

Manfred Boes · Harry Luik

Energetische Fassaden- modernisierung

Anforderungen, Produkte, Detailausführungen



Manfred Boes · Harry Luik

Energetische Fassadenmodernisierung

Energetische Fassadenmodernisierung

Anforderungen, Produkte, Detailausführungen

mit 162 Abbildungen und 78 Tabellen

Herausgeber

Kompetenzzentrum für das Stuckateurhandwerk

Autoren

Dipl.-Ing. Architekt Manfred Boes,

Dipl.-Ing. (FH) Architekt Harry Luik



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln 2012
Alle Rechte vorbehalten

Das Werk einschließlich seiner Bestandteile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne die Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme.

Wiedergabe der [Abb. 2.5](#) aus der DIN 4108-3 mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Maßgebend für das Anwenden von Normen ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

Maßgebend für das Anwenden von Regelwerken, Richtlinien, Merkblättern, Hinweisen, Verordnungen usw. ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der jeweiligen herausgebenden Institution erhältlich ist. Zitate aus Normen, Merkblättern usw. wurden, unabhängig von ihrem Ausgabedatum, in neuer deutscher Rechtschreibung abgedruckt.

Das vorliegende Werk wurde mit größter Sorgfalt erstellt. Verlag und Autoren können dennoch für die inhaltliche und technische Fehlerfreiheit, Aktualität und Vollständigkeit des Werkes keine Haftung übernehmen.

Wir freuen uns, Ihre Meinung über dieses Fachbuch zu erfahren.

Bitte teilen Sie uns Ihre Anregungen, Hinweise oder Fragen per E-Mail: fachmedien.bau@rudolf-mueller.de oder Telefax: 0221 5497-6141 mit.

Lektorat: Bernd Kuschmann, Speyer

Umschlaggestaltung: Designbüro Lörzer, Köln

Umschlagfotos: Institut-Baukunst

Satz: WMTP Wendt-Media Text-Processing GmbH, Birkenau

Druck und Bindearbeiten: Media-Print Informationstechnologie GmbH, Paderborn

Printed in Germany

ISBN 978-3-481-02757-5 (Buch-Ausgabe)

ISBN 978-3-481-02888-6 (E-Book als PDF)

Vorwort

„Wenn wir die Welt retten, dann bitte richtig!“

Der rasant ansteigende weltweite Energieverbrauch auf Basis vorwiegend fossiler Brennstoffe führt zu immer größeren Umwelt- und Klimaproblemen. Wir Industrieländer tragen hierfür eine große Verantwortung. Was können wir dagegen tun?

Die Antwort ist einfach: Wir müssen primär unseren eigenen Energieverbrauch – und damit unsere CO₂-Emissionen – deutlich reduzieren. Die energetische Sanierung von Gebäuden und dabei insbesondere die Dämmung der Gebäudehülle bietet ein besonders hohes Einsparpotenzial. Dach, Fenster, Kellerdecke, Fassade – der Energieverlust an diesen Bauteilen, vor allem bei älteren Gebäuden, ist beträchtlich.

Die größte Fläche der Gebäudehülle bildet die Fassade. Deshalb kommt ihrer Modernisierung eine besondere Bedeutung zu. Wie diese planerisch und handwerklich korrekt realisiert werden kann, ist Gegenstand dieses Nachschlagewerks. Denn wenn wir eine Fassade modernisieren, dann bitte richtig – ohne Bauschäden zu produzieren oder den Wohnkomfort der Gebäudenutzer zu beeinträchtigen.

Die Fassadenmodernisierung beschränkt sich nicht allein auf den Wärmeschutz – auch Feuchteschutz, Schallschutz und Brandschutz gehören mit dazu. Sie spielt sich auch nicht nur im Außenbereich ab, denn oft ist die Innendämmung von Außenwänden die einzige mögliche energetische Sanierungsmaßnahme, beispielsweise im Denkmalschutz oder bei Fachwerkhäusern. Rechtsvorschriften, Richtlinien und Normen bilden für all dies den Rahmen. All diese Themen finden sich im Buch wieder.

Oft sind mehrere Gewerke an der Ausführung einer Modernisierung beteiligt. Daher ist von allen Beteiligten ein breites, interdisziplinäres Fachwissen gefordert. Planer und Fachhandwerker sollten dabei immer das Ganze im Blick behalten. Nur dann entsteht die für den Bauherrn optimale Lösung. Das hierfür erforderliche Wissen haben wir in diesem Nachschlagewerk zusammengetragen. Möge es dazu dienen, die Welt ein bisschen lebenswerter zu machen – aber bitte richtig.

