermie

Solarthermie bewährt sich seit über einem Vierteljahrhundert bei Neubau und Sanierung. Von Flach- oder Röhrenkollektoren wird Solarwärme aufgenommen und über einen Zirkulationskreislauf in einen Warmwasser- oder Pufferspeicher transportiert. Die Warmwasserbereitstellung kann je nach Auslegung der Anlage zu 40 bis über 75 Prozent des Jahresheizenergiebedarfs beziehungsweise zu 100 Prozent im Sommer solar gedeckt werden. Das eigentliche Heizsystem ist so nur im Winter aktiv und wird damit besonders wirtschaftlich betrieben. Solare Heizungsunterstützung erfordert eine deutlich größere Auslegung der solarthermischen Anlage. Dadurch sinkt die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme.

5.3 Trinkwassererwärmung

Der Energieverbrauch für die Trinkwassererwärmung ist deutlich stärker vom individuellen Nutzerverhalten abhängig als für die Beheizung. Für den Energiebedarf der Trinkwassererwärmung werden nach EnEV rechnerisch 12,5 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr angesetzt. In den meisten Fällen liegt der reale Verbrauch jedoch höher.

In der Regel wird die Trinkwassererwärmung zentral über den Wärmeerzeuger vorgenommen. Kessel können das erforderliche Temperaturniveau mit hohem Komfort bereitstellen. Wärmepumpen erfordern eine gute Auslegung, um bei der Trinkwassererwärmung wirtschaftlich zu sein.

Verbrauchsstellen im Gebäude, die nur einen geringen Energiebedarf aufweisen und weit von der Zentralheizung entfernt liegen, können auch direkt elektrisch betrieben werden, zum Beispiel durch Untertischboiler oder Durchlauferhitzer in einer gering genutzten Küche oder dem Gäste-WC.

Aus ökologischen und ökonomischen Aspekten empfehlenswert ist die Unterstützung durch Solarthermie. Eine Beispielrechnung dazu wird für verschiedene Heizsysteme in der Tabelle 7 dargestellt.



Checkliste

Energiebedarf für die Trinkwassererwärmung gezielt beeinflussen

- Reduktion der Verteilverluste durch effiziente Leitungsführung und Dämmung der Steigstränge und Verteilleitungen
- Besonders enge Anbindung zwischen Warmwasserspeicher und den Hauptverbrauchsstellen, wie Waschbecken und Dusche im Bad
- Warme Leitungen innerhalb der beheizten Gebäudehülle führen
- Verzicht auf Zirkulation (Alternative: keine Zeitschaltuhr, sondern Anforderungstaster in Bad und Küche, damit die Zirkulationspumpe nur bei Bedarf für einen definierten Zeitraum betrieben wird)
- Warmwasseranschlüsse für Spülmaschine und Waschmaschine (auf geeignete Geräte achten)
- Reduzierung von Durchflussmengen an den Zapfstellen
- Einhebel-Spararmaturen, die in der Standard-Mittelstellung kein Warmwasser ziehen.

Tabelle 7: Einsparmöglichkeiten durch Solaranlage für eine Anlage mit Brauchwasserspeicher (BWW) und Durchlauferhitzer

	Anlage mit BWW-Speicher		Durchlauferhitzer		
	Ölkessel	Gasbrennwertgerät	Strom	Gas	Strom
Warmwasser-Nutzwärme pro Jahr	2.710 kWh	2.710 kWh	2.710 kWh	2.710 kWh	2.710 kWh
Erzeugerverluste (Faktor)	1,2	1,05	1,05	1,2	1,1
Speicherverluste (Faktor)	1,2	1,2	1,2	1	1
Zirkulationsverluste (Faktor)	1,15	1,15	1,15	1	1
Energieverbrauch pro Jahr	4.490 kWh	3.930 kWh	3.930 kWh	3.550 kWh	2.980 kWh
Kosten je kWh (Endenergie)	0,09 €	0,09 €	0,20 €	0,09 €	0,20 €
Kosten pro Jahr	404 €	354 €	786 €	320 €	596 €
CO ₂ -Emissionen im Jahr	1.316 kg	900 kg	2.708 kg	813 kg	2.053 kg
Kostenvergleich Solaranlage					
Einsparung bei 55 % Deckungsgrad	222 €/a	194 €/a	432 €/a	175 €/a	327 €/a
Einsparung bei 70 % Deckungsgrad	283 €/a	248 €/a	550 €/a	224 €/a	417 €/a

Quelle: schulze darup & partner architekten

5.4 Speicherung, Verteilung und Wärmeübergabe

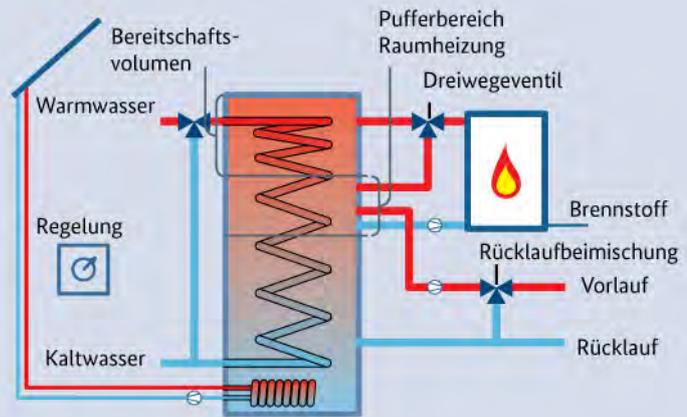
Ein effizientes System für Heizung und Warmwasserbereitstellung benötigt einen Wärmespeicher mit minimierten Speicherverlusten und ein sehr gut gedämmtes Verteilsystem, das möglichst innerhalb der thermischen Hülle des Gebäudes verlaufen sollte. Schließlich muss die Wärme so auf die Räume übertragen werden, dass sowohl eine maximale Ausnutzung als auch für die Bewohner ein großer Komfort gegeben ist. Pufferspeicher sind notwendig, um überschüssige Energie aufzunehmen und bei Bedarf bereitzustellen. So wird zum Beispiel häufiges Ein- und Ausschalten des Wärmeerzeugers vermieden und die Anlageneffizienz erhöht. Ein Speicher für Warmwasser ist zusätzlich erforderlich, kann aber auch in den Pufferspeicher integriert werden. Man spricht dann von Kombispeichern.

Für die Heizflächen kommen Heizkörper infrage, die durch hochwertige Thermostatventile geregelt werden. Diese sind in der Regel für Vorlauftemperaturen ab 55 Grad Celsius geeignet und können Raumwärme schnell bereitstellen. Weiterhin kann die Wärme über Flächen bereitgestellt werden. Das geht über Fußboden-, Wandheizung, Deckenheizelemente oder Heizschlangen in den Decken als Betonkernaktivierung.

Hierfür werden niedrige Vorlauftemperaturen ab 26 Grad Celsius benötigt. Die Regelung ist eher träge. Flächenheizungen können bei entsprechender Auslegung auch als Kühlflächen genutzt werden.

Abbildung 46: Aufgabe des Wärmespeichers

Aufgabe des Wärmespeichers ist die Bereitstellung und zeitversetzte Abgabe von Wärme. Der Wärmespeicher darf selbst nur geringe Wärmeverluste aufweisen und kann Wärme über mehrere Tage speichern. Es stellt sich eine relativ stabile Schichtung von Temperaturebenen von oben nach unten ein. So können für die unterschiedlichen Temperaturenanforderungen von Heizung und Trinkwarmwasser gezielt unterschiedliche Schichten des gleichen Speichers genutzt werden (Kombispeicher).

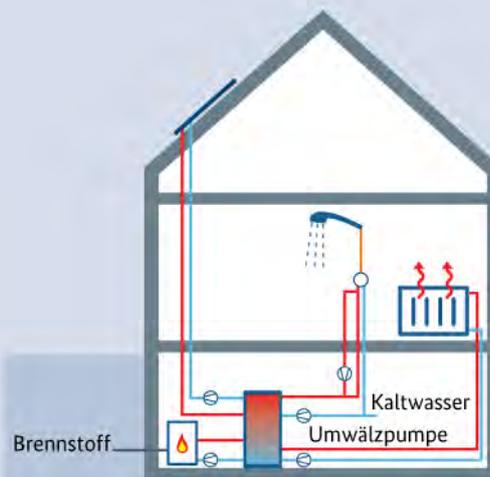


Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt

Standardausführung eines Heizsystems im Einfamilienhaus

Abbildung 47: Einfamilienhaus mit Brennwertkessel und Solarthermie

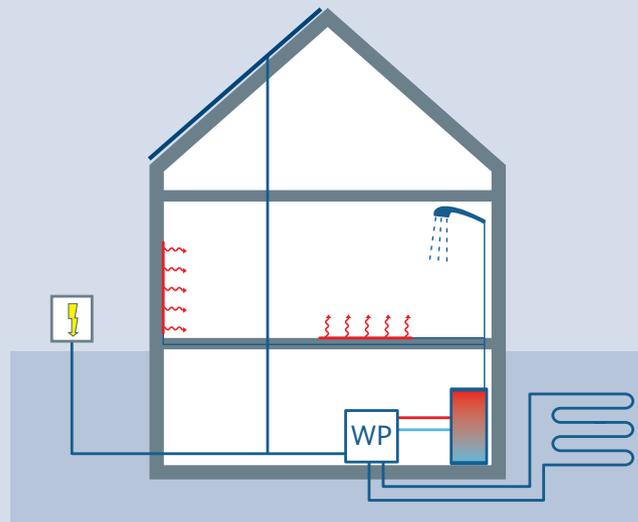
Der Brennwertkessel versorgt über einen Speicher das Gebäude mit Wärme. Die Heizwärme wird über ein Verteilsystem mittels Heizkörpern auf die Räume im Gebäude übertragen. Eine kompakte Warmwasserversorgung ist wirtschaftlich bei Bau und Betrieb. Das ist bei gutem Komfort möglich, wenn die Leitungen kurz sind und die Sanitärelemente mit Warmwasseranschluss eng beieinander liegen. Auf die dargestellte Zirkulationsleitung kann dann verzichtet werden. Die Heizanlage wird abgerundet durch eine Solarthermieanlage zur Trinkwassererwärmung, die es ermöglicht, den Brennwertkessel im Sommer auszuschalten und so die Anlageneffizienz zu erhöhen.



Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt

Abbildung 48: Einfamilienhaus mit Wärmepumpe und Photovoltaik

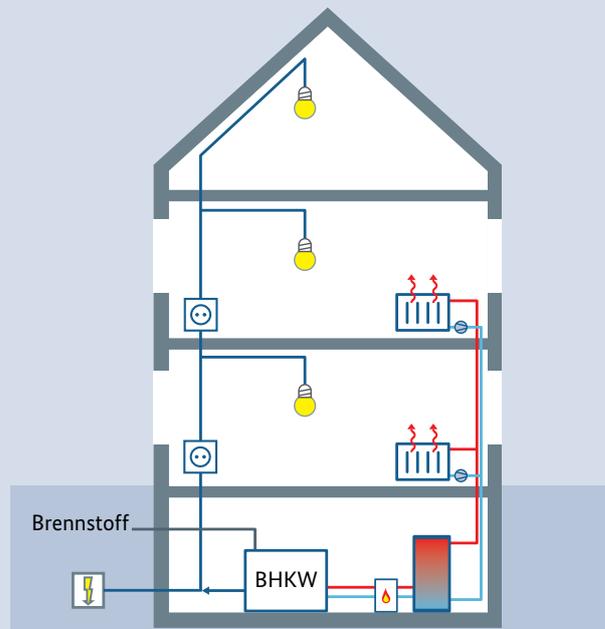
Das Beispiel zeigt ein effizientes Einfamilienhaus mit kompakter Wärmepumpe für Heizen und Warmwasserbereitstellung mit einer thermischen Leistung von zwei bis drei Kilowatt. Die Wärmeübertragung auf das Gebäude erfolgt mit sehr niedrigen Vorlauftemperaturen von 24 bis 30 Grad Celsius über Fußboden- oder Wandflächenheizung. Alternativ ist auch eine Betonkerntemperierung möglich. Bei richtiger Planung kann die Anlage bei Bedarf für die Kühlung genutzt werden. Dafür sind in der Regel die auch im Sommer niedrigen Temperaturen des Erdreichs ausreichend. Positiver Nebeneffekt: Die Wärmequelle für den Winter wird im Sommer aktiv aufgeladen. Der Photovoltaik-Ertrag wird zu hohen Anteilen direkt im Gebäude genutzt (Eigenstromnutzung).



Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt

Abbildung 49: Mehrfamilienhaus mit BHKW

BHKWs bieten sich für größere Mehrfamilienhäuser als wirtschaftliche Lösung an, mit Leistungskennzahlen von sechs bis 15 Kilowatt für die Heizung und drei bis fünf Kilowatt für die Stromerzeugung. Lange Laufzeiten, nicht unter 4.000 Stunden pro Jahr, und ein gut bedienbarer Eigenstrombedarf sind wichtige Wirtschaftlichkeitsfaktoren. Alle Wohneinheiten können beispielsweise mit dem selbst erzeugten Strom versorgt werden, dann obliegt dem BHKW-Betreiber allerdings auch die Stromabrechnung. Durch einen gut ausgelegten Wärmespeicher können die Laufzeiten des BHKW verlängert und von den Wärmebedarfszeiten entkoppelt werden. In der Regel wird ein zusätzlicher Spitzenlastkessel benötigt. Um die Wärme effizient zu verteilen, können dezentrale Heizungspumpen direkt an den Heizflächen angeordnet werden. Sie zeichnen sich durch höchste Regelgüte und Flexibilität (zum Beispiel bei der Nachtabsenkung) aus. Ein **hydraulischer Abgleich** ist nicht mehr separat erforderlich, sondern erfolgt praktisch permanent im Betrieb.



Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt



Kombispeicher und Wärmeverteilung

5.5 Passiv kühlen

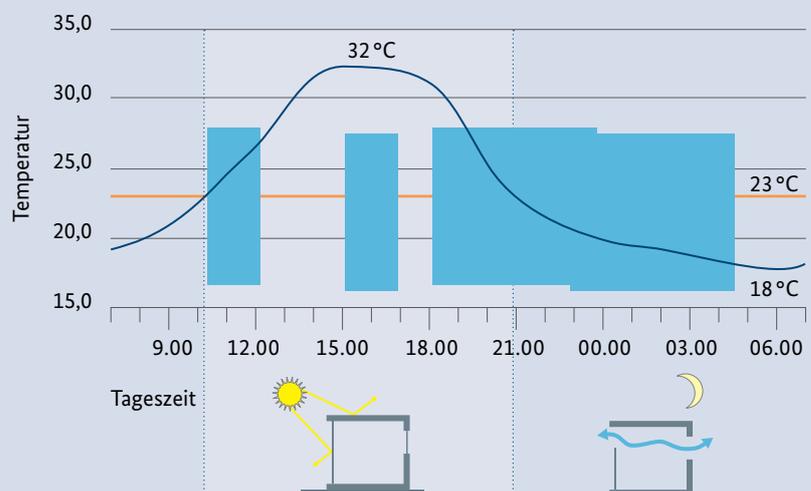
Das Grundprinzip der passiven Kühlung in den Sommermonaten beruht auf der Nutzung der Temperaturdifferenz zwischen Tag und Nacht. In der Regel sinkt auch im Sommer die nächtliche Temperatur auf unter 20 Grad Celsius und lässt sich so zur Entwärmung des Gebäudes nutzen. Passive Konzepte zur Gebäudekühlung sind aus energetischer Sicht interessant, weil sie weitgehend ohne mechanische Unterstützung funktionieren und daher keine Energie verbrauchen.

Gebäude mit guter Wärmedämmung und gutem sommerlichen Wärmeschutz besitzen einen minimalen Kühlbedarf (Kühllast) und kommen ohne aktive Kühlanlagen aus. Ist in Ausnahmefällen eine Kühlung erforderlich, sind einfache Konzepte ausreichend, zum Beispiel durch Nachtlüftung.

Abbildung 50: Außentemperaturen an einem heißen Sommertag

Typischer 24-Stunden-Tagesgang der Außentemperatur an einem heißen Sommertag. Die nächtliche Auskühlung ist nur in dem Zeitfenster wirksam, in dem die Temperaturdifferenz zwischen innen und außen ausreichend groß ist.

Solange die Außentemperatur über 23 Grad Celsius liegt, sollten die Fenster geschlossen bleiben.



Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt

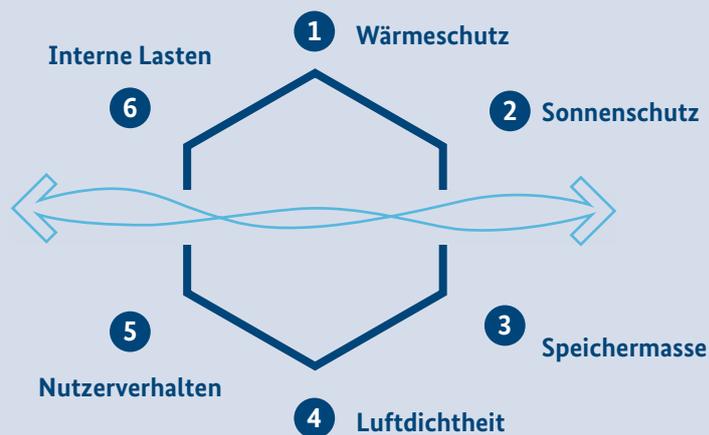
Weitere Komfortverbesserungen im Sinne von Steuerbarkeit und auch Effizienzsteigerungen lassen sich mit hybriden Kühlkonzepten erreichen. Hier werden natürliche Kältesenken, wie der kühle Erdboden, kühles Zisternenwasser oder kühle Nachtluft, durch moderaten Einsatz technischer Systeme genutzt.

Witterungsschutz und Sicherheit

Nicht nur kühle Nachtluft, sondern auch Regen oder Insekten dringen durch Nachtlüftungsöffnungen ein. Manuell oder motorisch öffnende Fenster sind so zu platzieren, dass keine Sicherheitsrisiken entstehen oder es sind zusätzliche Sicherungsmaßnahmen notwendig (zum Beispiel Vergitterung). Die Programmierung von Alarmanlagen muss auf Nachtlüftungskonzepte abgestimmt werden, zum Beispiel bei der Signalisierung durch Fensterkontakte. Hohe, schlitzzartige Klappen oder flache Oberlichter eignen sich besser für Nachtlüftungsstrategien als Fenster, weil sich hier der Schutz gegen Witterung, Einbruch und Insekten einfach umsetzen lässt.

Abbildung 51: Passive Kühlkonzepte für den thermischen Komfort im Sommer

Passive Kühlkonzepte verbessern den thermischen Komfort im Sommer. Die Wirksamkeit ist aber aufgrund physikalischer Gesetzmäßigkeiten begrenzt und nicht punktgenau steuerbar.



Quelle: sol-id·ar planungswerkstatt



Checkliste

Bausteine für passive Kühlkonzepte

1. Ein guter Wärmeschutz hält Hitze vom Gebäude fern.
2. Außen liegende Sonnenschutzsysteme verhindern Raumüberheizung durch direkte Sonneneinstrahlung.
3. Massivbauteile speichern überschüssige Wärme im Tagesverlauf und vermeiden einen Temperaturanstieg.
4. Eine luftdichte Gebäudehülle und maschinelle Lüftung verhindern unkontrollierte Warmlufteinträge.
5. Richtiges Lüftungsverhalten: Fenster bleiben an heißen Tagen geschlossen, Querlüftung erfolgt nur bei deutlich abgesenkten Außentemperaturen in der Nacht zum Beispiel durch Oberlichter.
6. Effiziente Haushaltsgeräte, Elektronik und Leuchtmittel geben nur wenig Wärme an den Innenraum ab.

6 Richtig lüften

Die DIN 1946-6 formuliert klare Anforderungen an Lüftungskonzepte für Wohngebäude und unterscheidet dabei vier Lüftungsstufen:

- **Lüftung zum Feuchteschutz:** Sicherstellung der Feuchteabfuhr und Gewährleistung des Bautenschutzes, damit keine Schimmelpilzbildung aufgrund von Kondenswasserniederschlag entsteht. Diese Stufe muss ständig nutzerunabhängig gesichert sein.
- **Reduzierte Lüftung:** Erfüllen des hygienischen Mindeststandards zur Abfuhr von Schadstoffen, weitestgehend nutzerunabhängig.
- **Nennlüftung:** Hygienisch-gesundheitliche Anforderungen und Bautenschutz, der Nutzer kann mit aktiver Fensterlüftung beteiligt werden.
- **Intensivlüftung:** Abbau von Lastspitzen, zum Beispiel durch Besuch, Waschen und Kochen, eine aktive Fensterlüftung kann einbezogen werden.

