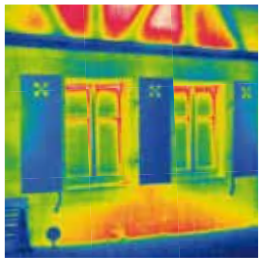
Bayerische
Ingenieurekammer-Bau

Körperschaft des öffentlichen Rechts



Baudenkmal und Energie

Baudenkmal und Energie

Erarbeitet vom Arbeitskreis
»Denkmalpflege und Bauen im Bestand«
der Bayerischen Ingenieurekammer-Bau

Vorsitzender
Dipl.-Ing. (FH) Klaus-Jürgen Edelhäuser

Mitglieder
Dipl.-Ing. Univ. Herbert Luy (Stv. Vorsitzender)
Dipl.-Ing. Univ. Ernst Georg Bräutigam
Dipl.-Ing. (FH) Günter Döhring
Regierungsdirektor Wolfgang Karl Göhner (BLfD)
Dipl.-Ing. (FH) Eduard Knoll
Dr. Florian Koch (BLfD)
Dipl.-Ing. (FH) Architekt Egon Kunz (ByAK)
Dipl.-Ing. Julia Ludwar (BLfD)
Dipl.-Ing. Univ. Mathias Pfeil
Prof. Dr.-Ing. habil. Karl Georg Schütz
Dr. Bernd Vollmar (BLfD)

Vorstandsbeauftragter
Dr.-Ing. Heinrich Schroeter

Weitere Autoren (Kapitel 2)
Dr.-Ing. Thomas Aumüller (BLfD)
Dipl.-Ing. Thomas Wenderoth (BLfD)

Herausgeber

Bayerische Ingenieurekammer-Bau
Körperschaft des öffentlichen Rechts

Bayerische Ingenieurekammer-Bau
Nymphenburger Straße 5
80335 München
www.bayika.de

Partner

Bayerische Architektenkammer

Bayerische Architektenkammer
Waisenhausstraße 4
80637 München
www.byak.de

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR DENKMALPFLEGE

Bayerisches Landesamt
für Denkmalpflege
Hofgraben 4
80539 München
www.blfd.bayern.de

Inhalt

1	**Einführung**	4
2	**Historische Bauweisen**	6
3	**Denkmalpflegerische Richtlinien zum Schutz des Baudenkmals**	9
3.1	Gestalterische Werte des Denkmals	9
3.2	Analyse	9
3.3	Vorgehensweisen nach der Bestandserfassung (Analyse)	11
3.4	Grundlegende Aspekte bei der Modernisierung von beheizten Gebäuden	10
3.5	Abschließende Bemerkung	16
4	**Entwicklung der Normen und Richtlinien**	17
4.1	Entwicklung der DIN 4108	17
4.2	Energieeinspargesetz	18
4.3	Wärmeschutzverordnungen	18
4.4	Heizungsanlagenverordnung	18
4.5	Energieeinsparverordnung	19
4.6	Zusammenfassung und Ausblick	22
5	**Grundlagen der Wärmedämmung und des Raumklimas**	23
5.1	Wärmeübertragung	23
5.2	Wärmeleitfähigkeit	24
5.3	Wärmedurchgangskoeffizient	24
5.4	Luftfeuchtigkeit und Wassergehalt	25
5.5	Schimmelbildung	26
5.6	Tauwasserbildung und Dampfdiffusion	27
5.7	Kapillarität	29
5.8	Luftdichtigkeit und Luftwechsel	29
5.9	Wärmebrücke	30
5.10	Behaglichkeit	31
6	**Voruntersuchungen**	32
6.1	Allgemeine Bestandsaufnahme	32
6.2	Zerstörungsfreie Messungen und Untersuchungen	34
6.3	Untersuchungen mit geringfügigen Eingriffen	38
6.4	Untersuchungen mit umfangreicheren Eingriffen	38
6.5	Dokumentation und Diskussion der Ergebnisse aus der Voruntersuchung	39
7	**Werkstoffe und Bauteile im Bestand**	40
7.1	Vorbemerkung	40
7.2	Werkstoffe	40
7.3	Bauteile	40
7.4	Bewertung der Ergebnisse aus den U-Wert-Ermittlungen für die verschiedenen Bauteile	58

8	**Technische Gebäudeausrüstung**	59
8.1	Begriffserklärungen	59
8.2	Heizungsarten	60
8.3	Alternative Energiequellen	62
8.4	Steuerung und Regelung der Heizungsanlage	63
8.5	Brauchwassererwärmung	63
8.6	Wärmeverteilung	64
8.7	Wärmeübergabe	65
8.8	Temperierung	68
8.9	Lüftungsanlagen	69
8.10	Ausblick	70
9	**Planung und Instandsetzung unter Berücksichtigung der Denkmalpflege**	71
9.1	Vorbemerkung	71
9.2	Grundlegende bauphysikalische und konstruktive Gesichtspunkte bei der Modernisierung	72
9.3	Konzeption von energetischen Modernisierungen der Baukonstruktion	80
9.4	Modernisierung von Bauteilquerschnitten	93
9.5	Abschließende Bemerkung	109
10	**Baurechtliche und verfahrenstechnische Fragen**	110
10.1	Differenzierung der Begriffe Denkmalschutz und Denkmalpflege	110
10.2	Denkmalschutz	111
10.3	Denkmalrechtliche Erlaubnis für Voruntersuchungen	112
10.4	Verfahrensfreie Maßnahmen (ohne Baugenehmigung)	112
10.5	Vereinfachtes Genehmigungsverfahren	113
10.6	Baugenehmigungsverfahren bei Sonderbauten	113
10.7	Bauaufsichtliche Zustimmung bei öffentlichen Bauherrn	113
10.8	Prüfpflicht der Standsicherheit und des vorbeugenden Brandschutzes	113
10.9	Wiederkehrende Prüfungen	114
10.10	EnEV und Baudenkmäler	114
10.11	Versicherungsfragen	114
	Abkürzungen	115
	Literaturhinweise	117
	Index	119

1 Einführung

Die steigenden Energiepreise sowie die Klimaschutzziele beeinflussen schon seit vielen Jahren das Bauwesen. Wesentliche Maßstäbe bestehen darin, die Wärmeverluste zu reduzieren, beispielsweise durch eine Verbesserung der Wärmedämmung der Außenbauteile, sowie die Wärmebereitstellung zu verbessern, beispielsweise durch Nutzung regenerativer Energieträger. Dies spiegelt sich in den stetig steigenden Anforderungen der gesetzlichen und normativen Vorgaben wieder.

Während die Berücksichtigung der vorgenannten Vorgaben bei der Errichtung von Neubauten sowie bei der Modernisierung von Bestandsbauten, bei denen es sich nicht um Baudenkmäler oder um besonders erhaltenswerte Bausubstanz handelt, weitgehend unproblematisch ist, können bei der Modernisierung von Baudenkmälern bauliche oder technische Veränderungen oft nur eingeschränkt realisiert werden.

Gerade bei dem sich abzeichnenden Trend zum Passiv-, Null- oder Plusenergiehaus erhöht sich der Druck, auch bei Baudenkmälern einen energiesparenden und wirtschaftlichen Gebäudebetrieb sicherzustellen. Während bei den »üblichen« Bestandsbauten lediglich die konkreten bauphysikalischen Auswirkungen entsprechender Modernisierungsmaßnahmen, wie beispielsweise Wärmebrücken, sorgfältig zu planen und umzusetzen sind, müssen bei Baudenkmälern auch weiterführende Aspekte berücksichtigt werden, um diese Gebäude als Zeugnisse unserer Geschichte und Kultur zu erhalten.

Generelle Planungsempfehlungen, womöglich als »Ampelsystem« zur qualitativen und quantitativen Bewertung von verschiedenen Dämmvarianten, sind bei Baudenkmälern aufgrund ihrer Vielfältigkeit nicht möglich. Ebenso ist es nicht möglich, pauschale Modernisierungskonzepte mit einer Abbildung des theoretischen End- oder Primärenergiebedarfs oder gar der möglichen Reduzierung der CO_2-Emissionen abzubilden.

In der vorliegenden Veröffentlichung »Baudenkmal und Energie« werden daher bewusst keine gezielten Vorgaben zur Verbesserung der Energieeffizienz von Baudenkmälern dargestellt. Die energetische Modernisierung eines Baudenkmals stellt stets eine Einzelfallbetrachtung dar. Das Ziel der Publikation besteht daher vielmehr darin, wesentliche Aspekte des Themengebiets »Baudenkmal und Energie« – sowohl für den Denkmaleigentümer als auch für den Planer – verständlich darzustellen. Darüber hinaus sollen die wesentlichen Schritte der energetischen Modernisierung, von der Untersuchung des Bestands bis hin zur Konzeption von Verbesserungen, erläutert und alle am Baudenkmal Beteiligten – ob Bauherr oder Planer – hinsichtlich der Notwendigkeit dieser Schritte sensibilisiert werden.

Wegen der Komplexität des Themas ist es zunächst notwendig, sich damit auseinanderzusetzen, unter welchen Bedingungen und mit welchen Zielvorgaben in der Vergangenheit Gebäude errichtet wurden. Das Kapitel »Historische Bauweisen« verdeutlicht, dass die »Energieeffizienz« schon in der Vergangenheit, sowohl bei der Wahl der Baustoffe als auch bei der Raumanordnung, eine gewisse Rolle gespielt hat. Auf die Besonderheit der historischen Bausubstanz sowie auf besondere denkmalfachliche Aspekte wird im Kapitel »Denkmalpflegerische Richtlinien zum Schutz des Baudenkmals« näher eingegangen. Dabei werden die Wertigkeit der Baustoffe und der Bauteile sowie die möglichen Auswirkungen verschiedener baulicher Änderungen kritisch hinterfragt.

Beschäftigt man sich mit dem Thema »Energie« im Bauwesen, richtet sich der Fokus im Wesentlichen auf die derzeit geltende Energieeinsparverordnung sowie auf weiterführende Richtlinien und Normen. Oftmals gerät in Vergessenheit, dass schon im Jahr 1952 mit der ersten Ausgabe der DIN 4108 der Grundstein für den baulichen Wärmeschutz in einer Norm gelegt wurde. Das Kapitel »Entwicklung der Normen und Richtlinien« zeigt ausführlich, wie sich einerseits die Normen und Richtlinien von der DIN 4108 bis zur Energieeinsparverordnung weiterentwickelt haben und von welchen Grundintentionen andererseits diese Weiterentwicklung geprägt war.

Zierelemente werden entfernt und eindrucksvolle Sichtziegelfassaden unter einem Wärmedämmverbundsystem versteckt.
Der ursprüngliche Charakter eines Gebäudes geht damit leider verloren.

Um Bestandsgebäude zu bewerten und energetische Verbesserungen, sowohl baulich als auch im Bereich der Gebäudetechnik, zu konzipieren, sind grundlegende Kenntnisse zur Eigenschaft von Dämmstoffen sowie zum Raumklima unerlässlich. Ausführliche Betrachtungen dazu finden sich sowohl im Kapitel »Grundlagen der Wärmedämmung und des Raumklimas« als auch im Kapitel »Technische Gebäudeausrüstung«.

Eine Konzeption von Maßnahmen zur energetischen Verbesserung von Baudenkmälern setzt darüber hinaus die genaue Kenntnis des Bestands voraus. Hierfür sind zunächst ausführliche Untersuchungen am Bauwerk notwendig. Die Durchführung dieser Untersuchungen sowie die Dokumentation der Ergebnisse sind im Kapitel »Voruntersuchungen« dargestellt. Die häufig anzutreffenden Baumaterialien und ihre Verwendung im Bestand werden im Kapitel »Werkstoffe und Bauteile im Bestand« dargestellt.

Eine ausführliche und kritische Betrachtung der möglichen Bauteilverbesserungen durch zusätzliche Wärmedämmung erfolgt im Kapitel »Planung und Instandsetzung unter Berücksichtigung der Denkmalpflege«. Sowohl die Möglichkeiten und Grenzen verschiedener Bauteilverbesserungen als auch die besonderen Risiken von Schäden und Folgeschäden durch energetische Verbesserungen werden in diesem Kapitel anhand verschiedener Bauteile ausführlich erörtert. Da es sich bei Baudenkmälern stets um Einzelfallbetrachtungen handelt, wurde bewusst auf Bauteilkataloge mit technischen Angaben, wie beispielsweise U-Werte, verzichtet. Bei jedem Baudenkmal sind die möglichen Modernisierungsmaßnahmen unter Berücksichtigung des jeweiligen Bestands individuell festzulegen und zu planen. Bei den dargestellten Rechenbeispielen handelt es sich daher nur um exemplarische Betrachtungen, die das Verbesserungspotenzial sowie die damit einhergehenden Risiken verdeutlichen sollen.

Abschließend erfolgt eine Darstellung der derzeit geltenden baurechtlichen Anforderungen im Kapitel »Baurechtliche und verfahrenstechnische Fragen«.

2 Historische Bauweisen

Es gibt wohl keinen Ort auf der Erde, an dem die Menschen nicht versucht haben, durch bauliche Maßnahmen die Auswirkungen des Klimas, wie Kälte oder Hitze, abzumildern und Schutz vor Regen, Schnee, Wind oder Sonne zu suchen. Diese Aspekte waren allerdings nur ein Teil der Ziele des Bauens in früheren Zeiten. Mindestens ebenso wichtig war die Sicherheit, also der Schutz vor Einbruch oder feindlichen Übergriffen, die durch Lage oder Bauweise des Bauwerks beeinflusst werden sollte. Das Bedürfnis nach Wetterschutz, Sicherheit und Behaglichkeit stand oftmals im Gegensatz zu gut belichteten Räumen, welche die Nutzung von Tageslicht erlaubten.

Ein weiterer nicht zu vernachlässigender Aspekt ist das Bedürfnis nach Repräsentation, das sich in einem Gebäude ausdrücken soll: größer, höher, prachtvoller. Die Möglichkeiten der Bauherren waren dabei stets abhängig vom technologischen Fortschritt der jeweiligen Zeit und von den eigenen organisatorischen und finanziellen Ressourcen.

Gebäude mit Zierfachwerk in Münnerstadt

Der bedeutendste Energieträger und zugleich wichtigste Baustoff nördlich der Alpen war über Jahrtausende das Holz. In Block- und Fachwerkbauten diente es zur Errichtung der Wände. Im Übrigen war es über lange Zeit der einzige verfügbare Baustoff für Decken- und Dachkonstruktionen. Auch der Innenausbau mit Bodendielen, Türen, Fenstern und Möbeln war ohne Holz nicht möglich. Zugleich war es auch als Energieträger unentbehrlich bei der Herstellung vieler anderer Baustoffe wie Ziegel und Dachziegel, Kalk, Glas und Metall.

Die hohe Nachfrage nach der begrenzten Ressource Holz erhöhte somit auch die Anschaffungskosten für energieintensiv produzierte Baustoffe. In dem Bemühen um größtmögliche Effizienz stieg damit die Wertschätzung für den vorhandenen Baubestand: Die Reparatur wurde der Investition in die Erneuerung ganzer Bauten oder Bauteile meist vorgezogen. Morsche Balken wurden ausgetauscht oder durch Stein oder Ziegel ersetzt, schadhafte Dachziegel wurden ersetzt und nicht das ganze Dach neu gedeckt. Auch beschädigte Fensterscheiben wurden oft mit neuen Glasstücken ergänzt, die mit einem Bleifalz fixiert wurden. Die Zweitverwendung von Bauteilen war eine weitere Methode, Material zu sparen. In vielen Dächern finden sich Balken, die bereits in anderem Zusammenhang genutzt worden waren, alte Türen »wanderten« ins weniger repräsentative Dachgeschoss.

Holz war auch die wichtigste Energiequelle für Heizen und Nahrungsbereitung: Kochen, Backen und Braten war nur mit einer befeuerten Herdstelle möglich. Der Holzverbrauch dafür war groß und führte letztlich zu einem veränderten Einsatz des begehrten Rohstoffs und Restriktionen in seiner Gewinnung: Waldbesitzer – meist die Landesherren – verboten die unentgeltliche Entnahme von Bäumen, so dass sich das Angebot weiter verknappte. Daraus ergibt sich im 18. und 19. Jahrhundert ein deutlicher Unterschied der verbauten Stärke und Qualität von Bauholz zwischen herrschaftlichen Bauten wie Schlössern oder Kirchen und deren Wirtschaftsbauten einerseits und Bürger- oder Bauernhäusern andererseits.

Wärme war ebenfalls lange Zeit nur durch Holz zu gewinnen. Schon in früheren Zeiten galt es, die Wärme möglichst effektiv zu erzeugen und zu speichern. Ursprünglich dienten Herdstellen der Nahrungszubereitung und waren gleichzeitig Wärmespender. Im späten Mittelalter sind mit den Kachelöfen die ersten eigenständigen »Heizkörper« nachzuweisen. Sie waren wesentlich effizienter zu betreiben als offene Herdstellen und boten den Vorteil einer kontrollierten Rauchableitung.

Der hohe Stellenwert des Energiesparens ist dann im 16. Jh. belegt. Zu dieser Zeit werden Holzspar-

methoden kaiserlich privilegiert. Die Reichsstadt Nürnberg erwirbt 1554 ein solches Holzsparpatent und zahlt dafür eine stattliche Summe. Seit der Zeit um 1600 werden zahlreiche Traktate über die Konstruktion von Öfen und Herdstellen publiziert. Dabei geht es um eine effiziente Raumheizung, die durch ein ausgeklügeltes System der Rauchzüge und damit Nutzung der Abwärme erzielt wird. Bezeichnenderweise ist eine der frühesten Abhandlungen mit »Holzsparkunst« betitelt. Im Jahr 1618 bzw. 1619 in deutscher und französischer Sprache erschienen, steht für den Autor Franz Kessler ein möglichst geringer Einsatz von Heizmaterial und eine möglichst große Wärmespeicherung im Zentrum. Und auch dem Ansbacher Hofbediensteten Georg Andreas Böckler geht es in seiner 1666 herausgekommenen »Oefen = Kunst« darum, bestehende Anlagen »… mit schlechten [=wenigen] Unkosten leichtlich verbessern und … mit wenigem Holtz und Kohlen einhitzen …« und neue Öfen »… in Ersparung des Holtzes nützlich aufbauen«.

Ein weiterer wesentlicher Schritt war die Einführung des Sparherdes nach 1800, bei dem das Feuer im Ofen eingeschlossen war und der eine wesentlich bessere Energiebilanz ermöglichte. Parallel dazu löste der russische Kamin mit geringerem Durchmesser den mächtigen deutschen Kamin ab, wodurch der Rauchabzug erheblich verbessert werden konnte.

Eine wesentliche Entwicklung im Hausbau durchläuft der Umfang des beheizbaren Raumes: Die mehr oder minder effiziente Nutzung von Energie nimmt direkten Einfluss auf Architektur und Bauweise. In der Frühzeit des Hausbaus waren die Gebäude weitgehend ohne Binnenteilung, so dass mit einer Feuerstelle das gesamte Gebäude zumindest temperiert werden konnte. Warm wurde es dabei höchstens direkt an der Feuerstelle. In der weiteren Entwicklung wurden Nutzungszonen innerhalb der Gebäude definiert, die unterschiedlichen Komfortansprüchen gerecht werden mussten. Seit dem Mittelalter teilte man zusätzlich kleinere Räume ab, die leichter beheizt werden konnten. Für Klöster sind die Kalefaktorien (= Wärmestuben) bereits vor 1000 belegt. Von dort ausgehend wurde diese Situation vermutlich im profanen und bürgerlichen Bauen übernommen.

Fachwerk mit Bruchsteinausmauerung der Gefache

Mit der Entwicklung des Kachelofens manifestierte sich die Trennung der beheizbaren Stube von der Küche mit der Feuerstelle. Nur die Stube war warm, Nebenräume konnten lediglich durch die Nähe dazu profitieren. In vielen Bauernhäusern war der Schlafraum der Bauern über der Stube angeordnet, eine Klappe im Boden wurde nachts geöffnet und sorgte für zusätzliche Wärmezufuhr. Eine Beheizung weiterer Räume und schließlich sogar der ganzen Wohnung ist eine Entwicklung, die sich zwar bereits im 19. Jahrhundert in den Wohngebäuden der wohlhabenderen Schichten abzeichnet, aber erst im Lauf des 20. Jahrhunderts mit der Verwendung der fossilen Energieträger Erdöl und Erdgas zum Allgemeingut wird.

Die Begrenzung des Wärmeverlusts über die Gebäudehülle war bereits in früherer Zeit ein wichtiges Anliegen; eine Dämmung der beheizten Räume wurde oft durch einfache Maßnahmen erreicht. Zunächst ist bei vielen freistehenden Häusern die Stube im Südosten angelegt und so von der Wetterseite im Westen abgeschirmt. Beim Massivbau wird allein durch die konstruktiv nötige Mauerstärke eine gewisse Dämmwirkung erreicht. Im süd- und mitteldeutschen Wohnbau

etabliert sich die Bohlenstube, die quasi als eine Art Blockhaus in das Fachwerkgerüst eingesetzt wurde. Durch Moos, Flechten oder andere Naturmaterialien wurden die Fugen zwischen den Holzbohlen abgedichtet, so dass ein zugfreier Raum entstand.

Die Holzblock- oder Bohlenbauweise lieferte von sich aus bereits sehr gute Wärmedämmeigenschaften. Eine weitere Optimierung erfolgte durch Aufbringen eines dicken Lehmputzes auf den Außenseiten. Diese Bauweise wird aber ab dem 18. Jahrhundert selten. Im Fachwerkbau beginnt sich in dieser Zeit ein flächiger Innen- oder Außenputz durchzusetzen, der die Undichtigkeiten im Übergang zwischen Fachwerk und Gefach schließt. Diese Entwicklung geht mit einer Verbesserung der Deckenkonstruktion einher: Bestand diese im Mittelalter in aller Regel nur aus einer einfachen Dielung oberhalb der Deckenbalken, werden die Raumdecken nun entweder als massivere Bohlendecken ausgeführt oder die Deckenbalken erhalten eine Zwischenfüllung aus Lehm und Stroh.

Im 18. und 19. Jh. finden sich dann eine ganze Reihe von Verbesserungen, die in ihrem Hauptzweck oder auch als Begleiterscheinung der Energieeinsparung dienen, wie beispielsweise Lehmfüllungen in den Dachschrägen bewohnter Dachgeschosse, dicke Lehm-Stroh-Putzpakete auf Wänden, Ziegelmauerwerk mit gemauerten Hohlräumen oder Fehlbodenschüttungen aus Getreidespelzen oder Schlacke.

Neben den Wärmeverlusten über Wände und Decken waren Verluste über die Fenster auch in der Vergangenheit bekannt. Man versuchte diesem Problem zunächst durch möglichst kleine Fensteröffnungen zu begegnen, wie sie an alten Bauernhäusern aus der Zeit vor 1700 teilweise heute noch zu sehen sind. Aber auch Burgen hatten im Mittelalter in den Wohnbereichen nur sehr kleine Fenster. Warm hieß in diesem Fall gleichzeitig dunkel.

Die Fensteröffnungen werden in der Weiterentwicklung der Fensterkonstruktionen langsam größer, die Fensterverschlüsse erreichen dabei eine immer höhere Dichtigkeit. So verschwindet das Schiebefenster im 18. und 19. Jh. aus dem Baurepertoire, der Falz wird als Kneiffalz in mehr oder weniger komplizierten Profilen ausgeführt. Die wachsende Größe der Fenster sollte Helligkeit in den Raum bringen, wodurch wiederum Energie für die Raumbeleuchtung eingespart und der Wohnkomfort gesteigert wurde. Neben den praktischen Vorteilen führte der Repräsentationsanspruch der Bauherren zu einer Vergrößerung des Fensteranteils in der Außenwandfläche.

Letztlich wäre aber die Entwicklung großer Fenster ohne entscheidende Fortschritte in der Flachglasproduktion, die die Herstellung auch größerer Glasformate erlaubte, nicht denkbar gewesen. Zur Verbesserung der energetischen Eigenschaften werden ab dem 18. Jh. vereinzelt, im 19. Jahrhundert dann verstärkt Winterfenster gefertigt. Diese wiederum werden durch die aufwendigere Kastenfensterkonstruktion abgelöst. Die Entwicklung im 20. Jh. führte über das Verbundfenster zum aktuellen Standard des Isolierglasfensters. Als negative Begleiterscheinungen ergaben sich dabei zwangsläufig immer unförmigere Rahmenkonstruktionen.

Entwicklungen in der Bauweise von Gebäuden waren immer von verschiedenen Aspekten bestimmt, sie spiegeln die persönlichen Lebensumstände und gesellschaftliche Situation der Bewohner wider. Fragen der Behaglichkeit und Ökonomie waren auch immer Triebfeder für bautechnische Neuerungen. Die Ursachen für die genannten baulichen Entwicklungen beruhen dabei aber nur zu einem Teil auf dem Bemühen, den Energieverbrauch zu optimieren oder gar zu reduzieren. Ein mindestens gleichwertiges Ziel neben dem Bedürfnis nach Behaglichkeit bei Bauwerken war und ist wohl fast immer der Wunsch nach repräsentativer Architektur. In den Vordergrund rückte die Energieeinsparung dafür in Zeiten knapper – das heißt teurer – Energie, daran hat sich bis heute nichts geändert. Neu ist allenfalls die Intensität, mit der die Diskussion aktuell geführt wird und die Fokussierung vor allem auf die Wärmedämmung, die in ihrer gesellschaftlichen Dominanz historisch keine Vorbilder hat. Sie steht damit auch im Gegensatz zum gleichzeitigen Anwachsen der Ansprüche gerade in Bezug auf die Pro-Kopf-Wohnfläche und die Ausstattung mit modernster Technik.

3 Denkmalpflegerische Richtlinien zum Schutz des Baudenkmals

3.1 Gestalterische Werte des Denkmals

Ein Baudenkmal ist nicht die Summe der baugeschichtlich wertvollen Einzelbauteile, sondern stellt in seiner Gesamtwirkung ein Zeugnis seiner Kulturepoche dar. Gerade historische Oberflächen, an denen sich geschichtliche Zusammenhänge und Spuren ablesen lassen, stellen einen einzigartigen Zeugniswert dar. Bereits die gestalterische Veränderung eines einzigen Bauteils kann das Denkmal in seiner Gesamtwirkung erheblich stören, wie z. B. der Einbau einer hochgedämmten Alu-Glastüre in einen Barockbau. Unüberlegte Eingriffe, auch wenn diese der Energieeinsparung dienen, können neben der möglichen Verunstaltung zu bauphysikalisch bedingten Schäden führen, die im Extremfall den Verlust des Denkmals zur Folge haben können. Eine negative Veränderung des Erscheinungsbilds des Denkmals kann auch die für den Denkmaleigentümer wichtigen Förder- und Zuschussprogramme negativ beeinflussen.

Mit der Verpackung eines Gebäudes geht leider oftmals der individuelle und Ortsbild prägende Charakter verloren.

Bei allen Maßnahmen an einem Kulturdenkmal sind alle Entscheidungen der besonderen Situation am jeweiligen Objekt anzupassen. Die Anwendung von allgemeinverbindlichen »Rezepten« für energieeinsparende Verbesserungen erfüllen nur selten die individuellen denkmalbedingten und die bauphysikalischen Anforderungen.

3.2 Analyse

Da auf Grund der individuellen Konstruktion und der oft mehrstufigen Baugeschichte eines Baudenkmals eine normierte Lösung im Regelfall nicht möglich ist, muss im Vorlauf der Vorbereitung einer energetischen Modernisierung eine Einzelfallbetrachtung durchgeführt werden. Nur auf der Grundlage der Feststellungen zum Baubestand für jeden Detailpunkt kann anschließend eine denkmalgerechte energetische Modernisierung geplant werden. Damit ist der gesamte angetroffene Bestand in die Betrachtung mit einzubeziehen, da eine nur punktuell angelegte Lösung zu bauphysikalischen Schäden führen kann oder bereits den Gesamteindruck des Denkmals stört. Der Umfang sowie die Möglichkeiten der Voruntersuchung sind im Kapitel 6 dieser Veröffentlichung ausführlich dargestellt.

Im Folgenden werden daher lediglich die besonderen denkmalfachlichen Aspekte der Voruntersuchung herausgestellt:

- Darstellung der Baugeschichte, der Entstehungs- und Veränderungsgeschichte, der Formensprache, der gestalterischen Besonderheiten und der ablesbaren historischen Spuren des Bauwerks. Informationen hierzu sind beispielsweise der Denkmalliste oder dem Baualtersplan zu entnehmen.
- Beurteilung des Zustands des Tragwerks unter Berücksichtigung der bei bisherigen Umbauten eingetretenen Veränderungen.
- Feststellungen zu den vorhandenen Materialien sowie zu ihrer historischen Bedeutung (z. B. Füllung von Fehlböden).
- Untersuchung und Darstellung des Aufbaus der wesentlichen Bauteile sowie Darstellung der historischen Bedeutung (Wände, Geschossdecken, Dachhaut).
- Feststellung von Vorbelastungen der Bauteile durch die jeweilige Einbausituation oder durch spezifische Nutzungen (z. B. Salzbelastung im Mauerwerk).

3.3 Vorgehensweisen nach der Bestandserfassung (Analyse)

Auf der Grundlage der Ergebnisse und Erkenntnisse der Voruntersuchungen kann für die möglichen Schwachstellen am Baudenkmal ein Konzept zur energetischen Modernisierung entworfen werden. Idealerweise sollte dies die Funktion und Eigenschaft bestehender Gebäudeglieder nicht verändern, sondern nur hinsichtlich der Energieeinsparung optimieren.

Oberstes Ziel muss es sein, einfache, praktisch umsetzbare, reversible und reparable Lösungen zu entwickeln, die einen geringen Unterhalt erfordern, leicht und kostengünstig auszuführen sind und dem Baudenkmal keine nachhaltigen Schäden zufügen. Dabei sind alle Auswirkungen hinsichtlich der Gestaltung im Gebäude und an den Fassaden zu untersuchen. Unter Umständen kann bereits die Wahl eines neuen, wirtschaftlichen Heizsystems zu wesentlichen Verbesserungen führen und stärkere Eingriffe in die Originalsubstanz erübrigen.

Auf der Basis der Voruntersuchungen können energetische und denkmalgerechte Verbesserungen konzipiert werden. Neben dem erfahrenen Planer (Ingenieur/Architekt) erhält der Eigentümer des Baudenkmals dabei auch Unterstützung durch einen besonders qualifizierten »Energieberater für Baudenkmäler« sowie gegebenenfalls durch weitere Projektbeteiligte wie die restauratorische Fachbauleitung.

Im Folgenden wird auf die einzelnen Bauteile eines Baudenkmals eingegangen und die besonderen denkmalfachlichen Aspekte herausgestellt. Hierbei ist zu beachten, dass jedes Baudenkmal individuell zu betrachten ist und dementsprechend auch die genannten Aspekte nicht grundsätzlich für alle Baudenkmäler in gleicher Weise gelten.

3.4 Grundlegende Aspekte bei der Modernisierung beheizter Gebäude

3.4.1 Verbesserung der Haustechnik

Durch eine Modernisierung der Gebäudetechnik, insbesondere der Heizwärmeerzeugung und der Wärmeübergabe, können oftmals erhebliche energetische Verbesserungen erzielt werden. Allerdings sind besonders bei bislang unbeheizten oder nur geringfügig beheizten Gebäuden die Auswirkungen auf das Raumklima zu berücksichtigen. Darüber hinaus sind auch hinsichtlich der Leitungstrassen sowie neuer Elemente der Haustechnik besondere denkmalfachliche Aspekte zu beachten:

- Berücksichtigung von historischen Putz- und Malschichten, die z. B. durch Schlitzen von Leitungstraßen gefährdet oder zerstört werden könnten.
- Beachtung der möglichen Auswirkungen von neuen Elementen der Haustechnik auf die Raumgestaltung (z. B. neue Heizflächen, neue Leitungen zur Wärmeverteilung oder zur Lüftung).
- Berücksichtigung von historischen Einbauten (z. B. Möbel, Lambrie [= Holzvertäfelung]), die durch den Einbau neuer Elemente der Gebäudetechnik nicht verändert oder zerstört werden dürfen.
- Berücksichtigung von Teilen der historischen Haustechnik, die im Zuge der Modernisierung zu erhalten sind.
- Beachtung der möglichen Gefahren durch eine Veränderung des Raumklimas (Raumtemperatur und Raumluftfeuchte).
- Beachtung der möglichen Auswirkungen einer Beheizung auf einzelne Bauteile (z. B. unbeabsichtigte Aktivierung von Salztransportmechanismen).
- Berücksichtigung der möglichen gestalterischen Auswirkungen von baulichen Veränderungen am Gebäude, etwa durch Ein- oder Anbau von Lagerstätten für Brennstoffe (z. B. Pelletlager, Hackschnitzellager).