Rutesheim, im Dezember 2011

Dr. Roland Falk
Leiter Kompetenzzentrum für Ausbau und Fassade

Inhalt

Vorwort	5
1 Einleitung (Manfred Boes/Harry Luik)	11
2 Einflussfaktoren, Ziele und Anforderungen bei der Fassadenmodernisierung (Manfred Boes)	15
2.1 Allgemeine Einflussfaktoren auf Planungsentscheidungen bei Fassadenmodernisierungen	15
2.2 Wärmeschutz	16
2.2.1 Einflussfaktoren auf Entscheidungen für Wärmeschutzmaßnahmen	17
2.2.2 Ziele und Anforderungen bei Wärmeschutzmaßnahmen	19
2.3 Feuchteschutz	19
2.3.1 Einflussfaktoren auf Entscheidungen für Feuchteschutzmaßnahmen	20
2.3.2 Ziele und Anforderungen für Feuchteschutzmaßnahmen	20
2.4 Schallschutz	21
2.4.1 Einflussfaktoren auf Entscheidungen bei Schallschutzmaßnahmen	21
2.4.2 Ziele und Anforderungen bei Schallschutzmaßnahmen	22
2.5 Brandschutz	23
2.5.1 Einflussfaktoren auf Entscheidungen für Brandschutzmaßnahmen	23
2.5.2 Ziele und Anforderungen für Brandschutzmaßnahmen	24
2.6 Bauchemie, Baubiologie und sonstige Problemfelder	24
2.6.1 Einflussfaktoren auf Entscheidungen für bauchemische, -biologische oder sonstige Schutzmaßnahmen	25
2.6.2 Ziele und Anforderungen für bauchemische, -biologische oder sonstige Schutzmaßnahmen	25
3 Energieeinsparverordnung (Manfred Boes)	27
3.1 Geltungsbereich der EnEV (§ 1)	27
3.2 Anforderungen an Neubauten	27
3.2.1 Anforderungen an Wohngebäude (§ 3)	27
3.2.2 Anforderungen an Nichtwohngebäude (§ 4)	28
3.2.3 Sonstige Regelungen für Neubauten (§ 5, § 8)	28
3.3 Anforderungen an Änderungsmaßnahmen im Gebäudebestand (§ 9)	29
3.3.1 Nachweisverfahren bei Änderungsmaßnahmen	29
3.3.2 Aufrechterhaltung der energetischen Qualität bei Änderungsmaßnahmen (§ 11)	30
3.4 Dichtheit der Gebäudehülle und Luftwechsel (§ 6)	30
3.5 Einhaltung des Mindestwärmeschutzes und Verfahren bei Wärmebrücken (§ 7)	32
3.6 Nachrüstverpflichtungen und anlagentechnische Anforderungen (§§ 10 bis 15)	32
3.7 Ausstellung von Energieausweisen (§§ 17 bis 21)	33
3.7.1 Bedarfsausweis	33
3.7.2 Verbrauchsausweis	33
3.7.3 Berechtigung zur Ausstellung des Ausweises	33
3.8 Maximale Wärmedurchgangskoeffizienten U bei Bauteiländerungen	35
3.9 Berechnung der U -Werte von Bauteilen	35
3.9.1 Berechnung homogener Bauteile	36
3.9.2 Berechnung der Dämmschichtdicke für homogene Bauteile	36
3.9.3 Berechnung inhomogener Bauteile	38
3.9.4 Berücksichtigung von Wärmebrücken	42

3.9.5	Korrekturwerte bei Sonderformen von Wärmebrücken	43
3.10	Typische Bauteile mit <i>U</i> -Werten und Mindestdämmstoffdicken	44
3.10.1	<i>U</i> -Werte für Fassadenkonstruktionen BAK I (bis 1918)	46
3.10.2	<i>U</i> -Werte für Fassadenkonstruktionen BAK II (1918 bis 1948)	48
3.10.3	<i>U</i> -Werte für Fassadenkonstruktionen BAK III (1949 bis 1978)	52
3.10.4	<i>U</i> -Werte für Fassadenkonstruktionen BAK IV (1979 bis 1994)	57
3.11	Verantwortliche Personen und Unternehmererklärung (§ 26, § 26a)	62
3.12	Ausnahmen und Befreiungen von den Vorschriften der EnEV (§ 24, § 25)	62
4	Konstruktionen, Baustoffe und Bauprodukte (Manfred Boes)	63
4.1	Konventionelle Konstruktionen	63
4.1.1	Wärmedämm-Putzsystem (WDPS)	63
4.1.2	Wärmedämm-Verbundsystem (WDVS)	64
4.1.3	Vorgehängte hinterlüftete Fassade (VHF)	69
4.1.4	Zweischalige Wände mit Kerndämmung	72
4.1.5	Innendämmungen allgemein	73
4.1.6	Innendämmung mit Verbundplatten	75
4.1.7	Innendämmung mit Vorsatzschalen	75
4.1.8	Kapillaraktive Innendämmung	76
4.1.9	Dämmstoffe für Fassadenkonstruktionen (Ökologie und Nachhaltigkeit)	77
4.2	Innovative Bauprodukte und Konstruktionen	88
4.2.1	Vakuuminisulationspaneele (VIP)	88
4.2.2	Transparente Wärmedämmsysteme (TWDS)	89
4.2.3	Fotovoltaik-(FV-)Fassaden	89
4.2.4	Schaltbare Verglasung (SV) und schaltbare Wärmedämmung (SWD)	90
4.2.5	Latentwärmespeicher (PCM)	91
5	Fassadenmodernisierung in der Praxis (Harry Luik)	93
5.1	Bausubstanzanalyse und Gebäudearchitektur	93
5.1.1	Technische Möglichkeiten	93
5.1.2	Entwicklung der Fassadenarchitektur	94
5.1.3	Baustoffe als individueller Wohlfühlfaktor	94
5.2	Verarbeitung von Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS)	95
5.2.1	Untergrundprüfung	95
5.2.2	Vorbehandlung des Untergrundes	97
5.2.3	Befestigung der Dämmung	98
5.2.4	Dübelung	98
5.2.5	Verputz und Armierung	99
5.2.6	Schlussbeschichtung	100
5.2.7	Farbbeschichtungen	101
5.2.8	Sonstige Bekleidungen	102
5.2.9	Prävention gegen mikrobiellen Befall	102
5.3	Konstruktionsdetails für WDVS	104
5.3.1	Sockel- und Perimeterbereich	104
5.3.2	Fenster, Türen, Sonnenschutz und Fensterbänke	113
5.3.3	Balkone und Terrassen	132
5.3.4	Gauben, Regenrinnen und Attiken	133
5.3.5	Ortgänge und Traufen	143
5.3.6	Dehnfugen	147
5.3.7	Ab- und Anschlüsse	147
5.3.8	Durchdringungen und Befestigungen	148
5.4	Instandhaltung	148
5.4.1	Historie	148
5.4.2	Instandhaltungspflicht	149
5.4.3	Definitionen der Instandhaltung	149
5.4.4	Sanierungsverfahren	150
5.4.5	Anschlussdetails und Verbesserungsmaßnahmen	152
5.5	Allgemeine Hinweise zu Fördermitteln	155