Grundsätzlich unterscheidet man freie und mechanische Lüftung. Die freie Lüftung kann aktiv über die Fenster oder passiv über Schachtlüftung erfolgen. Sie ist in ihrer Wirksamkeit aber stark abhängig von Thermik und Winddruck. Bei der Planung kann überprüft werden, ob Feuchteschutz und reduzierte Lüftung mittels freier Lüftung sichergestellt werden kann. In der Praxis zeigt sich aber, dass mechanische Lüftungsanlagen der freien Lüftung deutlich überlegen sind, da sie unabhängig von Thermik und Winddruck eine hohe Luftqualität sicherstellen.

? Frage

Kann ich trotz Lüftungsanlage Fenster öffnen?

Selbstverständlich! Aus energetischer Sicht sind Lüftungsanlagen vor allem bei hohen Differenzen zwischen der Außen- und Innentemperatur sinnvoll – also im Winter und im Hochsommer. Bei entsprechender Planung der Gebäudeleittechnik schaltet sich die Lüftungsanlage automatisch beim Öffnen der Fenster aus!



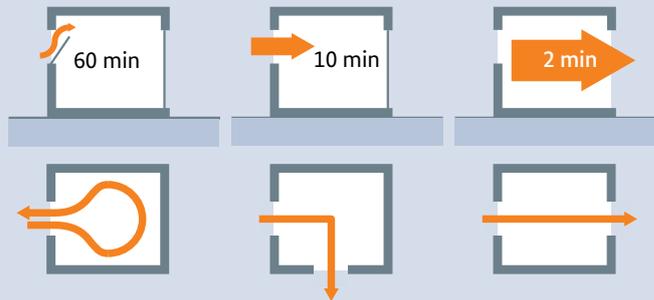
Freie Lüftung



Mechanische Lüftung

Abbildung 52: Möglichkeiten der freien Lüftung

Es gibt verschiedene Möglichkeiten der freien Lüftung für einen vollständigen Luftwechsel im Raum. Die Einzelraumlüftung über eine Fassadenseite kann ungenügend belüftete Bereiche zur Folge haben – wirkungsvoller ist die Überecklüftung oder die Querlüftung. Das Raumvolumen wird in kurzer Zeit ausgetauscht, die Oberflächentemperaturen der Bauteile bleiben konstant.



Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt

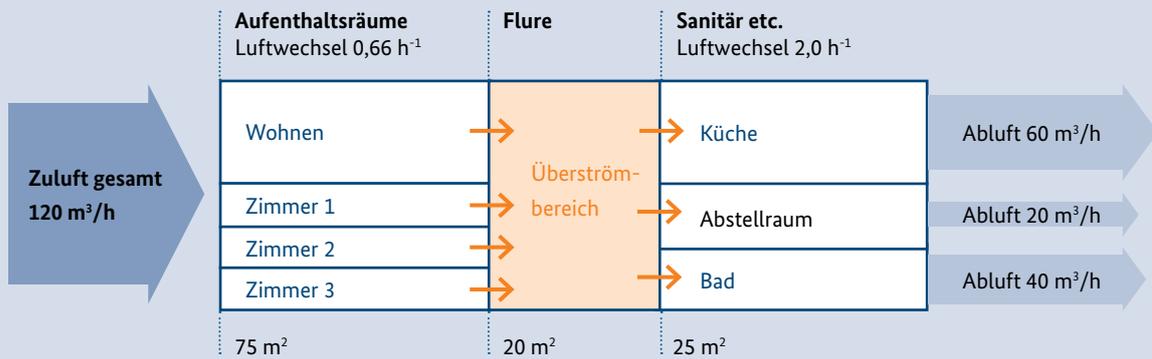
Man unterscheidet Abluftanlagen sowie Zu- und Abluftanlagen. Bei mechanischen Abluftanlagen muss, wie bei der Schachtlüftung, eine ausreichende Frischluftzufuhr über Öffnungen in der Außenwand sichergestellt werden. Die Anlagen müssen so ausgelegt werden, dass Feuchteschutz und die Erfüllung des hygienischen Mindeststandards gesichert sind. Bewährt hat sich eine Auslegung zwischen Nennlüftung und reduzierter Lüftung, bei der die Nutzer individuell durch Fensterlüften eingreifen können.

Freie Lüftung und mechanische Abluftanlagen tauschen warme gegen kalte Außenluft aus. Dieser Energieverlust verursacht bei einem gut gedämmten Gebäude einen erheblichen Anteil am Gesamtenergiebedarf. Zuluftöffnungen sind zudem **Wärmebrücken**, Zuglufterscheinungen können den Komfort beeinträchtigen.

Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung können 75 bis über 90 Prozent der Wärme aus der Fortluft auf die frische Außenluft übertragen. Pro aufgewendeter Kilowattstunde Hilfsenergie werden so zehn bis 20 Kilowattstunden Heizenergie eingespart. Das spart gegenüber einer reinen Abluftanlage Heizenergie von 25 bis über 30 Kilowattstunden pro Quadratmeter pro Jahr. Zudem ist der Betrieb von Zu-/

**Checkliste****Luftqualität und Energie**

- Für eine gute Raumluftqualität sollte ein stündlicher Luftwechsel von 30 Kubikmetern pro Person erfolgen.
- Ein ausreichender Luftwechsel führt hohe Raumluftfeuchten sicher ab und verhindert Schimmelbildung.
- Mechanisch gestützte Konzepte stellen eine dauerhaft hohe Raumluftqualität sicher.
- Um ein gleiches Resultat mit Fensterlüftung zu erzielen, muss regelmäßig eine Stoßlüftung durchgeführt werden, auch nachts.
- Sobald geheizt wird, sollte kein Fenster geöffnet werden, um unnötige Wärmeverluste zu vermeiden.
- Bei starkem Außenlärm bieten Lüftungsanlagen die Möglichkeit, bei gleichbleibend guter Raumluftqualität die Fenster geschlossen zu halten.

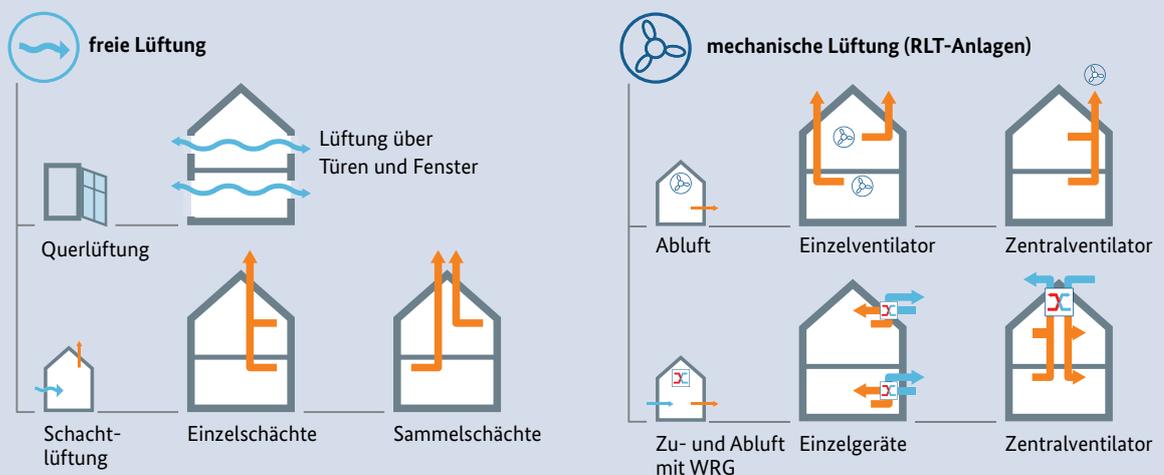
Abbildung 53: Schema der Auslegung einer Lüftungsanlage

Einfaches Schema für die Auslegung einer Lüftungsanlage für einen Vier-Personen-Haushalt bei einer 120 Quadratmeter großen Wohnung. Pro Person wird ein stündliches Volumen von 30 Kubikmetern in die Aufenthaltsräume geführt, was dort zu einer Luftwechselrate von durchschnittlich 0,6 bis 0,7 h^{-1} führt. Danach wird die Luft via Überströmbereich zu den Ablufträumen Küche, Bad, WC geführt, wo sie mit den geforderten Abluftvolumina abgesaugt wird.

Quelle: schulze darup & partner architekten

Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung komfortabel, da die Außenluft durch die Abwärme der Raumluft vortemperiert wird. Zugluferscheinungen werden so vermieden.

Achten Sie darauf, dass Lüftungsanlagen so einfach wie möglich geplant werden, um mit geringem Aufwand dauerhaft wirtschaftlich betrieben werden zu können. Die Regelung sollte sehr einfach mit zwei bis drei Regelstufen ausgeführt werden, damit die Nutzer die Anlage einfach an ihre Bedürfnisse anpassen können. Wichtig ist, dass Sie als Bewohner nichts von der Anlage mitbekommen – außer der hochwertigen Raumluftqualität.

Abbildung 54: Freie und mechanische Lüftung

Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt

6.1 Komponenten der Lüftungsanlage

Lüftungsanlagen bestehen aus unterschiedlichen Komponenten, die im Folgenden beschrieben werden. Die Planung sollte durch erfahrene Fachleute erfolgen und die ausführende Firma entsprechende Referenzen vorweisen.



Lüftungsverteilung im Flur

Zentralgerät für mechanische Abluftanlagen: Das Herzstück eines Abluftgerätes ist ein Ventilator, der die Luft aus der Wohnung absaugt und einfach zu regeln ist. Er sollte eine möglichst hohe Elektroeffizienz von $p_{el} \leq 0,15$ Wattstunden pro Kubikmeter aufweisen. Bei einer Wohnung mit 100 Quadratmetern und einem Luftwechsel von $0,4 \text{ h}^{-1}$ sind dies gerade einmal 15 Watt Leistungsaufnahme.

Zentralgerät für Zu-/Abluftgeräte: Die wesentlichen Komponenten sind zwei Ventilatoren für Zu- und Abluft, ein Wärmetauscher, Filter und Regelung. Frische Außenluft wird über den Wärmetauscher geführt. Dabei werden 75 bis über 90 Prozent Wärme aus der gegenläufigen Abluft übertragen, so dass die Temperatur zum Beispiel von minus drei Grad Celsius auf etwa 18 Grad Celsius angehoben wird. Die Elektroeffizienz sollte $p_{el} \leq 0,45$ Wattstunden je Kubikmeter betragen. Wichtig ist eine Volumenregelung und die Berücksichtigung von Frostschutz für den Wärmetauscher.



Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Regelung: Die Geräte sollten einfach in mindestens drei Stufen zu regeln sein. Die Grundstellung für die Nennlüftung beträgt 30 Kubikmeter pro Person, für die reduzierte Lüftung 50 bis 75 Prozent und die Intensivlüftung 150 Prozent. Eine Regelung, die nach Stufen oder in Abhängigkeit von Feuchte oder Raumluftqualität arbeitet, ist zu empfehlen.

Frischlufansaugung und Filter: Die Ansaugung der frischen Außenluft sollte in mindestens 2,50 Metern Höhe in einem unbelasteten Umfeld erfolgen. Filterung, am besten mit einem Grobfilter und einem Feinfilter, ermöglicht hohe Raumluftqualität, Herausfilterung von Pollen und hygienischen Betrieb der Anlage. Die Ansaugleitung sollte bei der Wartung regelmäßig inspiziert werden.

Frostschutz/Erdreichwärmetauscher: Damit der Wärmetauscher im Gerät nicht einfriert, muss die frische Außenluft auf mindestens minus vier Grad Celsius vorgewärmt werden. Dies erfolgt durch einen Erdreichwärmetauscher oder eine Soleleitung im Erdreich, deren Wärme auf die angesaugte Luft übertragen wird. Die Verlegetiefe beträgt dabei 1,50 bis 2,50 Meter. Möglich ist Frostschutz auch durch ein Frostschutzheizregister.

Verteilsystem innerhalb der Räume: Vom Lüftungsgerät wird mit Wickelfalzrohr, Blechkanälen oder Kunststoffrohren die Luft zu den Aufenthaltsräumen geleitet. Die Verteilung kann unterhalb der Flurdecke, in den Decken oder unterhalb des Estrichs geführt werden. Das Abluftsystem saugt die Luft aus Küche, Bad, WC und Nebenräumen ab.

Schalldämpfer reduzieren Ventilatorgeräusche auf ein Minimum. Zudem muss die Schallübertragung zwischen den Räumen unterbunden werden. Der Schallpegel soll in Aufenthaltsräumen kleiner 25 Dezibel (A), in Nebenräumen kleiner 30 Dezibel (A) betragen.

Zu- und Abluftelemente: Die Luft wird über Durchlasselemente in die Räume eingebracht, abgesaugt und von der Menge her reguliert. Die Zuluft kann zum Beispiel über Weitwurfdüsen oder Quelllüftung gezielt eingebracht werden. Abluftelemente können mit Filtern versehen werden und müssen einen ausreichenden Schallschutz sicherstellen.

Überströmelemente: Die Führung der Luft, von den Aufenthaltsräumen über Flure und Überströmräume zu Ablufträumen, kann vielfältig gelöst werden: als Luftspalt von 15 bis 20 Millimetern unter der Tür, Überström- gitter im Türblatt, Überströmöffnung im Türfalz oder Wanddurchführung mit Schalldämpfung. Der Druckverlust sollte möglichst gering sein und die Strömungsgeschwindigkeit am Element maximal einen Meter pro Sekunde betragen. Der Querschnitt sollte circa 150 Quadratzentimeter für 30 bis 40 Kubikmeter pro Stunde betragen.

Heizen über die Lüftungsanlage: Zu- und Abluftanlagen können als Luftheizungsanlagen konzipiert werden, so dass ein konventionelles Heizsystem nicht mehr erforderlich ist. Dies ist aus Komfortgründen allerdings nur sinnvoll, wenn die maximale Heizleistung unter zehn Watt pro Quadratmeter liegt.

6.2 Mechanisch gestützte Abluftanlage

Abluftanlagen basieren auf einem Ventilator, der über ein einfaches Kanalsystem Luft aus Nebenräumen wie Küche, Bad und WC absaugt. Die Luftmenge können Sie über die Regelung und die Abluftelemente sehr genau selbst einstellen. Voraussetzung für einen geregelten Betrieb ist eine luftdichte Gebäudehülle mit geregelten Außenluftdurchlässen in den Aufenthaltsräumen. Es werden also voreingestellte Luftmengen über Ihr Wohn-, Schlaf- und Kinderzimmer in die Wohnung geleitet, strömen über den Flur in die Ablufträume, so dass Ihre ganze Wohnung mit frischer Luft versorgt ist.

Abluftanlagen können im Einfamilienhaus als zentrale Anlagen installiert werden. In Mehrfamilienhäusern kann ein Gerät ebenfalls zentral die Luft in mehreren Wohnungen, unter Beachtung von Brandschutzanforderungen, absaugen oder aber es wird pro Wohneinheit ein Abluftgerät als dezentrales System installiert. Letztere Lösung hat den Vorteil, dass die Lüfterstufen pro Wohnung sehr einfach eingestellt werden können.

Außenluftdurchlässe sollten so platziert werden, dass einströmende kalte Außenluft durch Heizflächen aufgewärmt wird, um thermische Ungleichmäßigkeiten zu vermeiden.



Tipp

Lüftung in der Altbau-erneuerung

Falls der Platz für eine zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung bei einer Sanierung nicht ausreicht, gibt es dezentrale Geräte, die an der Wand oder unter dem Fenster positioniert werden und für einen Einzelraum oder zwei nebeneinander liegende Räume die Lüftung mit Wärmerückgewinnung ermöglichen.

6.3 Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung

Aus energetischer Sicht ist die Verbindung von Lüftung und Wärmerückgewinnung die sinnvollste Lösung. Es wird frische Außenluft angesaugt, gefiltert und aufgewärmt über einen Wärmetauscher in die Aufenthaltsräume geleitet.

Dort verteilt sich die Luft sehr langsam und gleichmäßig und sorgt kontinuierlich für angenehme Raumluftqualität. Über Türen oder schalldämmte Wandelemente strömt die Luft dann durch den

Abbildung 55: Schema Abluftanlage

1. Außenluftdurchlässe/ Frischluftzuführung

zu den Wohnräumen;
optional mit Allergiefilter, Sturm-
sicherung und Schalldämmung;
alternativ integriert in die Fenster-
rahmen, möglichst im Bereich einer
Wärmequelle (Heizkörper)

3. Überströmöffnung

zum Beispiel Überströmgitter oder
Türschlitze zum Flur

4. Überströmbereich

im Flur

5. Abluftelement

in Küche, Bad, WC,
gegebenenfalls mit Filtermatte

6. Fortluftelement

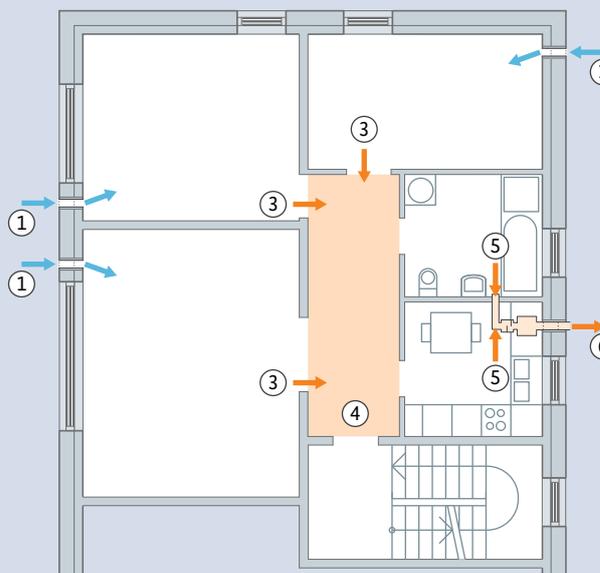
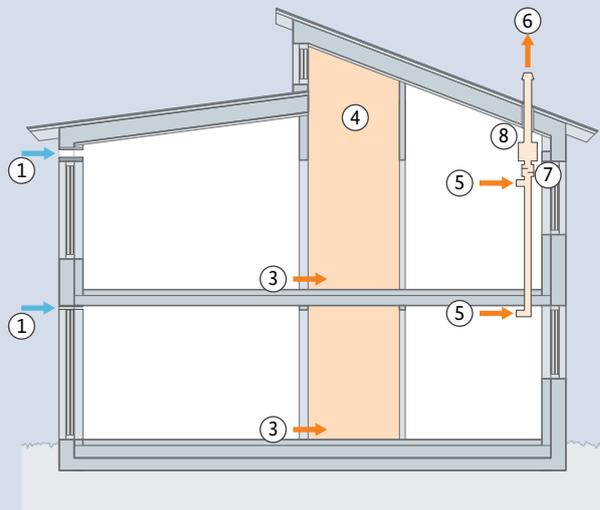
entweder im Außenwandbereich oder
besser Fortlufthaube über Dach

7. Schalldämpfer

in Verbindung mit der Ventilatorbox
(zu den Räumen und nach außen)

8. Ventilatorbox

Elektroeffizienz $p_{el} \leq 0,15$ Wattstunde
je Kubikmeter (Leistungsaufnahme für
Ventilator und Regelung pro Kubik-
meter geförderte Luft) mit Regelung:
mindestens dreistufig, gegebenenfalls
Feuchte- oder CO₂-Regelung

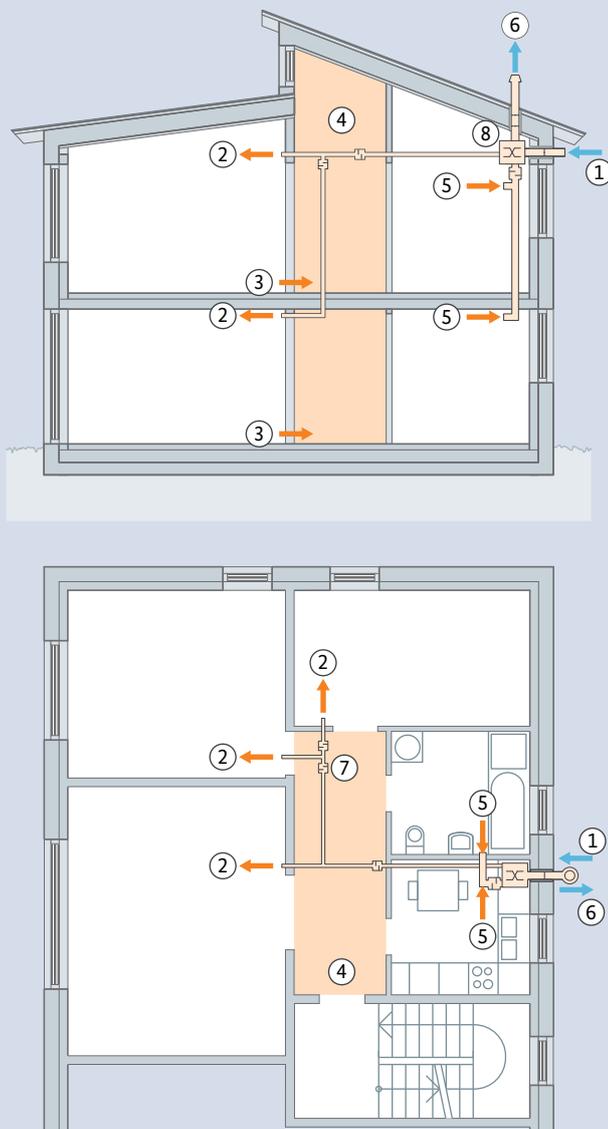


Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt, Schulze Darup

Überströmbereich, wie die Flure, zu den Ablufträumen. Die Absaugung erfolgt über Abluftelemente. Verbrauchte warme Luft wird dann zum Lüftungsgerät geleitet, wo 75 bis über 90 Prozent der enthaltenen Wärme im Wärmetauscher auf die frische Außenluft übertragen werden und diese von zum Beispiel minus drei Grad Celsius auf etwa 18 Grad Celsius erwärmt wird.

Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung stellen nicht nur eine wesentliche Voraussetzung für hocheffiziente Gebäude dar, sie verbinden auf beste Weise die Anforderungen von Energiesparen und Raumluftqualität. Gut geplante und funktionierende Anlagen werden von den Nutzern sehr geschätzt. Viele Bewohner können sich nicht vorstellen, wieder in ein Gebäude ohne Lüftungsanlage umzuziehen.

Abbildung 56: Schema Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung



1. Ansaugung

Frischluft Höhe $\geq 1,50$ Meter ($\geq 2,50$ Meter nach DIN) mit Außenluftfilter (Feinfilter) mit

Frostschutz:

Frostschutzheizregister
Alternativ: luftgeführter oder Sole-Erdwärmetauscher

2. Zuluft

mit $\geq 16,5$ Grad Celsius als Behaglichkeitskriterium für den Aufenthaltsraum über ein **Kanalnetz** mit kurzer und direkter Kanalführung und Wartungsmöglichkeit insbesondere für die Zuluft

3. Überströmöffnung

zum Beispiel Überströmgitter oder Türschlitze zum Flur

4. Überströmbereich

Flur

5. Abluftelement

mit Grobfilter

6. Fortluft

als Wanddurchlass oder über Dach

7. Schalldämpfer

zur Reduktion der Ventilatorgeräusche

8. Lüftungsgerät

mit WRG und einfacher Inspektion und Wartung mit Regelung: mindestens dreistufig, gegebenenfalls Feuchte- oder CO_2 -Regelung und **Balance** der Zu- und Abluft-Massenströme einhalten, zulässige Disbalance \leq zehn Prozent

Quelle: sol: id: ar planungswerkstatt, Schulze Darup

7 Strom effizient nutzen

Strom als hochwertige, unverzichtbare Energieform gewinnt bei deutlich sinkendem Energiebedarf für Raumheizung und Trinkwassererwärmung in Wohngebäuden immer mehr Bedeutung. Nicht sicher prognostizierbare Strompreisentwicklungen erfordern daher eine gute Planung, aber auch individuelles Stromsparen.



Stromfressern auf der Spur

7.1 Stromverbrauch im Haushalt

Die größten Stromverbraucher im Haushalt sind Herd, Kühlschrank und Waschmaschine. Elektrogroßgeräte sind in Effizienzklassen wie zum Beispiel von A+++ bis G eingeteilt. Energieklasse A steht dabei für hohe, die Klasse G für niedrige Effizienz. Für die Beleuchtung werden fast zehn Prozent des Stroms benötigt. Effiziente Geräte und richtiges Nutzerverhalten sparen viel Energie:

→ **Beleuchtung:** Sinnvoll sind LEDs, Leuchtstoff- und Energiesparlampen, Halogenleuchten mit Trafo sind Dauerverbraucher.

Abbildung 57: Bewertung des durchschnittlichen Stromverbrauchs für Einzel- und Mehrpersonenhaushalte



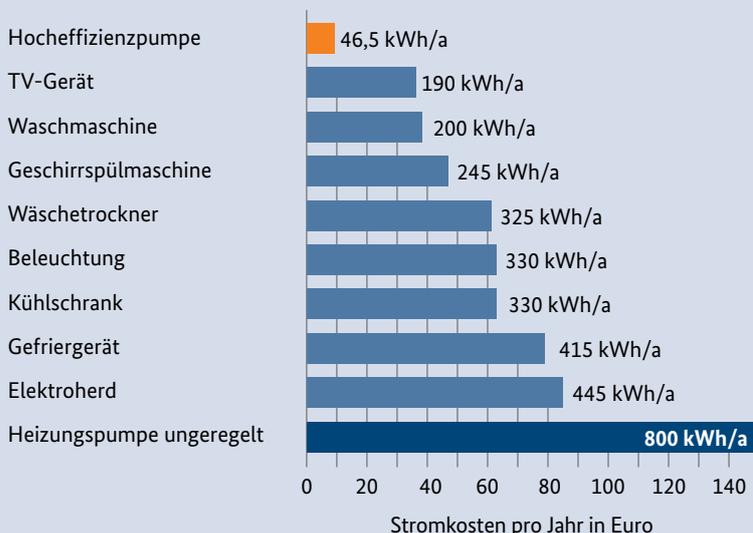
- **Waschmaschine:** Warmwasseranschluss ist sinnvoll bei Warmwasserbereitstellung durch den Heizkessel oder Solaranlage; Waschen ohne Vorwaschgang spart 15 Prozent.
- **Wäschetrockner:** Gut geschleuderte, sortierte Wäsche ergibt gleiche Trockenzeiten; Fassungsvermögen ausnutzen. Alternativ: Trocknen auf der Leine.
- **Geschirrspüler:** An Warmwasser anschließen, bei Normalverschmutzung nur Sparprogramme nutzen
- **Kochen:** Gasherde sind primärenergetisch deutlich günstiger als Elektroherde; Kochen mit Dampfdrucktopf oder bei geschlossenem Deckel, mit wenig Wasser, Restwärme beim Elektroherd nutzen; Wasser im Wasserkocher erhitzen.
- **Kühl- und Gefriergeräte:** Kühler Aufstellort; Hinterströmung des Gerätes sicherstellen; regelmäßig abtauen.
- **Geräte ausschalten:** Stand-by-Modus vermeiden, Zeitschaltuhren ermöglichen dennoch Komfort.

7.2 Stromverbrauch der Haustechnik

Ob Wasser für die Heizung oder Luft für die Lüftungsanlage: Medien müssen im Gebäude verteilt werden und brauchen Strom für Pumpen, Ventilatoren sowie für Mess-, Steuer- und Regelungstechnik. In ungünstigen Fällen benötigt eine Heizungsanlage im Einfamilienhaus Hilfsenergie von über 1.000 Kilowattstunden im Jahr. Ein Effizienzhaus mit Lüftungsanlage benötigt bei optimierter Auslegung und Nutzung 300 Kilowattstunden pro Jahr. Bedeutsam sind darüber hinaus einfache, sparsame Regelkonzepte. Das gilt für die Dimensionierung von Lüftungsquerschnitten ebenso wie für die Auslegung und den hydraulischen Abgleich von Heizanlagen.



Abbildung 58: Energiesparen durch den Einsatz effizienter Anlagentechnik



Der Einsatz effizienter Anlagentechnik – hier am Beispiel der Heizungspumpe – spart Strom und Geld. Achten Sie bei der Gebäudetechnik auf Geräte und Regelungen mit einem niedrigen Bedarf für den Hilfsstrom.

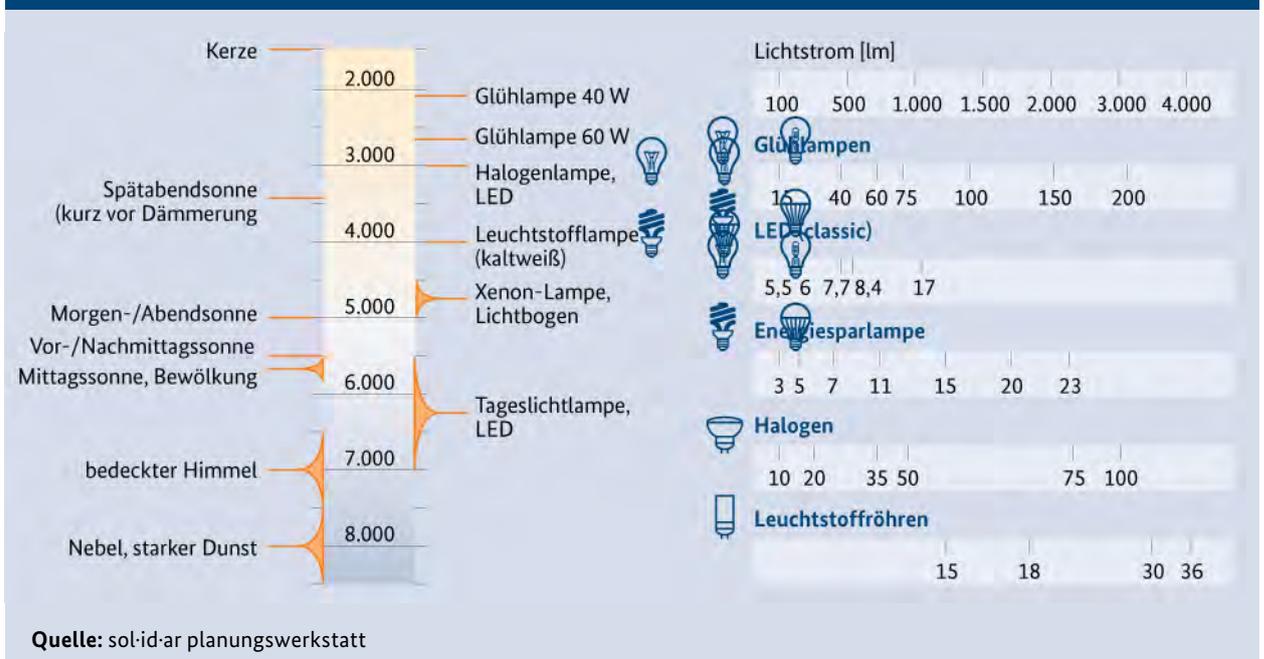


Checkliste

Komfort bei Licht und Strom

- **Differenzierung:** Sehen Sie Gruppenschaltungen vor, um Raumbereiche getrennt zu beleuchten. Die Dimmbarkeit von Leuchten schafft Atmosphäre und senkt den Energieverbrauch.
- **Lichtkontraste einsetzen:** Monotone Raumausleuchtung ist langweilig. Lichtakzente betonen Details. Punktuelle Beleuchtung ist heutzutage auch energiesparend möglich.
- **Nicht mit Steckdosen geizen:** Die Erneuerung der Elektroinstallation bietet die Gelegenheit, zusätzliche Abzweigungen nachzurüsten und schaltbar auszuführen.
- **Automatisch schalten:** Temporär genutzte Bereiche wie Flure oder Keller sollten Sie zwecks Energieeinsparung und Sicherheit mit Bewegungsmeldern ausrüsten.

Abbildung 60: Farbtemperatur von Lampen und Beleuchtung



Zukunftstrend LED

Mit LEDs sind Potenziale für nahezu alle Lichtkonzepte erschlossen. LEDs verbrauchen kaum Strom, ihre Oberfläche wird nicht heiß und LEDs können beliebige Stimmungsbilder im Raum durch Farbprogrammierung erzeugen. Darüber hinaus beinhalten sie gegenüber anderen energiesparenden Leuchtmitteln kein Quecksilber, sie sind langlebiger, aber in der Investition noch deutlich teurer. Im Handel erhältliche LED-Leuchtmittel in Glühlampen- oder Röhrenform werden mit 25.000 bis 45.000 Stunden Lebenszeit angegeben. Diese, als Retrofitlampen bezeichneten Leuchtmittel, können gegen herkömmliche Leuchtmittel wie zum Beispiel Glühlampen im E14- oder E27-Sockel auch mit 2.700 Kelvin in der gleichen Leuchte ausgetauscht werden.

Alternativen sind als Komplettsysteme konzipierte LED-Leuchten unterschiedlichster Formen und Größen, oft auch als dünne, dimmbare

Einbau- oder Aufbaupaneele mit mehreren hundert LEDs. Diese sind nicht einzeln austauschbar.

Die Wahrscheinlichkeit, dass einzelne LEDs ausfallen, ist gering. Aufwändige Qualitätskontrollen der Hersteller garantieren Lebensdauern bis zu 100.000 Betriebsstunden. Das entspricht über 27 Jahren, bei täglich zehn Betriebsstunden. Haben LEDs nur noch 70 Prozent der Anfangsleuchtkraft, endet ihre Lebenszeit. Komplettsystem-Leuchten fanden bislang vor allem im Objektbereich Anwendung und erobern auch die Wohnbereiche immer mehr.

7.4 Strom selbst erzeugen und nutzen

Mit dem kontinuierlichen Rückgang der fossilen Energieträger entwickelt sich Elektrizität zunehmend zur Leitenergie der Zukunft und kann wirtschaftlich im eigenen Haus erzeugt werden. Dazu tragen erneuerbare Energietechnologien wie Photovoltaik oder Kraft-Wärme-Kopplung auf Basis biogener Brennstoffe bei. Darüber hinaus können Gebäude einen wesentlichen Anteil am Lastmanagement leisten, indem Geräte zu- oder abgeschaltet werden, ohne den Komfort des Nutzers einzuschränken.

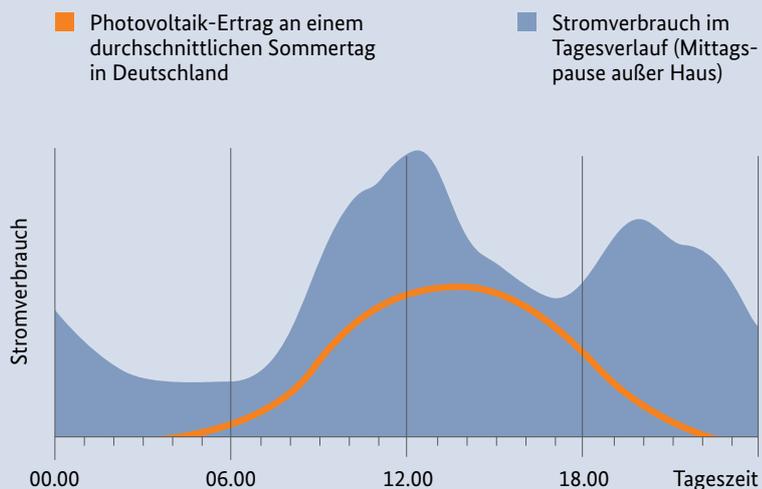
Mit sinkenden Kosten für dezentrale Stromerzeugung lohnt sich zunehmend die eigene Nutzung dieser Energie. Der Erzeugungspreis für Photovoltaik liegt deutlich günstiger als der Strompreis beim Versorgungsunternehmen. Eine Eigenversorgung mit Photovoltaik-Strom im Bereich von 50 bis über 80 Prozent lässt sich nur durch die Nutzung von Batterien erreichen. Ein hocheffizientes Einfamilienhaus benötigt dazu eine Speicherkapazität von circa fünf bis 15 Kilowattstunden.



Mikro-BHKW erzeugen Strom und Wärme (KWK)

Abbildung 61: Ertrag bei der Stromerzeugung mittels Photovoltaik

Morgens und abends ist der Haushaltsstromverbrauch am größten, die Stromerzeugung ist jedoch mittags am ertragreichsten: Bedarf und Ertrag sind zeitlich nicht deckungsgleich. Mittels Ausrichtung der Module in Ost-Westrichtung wird der Tagesgang des Ertrags verbessert, sodass maximal 30 Prozent des Photovoltaik-Stroms selbst nutzbar werden.



Quelle: nach Bundesverband Solarwirtschaft e. V.

Strom aus erneuerbaren Energien

Während die Stromerzeugung aus Windkraftanlagen und Wasserkraft aus Gründen der Verfügbarkeit und Kosteneffizienz nur in Ausnahmefällen eine Option für die gebäudebezogene Energiegewinnung darstellt, rückt die dezentrale solare Stromerzeugung durch Photovoltaikanlagen in den Mittelpunkt zukünftiger Energiekonzepte.

Photovoltaik-Module (PV) wandeln Lichtenergie direkt in elektrische Energie. Polykristalline Siliziumzellen besitzen das günstigste Preis-Leistungs-Verhältnis und erreichen bis zu 16 Prozent Wirkungsgrad. Mit über 20 Prozent bieten teurere monokristalline Zellen mehr Effizienz, erfordern aber einen höheren Energieaufwand für die Produktion.

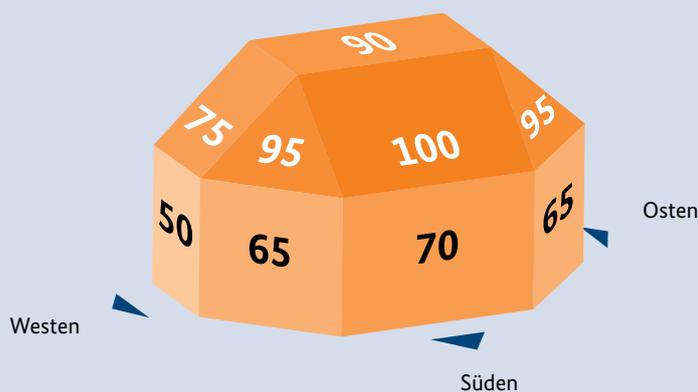
Dünnschichtzellen aus amorphem Silizium sind produktionstechnisch günstig, erreichen aber nur Wirkungsgrade von etwa sieben Prozent. Überschlüssig gilt für die Auslegung einer Photovoltaik-Anlage mit polykristallinen Zellen: Ein kW_{peak} entspricht circa zehn Quadratmetern Solarfläche und bringt in Abhängigkeit von Aufstellort und Ausrichtung einen jährlichen Ertrag von 800 bis 1.100 Kilowattstunden. Sinkende Modulpreise sorgen dafür, dass in wenigen Jahren Photovoltaik-Strom aus Kleinanlagen etwa zehn bis 15 Cent pro Kilowattstunde kosten und damit auch ohne Förderung wirtschaftlich sein wird. Voraussetzung dazu ist, einen möglichst hohen Anteil der erzeugten Energie selbst zu nutzen.

Dies ist möglich durch die Speicherung in Batterien. Mit der Verbesserung von Batterie-Speichertechniken wird diese Technik zunehmend wirtschaftlich und auch in Gebäuden auf breiter Basis anwendbar.