3.4.2 Außendämmung

Eine Dämmung der Fassade verändert immer die Proportionen und den Charakter (z. B. bei Sichtziegelfassaden) eines denkmalgeschützten Gebäudes und sollte äußerst vorsichtig eingesetzt werden. Selbst wenn durchgehend glatte Fassadenflächen vorhanden sind, ergeben sich Probleme beim Anschluss der Dämmung an Türen, Fenstern, Gliederungselementen, Treppen, Trauf- und Giebelpunkten oder an das Gelände. Im Zuge der Planung und Ausführung von entsprechenden Dämmmaßnahmen sind die folgenden denkmalfachlichen Aspekte besonders zu beachten:

- Beachtung von historischen Putz- und Malschichten, die im Zuge der Modernisierung nicht zerstört oder beschädigt werden dürfen.
- Beachtung der Ablesbarkeit historischer Spuren wie Baufugen, Handwerkstechnik und originalen Oberflächen.
- Vermeidung von negativen gestalterischen Auswirkungen durch Veränderung der Laibungstiefen oder durch Veränderung der Proportion von Gliederungselementen.
- Berücksichtigung der Einbindung von vorhandenen Funktionselementen (z. B. Terrassen, Loggien, Balkone, Altanen, Treppen etc.).
- Beachtung von besonderen Zierelementen (z. B. Wappentafeln, Figuren, Gesimse etc.), die im Zuge der Modernisierung zu erhalten sind.
- Bei der Wiedermontage von Zierelementen ist deren Veränderung zu vermeiden (z. B. Gitter, Fensterläden etc.).
- Besondere Beachtung des Brandverhaltens von Wärmedämmmaterialien. Die Aufbringung einer zusätzlichen Brandlast oder eine erhöhte Brandgefährdung (z. B. Kamineffekt bei Außendämmungen oder hinterlüfteten Fassaden) ist grundsätzlich zu vermeiden.

Außendämmung bei Baudenkmälern – keine Standardlösung

3.4.3 Innendämmung

Bei hochwertigen Raumausstattungen bedeuten Innendämmungen im Regelfall die irreversible Zerstörung der Wirkung der historischen Raumschale und damit eines wesentlichen Teils der Aussage des Baudenkmals. Ausnahmen sind beispielsweise bei einfachen Funktionsbauten mit denkmalpflegerisch unbedeutenden oder bei bereits stark gestörten oder zerstörten Oberflächen möglich. Bei diesen Objekten kann der ursprüngliche Raumeindruck und damit der Verweis auf die frühere Nutzung im Rahmen einer Innendämmung erhalten werden. Bei einer Innendämmung ist grundsätzlich die Struktur des Bauwerks, besonders hinsichtlich einbindender Decken und Wände in die Dämmebene zu beachten. Weitere denkmalfachliche Aspekte zur Innendämmung stellen sich wie folgt dar:

- Beachtung von historischen Putz- und Malschichten sowie von Teilen der historischen Haustechnik, die im Zuge der Modernisierung nicht verändert oder zerstört werden dürfen.
- Beachtung der Ablesbarkeit historischer Spuren wie Baufugen, Handwerkstechnik und originalen Oberflächen sowie Beachtung von historischen Einbauten (z. B. Möbel, Lambrie), die im Zuge der Modernisierung nicht verändert oder zerstört werden dürfen.
- Berücksichtigung der Auswirkungen von Dämmmaßnahmen auf gewachsene Raumzusammenhänge sowie auf den architektonisch beabsichtigten Raumeindruck.

- Berücksichtigung historischer Erschließungen (z. B. Raumverbindung) und historischer Wandöffnungen.
- Beachtung der gestalterischen und bauphysikalischen Anschlussprobleme bei bestehenden Fenstern und Türen bzw. an den Laibungen.
- Berücksichtigung von historischen Zierelementen im Bereich von Decken- oder Bodenanschlüssen (z. B. Stuckleisten, Sockelleisten etc.).
- Vermeidung der mittel- oder langfristigen Schädigung von Bauteilen durch Verschiebung des Taupunktes in wertvolle Ausstattungsteile (siehe hierzu auch Kapitel 5 »Grundlagen der Wärmedämmung und des Raumklimas« und Kapitel 9 »Planung und Instandsetzung unter Berücksichtigung der Denkmalpflege«).

3.4.4 Wärmebrücken

Wärmebrücken (siehe auch Kapitel 5 »Grundlagen der Wärmedämmung und des Raumklimas«) müssen im Rahmen der Bestandsanalyse und der daran anschließenden Planung der Modernisierung gründlich herausgearbeitet werden. Grundsätzlich ist der Verlust von Originalsubstanz, sowohl im Zuge der Modernisierung als auch im Zuge der späteren Nutzung, auszuschließen. Dabei ist besonders zu beachten, dass im Zuge der Modernisierung keine neuen Wärmebrücken mit einem daraus resultierenden Schadenspotenzial entstehen.

Sind bauliche Maßnahmen, z. B. Dämmmaßnahmen, zur Beseitigung oder Reduzierung von Wärmebrücken nicht möglich, können mittel- oder langfristige Schäden oftmals auch durch technische Maßnahmen (z. B. geringfügige Beheizung von Wärmebrücken) vermieden werden. Bei der Planung von Maßnahmen zur Behebung von Wärmebrücken sollten folgende Punkte besonders beachtet werden:

- Werden durch die Beseitigung von Wärmebrücken bestehende Konstruktionszusammenhänge durchtrennt? Gegebenenfalls sind dann Alternativen zur Beseitigung von Wärmebrücken oder Kompensationsmaßnahmen zu planen.
- Berücksichtigung und Erhalt des bauzeitlich überlieferten Tragwerks.
- Berücksichtigung und Erhalt gestalterisch bedeutsamer Detail- und Anschlusspunkte, insbesondere bei der Fassadengestaltung sowie bei historischen Fensterkonstruktionen.

3.4.5 Außentüren

Vorrangig ist hier, wie oft die Türe geöffnet wird, welchen Zugang sie erschließt und welche Anforderungen an die Winddichtigkeit und an die Dämmeigenschaft gegeben sind (z. B. geringere Anforderungen bei einem vorhandenen Windfang). Erst nach Klärung dieser grundsätzlichen Aspekte können Modernisierungen geplant werden. Es existieren bereits bewährte Lösungen, die gestalterisch und konstruktiv vertretbar sind und die keinen Verlust des Informationsgehaltes der Türe als historisches Bauelement nach sich ziehen. Unter Berücksichtigung der nachfolgenden denkmalfachlichen Aspekte sind Modernisierungen bei historischen Außentüren durchführbar:

- Die bauzeitliche Funktionalität ist festzustellen und, wenn möglich, zu erhalten.
- Historische Türgriffe und Schlösser sind, wenn möglich, zu erhalten. Gleiches gilt für die historische Montierung (z. B. Einschlagkloben, Riegel etc.).
- Berücksichtigung von gestalterischen Auswirkungen durch Veränderung des Bodenniveaus sowie durch Veränderungen an den Gewänden, sowohl im Innen- als auch im Außenbereich.
- Beachtung der historischen Anmutung der Innen- und Außenseite bei geplanten Modernisierungen (z. B. bei Aufdoppelung).
- Berücksichtigung von möglichen Alternativmaßnahmen, z. B. Einbau eines Windfangs.
- Nutzung der Möglichkeiten zur funktionellen Integration von eventuell vorhandenen Oberlichtverglasungen, z. B. zur Belichtung eines angrenzenden Flurs.

Links: Historisches Fenster mit Einfachverglasung das durch den Umbau zum Kastenfenster energetisch verbessert wurde.
Rechts: Historische Eingangstüre mit Oberlicht.

3.4.6 Fenster und Fenstertüren

Die Bestandsanalyse zeigt auf, ob es sich noch um einen historischen Fensterbestand – gegebenenfalls mit Stock, Flügeln und Verglasung – handelt, der eine authentische Informationsquelle darstellt. Wesentlich für eine nachhaltige Ertüchtigung des Fensters sind Authentizität, Erhaltungszustand, Konstruktionsart und auch Detailqualität hinsichtlich der vorhandenen Querschnitte.

Eine Verbesserung nach dem aktuellen Stand der Technik ist in vielen Fällen möglich, so dass für nahezu jeden Fenstertyp geeignete Detaillösungen angewandt werden können. Durch ein auf der Raumseite zusätzlich vorgesetztes Fenster (Kastenfenster), aufgesetzte Flügel oder Austausch der Scheiben durch Isolierglasscheiben (meist Sonder-Iso-Scheiben mit geringer Einstandstiefe) können oftmals erhebliche Verbesserungen erreicht werden. Kritischer ist die Situation bei Stahl- oder Gussfenstern. Aber auch hier sind wärmetechnische Verbesserungen umsetzbar, ohne die Optik der überlieferten Fenster zu stören. Zu beachten sind nachfolgende denkmalfachlichen Aspekte:

- Beachtung des historischen Wertes des Bestandsfensters.
- Generelle Beachtung der möglichen Auswirkungen auf das Raumklima und auf alle Bauteile durch Erhöhung der Dichtigkeit bei der Modernisierung von Fenstern (z. B. Schimmelbildung durch unzureichenden Luftwechsel – siehe hierzu auch Kapitel 5 »Grundlagen der Wärmedämmung und des Raumklimas«).
- Beachtung des bauzeitlichen Erscheinungsbildes (z. B. Konstruktionsbreiten).
- Berücksichtigung von historischen Beschlägen und deren Funktionsweise.
- Beachtung des ursprünglichen Raumeindrucks und der möglichen Auswirkungen bei der Modernisierung von Fenstern (z. B. beim Umbau zum Kastenfenster).
- Berücksichtigung und ggf. Erhalt der historischen Verglasung bzw. besonderer Verglasungen (Bleiverglasung, Farbgläser).
- Berücksichtigung der voraussichtlichen gestalterischen Auswirkungen bei einer Veränderung der Einbautiefen, sowohl im Innen- als auch im Außenbereich (z. B. Auswirkungen auf die Fassadengestaltung).
- Berücksichtigung der Auswirkungen auf die Belichtung der Räume.
- Beachtung und Erhalt von historischen Fensterverblechungen sowie von historischen Verschattungen (z. B. Holzrollos, Fensterläden etc.).

Linke Hälfte:
Originale Sichtziegelfassade
Rechte Hälfte:
Der vergebliche Versuch der Imitation im Zuge einer Modernisierung

3.4.7 Böden

Im Zuge der Bestandsanalyse ist festzulegen, welche Wertigkeit die Bodenoberflächen aufweisen. Dies beinhaltet neben Aspekten der Gestaltung und der Materialität (z. B. Holz, Stein etc.) auch die eventuelle Erhaltung von Nutzungsspuren. In diesem Zusammenhang ist grundsätzlich zu prüfen, ob Veränderungen am Bestand möglich sind. Dabei ist auch zwischen Böden zum unbeheizten Kellergeschoss und Böden zum Erdreich zu differenzieren. Besonders beachtet werden sollten aus Sicht der Denkmalpflege folgende Aspekte:

- Ist eine Modernisierung des Bodenaufbaus nur durch Aus- und Wiedereinbau eines historischen Bodenbelages möglich, ist zu prüfen, ob eine sachgerechte Demontage, Zwischenlagerung und Wiederverwendung möglich ist.
- Berücksichtigung der besonderen denkmalpflegerischen oder technikgeschichtlichen Bedeutung des Bodenaufbaus sowie der tragenden Bauteile.
- Berücksichtigung der möglichen Auswirkungen auf Treppenanlagen, Türen, Tore und Fenstertüren, durch die ggf. Einschränkungen hinsichtlich des Bodenaufbaus gegeben sind.
- Beachtung der Auswirkungen auf historische Böden durch eine eventuelle Veränderung des Raumklimas (Gefahr der übermäßigen Trocknung).
- Beachtung der Auswirkung auf historische Böden durch eine Nutzungsänderung (neue Beanspruchung, ggf. Überbeanspruchung der Böden).

3.4.8 Decken zwischen beheizten Etagen

Decken zwischen beheizten Etagen haben nur dann einen Einfluss auf den Wärmehaushalt, wenn sie aus dem eigentlichen Baukörper auskragen oder über die Deckenauflager direkt in die Außenwand einbinden. Besondere Aufmerksamkeit verdienen dabei die Auflager von Holzbalkendecken auf den Außenwänden, speziell beim Einbau einer Innendämmung. Wegen der Gefahr der Kondensatbildung im Auflagerbereich sind solche Anschlüsse sorgfältig zu planen, um mittel- oder langfristige Schäden zu vermeiden (siehe hierzu auch Kapitel 9 »Planung und Instandsetzung unter Berücksichtigung der Denkmalpflege«). Aus denkmalpflegerischer Sicht sind folgende Punkte besonders zu berücksichtigen:

- Beachtung der Befundlage bei eventuellen Deckenöffnungen sowie bei baulichen Maßnahmen.
- Berücksichtigung und Erhalt des historischen Bestands, auch bei den überlieferten wesentlichen tragenden Bauteilen.
- Berücksichtigung der besonderen denkmalpflegerischen, bau- oder technikgeschichtlichen Bedeutung des Bodenaufbaus sowie der tragenden Bauteile.
- Berücksichtigung der weiterführenden (statischen) Auswirkungen bei Eingriffen in das Tragwerk.
- Berücksichtigung eventueller restauratorischer Maßnahmen zur Sicherung von Deckenuntersichten sowie zur Sicherung und zum Schutz historischer Bodenbeläge während der Voruntersuchungen und der Baumaßnahme.

3.4.9 Decken zum unbeheizten Dachgeschoss

Oftmals sind Dachgeschosse nicht ausgebaut und nicht beheizt. An Stelle der Dachdämmung wird dann die Verbesserung der obersten Geschossdecke geplant. Modernisierungen können dabei sehr häufig im Kaltbereich, d. h. im Dachraum, durchgeführt werden. Bei der Planung und Durchführung solcher Modernisierungsmaßnahmen sind folgende Aspekte besonders zu berücksichtigen:

- Beachtung des historischen Bestands im Warmbereich (z. B. Putz- und Malschichten, Stuck, sichtbare Balken, Balken-Bohlen-Decke etc.) sowie im Kaltbereich (z. B. historische Estrichflächen, Holzböden etc.).
- Berücksichtigung der besonderen denkmalpflegerischen, bau- oder technikgeschichtlichen Bedeutung des Bodenaufbaus sowie der tragenden Bauteile.
- Berücksichtigung der möglichen Auswirkungen auf Treppenanlagen und Türen, durch die ggf. Einschränkungen hinsichtlich des Bodenaufbaus gegeben sind.
- Beachtung und Erhalt der restauratorischen Befunde bei eventuellen Deckenöffnungen sowie bei baulichen Maßnahmen.
- Berücksichtigung der weiterführenden (statischen) Auswirkungen bei Eingriffen in das Tragwerk.
- Berücksichtigung eventueller restauratorischer Maßnahmen zur Sicherung von Deckenuntersichten während der Voruntersuchungen und der Baumaßnahme.

Stadtbild versus Photovoltaik

3.4.10 Dachausbau

Ein nachträglicher Dachausbau in Baudenkmälern ist hinsichtlich der authentischen Bewahrung der Zeugnisfunktion des Dachtragwerks immer als kritisch anzusehen. Grundsätzlich sollte diese Option auch auf Grund der entstehenden bauphysikalischen Probleme vermieden werden. In der Regel entfällt für einen nachträglichen Dachgeschossausbau auch die erhöhte steuerliche Abschreibung. Folgende denkmalpflegerische Aspekte sprechen darüber hinaus gegen einen Dachausbau:

- Verlust der Zugänglichkeit der Dachdeckung von innen für Instandhaltungs- und Wartungszwecke.
- Keine weitere Möglichkeit zur wissenschaftlichen Auswertung.
- Oftmals Verlust der zeittypischen Ausstattung (Kammern, Beplankung).
- Verlust der Erkennbarkeit der früheren Nutzung (z. B. bei landwirtschaftlichen Nutzräumen).
- Oftmals ist der Dachausbau mit einer Veränderung der historischen Zugangssituation verbunden.
- Möglicher Verlust der Informationen aus den Füllungen der Fehlböden.

3.4.11 Dächer

Ist dennoch der Ausbau des Dachraumes, die Modernisierung eines bereits ausgebauten Dachraumes und damit die Dämmung des Daches geplant, sind die verschiedenen Dämmmaßnahmen hinsichtlich ihrer bauphysikalischen Auswirkungen genau zu prüfen und zu planen (siehe hierzu Kapitel 9 »Planung und Instandsetzung unter Berücksichtigung der Denkmalpflege«). Darüber hinaus sind folgende denkmalfachlichen Aspekte zu berücksichtigen:

- Beachtung der gestalterischen Auswirkungen, die eine Erhöhung des Dachaufbaus mit sich bringen kann (z. B. bei einer Aufsparrendämmung). Insbesondere sind die Auswirkungen auf Ortganganschlüsse, auf die Verbreiterung der Trauflinie, auf Dachgauben oder sonstige Dachaufbauten sowie auf besondere gestalterische Elemente wie Schweif-, Voluten- oder Treppengiebel zu beachten.
- Berücksichtigung und Erhalt bestehender historischer Dachraumausbauten (z. B. Kammern).
- Berücksichtigung und Erhalt handwerklicher Originalbefunde (z. B. Harnickel, historische Schalungen, historische Lattungen).
- Berücksichtigung und Wiederverwendung historischer Deckungen.
- Besondere Beachtung des Schadenspotenzials bei Zwischensparrendämmungen (siehe hierzu auch Kapitel 9 »Planung und Instandsetzung unter Berücksichtigung der Denkmalpflege«).
- Berücksichtigung historischer Details der Dachlandschaft (z. B. Aufschieblinge, Aufbauten, Luken, Kamine).
- Optische Integration neuer technischer Auslässe in die Dachlandschaft.

Wiederherstellung einer Dacheindeckung mit historischen Dachziegeln.

3.5 Abschließende Bemerkung

Oftmals mag der Eindruck entstehen, dass durch denkmalfachliche Anforderungen eine energetische Modernisierung be- oder gar völlig verhindert wird. Das Ziel denkmalpflegerischen Handelns besteht jedoch vielmehr darin, die historische Bausubstanz langfristig zu erhalten und eine zeitgemäße Nutzung historischer Gebäude – möglichst entsprechend ihrem ursprünglichen Bestimmungszweck – zu fördern. Damit verfolgt auch die Denkmalpflege das Ziel, eine entsprechend behutsame Modernisierung von Baudenkmälern zu ermöglichen.

Hierfür ist jedoch – ausgehend von einer eingehenden Bestandserfassung – eine sorgfältige Planung mit Berücksichtigung der bauphysikalischen Auswirkungen und der besonderen denkmalfachlichen Anforderungen unumgänglich. Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die oben genannten denkmalfachlichen Aspekte nicht generell bei allen Baudenkmälern in gleicher Weise gelten. Die Übersicht dient vielmehr dazu, alle an der Maßnahme Beteiligten, seien es der Eigentümer oder der Planer, hinsichtlich der Besonderheiten zu sensibilisieren.

4 Entwicklung der Normen und Richtlinien

Einleitung

Die erste Ausgabe der DIN 4108 aus dem Jahr 1952 ist die erste Norm in Deutschland, in der der Wärmeschutz im Hochbau geregelt wird. Seitdem haben sich viele technische, ökologische und ökonomische Veränderungen in Deutschland ergeben. Mit diesen Veränderungen entwickelten sich auch die Anforderungen an den Wärmeschutz bei Bauwerken.

Die wesentlichen Zielsetzungen bei der ersten Ausgabe der DIN 4108 stellen noch das hygienische und gesunde Wohnen sowie der Bautenschutz dar. Mit den steigenden Energiepreisen in den 70er Jahren sowie mit den Erkenntnissen bezüglich der CO_2-Emissionen und den damit einhergehenden Auswirkungen auf das Weltklima ergibt sich die Notwendigkeit, auch die Anforderungen hinsichtlich des Wärmeschutzes im Hochbau zu erhöhen. Diese Entwicklung der DIN 4108 sowie der zugehörigen Verordnungen werden im Folgenden dargestellt.

4.1 Entwicklung der DIN 4108

In den ersten Ausgaben der DIN 4108 (1952 und 1960) werden geografische Wärmedämmgebiete I bis III (»mild« bis »strenger«) festgelegt. Die Anforderungen an den Mindest-Wärmedurchlasswiderstand – bei den Außenwänden im Wesentlichen dargestellt über die Wanddicke – der verschiedenen Bauteile wie Außenwände oder Dächer sind dabei in Verbindung mit den Wärmedämmgebieten festgelegt.

Mit der DIN 4108-1969 werden die Anforderungen erstmals erhöht. Im Vordergrund stehen die Anforderungen an die Fenster. Von großflächigen Verglasungen wird in dieser Norm abgeraten, für die Wärmedämmgebiete I und II werden Doppel- und Verbundfenster empfohlen, für das Wärmedämmgebiet III diese Art der Fenster vorgeschrieben. Spezifische Anforderungen an den Wärmedurchlasswiderstand der Fenster bzw. zur Ausbildung der Fugen existieren jedoch noch nicht.

Vor dem Hintergrund der Ölkrise 1973 wird im September 1974 ein Beiblatt zur DIN 4108-1969 herausgegeben. Durch eine Verschärfung der Anforderungen an die Fenster soll der Heizwärmeverbrauch um 10–30 % gesenkt werden. Erstmals sind die Forderungen an den Wärmeschutz eines Gebäudes nicht mehr nur über die Anforderungen an die Bauteile vorgegeben. Mit der Einführung der Höchstgrenze eines mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten in Abhängigkeit vom F/V-Verhältnis (Heute A/V-Verhältnis = Verhältnis Hüllfläche eines Gebäudes zum umbauten Volumen) für alle Wärmedämmgebiete wird jetzt auch die Gebäudegeometrie berücksichtigt. Auch für die Fenster ergeben sich neue Richtlinien. Die Einführung des Fugendurchlasskoeffizienten regelt die Anforderungen an die Dichtigkeit der Fenster, über den k_f-Wert gibt es die ersten Empfehlungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten in Abhängigkeit von Konstruktion und Rahmenausführung.

Mit den Ergänzenden Bestimmungen zur DIN 4108-1969 vom Oktober 1974 werden die Empfehlungen zum Wärmedurchgangskoeffizienten bei Fenstern bindend eingeführt und verschärft. Außerdem wird das Wärmedämmgebiet I dem Gebiet II zugeordnet und damit die Anzahl der Wärmedämmgebiete von 3 auf 2 reduziert. Der Nachweis des Wärmeschutzes erfolgt nach wie vor über den Mindest-Wärmedurchlasswiderstand der Einzelbauteile, wobei es teilweise zu einer Verschärfung der Anforderungen gegenüber der DIN 4108-1969 kommt.

Die im September 1974 eingeführten mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten werden im Beiblatt zur DIN 4108 vom November 1975 nochmals verschärft. Durch die ergänzenden Bestimmungen ergibt sich hierbei eine Unterschreitung um ca. 20 % gegenüber der Fassung vom September 1974. Erstmals wird jetzt neben dem Transmissionswärmeverlust Q_T bei den Außenbauteilen auch der Lüftungswärmeverlust Q_L mit einer Luftwechselzahl von $0{,}8\,h^{-1}$ berücksichtigt. Der Heizwärmebedarf Q_{ges} errechnet sich aus der Summe dieser Verluste. Neu sind auch die eindeutigen Anforderungen an die Undurchlässigkeit von Fugen – sowohl bei den Fenstern als auch bei Fertigteilen.

Mit der DIN 4108-1981 wird die Bedeutung des Wärmeschutzes im Hochbau nochmals hervorgehoben. Aspekte wie hygienisches Raumklima, Reduzierung des Energieverbrauchs, Herstellungs- und Unterhaltskosten sowie der Schutz der Baukonstruktion rücken noch mehr in den Mittelpunkt. Während die vorangegangenen Ausgaben der DIN 4108 die Anforderungen recht allgemein auf die Bauteile von »Aufenthaltsräumen« beziehen, sind die zu beheizenden Räume jetzt über eine Temperaturgrenze definiert. Der Geltungsbereich der Norm bezieht sich auf Aufenthaltsräume, die mit einer Innentemperatur von ≥19 °C beheizt werden. Eine Unterscheidung nach Wärmedämmgebieten gibt es mit dieser neuen Norm nicht mehr. Neben der Verschärfung der Mindest-Wärmedurchlasswiderstände erfolgt erstmals die Berücksichtigung solarer Wärmegewinne durch Fensterflächen. Hierzu wird mit dieser neuen Norm der Gesamtenergiedurchlassgrad g_F eingeführt.

Die Wärmebilanzierung eines Gebäudes mit der Berechnung des Jahres-Heizwärmebedarfs bzw. des Jahres-Heizenergiebedarfs wird mit der DIN V 4108-2000 eingeführt. Gebäude mit »niedrigen Innentemperaturen« zwischen 12 °C und 19 °C werden in der Ausgabe der DIN 4108 vom März 2001 ebenso aufgenommen wie die Anforderungen an Wärmebrücken.

4.2 Energieeinspargesetz

Parallel zur Entwicklung der DIN 4108 werden auf Grund der zwei Ölkrisen in den 1970er Jahren ab dem Jahr 1976 weitere Gesetze und Verordnungen erlassen. Grundsätzliches Ziel des Energieeinspargesetzes (EnEG) vom Juli 1976 mit den Novellierungen 1980 und 2005 ist es, die Abhängigkeit der BRD von importierten Energieträgern zu reduzieren. Die Aspekte des Umweltschutzes und der Ressourcenschonung stehen bei der ersten Ausgabe des EnEG noch nicht im Mittelpunkt. Erst mit der Einführung der Heizungsanlagenverordnungen (HeizAnlV) (Ausgaben 1978, 1982, 1989, 1994 und 1998) und der Wärmeschutzverordnungen (WSchVO) (Ausgaben 1977, Januar 1984 und August 1984) wird das Ziel der Reduzierung der CO_2-Emissionen definiert.

Mit der Einführung der Energieeinsparverordnung (EnEV) im Februar 2002 erfolgt auf Grundlage des Energieeinspargesetzes (EnEG) die Zusammenfassung der Wärmeschutzverordnung (WSchVO) und der Heizungsanlagenverordnung (HeizAnlV) zu einer Verordnung. Um die Übersichtlichkeit zu wahren, erfolgt hier lediglich eine Darstellung der Entwicklungsschritte der Wärmeschutzverordnungen bis hin zur Energieeinsparverordnung.

4.3 Wärmeschutzverordnungen

Mit der Einführung der ersten Wärmeschutzverordnung im August 1977 soll eine Reduzierung des Energiebedarfs bei neu errichteten Gebäuden stattfinden. Die Grenzwerte gemäß DIN 4108 bleiben bestehen. Allerdings werden die Anforderungen nicht mehr an die in der DIN 4108 recht allgemein umschriebenen »beheizten Aufenthaltsräume« geknüpft. Mit der Wärmschutzverordnung erfolgt eine nutzungsabhängige Differenzierung. Die »beheizten Aufenthaltsräume« werden in Gebäude mit normalen Innentemperaturen ≥19 °C, Sport- und Versammlungsstätten mit einer Innentemperatur von ≥15 °C, Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen zwischen 12 °C und 19 °C (wie dann auch in der DIN V 4108-2001) und in Hallenbäder unterteilt.

Für den Nachweis des Wärmschutzes stehen zwei Verfahren zur Verfügung:

Beim »k_m-Verfahren« erfolgt der Nachweis, entsprechend der Beiblätter aus den Jahren 1974 und 1975 der DIN 4108-1969, über den mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenbauteile in Abhängigkeit vom F/V-Verhältnis. Die Höchstgrenzen sind gegenüber der DIN 4108 nur leicht modifiziert.

Beim »Bauteilverfahren« sind die Anforderungen an den Transmissionswärmeverlust dann erfüllt, wenn die jeweiligen vorgeschriebenen Wärmedurchgangskoeffizienten der verschiedenen Außenbauteile nicht überschritten werden. Für den spezifischen von der Geometrie des Gebäudes abhängigen Wärmeverlust gibt es drei verschiedene Anforderungen an den maximalen Wärmedurchgangskoeffizienten.

Vergeblicher Versuch, die ursprüngliche Fassadengestaltung auf einem Wärmedämmverbundsystem zu imitieren.

Um den Energiekosten entgegenzuwirken wird mit der zweiten Wärmeschutzverordnung (Februar 1982) das Ziel verfolgt, eine 20- bis 25%ige Energieeinsparung gegenüber der ersten Wärmeschutzverordnung zu erreichen. Die Differenzierung der Nutzungsarten der Gebäude entspricht der ersten WSchVO, wobei keine gesonderte Betrachtung der Hallenbäder stattfindet. Diese werden den Sport- und Versammlungsstätten mit einer Innentemperatur von ≥15 °C zugeordnet.

Der Nachweis erfolgt über das »k_m-Verfahren« oder über das »Bauteilverfahren« gem. der ersten WSchVO mit einer Verschärfung der einzuhaltenden Höchstwerte. Erstmals stellt die zweite WSchVO auch Anforderungen an erneuerte Bauteile bei Altbauten.

Dank der Klimaschutz-Initiative der Bundesregierung stehen mit der kurze Zeit später eingeführten dritten Wärmeschutzverordnung im August 1994 erstmals ökologische Motive im Vordergrund. Zielsetzungen der Novellierung der dritten Wärmeschutzverordnung sind der rationellere Energieeinsatz und die Ressourcenschonung. Der Nachweis des Wärmeschutzes erfolgt jetzt über den Jahres-Heizwärmebedarf, dessen Höchstwert in Abhängigkeit vom A/V-Verhältnis (im Beiblatt zur DIN 4108-1969 vom September 1974 noch als F/V-Verhältnis definiert) festgelegt ist. Beim Nachweis im Energiebilanzverfahren werden neben den Transmissionswärmeverlusten, den Lüftungswärmeverlusten und den solaren Wärmegewinnen gemäß DIN 4108-1981 jetzt auch die internen Wärmegewinne berücksichtigt.

Das »Bauteilverfahren« darf nur noch für kleine Wohngebäude mit maximal zwei Vollgeschossen bzw. drei Wohneinheiten zur Anwendung kommen. Wie auch bei der zweiten WSchVO werden Anforderungen an erneuerte Bauteile bei Altbauten gestellt. Im Vergleich zur zweiten WSchVO erhöhen sich die Anforderungen um ca. 30%.

4.4 Heizungsanlagenverordnung

Parallel zu den Wärmeschutzverordnungen wird die »Verordnung über energiesparende Anforderungen an heizungstechnische Anlagen und Warmwasseranlagen« (Heizungsanlagenverordnung – HeizAnlV) von der Einführung 1978 bis zur letzten Ausgabe vom 4. Mai 1998 mehrmals novelliert. In der HeizAnlV werden die wesentlichen technischen Anforderungen an Heizkessel mit der Begrenzung der Abgas- und Bereitschaftsverluste, an die Heizungs- und Warmwasserverteilung sowie an alle zugehörigen technischen Bestandteile (z. B. Pumpen, Dämmung der Rohrleitungen, Steuerung und Regelung etc.) festgelegt.

Die Motivation besteht zunächst in der Reduzierung des Energieverbrauchs bei stets steigenden Energiepreisen. Außerdem ermöglicht die zügig fortschreitende Entwicklung in der Heiztechnik die jeweiligen Verschärfungen bei der HeizAnlV. Erst mit der Novellierung im Jahr 1994 dominieren die Umweltschutzgedanken und die HeizAnlV ist für die Reduzierung der Schadstoffemissionen von erheblicher Bedeutung. Wie bereits oben beschrieben, soll auf die verschiedenen Ausgaben der HeizAnlV nicht näher eingegangen werden.

4.5 Energieeinsparverordnung

Mit der ersten »Verordnung über den energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden« (Energieeinsparverordnung – EnEV) werden die bisherigen Wärmeschutzverordnungen sowie die Heizungsanlagenverordnung im Februar 2002 in einer Verordnung zusammengefasst. Bei dem bereits in der dritten WSchVO eingeführten Bilanzierungsverfahren, unter Berücksichtigung der Transmis-

Einrahmung einer Wappentafel im Wärmedämmverbundsystem

sions- und Lüftungswärmeverluste auf der einen Seite und der solaren und internen Wärmegewinne auf der anderen Seite, wird das Gebäude als bauphysikalisches Gesamtsystem, losgelöst von der ausschließlichen Betrachtung einzelner Bauteile, betrachtet. Mit der Einführung der EnEV wird dieses Gesamtsystem um die technische Komponente (Heizungsanlage) erweitert.