6	Literaturverzeichnis	157
6.1	Literatur.....	157
6.2	Normen.....	157
6.3	Richtlinien, Merkblätter.....	159
6.4	Rechtsvorschriften.....	159
6.5	Websites.....	160
7	Stichwortverzeichnis	161

1 Einleitung

Seit der ersten Energiekrise in den 1970er-Jahren ist das gesellschaftliche Bewusstsein für die begrenzten Ressourcen nicht erneuerbarer Energieträger wie Kohle, Erdgas oder Erdöl gewachsen. Weltweites Bevölkerungswachstum und zunehmende Industrialisierung der Entwicklungs- und der Schwellenländer wie China, Indien oder Brasilien lassen die prognostizierte Zeitspanne für die Verfügbarkeit von Rohstoffreserven weiter schrumpfen. So werden bei stagnierendem Verbrauch die heute gesichert bekannten Erdölreserven in ca. 40 Jahren verbraucht sein. Dem steht das Anwachsen des globalen Primärenergieverbrauchs (Erdöl, Erdgas, Kohle, Kernenergie, Wasser) von 1950 bis 2000 um fast den Faktor 5 gegenüber.

Als Konsequenz aus dieser Entwicklung muss der Verbrauch fossiler Energieträger durch Umstrukturierung reduziert werden zu nachhaltigen erneuerbaren Energieformen sowie generellen Einsparungsmaßnahmen durch effizientere Energienutzung. Der Anteil des Gebäudebereichs am Gesamtenergieverbrauch Deutschlands von ca. 40 % verdeutlicht die Größenordnung des Einsparungspotenzials im Bauwesen.

Die Folgen der bei Verbrennungsvorgängen freigesetzten Emissionen von Treibhausgasen für das globale Klima sind unübersehbar geworden. Dabei kommt dem Kohlendioxid (CO₂) mit einem Anteil von ca. 75 % an den verbrennungsabhängigen Emissionen besondere Bedeutung zu. Die weltweiten CO₂-Emissionen stiegen von 1980 bis 2008 von ca. 18 auf ca. 27,5 Gigatonnen (+ 50 %!), bis 2020 wird eine Verdoppelung auf ca. 36 Gigatonnen prognostiziert (siehe Abb. 1.1). Die durch den Treibhauseffekt verursachte globale Temperaturerhöhung von 1860 bis 1995 von 13,4 auf 14,7 °C, mit steigender Tendenz (Riedel, 2010), sowie die dadurch verursachten sich häufenden Wetterextreme (Stürme, Unwetter, Überschwemmungen), das Abschmelzen der vereisten Polkappen und Gletscher sowie der Anstieg des Meeresspiegels können vermutlich nur noch gebremst, aber nicht mehr rückgängig gemacht werden.

Auch deshalb ist die Verminderung der Emissionen von Treibhausgasen unerlässlich. Die Einschränkung CO₂-emittierender Verbrennungsvorgänge durch effizientere Energienutzung und vermehrten Einsatz regenerativer, nachwachsender Energieträger ist daher zwingend erforderlich. Die Anteile des Sektors der privaten Haushalte von ca. 32 % (Schild, 2010) an den CO₂-Gesamtemissionen Deutschlands zeigen auch hier wieder die Größenordnung der Einsparungsmöglichkeiten im Bausektor.

Die ständig steigenden Kosten für den Energieverbrauch verändern die Kostenstruktur privater, gewerblich-industrieller und öffentlicher Haushalte immer stärker, wobei Letztere insbesondere durch die Folgekosten von Hitzewellen, Waldbränden, Unwettern oder Überschwemmungen betroffen sind.

Maßnahmen zur Energieeinsparung und effizienteren Energienutzung sowie zur Weiterentwicklung regenerativer Energieformen dienen also der Nachhaltigkeit durch

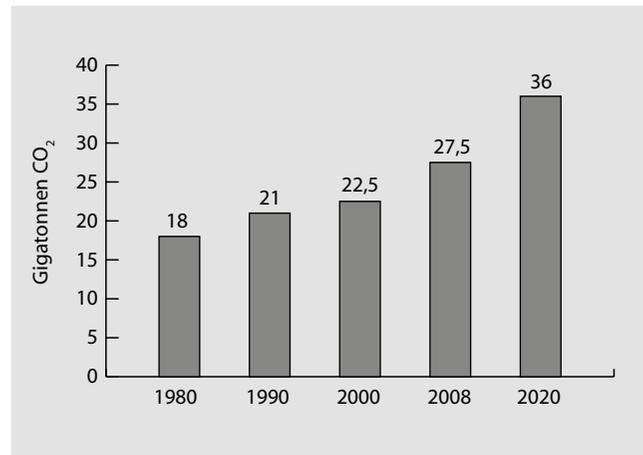


Abb. 1.1: Globale CO₂-Emissionen von 1980 bis 2020 (Quelle: International Energy Agency, 2008, S. 382)

Schonung vorhandener Rohstoffreserven, dem globalen Umwelt- und Klimaschutz sowie der Eindämmung der Explosion der Energiekosten nicht nur im privaten Bereich. Im Sinne einer sichereren und risikoärmeren Energieversorgung mit verringerter Importabhängigkeit stellen Energiesparmaßnahmen also eine amortisierbare Investition in die Zukunft dar.

Die internationale, die europäische und deutsche Politik haben auf diese Entwicklung, wenn auch teils zögerlich, mit Vereinbarungen, Verordnungen oder Gesetzen reagiert.