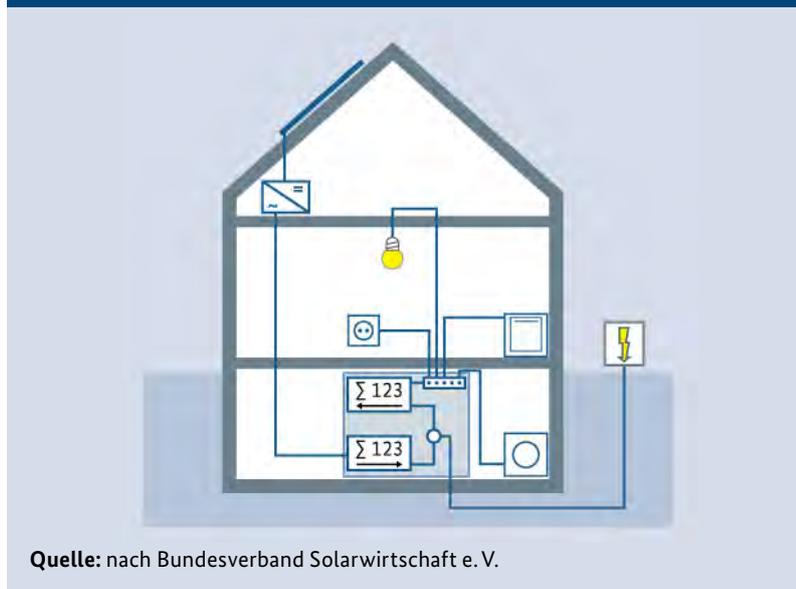
Stromerzeugung mit Photovoltaik

Abbildung 62: Ertragshöhe abhängig von der Gebäudeausrichtung



Erträge sind ausrichtungsabhängig: Eine Südausrichtung mit 30 Grad Dachneigung bringt Maximalerträge. Eine Ost- oder Westausrichtung bringt nur 50 bis 75 Prozent des Maximalertrags, aber eine zeitliche Verlängerung. Nordausrichtung mit 15 Grad Neigung bringt immerhin 75 Prozent.

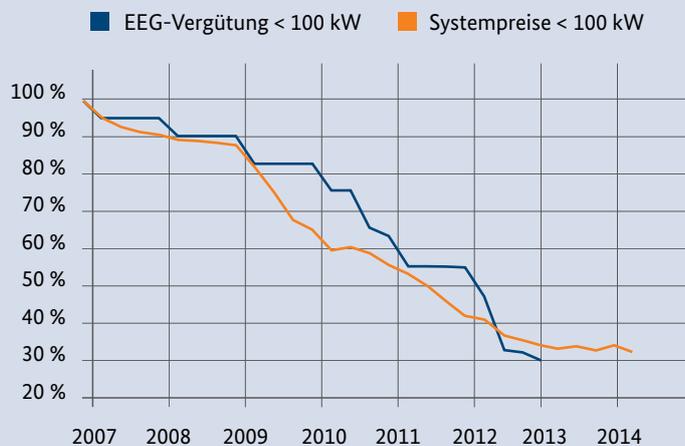
Quelle: design.idee, Büro für Gestaltung, Erfurt

Abbildung 63: Netzgekoppelte PV-Anlage

Voraussetzung für eine sinnvolle Eigenstromnutzung ist eine hochwertige Regelung, mit der **Lastmanagement** im Gebäude betrieben werden kann.

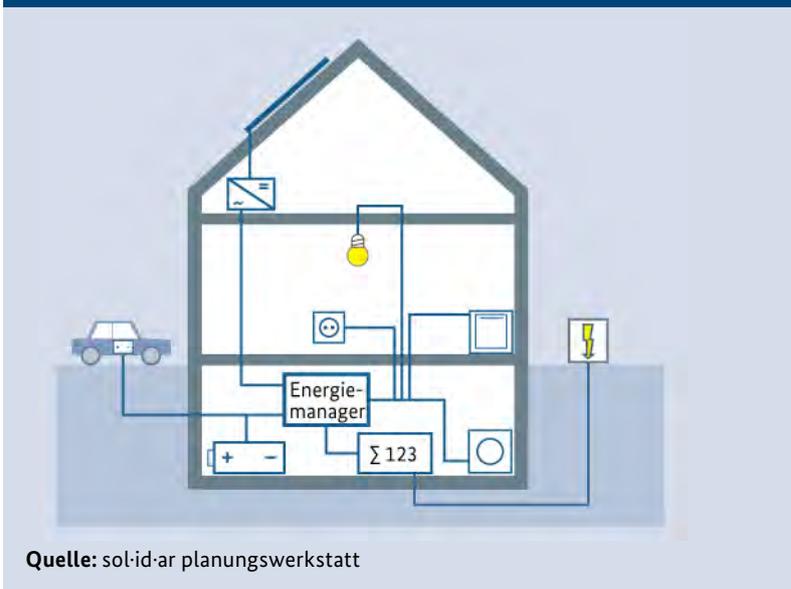
Die Geräte im Gebäude werden dann eingeschaltet, wenn Strom durch die Photovoltaik-Anlage erzeugt wird. Zur Förderung der erneuerbaren Energien wird den Erzeugern eine Einspeisevergütung angeboten.

Der erzeugte Strom muss von den Energieversorgern abgenommen werden. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) regelt die Höhe der Vergütungssätze. Gefördert werden zum Beispiel Strom aus Wind, Wasserkraft und Solarstrahlung. Über die EEG-Umlage wird die Vergütung finanziert. Die Vergütung wird für einen Zeitraum von 20 Jahre gewährt.

Abbildung 64: Entwicklung von Systempreisen und Einspeisevergütung bei PV-Anlagen

Die Vergütungsklassen wurden ab dem zweiten Quartal 2012 auf Grund von Gesetzesänderungen im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) angepasst, daher bezieht sich die EEG-Vergütung bis zum ersten Quartal 2012 auf Photovoltaik-Anlagen der Größe 30 bis 100 Kilowatt und ab dem zweiten Quartal 2012 auf Anlagen der Größe 40 bis 100 Kilowatt. Systempreise sind durchschnittliche Endkundenpreise fertig installierter Aufdach-Anlagen ohne Umsatzsteuer.

Quelle: Bundesverband Solarwirtschaft e. V.

Abbildung 65: Eigenstromnutzung mit Schnittstelle zum Smart Grid

Smart Grid/Smart Home

„Smart Grid“ bezeichnet ein intelligentes Stromnetz, welches eine Vernetzung und Regelung von dezentralen Stromerzeugern, zum Beispiel Einfamilienhäuser mit Photovoltaik, elektrischen Verbrauchern, Speichermedien und Gebäudetechnik ermöglicht. Die Idee ist, dass Strom am effizientesten erzeugernah verbraucht wird und die regenerative Energieerzeugung möglichst durchgängig nach Energieangebot stattfinden sollte.

Dies setzt voraus, dass Stromverbraucher, zum Beispiel Waschmaschine und Geschirrspüler, zeitlich variabel eingeschaltet werden können. Ein neues Strommanagement wird sich etablieren, bei dem Verbraucher günstige Tarife erhalten, wenn sie den Versorgungsunternehmen Zugriff auf ihr Lastmanagement gewähren oder sich entsprechend der Nachfrage auf dem Strommarkt verhalten. Das erfordert keine große Umstellung der Nutzer.

Die Wärmeerzeugung über Strom mittels Wärmepumpe nimmt dabei eine wichtige Rolle ein. Bei Effizienzhäusern kann nach Lastbedarf des Netzes antizyklisch Wärme erzeugt werden. Sie kann mit geringem Aufwand mittels üblicher Warmwasserspeicher für mehrere Tage vorgehalten werden. Diese Bilanz funktioniert umso besser, je größer und damit ausgewogener ein Netzwerk solcher Komponenten zum Beispiel auf kommunaler Ebene bestückt ist.

Die benannten Speichermöglichkeiten in Gebäuden, wie Batterien und Warmwasserspeicher, bereichern dieses Konzept und bringen eine hohe Flexibilität für das Lastmanagement des Netzes. Bei Neubau und Sanierung werden diese Strategien zunehmend zum selbstverständlichen Bestandteil zukunftsfähiger Gebäudeplanung.

Das sogenannte Smart Home steht in diesem Zusammenhang für den Komfortgedanken sowie die Energieeffizienz durch Gebäudeautomation. Als Teilnehmer im „Smart Grid“ ist ein solches Gebäude bestens vorbereitet.



Photovoltaik-Module in Tondachziegeln



Anschluss für Photovoltaik-Module in Tondachziegeln

8 Qualität der Bauausführung

Was gut geplant ist, muss in der Baupraxis richtig, kosten- und termingerecht umgesetzt werden. Dies ist eine Anforderung an das Qualitätsmanagement – sowohl in der Planung als auch in der Umsetzung. Qualitätsmanagement bezeichnet dabei sämtliche organisatorischen Maßnahmen, die der Verbesserung der Prozessqualität und der Leistungen jeglicher Art dienen. Man unterscheidet zwischen der Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle.

8.1 Qualitätsmanagement in der Umsetzung



Qualitätssicherung durch gute Planung

Die Umsetzung Ihres Bauvorhabens zu planen, fachgerecht zu koordinieren, die Ausführung zu kontrollieren, die Ergebnisse abzunehmen und damit die bestellten Qualitäten bezüglich Energieeffizienz und Nachhaltigkeit sicherzustellen, erfordert kompetente Partner an Ihrer Seite und eine hohe Qualität der Planungs- und Steuerungsprozesse. Darauf sollten Sie besonderen Wert legen – das zahlt sich am Ende mehrfach aus.

Qualitätssicherung beginnt bei der Planung durch Sorgfalt und eine präzise Beschreibung der Baumaßnahmen, die Baufirmen und Handwerker anbieten und durchführen sollen. Der richtige Anbieter ist immer der, der die bestellte, gute Qualität zu einem fairen Preis anbietet.



Qualitätskontrolle zum richtigen Zeitpunkt

Fordern Sie erfahrene Anbieter auf und lassen Sie sich von Planern und Baufirmen Referenzprojekte aus der Region benennen, die Sie im Zweifelsfall auch besuchen sollten. Sprechen Sie auch mit den Bauherren über ihre Zufriedenheit, um eine bessere Einschätzung der Akteure zu haben, die Ihr Bauvorhaben umsetzen sollen. Zusammen mit Ihrem Planer entscheiden Sie sich dann für den Richtigen.

Das gilt natürlich auch für den Fall, wenn Sie sich für eine schlüsselfertige Umsetzung und/oder ein Fertighaus entscheiden wollen. Bei Fertighäusern können Sie sich beim Besuch von Musterhäusern einen ersten Eindruck verschaffen und auch die Hersteller besuchen.

8.2 Leistungsbeschreibung: Qualität definieren

Nachdem die Detailplanung abgeschlossen ist, werden die Bauleistungen traditionell auf verschiedene Gewerke aufgeteilt, zum Beispiel Maurer, Tischler, Zimmerer, Maler, Sanitär, Elektro. Es können auch mehrere Pakete kombiniert oder alle Leistungen an einen sogenannten Generalunternehmer vergeben werden. Die Erstellung der Leistungsverzeichnisse ist eine Planungsleistung und muss durch Ihren Planer erfolgen, da sie ein wesentlicher Bestandteil der Qualitätssicherung und des Haftungsrisikos ist. Bei schlüsselfertigen Gebäuden oder Fertighausanbietern werden die Qualitäten der Bauleistungen vom Bauträger beziehungsweise Fertighaushersteller angeboten. In allen Fällen ist es jedoch Ihre Aufgabe als Bauherr, im Leistungsverzeichnis beziehungsweise den Ausschreibungstexten zu prüfen, ob die bestellte Leistung auch Ihren Qualitätsvorstellungen entspricht. Prüfen Sie daher stichprobenartig die Ausschreibung und lassen Sie sich erklären, wie und wo sich ihre Qualitätsanforderungen wiederfinden.

Ein aussagekräftiges Leistungsverzeichnis enthält neben Massen und Mengen die inhaltliche Beschreibung der Leistungsposition als wichtigstes Element. Wird zum Beispiel nur „Wärmedämmverbundsystem 160 Millimeter herstellen“ ausgeschrieben, fehlen wichtige Qualitätsmerkmale wie zum Beispiel die Art des Dämmstoffs. Ein guter Ausschreibungstext beinhaltet exakte Aussagen in Art und Umfang, das heißt Qualitäten und Quantitäten sowie einzelne Arbeitsschritte mit entsprechenden Materialbezeichnungen, -eigenschaften und -stärken, gegebenenfalls Herstellerangaben und Zulassungen. Dadurch kann sichergestellt werden, dass man die gewünschten Produkte und Qualitäten erhält.

Je genauer Ausschreibungstexte, desto besser können die einzelnen Angebote verglichen werden. Nur bei einer exakten Formulierung kann am Ende der Vergleich über den Angebotspreis erfolgen, da nur dann alle Anbieter dasselbe anbieten. Schließlich erleichtert das die Auswahl der Fachfirma enorm und spart Kosten und Ärger.



Facharbeiten dem Fachmann überlassen

8.3 Eigenleistungen realistisch einschätzen

Achten Sie beim Kalkulieren und Erbringen von Eigenleistung darauf, dass Sie zeitlich, fachlich und körperlich in der Lage sind, derartige Arbeiten auch ausführen zu können. Bestimmte Leistungen, wie zum Beispiel Abdichtungsarbeiten, Gas- und Elektroinstallationen, sind grundsätzlich tabu. Aus Gewährleistungs- und Haftungsgründen, aber auch zu Ihrer eigenen Sicherheit sind diese ausschließlich von Fachfirmen durchzuführen.

Sind Eigenleistungen vorgesehen, müssen diese im geplanten Umfang und vor allem auch im richtigen Zeitfenster umgesetzt werden, um den Bauablauf nicht zu blockieren. Störungen der Gewerkefolge führen zu Behinderungsanzeigen und Nachträgen seitens der Firmen und damit zur Verlängerung der Bauzeit und Verteuerung des Bauvorhabens. Darüber hinaus verkomplizieren „falsche“ Eigenleistungen ganz sicher die

Auseinandersetzung im Schadensfall. Überlegen Sie also sehr gut, ob und in welchen Bereichen es für Sie auch ökonomisch sinnvoll ist, Ihre handwerklichen Fähigkeiten einzubringen. Sinnvoll ist meist erst der „letzte Schliff“, also der individuelle Ausbau, zum Beispiel im Bereich Trockenbau, Malerarbeiten, Bodenverlegung und Einbauten – das macht Spaß und stresst nicht, da man selbst entscheiden kann, wann die „Ausbau-Baustelle“ fertig wird.

8.4 Die Baustelle im Griff

Energetisch ambitionierte Bauvorhaben brauchen eine engagierte Kontrolle und qualifizierte Bauüberwachung durch einen Architekten beziehungsweise Bauleiter. Die Qualitätskontrolle auf der Baustelle sichert die planungsgerechte Umsetzung aller Maßnahmen, sowohl der Baukonstruktion als auch der technischen Anlagen.

Insbesondere bei der **Luftdichtheit** und der Wärmebrückenfreiheit der Baukonstruktion ist es wichtig, zum richtigen Zeitpunkt die neuralgischen Stellen zu kontrollieren. Hinzu kommt, dass Gewerke zusammen treffen, zum Beispiel beim Fenstereinbau Maurer und Fensterbauer. Auf gute Koordination und Abstimmung sowie auf einen reibungslosen Ablauf der Gewerkefolge kommt es also an, um die Anforderung gemeinsam richtig umzusetzen. Diese Aufgabe können Sie als Bauherr in der Regel nicht leisten und sollten es sich auch nicht zumuten. Dazu bedarf es fachlich fundierter Kenntnis und Erfahrung, viel Zeit auch für den hohen Koordinationsaufwand und häufige, unregelmäßige und schwierig planbare Anwesenheit auf der Baustelle. Allerdings sollten Sie vertraglich vereinbaren, dass Zwischenabnahmen der Bauleistungen zur Qualitäts- und Erfolgskontrolle erfolgen müssen.



Luftdichtheitsmessung



Prüfung mit Feder am Fenster

Luftdichtheitsmessung

Zur Bewertung der thermischen Qualität der Gebäudehülle stehen sehr gute technische Prüfmethode zur Verfügung, für die es mittlerweile flächendeckend Anbieter gibt.

✓ Checkliste

Vorteile der Luftdichtheit auf einen Blick

- Niedriger Heizwärmebedarf durch reduzierte Lüftungswärmeverluste
- Vermeidung von Zugerscheinungen für Bewohner
- Verbesserung der Luft- und Wohnqualität für Allergiker
- Verbesserter Schallschutz der Gebäudehülle
- Vermeidung von feuchtebedingten Bauschäden
- Optimale Betriebsbedingungen für Lüftungsanlagen
- EnEV honoriert dichtheitsgeprüfte Gebäude
- Einsparpotenziale über den gesamten Lebenszyklus
- Qualitätsnachweis gegenüber Kaufinteressenten



Checkliste

Voraussetzung für die Luftdichtheitsmessung

- Fenster und Außentüren sind eingebaut.
- Innenputz bei Außenwänden ist vollflächig aufgebracht beziehungsweise die Luftdichtungsebene eingebaut.
- Luftdichtende Bauteilanschlüsse an Fenstern und an Übergängen unterschiedlicher Konstruktionen sind hergestellt.
- Schornsteine, Klappen und andere Öffnungen sind temporär abzudichten.
- Noch keine Innenverkleidungen im Dach

Mit Hilfe einer **Luftdichtheitsmessung**, bekannt auch als Blower-Door-Test, kann einfach und effektiv die **Luftdichtheit** der Gebäudehülle überprüft werden. Zur Messung der Luftdichtheit wird ein „Einraumgebäude“ hergestellt, indem alle Fenster und Außentüren geschlossen werden, während alle Innentüren geöffnet bleiben. Ein Gebläse, das in eine Tür- oder Fensteröffnung eingebaut wird, erzeugt eine Druckdifferenz von 50 Pascal, was in etwa der Windstärke fünf entspricht. Ermittelt wird ein mittlerer Luftwechsel, aus dem auf die Luftdichtheit der Gebäudehülle geschlossen werden kann. Dies ist auch ein Qualitätsmaßstab für die Arbeit der beteiligten Baufirmen.

Noch wichtiger als das Messergebnis ist das Auffinden und Schließen kleiner Öffnungen, welche die Luftundichtheit verursachen (zum Beispiel durch Nebel oder Wärmebildkameras). Bei Gebäuden ohne raumlufttechnische Anlage (RLT) darf der Wert im Messprotokoll $3,0 \text{ h}^{-1}$ nicht überschreiten, bei Gebäuden mit RLT liegt der Grenzwert bei $1,5 \text{ h}^{-1}$.

Bei Effizienzhäusern mit Lüftungsanlage sollte ein n_{50} -Wert unter $1,0 \text{ h}^{-1}$ und bei Passivhäusern unter $0,6 \text{ h}^{-1}$ eingehalten werden. Undichtigkeiten in der Gebäudehülle, wie zum Beispiel undichte Fugen, fehlerhaft einjustierte Fenster und Türen, Fehlanlüsse oder eine unsachgemäß verarbeitete luftdichtende Schicht (zum Beispiel Dampfbremse), die einen erhöhten Energieverbrauch oder spätere Bauschäden hervorrufen können, werden bei der Messung identifiziert. Diese Leckage-Ortung erfolgt per Hand, mit Fäden, Federn, einem Luftgeschwindigkeitsmessgerät (Anemometer) oder einer Nebelmaschine. Auf der Grundlage aufgelisteter Leckagen, des Messprotokolls und der Fotodokumentation können klare Handlungsanweisungen für die Behebung der Fehlstellen vorgeschlagen und ein Nachweis über die ausreichende Luftdichtheit erteilt werden.

Eine undichte Gebäudehülle führt unter anderem zu erhöhten Wärmeverlusten. Durch den Nachweis der Luftdichtheit kann der rechnerische Luftwechsel reduziert und so einfacher ein Nachweis der Anforderungen der EnEV erreicht werden. Die Bedeutung und damit der Einfluss der Luftdichtheit der Gebäudehülle auf den Gesamtaufwand an **Primärenergie** geht mit dem erhöhten Effizienzniveau einher und liegt in der Größenordnung von zehn Prozent, bei Passivhäusern mit ausgezeichnetem Wärmeschutz noch darüber.



Tip

Luftdichtheitsmessung der Gebäudehülle:

Der Messwert „ n_{50} -Wert“ wird in der DIN EN 13829 beschrieben und bezeichnet die Austauschrate des Gebäude-Luftvolumens bei einem Unter- beziehungsweise Überdruck von 50 Pa (Pascal).

Die Grenzwerte für den n_{50} -Wert werden in der DIN 4108 beziehungsweise der EnEV benannt.