Der Gültigkeitsbereich der EnEV umfasst dabei sowohl den Gebäudebestand als auch neu zu errichtende Gebäude. Unterschieden werden nur noch Gebäude mit »normalen Innentemperaturen ≥19 °C« und Gebäude mit »niedrigen Innentemperaturen zwischen 12 und 19 °C«. Während bei der WSchVO der Nachweis des Wärmeschutzes über den Jahres-Heizwärmebedarf (unter Berücksichtigung des A/V-Verhältnisses) bezogen auf das beheizte Gebäudevolumen bzw. die beheizte Gebäudenutzfläche stattfindet, wird mit der EnEV erstmals der Begriff des Jahres-Primärenergiebedarfs eingeführt.

Neben dem Endenergiebedarf des Gebäudes erfolgt jetzt auch die Berücksichtigung des Energieverbrauchs, der außerhalb der »Systemgrenze Gebäude« durch die vorgelagerte Prozesskette (Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der Energieträger) stattfindet.

In Abhängigkeit von der Anlagentechnik und dem eingesetzten Energieträger ermittelt sich die Anlagenaufwandszahl e_P, die das Verhältnis »Aufwand zu Nutzen« (und damit den Kehrwert des bislang in der Anlagentechnik verwendeten »Nutzungsgrades«) darstellt. Der Primärenergiebedarf des Gebäudes Q_P, der letztendlich auch Rückschlüsse auf die CO_2-Emissionen eines Gebäudes gestattet, ergibt sich aus der Multiplikation der Summe des Jahres-Heizwärmebedarfs Q_h und des Jahres-Warmwasserbedarfs Q_w mit der Anlagenaufwandszahl e_P:

$$Q_P = (Q_h + Q_w) \cdot e_P$$

(Siehe hierzu auch Kapitel 8 »Technische Gebäudeausrüstung«)

Der Wert des Jahres-Warmwasserbedarfs Q_w ist pauschal mit 12,5 kWh/(m²a) vorgegeben (23 Liter pro Person und Tag bei 50 °C Wassertemperatur).

Die Ermittlung des Jahres-Heizwärmebedarfs Q_h erfolgt, wie bereits in der dritten Wärmeschutzverordnung, durch die Bilanzierung der Wärmeverluste durch Transmission (H_T) und Lüftung (H_V) und der solaren (Q_s) und internen (Q_i) Wärmegewinne unter Einbeziehung örtlicher meteorologischer Klimadaten. Bei der Berechnung des »spezifischen Transmissionswärmeverlustes H_T« werden Wärmebrücken über einen Wärmebrückenkorrekturwert ΔU_{WB} mit berücksichtigt. Aus der energetischen Qualität der Außenbauteile einschließlich Wärmebrücken errechnet sich, unter Berücksichtigung der Hüllfläche, der »spezifische, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogene Transmissionswärmeverlust H_T'«.

In Abhängigkeit vom A/V-Verhältnis sind in der EnEV einzuhaltende Werte für den Jahres-Primärenergiebedarf (Q_P) bzw. für den spezifischen Transmissionswärmeverlust (H_T') angegeben. Die Ergebnisse bei der Berechnung, die diese vorgeschriebenen Werte nicht überschreiten dürfen, sind in einem Energiebedarfsausweis darzustellen.

Selbstverständlich finden sich in der EnEV auch Anforderungen bzgl. der Dichtigkeit der Gebäude sowie Anforderungen zur Gebäudetechnik. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird auf diese Punkte ebenso wie auf die weiteren Differenzierungen bei den Anforderungen zu Primärenergiebedarf und dem spezifischen Transmissionswärmeverlust sowie auf die unterschiedlichen Nachweisverfahren nicht näher eingegangen.

Für die Änderung an bestehenden Gebäuden sieht die EnEV – ähnlich wie auch die WSchVO – einen Bauteilnachweis vor. Gleichzeitig gestattet die EnEV allerdings auch das oben beschriebene Bilanzierungsverfahren, wobei es bei der Änderung von Gebäuden dann zu keiner Überschreitung der vorgegebenen Werte für Q_P und H_T' um mehr als 40 % kommen darf.

Mit der am 8. Dezember 2004 in Kraft getretenen »Ersten Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung« hat der Verordnungsgeber Änderungen im technischen Regelwerk nachvollzogen. Änderungen des materiellen Anforderungsniveaus sind damit nicht verbunden.

Wesentliche Änderungen ergeben sich mit der Einführung der EnEV 2007. Die Bilanzierungsverfahren zur Ermittlung des Primärenergiebedarfs und des spezifischen Transmissionswärmeverlustes werden für Wohngebäude analog zur Vorgängerversion durchgeführt. Während sich die Anforderungen an den spezifischen Transmissionswärmeverlust H_T' bei Wohngebäuden nicht ändern, werden die Anforderungen an den Primärenergiebedarf verschärft. Für die Änderungen an bestehenden Gebäuden entsprechen die Nachweise ebenfalls dem Vorgehen bei der EnEV 2004 (Bauteilnachweis) bei einer gleichzeitigen Verschärfung der Mindestanforderungen an den jeweiligen Wärmedurchgangskoeffizienten.

Neu ist das umfangreiche Nachweisverfahren für Nichtwohngebäude über das sogenannte »Referenzgebäude« (Gebäude mit gleicher Geometrie, Nettogrundfläche, Ausrichtung und Nutzung einschließlich der Anordnung der Nutzungseinheiten). Für das Referenzgebäude wird zunächst der einzuhaltende Jahres-Primärenergiebedarf für Heizung, Lüftung, Kühlung und eingebaute Beleuchtung ermittelt. Das zu errichtende Gebäude darf dann die jeweiligen Werte des Referenzgebäudes nicht überschreiten.

Der zulässige Wert H_T' – für Nichtwohngebäude, jetzt als »spezifischer, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmetransferkoeffizient« benannt – ist bei Nichtwohngebäuden, wie auch der einzuhaltende Jahres-Primärenergiebedarf, nicht mehr in Tabellenwerten mit Bezug auf das A/V-Verhältnis hinterlegt. Der für das Gebäude zulässige H_T'-Wert ist rechnerisch unter Berücksichtigung des Fensterflächenanteils, des A/V-Verhältnisses sowie der Raumtemperatur (Differenzierung normale Innentemperaturen und niedrige Innentemperaturen analog zur EnEV 2004) zu ermitteln. Für das Nachweisverfahren von Nichtwohngebäuden ist die DIN V 18599:2007-02 in der EnEV 2007 verankert. Mit dem sehr umfangreichen Nachweisverfahren, das ohne entsprechende Rechenprogramme nicht mehr durchführbar ist, werden wesentlich mehr energierelevante Einflussfaktoren berücksichtigt, als dies noch bei der EnEV 2004 der Fall war.

Die EnEV 2009 trat am 1. Oktober 2009 in Kraft. Wesentliche Änderungen gab es hier im Nachweisverfahren für Wohngebäude. Der Nachweis für den zulässigen Primärenergiebedarf erfolgt über das oben bereits beschriebene Referenzgebäude. Hinsichtlich des zulässigen Transmissionswärmeverlustes gelten für Wohngebäude Tabellenwerte (EnEV 2009 Anlage 1, Tabelle 2), bei denen unterschiedliche Höchstwerte in Abhängigkeit von Gebäudegröße und Gebäudetyp (freistehendes Gebäude, angebautes Wohngebäude etc.) definiert werden.

Bei Nichtwohngebäuden gelten Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten für sog. Hüllflächengruppen, in denen opake Bauteile, transparente Außenbauteile, Vorhangfassaden und Glasdächer/Lichtkuppeln erfasst sind (EnEV 2009 Anlage 2, Tabelle 2). Das A/V-Verhältnis wird in der EnEV 2009 nicht mehr berücksichtigt und die DIN V 18599 kann auch für die Nachweise bei Wohngebäuden herangezogen werden. Bezüglich der Änderungen an Gebäuden bietet die EnEV 2009 nach wie vor den »Bauteilnachweis« an. Die Anforderungen an die Wärmedurchgangskoeffizienten wurden dabei um ca. 30 % gegenüber der Vorgängerversion verschärft.

Die Novellierung der EnEV 2013 wurde am 16.10.2013 vom Bundeskabinett verabschiedet. In der neuen Ausgabe der EnEV, die am 1. Mai 2014 in Kraft tritt, werden u.a. die Anforderungen an den Transmissionswärmeverlust und an den Primärenergiebedarf schrittweise erhöht.

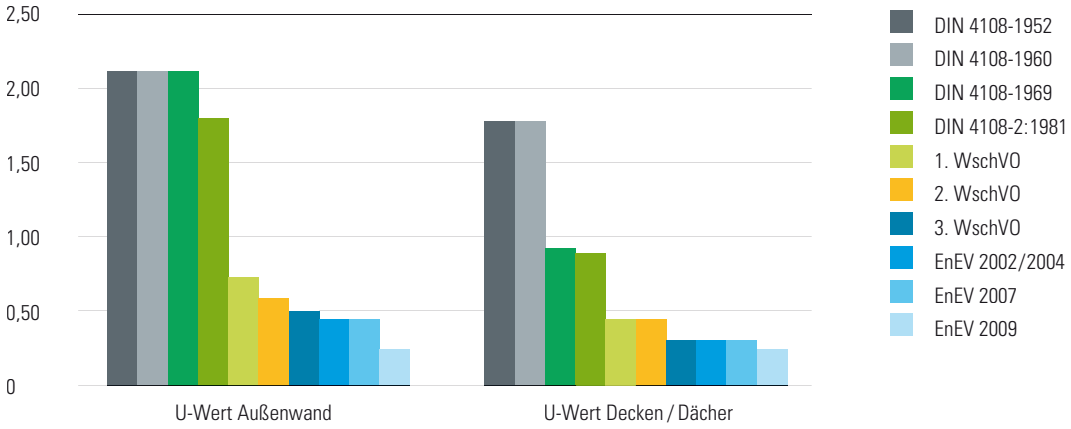
4.6 Zusammenfassung und Ausblick

Die Entwicklung der Normen und der Verordnungen zum Wärmeschutz im Hochbau ist von einem stetigen Wandel geprägt. Nicht nur aus den steigenden Energiepreisen, sondern auch aus der Notwendigkeit der Reduzierung der Schadstoffemissionen und der Schonung von Ressourcen, resultierte zwangsläufig die Verschärfung der Anforderungen an den Energieverbrauch im Hochbau. Gleichzeitig ermöglichte der technische Fortschritt, sowohl bei den Baustoffen als auch bei der Gebäudetechnik, die Erfüllung dieser Anforderungen.

Die Erweiterung der Nachweise von der ursprünglichen Betrachtung der einzelnen Bauteile bis hin zu den ausführlicheren Bilanzierungsverfahren, die mit der 3. Wärmeschutzverordnung eingeführt wurden, betrachten ein Bauwerk als technisches und bauphysikalisches Gesamtsystem mit all seinen energetischen Einflussfaktoren. Gerade im Hinblick auf die Möglichkeiten bei der Gebäudetechnik erscheint dies auch als sinnvoll.

In wieweit hier jedoch mit den Anforderungen der DIN V 18599 bereits die Grenze des Vertretbaren überschritten ist, wird sich zeigen. Beim Nachweis von Nichtwohngebäuden besteht derzeit noch das Problem, dass selbst die fünf besten Rechenprogramme zum Teil sehr unterschiedliche Ergebnisse liefern. Der »Faktor Mensch«, der durch individuelles Heiz- und Lüftverhalten die Ergebnisse ohnehin beeinflusst, ist hier noch nicht einmal berücksichtigt.

Zielsetzung sollte es sicher sein, den Energieverbrauch, auch von Bestandsgebäuden, soweit wie möglich zu reduzieren. Bei allen Bilanzierungsverfahren dürfen jedoch auch die ursprünglichen Grundgedanken der ersten Ausgabe der DIN 4108 nie in Vergessenheit geraten. Die Schaffung eines hygienischen und gesunden Raumklimas sowie der Bautenschutz – gerade bei der Modernisierung historischer Gebäude – müssen immer im Mittelpunkt aller bauphysikalischen Nachweise stehen.



Vergleich der Wärmedurchgangskoeffizienten bei Außenwänden und Decken/Dächern. Bei den Werten der DIN 4108 wurde der Kehrwert der Wärmedurchlasswiderstände gebildet und angegeben. Bei den ersten drei Werten der DIN 4108 wurde der jeweilige Wert des Wärmedämmgebietes II gewählt.

5 Grundlagen der Wärmedämmung und des Raumklimas

Bereits im Kapitel 2 »Historische Bauweisen« wurde darauf eingegangen, dass schon immer Anforderungen hinsichtlich des behaglichen Raumklimas an Wohngebäude gestellt wurden. Die »Verbesserungen« der Gebäudehülle oder der Gebäudetechnik erfolgten dabei immer entsprechend dem jeweiligen »Stand der Technik«. Noch in der ersten Ausgabe der DIN 4108 stand das gesunde Raumklima im Mittelpunkt, die Richtlinien zum Dämmstandard entstanden vor dem Hintergrund, die Gefahr der Kondensatbildung auf Bauteilen und damit die Gefahr der Schimmel- oder Fäulnisbildung zu minimieren.

Erst mit den Energiekrisen in den 1970er Jahren rückten die Reduzierung des Energieverbrauchs und später auch die Aspekte des Klimaschutzes immer mehr in den Mittelpunkt. Heute sind die Anforderungen an den Wärmeschutz bzw. die Anforderungen an die Dicke von Dämmebenen ganz wesentlich von der Reduzierung des Gesamtenergiebedarfs von Gebäuden und der möglichst weitgehenden Verwendung erneuerbarer Energien geprägt (siehe auch Kapitel 4 »Entwicklung der Normen und Richtlinien«).

Im Zuge dieser Entwicklungen sollten jedoch die grundlegenden bauphysikalischen Begriffe und Zusammenhänge nicht in Vergessenheit geraten.

5.1 Wärmeübertragung

Grundsätzlich findet die Wärmeübertragung über folgende Vorgänge statt:

- Wärmestrahlung
- Wärmeströmung
- Wärmeleitung

Die **Wärmestrahlung** ist ein Teil des nicht sichtbaren elektromagnetischen Wellenspektrums. Der Transport der Wärmeenergie ist dabei, im Gegensatz zur Wärmeleitung, nicht stoffgebunden. Das bekannteste Beispiel der Wärmestrahlung ist die Sonnenstrahlung. Im Bauwesen wird der Effekt der Wärmestrahlung bei Flächenheizungen (Wand- oder Fußbodenheizungen) genutzt.

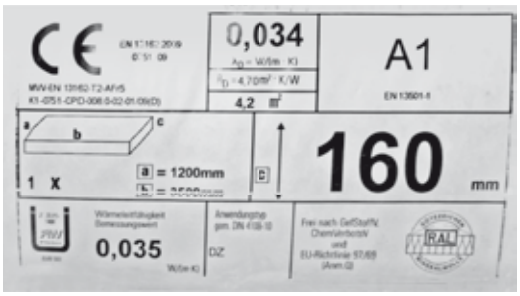
Bei der **Wärmeströmung,** auch als Konvektion bezeichnet, handelt es sich um eine Wärmeübertragung, die durch die Bewegung eines Stoffes stattfindet. Einer der bekanntesten Vorgänge der Wärmeströmung ist die Beheizung von Räumen durch Konvektionsheizkörper: Die Kalte Luft tritt unten in den Heizkörper ein, wird in ihm erwärmt und strömt oben als warme Luft aus. Dabei wirkt der Heizkörper als eine Art »Motor«, der die Luft im Raum umwälzt. Ähnliche Konvektionsvorgänge finden auch durch Erwärmen von Wasser statt. Auch bei thermischen Schwachpunkten oder Undichtigkeiten an der Gebäudehülle, z. B. bei Fenstern oder bei Fehlstellen einer diffusionshemmenden Folie, finden Konvektionsvorgänge statt.

Ein abenteuerlicher Versuch, einen Eckstein in ein Wärmedämmverbundsystem zu integrieren

Bei der **Wärmeleitung** erfolgt der Transport der Wärmeenergie in einem Stoff auf molekularer Ebene (Brownsche Bewegung) ohne dass es zu einem »Stofftransport«, also zu einer Wärmeströmung, kommt. Der Transport der Wärmeenergie erfolgt vom hohen Energieniveau (warm) zum niedrigen Energieniveau (kalt). Der Umfang der Wärmeleitung ist dabei abhängig von der Wärmeleitfähigkeit eines Stoffes. Die Klassifizierung von Stoffen hinsichtlich ihrer Wärmeleitfähigkeit erfolgt über den λ-Wert [W/(mK)], der angibt, wie viel Wärmeenergie in Watt [W] bei einer Temperaturdifferenz von einem Grad Kelvin [K] durch den Stoff gelangt. Der Bezug ist dabei eine Werkstoffdicke von einem Meter. Je niedriger der Wert ist, desto geringer ist die Wärmeleitfähigkeit. So hat beispielsweise eine Stahlbetonwand (λ = 2,10) eine höhere Wärmeleitfähigkeit als eine Holzwand gleicher Dicke (λ = 0,13). Die »Wärmeverluste« sind also bei der Holzwand geringer als bei der reinen Stahlbetonwand.

5.2 Wärmeleitfähigkeit

Die bei Baustoffen angegebenen Werte der Wärmeleitfähigkeit (z. B. bei Dämmstoffen) bilden den Idealzustand ab, der im Labor gemessen wird. Dabei wird ein stationärer Energiestrom zu Grunde gelegt. Unterschieden wird zwischen dem Nennwert (λ_D) und dem Bemessungswert (λ_{BW}) der Wärmeleitfähigkeit. Der Nennwert der



Aufdruck auf der Verpackung eines Dämmstoffes mit Nennwert und Bemessungswert.

Wärmeleitfähigkeit gibt den Wert an, der bei 90 % der Produktion eines Dämmstoffes eingehalten wird. Beim Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit sind Zuschläge, z. B. für die Alterung und Feuchteverhältnisse der Einbausituation, enthalten. Dementsprechend ist für rechnerische Nachweise der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit heranzuziehen. In der Regel wird von den Herstellern von Dämmstoffen der für die Nachweise zu verwendende Bemessungswert angegeben. Grundsätzlich ist aber immer zu prüfen, ob der korrekte Wert angesetzt wird.

5.3 Wärmedurchgangskoeffizient

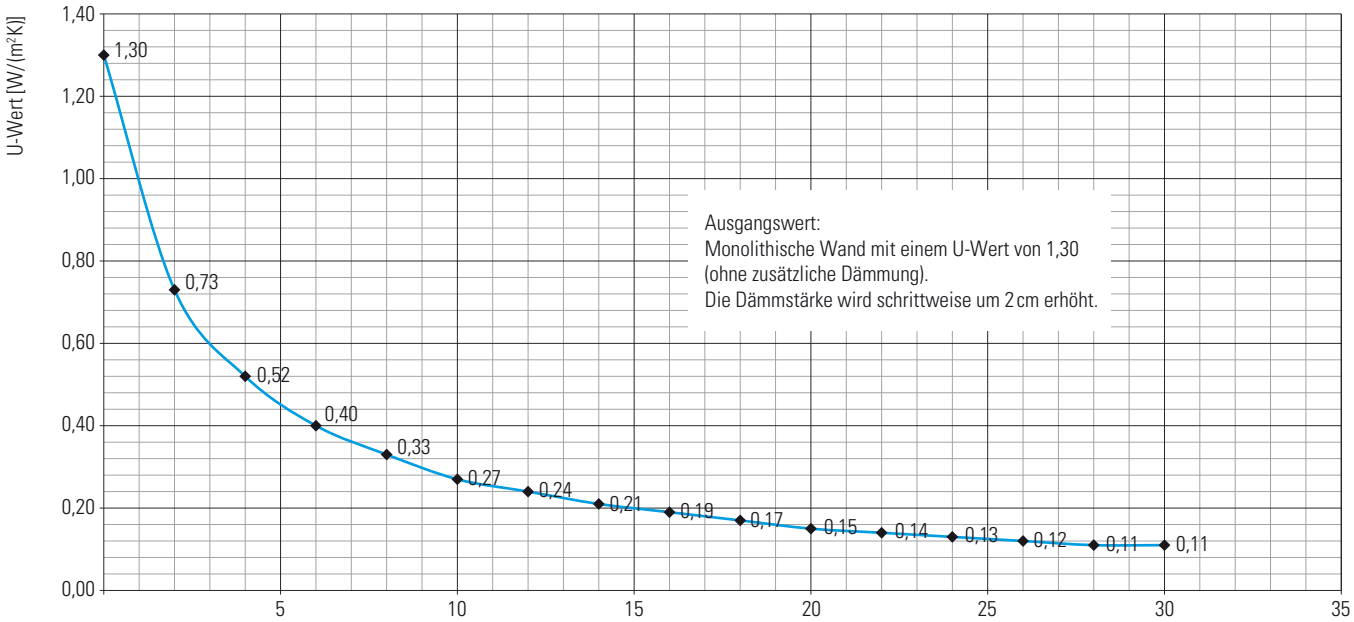
Da im Bauwesen in der Regel unterschiedliche Werkstoffe mit unterschiedlichen Dicken eingesetzt werden (z. B. Mauerwerk mit Putzschichten, Holzkonstruktionen mit Dämmschichten und Verkleidungen), ist die Klassifizierung der Bauteile und die Quantifizierung von Wärmeverlusten durch alleinige Betrachtung des λ-Werts nicht möglich. Auf Grundlage der Wärmeleitfähigkeit und der Werkstoffdicken wird der U-Wert (Unit of heat-transfer) von Bauteilen errechnet (früher »K-Wert«). Hierbei handelt es sich um den Wärmedurchgangskoeffizienten, der darstellt, wie viel Wärmeenergie in Watt bei einer Temperaturdifferenz von einem Grad Kelvin durch ein Bauteil mit einer Fläche von einem Quadratmeter gelangt: U [W/(m²K)]. Neben der Wärmeleitfähigkeit und der Dicke der Baustoffe fließt in den U-Wert auch der sog. Wärmeübergangswiderstand zwischen Bauteiloberfläche und angrenzender Luft im Innenbereich und im Außenbereich eines Bauteils mit ein.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum\frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_a}} \left[\frac{W}{m^2 \times K}\right]$$

Dabei sind:

$\frac{1}{\alpha_i}$	Wärmeübergangswiderstand innen
$\frac{1}{\alpha_a}$	Wärmeübergangswiderstand außen
d	Dicke der Bauteilschicht
λ	Wärmeleitfähigkeit der Bauteilschicht

Der U-Wert eines Bauteils verhält sich nicht linear zur Stoffdicke. Oftmals wird fälschlicherweise angenommen, dass sich der U-Wert halbiert, wenn die Dämmstoffdicke verdoppelt wird. Tatsächlich reduziert sich der U-Wert mit steigender Dämmstärke nur noch geringfügig. Bei neben stehender Grafik ist sehr deutlich zu erkennen, dass der U-Wert bei den ersten Zentimetern Dämmung (λ = 0,035) relativ steil sinkt. Schon bei einer Dämmstärke von 6 cm und einem U-Wert von 0,40 flacht die Kurve ab. Ab einer Dämmstärke von ca. 12 cm und einem U-Wert von ca. 0,24 bewirkt die Zunahme der Dämmstärke keine wesentliche Verbesserung des U-Wertes mehr.



Grafik: Klaus-J. Edelhäuser

5.4 Luftfeuchtigkeit und Wassergehalt

Luft kann als ein Gasgemisch in Abhängigkeit von Temperatur und Luftdruck unterschiedliche Mengen von Feuchtigkeit aufnehmen. Die Luftfeuchtigkeit wird in diesem Zusammenhang in der Regel als Prozentzahl (Relative Luftfeuchtigkeit [%]) angegeben.

Weniger bekannt ist die tatsächliche Feuchtemenge in Gramm pro Kubikmeter [g/m³], die von der Luft im jeweiligen Temperaturzustand aufgenommen wird. Sie stellt sich für einige Beispiele wie folgt dar:

Temperatur [°C]	Relative Luftfeuchtigkeit [%]	Entsprechender Wassergehalt [g/m³]
20	40	6,9
20	50	8,6
20	60	10,4
20	80	13,8

Kühlt sich die Luft gemäß obiger Tabelle bei jeweils gleichbleibendem Wassergehalt um 4 °C ab, erhöht sich die relative Luftfeuchtigkeit:

Temperatur [°C]	Relative Luftfeuchtigkeit [%]	Entsprechender Wassergehalt [g/m³]
16	51	6,9
16	63	8,6
16	76	10,4
16	101	13,8

An den Zahlen ist sehr deutlich zu erkennen, wie stark sich die relative Luftfeuchtigkeit bereits bei geringfügiger Temperaturänderung erhöht. Bei einem Abkühlen von sehr feuchter Luft (20 °C und 80 %) auf 16 °C ist bereits die sog. Taupunkttemperatur unterschritten, die relative Luftfeuchtigkeit liegt über 100 %. In diesem Fall kondensiert das in der Luft enthaltene Wasser.

Im täglichen Leben sind wir regelmäßig mit dieser Tauwasserbildung konfrontiert. Im Sommer ist unser Klima durch warme Luft mit relativ hoher Luftfeuchtigkeit gekennzeichnet. Tritt diese »feuchtwarme« Luft in Kellerräume ein, kann sich an (kalten) Wasserleitungen oder auch an kalten Kellerwänden Feuchtigkeit niederschlagen. Bei historischen Gebäuden sind oftmals massive Außenwände mit großer Wandstärke anzutreffen (z. B. Schlösser, Kirchen). Auch bei diesen Bauteilen sind die Oberflächentemperaturen in der warmen Jahreszeit häufig sehr niedrig. Der oben beschriebene Effekt der Kondensatbildung während der Sommermonate ist daher auch hier festzustellen.

Beispiel: Bei einer Lufttemperatur von 25 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60 % enthält die Luft 13,8 g/m³ Wasser. Der Taupunkt liegt bei 16,7 °C. Dementsprechend wird sich bei Bauteilen (z. B. Kellerwand, Wasserleitung) oder Gegenständen (z. B. Gegenstand, der aus dem Kühlschrank genommen wird), bei denen die Oberflächentemperatur bei oder unter 16,7 °C liegt, Kondensat bilden.

Im Winter ist der Effekt der Kondensatbildung regelmäßig bei Fensterscheiben zu beobachten. Bei einer Raumlufttemperatur von 20 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50 % (Wassergehalt 8,6 g/m³) liegt die Taupunkttemperatur bei 9,3 °C. Bei sehr niedrigen Außentemperaturen sinkt oftmals die Oberflächentemperatur von Verglasungen unter diesen Temperaturbereich und Kondensat bildet sich auf der Bauteiloberfläche. Wird die Raumluftfeuchte (z. B. im Bad oder beim Kochen) beispielsweise von 50 % auf 60 % (10,4 g/m³) erhöht, liegt die Taupunkttemperatur bei 12 °C.

Nicht nur an Fensterscheiben kann die Oberflächentemperatur im Winter absinken. Bei jedem Gebäude gibt es Bereiche, an denen höhere Wärmeverluste auftreten (sog. Wärmebrücken) oder bei denen Oberflächen nicht ausreichend beheizt werden (z. B. Außenwände, an denen sich Möbel befinden). Hier besteht genau genommen auch die Gefahr der Neigung zur Kondensatbildung. Häufig geht die Gefahr der Schimmelbildung damit einher.

5.5 Schimmelbildung

Neben der Kondensatbildung sind Temperatur und Feuchte wesentliche Kriterien hinsichtlich der möglichen Schimmelbildung. In Abhängigkeit von der Art des Pilzes liegen die Temperaturen für die Sporenkeimung zwischen 10 und 50 °C, für das Myzelwachstum zwischen 6 und 50 °C. Hinsichtlich der relativen Feuchte liegen die Werte zwischen 70 % und 100 % (Sporenkeimung) bzw. 74 % und 100 % (Myzelwachstum).

Ausgedrückt wird dies durch den a_w-Wert (Wasseraktivität). Dabei wird der Wert des Wassergehalts der Raumluft ermittelt. Danach wird untersucht, wie hoch die mögliche Wasseraufnahme der Luft bis zur Sättigung bei einer bestimmten Oberflächentemperatur eines Bauteils ist. Der kritische a_w-Wert, bei dem bereits die Gefahr der Schimmelbildung gegeben ist, liegt bei 0,70. Der Idealwert für Schimmelwachstum liegt bei 0,80 bis 0,85.

Ein weiterer Einflussfaktor hinsichtlich der Schimmelbildung ist der »passende« Nährboden. Schimmelsporen benötigen einen organischen Untergrund und ein hinsichtlich des PH-Wertes neutrales Milieu. Organische Anstriche, Raufasertapeten sowie Tapetenkleister stellen einen idealen Untergrund für Schimmelwachstum dar. Kalkputze oder -anstriche hingegen sind, aufgrund ihrer hohen Alkalität, ein schlechter Nährboden für Schimmelbildung.

Im folgenden Rechenbeispiel wird davon ausgegangen, dass sich die Raumluft mit 20 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50 % an Bauteilen mit unterschiedlicher Oberflächentemperatur abkühlt. In Abhängigkeit von den unterschied-

lichen Oberflächentemperaturen stellen sich der a_w-Wert und damit die Gefahr der Schimmelbildung wie folgt dar:

Raumlufttemperatur 20 °C:
100 % rel. Luftfeuchtigkeit entspricht 17,3 g/m³
50 % rel. Luftfeuchtigkeit entspricht 8,65 g/m³

Absinken der Oberflächentemperatur auf 17 °C:
Wasseraufnahme der Luft bis zur Sättigung: 14,5 g/m³
a_w = 8,65/14,5 = 0,60 < 0,80
=> keine Gefahr der Schimmelbildung

auf 15 °C:
Wasseraufnahme der Luft bis zur Sättigung: 12,8 g/m³
a_w = 8,65/12,8 = 0,68 < 0,80 aber nah an 0,70
=> beginnende Gefahr der Schimmelbildung

auf 12 °C:
Wasseraufnahme der Luft bis zur Sättigung: 10,7 g/m³
a_w = 8,65/10,7 = 0,81 > 0,80
=> Gefahr der Schimmelbildung!

Im Nachweisverfahren nach DIN 4108-2:2003-07 ist die Gefahr der Schimmelbildung über den Temperaturfaktor f_{Rsi} definiert. Es gilt dabei die Anforderung, dass $f_{Rsi} \geq 0{,}70$ sein muss. Der Temperaturfaktor ermittelt sich über folgende Formel:

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

Dabei sind:

θ_{si} = raumseitige Oberflächentemperatur
θ_i = Innenlufttemperatur (20 °C)
θ_e = Außenlufttemperatur (–5 °C)

Für die Außentemperaturen wird für an Keller, Erdreich sowie unbeheizte Pufferzonen angrenzende Bauteile der Wert θ_e mit 10 °C angesetzt. Darüber hinaus wird von einer relativen Raumluftfeuchte von 50 % ausgegangen. Die hinsichtlich einer Schimmelbildung kritische Oberflächentemperatur ermittelt sich danach mit θ_{si} < 12,6 °C.