Bereits in der Konferenz von Rio de Janeiro von 1992 wurde eine internationale Vereinbarung zur Stabilisierung der Treibhausgase getroffen, die im Kyoto-Protokoll von 1997 zur Übereinkunft über das Ziel einer Reduzierung dieser Emissionen bis 2012 um 5,2 % gegenüber 1990 führte. In Kraft trat dieses Protokoll 2005. Deutschland verpflichtete sich 2007 zur Reduktion der CO₂-Emissionen bis 2020 um 40 % gegenüber dem Jahr 1990. Da diese freiwilligen Verpflichtungen nicht von allen Nationen akzeptiert werden, insbesondere nicht von den USA und den wichtigsten Schwellenländern, halten sich die Erfolge derzeit in bescheidenen Grenzen.

In Deutschland wurden seit den 70er-Jahren durch Gesetze, Verordnungen und Normen (Energieeinsparungsgesetz [EnEG], Wärmeschutzverordnung [WSchVO], Energieeinsparverordnung [EnEV]) sowie durch öffentliche Förderprogramme (Kreditanstalt für Wiederaufbau [KfW]) schrittweise die Rahmenbedingungen für Energieeinsparungsmaßnahmen insbesondere im Gebäudebereich geschaffen. Die Tatsache, dass der Anteil des Energieverbrauchs für die Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser am Gesamtverbrauch Deutschlands bei über 30 %, am Verbrauch privater Haushalte bei über 80 % liegt, macht das enorme Einsparungspotenzial deutlich, das allein in diesem Gebäudesektor vorliegt.

Folgende Maßnahmen sind in diesem Zusammenhang bei Gebäuden für die Reduzierung des alle Energieeinfluss-

faktoren umfassenden Primärenergiebedarfs für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung oder Klimatisierung von Bedeutung:

- kompakte Gebäudeform mit möglichst geringer Oberfläche der beheizten wärmeübertragenden Gebäudehülle im Verhältnis zum Gesamtvolumen
- Senkung der Transmissionswärmeverluste durch bessere Wärmedämmung der Bauteile der beheizten Gebäudehülle
- Minimierung der Anzahl und Auswirkungen von Wärmebrücken
- Verringerung der Lüftungswärmeverluste durch luftdichte Ausführung der beheizten Gebäudehülle, insbesondere an Fugen und Anschlüssen von Bauteilen
- Verbesserung der Nutzung der Wärmespeicherfähigkeit von innenraumumhüllenden Bauteilen
- effizientere Erzeugung und Nutzung von Wärmeenergie für Heizung und Warmwasser durch moderne Anlagen- und Steuerungstechnik sowie ausreichende Wärmedämmung der Anlagenkomponenten und Rohrleitungen
- Nutzung von Wärmegewinnen aus internen Quellen wie Personen, Beleuchtung, Abwärme der Anlagentechnik
- Nutzung des Tageslichts und energieeffiziente Optimierung künstlicher Beleuchtung
- Nutzung von äußeren Wärmegewinnen wie direkte Sonneneinstrahlung durch Verglasungselemente, Strahlungsabsorption auf Außenoberflächen; Berücksichtigung von Orientierung und Grundrissstruktur des Gebäudes
- Nutzung erneuerbarer Energieformen, insbesondere der aktiven und passiven Nutzung der Solarenergie

Diese Maßnahmen betreffen nicht nur den Neubau von Gebäuden, sondern auch den Gebäudebestand, dessen Umfang und energetisch meist mangelhafter Zustand erheblichen Modernisierungsbedarf mit enormem Energieeinsparungspotenzial aufweist. Circa 75 % des Wohnungsbaubestandes in Deutschland wurden vor 1978, also zu Zeiten ohne gesetzliche Regelungen zur Energieeinsparung, errichtet und weisen daher nur hygienische und bauphysikalische Mindeststandards auf.

Das vorliegende Buch befasst sich mit der energetischen Modernisierung eines besonderen Teils der beheizten Gebäudehülle von Altbauten, nämlich der Fassade. Abhängig von Kompaktheitsgrad und Gebäudegeometrie stellt dieses Bauteil jedoch in der Regel den größten Flächenanteil der wärmeabgebenden Außenflächen und damit eines der größten Energieeinsparungspotenziale des Gebäudes dar. So entfallen ca. 50 % der Wärmeverluste der Gebäudebauteile auf Fassaden- und Fensterflächen sowie die Lüftungsverluste durch Fenster und Fugen (siehe [Abb. 1.2](#)).

Ausgehend von der Bestandsaufnahme der bestehenden Außenwandkonstruktion mit allen zugehörigen Bauteilen (Fenstern, Außentüren, Rollladenkästen, Balkonen etc.) muss zunächst der konstruktive, bauphysikalische und anlagentechnische Zustand des Gebäudes als Ganzes analysiert und im Vergleich mit den aktuellen Anforderungen bewertet werden. Die auf dieser Basis fußenden Zielvorstellungen für Auswahl und Planung einer energetisch modernisierten Fassadenkonstruktion können also nicht isoliert entwickelt werden, da sie von einer Vielzahl von Einflussfaktoren tangiert werden können.