! Tipp

Rechtliche Vorschriften

§ 5 der EnEV fordert die dauerhafte Luftdichtheit der wärmeübertragenden Gebäudehülle einschließlich aller Fugen. Damit sollen unnötige Wärmeverluste durch Leckagen vermieden werden.

Weitere Informationen:

Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V.

→ www.flib.de

In der Regel wird ein Gebäude gemessen, wenn es weitgehend fertig ist, also in einem Zustand, der schon fast der späteren Nutzung entspricht. Sie sollten aber darauf Wert legen, dass die **Luftdichtheitsmessung** bereits in der Bauphase durchgeführt wird, sobald die Luftdichtheitsebene eingebaut wurde. In diesem Stadium können eventuelle Mängel noch nachgebessert werden. Zusätzlich ist darauf zu achten, dass es am Tag der Messung nicht windig ist und dass der Baubetrieb kurzzeitig unterbrochen werden kann.

Luftdichtheit ist Stand der Technik, deren Ausführung durch Verarbeiter vorauszusetzen ist und auf die Sie als Bauherr ein Recht haben.

8.5 Feuchtemessung von Baustoffen

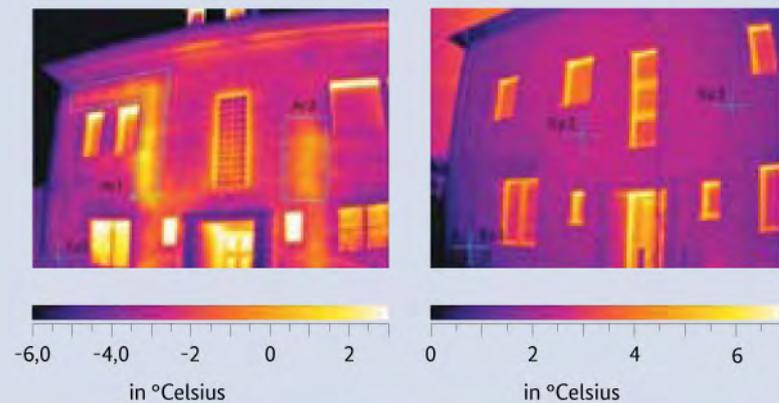
Insbesondere in der Altbausanierung ist die Bewertung des Feuchtegehaltes von Bauteilen und Baustoffen eine wichtige Information als Entscheidungsgrundlage für den energetischen Sanierungsumfang. Für die Messung stehen unterschiedliche, bauteilerstörende und zerstörungsfreie Verfahren zur Verfügung – jeweils mit verschiedenen Vor- und Nachteilen. Neben der klassischen Darr-Methode, bei der durch Probeentnahme und labortechnische Analyse geprüft wird, gibt es akustische, chemische, elektrische, hygrometrische und andere Verfahren. Welche Vorgehensweisen im Einzelfall die richtigen sind, hängt unter anderem von der Art der Baustoffe, dem Aufwand sowie der Anforderung an die Messgenauigkeit ab. Die Widerstandsfeuchtemessung wird zum Beispiel meistens bei Holz und mineralischen Baustoffen verwendet. Oft müssen mehrere Messungen durchgeführt werden, um Verfälschungen möglichst gering zu halten, insbesondere wenn nicht nur einzelne Stellen, sondern ganze Bauteile bewertet werden müssen.

Thermografie

Die Thermografie ist eine weitere nützliche Messmethode zur Qualitätskontrolle, insbesondere in der Altbauerneuerung. Voraussetzung ist eine Temperaturdifferenz zwischen innen und außen von mindestens 20 Grad und eine gleichmäßige Innentemperatur des Gebäudes von 20 Grad Celsius. Auch sollte zum Zeitpunkt der Aufnahmen von Gebäudefassaden keine direkte Sonneneinstrahlung herrschen, um Fehlinterpretationen bei den Ergebnissen zu vermeiden. Eine typische Maßnahme also für den Wintermorgen.

Als bildgebendes Verfahren ist die Thermografie hervorragend geeignet, **Wärmebrücken** anschaulich abzubilden. Der Farbverlauf der Aufnahmen zeigt Fehlstellen auf, ortet Leckagen und dokumentiert die Qualität der Ausführung – dieses Instrument ist ein unbestechlicher Schiedsrichter zwischen den Parteien, Ihnen als Bauherr und dem Planer und der ausführenden Baufirma auf der anderen Seite.

Durch die Bilder werden unterschiedliche Oberflächentemperaturen sichtbar gemacht. Bei Außenaufnahmen zeichnen sich hohe Wärmeverluste in Rot bis Gelb ab, bei Innenaufnahmen treten kalte Bereiche als Wärmeverlustflächen dunkelblau bis schwarz hervor. Beide Effekte, soweit sie unter geeigneten Randbedingungen auftreten, deuten

Abbildung 66: Wärmebilder einer Hausfassade vor und nach der Sanierung

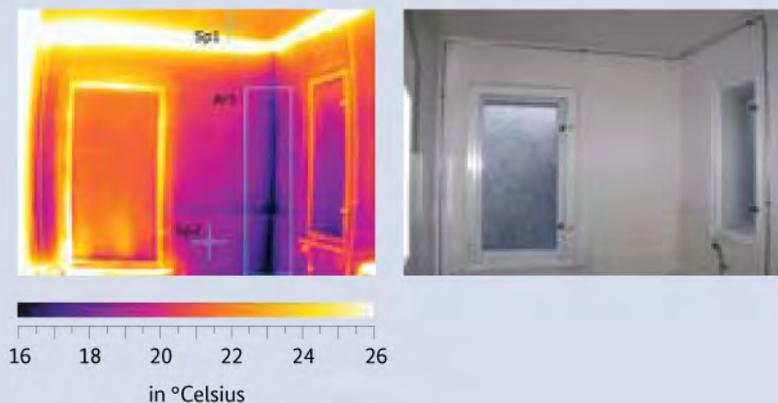
Thermische Schwachstellen sind im linken Bild gut erkennbar, zum Beispiel die in der monolithischen Außenwand verlegte, ungedämmte Heizungsleitung aus den 1920er Jahren (linke Markierung), inhomogenes Mauerwerk (rechte Markierung) oder die undichte Haustür.

Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt

auf **Wärmebrücken** oder Luftundichtheiten hin. Eine thermisch gute Gebäudehülle bildet sich außen einheitlich dunkel ab – dass die Fenster heller sind, ist normal.

Wird zum Beispiel kalte Luft während der Blower-Door-Messung durch den Unterdruck von außen in das Gebäude hineingesaugt, können diese Undichtheiten, die später zu entsprechenden Wärmeverlusten oder Zugerscheinungen führen, durch Wärmebilder von innen für das menschliche Auge sichtbar gemacht werden. Ebenso werden Wärmebrücken durch Trennwände und Geschossdecken, die in die Außenwand eingebunden sind, durch Innenthermografie auch ohne **Luftdichtheitsmessung** erkennbar.

Neben den sehr anschaulichen „bunten Bildern“ erhalten Sie auch einen vollständigen Analysebericht als Dokumentationsunterlage. Beachten Sie bitte aber auch, dass die Bewertung einer Thermografie hohes Fachwissen und Erfahrung erfordert, weil durch die Einstellung der Farbskala und zahlreiche physikalische Effekte bei der Messung die Ergebnisse stark beeinflusst werden können.

Abbildung 67: Darstellung einer Innenthermografie

Innenthermografie mit geometrischer Wärmebrücke in der Raumecke mit kalter Wandoberfläche (dunkler markierter Bereich), eine auf Putz verlegte Warmwasserleitung (heller Bereich) sowie das dazu gehörige Realbild.

Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt

8.6 Dokumentation

Aussagefähige Planungsunterlagen vereinfachen nicht nur den Kontakt mit Behörden und Kreditgebern. Als Teil einer umfassenden Objektdokumentation erleichtern sie künftige Anpassungs- und Umbauplanungen im weiteren Lebenszyklus.



Baumängel beheben und dokumentieren

Eine gute Objektdokumentation – zum Beispiel in Form einer **Hausakte** – unterstützt die Durchführung und den Nachweis von Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen und wirkt sich positiv bei einer Wertermittlung oder einem Weiterverkauf aus. Die Dokumentation beginnt bereits in der Planungs- und Ausführungsphase und setzt sich während der Nutzung fort. Im Rahmen Ihrer Bauherrenpflichten fällt Ihnen hierfür die Gesamtverantwortung zu, bei deren Wahrnehmung Sie durch Planer, Bauleiter und Fachbetriebe unterstützt werden.

Während der Bauphase ist ein Bautagebuch vom Planer beziehungsweise Bauleiter zu führen. Darin sind Angaben zu einzelnen Aktivitäten auf der Baustelle zu notieren. Die Eintragungen umfassen neben Standardangaben wie Datum oder Ort der Maßnahmen auch die Personalstärken der Firmen. Eine Dokumentation der tatsächlich ausgeführten Baumaßnahmen ist ebenfalls Bestandteil eines Bautagebuches.



Gute Objektdokumentation zahlt sich immer aus

Für Kreditgeber ist zur Kontrolle der verwendeten Mittel meist eine Dokumentation der erledigten Arbeiten anzufertigen. Besonders bei Eigenleistungen ist eine Fotodokumentation mit Zustandsänderungen einzuzeichnen, um die Mittel zu lösen. Leistungen von Fachfirmen werden durch entsprechende Rechnungen belegt.

Planungsunterlagen sind ein wesentlicher Bestandteil der Gebäudedokumentation. Neben dem **Energieausweis** und zum Beispiel den bei der Abnahme erstellten Mess- und Übergabeprotokollen für durchgeführte Maßnahmen gehören auch Verträge mit Planern und Kreditgebern in diese Dokumentation. Neben allen Verträgen und Planungsunterlagen gehören auch die Wartungsanleitungen und -nachweise sowie die Verbräuche dazu.

Eine gepflegte „Hausakte“ erleichtert spätere Umbau- und Erneuerungsmaßnahmen und ist eine wertvolle Informationsquelle für die Wertermittlung oder Beleihung. Die Idee dahinter ist, jederzeit über alle Informationen zum Haus oder zur Wohnung zu verfügen und diese Unterlage stets aktuell zu halten. Hinweise zum Aufbau einer Hausakte sind kostenfrei im Netz verfügbar.

Achten Sie stets darauf, dass Sie über einen aktuellen **Energieausweis** verfügen. Lassen Sie sich ihn bei der Übergabe des neu errichteten oder modernisierten Gebäudes beziehungsweise beim Kauf aushändigen – darauf haben Sie einen Rechtsanspruch. Sie wiederum sind verpflichtet, künftigen Käufern oder Mietern ebenfalls einen aktuellen Energieausweis vorzulegen. Auch werden sich zunehmend zum Beispiel Banken und Wertermittler für eine Beschreibung der energetischen Qualität interessieren. Der Energieausweis stellt damit nicht nur für Sie, sondern auch für Dritte eine wichtige Informations- und Entscheidungsgrundlage dar. Basierend auf öffentlich-rechtlichen Anforderungen dokumentiert er die energetische Qualität des Gebäudes.



Checkliste

Gliederung der Hausakte (www.bak.de)

I. Dokumentation der Planungs- und Bauzeit

- Gebäudepass für den Neubau von Einfamilienhäusern
- Energiebedarfsausweis
- Planungs- und Ausführungsunterlagen
- Technische Ausrüstung
- Ausbaustoffe und Einbauten
- Planungsbeteiligte und Überwachung der Ausführung
- Beteiligte an der Bauausführung
- Abnahmeprotokolle/Gewährleistungsfristen

II. Nutzungszeit

- Inspektion und Wartung
- Nutzungskosten
- Instandhaltung, Erhaltung, Modernisierung
- Fotodokumentation

III. Vertragsdokumentation

- Planung und Bauausführung
- Finanzierung
- Versicherungen



9 Einfach und sparsam im Betrieb

Die Voraussetzungen für hohen Komfort und Sicherheit im Gebäudebetrieb sind eine einfach zu bedienende Haustechnik, eine systematische Inbetriebnahme, die regelmäßige Verbrauchserfassung und -auswertung sowie die Wartung der Haustechnik. Dadurch können Einsparpotenziale festgestellt, Mängel oder Fehlfunktionen identifiziert werden. Das Zusammenspiel von Gebäude- und Geräteregeleungen sollte gezielt geplant werden und sich nicht als „zufälliger“ Baukasten mit der Herstellerwahl ergeben.

9.1 Gebäudeautomation: Steuern und Regeln

Die Haustechnik muss sich bedarfsgerecht an wandelnde Umweltbedingungen, Ihre Wünsche und die aktuelle Wohnsituation anpassen können. Den Grad der Automatisierung legen Sie fest. Nachdem Sie diese Themen in der Planung bereits mit Fachplanern diskutiert und Entscheidungen getroffen haben, geht es anschließend darum, sich der eigenen Einflussmöglichkeiten sicher zu sein und die Steuerung und Regelung für angenehme Wohnverhältnisse zu nutzen. Gebäudeautomationssysteme sowie bedarfsgerechte Steuerung und Regelung entwickeln sich rasant weiter. Lassen Sie sich beraten, ob und wie sie problemlos neue Komponenten und Systeme nachrüsten können.

Im Bereich der Gebäudetechnik kann grundsätzlich jedes Gerät individuell geregelt werden. Die Heizung wird zum Beispiel über Heizkurven geregelt, die Heizzeiten und Temperaturen beinhalten. Auch Solaranlagen, Lüftungsanlagen oder Verschattungssysteme verfügen über eigenständige Regelkreise. Zwischen den Systemen der Haustechnik bestehen aber zahlreiche Wechselwirkungen. Durch eine Vernetzung der Einzelkomponenten können diese Wechselwirkungen im Sinne der Energieeffizienz optimiert werden. Durch Gebäudeautomation eröffnen sich mögliche Einsparpotenziale zwischen fünf Prozent bis über 30 Prozent des Energieverbrauchs. Damit bieten sich auch im Bestand interessante Möglichkeiten. Der Stromverbrauch moderner Steuerungstechnik sollte nur minimal sein. Nutzen Sie daher die Möglichkeiten einer fortschrittlichen Regelungstechnik beziehungsweise der Gebäudeautomation. Erkundigen Sie sich, wie viel davon bereits ohnehin mit Ihren modernen Geräten mitgeliefert wurde – nutzen Sie diese Potenziale.



Richtig in Betrieb nehmen und regelmäßig warten



Betriebs-elemente kennzeichnen und absichern

! Tipp

Wohngebäude automatisieren? Sechs Argumente ...

- Gerätefunktionen, aktuelle Stellgrößen und Verbräuche als Voraussetzung für die Verbrauchsoptimierung können komfortabel und zentral erfasst, kontrolliert und ausgewertet werden.
- Optimierte Regelung der Gebäudetechnik, zum Beispiel Jalousiesteuerung zur maximierten Tageslichtnutzung bei gleichzeitigem Schutz vor Überhitzung durch unkontrollierte Sonneneinstrahlung
- Einsparpotenziale durch optimale Anpassung an die konkrete Umweltsituation (zum Beispiel Tageslichtsteuerung)
- Komfortable Bedienbarkeit und erweiterte Funktionalitäten über die Haustechnik hinaus
- Erfassung von Störungsmeldungen, Weiterleitung an Servicedienste
- Gebäudeautomation ist die Schnittstelle zum intelligenten Netz, Sondertarife werden nutzbar.

Moderne Heiz- und Lüftungsanlagen sind bereits mit einer komplexen Steuerungstechnik ausgestattet, um ihre Aufgaben optimal zu erfüllen. Zukünftig ist damit die Anbindung an ein Gebäudeautomationssystem möglich. Daher sollten Sie schon jetzt auf die entsprechenden Vernetzungsmöglichkeiten achten.

Temperaturregelung und Einbruchwarnung: Bei geöffnetem Fenster sollte Raumheizung und Lüftung automatisch abgeschaltet werden. Dies kann über die Beobachtung der Raumlufttemperatur oder Kontaktgeber am Fensterflügel erfolgen, welcher auf die Heizungssteuerung wirkt. Wird zudem eine Einbruchmeldeanlage installiert, können bei vorausschauender Planung die gleichen Kontakte genutzt werden.

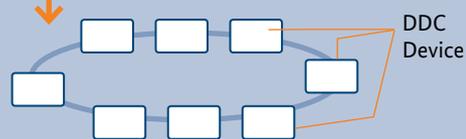
Präsenzmelder und Lichtsteuerung: Auch Präsenzmelder machen im Wohnungsbau Sinn, wie zum Beispiel in Durchgangsbereichen. Für diese Funktionen sind keine aufwändigen Steuerungskomponenten notwendig. Für eine automatische Schaltung, Dimmung oder Szenarienbeleuchtung

Abbildung 68: Schematischer Aufbau einer Gebäudeautomation

Managementebene

Visuell grafische Darstellung der Daten für den Benutzer

Automationsebene



Feldebene

Input



Sensoren

Output



Aktoren

Ebenen der Gebäudeautomation:

Voraussetzung für intelligente Steuer- und Regelstrategien ist die Vernetzung zwischen den Anlagen und den Steuereinheiten (DDC – Digital Direct Control) als Bussystem. Dafür gibt es verschiedene, zum Teil herstellereigene Standards, wie zum Beispiel KNX oder LON.

Quelle: sol:idar planungswerkstatt

Abbildung 69: Steuern und regeln mittels Gebäudeautomation

ist schon etwas mehr Gebäudeautomation notwendig, aber auch hier gilt: Je zeitiger die Berücksichtigung im Planungsprozess erfolgt, desto mehr Synergieeffekte und Nutzungsvorteile sind zwischen den verschiedenen Techniksystemen zu erreichen.

Bedienung: Die Bedienung erfolgt über normale Taster oder Bediengeräte mit Display. Diese werden häufig als Wohnungsübersicht und Darstellung der einzelnen Technik-Systeme visualisiert. Als weitere Bedienmöglichkeit etablieren sich zunehmend Smartphone-Apps. Eine auch weiterhin notwendige manuelle Bedienung ermöglicht, dass bei Ausfall der Steuerungstechnik in alle Systemeinstellungen weiterhin eingegriffen werden kann.

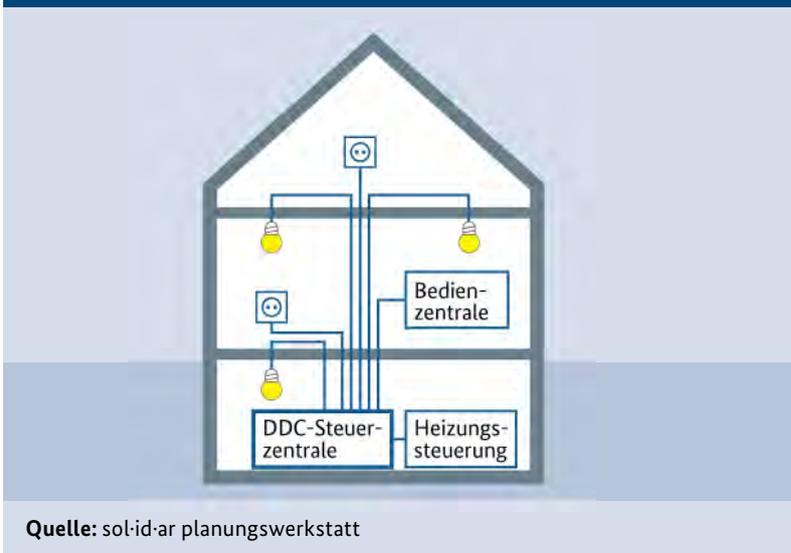
Grundsätzlich können alle Varianten auch in der Sanierung umgesetzt werden, wenn dabei zum Beispiel auch die Elektroanlage erneuert wird. Ist dies nicht der Fall, gibt es weitere Lösungen, die immer noch eine große Anzahl von zusätzlichen Steuerungs- und Optimierungsmöglichkeiten erlauben.

Abbildung 70: Steuerung über Thermostatventil

Thermostatventile sind auch über funkbasierte Lösungen steuerbar. Temperaturen sind so in jedem Raum einstellbar. In Verbindung mit zusätzlichen Fensterkontakten schaltet die Heizung bei geöffnetem Fenster automatisch ab.