Greift man die Rahmenbedingungen der vorangegangenen a_w-Wert-Ermittlung auf, ergibt sich der jeweilige f_{Rsi}-Wert wie folgt:

Absinken der Oberflächentemperatur auf 17 °C:
f_{Rsi} = (17 – (–5)) / (20 – (–5)) = 0,88 > 0,70
=> keine Gefahr der Schimmelbildung

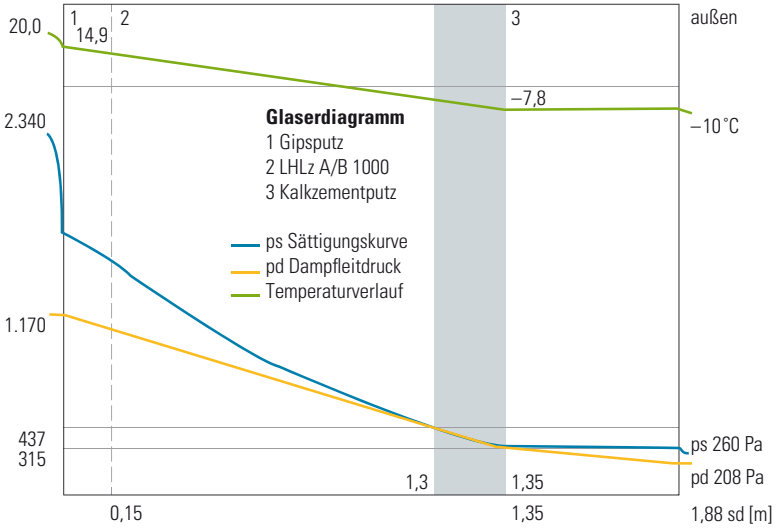
auf 15 °C:
f_{Rsi} = (15 – (–5)) / (20 – (–5)) = 0,80 > 0,70
=> keine Gefahr der Schimmelbildung

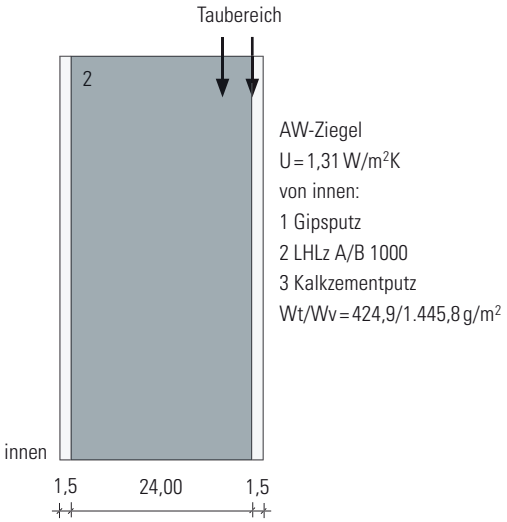
auf 12 °C:
f_{Rsi} = (12 – (–5)) / (20 – (–5)) = 0,68 < 0,70
=> Gefahr der Schimmelbildung!

5.6 Tauwasserbildung und Dampfdiffusion

Ein Temperaturgefälle zwischen dem warmen Innenraum und dem kalten Außenklima im Winter stellt sich in jedem Außenbauteil ein. Die Art des Temperaturgefälles ist dabei abhängig von der Wärmeleitfähigkeit der eingesetzten Werkstoffe. Auch in einem Bauteilquerschnitt kann sich daher Tauwasser bilden.

Ein Verfahren, mit dem die Menge des Tauwassers rechnerisch ermittelt werden kann, ist in der DIN 4108-3 festgelegt. Mit Hilfe dieses Rechenverfahrens wird unter Berücksichtigung von Normklimadaten untersucht, in welcher Bauteilschicht sich während der Tauperiode (= Winter) wie viel Tauwasser [g/m²] bildet und welche Menge in der Verdunstungsperiode (=Sommer) wieder aus dem Bauteil entweichen kann. Dabei ist zu beachten, dass die Tauwassermenge W_t maximal 1.000 g/m² betragen darf und die Verdunstungsmenge W_v größer sein muss als die Tauwassermenge. Außerdem ist zu beachten, dass bei Holzbauteilen (z. B. Dachquerschnitt mit Sparren oder Fachwerkwände) nach den Merkblättern der WTA die Tauwassermenge den Wert von 500 g/m² nicht überschreiten darf. Grafisch kann Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen auch über das Glaser-Diagramm dargestellt werden.





Die obenstehenden Grafiken zeigen den Bauteilquerschnitt sowie das zugehörige Glaser-Diagramm. Die rechnerische Tauwassermenge beträgt bei dem hier dargestellten monolithischen Mauerwerk (Leichthochlochziegel, beidseitig verputzt) rund 425 g/m², die Verdunstungsmenge rund 1.446 g/m². Nachdem die Verdunstungsmenge größer ist als die Tauwassermenge, wäre diese Art des Wandaufbaus im Sinne der DIN 4108-3 zulässig.

Maßgebend sind bei oben genannten Rechenverfahren die Diffusionswiderstände der verschiedenen Bauteilschichten. Wird bei einem Außenbauteil im Innenbereich ein Werkstoff mit einer hohen Diffusionsdichte eingebaut (z. B. eine dichte Folie), kann von innen keine oder nur sehr wenig Feuchte in die Wand eindringen.

Wird ein solcher Werkstoff an der Außenfläche eingebaut, z. B. auch als Anstrich, kann die Feuchtigkeit in der Verdunstungsperiode nicht mehr nach außen entweichen. Eine solche Konstruktion wäre nicht zulässig.

Die »Dichtigkeit« eines Baustoffes wird dabei über den S_d-Wert [m] (= Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke) ausgedrückt.

Berechnet wird der S_d-Wert aus der Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl μ eines Baustoffes und der Dicke s [m] dieses Baustoffes:

$$S_d = \mu \cdot s$$

Beispiele für unterschiedliche Baustoffe:

Gipsputz μ = 10, s = 0,015 m	=> S_d = 0,15 m
Hochlochziegel μ = 10, s = 0,24 m	=> S_d = 2,40 m
Bitumenbahn μ = 40.000, s = 0,002 m	=> S_d = 80 m

Je höher der S_d-Wert ist, desto diffusionsdichter ist eine Bauteilschicht. Dabei gelten hinsichtlich der Diffusionseigenschaften gemäß DIN 4108-3 folgende Definitionen:

Diffusionsoffen:	$S_d < 0{,}5$ m
Diffusionshemmend: *(üblicherweise als Dampfbremse bezeichnet)*	0,5 m < $S_d \leq$ 1.500 m
Diffusionsdicht: *(üblicherweise als Dampfsperre bezeichnet)*	$S_d \geq$ 1.500 m

Beim Nachweisverfahren zur Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen gemäß DIN 4108-3 wird zunehmend kritisiert, dass die Berechnungsmodelle den kapillaren Feuchtetransport in Bauteilquerschnitten nicht berücksichtigen und dass ebenso wenig auf die örtlichen Gegebenheiten (lokale Klimadaten) eingegangen wird. Inzwischen gibt es Rechenprogramme, z. B. der Technischen Universität Dresden (»Delphin«) und des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik (»WUFI«) zur hygrothermischen Beurteilung von Bauteilen nach DIN EN 15026 bzw. nach WTA-Merkblatt 6-2-01. Dabei werden lokale Klimadaten und die Kapillaraktivität von Baustoffen berücksichtigt. Das instationäre Verhalten von Bauteilen wird damit zutreffender abgebildet.

5.7 Kapillarität

Das Verhalten bei Feuchtebeanspruchung ist bei den verschiedenen Bau-/Werkstoffen sehr unterschiedlich. Baustoffe mit einer hohen hygroskopischen Speicherfähigkeit können Feuchtigkeit schnell aufnehmen (z. B. bei Schlagregenbeanspruchung oder bei Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen).

Wichtig ist bei solchen Baustoffen allerdings auch, dass diese gespeicherte Feuchtigkeit schnell wieder abgegeben wird. Der Feuchtetransport geschieht dabei über Kapillarität. Dementsprechend werden solche Bau-/Werkstoffe auch als »kapillaraktiv« bezeichnet. Neben »neuen Baustoffen« wie Calciumsilikat sind auch Lehmbaustoffe oder Holzfaserwerkstoffe bekannt für hohe hygroskopische Speicherfähigkeit und die Eigenschaft, diese Feuchtigkeit schnell wieder abzugeben. Bei Innendämmungen kommen verstärkt solche kapillaraktiven Dämmstoffe zum Einsatz. Allerdings kann es auch hier durch den Einsatz falscher Materialien oder durch die Behinderung des kapillaren Feuchtetransports, z. B. durch falsche Baustoffkombinationen (z. B. Folien, Dispersionsfarben etc.), zu Schäden kommen.

5.8 Luftdichtigkeit und Luftwechsel

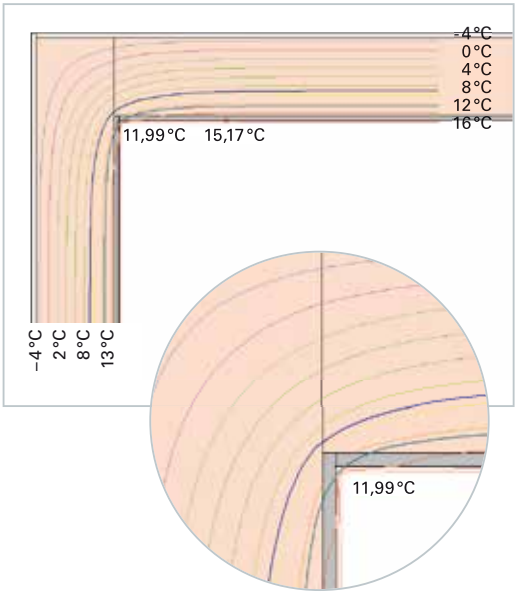
Im Zuge der Novellierungen der EnEV und der für den Wärmeschutz maßgebenden Normen wurden auch stets die Anforderungen an die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle erhöht. Das wesentliche Ziel besteht darin, die Wärmeverluste durch Leckagen (auch bezeichnet als Infiltration) zu reduzieren. Nicht nur Fenster müssen mit entsprechenden Dichtungen ausgerüstet werden. Auch Bauteile, bei denen die Gefahr der Luftdurchlässigkeit besteht (z. B. Dachkonstruktionen), sind entsprechend durch Winddichtungen oder Dampfbremsen abzudichten, um eine Konvektion zu verhindern.

Die Dichtigkeitsanforderung an ein Gebäude wird dabei als n_{50}-Wert [1/h] angegeben. Mit diesem Wert ist definiert, welches Raumluftvolumen pro Stunde bei einer Druckdifferenz zwischen Innen- und Außenbereich von 50 Pascal ausgetauscht werden darf:

$n_{50} \leq 3/h$
=> Das 3-fache Raumluftvolumen wird in einer Stunde ausgetauscht. => Derzeitige Anforderung für normale Gebäude ohne raumlufttechnische Anlagen.
$n_{50} \leq 1{,}5/h$
=> Das 1,5-fache Raumluftvolumen wird in einer Stunde ausgetauscht. => Derzeitige Anforderung für normale Gebäude mit raumlufttechnischen Anlagen.
$n_{50} \leq 0{,}6/h$
=> 60 % des Raumluftvolumens werden in einer Stunde ausgetauscht. => Derzeitige Anforderung für Passivhäuser.

Bei rechnerischen Nachweisen ist darauf zu achten, dass unter Umständen (z. B. beim Passivhaus) eine Dichtigkeitsprüfung durchzuführen ist (Blower-Door-Test).

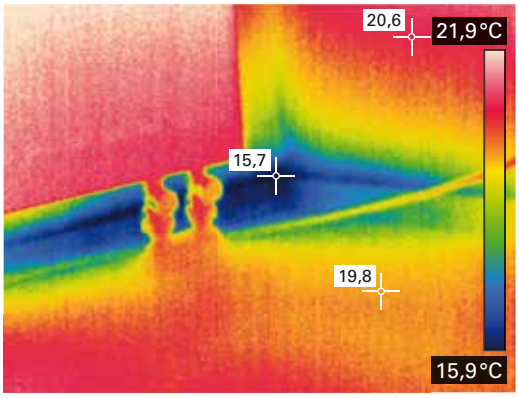
Rechnerische Ermittlung der Oberflächentemperaturen bei einer Wärmebrücke



Neben den Anforderungen der Dichtigkeit einer Gebäudehülle ist allerdings auch der ausreichende Luftwechsel in einem Raum ein wesentliches Kriterium für ein gesundes Raumklima. Durch die Nutzung eines Raumes durch Menschen erhöhen sich der Kohlendioxidgehalt (CO_2) und der Feuchtegehalt in der Raumluft. Mit den erhöhten Anforderungen an die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle ist es zunehmend zu Problemen durch nicht ausreichenden Luftwechsel gekommen. Auch die Schäden durch Schimmelbildung haben zugenommen.

Vor diesem Hintergrund wurde die DIN 1946-6 novelliert und bereits in einigen Bundesländern bauaufsichtlich eingeführt. Auch wenn diese Norm in Bayern noch nicht bauaufsichtlich eingeführt ist, ist es bei einem Rechtsstreit durchaus möglich, dass diese Norm als Regelwerk herangezogen wird. Prinzipiell ist nach dieser Norm ein Lüftungskonzept zu erstellen.

Wärmebildaufnahme einer Außenecke mit Temperaturabfall im Bereich des Fußbodenanschlusses.



5.9 Wärmebrücke

Als Wärmebrücke wird ein Teil einer Gebäudehülle bezeichnet, an dem konzentrierte Wärmeverluste stattfinden. Fälschlicherweise werden umgangssprachlich Wärmebrücken auch als »Kältebrücken« bezeichnet. Wärmbebrücken liegen bei jedem Gebäude vor. Dabei sind sie wie folgt zu unterscheiden:

- form- oder geometriebedingte Wärmebrücken
- stoffbedingte Wärmebrücken

Form- oder geometriebedingte Wärmebrücken sind dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Außenbauteil im Außenbereich größere Flächenanteile vorhanden sind als im Innenbereich. Im Außenbereich erfolgt beispielsweise bei einer Gebäudeecke die Wärmeabgabe über eine Länge, die dem zweifachen Wandquerschnitt entspricht. Im Innenbereich konzentrieren sich die »Verluste« auf den Punkt der Ecke.

Bei oben abgebildeter Isothermenberechnung wird dies sehr deutlich dargestellt: Die Wandoberflächentemperatur liegt in der Fläche bei ca. 15 °C. Im unmittelbaren Eckbereich sinkt die Temperatur auf ca. 12 °C. In diesem Fall ist die hinsichtlich Schimmelbildung kritische Temperatur bereits unterschritten.

Von **stoffbedingten Wärmebrücken** wird in der Regel dann gesprochen, wenn ein homogener Wandquerschnitt (z. B. Ziegelmauerwerk) durch Bauteile mit anderen (schlechteren) wärmetechnischen Eigenschaften unterbrochen wird (z. B. Stahlbetonstütze).

Natürlich können Wärmebrücken sowohl stoff- als auch geometriebedingt sein. Die Wärmebildaufnahme oben zeigt eine Außenecke (geometrische Wärmebrücke) im Bereich des Bodenanschlusses. Hier ist im konkreten Fall die Tragkonstruktion eines Balkons im Deckenquerschnitt verankert (stoffbedingte und konstruktive Wärmebrücke).

Grundsätzlich sind Wärmebrücken bei Gebäuden so weit wie möglich zu reduzieren. An Wärmebrücken finden nicht nur konzentriert Wärmeverluste statt. Durch die niedrigere Oberflächentemperatur besteht bei Wärmebrücken eine erhöhte Gefahr der Schimmelbildung oder von Bauschäden durch Tauwasser. Im Bestand können Wärmebrücken oftmals sehr einfach mit Hilfe von Wärmebildaufnahmen lokalisiert und dann Verbesserungen entworfen werden.

5.10 Behaglichkeit

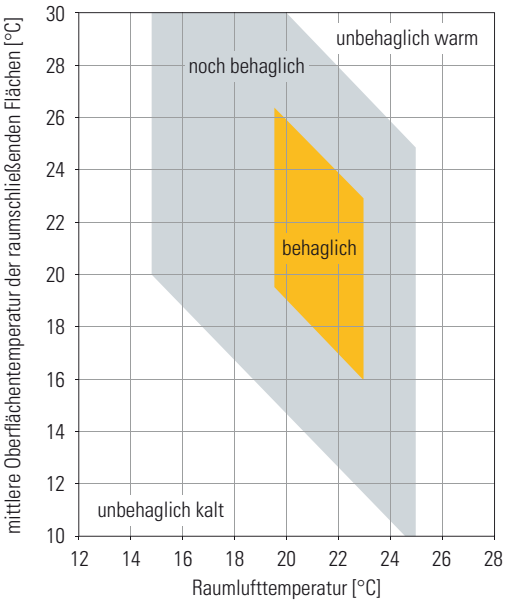
Ein behagliches Raumklima ist ein wesentliches Ziel für jedes Bauwerk, in dem sich Menschen aufhalten. Ein ganz wesentlicher Einflussfaktor ist dabei neben der Raumlufttemperatur die Temperatur der Umfassungsfläche. Je höher die Temperatur der uns umgebenden Bauteile (Wände, Boden, Decke) ist, desto schneller stellt sich bei uns, auch bei niedrigerer Raumlufttemperatur, ein Gefühl der Behaglichkeit ein. Je niedriger dagegen die Oberflächentemperatur der Umfassungsbauteile ist, desto höher muss die Raumlufttemperatur sein, bis sich ein solches Gefühl einstellt.

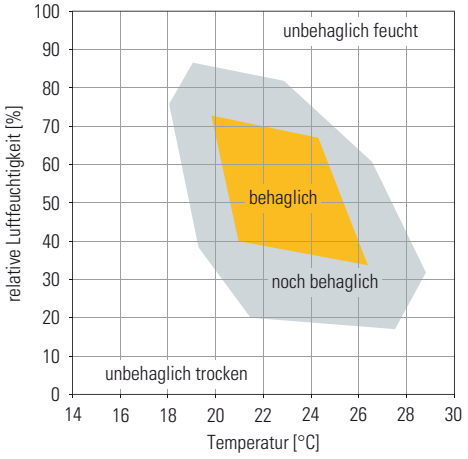
Anschaulich wird dies in der neben stehenden Grafik nach W. Frank dargestellt. Hier ist zu erkennen, dass sich beispielsweise bei einer Raumlufttemperatur von 20 °C kein Gefühl der Behaglichkeit einstellt, wenn die Oberflächentemperaturen bei nur 15 °C liegen.

Ausschlaggebend ist für diesen Zusammenhang der Effekt der Strahlungswärme. Sicher kennt jeder das Gefühl, dass es auch an einem kalten Wintertag dann »behaglich« sein kann, wenn man sich in der Sonne befindet. Sobald man sich bei gleicher Außentemperatur im Schatten befindet, erscheint es einem erheblich kühler. Dieser Zusammenhang von Strahlungswärme und Behaglichkeit kann auch in einem Gebäude durch entsprechende Systeme der Wärmeübergabe genutzt werden. Darauf wird im Kapitel 8 »Technische Gebäudeausrüstung« noch näher eingegangen.

Ein weiteres Kriterium, das im Zusammenhang mit einem behaglichen Raumklima steht, ist die Raumluftfeuchte. Die unten stehende Grafik verdeutlicht, dass sich sowohl zu hohe als auch zu niedrige Raumluftfeuchte negativ auf ein behagliches Raumklima auswirken kann. Auch hinsichtlich der bereits oben genannten Problematik im Zusammenhang von Raumluftfeuchte und Schimmelbildung liegt der Idealbereich der Raumluftfeuchte bei ca. 50 %.

Zu feuchte Luft wirkt sich also nicht nur negativ in Bezug auf eventuelle Schimmelbildung, sondern auch negativ auf die Behaglichkeit aus. Zu trockene Luft hingegen kann bei Holzbauteilen (z. B. Türen, Bekleidungen, Möbel, Böden) durch entsprechendes Schwinden zu Schäden führen und darüber hinaus negative Auswirkungen auf das gesunde Raumklima haben.





Abbildungen nach W. Frank: »Raumklima und thermische Behaglichkeit«
Berichte aus der Bauforschung, Heft 104, Berlin 1975

6 Voruntersuchungen

Mit der Verbesserung des Wärmeschutzes durch den Einbau mehr oder weniger geeigneter Wärmedämmungen in ein Baudenkmal ist die große Gefahr der teilweisen oder im Extremfall totalen Zerstörung des Denkmals verbunden. Diese möglichen Fehler haben zum großen Teil ihre Ursache in einer falschen Einschätzung des Baubestands, die dann letztlich zu nicht auf den Baubestand abgestimmten Dämmmaßnahmen führt. Demzufolge kann über eine geeignete Dämmmaßnahme oder über Modernisierungen bei der Gebäudetechnik nur dann entschieden werden, wenn der Baubestand mit allen seinen technischen Einzelheiten bekannt ist.

Dabei ist zunächst nach der gleichen Systematik vorzugehen, wie es bereits im Heft Denkmalpflege-Informationen – Sonderinfo 2/2008 für die Voruntersuchungen (Bauvorbereitende Maßnahmen) des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege in Zusammenarbeit mit der Bayerischen Ingenieurekammer-Bau und der Bayerischen Architektenkammer [ISSN 1863-7590], dargestellt ist.

Mit den Voruntersuchungen sollen gezielt die spezifischen Bauteilkennwerte ermittelt und Betrachtungen zum bestehenden energietechnischen Gesamtsystem des Bauwerks angestellt werden, um eine in sich schlüssige Darstellung der energetischen Situation zu erhalten. Dabei ist eine zerstörungsfreie bzw. in Ausnahmen zerstörungsarme Untersuchung durchzuführen und als Voraussetzung anzusehen.

Da ein Baudenkmal in der Regel nicht den aktuellen Normen/Bauweisen entspricht, sind die besonderen technischen/bauphysikalischen Eigenschaften des historischen Baumaterials mit besonderer Sorgfalt herauszuarbeiten. Um die Auswirkungen der späteren Eingriffe, zum Beispiel bei Dämmmaßnahmen oder bei Änderungen der Gebäudetechnik, auf das Gesamtsystem des Bauwerks richtig beurteilen zu können, ist die Existenz von Bestandszeichnungen und zumindest eine in sich geschlossene Vorplanung des Projekts in Abstimmung mit allen daran Beteiligten eine wichtige Grundlage.

Bei allen Maßnahmen der Voruntersuchung ist eine gewisse Erfahrung im Umgang mit historischem Baubestand erforderlich, um die Ergebnisse korrekt interpretieren zu können. In der Regel ist es notwendig, die entsprechenden Fachleute (Bauforscher, Restauratoren, Denkmalpfleger, etc.) zu beteiligen bzw. den Bauherrn dahingehend zu beraten.

6.1 Allgemeine Bestandsaufnahme

6.1.1 Lage des Bauwerks und äußere Einflüsse

Die äußeren Randbedingungen sind von grundlegender Bedeutung. Sie müssen im Zuge der Voruntersuchungen als Erstes erfasst werden. Zu den maßgeblichen äußeren Randbedingungen gehören z. B.

- die Art des Gebäudetyps (freistehend, einseitig angebautes Gebäude, Reihenbebauung),
- die Höhenlage des Gebäudes,
- die Orientierung des Gebäudes im Hinblick auf solare Wärmegewinne und
- besonders beanspruchte Teile der Gebäudehülle bzw. besondere Witterungsbeanspruchungen (z. B. Schlagregen, exponierte Windlage).

6.1.2 Allgemeine Gebäudedaten

Neben den äußeren baulichen Randbedingungen sind im nächsten Schritt allgemeine Festlegungen zur Gebäudeart zu treffen. Hierzu gehören z. B.

- die Einstufung in die Bauarten Massivbau, Fachwerkbau oder Mischbauweise und
- die Feststellung des Baualters und der Bauphasen.

Bei der Erhebung der allgemeinen Gebäudedaten können bereits Annahmen zu den für die einzelnen baugeschichtlichen Phasen bekannten typischen Vor- und Nachteilen getroffen werden.

6.1.3 Aufmaß und Planunterlagen

Für die Erfassung des Gebäudebestands und für die weitere Planung sind Planunterlagen des Gebäudebestands unverzichtbar. Sollten keine Planunterlagen vorliegen, ist von dem Gebäude ein Bestandsaufmaß zu erstellen. Dabei ist es besonders wichtig, den tatsächlichen Zustand des Gebäudes, d. h. unter Berücksichtigung eventueller Verformungen, zu erfassen.

Ergänzend sollten die Planunterlagen neben den Bauphasen und den Bauteilangaben (Massivwand, Fachwerkwand etc.) auch Angaben zu den verschiedenen Nutzungszonen enthalten (z. B. Sanitärbereich, Erschließungsbereiche wie Flure oder Treppenräume, unbeheizte Bereiche wie Lagerräume, Wohnräume mit normalen Innenraumtemperaturen etc.).

6.1.4 Begehung des Bauwerks – Inaugenscheinnahme

Im Zuge einer ausführlichen Gebäudebegehung sind Schad- oder Schwachstellen zu erfassen und zu dokumentieren. Außerdem sind die bestehenden Planunterlagen mit den tatsächlichen örtlichen Gegebenheiten zu vergleichen und die Planungsabsichten, z. B. Umbaumaßnahmen oder Nutzungsänderungen, zu erfassen. Dabei ist der Bestand auch hinsichtlich der Eignung für die Planungsabsichten einer zukünftigen Nutzung zu beurteilen. Sollten von dem Gebäude keine Planunterlagen vorliegen, sind solche unbedingt zu erstellen.

Erst mit der Begehung des Bauwerks können die weiterführenden Untersuchungen und Messungen eingegrenzt werden. Aus diesem Grund ist dieser erste Schritt der Voruntersuchung mit besonderer Sorgfalt durchzuführen. Zu beachten sind unter anderem die folgenden Punkte:

- Liegen bereits optisch erkennbare Schäden durch Feuchteeinwirkung oder Schimmelbildung vor?
- Sind die Ursachen von eventuellen Schäden durch Feuchteeinwirkung eindeutig erkennbar oder bedarf es weiterführender Untersuchungen (z. B. Ortung von Leckagen bei Leitungen)?
- Liegen Schäden durch Salzbelastung vor oder ist auf Grund der bisherigen Nutzung mit Salzbelastungen zu rechnen?
- Besteht die Notwendigkeit von Schadstoffuntersuchungen (z. B. Holzschutzmittel)?
- Sind offensichtliche Wärmebrücken zu erkennen (z. B. durch Versprünge, Nischen etc.)?
- Sind Rissbildungen oder Verformungen zu erkennen, die eine weitere Untersuchung des Tragwerks, insbesondere unter Berücksichtigung der geplanten Modernisierung und der zukünftigen Nutzung, erfordern?

6.1.5 Erfassung der Heizungstechnik

Bei Voruntersuchungen zur anschließenden Konzeption von energetischen Modernisierungsmaßnahmen ist die Erfassung der vorhandenen Heizungstechnik von besonderer Bedeutung. Die Untersuchung beinhaltet neben der Art der Wärmebereitstellung für Heizung und Warmwasser auch die Verteilung im Gebäude und die Übergabe in den Räumen.

In diesem Zusammenhang sind auch die Lage und der Zustand der zugehörigen Leitungen (einschließlich Kamine) – wenn vorhanden – genau zu prüfen und zu dokumentieren. Vorhandene Leitungstrassen oder Installationsschächte sind dabei in den Planunterlagen festzuhalten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass auch Teile der Heizungstechnik von besonderer technikgeschichtlicher Bedeutung – und damit erhaltenswert – sein können.

6.1.6 Erfassung der Sanitär- und Abwasserinstallation

Die Untersuchung der Sanitärinstallation steht nicht primär in Verbindung mit der Energieeffizienz eines Gebäudes. Allerdings sind im Zuge der Voruntersuchung auch diesbezügliche Leitungsführungen sowie deren Zustand genau zu dokumentieren.

Oftmals liegen bei Bestandsgebäuden Schäden an Entwässerungsleitungen vor, durch die es bereits zu Folgeschäden gekommen ist bzw. die zu Folgeschäden an der Bausubstanz führen können. Vor diesem Hintergrund sind sowohl Fallleitungen als auch Grundleitungen zu prüfen (z. B. Befahrung). Auch die Regenentwässerung ist hinsichtlich ihrer Qualität und Funktionalität zu untersuchen.

6.1.7 Erfassung der Elektroinstallation und Beleuchtung

Der Energiebedarf für Beleuchtung ist bei energetischen Betrachtungen von zunehmender Bedeutung. Beim Nachweis von Nichtwohngebäuden nach DIN18599 ist die Beleuchtung in der Gesamtenergiebilanz zu berücksichtigen. Doch auch bei Wohngebäuden sollten Hinweise zu energiesparenden Systemen aufgegriffen werden, auch wenn sie dort nicht rechnerisch in der Bilanzierung berücksichtigt werden. Dementsprechend ist im Zuge der Voruntersuchung der diesbezügliche Bestand zu erfassen.

Bei vorhandenen Elektroinstallationen ist darüber hinaus zu untersuchen, ob besondere Schäden erkennbar sind, durch die ein weiterführendes Gefahren- oder Schadenspotenzial gegeben ist (z. B. Gefahr für Leben und Gesundheit, besondere Brandgefahr durch Kurzschluss). Wie auch bei der Heizungstechnik ist dabei die technikgeschichtliche Bedeutung von Elementen der Beleuchtung, der Elektroinstallation und ggf. der Installationen der Kommunikationstechnik mit zu erfassen.

6.1.8 Beteiligung weiterer Fachleute

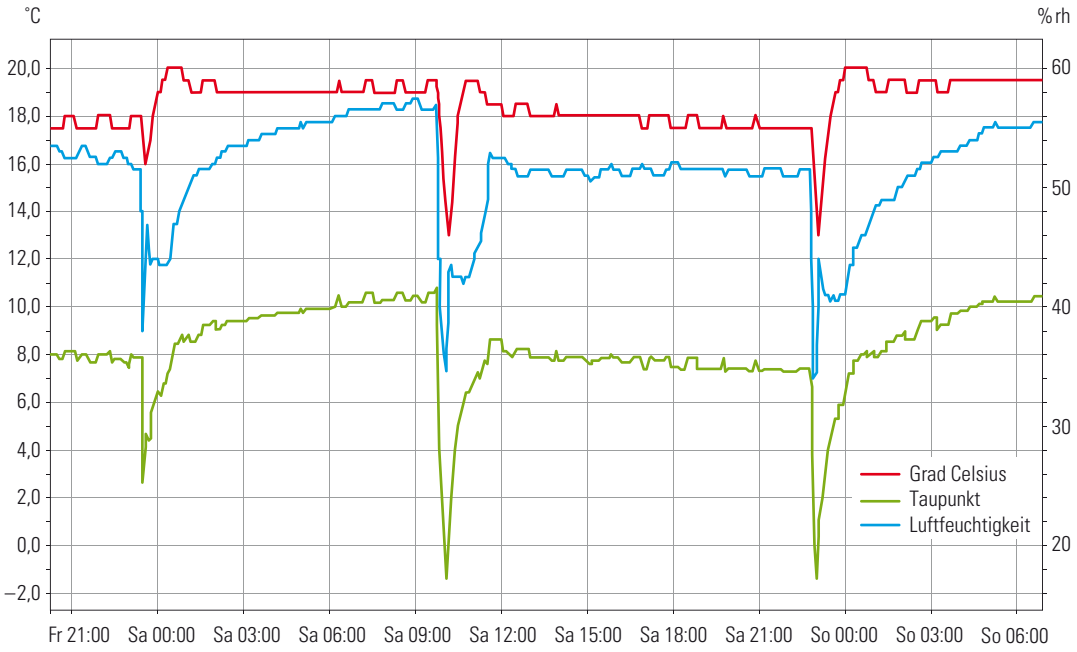
Die Bestandsaufnahme sowie die Ausarbeitung von Modernisierungsmaßnahmen ist von entsprechend qualifizierten Ingenieuren, Architekten und Energieberatern für Baudenkmale durchzuführen. Für die Bestandsaufnahme und die daran anschließende Konzeption von Modernisierungen besteht darüber hinaus in der Regel die Notwendigkeit, Restauratoren oder ggf. auch Archäologen an der Maßnahme zu beteiligen. Wurden bei einem Baudenkmal noch keine weiteren Fachleute hinzugezogen, ist dies mit dem Eigentümer/dem Bauherrn sowie mit der Unteren Denkmalschutzbehörde in Verbindung mit dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege abzustimmen (siehe hierzu auch Kapitel 10 »Baurechtliche und verfahrenstechnische Fragen«).
Üblicherweise besteht auch die Notwendigkeit, im Zuge der Konzeption von Modernisierungsmaßnahmen zusätzliche Fachleute, z. B. Fachingenieure für die Technische Gebäudeausrüstung oder Fachingenieure für Elektrotechnik, hinzuzuziehen. Gegebenenfalls kann schon für die Voruntersuchung die Beteiligung dieser Fachingenieure sinnvoll oder notwendig sein. Auch dies ist im Zuge der allgemeinen Bestandsaufnahme genau zu prüfen.

6.2 Zerstörungsfreie Messungen und Untersuchungen

Nach der Aufnahme der das Gebäude allgemein betreffenden Gegebenheiten sind umfangreichere Untersuchungen hinsichtlich der Eigenschaften der vorhandenen Bauteile durchzuführen. Zur Ermittlung der Bauteilkennwerte und der Bauteilbeschaffenheiten können zunächst zerstörungsfreie Messungen und Untersuchungen durchgeführt werden.