Im Kapitel 2 sind diese daher in Form einer gegliederten, mit kurzen Erläuterungen ergänzten Auflistung zusam-

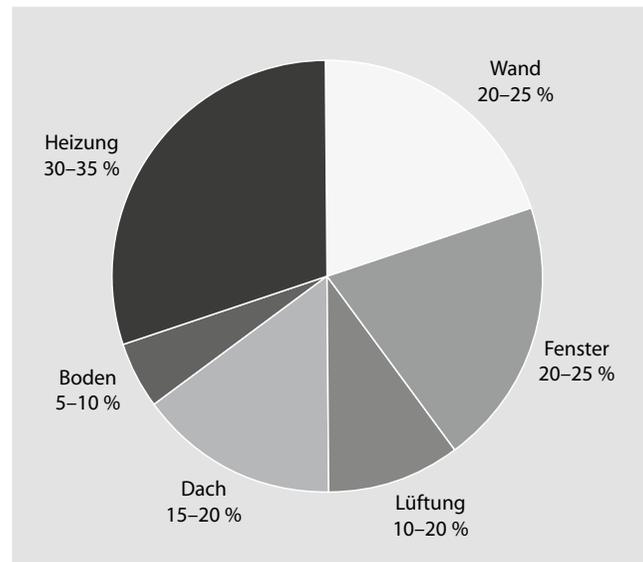


Abb. 1.2.: Anteile der Gebäudebauteile an den Wärmeverlusten (Quelle: BMVBS [Hrsg.], 2010, S. 83)

mengestellt. Am Beginn stehen allgemeine, die Planungsentscheidungen beeinflussende Faktoren wie Ziele und Mittel des Bauherrn, Standortbedingungen und Gebäudestruktur sowie möglicherweise geänderte aktuelle Regelungen durch Gesetze, Verordnungen oder Normen (z. B. jeweils schrittweise verschärfte Anforderungen durch die novellierten EnEV).

Im Anschluss werden die relevanten unterschiedlichen bauphysikalischen Einflussfaktoren, Ziele und Anforderungen für Fassadenmodernisierungen aufgeführt und erläutert, beginnend beim Wärme- und Feuchteschutz über den Schall- und Brandschutz bis hin zu bauchemischen, baubiologischen oder ökologischen Gesichtspunkten. Dabei wird jeweils auf Zusammenhänge oder Widersprüche zwischen den Faktoren hingewiesen, um die Vielschichtigkeit und Differenziertheit des Planungs- und Entscheidungsprozesses zu verdeutlichen.

Die Anforderungen an Energiespar- und Wärmeschutzmaßnahmen bei Gebäuden sind in der jeweils aktuellen EnEV enthalten. Im Kapitel 3 werden daher ihre Zielsetzung und Grundstruktur vorgestellt und es werden die Anforderungen an Neubauten von Wohngebäuden, Nichtwohngebäuden und an Änderungsmaßnahmen bei Bestandsgebäuden erläutert. Auf die jeweils anzuwendenden Berechnungsverfahren wird hingewiesen. Die verschiedenen Formen des Energieausweises als Informationsinstrument für Eigentümer, Käufer oder Mieter von Gebäuden werden verglichen und der Kreis der zur Erstellung dieser Ausweise Berechtigten wird aufgelistet.

Bei Bestandsänderungen stellt die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U der modernisierten Gebäudefassade die am häufigsten angewandte Nachweismethode für die Erfüllung der Wärmeschutzanforderungen der EnEV dar. In einem ausführlichen Abschnitt werden die Einzelschritte des Berechnungsverfahrens dargestellt und an Beispielen ebenso erläutert wie die Berechnung der erforderlichen Schichtdicke einer Zusatzdämmung für eine vorhandene Außenwandkonstruktion. Die konstruktive und bauphysikalische Problematik von Wärmebrücken und ihre rechnerische Berücksichtigung im Nachweisverfahren werden erläutert.

Im rechnerischen Nachweisverfahren wird häufig mangels detaillierter Bestandsaufnahme die Erfassung des vorhandenen Wärmedurchlasswiderstandes R der Außenwandkonstruktion mit Materialien und Schichtenaufbau zum Problem. Daher werden in einem weiteren umfangreichen Abschnitt typische Wandaufbauten von Gebäuden verschiedener Baualtersklassen (BAK), beginnend im Zeitraum von vor 1918 bis 1994, exemplarisch mit ihrem U -Wert berechnet. Zusätzlich werden die für Innen- oder Außen-dämmungen minimalen Dämmschichtdicken angegeben, die zur Erfüllung der jeweiligen EnEV-Anforderungen erforderlich sind. Zum Abschluss dieses Kapitels wird auf die Ausnahme- und Befreiungsmöglichkeiten von den EnEV-Vorschriften eingegangen.

Das Kapitel 4 enthält einen ausführlichen Überblick über die unterschiedlichen konventionellen oder innovativen, teils noch in der Entwicklungsphase befindlichen Konstruktionen von Zusatzdämmungen, mit denen bestehende Außenwände modernisiert und an aktuelle Wärmeschutzanforderungen angepasst werden können.

Die jeweiligen Konstruktionssysteme mit Schichtenaufbau und Materialvarianten mit ihren Eigenschaften und Besonderheiten werden beschrieben, die wichtigsten Verarbeitungsregeln und Risiken werden ebenso erläutert wie die Anwendungsmöglichkeiten, die bauphysikalischen Vor- und Nachteile sowie Gesichtspunkte der Ökologie und Nachhaltigkeit.

In diesem Zusammenhang widmet sich ein besonderer Abschnitt einem ausführlichen Überblick über die bei Zusatzdämmungen von Gebäudefassaden zur Anwendung kommenden Wärmedämmstoffe.

Ein Überblick über innovative Konstruktionen und Materialien beschließt dieses Kapitel und zeigt weitergehende bzw. völlig neue und zukunftsorientierte Denkansätze für Energiesparmaßnahmen an Gebäudefassaden auf.

Das Kapitel 5 befasst sich ausführlich mit den konstruktiven und bauphysikalischen Problemstellungen und Schadensrisiken aus praktischer Sicht. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der energetischen Modernisierung mit Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS).

Um Gebäude im Bestand auf einen höheren Dämmstandard zu bringen, haben sich WDVS sehr gut bewährt. Mit diesen verputzten oder bekleideten Außenwärmedämmungen kann auf eine sehr wirtschaftliche Art und Weise die Wärmedämmleistung eines Gebäudes verbessert werden. Die Dämmstoffdicken können einfach dem Bedarf angepasst werden und bauphysikalisch gesehen ist die Dämmschicht außenseitig unproblematisch und auf der „richtigen Seite“ orientiert.