Quelle: technoline

Abbildung 71: Zentrale Steuerung im Gebäude

9.2 Inbetriebnahme

Das Haus ist fertig, Sie nehmen die Bauleistungen ab und bereiten sich auf den Einzug vor. Lassen Sie sich die eingebaute Haustechnik genau erläutern und bestehen Sie auf die Übergabe der Bedienungsanleitungen sowie die Hinweise für Inspektion und Wartung. Die Haustechnik muss nochmals auf Funktionssicherheit geprüft und anschließend in Betrieb genommen werden.

Bei der Inbetriebnahme beziehungsweise in der ersten Heizperiode müssen Teile der Haustechnik richtig eingestellt und feinjustiert werden. Hierzu zählen unter anderem die passende Einstellung der Heizkurve der Heizungsanlage und der abschließende hydraulische Abgleich. Beide sind notwendig für einen günstigen Wirkungsgrad und sollten vorzugsweise bei Außentemperaturen von unter fünf Grad Celsius ausgeführt werden. Einzelne Aktivitäten können sich damit auch in den Beginn der ersten Heizperiode verschieben – planen Sie dies ein.

Der hydraulische Abgleich ist so wichtig, dass er von der EnEV vorausgesetzt und von der KfW für die Gewährung von Fördermitteln gefordert wird. Lassen Sie sich die korrekte Durchführung dieser Maßnahmen schriftlich bestätigen. Fügen Sie entsprechende Unterlagen und Protokolle zur Dokumentation Ihrer [Hausakte](#) bei. Bitte vergessen Sie nicht, sich um die Abnahme und Inbetriebnahme der Feuerungsanlagen zu kümmern. Entsprechende Anforderungen sind in den Landesbauordnungen formuliert. In der Regel dürfen Feuerungsanlagen erst in Betrieb genommen werden, wenn die Brandsicherheit und die sichere Abführung von Verbrennungsgasen geprüft und bescheinigt wurden.

Bei Maßnahmen an bestehenden Gebäuden sowie nach dem erstmaligen Einbau oder dem Ersatz von Heizkesseln, Heizungssystemen, Verteilungseinrichtungen oder Warmwasseranlagen beziehungsweise Klimaanlage oder sonstigen Anlagen der Raumluft müssen Sie sich vom jeweiligen ausführenden Unternehmen schriftlich bestätigen lassen, dass alle Anforderungen der gültigen Energieeinsparverordnung eingehalten wurden ([Unternehmererklärung](#)).



Anschluss an die Gebäudesteuerung ist nachträglich möglich

9.3 Luftfeuchte kontrollieren

Je nach Zeitpunkt der Fertigstellung der Bau- und Erneuerungsarbeiten kann sich im Bauwerk oder in der Wohnung zunächst eine erhöhte Restfeuchte befinden. Dies sollten Sie im ersten Winter nach Nutzungsbeginn beobachten und die Feuchtigkeit durch gezieltes Lüften abführen.

Empfohlen wird die Nutzung eines Hygrometers zur Messung der relativen Luftfeuchtigkeit in den Räumen. In der Heizperiode sollte diese in normal beheizten Räumen unter 55 Prozent liegen. Ein etwas erhöhter Luftwechsel ist zu verkraften – in diesem Fall geht Bautenschutz vor Energieeinsparung. Setzen Sie die Kontrolle und aktive Beeinflussung der relativen Luftfeuchtigkeit in der weiteren Nutzungsphase fort und beachten Sie die Hinweise zum richtigen Heizen und Lüften.

9.4 Inspektion und Wartung

In der Nutzungsphase muss die geplante und realisierte Qualität aufrechterhalten und optimiert werden. Hierzu dienen unter anderem die regelmäßige Inspektion und Wartung. Diese werden entweder von Geräteherstellern empfohlen beziehungsweise gefordert oder vom Gesetzgeber verlangt, ist jedoch in jedem Fall in Ihrem eigenen Interesse. Bei Klimaanlagen über zwei Kilowatt besteht zum Beispiel die Verpflichtung zur regelmäßigen Inspektion durch hierfür berechnete Personen. Legen Sie sich für notwendige Inspektionen und Wartungen einen Plan mit konkreten Terminen an. Dazu ist eine Checkliste sinnvoll. Diese sollten Sie schon bei Übergabe des Gebäudes von den Anlagenherstellern anfordern.



Gebäudesteuerung intelligent und einfach bedienbar

Da Gebäudetechnik zum Teil bereits nach 15 bis 25 Jahren erneuert werden muss, ist eine finanzielle Vorsorge für diesen Fall empfehlenswert. Denken Sie an eine ausreichende Instandhaltungsrücklage, auch wenn Sie als selbstnutzender Eigentümer hierzu gesetzlich nicht verpflichtet sind. Bewahren Sie zusätzlich Planungsunterlagen sowie Wartungsanleitungen sorgfältig auf und dokumentieren Sie die ausgeführten Arbeiten. Ihr Haus wird so zur „checkheftgepflegten Immobilie“. Gern werden Ihnen ausführende Unternehmen Wartungsverträge anbieten.

9.5 Verbräuche erfassen und auswerten

Grundsätzlich wird in Wohngebäuden der Strom- und Wasserverbrauch zu Abrechnungszwecken erfasst. Brennstoffe werden angeliefert und in Rechnung gestellt. Dies bildet eine erste Grundlage für eine Verbrauchsüberwachung und -auswertung. Mit der jährlichen Messung von Verbräuchen beziehungsweise mit einer Auswertung des jährlichen Verbrauchs von Brennstoffen können Sie allerdings lediglich den Verbrauch in einem relativ langen Zeitraum ermitteln und analysieren. Fehlfunktionen von Anlagen werden so erst spät oder überhaupt nicht erkannt.

Zusätzliche Zähler, aber auch ein systematisches, zum Beispiel monatliches Ablesen, Erfassen und Auswerten der Verbräuche können Ihnen weitaus schneller Aufschluss geben. Weitere Stromzähler als Teil- oder Unterzähler eignen sich beispielsweise für die Erfassung des Stromverbrauchs Ihrer Wärmepumpe. So können Sie nachvollziehen, wie viel

Tabelle 8: Wartungsaufwand für Haustechnikkomponenten

Gaskesselanlage: Schornsteinfeger, Kesselwartung	●
Wärmepumpenanlage: Anlagenwartung	○
Solarthermieanlage: Kollektorreinigung, Anlagenwartung	○
Holzpellet-/Hackschnitzelanlage: Schornsteinfeger Kesselwartung, Reinigung/Wartung Förderanlage	●
Blockheizkraftwerk: Schornsteinfeger, Motorwartung, Anlagenwartung	●
Fernwärme: Anlagenwartung	○
Photovoltaikanlage: Modulreinigung, Anlagenwartung	○
Abluftanlage: Gerätewartung und -reinigung	○
Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung: Filterwechsel Gerätewartung/-reinigung	●
● hoch ● mittel ○ gering	

Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt

Strom Sie allein für die Raumheizung verwenden. Auch den Ertrag Ihrer Photovoltaikanlage sollten Sie gesondert messen und mit der Prognose der Erträge vergleichen.

Energetisches Monitoring, also die systematische Erfassung und Analyse der Energieverbräuche im Gebäude, können Sie beliebig detailliert durchführen. Die gewonnenen Daten sind wertvoll für Ihre eigene Verwendung aber auch für andere Bauherren oder Institutionen. Nur mit einer Messtechnik, bei der die Verbräuche für Heizen, Warmwasserbereitstellung und Haushaltsstrom separat erfasst werden, kann der Energiebedarf sinnvoll ausgewertet und optimiert werden. Dies kann mittels monatlicher manueller Ablesung oder unter Nutzung von Möglichkeiten der Gebäudeautomation erfolgen. Für die Analyse sind Soll-Größen als Vergleichswerte sinnvoll.

Hilfreich ist es, wenn Ihr Planer oder Energieberater auf Basis der energetischen Berechnung eine Aufstellung mit den zu erwartenden monatlichen Verbrauchswerten vorbereitet, mit der Sie den tatsächlichen Verbrauch vergleichen können. Die systematische Erfassung und Auswertung der Energieverbräuche ist auch eine Grundlage für die Erstellung oder Aktualisierung des Energieverbrauchsausweises. Bitte bewahren Sie Ihre Energierechnungen auf, oft wird darin der jährliche Energieverbrauch direkt angegeben.

Abbildung 72: Verbrauchserfassung zur Kontrolle/Optimierung

10 Beispiele aus der Praxis

Energetische Sanierung im Bestand:

Durch gute Planung, innovative Prüfverfahren sowie speziell angepasste Bauprodukte sind Bestandsgebäude, auch solche mit Denkmalanforderungen, mit optimalem Komfortgewinn und exzellenten Energiekennwerten realisierbar.



Denkmalgerechte Sanierung, Westerkappeln 2008



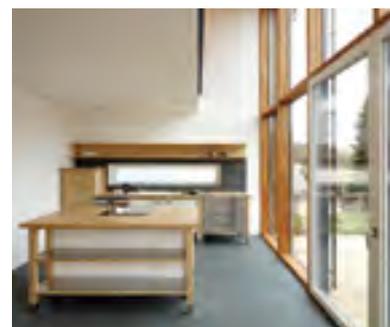
Energetische Sanierung, Koblenz 2008



Passivhaus, Augsburg 2010



Barrierearme Sanierung Haus Schätz, Bad Abbach 2011



Energieeffizienz im Neubau

Dem ambitionierten Bauherrn steht eine Vielzahl verschiedenster Ausführungsmöglichkeiten in allen Energiestandards zur Verfügung. Überlegungen zu Energieeffizienz und Nachhaltigkeit schränken den Gestaltungsspielraum nicht ein.

Der Effizienzhaus-Plus-Standard wird bereits schlüsselfertig angeboten oder kann bei entsprechender Vorhaltung mit geringem Aufwand später nachgerüstet werden.

Mehr Informationen zu diesen und weiteren Projekten finden Sie über Internetangebote der Deutschen Energieagentur (dena) und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB).

→ <http://effizienzhaus.zukunft-haus.info>

→ www.bmub.bund.de



Passivhaus Baesweiler, Aachen 2010



KfW-Effizienzhaus 60 Klumpp, Weisenbach 2008



Effizienzhaus-Plus individuell als Fertighaus





Vorzeigebispiel für einfache und praktische Raumaufteilung durch flexible Trennwände und für den Einsatz natürlicher Baustoffe.
Bauherr: Dagmar und Markus Merz,
Architekt: Markus Merz, Langerringen

Passivhaus Merz, Langerringen, Neubau 2006

Kennwerte:

Energiestandard	Passivhaus
Wohnfläche und Bruttogeschossfläche	141 m ² /211 m ²
Baukosten (gesamt, brutto)	1.325 €/m ² BGF
Endenergiebedarf	18,6 kWh/(m ² a)
Primärenergiebedarf	28,1 kWh/(m ² a)
Mittlerer U-Wert Gebäudehülle	0,24 W/m ² K

Kurzbeschreibung:

Das Passivhaus Merz gliedert sich durch seine einfache Form und ortstypische Materialbezüge hervorragend in die umliegende Wohnbebauung ein – als Wohnskulptur. Ein hoher Vorfertigungsgrad des Holzbaues ermöglichte eine kurze Bauzeit. Im Sinne der Ökologie sind alle Hölzer lediglich geölt, die Wanddämmung wurde mit nachwachsenden Rohstoffen wie Holzfaser beziehungsweise Zellulose realisiert und der Verlust an versiegelter Fläche durch ein Warmdach mit extensiver Begrünung ausgeglichen. Durch die offene und flexible Grundrissgestaltung ist das Gebäude optimal an veränderte Nutzungsverhältnisse anpassbar.

Technik:

Heizung	Wärmepumpe (Luft)
Warmwasser	Zentral
Lüftung	Zu- und Abluft mit WRG



Das Gebäude wurde auf architektonisch hochwertigem Niveau hinsichtlich der Nutzung und des Energiestandards für die nächsten vierzig Jahre fit gemacht.
Bauherr: Familie Hild,
Architekt: Benjamin Wimmer, schulze darup & partner, Nürnberg

Haus Hild, Nürnberg, Sanierung 2006

Kennwerte:

Energiestandard	KfW 55
Wohnfläche und Bruttogeschossfläche	196 m ² /263 m ²
Baukosten: (KG300+400)	1.060 €/m ² BGF
Endenergiebedarf	14,21 kWh/(m ² a)
Primärenergiebedarf	36,96 kWh/(m ² a)
Mittlerer U-Wert Gebäudehülle	0,24 W/m ² K

Kurzbeschreibung:

Das Bestandsgebäude aus den fünfziger Jahren war geprägt von dunklen Räumen mit minimalem Bezug zum Garten. Hauptziele der Sanierung waren mehr Tageslicht in den Räumen, eine Optimierung des Bezugs zum Garten und die Senkung der Heizkosten. Eine Auskrugung des Obergeschosses und die Loggia wurden durch eine Verschiebung der Gebäudehülle aufgehoben zugunsten zusätzlichen Platzgewinnes. Dadurch wird die Hülle kompakter und durch die großzügigen Glasflächen erhöhen sich die solaren Gewinne. Die monolithische Außenwand wurde mit Wärmedämmverbundsystem im Passivhaus-Standard gedämmt.

Technik:

Heizung	Erdsonde und Wärmepumpe 2. BA
Warmwasser	Solarthermie
Lüftung	Zu-/Abluftanlage mit WRG
Erneuerbare	PV-Anlage mit 3,8 kW _p

Haus am Seeufer, Langenargen, Neubau 2009

Kennwerte:

Energiestandard	Passivhaus
Wohnfläche und Bruttogeschossfläche	162 m ² /211 m ²
Baukosten (gesamt, brutto)	320.000 €
Endenergiebedarf	13,25 kWh/(m ² a)
Primärenergiebedarf	36,3 kWh/(m ² a)
Mittlerer U-Wert Gebäudehülle	0,21 W/m ² K

Kurzbeschreibung:

Durch den als Filter vorgestellten, offenen Carport erreicht man über einen langen Steg die Eingangsbox. Das Objekt schwebt auf Stahlstützen, auf denen ein Holzrahmen lagert, der vorgefertigte Bodenelemente aufnimmt. Fertig gedämmte Lignotrend-Wandteile sind mit speziell entwickelten Krakla-Bändern biegesteif verbunden. Die Deckenelemente aus HBV-Fertigteilen sind gleichfalls biegesteif angeschlossen. Dadurch konnten für Holzbauten einzigartige Schall- und Schwingungswerte erreicht werden. Sonst notwendige, aussteifende Zwischenwände waren verzichtbar. Die mit gebäudehohen Industrieglastafeln verkleidete Fassade bildet einen flächigen Klimapuffer.

Technik:

Heizung	Wärmepumpe, Solarthermie
Warmwasser	Solarthermie
Lüftung	Kontrollierte Lüftungsanlage mit Erdvorwärmung
Für WC + Garten	Regenwassersammelanlage



Der Blick orientiert sich in Richtung der Gebäudelängsachse zum Park und See. Die kompakte Gebäudeform, ursächlich dem Grundstück geschuldet, unterstützt die Ausführung als Passivhaus.
Architekt: R. Geckeler

Denkmal Villa Golta, Hamburg, Sanierung 2008

Kennwerte:

Energiestandard	KfW 70 (100)
Wohnfläche und Bruttogeschossfläche	179 m ² /279 m ²
Baukosten (KG300+400)	144.000 €
Endenergiebedarf	139 kWh/(m ² a)
Primärenergiebedarf	106,9 kWh/(m ² a)
Mittlerer U-Wert Gebäudehülle	0,44 W/m ² K

Kurzbeschreibung:

Das denkmalgeschützte Haus wurde auf Grundlage der Originalpläne von 1930 saniert. Da die Fassade nicht verändert werden konnte, wurde eine Kerndämmung eingeblasen, die Kellerdecke mit Vakuumdämmung bekleidet, die Fenster durch energetisch günstigere Scheiben und Rahmen ersetzt. Die Zwischensparrendämmung des Daches erreichte nicht die gewünschte Qualität, weshalb noch eine Aufsparrendämmung nötig wurde. In enger Zusammenarbeit und Förderung durch das Denkmalamt wurde das Dach und die Klinkerfassade um die Dämmstärke erhöht. Auf der Westseite der Dachfläche wurden acht Quadratmeter Solarkollektoren eingearbeitet und an die Dachdeckung angeglichen.

Technik:

Heizung	Gasbrennwerttherme
Warmwasser	Solarthermie
Lüftung	Keine (Denkmalschutz)



Durch gute Zusammenarbeit zwischen Bauherren, Architekten und Denkmalamt wurde ein denkmalgeschütztes Gebäude in die Zukunft gerettet.
Bauherr Familie Golta,
Architekt H.-J. Peter



Durch die konsequente Umsetzung der Integralen Planung repräsentiert das Gebäude ein Leuchtturmprojekt für das „Aktivhaus der Zukunft“. Als Bauwerkskosten (KG 300-400) werden 2.245 Euro pro Quadratmeter Bruttogrundfläche (BGF) angegeben.

Literatur: EnergiePlus,
ISBN 9-783000-291675
Architekt: Berschneider + Berschneider,
Pilsach

EFH Berghalde, Leonberg, Neubau 2010

Kennwerte:

Energiestandard	Plusenergie
Wohnfläche (WF) und Bruttogeschossfläche	260 m ² /595 m ²
U-Werte Außenwand/Dach	0,15/0,12 W/m ² K
U-Werte Fenster/Verglasung	0,90/0,60 W/m ² K
Solarer Stromertrag/m ² WF	62,5 kWh/(m ² a)
Heizenergiebedarf/m ² WF	43 kWh/(m ² a)
Strombedarf Geräte/Beleuchtung	13 kWh/(m ² a)

Kurzbeschreibung:

Als reines „Stromhaus“ mit Elektromobilität (E-PKW) verfolgt das Netto-Plusenergie-Wohnhaus in Leonberg das Ziel, eine hohe Eigenstromnutzung zu erreichen. Das Energiedesign umfasst eine wärme- und luftdichte Gebäudehülle, Energieeffizienztechnologien sowie passive und aktive Solarenergienutzung.

Die Energieversorgung erfolgt durch eine dachintegrierte Photovoltaik-Anlage und Anschluss ans öffentliche Stromnetz. Das Heizsystem basiert auf eine monovalente Wärmepumpe, Erdsonden, Niedertemperatur-Fußbodenheizung und zentraler Trinkwarmwassererwärmung mit dezentraler Nacherwärmung durch elektrische Mini-Durchlauferhitzer an den Zapfstellen. Die mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung (maximal 300 Kubikmeter pro Stunde) ist mit einem 50 Meter langen Erdreichwärmetauscher (Rohr DN 200) gekoppelt, der die Frischluft im Winter vorwärmt und im Sommer moderat abkühlt. Als Energiespeicher dienen thermisch wirksame innere Gebäudemassen, ein Pufferspeicher (Wasservolumen 800 Liter), zwei stationäre Batterien sowie die beiden Elektrofahrzeuge. Eine übergeordnete GLT verbindet alle relevanten Energieversorgungs-komponenten und Stromverbraucher und wird für das intelligente Stromlast-Management genutzt.

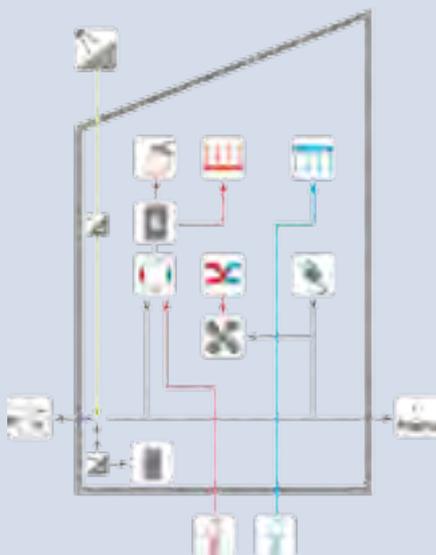
Zum Energiekonzept gehören auch energiesparende Haushaltsgeräte (Wasch- und Spülmaschine mit Warmwasser-Anschluss), eine energieeffiziente Beleuchtung sowie Sonnenschutzverglasung und außen liegende Jalousien. Das Messkonzept wird vom Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit gefördert. Die Monitoring-Ergebnisse der vier Betriebsjahre bestätigen beziehungsweise übertreffen die Planungsdaten.