6.2.1 Erfassung des Raumklimas

Um Informationen zum bestehenden Raumklima zu erhalten, ist es notwendig, die Temperatur und die Raumluftfeuchte über einen längeren Zeitraum aufzuzeichnen. Dabei sollte auch der Taupunkt als Funktion der Temperatur und der Raumluftfeuchte dargestellt werden.



Bei der dargestellten Grafik einer Raumklimamessung sind die Raumlufttemperatur (linke y-Koordinate) und die relative Raumluftfeuchte (rechte y-Koordinate) abgebildet. Die x-Koordinate zeigt die Zeitachse. Dargestellt sind die Raumlufttemperatur (rot), die relative Raumluftfeuchte (blau) sowie die Taupunkttemperatur (grün).
Es ist deutlich zu erkennen, wie im Zuge der Raumnutzung die relative Raumluftfeuchte auf bis zu 55 % bei einer Raumlufttemperatur von ca. 19 bis 20 °C ansteigt. Beim Lüften sinkt die relative Luftfeuchtigkeit kurzzeitig auf unter 40 %. Die Taupunkttemperatur steigt im Zuge der Nutzung auf ca. 10 °C an.

Derartige Messungen können mit einem digitalen Klimaschreiber erfolgen. Hierbei sollten Messungen in verschiedenen Räumen durchgeführt werden und, wenn möglich, unter unterschiedlichen äußeren klimatischen Bedingungen (Sommer und Winter). Die Ergebnisse der Klimamessungen sind, mit Angabe zum jeweiligen Außenklima, zu dokumentieren.

6.2.2 Messung der Bauteilfeuchte

Neben der Erfassung des bestehenden Raumklimas ist auch die Messung der Bauteilfeuchte, sowohl bei Außenbauteilen als auch bei Innenbauteilen, ein wesentlicher Punkt der zerstörungsfreien Voruntersuchung. Feuchtemessungen können z. B. an Putzoberflächen in verschiedenen Höhenlagen durchgeführt werden, um die Zu- oder Abnahme der Bauteilfeuchte in den verschiedenen Höhen beurteilen zu können.

Auch die Holzfeuchte von unterschiedlichen Bauteilen ist im Zuge der Feuchtemessungen zu erfassen. Die Holzfeuchte hat bei bisher nicht beheizten Gebäuden, die zukünftig beheizt werden sollen, eine besondere Bedeutung, da mit dem Austrocknen der Holzteile ein Schwinden der Querschnitte verbunden ist.

Die Feuchteerfassung der Bauteile ist für die spätere Planung der eventuellen Dämmung dieser Bauteile von großer Wichtigkeit, da die Dämmeigenschaft von neuen Baustoffen (Dämmstoffen) ganz erheblich von der Feuchtigkeit des Baubestands abhängig ist. Die Ergebnisse der Messungen sind in der Schadenskartierung zu erfassen.

6.2.3 Abklopfen (Sonometrie)

Mit dem vorsichtigen Abklopfen von Bauteilen können eventuelle Hohllagen erfasst werden. Dieser Vorgang ist nicht nur zur Ermittlung von Bauteilkennwerten von hoher Bedeutsamkeit. Mit Hilfe des Abklopfens können auch Schäden an wertvollen Putz- oder Stuckflächen erfasst und entsprechende Schutzmaßnahmen getroffen werden.

Wärmebildaufnahme eines historischen Gebäudes. Das verputzte Fachwerk des Obergeschosses zeichnet sich deutlich gegenüber dem massiven Erdgeschoss ab.

6.2.4 Thermographie

Die Thermographie ist ein zunehmend beliebtes und für den Bauherrn äußerst beeindruckendes Verfahren zur Darstellung der Wärmeverluste bestehender Bauteile. Dabei werden die tatsächlichen Temperaturen der Oberflächen der zu untersuchenden Bauteile dargestellt.

Thermographieaufnahmen zur Lokalisierung besonderer Schwachstellen sind nur dann sinnvoll, wenn zwischen dem beheizten und dem unbeheizten Bereich eine Temperaturdifferenz von mindestens 10–15 °C vorliegt. Außerdem ist darauf zu achten, dass die Bauteile nicht von der Sonne angestrahlt werden. Aus diesem Grund sollten derartige Aufnahmen in den frühen Morgenstunden oder nachts erstellt werden. Es empfiehlt sich außerdem, derartige Untersuchungen sowohl von außen als auch von innen durchzuführen.

Neben Informationen zu besonderen Schwachstellen (Wärmebrücken) sind mit Hilfe der Thermografie auch unterschiedliche Bauteileigenschaften erkennbar. So kann beispielsweise bei verputzten Fassaden festgestellt werden, ob es sich um einen Massivbau oder eine Fachwerkwand handelt. Auch Schwachstellen bei der Dämmung von Rohrleitungen der Heizungs- und Warmwasserinstallation lassen sich mit Hilfe von Thermografieaufnahmen lokalisieren.

Leider ist es aus physikalischen Gründen nicht möglich, mit den thermografisch ermittelten Bildern gleich die Dämmwerte der einzelnen Baustoffe zu ermitteln. Das Verfahren eignet sich nur für qualitative Aussagen über die bestehenden Bauteile.

Die Abbildungen links zeigen ein historisches Gebäude mit massiver Außenwand im Erdgeschoss und aufgehender verputzter Fachwerkwand. Deutlich erkennbar sind die verputzten Fachwerkfelder sowie die dort stattfindenden Wärmeverluste.

6.2.5 Radar und Ultraschallmessungen

Mit Hilfe von Radar- und Ultraschallmessungen können zerstörungsfrei Informationen über einen vorliegenden Wandquerschnitt gewonnen werden. So können beispielsweise Materialwechsel oder Hohlräume mit Hilfe dieser Untersuchungsmethoden festgestellt werden.

6.2.6 Örtliche Messungen

Zur Feststellung der Dämmeigenschaften können in besonderen Fällen die Eigenschaften der Bauteile mit Wärmeflussplatten zur Ermittlung der Wärmestromdichte erfasst werden. Aus diesen ermittelten Werten ist dann der U-Wert des Gesamtaufbaus des gemessenen Querschnitts darstellbar. Allerdings sind derartige Messungen mit einer relativ hohen Ungenauigkeit behaftet und die Messwerte nur bedingt auf das Gesamtsystem übertragbar.

In der Praxis wird diese Messung nur selten angewandt, da es sinnvoller und ggf. auch realitätsbezogener ist, für die unterschiedlichen Baustoffe des nachzuweisenden Bauteilquerschnitts mit verschieden Werten der Wärmeleitfähigkeit (Max-/Min-Werte) aus den inzwischen vorliegenden Baustofftabellen den U-Wert des Bauteils rechnerisch einzugrenzen.

Feuchtemessung
bei einem Mauerwerk

6.3 Untersuchungen mit geringfügigen Eingriffen

Nach Abschluss der zerstörungsfreien Voruntersuchungen kann die Notwendigkeit bestehen, mit geringfügigen Eingriffen nähere Angaben über die Bauteile zu erfassen. Es sei hierbei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass alle Eingriffe in ein Baudenkmal nicht nur mit dem Eigentümer, sondern auch mit der Denkmalschutzbehörde abzustimmen und ggf. in Zusammenarbeit mit einem Restaurator durchzuführen sind. Außerdem ist zu beachten, dass vor derartigen Voruntersuchungen eine denkmalschutzrechtliche Erlaubnis einzuholen ist.

6.3.1 Bohrungen

Mit Hilfe von Bohrungen können Bauteilstärken erfasst werden. Außerdem können Informationen zu den verwendeten Baustoffen und deren Eigenschaften gewonnen werden. Hierbei sollten möglichst dünne Bohrungen durchgeführt werden.

Sind mit Hilfe der dünnen Bohrungen keine ausreichenden Informationen zu bekommen, kann auf Kernbohrungen zurückgegriffen werden. Bei Holzbauteilen ist mit Hilfe von Bohrungen der räumliche Umfang von Holzbefall nachweisbar (Messung des Bohrwiderstands).

6.3.2 Endoskopie

Bei Bauteilen mit Zwischenräumen kann mit diesem bekannten optischen Verfahren ein Eindruck des Zustandes innerhalb des Bauteilquerschnitts gewonnen werden. Für derartige Untersuchungen sind ggf. kleine Bohrungen zu erstellen, damit das Endoskop in den zu untersuchenden Bereich eingeführt werden kann.

6.4 Untersuchungen mit umfangreicheren Eingriffen

Erst wenn die zerstörungsfreien Untersuchungen bzw. die Untersuchungen mit minimalen Eingriffen abgeschlossen sind und die ermittelten Informationen nicht ausreichen, können ggf. Feststellungen zum Gebäudebestand mit umfangreicheren Eingriffen notwendig werden. Auch hier gilt, dass alle Maßnahmen mit dem Eigentümer und den übrigen Beteiligten (Denkmalschutzbehörde, Restaurator) abzustimmen sind.

6.4.1 Bauteilöffnung

Im Zuge der Bestandsaufnahme kann durchaus die Notwendigkeit bestehen, umfangreichere Bauteilöffnungen zu erstellen. Hierzu gehören beispielsweise die Öffnung eines Bodenbelages, die Entfernung von Wandverkleidungen oder die Entfernung von Verkleidungen bei Decken oder Dachschrägen. Mit Hilfe dieser Öffnungen lässt sich dann ggf. der genaue Aufbau eines Bauteils und der verwendeten Werkstoffe erfassen.

Solche Bauteilöffnungen sollten nur in Bereichen erstellt werden, in denen auch mit aussagekräftigen Ergebnissen zu rechnen ist. Um Eingriffe so gering wie möglich zu halten, sollten außerdem weitere Hilfsmittel, wie Wärmebildkamera oder Endoskop, herangezogen werden. Dabei ist zu beachten, dass die partielle Öffnung, z. B. von historischen Fußböden wie Dielen- oder Parkettböden usw., möglichst kleinräumig, reversibel (= rückführbar) und schonend durchgeführt wird. Gegebenenfalls ist ein Restaurator hinzuzuziehen.

Bauteilöffnungen sind im Vorfeld immer mit den anderen beteiligten Fachstellen (Denkmalschutzbehörde, Restaurator, Tragwerksplaner, etc.) abzustimmen, um die Anzahl der benötigten Öffnungen zu minimieren. Der Rückbau von nachträglich eingebrachten Bauteilen der jüngeren und jüngsten Vergangenheit, wie z. B. Bekleidungen aus Materialien wie Gipskarton- oder Eternitplatten, ist in der Regel zumindest denkmalpflegerisch unproblematischer.

6.4.2 Materialentnahme und Labormessung

Bei den Festlegungen zu den Materialkennwerten (z. B. Rohdichte, Wärmeleitfähigkeit etc.) kann, wenn die Art des Werkstoffes bekannt ist, oftmals auf Tabellenwerte zurückgegriffen werden. Besteht diesbezüglich Unsicherheit, können sowohl im Zuge von Bauteilöffnungen als auch im Zuge von Kernbohrungen Materialproben entnommen und im Labor genauer untersucht werden. Grundsätzlich sollten Materialentnahmen auf das Nötigste beschränkt werden.

6.5 Dokumentation und Diskussion der Ergebnisse aus der Voruntersuchung

Die am Objekt festgestellten oder nachträglich ermittelten Werte sind zusammen mit der genauen Angabe zur Lage im Bauwerk zu dokumentieren. Dabei ist es sehr vorteilhaft, die Struktur des »Raumbuchs« mit Angaben zu den einzelnen Räumen und Bauteilen zu verwenden oder ein bereits für andere Untersuchungen erstelltes Raumbuch um die Eintragung der bauphysikalischen Werte und der Lage der Untersuchungen zu erweitern. In diese Dokumentation sind dann alle ergänzenden Feststellungen und Ermittlungen mit einzufügen.

Vor der Weiterführung der Planung sind die Ergebnisse der Voruntersuchungen mit allen für die weiterführende Planung wichtigen Personen abzustimmen und zu protokollieren.

Decken- und Dachöffnung im Zuge der Bestandsaufnahme.

7 Werkstoffe und Bauteile im Bestand

7.1 Vorbemerkung

Im Kapitel »Voruntersuchung« wurde bereits darauf eingegangen, dass zur Ermittlung der Qualität eines Gebäudes hinsichtlich seiner Wärmeverluste die Bauteil- und Werkstoffkenngrößen zu ermitteln sind. Während bei neueren Gebäuden und Bauteilen oftmals auf Tabellenwerte und Literaturangaben zurückgegriffen werden kann, stellt sich bei Baudenkmälern und anderen überlieferten Bestandsgebäuden die Situation deutlich schwieriger dar.

Im folgenden Kapitel wird zunächst angeführt, welche Werkstoffe bei Baudenkmälern anzutreffen und wie deren Eigenschaften zu beurteilen sind. Anschließend werden exemplarisch Bauteile dargestellt, bei denen die vorgenannten Werkstoffe eingesetzt sind. Darauf aufbauend werden im Kapitel 9 »Planung und Instandsetzung unter Berücksichtigung des Denkmalschutzes« Verbesserungsmaßnahmen dargestellt und bewertet.

7.2 Werkstoffe

Die nebenstehende Übersicht stellt die am häufigsten in Baudenkmälern eingesetzten Werkstoffe sowie deren allgemeine »Kennwerte« dar. Da es bei den Werkstoffen eine große Vielfalt gibt, erhebt die nachfolgende Auflistung nicht den Anspruch auf Vollständigkeit.

Es ist außerdem zu beachten, dass es sich bei den hier aufgelisteten Kenngrößen um allgemeine Werte aus der Literatur handelt, die sich auf den Normalzustand (Bauteil im Zustand der Ausgleichsfeuchte) beziehen. Es wird daher ausdrücklich darauf hingewiesen, dass im Einzelfall die Werte bei der Bewertung des Bestands und bei der Planung von Verbesserungen eigenverantwortlich zu prüfen sind.

Eine große Übersicht an Baustoffen ist in der »Masea Datenbank« erfasst (www.masea-ensan.de). Hier sind sowohl historische als auch neue Baustoffe mit ihren jeweiligen thermischen und hygrischen Kennwerten abrufbar.

7.3 Bauteile

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung hat in der Bekanntmachung »Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand« vom 5. Juni 2007 sowie in der Bekanntmachung »Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand« vom 30. Juli 2009 in einer Tabelle Pauschalwerte für die Wärmedurchgangskoeffizienten verschiedener Außenbauteile bekannt gegeben. Die Tabelle beginnt mit der Baualtersklasse »bis 1918« und endet bei der Baualtersklasse »ab 1995«. Auch in verschiedenen Publikationen – sowohl Fachliteratur als auch Werbematerial von Dämmstoffherstellern – werden inzwischen »allgemeingültige« U-Werte, zum Teil auch für historische Bauteilquerschnitte, publiziert und oft sehr pauschale »Verbesserungsmöglichkeiten« dargestellt.

Es ist die verantwortungsvolle Aufgabe des Energieberaters oder des Planers, diesen pauschalen Werten nicht blind zu vertrauen. Vielmehr sind die Kennwerte der Werkstoffe und der Bauteile im Zuge der Voruntersuchung mit einer entsprechenden Sorgfalt zu ermitteln. Nur so lässt sich die tatsächliche Qualität eines Baudenkmals mit der erforderlichen Genauigkeit darstellen und eventuelle Verbesserungsmaßnahmen konzipieren.

Die in der Literatur verfügbaren Tabellenwerte für Außenwände im Bestand beziehen sich oftmals auf einen »homogenen« Wandquerschnitt, wie z. B. auf ein Mauerwerk aus Steinen und Mörtel mit einer bestimmten Rohdichte und einer bestimmten Wärmeleitfähigkeit. Nachdem bei älteren Bestandsbauten oft nicht von einem homogenen Wandaufbau ausgegangen werden kann, sind diese Werte nicht ohne Weiteres auf den Wandquerschnitt eines Baudenkmals zu übertragen. Oftmals liegen bei denkmalgeschützten Bauten beispielsweise massive Außenwände mit einer großen Wanddicke vor. In solchen Fällen ist nicht nur zu beachten, welche Eigenschaften die verwendeten Steine haben, sondern es sind auch der Anteil und die Eigenschaft der Mörtelfugen sowie der Anteil und die Eigenschaft der Auffüllung zwischen den Mauerschalen (bei zweischaligem Mauerwerk) zu berücksichtigen.

Werkstoff	Rohdichte in kg/m³	Wärmeleitfähigkeit λ in W/(mK)
Holz		
Hartholz (Laubbäume)	800	0,200
Nadelholz	600	0,130
Naturstein		
Muschelkalk	2.600	2,300
vulkanischer Naturstein	1.600	0,550
Sandstein	2.600	2,300
Kalkstein hart	2.200	1,700
Kalkstein halbhart	2.000	1,400
Kalkstein weich	1.800	1,100
Gebrannte Steine (Ziegel)		
Mauerziegel Reichsformat	1.800	0,810
Beton		
Beton mittlere Rohdichte	1.800	1,150
Beton hohe Rohdichte	2.400	2,000
Stahlbeton 1% Stahl	2.300	2,300
Stahlbeton 2% Stahl	2.400	2,500
Leichtbeton geringe Rohdichte	800	0,390
Leichtbeton hohe Rohdichte	2.000	1,600
Mörtel		
Zementmörtel	2.000	1,600
Zement, Sand	1.800	1,000
Gips, Sand	1.600	0,800
Kalk, Sand	1.600	0,800
Putz		
Putzmörtel aus Gips	1.400	0,700
Putzmörtel aus Kalkgips	1.400	0,700
Putzmörtel aus Kalk	1.800	0,870
Gipsputz mit Rohrgewebe (Stroh)	900	0,380
Gipsputz	1.200	0,350
Gipsdielen	1.000	0,465
Schilfrohrmatten	55	0,060
Lehm		
Strohlehm (Leichtlehm)	1.000	0,300
Strohlehm Holzstakung	1.200	0,465
Lehmbaustoffe geringe Rohdichte	500	0,140
Lehmbaustoffe mittlere Rohdichte	1.000	0,350
Lehmbaustoffe hohe Rohdichte	2.000	1,100
Sonstige Werkstoffe		
Glas	2.500	0,800
Eisen/Stahl	7.860	60,000
Gusseisen	7.500	50,000
Schüttungen		
Koksasche	700	0,223
Kesselschlacke	1.200	0,324
Hüttenbims	600	0,130
Schaumlava Schüttung	1.200	0,220
Sandschüttung (trocken)	1.800	0,700
Splitt/Kies (trocken)	1800	0,700
Blähton	400	0,160
Bimskies	1000	0,190

Ebenso verhält es sich bei historischen Fachwerkwänden. Neben den Festlegungen zu den Eigenschaften des Mauerwerks bzw. der Baustoffe in den Gefachen muss auch der Holzanteil im tatsächlich vorliegenden Umfang mit einbezogen werden. Bei verputzten Fachwerkwänden stellt hier bei beheizten Gebäuden die Thermografie ein wertvolles Hilfsmittel dar, da mit ihr der Anteil von Fachwerkhölzern gut ermittelt werden kann. Derartige Aufnahmen ermöglichen im Zuge der Voruntersuchung auch die Darstellung von wechselnden Werkstoffen in einer Bauteilfläche (z. B. Lokalisierung von Ausmauerungen früherer Fenster mit Steinen einer anderen Werkstoffgüte).

Mit der gleichen Ausführlichkeit sind Decken zu unbeheizten Räumen bzw. Dächer zur Außenluft zu untersuchen. Mit Hilfe von Bauteilöffnungen ist es möglich, die Art und die Dicke der hier eingesetzten Werkstoffe zu ermitteln (siehe Kapitel 6 »Voruntersuchungen«).

Nicht zu vergessen sind Festlegungen zu den Fenstern und den Außentüren. Auch hier ist der Bestand genau zu ermitteln. Für eine korrekte Bewertung eines Fensters sind nicht nur die Fenstergröße und die Art des Fensters (Einfachfenster, Kastenfenster, Verbundfenster, Fenster mit Isolierverglasung) maßgebend. Ganz wesentlich sind die Rahmenbreiten und -stärken sowie der Flächenanteil von Rahmen und eventuellen Sprossen. Außerdem wirkt sich auch die Art des verwendeten Materials für den Rahmen (Hart- oder Weichholz, Metall) wesentlich auf den Wärmedurchgangskoeffizienten des gesamten Fensters aus. Ebenso wichtig sind die Art und Ausführung von Laibungsverkleidungen, Putzstärken oder Nischenverkleidungen.

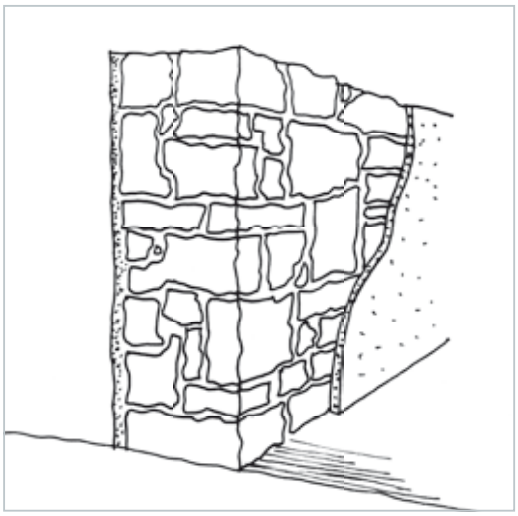
In der nachfolgenden Aufstellung werden exemplarisch einige typische Querschnitte von Außenbauteilen bei Denkmälern aufgeführt. An ihnen sollen dann im Kapitel 9 »Planung und Instandsetzung unter Berücksichtigung des Denkmalschutzes« Modernisierungsmöglichkeiten dargestellt werden.

Es sei an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen, dass für die Außenbauteile nur einige mögliche Beispiele genannt sind. Eine vollständige Auflistung der bei Baudenkmälern vorkommenden Werkstoffe oder Bauteile ist wegen der Vielfalt nicht möglich und auch nicht Sinn dieser Veröffentlichung. Die vorliegende Publikation soll keine Tabellenwerte liefern, die dann im Einzelfall als Referenzwerte herangezogen werden können.

Vielmehr soll aufgezeigt werden, wie unterschiedlich sich die Wärmedurchgangskoeffizienten und die Abweichungen von existierenden Tabellenwerten darstellen. Die Pauschalwerte aus der oben genannten Publikation des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung sind für die Baualtersklasse »bis 1918« jeweils als U-Wert BMVBS daher mit abgedruckt. Bei den Wandquerschnitten mit künstlichen Steinen bzw. bei Stahlbetonwänden und -decken wurden für die Baualtersklassen die Werte für den Zeitraum 1949 bis 1969 angegeben.

7.3.1 Beispiele für Wände

Massives Mauerwerk aus Kalkstein
Gesamtdicke 70 cm, beidseitig verputzt.



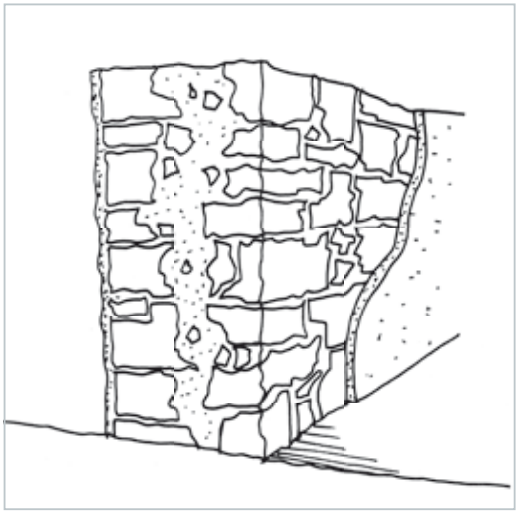
Wandaufbau von innen nach außen:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Kalkgipsputz	1,5	0,7	1.400
Kalkstein	67	2,3	2.600
Kalkputz	1,5	1,0	1.800

Die Mauerwerksfugen werden mit »Kalk/Sand« angenommen, der Fugenanteil beträgt 8 %.

Ermittelter U-Wert	1,94 [W/(m²K)]
U-Wert (Tabellenwert aus unterschiedlicher Literatur ohne Gewichtung des Fugenanteils)	2,02 [W/(m²K)]
U-Wert bei Kalkstein mit einer Rohdichte von 2.000 kg/m³ und λ 1,400 W/(mK)	1,43 [W/(m²K)]
U-Wert BMVBS (Tabelle 2, »Massive Konstruktion«)	1,70 [W/(m²K)]

7.3.1 Beispiele für Wände

Zweischaliges Mauerwerk aus Kalkstein
Gesamtdicke 100 cm, beidseitig verputzt.
Für die Auffüllung im Kern des Mauerwerks werden die Kennwerte für weichen Kalkstein angesetzt (Mischung aus Kalkmörtel und Steinen).



Wandaufbau von innen nach außen:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Kalkgipsputz	1,5	0,7	1.400
Kalkstein	35	2,3	2.600
Auffüllung, Annahme »weicher Kalkstein«	27	1,1	1.800
Kalkstein	35	2,3	2.600
Kalkputz	1,5	1,0	1.800

Die Mauerwerksfugen werden mit »Kalk/Sand« angenommen, der Fugenanteil beträgt 8 %.

Ermittelter U-Wert	1,28 [W/(m²K)]
U-Wert bei Kalkstein mit einer Rohdichte von 2.000 kg/m³ und λ 1,400 W/(mK)	1,02 [W/(m²K)]
U-Wert BMVBS (Tabelle 2, »Massive Konstruktion«)	1,70 [W/(m²K)]

7.3.1 Beispiele für Wände

Beidseitig verputzte Fachwerkwand
Gesamtdicke 20 cm, beidseitig verputzt.
Der Anteil der Fachwerkhölzer (Eiche) beträgt 25 % der Wandfläche.

Wandaufbau von innen nach außen:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Kalkgipsputz	1,5	0,7	1.400
Kalkstein	16,5	2,3	2.600
bzw. Fachwerkhölzer Eiche	16,5	0,2	800
Kalkputz	2	1,0	1.800

Die Mauerwerksfugen werden mit »Kalk/Sand« angenommen, der Fugenanteil beträgt 8 %.

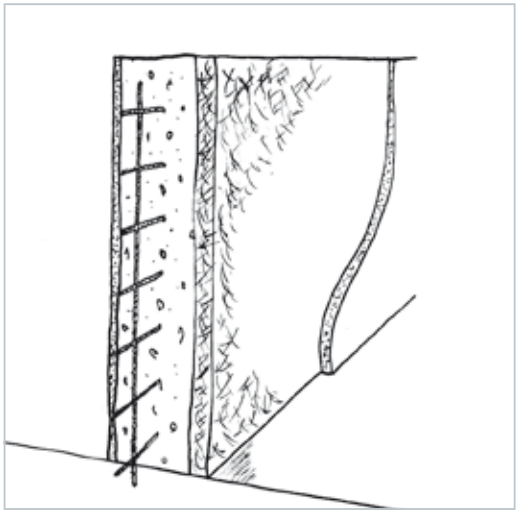
Ermittelter U-Wert	3,00 [W/(m²K)]
Ermittelter U-Wert bei Nadelholz und Kalkstein mit einer Rohdichte von 2.000 kg/m³ und λ 1,400 W/(mK)	2,55 [W/(m²K)]
U-Wert BMVBS (Tabelle 2, »Holzkonstruktion [Fachwerk, …]«)	2,00 [W/(m²K)]

Fachwerkwand
Entsprechend dem oben beschriebenen Aufbau, jedoch **ohne außenseitige Verputzung** der Fachwerkhölzer.

Ermittelter U-Wert	3,12 [W/(m²K)]
Ermittelter U-Wert bei Nadelholz	3,07 [W/(m²K)]
Ermittelter U-Wert bei Nadelholz und Kalkstein mit einer Rohdichte von 2.000 kg/m³ und λ 1,400 W/(mK)	2,62 [W/(m²K)]
U-Wert BMVBS (Tabelle 2, »Holzkonstruktion [Fachwerk, …]«)	2,00 [W/(m²K)]

7.3.1 Beispiele für Wände

Betonwand
Gesamtdicke 24 cm, außenseitige Holzwolle-Leichtbauplatten, beidseitig verputzt.

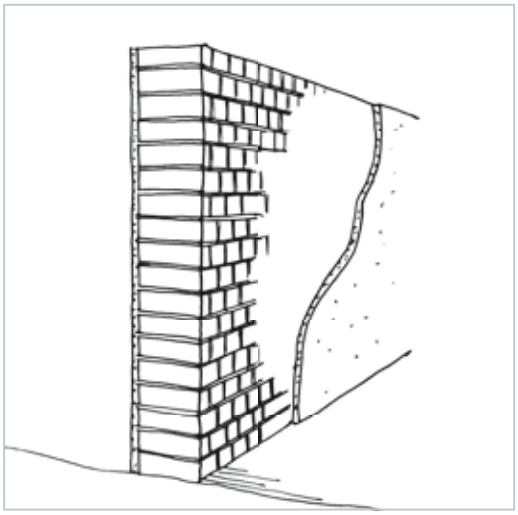


Wandaufbau von innen nach außen:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Kalkgipsputz	1,5	0,7	1.400
Normalbeton, bewehrt	16	2,5	2.400
Holzwolle Leichtbauplatten	4	0,09	360
Kalkzementputz	1,5	1,0	1.800

Ermittelter U-Wert	1,40 [W/(m²K)]
U-Wert BMVBS (Tabelle 2, »Massive Konstruktion«, Baualtersklasse 1949 bis 1968)	1,40 [W/(m²K)]

7.3.1 Beispiele für Wände

Wand aus künstlichen Steinen
Gesamtdicke 27 cm, beidseitig verputzt.



Wandaufbau von innen nach außen:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Kalkgipsputz	1,5	0,7	1.400
Mauerziegel	24	0,5	1.200
Kalkzementputz	1,5	1,0	1.800

Ermittelter U-Wert	1,46 [W/(m²K)]
U-Wert BMVBS (Tabelle 2, »Massive Konstruktion«, Baualtersklasse 1949 bis 1968)	1,40 [W/(m²K)]

7.3.1 Beispiele für Wände

Holzblockwand
aus Nadelholz, Gesamtdicke 15 cm, ohne jegliche Innen- oder Außenverkleidungen.

Wandaufbau von innen nach außen:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Nadelholz	15	0,13	600

Ermittelter U-Wert	0,76 [W/(m²K)]
U-Wert BMVBS (Tabelle 2, »Holzkonstruktion [Fachwerk, …]«)	2,00 [W/(m²K)]

Zwischenwertung:
Die auf den vorigen Seiten dargestellten Berechnungsergebnisse zeigen sehr deutlich, wie sich der U-Wert in Abhängigkeit von den verwendeten Werkstoffen bzw. den Wandaufbauten – z. B. beim zweischaligen Mauerwerk – ändert. Die dargestellten Berechnungsergebnisse verdeutlichen, wie wichtig die genaue Kenntnis über die Beschaffenheit und den Aufbau der Bauteile ist, um eine zutreffende Aussage über die tatsächliche Bauteilqualität machen zu können.

7.3.2 Beispiele für Decken

Holzbalkendecke
als oberste Geschossdecke zum unbeheizten Dachraum mit einer Gesamtdicke von 24 cm. Auf der Oberseite der Decke befinden sich Holzdielen als Laufbelag, die Unterseite der Decke ist verputzt. Zwischen den Deckenbalken befinden sich **Lehmwickel auf einer Holzstakung** sowie eine trockene Sandschüttung.