Innendämmungen sind hingegen für historische Fassaden geeignet, wenn z. B. Naturstein- oder Fachwerkkonstruktionen sichtbar bleiben sollen oder punktuell eine energetische Verbesserung eines Raumes erzielt werden soll. Allerdings ist hier die Dämmstoffdicke aus platz- und bauphysikalischen Gründen begrenzt. Die Anwendung bedarf meist einer Berechnung oder der Verwendung von feuchteregulierenden Dämmstoffen, um Feuchteschäden zu vermeiden.

WDVS erfahren derzeit aufgrund der hohen Dämmleistung eine sehr große Akzeptanz bei der energetischen Gebäudemodernisierung und werden immer häufiger als sinnvolle Option bei einer anstehenden Fassadenrenovierung gesehen.

Seit einem halben Jahrhundert, in dem WDVS verarbeitet werden, unterliegen sie einem stetigen Wandlungsprozess. Dies betrifft unter anderem die Dämmstoffe selbst, die dem immer höher werdenden Dämmstandard, den ökologischen Wünschen des Bauherrn und nicht zuletzt den bauphysikalischen Anforderungen gerecht werden müssen. So spielt die Wärmeleitfähigkeit eine große Rolle, die z. B. mit grafitiertem Polystyrol, Phenolharz, Polyurethan sehr klein gehalten werden kann. Weiter erfahren Dämmstoffe großes Interesse, wenn diese wie Holzweichfaser oder Mineralschaum ökologische Vorteile aufweisen. Die zweite große Komponente eines WDVS ist das Putzsystem. Ob mineralisch oder kunstharzgebunden, dünn- oder dickschichtig – auch hier stehen dem Fachhandwerker und dem Bauherrn eine große Auswahl zur Verfügung.

Während man sich früher hauptsächlich mit der handwerklichen Ausführung beschäftigte, also Dämmstoffe aufzukleben und anschließend zu verputzen, beschäftigen sich heute Architekten, Fachhandwerker und Hersteller hauptsächlich damit, ein ganzheitliches und auf die Peripherie abgestimmtes System zu schaffen. Ziel ist es dabei, ausgefeilte Anschlussdetails mit speziellen Profilen, Dichtstoffen, Armierungen und Einbauteilen zu entwickeln.

Heute sind verschiedenartige Rollläden zu integrieren, massive oder metallische Fensterbänke und Abdeckungen schlagregendicht anzuschließen, Durchdringungen abzudichten, externe Bauteile zu befestigen und Übergänge zu feuchtebelastetem Gelände zu gestalten. Und dies alles architektonisch möglichst auf hohem Niveau, wärmebrückenarm und technisch mit langer Nutzungsdauer und hoher Schadensfreiheit.

Aufgrund der großen Komplexität und der Schadensmechanismen, mit denen sich auch Systementwickler und Sachverständige beschäftigen, bedarf es zur Planung und Ausführung großen Fachwissens, das gewerkeübergreifend angelegt sein muss. Letztendlich kann eine energetische Fassadenmodernisierung praktisch nicht von einem einzigen Gewerk durchgeführt werden. Die beteiligten relevanten Gewerke, neben dem Stuckateur und Maler, sind meist Zimmermann, Dachdecker, Klempner, Rollladenbauer, Fensterbauer, Garten- und Landschaftsbauer.

Diesem Schwerpunkt widmet sich das Kapitel 5 aus praktischer Sicht, beginnend mit der Bausubstanzanalyse und mit Aspekten zur Wahrung schlüssiger Fassadenarchitektur. Des Weiteren wird die fachgerechte Verarbeitung in chronologischer Reihenfolge von der Untergrundprüfung bis zur Prävention gegen mikrobiellen Befall dargestellt. Mit der Offenlegung von Vor- und Nachteilen verschiedener Varianten des Putzaufbaus sollen dem Fachhandwerker Argumente aufgezeigt und dem Bauherrn Entscheidungshilfen dargelegt werden.

Mit den Beispieldetails werden gewerkeübergreifende Lösungen speziell für Bestandsgebäude auf Basis geltender Richtlinien und Normen aufgezeigt. Dabei ist es wichtig darzulegen, welche handwerklichen Möglichkeiten es gibt, unabhängig von Produktherstellern und über die geltenden Normen hinaus die Nutzungsdauer von WDVS zu verlängern.

Zuletzt wird die Instandhaltung von WDVS mit Definitionen von der Inspektion bis hin zu Sanierungsverfahren beschrieben.

2 Einflussfaktoren, Ziele und Anforderungen bei der Fassadenmodernisierung

Jedes Bauprojekt, ein Neubau ebenso wie eine Altbaumodernisierung, gliedert sich in mehrere Planungs- und Ausführungsphasen. Dieses Buch behandelt die Modernisierung bestehender Gebäudefassaden unter energetischen Gesichtspunkten. Während der Planungsphase müssen die für den konkreten Einzelfall geeignete Fassadenkonstruktion und dafür geeignete Materialien ausgewählt sowie Vor- und Nachteile alternativer Lösungsmöglichkeiten verglichen werden. Die Entscheidung wird jedoch auch durch Faktoren beeinflusst, die frühzeitig zu berücksichtigen sind, z. B. bei der Formulierung der Projektaufgabe oder von Zielen, die mit dem Projekt verfolgt werden.