Die Photovoltaik-Anlage konnte mit rund 16.000 Kilowattstunden pro Jahr (circa 1.067 kWh/kW_p) einen überdurchschnittlich hohen solaren Stromertrag erzielen. Demgegenüber steht ein Gesamtstromverbrauch von durchschnittlich 10.800 Kilowattstunden pro Jahr (inklusive E-Mobilität), so dass sich ein deutlicher Energieüberschuss in der Jahresbilanz ergibt. Der solare Deckungsanteil liegt bei 43 Prozent, die Eigenstrom-Nutzung bei 30 Prozent.

Technik:

Heizung	Erdsonden-Wärmepumpe 3,5 kW _e
Warmwasser	Wärmepumpe und Mini-Durchlauferhitzer an den Zapfstellen
Lüftung	Zentrale Zu-/Abluftanlage WRG 85 %
Stromversorgung	Netz, PV-Anlage 15 kW _p
Stromspeicherung	7 + 20 kWh Blei/Gel-Batterien

Abbildung 73: Schema Energetisches Versorgungskonzept



Quelle: N. Fisch

EFH energy+ Home, Mühltal, Bestand, 2011

Kennwerte:

Energiestandard	Plusenergie
Wohnfläche (WFL) und Bruttogeschossfläche	193 m ² / 389 m ²
U-Werte Außenwand/Dach	0,13 / 0,12 W/m ² K
U-Werte Fenster/Verglasung	0,78 / 0,50 W/m ² K
Stromertrag/m ² NF	34 kWh/(m ² a)
Heizenergiebedarf/m ² NF	38 kWh/(m ² a)
Strombedarf Geräte/Beleuchtung	23,5 kWh/(m ² a)

Kurzbeschreibung:

Das Gebäude aus dem Jahr 1970 ist eines der ersten Plus-Energiehäuser im Bestand. Bei der Sanierung wurden circa 26 Zentimeter Wärmedämmung angebracht. Somit konnte ein U-Wert von durchschnittlich 0,18 Kilowattstunde pro Quadratmeter und Jahr für opake Bauteile erzielt werden. Durch die verschiedenen Oberflächen und die Gestaltung der Fassade gewinnt das Gebäude auch an architektonischer Qualität.

Die Fensterflächen wurden auf circa 55 Quadratmeter vergrößert und mit einer 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung ausgestattet. Die Grundfläche wurde durch den Ausbau der Öltanks und der Umzonierung der Terrasse zu einem Wintergarten um circa 40 Quadratmeter vergrößert. Das Dach wurde großzügig zwischen und auf den Sparren gedämmt. Dadurch konnte ein U-Wert von 0,12 kWh/m²K erreicht werden. Klare Flächen und hochwertige Materialien machen das ehemals enge Haus zu einem modernen großzügigen Wohnhaus mit angenehm geschnittenem Grundriss.

Als Energiequelle werden die Sonne und die Umweltwärme genutzt. Beheizt wird das Haus durch eine Luft-Wasser-Wärmepumpe. Aus einer Kilowattstunde Strom erzeugt die Wärmepumpe bis zu vier Kilowattstunden Wärme. Diese wird mit einer Vorlauftemperatur von 35 Grad Celsius an die Fußbodenheizung übergeben. Die Temperatur kann von den Nutzern individuell für die einzelnen Räume eingestellt werden. An besonders kalten Tagen dient ein Kamin der Unterstützung der Wärmepumpe. Das Warmwasser wird über die Wärmepumpe erwärmt.

Durch eine Photovoltaikanlage auf dem Dach mit einer Leistung von 12,8 kW_p wird der Strombedarf für Heizung, Beleuchtung und Elektrogeräte in der Gesamtjahresbilanz gedeckt und ein Elektroauto betrieben. Mit dem Auto können circa 25.000 Kilometer im Jahr gefahren werden. Im Sommer wird die überschüssige Energie in das Netz eingespeist. Durch die vergrößerten Flächen entsteht ein monetärer Nutzen durch einen höheren Gebäudewert, der die Mehrkosten für das Erreichen der CO₂-Neutralität aufwiegt.

Technik:

Heizung/WW	Luft/Wasser-Wärmepumpe zusätzlicher Kamin mit Wasser-Wärmetauscher
Lüftung	Mechanische Lüftungsanlage mit bis zu 90% WRG
Beleuchtung und Elektromobilität	PV-Anlage (12,8 kW _p)



Das Zusammenspiel zwischen Architektur und Haustechnik ist beispielhaft für eine Sanierung und zeigt, dass Plusenergiehäuser auch im Bestand möglich sind.
Architekt: LANG+VOLKWEIN
Architekten und Ingenieure / TSB
Ingenieurgesellschaft, Darmstadt

Abbildung 74: Schema Energiekonzept

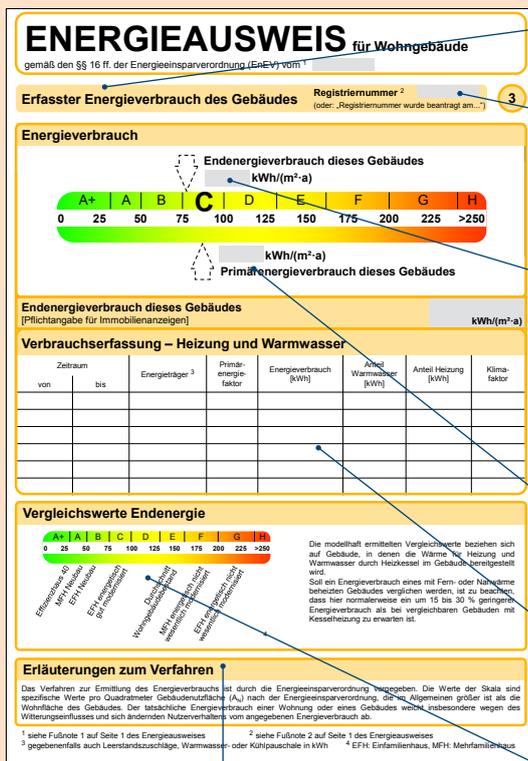


Quelle: LANG+VOLKWEIN | Jürgen Volkwein

11 Anhang

11.1 Den Energieausweis richtig lesen

Der Energieausweis ist ein Dokument, das wichtige Informationen zu den energetischen Eigenschaften eines Gebäudes enthält. Um die darin enthaltenen Aussagen verstehen und interpretieren zu können, müssen Sie den **Energieausweis** jedoch auch „lesen“ können. Am Beispiel von Blatt 3 eines Energieverbrauchsausweises und von Blatt 2 eines Energiebedarfsausweises für Wohnbauten werden wesentliche Inhalte vorgestellt.



Hinweis auf die Art des Energieausweises – hier Energieverbrauchsausweis auf Basis von gemessenen Verbräuchen.

Die durch eine zuständige Stelle vergebene Registriernummer erlaubt die Zuordnung des Energieausweises zu seinem Ersteller und dient der Nachvollziehbarkeit und Qualitätssicherung. Jeder Ausweis hat eine spezifische Registriernummer.

Angaben zum zunächst gemessenen und dann zur Verbesserung der Vergleichbarkeit auf einheitliche Rahmenbedingungen umgerechneten Verbrauchs an Endenergie durch Einordnung in eine Skala sowie durch Zuordnung zu einer Effizienzklasse A+ ("energetisch sehr gut") bis H ("energetisch sehr schlecht").

Angaben zum auf Basis des gemessenen und umgerechneten Verbrauchs an Endenergie berechneten Aufwandes an Primärenergie, nicht erneuerbar.

Tabelle mit Angaben zur energieträgerspezifischen Erfassung, Ermittlung und Umrechnung des Verbrauchs an Energie. Bei einem Verbrauchsausweis soll diese Tabelle mindestens Angaben für drei zurückliegende Kalenderjahre enthalten.

Wichtige Hinweise: Die Bezugsfläche für die Energiekennwerte ist nicht die Wohnfläche, sondern die Gebäudenutzfläche nach EnEV. Der ausgewertete Energieverbrauch wird unter anderem durch das Verhalten der Nutzer beeinflusst. Insbesondere bei einer Änderung der Nutzer oder ihres Verhaltens kann sich der aktuelle Verbrauch deutlich von Angaben im vorliegenden Energieverbrauchsausweis unterscheiden.

Angabe von Vergleichswerten zum Endenergieverbrauch für Heizung und Warmwasserbereitung. Kennwerte, die ausschließlich die Beheizung umfassen, liegen 20 bis 30 Kilowattstunden je Quadratmeter niedriger. Die angegebenen Hinweise zu Gebäuden, die mit Fern- oder Nahwärme versorgt werden, sind zu beachten.

Tabelle 9: Energieeffizienzklassen

Einteilung der Energieeffizienzklassen nach Anlage 10 EnEV 2014	Grobe Abschätzung des Energiebedarfs an Öl und Gas		
Energieeffizienzklasse	Endenergie [kWh/m ² a]	Öl [l]	Erdgas [m ³]
A+	< 30	3	3
A	< 50	5	5
B	< 75	7,5	7,5
C	< 100	10	10
D	< 130	13	13
E	< 160	16	16
F	< 200	20	20
G	< 250	25	25
H	> 250	> 25	> 25

Quelle: sol-id-ar planungswerkstatt

Hinweis auf die Art des Energieausweises – hier Energiebedarfsausweis auf Basis von Berechnungsergebnissen

ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude
gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom 1.

Berechneter Energiebedarf des Gebäudes Registriernummer 2
(oder „Registriernummer wurde beantragt am...“) 2

Energiebedarf

CO₂-Emissionen ³ kg/(m²·a)

Endenergiebedarf dieses Gebäudes kWh/(m²·a)

0 25 50 75 100 125 150 175 200 225 >250

Primärenergiebedarf dieses Gebäudes kWh/(m²·a)

Anforderungen gemäß EnEV ⁴

Primärenergiebedarf Ist-Wert kWh/(m²·a) Anforderungswert kWh/(m²·a) Verfahren nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10

Energetische Qualität der Gebäudehülle H_t Ist-Wert W/(m²·K) Anforderungswert W/(m²·K) Verfahren nach DIN V 18599

Sommerlicher Wärmeschutz (bei Neubau) eingehalten Regelung nach § 3 Absatz 5 EnEV

Vereinfachungen nach § 9 Absatz 2 EnEV

Endenergiebedarf dieses Gebäudes [Pflichtangabe in Immobilienanzeigen] kWh/(m²·a)

Angaben zum EEWärmeG ⁵

Nutzung erneuerbarer Energien zur Deckung des Wärme- und Kältebedarfs auf Grund des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG)

Art: Deckungsanteil: %

Ersatzmaßnahmen ⁶

Die Anforderungen des EEWärmeG werden durch die Ersatzmaßnahmen nach § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG erfüllt.

Die nach § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG verschärfte Anforderungswerte der EnEV sind eingehalten.

Die in Verbindung mit § 8 EEWärmeG um verschärfte Anforderungswerte der EnEV sind eingehalten.

Verschärfter Anforderungswert Primärenergiebedarf: kWh/(m²·a)

Verschärfter Anforderungswert für die energetische Qualität der Gebäudehülle H_t: W/(m²·K)

Vergleichswerte Endenergie

0 25 50 75 100 125 150 175 200 225 >250

Effizienzklasse A+ A B C D E F G H

EEWärmeG (A) MFH/Neubau EEWärmeG (B) EEWärmeG (C) EEWärmeG (D) EEWärmeG (E) EEWärmeG (F) EEWärmeG (G) EEWärmeG (H)

EEWärmeG (A) EEWärmeG (B) EEWärmeG (C) EEWärmeG (D) EEWärmeG (E) EEWärmeG (F) EEWärmeG (G) EEWärmeG (H)

Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

Die Energieeinsparverordnung lässt für die Berechnung des Energiebedarfs unterschiedliche Verfahren zu, die im Einzelfall zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch. Die ausgewiesenen Bedarfswerte der Skala sind spezifische Werte nach der EnEV pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche (A₀), die im Allgemeinen größer ist als die Wohnfläche des Gebäudes.

¹ siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises ² siehe Fußnote 2 auf Seite 1 des Energieausweises ³ freiwillige Angabe

⁴ nur bei Neubau sowie bei Modernisierung im Fall des § 16 Absatz 1 Satz 3 EnEV ⁵ nur bei Neubau ⁶ nur bei Neubau

⁷ EFW: Einfamilienhaus, MFH: Mehrfamilienhaus

Die durch eine zuständige Stelle vergebene Registriernummer erlaubt die Zuordnung des Energieausweises zu seinem Ersteller und dient der Nachvollziehbarkeit und Qualitätssicherung. Jeder Ausweis hat eine spezifische Registriernummer.

Freiwillige Angabe der auf Basis des berechneten Energiebedarfes ermittelten CO₂-Emissionen in der Nutzungsphase zur Beschreibung der Wirkungen auf die globale Umwelt

Angaben zum rechnerischen Bedarf an Endenergie durch Einordnung in eine Skala sowie durch Zuordnung zu einer Effizienzklasse A+ („energetisch sehr gut“) bis H („energetisch sehr schlecht“). Der Bedarf wurde unter normierten Randbedingungen ermittelt und kann zum Teil deutlich vom Verbrauch abweichen.

Angabe zum rechnerischen Bedarf an Primärenergie, nicht erneuerbar. Es handelt sich hier um die Hauptnachweisgröße der EnEV und einen Hinweis auf den Umfang der Inanspruchnahme von Ressourcen.

Angabe des Ergebnisses der Berechnung des Aufwandes an Primärenergie, nicht erneuerbar. Durch den Vergleich mit dem Anforderungswert nach EnEV kann abgelesen werden, in welchem Umfang die Anforderungen der EnEV eingehalten oder unterschritten werden.

Angabe des Ergebnisses der Berechnung von Werten zur Charakterisierung der energetischen Qualität der Gebäudehülle. Neben dem Vergleich mit dem Anforderungswert nach EnEV (muss mindestens eingehalten werden) ist auch ein Vergleich mit sonstigen Empfehlungen möglich.

Die Anforderungen des EEWärmeG können auch dadurch eingehalten werden, dass bei Primärenergie und energetischer Qualität der Hülle deutlich verschärfte Werte erreicht werden. Dies wird als alternative Lösung anerkannt und hier dargestellt.

Angaben zu Art und Umfang der Erfüllung von Anforderungen des Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetzes (EEWärmeG) durch Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energie

11.2 Checkliste

! Tipp

Gut beraten!

Die richtigen Planer und Berater für Ihr Bauvorhaben sollten produktunabhängig sein und ihre Fachkompetenz durch überzeugende Referenzen belegen. Sicher haben Sie schon Empfehlungen aus dem Bekannten- oder Kollegenkreis.

Auch helfen diverse Institutionen wie Architekten- und Baukammern der Länder, dena, Verbraucherzentrale etc. oder das Internet. Hinterfragen Sie Referenzbeispiele auf energetische Qualitäten im Betrieb und befragen Sie Bewohner zu ihrer Zufriedenheit in der Planung und Ausführung.

Ob Neubau oder Altbausanierung – es kommt eine Vielfalt an Aufgabenstellungen, Entscheidungen und Prüfaufgaben auf Sie zu, die Sie ernst nehmen und über den gesamten Planungs- und Bauprozess auf dem Schirm haben müssen. Während beim Neubau das „leere Blatt“ der

Tabelle 10: Einteilung der Energieeffizienzklassen

A Allgemein		Bestand	Bauherr	Fachexperte
A 01	Eine Baudiagnose und deren Bewertung liegt vor.	●		Fachplaner
A 02	Ein Energieverbrauchskennwert liegt vor.	●	●	Energieberater
A 03	Ein unabhängiger Energieberater wurde eingebunden.		●	
A 04	Ein Planer wurde beauftragt/ist eingeschaltet.		●	
A 05	Relevante Fördermittelgeber wurden kontaktiert.		●	
A 06	Planungssicherheit/Baugenehmigung ist gegeben/geklärt.			Architekt
A 07	Finanzierung ist gesichert.		●	Hausbank
A 08	Leistungsverzeichnisse enthalten Effizienz-/Qualitätskriterien.			Architekt
A 09	Angebote wurden von Fachfirmen eingeholt/Preisspiegel liegt vor.			Architekt
A 10	Bauverträge mit den Firmen/Handwerkern sind erteilt.		●	
A 11	Bauüberwachung durch einen Bauleiter ist geklärt.		●	
A 12	Qualitätssicherung und -kontrolle sind fachlich gesichert.			(Fach-)Bauleiter
A 13	Inbetriebnahmen und Leistungsprüfungen der Anlagen sind dokumentiert.		●	Fachplaner
A 14	Erfolgskontrolle durch Messroutinen ist gesichert.		●	Fachplaner
A 15	Dokumentationskonzept der Messergebnisse liegt vor.		●	Fachplaner
B Gebäudehülle		Bestand	Bauherr	Fachexperte
B 01	Beheizte Räume und damit die Lage der Dämmlinie sind definiert.		●	Architekt
B 02	U-Werte sind entsprechend der EnEV eingehalten.			Architekt
B 03	Nachrüstverpflichtungen wurden geprüft.			Architekt
B 04	Fenster liegen genau in der Dämmlinie/Fensterlaibungen sind gedämmt.			Architekt
B 05	Dämmung an der Attika/Traufe wurden besonders detailliert betrachtet.			Architekt
B 06	Luftdichtheit im Dach ist lückenlos umgesetzt.			Architekt

Ausgangspunkt ist, liegt der Altbausanierung ein physisch existentes Bauwerk zugrunde, dessen Potenzial und Qualitäten diagnostiziert werden müssen. Und da gilt es auch, einige Punkte mehr zu beachten.

Fachwissen von Planern, Beratern und Handwerkern brauchen Sie, um Ihr Projekt erfolgreich umzusetzen. Dazu ist es hilfreich, neben allgemeinen Handlungsempfehlungen zum Hausbau (A 01 bis A 15) insbesondere solche Maßnahmen und Empfehlungen umzusetzen, die für Energiethematen bei der Planung und Herstellung sowie im Betrieb relevant sind. Diese betreffen die Gebäudehülle (B 01 bis B 12), die Heizung und Trinkwassererwärmung (C 01 bis C 10) sowie die Lüftungsanlage (D 01 bis D 06).

Auf die besondere Relevanz bei der Sanierung wird in der Spalte „Bestand“ hingewiesen sowie die Regelzuständigkeit, also ob Sie als Bauherr dafür verantwortlich sind oder Sie einen externen Planer oder Berater einbinden sollten. Dass es bei diesen Eintragungen im Einzelfall zu Abweichungen kommen wird, liegt in der Natur der Sache.