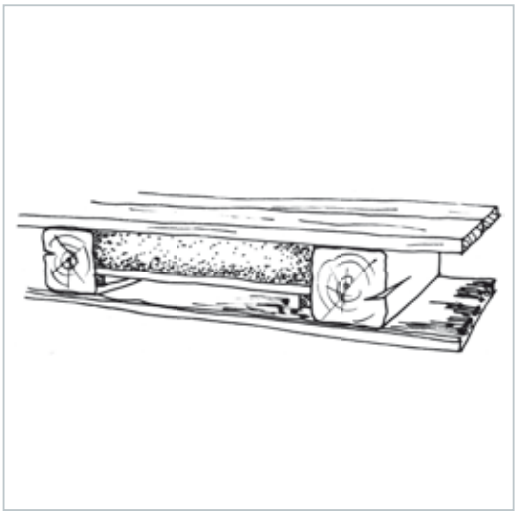
Deckenaufbau von innen nach außen – Gefach:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Kalkgipsputz	2,5	0,7	1.400
Schilfrohr als Putzträger	1	0,06	55
Lehmwickel auf Holzstaken	14	0,5	1.200
Sandschüttung	4	0,7	1.800
Nadelholz-Dielen	2,5	0,13	600

Deckenaufbau von innen nach außen – Deckenbalken (Breite 18 cm, Achsabstand 75 cm):			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Kalkgipsputz	2,5	0,7	1.400
Schilfrohr als Putzträger	1	0,06	55
Nadelholz	18	0,13	600
Nadelholz-Dielen	2,5	0,13	600

Ermittelter U-Wert	0,95 [W/(m²K)]
U-Wert BMVBS (Tabelle 2, »Holzbalkendecke«)	1,00 [W/(m²K)]

7.3.2 Beispiele für Decken

Holzbalkendecke
als oberste Geschossdecke zum unbeheizten Dachraum mit einer Gesamtdicke von 24 cm analog zum Aufbau des vorangegangenen Beispiels. Zwischen den Deckenbalken befindet sich in diesem Fall statt der Lehmwickel auf einer Holzstakung eine **Fehlbodenauffüllung aus trockenem Sand.**



Deckenaufbau von innen nach außen – Gefach:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Kalkgipsputz	2,5	0,7	1.400
Schilfrohr als Putzträger	1	0,06	55
Ruhende Luftschicht	6	–	–
Fehlbodenbretter	2	0,13	600
Strohlehm als Rieselschutz	2	0,6	1.400
Sandschüttung	8	0,7	1.800
Nadelholz-Dielen	2,5	0,13	600

Deckenaufbau von innen nach außen – Deckenbalken (Breite 18 cm, Achsabstand 75 cm):			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Kalkgipsputz	2,5	0,7	1.400
Schilfrohr als Putzträger	1	0,06	55
Nadelholz	18	0,13	600
Nadelholz-Dielen	2,5	0,13	600

Ermittelter U-Wert	0,84 [W/(m²K)]
U-Wert BMVBS (Tabelle 2, »Holzbalkendecke«)	1,00 [W/(m²K)]

7.3.2 Beispiele für Decken

Holzbalkendecke
als oberste Geschossdecke zum unbeheizten Dachraum mit einer Gesamtdicke von 24 cm analog zum Aufbau des vorangegangenen Beispiels. Zwischen den Deckenbalken befindet sich in diesem Fall als Fehlbodenauffüllung **Kesselschlacke.**

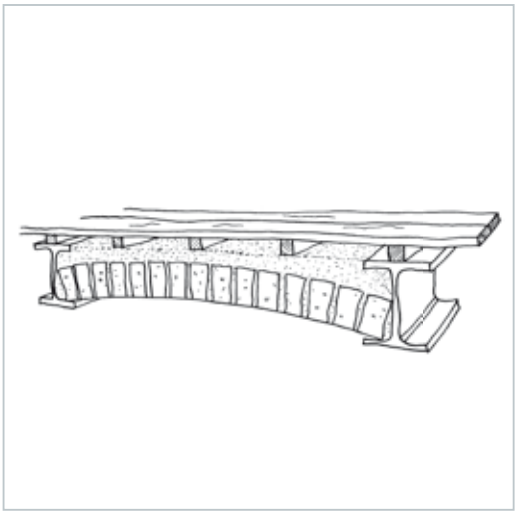
Deckenaufbau von innen nach außen – Gefach:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Kalkgipsputz	2,5	0,7	1.400
Schilfrohr als Putzträger	1	0,06	55
Ruhende Luftschicht	6	–	–
Fehlbodenbretter	2	0,13	600
Kesselschlacke	10	0,32	1.200
Nadelholz-Dielen	2,5	0,13	600

Deckenaufbau von innen nach außen – Deckenbalken (Breite 18 cm, Achsabstand 75 cm):			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Kalkgipsputz	2,5	0,7	1.400
Schilfrohr als Putzträger	1	0,06	55
Nadelholz	18	0,13	600
Nadelholz-Dielen	2,5	0,13	600

Ermittelter U-Wert	0,74 [W/(m²K)]
U-Wert BMVBS (Tabelle 2, »Holzbalkendecke«)	1,00 [W/(m²K)]

7.3.2 Beispiele für Decken

Kappendecke
als Decke zum unbeheizten Kellergeschoss mit einer Gesamtdicke von 27 cm.



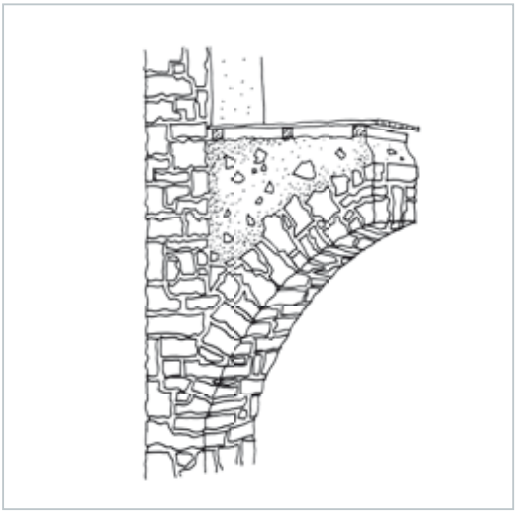
Deckenaufbau von innen nach außen – Gefach:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Laufbelag Eichendielen	4	0,2	800
Sandschüttung	6	0,7	1.800
Mauerklinker	17	1,4	2.400

Deckenaufbau von innen nach außen – Stahlträger (Achsabstand 80 cm):			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Laufbelag Eichendielen	4	0,2	800
Lagerhölzer Eiche	4	0,2	800
Stahlträger	17	60	7.860

Ermittelter U-Wert	1,40 [W/(m²K)]
U-Wert BMVBS (Tabelle 2, »Bauteile gegen Erdreich oder Keller«)	1,20 [W/(m²K)]

7.3.2 Beispiele für Decken

Gewölbe aus Kalkstein
zum unbeheizten Kellergeschoss. Die Gesamtdicke des Gewölbes wird im Mittel mit 150 cm angenommen. Dabei ist die unterschiedliche Dicke des Gewölbes im Scheitel- und Kämpferbereich berücksichtigt.



Gewölbeaufbau von innen nach außen – Gefach:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Eichendielen als Laufbelag	4	0,2	800
Sandschüttung	10	0,7	1.800
Kalkstein	150	2,3	2.600

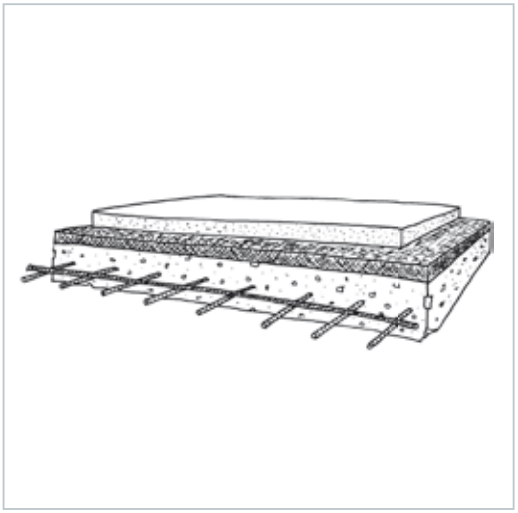
Gewölbeaufbau von innen nach außen – Bereich Lagerhölzer für den Bodenbelag, Breite 10 cm, Achsabstand 100 cm:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Eichendielen als Laufbelag	4	0,2	800
Lagerhölzer Eiche	10	0,2	800
Kalkstein	150	2,3	2.600

Die Mauerwerksfugen werden mit »Kalk/Sand« angenommen, der Fugenanteil beträgt 8%.

U-Wert (Berechnung)	0,72 [W/(m²K)]
U-Wert BMVBS (Tabelle 2, »Bauteile gegen Erdreich oder Keller«)	1,20 [W/(m²K)]

7.3.2 Beispiele für Decken

Massivdecke
zum unbeheizten Kellergeschoss aus Stahlbeton mit einer Gesamtdicke von 24 cm. Die Art des Bodenbelages wird hier vernachlässigt.



Deckenaufbau von innen nach außen:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Zementestrich	5	1,4	2.000
Holzwolle-Leichtbauplatte	5	0,09	360
Stahlbeton	14	2,5	2.400

U-Wert (Berechnung)	1,00 [W/(m²K)]
U-Wert BMVBS (Tabelle 2, »Kellerdecke« Baualtersklasse 1949 bis 1957)	1,50 [W/(m²K)]
U-Wert BMVBS (Tabelle 2, »Kellerdecke« Baualtersklasse 1958 bis 1968)	1,00 [W/(m²K)]

7.3.2 Beispiele für Decken

Stahlbetondecke bzw. »DIN-F-Decke«
zum unbeheizten Kellergeschoss aus Stahlbeton-Trägern und Beton-Hohlkörpern mit einer Gesamtdicke von 38 cm als Kellerdecke. Die Art des Bodenbelages wird hier vernachlässigt.

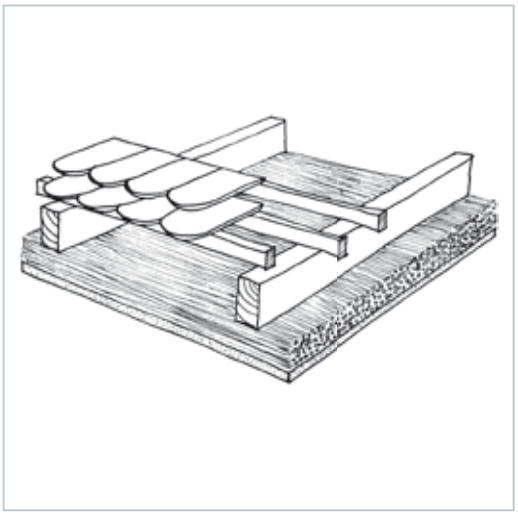
Deckenaufbau von innen nach außen – Gefach:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Zementestrich	5	1,4	2.000
Holzwolle Leichtbauplatten	3	0,09	360
Beton-Hohlblöcke	30	0,39	900

Deckenaufbau von innen nach außen – Bereich Stahlbetonträger, Breite 15 cm, Achsabstand 80 cm:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Zementestrich	5	1,4	2.000
Holzwolle Leichtbauplatten	3	0,09	360
Stahlbeton	30	2,5	2.400

U-Wert (Berechnung)	0,84 [W/(m²K)]
U-Wert BMVBS (Tabelle 2, »Kellerdecke« Baualtersklasse 1949 bis 1957)	1,50 [W/(m²K)]
U-Wert BMVBS (Tabelle 2, »Kellerdecke« Baualtersklasse 1958 bis 1968)	1,00 [W/(m²K)]

7.3.3 Beispiele für Dächer

Dach
mit Sparren (12/12 cm) aus Nadelholz im Abstand von 80 cm. Der Zwischensparrenbereich ist nicht gedämmt. Da sich die Sparren im ungedämmten, von Kaltluft umströmten Bereich befinden, werden diese bei der Ermittlung des U-Wertes nicht berücksichtigt.



Dachaufbau von innen nach außen – Gefach:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Kalkgipsputz	1,5	0,7	1.400
Schilfrohrmatten	3	0,06	55
Luftschicht belüftet	12	–	–
Traglattung	2	–	–
Dacheindeckung	4	–	–

Dachaufbau von innen nach außen – Bereich Sparren, Breite 12 cm, Achsabstand 80 cm:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Kalkgipsputz	1,5	0,7	1.400
Schilfrohrmatten	3	0,06	55
Sparren	12	–	–
Traglattung	2	–	–
Dacheindeckung	4	–	–

U-Wert (Berechnung)	1,38 [W/(m²K)]
U-Wert (Berechnung bei einer Reduzierung der Schilfrohrmatten auf 1 cm)	2,43 [W/(m²K)]
U-Wert BMVBS (Tabelle 2, »Dach – Holzkonstruktion«)	2,60 [W/(m²K)]

7.3.4 Beispiele für Fenster und Türen

Kastenfenster
(70×140 cm) mit Weichholzrahmen (5×3 cm) und einer Kämpfersprosse (5×3 cm). Der Zwischenraum zwischen Außen- und Innenfenster hat eine Tiefe von 10 cm. Der U-Wert des Rahmens wird bei einer Dicke von 3,00 cm mit U_f = 2,50 angenommen, der U-Wert der Verglasung mit U_g = 5,80 (Einfachverglasung, Scheibendicke 3 mm).

Ermittelter U_W-Wert (Berechnung nach EN ISO 10077-1:2000)	2,84 [W/(m²K)]
U_W-Wert BMVBS (Tabelle 2, »Holzfenster zwei Scheiben«)	2,70 [W/(m²K)]

Verbundfenster
(70×140 cm) mit Weichholzrahmen (5×3 cm) und einer Kämpfersprosse (5×3 cm). Der Zwischenraum zwischen Außen- und Innenfenster hat eine Tiefe von 3 cm. Der U-Wert des Rahmens wird bei einer Dicke von 5,00 cm mit U_f = 1,80 angenommen, der U-Wert der Verglasung mit U_g = 5,80 (Einfachverglasung, Scheibendicke 3 mm).

Ermittelter U_W-Wert (Berechnung nach EN ISO 10077-1:2000)	2,88 [W/(m²K)]
U_W-Wert BMVBS (Tabelle 2, »Holzfenster zwei Scheiben«)	2,70 [W/(m²K)]

Türe
aus Vollholz (Nadelholz) mit einer Gesamtdicke von 4 cm.

Ermittelter U-Wert	2,70 [W/(m²K)]
U-Wert BMVBS (Tabelle 2, »Türen«)	3,50 [W/(m²K)]

Baudenkmal vor der Instandsetzung in den 1990er Jahren

7.4 Bewertung der Ergebnisse aus den U-Wert-Ermittlungen für die verschiedenen Bauteile

Für die Ermittlung der U-Werte für verschiedene Außenbauteile wurde auf die Kennwerte der eingangs erwähnten Werkstoffe zurückgegriffen. Vergleicht man die ermittelten U-Werte mit den Werten, die durch das BMVBS veröffentlicht wurden, stellt man bei den Fenstern relativ geringe Abweichungen fest. Anders verhält es sich bei den übrigen Bauteilen. Hier ist zu sehen, dass die »Pauschalwerte« oft weit von den genauer errechneten Werten entfernt sind.

Dies zeigt die Notwendigkeit, im Zuge der Bestandsaufnahme das Gebäude, seine Bauteile und die verwendeten Werkstoffe genau zu untersuchen. Sicher muss man auch bei der Bestandsaufnahme auf zahlreiche Annahmen zurückgreifen und die theoretischen Werte werden immer von den tatsächlichen Bauteileigenschaften abweichen. Allerdings besteht bei einem Verzicht auf eine genaue Bestandsaufnahme durchaus die Gefahr, dass Bauteile und damit das gesamte Gebäude schlechter bewertet werden als sie tatsächlich sind.

Das gleiche Objekt nach der Instandsetzung in den 1990er Jahren. Das Erscheinungsbild konnte, trotz Außendämmung, erhalten bleiben/gewahrt werden. Eine Prüfung des Langzeitverhaltens steht noch aus.

8 Technische Gebäudeausrüstung

Die technische Gebäudeausrüstung spielt bei der Modernisierung von Gebäuden eine ganz wesentliche Rolle. Oftmals sind »Verbesserungen« an der Gebäudehülle zur Reduzierung der Wärmeverluste – besonders beim Baudenkmal – nur eingeschränkt möglich. Eine Reduzierung des Energieverbrauchs und die Erzielung eines behaglichen Raumklimas ist dann vorrangig durch den Einsatz einer angepassten technischen Gebäudeausrüstung möglich.

8.1 Begriffserklärungen

Unter dem Begriff der technischen Gebäudeausrüstung wird im Allgemeinen die Wärmeerzeugung und -verteilung, die Warmwasserbereitung und -verteilung sowie die Lüftung eines Gebäudes verstanden. Weiter bezieht sich die technische Gebäudeausrüstung (TGA) auf den Stromeinsatz in Gebäuden, z. B. für die Beleuchtung oder die Klimatisierung sowie für Steuerungs- und Kommunikationstechnik. Hierauf soll in diesem Kapitel jedoch nicht näher eingegangen werden.

Einleitend seien noch einige Begriffe erklärt, die im Zusammenhang mit der EnEV allgemein und mit der Gebäudetechnik im Besonderen häufig verwendet werden:

8.1.1 Primärenergie und Primärenergiefaktor

Der Begriff der Primärenergie – regelmäßig verwendet bei der Bezeichnung Primärenergiebedarf (Q_P) – beschreibt diejenige Energie, die noch keiner technischen Umwandlung unterworfen wurde, also beispielsweise Erdöl vor der Umwandlung in einer Raffinerie.

Über den Primärenergiefaktor (f_P) wird erfasst, wie verlustbehaftet die Umwandlungskette von der Primärenergie bis zur von uns nutzbaren Energie (z. B. Wärme im Haus, warmes Wasser) ist. So ist der Primärenergiefaktor bei Strom mit derzeit 2,6 sehr hoch, der von Öl und Gas liegt bei 1,1 und der Primärenergiefaktor von Holz ist mit 0,2 sehr niedrig. Bei elektrischem Strom sind damit die Verluste wesentlich höher als bei regenerativen Energien wie Holz. Ein niedriger Primärenergiebedarf darf aber nicht fälschlicherweise mit einem niedrigen (End)Energiebedarf gleichgesetzt werden.

Wie sich der Primärenergiebedarf in Abhängigkeit vom eingesetzten Brennstoff ändert, zeigt folgendes Beispiel. Es handelt sich hierbei um ein beliebiges Gebäude, bei dem im EnEV-Nachweis lediglich die Art des Brennstoffs ausgetauscht wurde. Der Endenergiebedarf (Q_E) für Heizung und Warmwasser beträgt bei dieser Beispielrechnung immer 362,40 kWh/m²a.

Die Zahlen zeigen sehr deutlich, wie immens

Primärenergiebedarf bei Verwendung von Gas oder Öl	432,70 kWh/m²a
Primärenergiebedarf bei Verwendung von Strom	1.053,90 kWh/m²a
Primärenergiebedarf bei Verwendung von Pellet / Holz	83,40 kWh/m²a

sich der Primärenergiefaktor auswirkt. Es sei an dieser Stelle auch darauf hingewiesen, dass der so ermittelte Primärenergiebedarf oft – auch zu Werbezwecken – durch den Faktor 10 (entspricht ca. dem Brennwert des Öls mit 10,57 kWh/Liter) dividiert und damit das »xx-Liter-Haus« dargestellt wird. Im obigen Beispiel könnte damit aus einem 43-Liter-Haus (bei Ölheizung) nur durch den Austausch des Brennstoffes ein 8-Liter-Haus werden, ohne dass bei dem Gebäude sonstige Veränderungen vorgenommen werden. Eine derartige Betrachtung ist grundsätzlich falsch, da das Gebäude de facto unabhängig vom Primärenergiefaktor die gleiche Heiz-Endenergie benötigt. Insofern sind Werbeaussagen wie »vom Altbau zum 3-Liter-Haus« genau zu hinterfragen. Die Vergleiche dürfen sich keinesfalls auf Primärenergiekennwerte allein beziehen.

8.1.2 Heizwert

Als Heizwert wird die Wärmemenge bezeichnet, die bei der Verbrennung eines Stoffes freigesetzt wird. Unterschieden wird zwischen dem oberen Heizwert, bei dem der Energiegehalt des im Rauchgas enthaltenen Wasserdampfes nicht berücksichtigt wird, und dem unteren Heizwert, bei dem der Gesamtenergiegehalt inkl. des Wasserdampfes berücksichtigt wird.

8.1.3 Brennwert

Der Brennwert gibt den Gesamtenergiegehalt eines Stoffes an, also den Energiegehalt inkl. des im Rauchgas enthaltenen Wasserdampfes. Bei sogenannten »Brennwertgeräten« wird auch der Energiegehalt des bei der Verbrennung entstandenen Wasserdampfes (Kondensationswärme) nutzbar gemacht. Darauf wird unter Punkt 8.2 noch näher eingegangen.

8.1.4 Wirkungs- und Nutzungsgrad

Der Wirkungsgrad ist das Verhältnis der abgegebenen Leistung zur zugeführten Leistung. Die abgegebene Leistung ist dementsprechend der »Nutzen«, die zugeführte Leistung der »Aufwand«. So zum Beispiel beim Jahres-Nutzungsgrad einer Heizungsanlage, bei dem die Nutzwärmeabgabe in einem Jahr in das Verhältnis zum Brennstoffeinsatz in einem Jahr gebracht wird.

Während sich der Nutzungsgrad, wie eben dargestellt, auf einen bestimmten Zeitraum erstreckt, erfolgt bei der Angabe des Wirkungsgrades die Betrachtung eines bestimmten Betriebszustandes. Bei den Angaben des Kesselwirkungsgrades werden beispielsweise nur die Verluste (Abgasverluste, Abstrahlverluste) erfasst, die auftreten, wenn der Brenner in Betrieb ist.

8.2 Heizungsarten

Grundsätzlich wird zwischen dezentralen und zentralen Heizungsanlagen unterschieden. Während sich bei dezentralen Heizungsanlagen die Wärmeerzeuger direkt im zu beheizenden Raum befinden, so z. B. der Heizkessel oder der im historischen Bestand noch häufig anzutreffende offene Kamin oder geschlossene Holzofen, befindet sich bei der zentralen Heizungsanlage der Wärmeerzeuger an einem zentralen Ort des Gebäudes. Die Wärmeenergie wird dann beispielsweise über eine Warmwasser-Zirkulationsleitung im Gebäude in die zu beheizenden Räume verteilt. Auch in bestehenden Gebäuden wurde die Zentralheizung, sowohl als Warmwasserheizung wie auch als Warmluft- oder Dampfheizung, eingesetzt, setzte sich jedoch erst im 20. Jahrhundert mit weiter Verbreitung durch.

Da sich dieses Kapitel im Wesentlichen damit befasst, wie sich der Energieverlust im Baudenkmal durch den Einsatz entsprechender Gebäudetechnik reduzieren lässt, wird auf die unterschiedlichen Heizungssysteme, die im historischen Bestand anzutreffen sind, nicht weiter eingegangen. Einzelheiten hierzu sind ferner dem Kapitel 2 »Historische Bauweisen« zu entnehmen. Der Vollständigkeit halber seien bei den dezentralen Heizungsanlagen noch die Öl-Einzelöfen sowie die Elektro-Nachtspeicheröfen genannt. Auf diese beiden Heizungssysteme soll hier aus Gründen der Übersichtlichkeit jedoch nicht näher eingegangen werden.

Bei den heute eingesetzten Heizungssystemen handelt es sich in erster Linie um die vorgenannten Zentralheizungen. Relevant ist dabei, wie und mit welchem Energieträger die Wärmeenergie erzeugt wird. Zu den am häufigsten eingesetzten Heizkesseln zählen die Niedertemperaturkessel und die Brennwertkessel.

Bei **Niedertemperaturkesseln** wird die Temperatur des Wärmeträgers (Heizungswasser) in Abhängigkeit von der Außentemperatur und der Uhrzeit auf höchstens 75 °C gebracht. Die Kesseltemperatur gleitet außerdem – entsprechend der vorgenannten Führungsgrößen wie Außentemperatur, Uhrzeit o. ä. – auf niedrigere Temperaturen herunter.

Bei **Brennwertkesseln** wird die Wärme des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes durch Kondensation nutzbar gemacht. Die Höhe des dadurch nutzbaren Energieanteils hängt vom Brennstoff bzw. vom Verhältnis des oberen zum unteren Heizwert des Brennstoffes ab. Auch bei den Brennwertkesseln wird die Kesseltemperatur, wie auch beim Niedertemperaturkessel, entsprechend geregelt.

Als Energieträger werden bei den vorgenannten Heizkesseln Öl oder Gas verwendet, wobei bei der Brennwerttechnik Gas besonders effektiv ist.

Vermehrt kommen zur Beheizung von Gebäuden auch **Blockheizkraftwerke (BHKW)** als eine Möglichkeit der Kraft-Wärme-Kopplung zum Einsatz. Hierbei handelt es sich um Anlagen, bei denen mit Hilfe eines mit Öl oder Gas betrieben Motors ein Generator angetrieben wird, der Strom erzeugt. Während der so erzeugte Strom selbst genutzt oder in das Stromnetz eingespeist wird, kann die Abwärme des Motors und des Generators für die Erwärmung des Wärmeträgers (Heizungswasser) genutzt werden. Derartige Anlagen sind nur dann wirtschaftlich, wenn eine bestimmte Mindestauslastung vorliegt. Diese ist in der Regel dann gegeben, wenn auch witterungsunabhängig eine entsprechende Menge an Wärmeenergie (z. B. für Warmwasser) benötigt wird. Inzwischen haben sich allerdings auch kleinere Blockheizkraftwerke etabliert, die bereits bei einem geringeren Energiebedarf wirtschaftlich betrieben werden können.

In den vergangenen Jahren erlangte der Energieträger Holz wieder eine besondere Bedeutung. Dies ist einerseits durch die extremen Preissteigerungen bei den fossilen Energieträgern Öl und Gas bedingt. Andererseits hat sich in den vergangenen Jahren eine immense technische Entwicklung bei den verschiedenen Heizkesseln vollzogen, die mit Holz oder aus Holz hergestellten Brennstoffen betrieben werden können.

Zum Einsatz kommen heute zunehmend **Pelletheizungen.** Da diese vollautomatisch arbeiten, besteht damit für den Betreiber einer solchen Heizungsanlage kein Nachteil gegenüber den herkömmlichen Öl- oder Gasheizungsanlagen. Die hier als Energieträger eingesetzten Holzpellets werden industriell vor allem aus Spänen und Sägemehl gepresst. Weitere Möglichkeiten, Holz als Brennstoff für Heizungsanlagen zu verwenden, bieten **Stück- oder Scheitholzheizungen** sowie **Hackschnitzelheizungen**. Während auch bei Hackschnitzelheizungen ein automatisierter Betrieb möglich ist, ist dies bei Stückholzheizungen nur bedingt gegeben.

Auch bei den **Einzelöfen** gibt es inzwischen Möglichkeiten, diese Wärmeerzeuger noch effektiver zu nutzen. Durch die Ausstattung mit sog. Wassertaschen können diese an die Zentralheizung angebunden und beispielsweise zur Warmwasserbereitung mit herangezogen werden.

Ein Aspekt, der mit Holz oder aus Holz hergestellten Brennstoffen betriebene Heizungsanlagen in den vergangenen Jahren außerdem attraktiv gemacht hat, ist die angebliche CO_2-Neutralität des Brennstoffes Holz und der daraus resultierende sehr niedrige Primärenergiefaktor. Der Begriff der CO_2-Neutralität bezieht sich darauf, dass bei der Verbrennung von Holz nur soviel CO_2 freigesetzt wird, wie durch das Wachstum des Holzes auch in Sauerstoff umgewandelt wurde. Allerdings sei hier kritisch darauf hingewiesen, dass auch durch die Produktion und den Transport von Brennholz, Hackschnitzel oder v. a. Pellets Energie benötigt wird, die wiederum mit CO_2-Emissionen verbunden ist. Gerade die Zunahme der Pelletheizungen hat dazu geführt, dass dieser Brennstoff inzwischen auch aus anderen Ländern importiert wird (z. B. Kanada). Derartige Transportwege können nicht wirklich als CO_2-neutral bezeichnet werden. Hinzu kommt, dass für die Herstellung von Pellets inzwischen häufig frisches Holz verwendet wird, dass im Zuge der Pelletproduktion erst (unter Energieeinsatz) getrocknet werden muss.

Der Vollständigkeit halber sei abschließend noch die Nutzung der **Nah- oder Fernwärme** erwähnt. Mit Hilfe von größeren Heizkraftwerken wird Wärmeenergie erzeugt und über ein entsprechendes Versorgungsnetz an die Verbraucher verteilt. Handelt es sich bei den Verbrauchern um kleinere Wohnsiedlungen, Dörfer, Ensembles oder einzelne Gebäude, spricht man in diesem Zusammenhang von Nahwärmenetzen. Werden ganze Städte oder Stadteile versorgt, kommt der Begriff Fernwärme zum Einsatz.

Bei den dabei eingesetzten Heizkraftwerken kommen inzwischen sehr häufig regenerative Energieträger (z. B. Hackschnitzel, Biogas, Tiefengeothermie o. ä.) zum Einsatz. Außerdem wird bei derartigen Anlagen oftmals durch die sog. Kraft-Wärme-Kopplung nicht nur Wärmeenergie, sondern vorrangig Strom produziert. Dementsprechend gewinnen solche Kraftwerke zunehmend an Bedeutung.

Gerade bei historischen Ortskernen und Ensembles, bei denen die Nutzung von alternativen Energiequellen oft nur eingeschränkt möglich ist und bei denen häufig ein höherer Energiebedarf vorliegt, könnte die Einrichtung von Wärmenetzen eine ökologisch sinnvolle Verbesserung darstellen. Als wesentlicher Nachteil sind die in diesem Zusammenhang notwendigen Investitionen zu sehen, die für die Erstellung eines entsprechenden Heizkraftwerkes sowie für den Aufbau eines wärmegedämmten Versorgungsnetzes notwendig sind. Synergieeffekte ergeben sich unter Umständen dann, wenn ohnehin Arbeiten im Straßenraum notwendig werden, beispielsweise bei der Erneuerung der Kanalisation oder der Versorgungsleitungen. Es kann aber durchaus als kommunale Aufgabe gesehen werden, die Errichtung von Nah- oder Fernwärmenetzen genau zu prüfen und gegebenenfalls umzusetzen. Dies ist insbesondere bei Wärmeüberschüssen aus Industrieproduktion der Fall.

8.3 Alternative Energiequellen

Ganz wesentlich hat sich in den vergangenen Jahren auch die Verwendung alternativer Energiequellen durchgesetzt. Gerade wegen der Preissteigerung bei den fossilen Brennstoffen und der Auswirkungen auf unsere Umwelt, die mit der Verbrennung jeglicher Brennstoffe verbunden ist, wird die Nutzung alternativer Energien immer attraktiver.

Die klassische Form dieser Nutzung stellen **thermische Solaranlagen** dar – nicht zu verwechseln mit Photovoltaikanlagen, die der Stromerzeugung dienen. Als Flach- oder Röhrenkollektoranlagen werden sie weitgehend dazu eingesetzt, Wasser mit Hilfe der (kostenlosen) Sonnenenergie zu erwärmen. Da mit Hilfe von Röhrenkollektoranlagen auch bei diffuser Sonneneinstrahlung Wärmeenergie erzeugt werden kann, also auch in der Übergangszeit und nicht nur während der Sommermonate, bieten sich solche Anlagen auch zur Heizungsunterstützung an.

In diesem Zusammenhang sei allerdings ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die »konventionelle Dachmontage« solcher Anlagen bei Denkmälern auf Grund der optischen Beeinträchtigung nicht generell befürwortet werden kann. Es kann allerdings auch beim denkmalgeschützten Objekt in Erwägung gezogen werden, solche Anlagen beispielsweise auf dem freien Gelände, in Gärten oder an einer nicht einsehbaren Stelle zu installieren. Dies ist jedoch im Einzelfall genau zu prüfen.

Ohne optische Beeinträchtigung ist die Verwendung von **Wärmepumpen** möglich. Bei solchen Anlagen wird – vereinfacht ausgedrückt – mit Hilfe eines Verdampfers und eines Kondensators die in der (warmen) Luft oder im (warmen) Wasser (z. B. Abwasser und Grundwasser) enthaltene Wärmeenergie nutzbar gemacht. Auch bei der Entwicklung der Wärmepumpen wurden Fortschritte erzielt. So sind heute inzwischen zahlreiche Luft-Wasser-Wärmepumpen auf dem Markt, die auch bei Außentemperaturen von weit unter 0 °C noch wirtschaftlich einsetzbar sind. Wärmepumpen können sowohl zur Brauchwassererwärmung als auch zur Heizungsunterstützung herangezogen werden. Zu beachten ist dabei jedoch, dass bei solchen Systemen die Vorlauftempera-

turen relativ niedrig sind und der Einsatz daher in der Regel nur bei Flächenheizungen (Wand- oder Fußbodenheizung) sinnvoll ist.

Auch bei der **Geothermie**, also der Nutzung der Erdwärme, kommen Wärmepumpen zum Einsatz. In besonderen Fällen reicht die Verwendung von heißen Erdschichten oder Thermalquellen zur direkten Wärmeentnahme aus (**Tiefengeothermie**). Da Wärmepumpen mit Kompressionsaggregaten betrieben werden, ist hier der nicht unerhebliche Anteil an Strombedarf zu berücksichtigen. Die neueste Entwicklung geht in Richtung Drehzahlsteuerung, um hohe Anfahrtsströme und daraus resultierende Stromnetzbelastungen zu vermeiden.