Bei der Modernisierung eines bestehenden Gebäudes steht zudem zunächst die Untersuchung der Bestandssituation im Vordergrund. Dazu ist die Beschaffung, Analyse und Bewertung einer Fülle von den Planungs- und Ausführungsprozess beeinflussenden Informationen erforderlich. Daher werden im Folgenden die wichtigsten Rahmenbedingungen aufgeführt, die für die Entscheidungsfindungen bedeutsam sein können.

2.1 Allgemeine Einflussfaktoren auf Planungsentscheidungen bei Fassadenmodernisierungen

Die bautechnische Modernisierung einer Gebäudefassade umfasst nur einen von mehreren Bauteilen eines Gebäudes und stellt also auch nur einen Aspekt einer umfassenden Gebäudemodernisierung dar (siehe Abb. 2.1). Auch die energetische Modernisierung einer Fassade umfasst nur einen Teil der Gebäudeelemente, die Wärmeverluste und höheren Energieverbrauch verursachen (z. B. mangelhaft gedämmte oberste Geschossdecken, Warmwasserleitungen).

Merksatz

Außenwandkonstruktionen gehören jedoch in der Regel zu den Gebäudehüllenbauteilen mit den größten Energieverlusten und Einsparungsmöglichkeiten.

Eine ganzheitliche Betrachtungsweise ist erforderlich, um die Bedeutung der Auswirkungen anderer Einflussfaktoren auf die Fassadenmodernisierung einschätzen zu können. Zu diesen Faktoren gehören:

- Bedürfnisse, Ziele und Mittel von Bauherr und Nutzer; Bedarfsplanung nach DIN 18205 „Bedarfsplanung im Bauwesen“ (1996), vgl. Institut für Bauforschung (IFB), Gebäudesanierung, 2010:
 - Projektziele: Renovierung oder bau-/anlagentechnische Mängelbeseitigung und Instandsetzung (Sanierung) oder strukturelle Modernisierung; denkmalpflege-

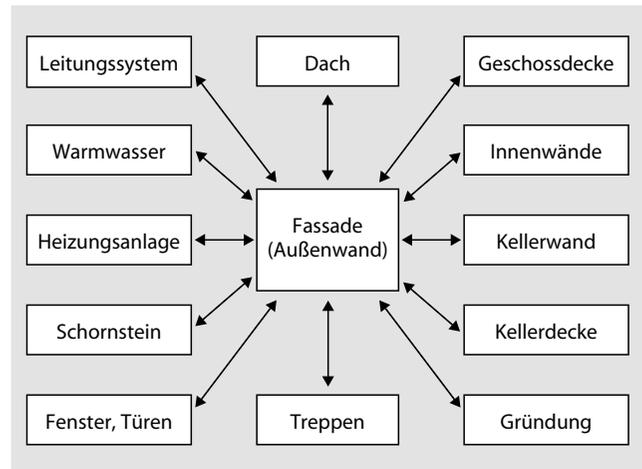


Abb. 2.1: Fassadenmodernisierung als Teilaspekt einer umfassenden Gebäudemodernisierung

- rische Restaurierung aufgrund der kulturgeschichtlichen Bedeutung des Objekts; Beachtung besonderer Ensemblewirkung mit der Nachbarbebauung; Objekt Teil städtebaulicher Sanierungsmaßnahmen
- Objektart und Lebensdauer: Wiederherstellung oder Änderung von Funktion oder/und Nutzung von Objekt oder Objektteilen; vorgesehene Nutzungsdauer
- Kosten und Finanzen: Planungs- und Baukostenrahmen; Finanzierungs- und Förderungsmöglichkeiten
- Zeitrahmen: verfügbarer Rahmen für Planungs- und Bauzeiten; mögliche Teilabschnitte
- Regelungen durch Gesetze, Verordnungen und Normen:
 - Baugesetzgebung und Verordnungen (international, national, regional, lokal): Baugesetzbuch und Bauleitpläne (Flächennutzungsplan, Bebauungsplan), Bau-nutzungsverordnung, Musterbauordnung (MBO) und Landesbauordnung (LBO), Ortsbausatzung
 - europäische und deutsche Normen: DIN EN und DIN, Bauproduktenrichtlinie und -verordnung, anerkannte Regeln der Technik
 - Natur- und Umweltschutz: Grundgesetz, Bundes- und Landesnaturschutzgesetze, Bundesimmissionsschutzgesetz, Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG), Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), Energieeinsparverordnung (EnEV)
 - Denkmalschutz: Denkmalschutzgesetze der Länder
- Beschreibung der Objektsituation mit Bestandsaufnahme, Analyse, Bewertung (IFB, Gebäudesanierung, 2010; Moschig, 2004):
 - Lage des Objekts: Einflüsse durch Infrastruktur und Erschließung, städtebauliche Situation, benachbarte Bebauung, Topografie, Grundstück, Bepflanzung; Umweltsituation und Beanspruchung durch Klimazone und Mikroklima am Standort (Schlagregenbeanspruchung), Immissionen und Gefahrstoffe