B 07	Zur Innendämmung wurde eine bauphysikalische Beratung durchgeführt.	●		Fachplaner
B 08	Aufarbeitung vorhandener Fenster wurde geprüft und bewertet.	●		Fachplaner
B 09	Dämmqualität/Luftdichtheit von Rollladenkästen wurde geprüft.			Architekt
B 10	Fenstereinbau kann ohne Bauschaum erfolgen.			Architekt
B 11	Sonnenschutz für alle relevanten Fenster vermeidet Raumüberheizung.		●	Architekt
B 12	Feuchtigkeit im Keller wurde von einem Fachberater begutachtet/bewertet.	●		Fachplaner
C	Heizung und Trinkwassererwärmung	Neubau	Bauherr	Fachexperte
C 01	Erneuerbare Energien wie Sonne/Biomasse wurden geprüft und bewertet.		●	Fachplaner
C 02	Anschlusskonditionen für Fern-/Nahwärme sind geklärt.		●	Fachplaner
C 03	Notwendigkeit/Sinnfälligkeit der Schornsteinsanierung wurde geprüft.	●		Architekt
C 04	Heizanlage innerhalb der thermischen Hülle anordnen		●	
C 05	Komfortverzicht auf Warmwasserzirkulation wurde thematisiert/bewertet.		●	
C 06	Anforderungen der EnEV sind eingehalten.			Fachplaner
C 07	Dämmung sämtlicher Rohrleitungen wurden lückenlos umgesetzt.			Architekt
C 08	Für alle Anlagen und Komponenten liegen Betriebsanleitungen vor.		●	
C 09	Wartungsaufträge wurden für alle relevanten Systeme erteilt.		●	
C 10	Nachtabsenkung/Abschaltzeiten der Heizungsanlage sind programmiert.		●	Fachfirma
D	Lüftungsanlage	Bestand	Bauherr	Fachexperte
D 01	Besondere Anforderungen definieren (für Allergiker, hohe Außenlärmpegel)		●	Architekt
D 02	Luftdichtheit der Gebäudehülle herstellen und prüfen			Fachberater
D 03	Rückwärmzahl der Wärmerückgewinnung liegt bei > 80 Prozent.			Fachplaner
D 04	Bedarfslüftung nach Duschen oder Kochen ist separat einstellbar.		●	Fachfirma
D 05	Es erfolgte eine Einweisung zur Bedienung aller TGA-Anlagen/Komponenten.			Fachfirma
D 06	Wartungsauftrag/-vertrag für die Anlage ist erteilt.		●	

Quelle: sol:id:ar planungswerkstatt

11.3 Förder- und Beratungsmöglichkeiten

Die Planung und Umsetzung privater Bauvorhaben wirft vielfältige Fragen auf. Bei den komplexen Aufgaben und Anforderungen bekommen Sie aber tatkräftige Unterstützung. Nutzen Sie zum Beispiel die vielfältigen und individuellen Beratungsmöglichkeiten von Kommunen, Stadtwerken, Handwerksunternehmen, Planern und von der öffentlich geförderten Energieberatung der Verbraucherzentralen. Die Möglichkeiten reichen dabei von der schnellen Klärung durch Hotlines über die Vor-Ort-Beratung bis hin zur Erstellung von gebäudespezifischen Analysen und Energiekonzepten. Insbesondere bei einer energetischen Modernisierung lohnt sich die konkrete Beratung vor Ort. Neben dem flächendeckenden Angebot der Verbraucherzentralen für Bau-, Wohn- und Umweltberatung bieten zum Beispiel einzelne Bundesländer spezielle Programme an. Bundesweit bietet die KfW finanzielle Unterstützung und Beratung beim energieeffizienten Bauen und Sanieren an. Gefördert wird das rechnerisch nachweisbare Erreichen eines KfW-Effizienzhaus-Standards. Weitere Fördermöglichkeiten finden Sie auch auf der Seite des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, die Ihnen einen Überblick über sämtliche

! Tipp

Fördermöglichkeiten auf Bundesebene

- **KfW**
www.kfw.de
- **Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle**
www.bafa.de
- **Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie**
www.foerderdatenbank.de
- **Energieeffizienz-Experten für die Förderprogramme des Bundes**
www.energie-effizienz-experten.de

Informationsportale

- **Deutsche Energie-Agentur GmbH**
www.dena.de
- **BINE Informationsdienst**
www.energiefoerderung.info
- **Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung**
www.bbsr-energieeinsparung.de
- **Umweltbundesamt**
www.umweltbundesamt.de
- **bz bv – Bauförderer**
www.baufoerderer.de
- **GIH Gebäudeenergieberater Ingenieure Handwerker Bundesverband e. V.**
www.gih.de

Tabelle 11: Einteilung der Energieeffizienzklassen

Beratung zu den Themen	Recht	Planen	Bauen	Nutzen	Fördern Finanzieren	Hotline	Vor-Ort
Verbraucherzentrale Bundesverband e.V. www.vzbv.de	●				●	●	
vzbv – Energieberatung www.verbraucherzentrale-energieberatung.de	●			●	●	●	●
Deutsche Energieagentur GmbH www.dena.de		●		●		●	
Fachagentur Nachhaltige Rohstoffe e.V. http://baustoffe.fnr.de		●	●	●	●	●	
Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle www.bafa.de				●	●	●	●
KfW www.kfw.de					●	●	
Wohnen im Eigentum www.wohnen-im-eigentum.de	●		●		●	●	●
Verband Privater Bauherren e.V. www.vpb.de	●	●	●	●		●	

Förderprogramme und Finanzhilfen des Bundes, der Länder und der EU bietet. Darüber hinaus gibt es immer wieder kommunale und bundesländerspezifische Einzelprogramme zu unterschiedlichen Förderschwerpunkten. Prüfen Sie auch Angebote der regionalen Energieversorger. Oft bieten diese Zuschüsse oder günstige Tarife für Markteinführungen an.

11.4 Glossar

Aerogel-Dämmung: Hochwirksame, nano-porosierte Dämmung, die zu über 95 Prozent aus Luft besteht und dadurch extrem leicht und hochwärmedämmend ist.

Arbeitszahl: Kennzahl zur Beschreibung der Energieeffizienz von Wärmepumpen. Sie bildet ab, wie viel Kilowattstunden Heizwärme durch eine Kilowattstunde Strom entstehen. Je höher die Arbeitszahl, desto effizienter die Wärmepumpe.

Äquivalenter Energiepreis: Kriterium zur Beschreibung der Wirtschaftlichkeit von Energieeinsparmaßnahmen, entspricht den Kosten der eingesparten Kilowattstunden Energie infolge einer Maßnahme in Euro pro Kilowattstunde und kann mit den Kosten der Bereitstellung von Energie verglichen werden.

BUS: Leitungssystem über einen gemeinsamen Übertragungsweg mit zugehörigen Steuerungskomponenten zum Datenaustausch zwischen Hardware-Komponenten.

DDC-Steuerung: Frei programmierbares System zur Steuerung und Regelung gebäudetechnischer Anlagen.

Endenergie: Energiemenge der verbrauchten Energieträger, die für die Energieversorgung des Gebäudes benötigt und auch bezahlt wird (zum Beispiel Heizöl, Erdgas, Holzpellets, Fernwärme). Sie ergibt sich aus der Nutzenergie zuzüglich der im Gebäude auftretenden Anlagen- und Leitungsverluste.

Energieausweis: Dokument zur energetischen Bewertung eines Gebäudes als Bedarfsausweis auf Grundlage von Berechnungen, als Verbrauchsausweis auf Grundlage von Messungen. Grundsätze, Grundlagen, Art, Ausstellung und Verwendung regelt die Energieeinsparverordnung (EnEV).

Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert): Er beschreibt für Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen die Summe der Energie, die von außen nach innen gelangen kann. Der Wert liegt zwischen 0 und 1. Bei einem Wert von 0,85 werden 85 Prozent der außen vorhandenen Energie durchgelassen.

Hausakte: Ein Ordner oder Gliederungsvorschlag, der die Zusammenstellung und Aufbewahrung von Unterlagen einer Immobilie erleichtert. Sie hilft nicht nur beim Ordnen und Aufbewahren von Planungs- und Ausführungsunterlagen, sondern auch durchgeführte Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten, den Energieverbrauch oder die wichtigsten Veränderungen im Lebenszyklus des Gebäudes zu dokumentieren.

Hydraulischer Abgleich: Anpassung von Durchflussmengen im Verteilnetz einer Heizungsanlage für einzelne Heizkörper oder Heizkreise. Druckdifferenzen an Armaturen und Strömungsgeräusche werden begrenzt, die Heizwärme optimal verteilt.

Isothermen: Linien gleicher Temperatur, unter anderem zur Darstellung von Temperaturverläufen in Bauteilen.

Lebenszykluskosten: Kosten, die im Lebenszyklus einer Immobilien entstehen: unter anderem Baukosten, Betriebskosten und Instandsetzungskosten.

Lichttransmissionsgrad t_L : Eigenschaft einer Verglasung, die angibt, welcher Anteil der sichtbaren Strahlung senkrecht durch das Glas hindurch tritt. Werte liegen zwischen 0 und 1. Bei einem Wert von 0,75 werden 75 Prozent der als Licht nutzbaren Strahlung durchgelassen.

Luftdichtheit/Luftdichtheitsmessung: Qualitätsmerkmal der Gebäudehülle, das zur Minimierung von Wärmeverlusten, Vermeidung von Bauschäden sowie zu einem behaglichen Raumklima beiträgt. Die Messung dient der Qualitätssicherung beziehungsweise -kontrolle. Mit einem Differenzdruckverfahren können Undichtheiten festgestellt werden. Grenzwerte sind für energiesparende Gebäude zwingend einzuhalten.

Lüftungswärmeverlust: Anteil der Wärmeverluste durch notwendigen Luftaustausch in der Heizperiode.

Luftwechsel(-rate): Angabe, wie oft das Volumen eines Raumes oder Gebäudes pro Stunde ausgetauscht wird – durch Lüftungsanlagen, natürliches Lüften und/oder durch Undichtigkeiten der Gebäudehülle. Ein Wert von 0,5 je Stunde bedeutet, dass es zwei Stunden dauert, bis die Luft einmal komplett ausgetauscht ist. Luftwechselraten bei Wohnbauten liegen zwischen 0,3 je Stunde und 0,8 je Stunde.

n_{50} -Wert: Maß für die Luftdichtheit des Gebäudes – siehe Luftdichtheitsmessung. Die Messung wird bei 50 Pascal Druckdifferenz durchgeführt. Möglich sind Werte < 3,0 je Stunde, besser < 1,5 je Stunde und sehr gut < 0,6 je Stunde.

Nutzenergie: Direkt genutzte Energie, zum Beispiel in Form von Wärme und Licht. Sie entspricht dem Wärmebedarf und ist der nutzbare Anteil der Endenergie nach Abzug der im Gebäude auftretenden Verluste von Anlagen und Leitungen bei Umwandlung, Speicherung, Transport oder Abgabe von Energie.

Primärenergiefaktor (fp): Er dient der Umrechnung von Endenergie in Primärenergie und drückt aus, wie viel an Energie der Umwelt entnommen werden muss, um dem Gebäude Endenergie zur Verfügung zu stellen. Ein Faktor von 1,1 heißt zum Beispiel, dass für einen Liter Heizöl im Tank 1,1 Liter Öl der Umwelt entnommen werden muss.

Primärenergie (nicht erneuerbar): Beschreibt als Rechenwert die Inanspruchnahme nicht erneuerbarer energetischer Ressourcen und ist die Hauptnachweisgröße der EnEV. Eine Menge Endenergie eines Endener-

giesträgers multipliziert mit dem jeweiligen Primärenergiefaktor ergibt die Menge an Primärenergie, die eingesetzt wird.

Phase Change Material (PCM): Material, das bei Temperaturänderung in einem definierten Bereich durch Wechsel des Aggregatzustandes Wärme aufnimmt und zeitversetzt wieder abgibt, zum Beispiel in Gipskartonplatten in Form von Paraffin-Kügelchen, um die tagsüber gespeicherte Wärme in der Nacht wieder abzugeben.

Perimeterdämmung (lat.: Perimeter = Umfang): Dämmmaterial für Bauteile im Erdreich.

Smart Home: Gebäude mit intelligenter Steuerung zur Automatisierung und Fernsteuerung der Elektroinstallation in der Gebäude- und Anlagentechnik wie Heizung, Lüftung, Licht und Sonnenschutz nach einprogrammierten Szenarien.

Smart Grid: Intelligentes Stromnetz als kommunikative Vernetzung und Steuerung von Stromerzeugern, Speichern, elektrischen Verbrauchern und Netzbetriebsmitteln in Energieübertragungs- und -verteilungsnetzen der Elektrizitätsversorgung. Ziel ist die Sicherstellung der Energieversorgung auf Basis eines effizienten und zuverlässigen Systembetriebs durch Optimierung und Überwachung der miteinander verbundenen Bestandteile.

Transmissionswärmeverlust (H_T): Der spezifische Transmissionswärmeverlust H_T beschreibt die energetische Qualität der Gebäudehülle. Er gibt den Wärmeverlust durch die wärmeübertragenden Umfassungsflächen eines Gebäudes, gemessen in $W/m^2 K$, an und entspricht so einem mittleren U-Wert. Je kleiner der H_T -Wert, desto geringer der Wärmeverlust über die Gebäudehülle. Gute Werte liegen unter $0,40 W/(m^2K)$.

Unternehmererklärung: Ein Unternehmen, das bestimmte Arbeiten an Gebäuden durchgeführt hat, muss der Bauherrschaft beziehungsweise dem Eigentümer nach § 26 a EnEV schriftlich bestätigen, dass die geänderten oder eingebauten Bau- oder Anlagenteile den Anforderungen der EnEV 2014 entsprechen. Die Unternehmererklärung dient der Verbesserung des Vollzugs der EnEV.

U-Wert: Der Wärmedurchgangskoeffizient beschreibt die Wärmedämmeigenschaften von Bauteilen in $W/(m^2K)$ und gibt den Wärmestrom bei einem Kelvin Temperaturdifferenz pro Quadratmeter an. Je kleiner der Wert, desto besser die wärmedämmende Wirkung des Bauteils.

Der U-Wert wird aus Wärmeleitfähigkeit λ und Schichtdicke der einzelnen Baustoffe sowie den Wärmeübergangswiderständen an der Innen- und Außenseite berechnet. Gute Werte liegen bei Außenwänden unter $0,3 W/(m^2K)$, bei Fenstern unter $1,3 W/(m^2K)$.

Ökobilanz/Ökobilanzierung: Ergebnis beziehungsweise Methode der Ermittlung von Wirkungen auf die Umwelt infolge der Energie- und Stoffströme während des Lebenszyklus eines Gebäudes. In die Ermittlung fließen Ökobilanzdaten zu Bauprodukten ein. Diese Daten sind einsehbar unter: www.nachhaltigesbauen.de

Vakuumdämmung: Platzsparende Dämmpaneele (VIP) mit hohem Dämmwert. Die Platten sind in Folien verschweißt und haben im Inneren

ein Vakuum. Dadurch wird ein sehr guter Dämmwert erreicht. Die Platten sind im Vergleich mit anderen Dämmstoffen sehr teuer und empfindlich, da eine Beschädigung der Folie zu einem Versagen des Dämmstoffes führt.

Wärmebrücken: Einzelne, örtlich begrenzte Schwachstellen einer Baukonstruktion, durch die mehr Wärme fließen kann als durch die benachbarten Flächen. Man unterscheidet geometrische Wärmebrücken (zum Beispiel Gebäudeecke) von stofflichen (zum Beispiel Betonsturz in der Außenwand). Wärmebrücken können in der kalten Jahreszeit mit Thermografie-Aufnahmen sehr gut sichtbar gemacht werden.

Wärmedurchgangskoeffizient: siehe U-Wert.

Wärmeleitfähigkeit: Sie beschreibt eine Materialeigenschaft. Die Wärmeleitfähigkeit (λ) in W/(mK) gibt den Wärmestrom an, der bei einem Temperaturunterschied von einem Kelvin (K) durch eine ein Quadratmeter große und einen Meter dicke Schicht eines Stoffes geht. Je kleiner der λ -Wert, desto besser das Wärmerückhaltungs- oder Dämmvermögen eines Baustoffes.

Wärmeleitstufe (WLS, analog zur Wärmeleitgruppe WLG): Gibt die Wärmeleitfähigkeit von Stoffen in Stufen oder Gruppen an. Die WLS teilt die Wärmeleitfähigkeit in Stufen von 1er-Schritten, zum Beispiel WLS 019 oder WLS 032, die WLG in 5er-Schritte, zum Beispiel WLG 035 oder WLG 045. Ein Stoff in der WLG 035 hat eine Wärmeleitfähigkeit von 0,35 W/mK.

11.5 Abkürzungsverzeichnis

BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMUB	Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
dena	Deutsche Energie Agentur
DDC	Direct Digital Control
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-WärmeGesetz
EFH	Einfamilienhaus
EH	Effizienzhaus
EnEG	Energieeinspargesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LED	Light-Emitting Diode, Leuchtdiode
MFH	Mehrfamilienhaus
PCM	Phase Change Material, Latentspeichermaterial
PV	Photovoltaik
RH	Reihenhaus
RLT	Raumlufthechnische Anlage
WDVS	Wärmedämmverbundsystem
WLS	Wärmeleitstufe
WRG	Wärmerückgewinnung



Bildnachweise

- Titelseite: Bertram Bölkow Fotodesign, Leipzig
 Seite 6: BMUB/Harald Franzen
 Seite 10 (oben): magann/Fotolia.com
 Seite 10 (unten): pepe/Fotolia.com
 Seite 12 (links): Marco2811/Fotolia.com
 Seite 12 (rechts): auremar/Fotolia.com
 Seite 15: Viessmann Werke GmbH & Co. KG
 Seite 16: Konstantin Yuganov/Fotolia.com
 Seite 18: Informationssystem Stadt und Umwelt, Umweltatlas der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin
 Seite 19: Caro/Teich
 Seite 23 (oben): Bien-Zenker GmbH
 Seite 23 (unten): ArTo/Fotolia.com
 Seite 25 (oben): Kzenon/Fotolia.com
 Seite 25 (unten): sol-id-ar planungswerkstatt
 Seite 27: sol-id-ar planungswerkstatt
 Seite 30: dena (Deutsche Energie-Agentur GmbH)
 Seite 31 (oben): Schulze Darup & Partner Architekten
 Seite 31 (unten): Digitalpress/Fotolia.com
 Seite 38: sol-id-ar planungswerkstatt
 Seite 39: Sto AG
 Seite 43: Wienerberger GmbH
 Seite 44: Wienerberger GmbH
 Seite 45: Fördergesellschaft Holzbau und Ausbau mbH
 Seite 46: Schulze Darup & Partner Architekten
 Seite 47: Schulze Darup & Partner Architekten
 Seite 48: mmphotographie.de/Fotolia.com
 Seite 49: DEUTSCHE ROCKWOOL Mineralwoll GMBH & Co. OHG
 Seite 51: Schulze Darup & Partner Architekten
 Seite 56 (Bild 1 bis 3): Unilux GmbH
 Seite 56 (Bild 4): Kneer GmbH
 Seite 58 (links): sol-id-ar planungswerkstatt
 Seite 58 (rechts): sol-id-ar planungswerkstatt
 Seite 59: sol-id-ar planungswerkstatt
 Seite 63 (oben): by-studio/Fotolia.com
 Seite 63 (unten): Schulze Darup & Partner Architekten
 Seite 68: digital-designer/Fotolia.com
 Seite 73: sol-id-ar planungswerkstatt
 Seite 75 (links): thingamajigs/Fotolia.com
 Seite 75 (rechts): sol-id-ar planungswerkstatt
 Seite 78 (oben): Schulze Darup & Partner Architekten
 Seite 78 (unten): sol-id-ar planungswerkstatt
 Seite 82: Bastian Weltjen/Fotolia.com
 Seite 84: francisco/Fotolia.com
 Seite 86: Vaillant Deutschland GmbH & Co. KG
 Seite 87: Schulze Darup & Partner Architekten
 Seite 89 (oben und unten): Panotron AG
 Seite 90 (oben): Gerhard Seybert/Fotolia.com
 Seite 90 (unten): sol-id-ar planungswerkstatt
 Seite 91: kalou1927/Fotolia.com
 Seite 92 (oben und unten): sol-id-ar planungswerkstatt
 Seite 96 (oben): DOC RABE Media/Fotolia.com
 Seite 96 (unten): Thomas Bethge/Fotolia.com
 Seite 98 (oben): sol-id-ar planungswerkstatt
 Seite 98 (unten): Matthias Buehner/Fotolia.com
 Seite 101: Sven Rausch/Fotolia.com
 Seite 102: AA+W/Fotolia.com
 Seite 104 (1. Spalte links): dena (Deutsche Energie-Agentur GmbH)
 Seite 104 (2. und 3. Spalte oben): dena (Deutsche Energie-Agentur GmbH)
 Seite 104 (2. und 3. Spalte Mitte): Fördergesellschaft Holzbau und Ausbau mbH
 Seite 104 (2. und 3. Spalte unten): fabi Architekten, Fotograf Herbert Stolz
 Seite 105 (oben links und rechts): pier7 architekten BDA, Fotograf Michael Reisch
 Seite 105 (Mitte links und rechts): architectoo
 Seite 105 (unten links): SchwörerHaus KG
 Seite 105 (unten rechts): FingerHaus GmbH
 Seite 106 (oben): dena (Deutsche Energie-Agentur GmbH)
 Seite 106 (unten): Schulze Darup & Partner Architekten
 Seite 107 (oben): Architekten Geckeler, Fotograf Florian Kunzendorf
 Seite 107 (unten): dena (Deutsche Energie-Agentur GmbH)
 Seite 108: N. Fisch
 Seite 109: LANG+VOLKWEIN | Jürgen Volkwein
 Seite 110: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
 Seite 111: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