8.4 Steuerung und Regelung der Heizungsanlage

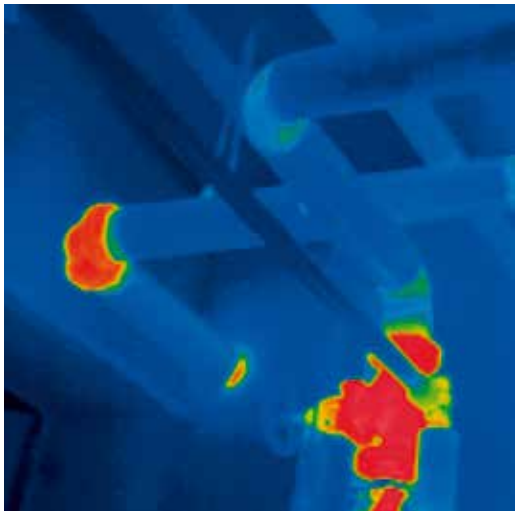
Der Energieverbrauch von Heizungsanlagen kann durch eine entsprechende Steuerung und Regelung des Systems erheblich reduziert werden. Die Begriffe »Steuerung und Regelung« seien an dieser Stelle kurz präzisiert.

Unter Steuerung der Anlage versteht man das Ein- bzw. Ausschalten der Anlage unter Berücksichtigung bestimmter Kriterien wie Außentemperatur oder Uhrzeit. Bei der Regelung einer Anlage hingegen werden die zu regelnden Werte ständig erfasst (= IST-Wert) und mit dem SOLL-Wert verglichen. Die Anlage ist dann bestrebt, den IST-Wert mit dem SOLL-Wert in Deckung zu bringen. So wird beispielsweise die Vorlauftemperatur in Abhängigkeit von der Außentemperatur geregelt – dies wird im Fachjargon auch als gleitende oder modulierende Betriebsweise eines Kessels mit Hilfe einer sog. Heizkurve bezeichnet. Die Regelung der Raumtemperatur erfolgt über die an den Heizkörpern installierten Thermostatventile, auf die unter Punkt 8.7 noch eingegangen wird. Moderne Regelungen können mehrere Wärmeerzeuger mit Vorrangschaltungen steuern und dadurch Verluste einer Anlage minimieren.

8.5 Brauchwassererwärmung

Bei der Brauchwassererwärmung wird zwischen dezentralen und zentralen Warmwasserbereitungsanlagen unterschieden. Bei zentralen Warmwasserbereitungsanlagen erfolgt die Bereitstellung des erwärmten Brauchwassers in der Regel über einen Warmwasserspeicher, der an die zentrale Heizungsanlage angeschlossen ist. Auf Grund der Gefahr der Verkeimung des Wassers (insbesondere Legionellen) kommen inzwischen bei zentralen Warmwasserbereitungsanlagen vermehrt Durchflusserwärmer zum Einsatz, bei denen das Brauchwasser erst dann über einen Wärmetauscher erwärmt wird, wenn es auch benötigt wird.

Als dezentrale Warmwasserbereitungsanlagen kommen unterschiedliche Systeme zum Einsatz. In erster Linie handelt es sich hierbei um Elektroboiler oder Durchlauferhitzer, die unmittelbar an der Zapfstelle installiert sind. Dezentrale Warmwassererzeuger bieten sich jedoch nur dann an, wenn die Anzahl der Warmwasser-Zapfstellen stark reduziert ist sowie die Entnahmemengen klein sind und daher ein eigenes Warmwasser-Leitungsnetz nicht installiert werden soll. In herkömmlichen Wohngebäuden bzw. in Denkmälern, die als Wohngebäude genutzt werden, sollte auf dezentrale, insbesondere auf elektrisch betriebene Warmwassererzeuger, verzichtet werden.



Fehlstellen in der Dämmung von Rohrleitungen und daraus resultierende Wärmeverluste

8.6 Wärmeverteilung

Bei den vorgenannten Heizungs- und Warmwassersystemen wurden der Energieverbrauch und die CO_2-Emissionen durch den technischen Fortschritt immer weiter reduziert. Eine ganz wesentliche Rolle bei der Reduzierung der Energieverluste stellt auch die Wärmeverteilung bei zentralen Heizungs- und Warmwasseranlagen im Gebäude dar. Im Folgenden werden einige Punkte dargestellt, die zur Reduzierung der Wärmeverluste und damit auch zur Reduzierung des Energieverbrauchs beitragen.

8.6.1 Wärmedämmung der Rohrleitungen

Die Heizungs- und Warmwasserleitungen in einem Gebäude müssen dort, wo sie durch Kaltbereiche (unbeheizte Bereiche, z. B. Kellerräume) geführt werden, ausreichend wärmegedämmt sein. Die Dicke der Wärmedämmung sollte mindestens dem Durchmesser der Rohrleitung entsprechen. Genauere Werte zur Stärke der notwendigen Dämmung in Abhängigkeit vom jeweiligen Rohrdurchmesser finden sich auch in der EnEV 2013. Außerdem ist zu beachten, dass die Dämmung ohne Unterbrechungen ausgeführt ist. Fehlstellen bei Pumpen, Krümmungen oder Absperrschiebern sind mit hohen Wärmeverlusten verbunden und nach EnEV 2013 bei Neuinstallationen mit Formteilen zu dämmen.

8.6.2 Hydraulik des Leitungsnetzes

Grundvoraussetzung für eine gute Hydraulik im Leitungsnetz ist eine möglichst druckverlustarme Konzeption des Netzes. Die Leitungswege sollten so kurz wie möglich sein. Außerdem sollte die Anzahl der Krümmungen oder Knicke so weit wie möglich reduziert werden.

Ganz wesentlich – und nach EnEV 2013 auch vorgeschrieben – ist auch die richtige Auslegung der Zirkulationspumpe sowie der hydraulische Abgleich des Leitungsnetzes. Durch den hydraulischen Abgleich des Heizungsnetzes wird sichergestellt, dass bei jeder Heizfläche genau der hierfür vorgesehene Massenstrom an Heizwasser zur Verfügung steht. Unabhängig davon, ob sich die Heizungsanlage im Anfahr- oder Voll-

lastbetrieb befindet oder ob ein Verbraucher im Leitungsnetz stark gedrosselt wird, müssen alle Heizflächen gleichmäßig warm werden und es dürfen keine störenden Geräusche (z. B. Rauschen) im Leitungsnetz auftreten. Bei einem derart hydraulisch abgeglichenen Leitungsnetz ist auch der Stromverbrauch der Umwälzpumpe am niedrigsten.

8.6.3 Steuerung der Pumpen

Neben der Umwälzpumpe für das Heizungsnetz, auf die im vorangegangenen Absatz bereits eingegangen wurde, ist in der Regel auch eine Zirkulationspumpe für die zentrale Warmwasserverteilung installiert. Generell ist bei Pumpen grundsätzlich auch darauf zu achten, dass die Pumpenleistung richtig eingestellt ist und der Strombedarf somit in Grenzen gehalten wird.

In der EnEV ist bereits vorgeschrieben, dass Zirkulationspumpen für die Warmwasserverteilung mit einer Zeitschaltuhr ausgestattet sein müssen. Ziel ist es, solche Pumpen dann auszuschalten, wenn vermutlich kein warmes Wasser benötigt wird (z. B. nachts). Durch eine derartige Abschaltung kann nicht nur der Stromverbrauch der Pumpe stark reduziert werden. Durch die Zirkulation des warmen Brauchwassers im Leitungsnetz kühlt sich das Wasser ab und muss dann wieder erwärmt werden. Wird der Zirkulationsvorgang zeitlich gesteuert, wird auch der Energieverbrauch hinsichtlich der Wiedererwärmung des Brauchwassers reduziert.

8.6.4 Temperaturspreizung

Das im Heizkessel erwärmte Heizungswasser gelangt mit einer bestimmten Vorlauftemperatur in das Leitungsnetz. An den Heizflächen (z. B. Heizkörper) wird die Wärme abgegeben, das Heizungswasser kühlt sich auf eine bestimmte Temperatur ab und gelangt über den Rücklauf zurück zum Heizkessel.

Die Erhöhung der Temperatur am Heizkessel und die Absenkung an den Heizflächen wird als Temperaturspreizung bezeichnet, die auch ein Maß für die Effizienz des Wärmetransportes ist. Die optimale Temperaturspreizung liegt zwischen 15 ° und 20 °C. Bei Niedertemperatursystemen wie Fußboden- oder Wandheizungen, die ohnehin mit einer niedrigeren Vorlauftemperatur betrieben werden, liegt die optimale Temperaturspreizung bei ca. 10 °C.

8.7 Wärmeübergabe

Unter Wärmeübergabe versteht man ganz allgemein die Übergabe der Wärme von einer Wärmequelle (z. B. Heizkörper) an die Umgebung (Raumluft). Dies geschieht über Konvektion und Wärmestrahlung. Bei der Konvektion wird die Raumluft am oder im Heizkörper erwärmt, steigt nach oben, kühlt dann wieder ab und wird dem Heizkörper von unten wieder zugeführt. Es handelt sich also um einen Zirkulationsvorgang der Raumluft, bei dem der Heizkörper vergleichsweise den »Motor« darstellt. Wichtig ist dabei, dass der Heizkörper nicht abgedeckt oder verbaut wird und es damit letztendlich zu einer Störung des Konvektionsvorganges kommt. Als Nachteil der Konvektion ist die damit einhergehende Staubaufwirbelung in Räumen zu sehen, die besonders ausgeprägt ist, wenn Heizkörper mit einer hohen Temperatur betrieben werden. Nicht selten sind in Bestandsgebäuden entsprechende Verschmutzungen von Wand- und Deckenflächen in unmittelbarer Nähe von Kompaktheizflächen anzutreffen.

Während bei den **Kompaktheizflächen** die Erwärmung der Raumluft im Wesentlichen über den eben beschriebenen Konvektionsvorgang stattfindet, ist bei Flächenheizungen die Strahlungswärme ausschlaggebend. Strahlungswärme, so z. B. die Sonnenstrahlung oder die Strahlungswärme eines Kachelofens, wird vom Menschen stets als behaglich empfunden. Dementsprechend stellt die Flächenheizung eine hinsichtlich der Behaglichkeit sehr vorteilhafte Art der Raumerwärmung dar (siehe hierzu auch Kapitel 5 »Grundlagen der Wärmedämmung und des Raumklimas«). Werden alle den Raum umschließenden Flächen auf einer Temperatur von ca. 20 °C gehalten, stellt sich das Gefühl der Behaglichkeit auch dann ein, wenn die Raumlufttemperatur etwas niedriger ist.

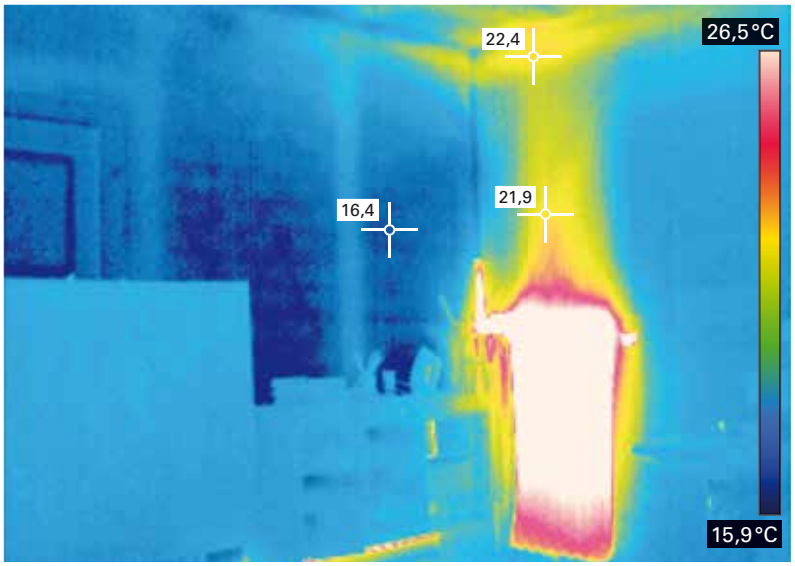
Verschmutzungen an einer Wandfläche als Folge der mit der Konvektion verbundenen Staubaufwirbelung.

Gerade bei denkmalgeschützten Gebäuden stellt die Flächenheizung eine sehr gute Möglichkeit dar, die Räume so zu beheizen, dass sich den Nutzern ein angenehmes Raumklima bietet. Voraussetzung ist natürlich, dass die Ausstattung der Räume, so z. B. die Wandoberflächen, die Installation von **Flächenheizungen** gestattet.

Ist die Installation von Flächenheizungen an den Wänden nicht möglich, können als Alternative zu den »herkömmlichen« Konvektionsheizkörpern auch **Sockelleistenheizungen** installiert werden. Die Wärmeübergabe findet zwar auch hier durch Konvektion statt. Im Gegensatz zu den Kompaktheizflächen konzentriert sich die Wärmeübergabe aber nicht auf kleinere Wandabschnitte, an denen sich Heizflächen befinden. Der Konvektionsvorgang erfolgt über die gesamte Wandlänge, an der die Sockelleistenheizung installiert ist. Dadurch bildet sich ein gleichmäßiger Warmluftschleier vor der Wand, der die Wandoberflächen erwärmt. Dies steigert den bereits oben genannten Effekt der Behaglichkeit.

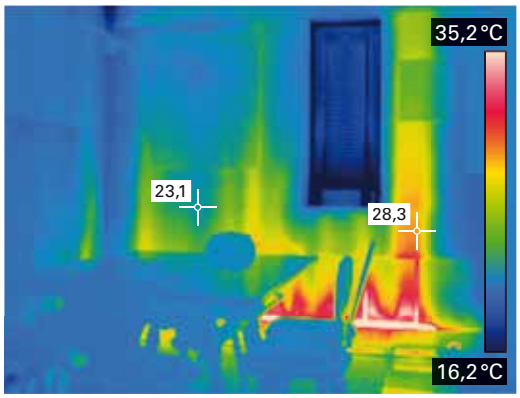
Bereits im Absatz 8.4 »Steuerung und Regelung der Heizungsanlage« wurden die Thermostatventile bei den Heizkörpern kurz erwähnt. Mit Thermostatventilen wird die Durchströmung des Heizkörpers mit Heizungswasser in Abhängigkeit von der Raumtemperatur geregelt. Mit Hilfe des Thermostatventils kann die gewünschte Raumtemperatur festgelegt werden. Ist die »Soll-Größe« der Raumtemperatur erreicht, schließt das Ventil und der Heizkörper kühlt ab. Registriert der Thermostat ein Abkühlen des Raumes, öffnet das Ventil und der Heizkörper wird wieder erwärmt. Im Bestand sind häufig auch noch einfache Ventile anzutreffen, bei denen keine Regelung über die Raumtemperatur erfolgt. Bei Neuinstallationen dürfen solche (alten) Ventile nicht mehr eingesetzt werden. Eine verbesserte Regelung der Raumtemperatur kann mit Raumthermostaten erreicht werden.

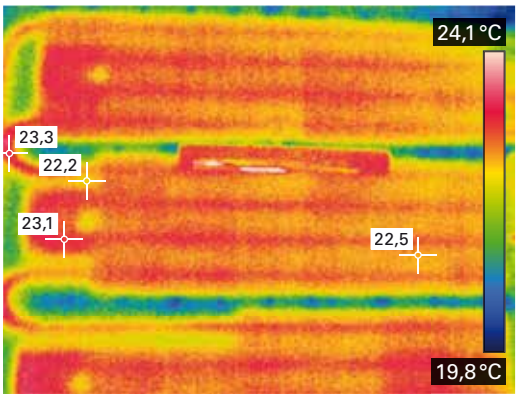
Wärmebildaufnahme des Konvektionsvorgangs bei einem Heizkörper



Der Vorgang der Wärmeübergabe ist in den nachfolgenden Wärmebildaufnahmen verdeutlicht:

Bei der links abgebildeten Wärmebildaufnahme ist der Konvektionsvorgang bei einem Heizkörper sehr deutlich zu erkennen. Während die Wandflächen seitlich neben dem Heizkörper Oberflächentemperaturen zwischen rund 16 ° und 18 °C aufweisen, erhöht sich die Oberflächentemperatur der Wand und der Decke direkt über dem Heizkörper auf ca. 22 °C. Die mit dem Konvektionsvorgang oftmals einhergehenden Verschmutzungen von Wand- oder Deckenflächen sind in der Abbildung oben zu erkennen.





Links: Wärmebildaufnahme einer Sockelleistenheizung Rechts: Ausschnitt aus einer Wandheizung als »Trockensystem«. Die Oberflächentemperatur der Wand beträgt im Mittel ca. 22,5 °C. Lediglich Montagehölzer sind als »kältere« Bereiche ablesbar.

Links: Sockelleistenheizung als Komplettsystem Rechts:Wandheizung bei der Montage

Sockelleistenheizung mit individueller Verkleidung der Heizelemente

Auch bei einer Sockelleistenheizung erfolgt die Wärmeübergabe durch Konvektion. Im Gegensatz zum einzelnen Heizkörper ist, wie an der oben abgebildeten Wärmebildaufnahme deutlich zu erkennen, der Konvektionsvorgang jedoch über eine größere Wandfläche verteilt. Sockelleistenheizungen können unterschiedlich gestaltet sein. Es besteht die Möglichkeit, Verkleidungen individuell zu gestalten oder auf fertige Systeme zurückzugreifen.

Bei Wandheizungen besteht die Möglichkeit, die Heizungsleitungen auf dem Putzträger zu montieren. Die Verkleidung der Heizung erfolgt dann mit dem Aufbringen des Innenputzes. Zunehmend werde auch sogenannte »Trockensysteme« eingesetzt. Dabei werden die Heizungsleitungen in vorgefertigten Dämmplatten (z. B. Holzweichfaserplatten mit Aluminiumverstärkung) montiert. Die Wandverkleidung erfolgt dann beispielsweise mit Gipskartonbauplatten.

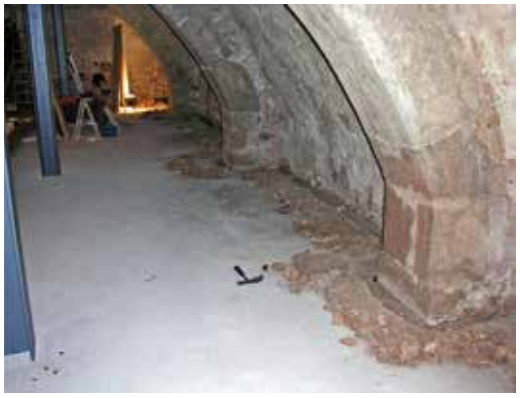
8.8 Temperierung

Oftmals wird die Bauteiltemperierung mit der Beheizung von Räumen verwechselt. Anders als bei der Beheizung von Räumen wird mit Hilfe der Temperierung ein kleiner Bereich eines Bauteils erwärmt, z. B. der Sockelbereich einer Außenwand. Hierfür wird eine Heizungsleitung, die mit einer niedrigen Vorlauftemperatur betrieben wird, in das entsprechende Bauteil eingesetzt (z. B. in den Innenputz der Außenwand).

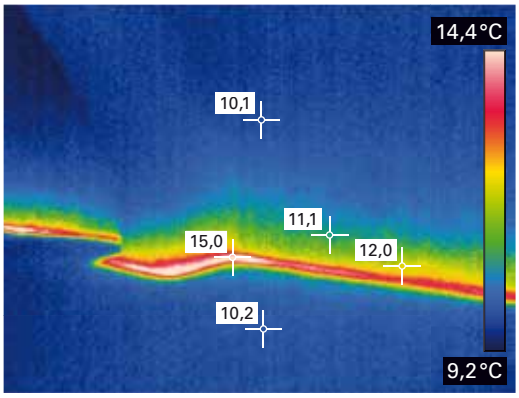
Die Bauteiltemperierung wird eingesetzt, um Bauteile zu trocknen oder um die Gefahr der oberflächlichen Kondensatbildung, z. B. bei Auflagern von Holzbalkendecken auf das Mauerwerk, zu reduzieren. Wie oben bereits erwähnt, ersetzt eine solche Bauteiltemperierung nicht die Heizung für einen Raum.

Die Abbildungen unten zeigen den Einbau einer Temperierung im Sockelbereich eines Kellergewölbes sowie den Einfluss auf die Oberflächentemperaturen nach Inbetriebnahme der Temperierung.

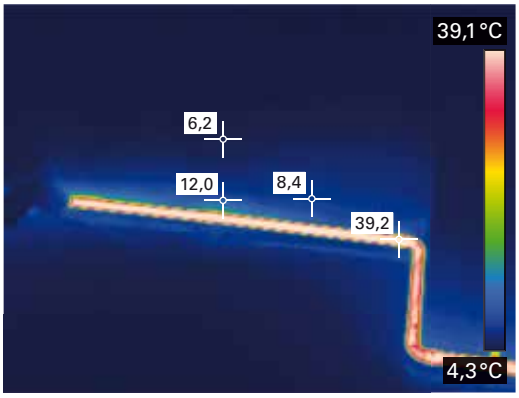
Oftmals werden Heizungsleitungen zur Temperierung auch nur auf Oberflächen angebracht. Die Temperaturabgabe an das zu temperierende Bauteil findet dann aber auf Grund fehlender oder unzureichender Kontaktflächen unter Umständen nicht im gewünschten Umfang statt. Die Abbildung links unten zeigt eine Einbausituation, die der nebenstehenden Wärmebildaufnahme entspricht. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Oberflächentemperatur der Sockelsituation nur im unmittelbar an die Heizungsleitung angrenzenden Bereich erhöht ist. Schon ca. 20 cm über der Leitung sinkt die Oberflächentemperatur auf rund 7 °C ab.



Temperierung im Sockelbereich eines Kellergewölbes



An der Oberfläche angebrachte Heizungsleitung



8.9 Lüftungsanlagen

Mit der Verschärfung der Vorschriften hinsichtlich des Wärmeschutzes von Gebäuden wurden auch die Auflagen an die Luftdichtigkeit der Gebäudehülle erhöht. Das Resultat ist, auch im nicht denkmalgeschützten Gebäudebestand, dass der für ein gesundes und angenehmes Raumklima notwendige Luftwechsel oft nicht mehr gewährleistet ist, die Raumluft häufig zu feucht ist und Probleme mit Schimmelbildung bei Wärmebrücken auftreten.

In der EnEV wird bei »freier Lüftung« (= Fensterlüftung) der Wert für die Luftwechselrate mit 0,7 h-1 rechnerisch erfasst. Wird das Gebäude einer Dichtheitsprüfung unterzogen, darf der Wert ggf. auf 0,6 h-1 reduziert werden. Das bedeutet, dass (rechnerisch) 70 % bzw. 60 % der Raumluft in einer Stunde ausgetauscht werden.

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es sich bei den oben genannten Werten um den Luftwechsel handelt, der beim Bilanzierungsverfahren gemäß EnEV dafür herangezogen wird, um die rechnerischen Lüftungswärmeverluste zu ermitteln.

Welcher Luftwechsel tatsächlich in einem Gebäude stattfindet und welche tatsächlichen Lüftungswärmeverluste auftreten, ist letztendlich durch das Nutzerverhalten bestimmt. Selbstverständlich ist in Räumen mit einer hohen Luftfeuchtigkeit (Bad, Küche) auch eine hohe Luftwechselrate notwendig. Diese ist im Rahmen eines Lüftungskonzeptes nachzuweisen. Im Regelwerk der DIN 1946 Teil 6 sind die Bedingungen für Raumhygiene und Prävention des Schimmelrisikos enthalten. Abhilfe kann durch ein effektives Lüftungskonzept nach dem Planungsleitfaden vorgenannter DIN geplant und nachgewiesen werden.

Natürlich ist es auch bei der Instandsetzung von historischen Gebäuden sehr wichtig, die Gefahr der Bauschäden in Folge von unzureichender Lüftung zu vermeiden. Wie auch bei den Heizungsanlagen wird hier zwischen zentralen und dezentralen Lüftungsanlagen unterschieden. Des Weiteren gibt es die Option, Lüftungsanlagen mit einer Wärmerückgewinnung auszustatten. Eine solche Wärmerückgewinnung gewinnt als Energieeinsparpotential zunehmend an Bedeutung.

Funktionsweise der zentralen Lüftungsanlage:
Bei der zentralen Lüftungsanlage befindet sich das Lüftungsgerät an einem zentralen Ort im Gebäude. Von dort aus verlaufen Zu- und Abluftleitungen in die zu versorgenden Räume. Aus den Räumen wird dann die Luft abgesaugt, wodurch ein Unterdruck im Gebäude entsteht. Dieser Unterdruck bewirkt, eine entsprechende Dichtigkeit der Gebäudehülle vorausgesetzt, dass durch die Zuluftleitungen frische Luft in die Räume gelangt. Ist die Lüftungsanlage mit einer Wärmerückgewinnung ausgestattet, durchströmen die warme Abluft und die kalte Zuluft einen Wärmetauscher. Dies bewirkt, dass die frische Zuluft entsprechend vorgewärmt und dadurch Lüftungswärmeverluste reduziert werden.

Funktionsweise der dezentralen Lüftungsanlage:
Ist die Installation einer zentralen Lüftungsanlage nicht realisierbar, z. B. weil keine Lüftungskanäle verlegt werden können, besteht die Möglichkeit, für die mechanische Belüftung von Räumen Einzelgeräte zu installieren. In der Regel werden dazu Öffnungen in der Außenwand erstellt und die Lüftungsgeräte dort eingebaut. Auch hier besteht die Möglichkeit der Wärmerückgewinnung. Die warme Raumluft wird während eines bestimmten Zeitintervalls von innen nach außen geblasen und dabei ein Speicherkern erwärmt. Dann wird der Luftstrom gedreht und die kalte Außenluft über den Speicherkern nach innen geführt. Dadurch erfolgt die Anwärmung der frischen Zuluft.

Der Vorteil derartiger Anlagen besteht darin, dass keine Lüftungskanäle verlegt werden müssen und sich die Installation dementsprechend einfacher darstellt. Als Nachteil ist zu sehen, dass, um die erforderliche Lüftungsleistung zu erzielen, eine verhältnismäßig große Zahl an Lüftungsgeräten installiert werden muss, also auch eine entsprechend große Anzahl von Wanddurchbrüchen benötigt wird. Ebenso kann sich durch die angebrachten Lüftungsgeräte eine optische Beeinträchtigung des Gebäudes ergeben. Ob dies aus denkmalpflegerischer Sicht vertretbar ist, ist im Einzelfall genau zu prüfen. Als weiterer Nachteil ist der diesbezügliche Strombedarf zu sehen, der bedingt durch zahlreiche Einzelgeräte höher ist, als bei zentralen Lüftungsanlagen.

Selbstverständlich existieren auch kombinierte Lüftungsanlagen, beispielsweise mit dezentralen Zuluftöffnungen in den Außenwänden und einer zentralen Abluftführung, z. B. über einen stillgelegten Kamin. Bei derartigen Lüftungsanlagen ist jedoch keine Wärmerückgewinnung möglich. Auch hier gilt, dass die Vertretbarkeit der in diesem Zusammenhang benötigten Wanddurchbrüche und Veränderungen am Erscheinungsbild des Gebäudes aus denkmalpflegerischer Sicht genau zu prüfen sind.

Um die Gefahr der Schimmelbildung zu minimieren, ein angenehmes und gesundes Raumklima zu erzielen und gleichzeitig die Lüftungswärmeverluste zu reduzieren, ist der Einsatz von Lüftungsanlagen in denkmalgeschützten Gebäuden, gerade wenn die Dichtigkeit der Gebäudehülle (z. B. durch neue Fenster) erhöht wird, in Erwägung zu ziehen. Man sollte hier jedoch auch immer den Gesamtenergiebedarf (Strom!) der Anlagen betrachten. Bei zentralen Lüftungsanlagen sei auch auf eine eventuelle Verunreinigung der Lüftungsleitungen hingewiesen. Selbstverständlich werden bei solchen Anlagen die Zu- und Abluftöffnungen in der Regel mit entsprechenden Filtern ausgestattet, die gewartet werden müssen. Allerdings sind sicher jedem Planer die erschreckenden Bilder von nicht gewarteten verunreinigten Badlüftern im Bewusstsein.

8.10 Ausblick

Die Möglichkeiten der Energieeinsparung wurden in den vergangenen Jahren durch effektive Gebäudetechnik ständig ausgeweitet. Dies bedeutet auch für den Denkmalschutz einen großen Fortschritt. Sind die Verbesserungsmöglichkeiten hinsichtlich des Wärmeschutzes bei den Außenbauteilen eingeschränkt, so bleibt zumindest die Option, auch in einem Denkmal ein angenehmes, behagliches und gesundes Raumklima durch eine gut konzipierte Gebäudetechnik zu schaffen und gleichzeitig die Energieverluste in Grenzen zu halten. Gegenwärtig ist der Einsatz regenerativer Energien bei Denkmälern, beispielsweise mit den thermischen Solaranlagen, zum Teil nur eingeschränkt möglich. Es ist allerdings davon auszugehen, dass mit der Weiterentwicklung der Technologien auch der Einsatz dieser regenerativen Energien bei Denkmälern noch ausgeweitet wird.

Innenraum eines modernisierten historischen Gebäudes. Durch einen behutsamen Eingriff können Raumstrukturen und Oberflächen auch im Zuge der energetischen Modernisierung erhalten bleiben.

9 Planung und Instandsetzung unter Berücksichtigung der Denkmalpflege

9.1 Vorbemerkung

Die Schlagwörter »Nachhaltigkeit« und »Wirtschaftlichkeit« haben in den letzten Jahren im Zusammenhang mit dem Begriff der »energetischen Sanierung« einen besonderen Stellenwert im Vokabular der Bauwelt erlangt. Bevor Beispiele für die Verbesserung der Wärmedämmeigenschaften verschiedener Bauteile aufgezeigt und bewertet werden, sollen die Aspekte »Nachhaltigkeit« und »Wirtschaftlichkeit« an dieser Stelle kurz kritisch beleuchtet werden.

Bei der »energetischen Sanierung« von Gebäuden werden in der Regel die vorhandenen Bauteile mit einer (zusätzlichen) Wärmedämmung versehen und dadurch die Wärmeverluste durch diese Bauteile reduziert. Im Zuge der Energieberatung erfolgt dabei im Allgemeinen die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen unter Berücksichtigung der Energieeinsparungen, der Energiepreissteigerungen und der mit der Modernisierung verbundenen finanziellen Aufwendungen. Herausgestellt wird dann auch oft die Reduzierung der CO_2-Emissionen. Gänzlich vernachlässigt werden hier allerdings derzeit noch die CO_2-Emissionen, die in Verbindung mit der Herstellung, dem Transport und dem Einbau/der Montage der Dämmstoffe zu sehen sind. Ebenfalls vernachlässigt werden die Kosten und die CO_2-Emissionen, die zu einem späteren Zeitpunkt mit der Entsorgung der heute eingebauten Dämmstoffe verbunden sind.

Der Begriff »Nachhaltigkeit« wird 1713 von Hans Carl von Carlowitz in seinem Werk »Sylvicultura oeconomica« erstmals thematisiert. Er mahnt dabei an, nur so viel Holz zu schlagen, wie auch nachwachsen kann. Will man den Begriff der »Nachhaltigkeit« im ursprünglichen Sinn ernst nehmen, sind bei Modernisierungsmaßnahmen auch die oben genannten Aspekte zu beachten.

Ein weiterer Aspekt ist die Dauerhaftigkeit der zur Verwendung kommenden Baustoffe. Durch die ständigen Weiterentwicklungen in diesem Bereich steht uns heute eine große Vielfalt an Bau- und Dämmstoffen zur Verfügung. Hinsichtlich der Haltbarkeit dieser Bau- und Dämmstoffe fehlen uns allerdings häufig Anhaltswerte.

Manche Werkstoffe in Baudenkmälern (z. B. Lehmstakungen, Strohlehm, etc.) haben Jahrhunderte oft unbeschadet überdauert und erfüllen auch heute noch ihre Eigenschaften als »Dämmstoffe« . Stellt man dem die in den 1960er Jahren eingebauten Dämmstoffe (z. B. Wärmedämmungen aus Mineral- oder Glaswolle in den Dachschrägen) gegenüber, die heute häufig unbrauchbar sind und aufwändig entsorgt werden müssen, gewinnt der Begriff »Dauerhaftigkeit« eine neue Bedeutung. Dies soll keinesfalls die neu entwickelten und heute verwendeten Dämmstoffe hinsichtlich ihrer Qualität herabstufen. Vielmehr soll es als Appell an den Eigentümer eines Denkmals sowie an den Planer verstanden sein, der Modernisierungsmöglichkeiten untersucht, die Art und den Einsatzort von (neuen) Werkstoffen zu überdenken.