Tabelle 2.1: Vergleich von Außen-, Kern- und Innendämmungen

	Außendämmung	Kerndämmung	Innendämmung
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> ● Erhalt der inneren Raumgrößen ● witterungsgeschützte Wandkonstruktion und Rohrleitungen in der Außenwand ● wenig Wärmebrücken ● geringes Tauwasserrisiko ● Erhalt der Wärmespeicherfähigkeit der Außenwand, dadurch ● langsame Raumabkühlung bei Heizungsabsenkung ● geringe Beeinträchtigungen der Nutzer während der Bauphase ● höhere Dämmstoffdicken möglich ● Fassadensanierung und -gestaltung möglich 	<ul style="list-style-type: none"> ● Erhalt der Fassade möglich ● Erhalt der inneren Raumgrößen ● Außenmaße bleiben unverändert ● witterungsgeschützte Wandkonstruktion und Rohrleitungen in der Außenwand ● wenig Wärmebrücken ● geringes Tauwasserrisiko ● Erhalt der Wärmespeicherfähigkeit der Außenwand ● langsame Raumabkühlung bei Heizungsabsenkung ● geringe Beeinträchtigungen der Nutzer ● bauphysikalisch optimal 	<ul style="list-style-type: none"> ● Erhalt der Fassade möglich ● Außenmaße bleiben unverändert ● als Einzelmaßnahme für jede Nutzungseinheit möglich ● schnelle Raumaufheizung ● Eignung für temporäre Raumnutzung ● keine Gerüstkosten ● Ausführung witterungsunabhängig ● Wetterschutz für Dämmstoff
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> ● kein Erhalt der Fassade möglich ● größere Außenmaße, Abstandsprobleme ● nur Gesamtmaßnahme für Gesamtgebäude möglich ● langsame Raumaufheizung ● Gerüstkosten ● Ausführung unter Witterungseinfluss ● Risiko von Tauwasserbildung, Algen- und Pilzbefall bei niedrigen äußeren Oberflächentemperaturen ● Veränderung von Dachkonstruktion, Fenstersimsen und Fallrohren nötig 	<ul style="list-style-type: none"> ● Dämmschichtdicke begrenzt durch Luftschicht zwischen Wandschalen ● Risiko Dämmstoffdurchfeuchtung durch äußere Schale ● begrenzte Dämmstoffauswahl ● nur als Gesamtmaßnahme möglich ● langsame Raumaufheizung ● höhere Kosten, z. B. durch Gerüst ● Hohlraumfüllung nachträglich aufwendig und risikoreich 	<ul style="list-style-type: none"> ● geringere innere Raumgröße ● zahlreiche Wärmebrücken an in die Außenbauteile einbindenden Trennwänden und Geschossdecken ● hohes Risiko Oberflächenkondensation ● hohes Risiko für Tauwasserbildung ● geringe Wärmespeicherfähigkeit der Außenwand ● schnelle Raumabkühlung bei Heizungsabsenkung ● starke Beeinträchtigungen der Nutzer ● vor Witterung ungeschützte Bausubstanz

- Gebäudestruktur: Gebäudetyp (frei stehend, Reihen-/Blockbebauung), Form (Gliederung, Dach), Größe (Grundflächenzahl [GRZ], Geschossflächenzahl [GFZ], Geschosszahl und -fläche, Gebäudehöhe), Nutzungsart, -umfang und -änderungen, Baualter, Bauphasen und -abschnitte, Baustil und architektonische Gestaltung
- Bautechnik: statisches System, Konstruktionsweise und verwendete Baustoffe für Gebäude und Gebäudeteile (Fassade, Decken, Dach, Innenwände, Keller), bauphysikalische, -chemische, -biologische Situation
- Anlagentechnik: Heizungsanlage, Warmwasserbereitung, Lüftungs- und Klimatechnik, Leitungssysteme
- Mängel und Schäden: Art, Umfang und Ursache
- Vergleich der Vor- und Nachteile von Außenwandkonstruktionen und Baustoffen (Königstein, 2009):
 - statisch-konstruktives System von Gebäude und Außenwand: Massivbau ein- oder mehrschalig, Skelett-, Fachwerk-, Montage-, Mauerwerks-, Stahlbeton-, Stahl- bzw. Metallbau, Holzbau
 - Konstruktionssysteme für Zusatzdämmungen: Außen-, Kern- und Innendämmungen (siehe [Tabelle 2.1](#))
 - Dämmstoffe für Außenwände: natürlich/künstlich, organisch/anorganisch; Schüttungen; Anwendungsgebiete Außendämmung WA, Innendämmung WI, Perimeterdämmung PW, Kerndämmung WZ, Holztafel-/Holzrahmenbau WH (siehe [Kapitel 4](#))
 - Beschichtungen und Bekleidungen mit oder ohne Unterkonstruktion: Anstriche, Spachtelschichten, Putze, Fliesen und Platten, Bleche, Beläge
- Nachhaltigkeitsgrundsätze (ökologische, ökonomische, soziale Aspekte), gültig für alle Zyklusphasen des Gebäudelebens: Planung, Ausführung, Nutzung, Unterhalt, Rückbau (IFB, Gebäudesanierung, 2010; Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung [BBR], 2001):

- minimaler Verbrauch von Ressourcen und Energie sowie minimale Belastung des Naturhaushalts
- minimaler Flächenverbrauch
- maximale Lebensdauer und Verlängerung des Lebenszyklus von Konstruktionen und Produkten; Materialien wiederverwendbar oder -verwertbar
- keine Gesundheitsgefährdung durch Schadstoffe
- minimaler Betriebs- und Erhaltungsaufwand

2.2 Wärmeschutz

Der Anteil des Gebäudeenergiebedarfs am Gesamtenergieverbrauch Deutschlands beträgt fast 40 % (Heizung, Warmwasser, Beleuchtung, siehe [Abb. 2.2](#)). Dabei befindet sich ein Großteil der Altbausubstanz in energetisch mangelhaftem Zustand. Ungenügende Wärmedämmung, veraltete Anlagentechnik und ineffiziente Energienutzung bewirken hohe Energie- und Wärmeverluste sowie ein Raumklima mit Gesundheitsrisiken durch Tauwasser-, Feuchte- und Schimmelpilzprobleme.

Merksatz

Über 75 % aller Wohngebäude wurden vor dem Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung (WSchVO) erbaut (1977, Ziel erstmals Energieeinsparung). Dies zeigt das große Einsparpotenzial energetischer Altbaumodernisierungen (siehe [Abb. 2.3](#)).

Außenwände mit einem Flächenanteil von 40 bis 60 % an der gesamten Gebäudehülle (je nach Gebäudegeometrie) sind nur ein Teil der Wärmeverluste verursachenden Ge-