Viele Energieberater und Planer versuchen heute, die U-Werte von Außenbauteilen durch extreme Dämmstärken zu reduzieren. Als Maßstab wird hier nicht nur die EnEV, sondern auch der Passivhaus-Standard herangezogen. Bei Denkmälern sollte in diesem Zusammenhang besonders darauf geachtet werden, dass durch entsprechende Modernisierungsmaßnahmen das bauphysikalische Verhalten der Bauteile, das über Jahrhunderte funktioniert hat, nicht unter diesen Maßnahmen leidet und im schlimmsten Fall die Bauteile geschädigt oder sogar zerstört werden. Die Kenngrößen U-Wert, Transmissionswärmeverlust H_T' und Primärenergiebedarf Q_P'' sind zwar wichtig, aber bei Baudenkmälern nicht das »Nonplusultra« .

Historische Wandbemalung

9.2 Grundlegende bauphysikalische und konstruktive Gesichtspunkte bei der Modernisierung

Wie bereits oben dargestellt, erfolgt die »energetische Verbesserung« von Bauteilen bei Gebäuden in der Regel durch den Einbau einer zusätzlichen Wärmedämmung. Unabhängig davon, ob es sich um ein Baudenkmal oder ein neueres Gebäude handelt, sind bei der Erarbeitung und Planung von »energetischen Verbesserungen« neben der reinen Betrachtung des U-Wertes noch weitere bauphysikalische Punkte zu beachten, die bereits im Kapitel 5 »Grundlagen der Wärmedämmung und des Raumklimas« behandelt wurden.

9.2.1 Feuchteschutz – Tauwasser

Durch den Einbau einer zusätzlichen Wärmedämmung bei einem Außenbauteil ändert sich neben dem Umfang des Wärmedurchgangs auch der Feuchtehaushalt in diesem Bauteil. Bereits im Kapitel 5 »Grundlagen der Wärmedämmung und des Raumklimas« wurde der Effekt der Tauwasserbildung unter Berücksichtigung der Diffusionsdichtigkeit und der Kapillaraktivität von Baustoffen dargestellt.

Bei der Planung von Modernisierungen sind grundsätzlich Nachweise zu führen, ob die neue Konstruktion hinsichtlich der zu erwartenden Tauwasser- und Verdunstungsmenge zulässig ist. Außerdem ist bereits im Zuge der Planung sorgfältig zu prüfen, ob der Einbau von Dichtebenen, z. B. Folien als »Dampfbremsen«, zur Reduzierung des Feuchteeintrags in eine Konstruktion durch Diffusion, möglich oder sinnvoll ist. Hierbei ist besonders zu beachten, ob solche Dichtebenen überhaupt diffusionshemmend oder diffusionsdicht an angrenzende Bauteile wie Decken, einbindende Innenwände oder Durchdringungen angeschlossen werden können. In gleicher Weise sind Anschlüsse an Installationsleitungen (Rohrleitungen, Steckdosen, Kabel etc.) zu prüfen.

In der DIN 4108-3:2001-07 wird im Abschnitt 4 ausführlich auf den »Tauwasserschutz«, insbesondere auf die »Kritische Oberflächenfeuchte von Bauteilen« (Abschnitt 4.1) sowie auf die »Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen« (Abschnitt 4.2) eingegangen. Sowohl die Anforderungen als auch die Berechnungsverfahren sind in dieser Norm ausführlich beschrieben. Wie bereits im Kapitel 5 »Grundlagen der Wärmedämmung und des Raumklimas« erwähnt, gilt es, solche Nachweise zu führen und damit

- die Menge des anfallenden Tauwassers gering (unter dem in der Norm oder den allgemein anerkannten Regeln der Technik, z. B. WTA-Merkblätter, definierten Grenzwert) zu halten und
- zu gewährleisten, dass in der Verdunstungsperiode das angefallene Tauwasser wieder vollständig aus dem Bauteil abgeführt wird.

Neben den oben genannten Rechenmethoden gibt es inzwischen auch Nachweisverfahren, bei denen sowohl die Kapillarleitung als auch regionale Klimadaten beim Nachweis der Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen berücksichtigt werden (siehe hierzu auch Kapitel 5 »Grundlagen der Wärmedämmung und des Raumklimas«).

Als Planer ist man dazu verpflichtet, die »allgemein anerkannten Regeln der Technik« einzuhalten. Vor diesem Hintergrund ist im Zuge der Planung genau zu prüfen, mit welchen Berechnungsverfahren die Tauwasserbildung und das Austrocknungsverhalten in einem Wandquerschnitt nachgewiesen wird. Auch wenn in der DIN 4108-3 der kapillare Feuchtetransport nicht berücksichtigt wird, sollte dieser Aspekt bei der Planung nicht vernachlässigt werden.

9.2.2 Feuchteschutz – Schlagregen

Eine weitere Feuchtigkeitsbeanspruchung stellt Schlagregen dar. In der DIN 4108-3:2001-07 wird im Abschnitt 5 auf den Schlagregenschutz von Wänden eingegangen. Im Abschnitt 5.1 wird hierzu folgendes beschrieben:

»Schlagregenbeanspruchungen von Wänden entstehen bei Regen und gleichzeitiger Windanströmung auf die Fassade. Das auftreffende Regenwasser kann durch kapillare Saugwirkung der Oberfläche in die Wand aufgenommen werden oder infolge des Staudrucks z. B. über Risse, Spalten oder fehlerhafte Abdichtungen in die

Konstruktion eindringen. Die erforderliche Abgabe des aufgenommenen Wassers durch Verdunstung, z. B. über die Außenoberfläche, darf nicht unzulässig beeinträchtigt werden.

Der Schlagregenschutz einer Wand zur Begrenzung der kapillaren Wasseraufnahme und zur Sicherstellung der Verdunstungsmöglichkeiten kann durch konstruktive Maßnahmen (z. B. Außenwandbekleidung, Verblendmauerwerk, Schutzschichten im Inneren der Konstruktion) oder durch Putze bzw. Beschichtungen erzielt werden. Die zu treffenden Maßnahmen richten sich nach der Intensität der Schlagregenbeanspruchung, die durch Wind und Niederschlag sowie durch die örtliche Lage und die Gebäudeart bestimmt wird (siehe dazu Festlegungen zu den Beanspruchungsgruppen in 5.2 sowie Beispiele für die Zuordnung konstruktiver Ausführungen in 5.4).«

Gerade bei Fachwerkwänden stellt die Schlagregenbeanspruchung eine erhebliche Gefahr dar. Werden solche Wände mit einer Innendämmung versehen, kann das in den Wandquerschnitt eindringende Niederschlagswasser oft nicht mehr oder nur noch begrenzt durch den Wärmeeintritt aus dem Innenraum austrocknen. Eine länger anhaltende Durchfeuchtung mit Schädigung der Fachwerkhölzer ist die Folge. Diese Schädigung nimmt bei Anordnung einer diffusionshemmenden oder diffusionsdichten Schicht auf der Raumseite erheblich zu, da die Austrocknung nur noch in Richtung der Fassadenaußenfläche erfolgen kann.

Wird dann bei einer Instandsetzung der Fachwerkfassade auch noch hydrophob eingestellter Putz auf die Ausfachungen aufgetragen, wird der kapillare Wassertransport über die Putzfläche der Ausfachung unterbunden. Der Austrocknungsprozess findet dann beinahe nur noch über die Holzteile statt. Die Fachwerkhölzer nehmen dabei Feuchtigkeit über die meist nicht beschichteten Flanken auf der Seite zu den Ausfachungen auf. Diese Einwirkungen führen im Wechsel von Regen- und Trockenzeiten zu einem starken Quellen und Schwinden der Hölzer, wodurch sich die Anschlussfugen zum Mauerwerk und besonders zu den Putzflächen vergrößern. Die in die Fachwerkhölzer eingedrungene Feuchte muss über die Frontseite des Holzquerschnitts ausdiffundieren. Dies führt zu erheblichen Ablösungen der Beschichtung auf der Außenseite des Fachwerks (Fachwerkanstrich). So entsteht ein immer schneller werdender Kreislauf, der zu einer noch rascheren Zerstörung der Fachwerkfassade führt.

Auszug aus Nachweisen für die Dauer der Austrocknung einer Fachwerkfassade mit Innendämmung und hydrophobem Putz auf den Ausfachungen

Annahmen: (Mittelwerte der Beanspruchung, keine Extremwerte)

- Niederschlagsmenge je m^2 Grundfläche $l/(m^2d)$: 30l
- Anteil des Schlagregens auf die Fassadenfläche: 26 %
- Auf die Fassade treffende Wassermenge je m^2 Fachwerkwand: 7,8 $kg/(m^2d)$
- Anteil der über die Anschlussfugen zwischen Holz und Ausfachung aufgenommenen Wassermenge der auf die Fassadenfläche treffenden Wassermenge: 60 %
- In den Wandquerschnitt einfließende Wassermenge: 4,68 $kg/(m^2d)$

Mit Labormessungen kann der Verdunstungswert (Menge der über den hydrophoben Außenputz transportierten Wassermenge = V-Wert) ermittelt werden.

Bei einem min. V-Wert von 0,13 $kg/(m^2d)$ beträgt die Dauer der Austrocknung: 36 Tage

Bei einem max. V-Wert von 0,40 $kg/(m^2d)$ beträgt die Dauer der Austrocknung: 11,7 Tage

Bei einer größeren Niederschlagsmenge mit 60l/(m^2d) und stärkerer Belastung der Fachwerkfassade können Austrocknungszeiten von 36 bis 60 Tagen entstehen.

Diese langen Zeiträume für die Austrocknung des Wandquerschnitts bereits bei einer mittleren Schlagregenbeanspruchung sollen nur die besondere Problematik der Innendämmung bei Fachwerkfassaden belegen.

9.2.3 Wärmebrücken – Feuchtigkeit an der Bauteiloberfläche

Schon im Kapitel 5 »Grundlagen der Wärmedämmung und des Raumklimas« wurde ausführlich auf die Thematik der Wärmebrücken sowie auf die Gefahr der Feuchte- oder Schimmelbildung an Bauteiloberflächen eingegangen. Die Arten von Wärmebrücken und die diesbezüglichen Gefahren sollen hier daher nicht nochmals dargestellt werden.

Im Zuge der Planung ist dieser Sachverhalt grundsätzlich genau zu prüfen. Gerade dann, wenn Bauteile mit zusätzlichen Dämmungen versehen werden oder wenn einzelne Bauteile durch einen Umbau energetisch verbessert werden (z. B. Fenster), können neue Wärmebrücken entstehen (z. B. Fensterlaibungen, Wand- und Deckenanschlüsse, Traufbereiche, etc.). Diese Wärmebrücken sind unbedingt hinsichtlich kritischer Oberflächentemperaturen nachzuweisen.

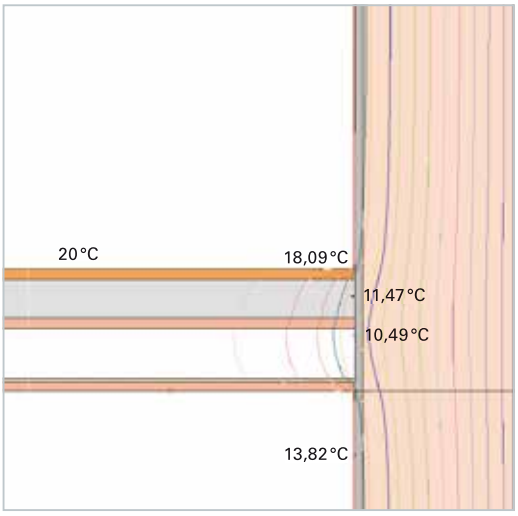
Besonders zu beachten sind in diesem Zusammenhang Holzbauteile, wie beispielsweise die Auflagersituation von Holzbalkendecken in Außenwänden. Gerade bei der Anbringung von Innendämmungen besteht die große Gefahr, dass es im Deckenbereich zu einem unzulässig hohen Kondensatanfall und zu einer Durchfeuchtung der Balkenköpfe kommt. Mittel- oder langfristige Schäden an den wesentlichen tragenden Bauteilen bis hin zum Substanzverlust können die Folge sein. Für derartige Anschlusssituationen sind grundsätzlich Nachweise mit Berücksichtigung des jeweiligen Deckenaufbaus vorzusehen. Eine Dämmung eventueller Hohlräume ist auch in den Regeln zur Innendämmung gemäß WTA-Merkblatt 6–4 vorgesehen.

Bei den unten aufgezeigten Beispielen ist der Nachweis für den Anschlussbereich einer Holzbalkendecke an eine Außenwand aus Vollziegelmauerwerk (Dicke 36,5 cm) geführt. Die Wand wird im Zuge der Modernisierung mit einer innen liegenden Dämmung (λ = 0,035 W/(mK), d = 8 cm) und Gipskarton-Bauplatten versehen. Der U-Wert der Wand ändert sich damit von 1,5 W/(m²K) auf 0,33 W/(m²K). Bei der Deckenbalkanlage wird für die Nachweise davon ausgegangen, dass sich auf den Fehlbodenbrettern eine trockene Splittschüttung befindet. Unterhalb der Fehlbodenbretter befindet sich ein Luftraum. Die Decke ist auf der Oberseite mit Holzdielen, auf der Unterseite mit einem Deckenputz ausgestattet (Gipsputz auf Schilfrohrmatten als Putzträger).

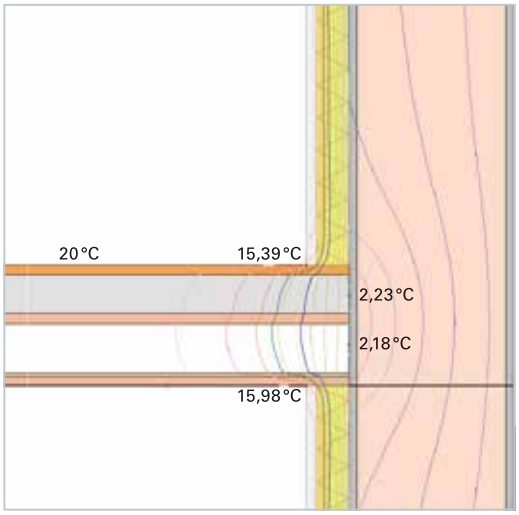
Hinsichtlich des Anschlusses der Innendämmung an den Deckenquerschnitt werden im konkreten Beispiel folgende Fälle unterschieden:

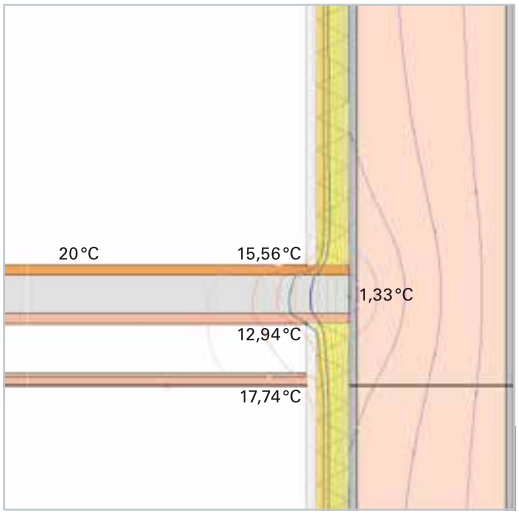
a) Die Innendämmung wird nur bis an den Deckenputz bzw. bis an den Bodenbelag geführt. Die Fehlbodenauffüllung sowie der Luftraum unter der Fehlbodenauffüllung bleiben von der Dämmmaßnahme unberührt.

b) Die Innendämmung wird bis in den Deckenhohlraum unter der Fehlbodenauffüllung geführt.



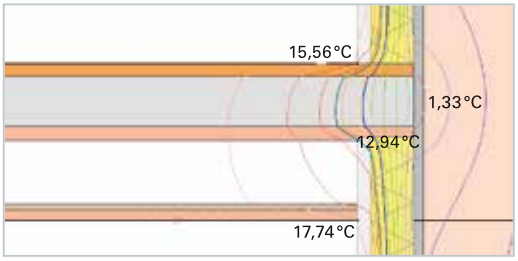
Ausgangssituation vor der Dämmung
Bedingt durch die Eigenschaften des Mauerwerks liegt die Oberflächentemperatur der Wand bei rund 13,8 °C. Im Bereich des Deckenanschlusses sinken die Oberflächentemperaturen auf Werte von ca. 10,5–11,5 °C ab. Bei einer Raumlufttemperatur von 20 °C und einer Raumluftfeuchte von 50 % besteht die Gefahr der Tauwasserbildung bei einer Oberflächentemperatur von 9,3 °C. Die Gefahr der Schimmelbildung ist bereits bei einer Oberflächentemperatur von 12,6 °C gegeben. Im konkreten Beispiel ist demnach zwar die Gefahr der Schimmelbildung gegeben, es ist jedoch noch nicht mit Kondensatbildung zu rechnen.



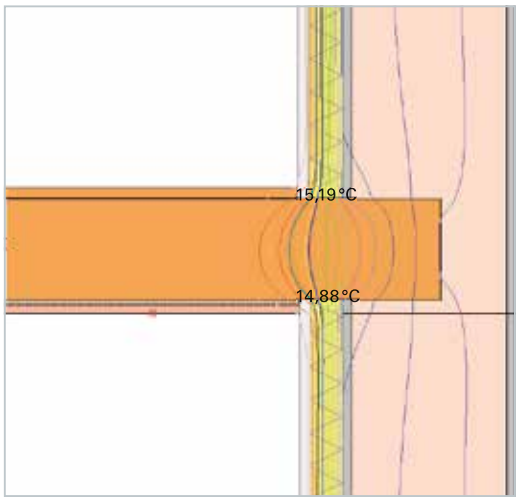


Modernisierungsvariante a)
Die Dämmung wird nur bis an den Deckenputz bzw. bis an den Bodenbelag herangeführt, während der Deckenquerschnitt nicht berücksichtigt wird. Durch die Verbesserung des Wandquerschnittes, d. h. durch die Reduzierung des Wärmeeintrages vom Innenraum in die Wand, sinken die Oberflächentemperaturen im Deckenquerschnitt extrem ab. Die Oberflächentemperaturen in der Splittschüttung sowie im Luftraum sinken auf Werte von ca. 2,2 °C. Unter Berücksichtigung der oben genannten Werte hinsichtlich der Schimmel- und Tauwasserbildung bei einer Raumlufttemperatur von 20 °C und einer Raumluftfeuchte von 50 % ist in diesen Bereichen mit Kondensatbildung zu rechnen. An den unmittelbaren Anschlussbereichen des Bodenbelags sowie des Deckenputzes an die Wandverkleidung liegen die Oberflächentemperaturen über 12,6 °C und damit außerhalb des hinsichtlich Schimmelbildung kritischen Bereichs.

Modernisierungsvariante b)
Die Dämmung wird von unten bis an die Fehlbodenbretterung bzw. von oben bis an den Bodenbelag herangeführt. Durch die Dämmung des Deckenhohlraumes sinkt die Oberflächentemperatur im Anschlussbereich Fehlbodenbretter – Wandverkleidung auf rund 13 °C ab. Im Bereich der ungedämmten Fehlbodenauffüllung hingegen ist ein Temperaturabfall auf rund 1,3 °C zu verzeichnen. Unter Berücksichtigung der oben genannten Werte hinsichtlich der Schimmel- und Tauwasserbildung bei einer Raumlufttemperatur von 20 °C und einer Raumluftfeuchte von 50 % ist bei diesem Beispiel in der Fehlbodenauffüllung mit Kondensatbildung zu rechnen. An den unmittelbaren Anschlussbereichen des Bodenbelags sowie des Deckenputzes an die Wandverkleidung liegen die Oberflächentemperaturen über 12,6 °C und damit außerhalb des hinsichtlich Schimmelbildung kritischen Bereichs.



Führt man die Dämmebene auch durch die Fehlbodenauffüllung, ergibt sich keine kritische Absenkung der Oberflächentemperatur. Die Oberflächentemperaturen im Bereich der Fehlbodenauffüllungen können sich auch dann anders darstellen, wenn es sich bei der Auffüllung um Baustoffe mit einer niedrigeren Wärmeleitfähigkeit handelt (z. B. Strohlehm). Auf eine gesonderte Darstellung der Wärmebrücke unter dem Ansatz anderer Baustoffe wird an dieser Stelle verzichtet. Wie bereits erwähnt, sollen in dieser Veröffentlichung keine Musterbeispiele dargestellt werden. Vielmehr soll auf die Notwendigkeit der individuellen Überprüfung von Anschlussdetails hingewiesen werden.

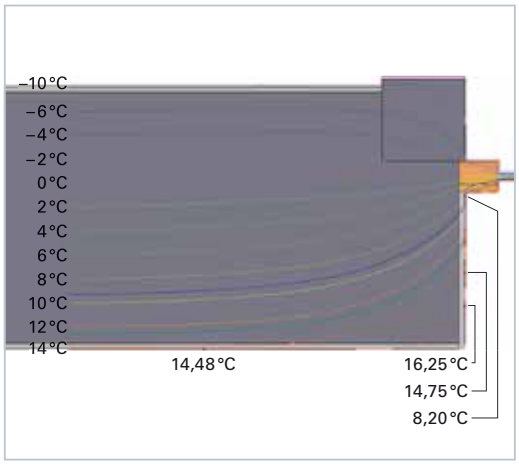


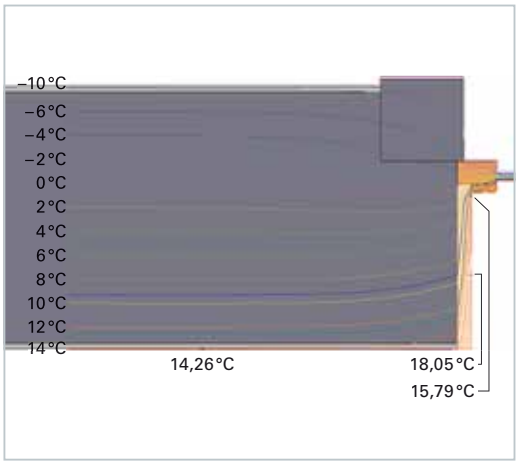
Direkter Anschlussbereich des Deckenbalkens
Zur Vervollständigung der Detailbetrachtung sei auch noch der direkte Anschlussbereich des Deckenbalkens dargestellt. Der in die Außenwand einbindende Deckenbalken verfügt über eine höhere Wärmeleitfähigkeit als die Innendämmung. Dadurch stellt der Deckenbalken eine Wärmebrücke dar. Im direkten Anschlussbereich der Dämmebene bzw. der Wandverkleidung an den Deckenbalken sinken die Oberflächentemperaturen daher auf Werte um ca. 15 °C ab. Nach den oben genannten kritischen Werten der Oberflächentemperatur besteht damit im direkten Anschlussbereich keine Gefahr der Tauwasser- oder Schimmelbildung. Allerdings ist die Anschlussfuge der Dämmung an den Deckenbalken besonders hinsichtlich der Dichtigkeit bzw. hinsichtlich des kapillaren Feuchtetransportes zu prüfen und zu planen, um Schäden durch Kondensatbildung an den Kontaktflächen zwischen Mauerwerk und Deckenbalken, bzw. zwischen Innendämmung und Deckenbalken, auszuschließen.

Auch beim Austausch von Fenstern sind, wie oben bereits erwähnt, die Auswirkungen auf **Fensterlaibungen**, Sturze und Sohlbänke von besonderer Bedeutung. Im nachfolgenden Beispiel wird eine ca. 67 cm starke Kalksteinwand mit neuen Fenstern ausgestattet. Auf der Außenseite befinden sich unverputzte und über die Fassadenfläche auskragende Gewände. Im ersten Fall wird die Laibung lediglich mit einer neuen 15 mm dicken Kalkputzschicht ausgestattet. Die Oberflächentemperaturen sinken dabei im Laibungsbereich auf kritische 8,2 °C ab. Hier besteht sowohl die Gefahr der Schimmel- als auch der Kondensatbildung. Wird die Laibung mit einer zusätzlichen Dämmung ausgestattet, im konkreten Fall 35 mm Calciumsilikat, sinken die Temperaturen lediglich auf einen unkritischen Bereich von ca. 15,8 °C.

Es ist zu beachten, dass es sich bei den oben dargestellten Berechnungen nicht um Musterlösungen handelt. Die aufgezeigten Temperaturverläufe sind ganz wesentlich von der Art des Bestands sowie von den vorgesehenen Modernisierungen abhängig. Darüber hinaus existieren neben den dargestellten Wärmebrücken an jedem Gebäude zahlreiche andere Punkte, bei denen Wärmebrücken vorliegen und bei denen ein Schadenspotential gegeben ist. Die Abbildungen oben zeigen jedoch, wie wichtig die jeweilige Einzelfallbetrachtung ist.

Links:
Fensteranschluss
ohne Laibungsdämmung
Rechts:
Fensteranschluss
mit Laibungsdämmung





9.2.4 Problematik von Wärmedämmverbundsystemen (WDVS)

Neben der besonderen Problematik hinsichtlich der Änderung des Erscheinungsbildes bei der Anbringung eines Wärmedämmverbundsystems bei einem Baudenkmal (siehe Kapitel 3 »Richtlinien zum Schutz des Baudenkmals«) ergeben sich bei Wärmedämmverbundsystemen auch zahlreiche andere kritische Aspekte.

Zunehmend ist zu beobachten, dass es bei Fassaden, die mit einem WDVS ausgestattet sind, zu einem biogenen Befall auf der Oberfläche der Fassadenbeschichtung kommen kann. Insbesondere Fassaden mit Wärmeverbundsystemen und Anstrichen mit organischen Bestandteilen können von mikrobiellen Besiedlungen befallen werden, was zu einer optischen Beeinträchtigung führt.

Die durch die Dämmung eintretenden geringeren Oberflächentemperaturen an der Fassadenoberfläche führen zu Tauwasserbildungen, besonders bei nächtlicher Unterkühlung und einer länger feucht bleibenden Oberfläche. Diese gesteigerten Wassermengen auf der Fassadenoberfläche führen zur Ansiedlung von Mikroorganismen auf der Oberfläche. Eine Zunahme der Besiedlung ist besonders an Fassadenbereichen mit unkontrollierten Wasserabläufen festzustellen. Besonders gefährdet sind Fassadenflächen mit geringer oder keiner Sonneneinstrahlung, da in diesen Bereichen der Prozess der Austrocknung nur sehr langsam erfolgen kann. Zusätzlich neigen Feuchtefilme an den Oberflächen von Fassaden zu einer rascheren Zunahme der Verschmutzung.
In dicht bebauten historischen Ortskernen und bei schützenswerten Fassaden von Baudenkmälern stellt ein fortschreitender Befall der Fassaden mit Mikroorganismen nicht nur einen gestalterischen Nachteil des Einzeldenkmals dar. Das gesamte Ortsbild/Ensemble leidet.

Für die o. g. Problematik des biogenen Befalls wurden inzwischen verschiedene Lösungsmöglichkeiten gefunden, die hier dargestellt und bewertet werden.

Algenbildung an der Oberfläche eines Wärmedämmverbundsystems.

Biozide:
Zur Verhinderung eines Befalls von Mikroorganismen auf der Fassade werden die Beschichtungen mit aktiv antimikrobiell wirkenden Stoffen ausgerüstet. Diese meist sehr giftigen Wirkstoffe sind in der Anwendung sehr problematisch. Zum einen sollten sie umweltfreundlich sein und zum anderen über einen möglichst langen Zeitraum wirksam bleiben.

Durch die erhöhte Feuchtebelastung der Fassade und einer kaum vorhandenen Wasserspeicherfähigkeit der Beschichtung führt die Bewitterung zu einer raschen Auswaschung der wasserlöslichen Wirkstoffe. Die Wirksamkeit der Biozide nimmt damit im Lauf der Zeit ab, die mikrobielle Besiedlung kann fortschreiten. Die Auswirkungen der ausgewaschenen Biozide im Grundwasser und in Fließgewässern stellen ein erhebliches zusätzliches Problem dar.

Hydrophobie:
Mit der hydrophoben Ausrüstung der Oberflächen wird die Wasseraufnahme der Beschichtungen vermindert oder ausgeschlossen. Damit nimmt die Feuchtebildung an der Oberfläche zu, da besonders kleine Kondensatwassertropfen wegen der geringen Größe nicht ablaufen.

Eine Steigerung dieses Effektes ist die »Ultrahydrophobie«, besser bekannt als »Lotus-Effekt«. Obwohl die Ausrüstung der Oberfläche zu einem sehr leichten Abrollen der Wassertropfen führen soll, bleiben selbst auf diesem Untergrund Kondensattropfen haften. Eine zunehmende Verschmutzung, bedingt durch den Feuchtefilm, reduziert rasch den hydrophoben Effekt der Oberfläche. Darüber hinaus besteht die Gefahr neuer Kapillare bei Rissbildungen. Also könnte daraus die Forderung nach einer hydrophilen Oberfläche auf den Dämmplatten abgeleitet werden.

Hydrophilie:
Bei der Hydrophilie soll das oberflächliche Kondensat kapillar vom Untergrund aufgenommen werden und damit die Entstehung eines Feuchtefilms als Nährboden für die Biobesiedlung verhindern. Im Regelfall wird dies bei Wärmedämmverbundsystemen kaum funktionieren, da die Schichtstärke der Beschichtung meist sehr gering ist und – bedingt durch den unterbundenen Wärmetransport aus der Wand zur Oberfläche der Fassade – die Beschichtung nur sehr langsam austrocknet. Bei einem feuchten oder gar gesättigten Untergrund können die Algen weiterhin ungehindert wachsen. Grundsätzlich ist jedoch eine mineralische Beschichtung der Dämmung mit einer stärkeren Schicht einer harzgebundenen Dünnschicht vorzuziehen.

Mit der Zunahme der Dämmschichtdicke nimmt bei Wärmedämmverbundsystemen die Gefahr der mikrobiellen Besiedlung der Fassadenoberfläche rasch zu. Es sind derzeit keine oder nur unzureichend erprobte Produkte verfügbar, die ohne Probleme annehmbare Erfolge erwarten lassen. Dies ist insbesondere im Zusammenhang mit eventuellen Haftungsfolgen für den Planer und die ausführenden Firmen zu beachten.

Neben dem biogenen Befall stellen auch die Aspekte der **Wasserführung** sowie der **thermischen Belastung** erhebliche Probleme bei Wärmedämmverbundsystemen dar.

Die relativ dünne Schutzschicht des Oberputzes bei einem Wärmedämmverbundsystem unterliegt zweifelsfrei einer extremen Wasserbeanspruchung – und das bei extremen thermischen Einwirkungen entsprechend der Jahreszeit. Die vorprogrammierten Schwachstellen sind vor allem die Anschlüsse. Läuft auch nur eine geringe Wassermenge in das Verbundsystem, können fatale Schäden die Folge sein:

- Durchfeuchtung der Dämmschicht, mit Verlust der Dämmeigenschaft.
- Schädigung der hinter der Dämmschicht liegenden originalen Bauteile des Denkmals, da das eingedrungene Wasser nicht mehr nach außen und nur bedingt zum Innenraum hin austrocknen kann. Bei Fachwerkbauten kann die Zerstörung der historischen Konstruktion innerhalb eines kurzen Zeitraums eintreten, ohne von außen erkannt zu werden.
- Unerfreuliche Ablösung der Dämmplatten vom Untergrund, mit Absturz der Dämmfassade, falls unverdübelt.

Auch die thermische Belastung des Oberputzes ist im Zusammenhang mit den Dehn- und Schwindmaßen zu beachten. Daraus entstehende auch kleinere Risse sind eine Schadensquelle. Dies gilt insbesondere bei der Außendämmung von Fachwerkfassaden, denn auch kleinere Wassermengen im Wandquerschnitt können zu schweren Schäden an der Holzkonstruktion führen.

Zunehmend ist auch zu beobachten, dass Wärmedämmverbundsysteme von Spechten »angegriffen« werden, da sie »hohl« klingen. Dabei werden von Spechten der Oberputz und die Gewebespachtelung aufgeklopft und dann ein Teil der Dämmung herausgenommen. Die dabei entstehenden Löcher geben für die Spechte ein geschütztes und warmes Quartier, in dem sie ihr Nest bauen können.

Typischer Schaden an einem Wärmeverbundsystem nach dem Brand von Mülltonnen

Spechtlöcher im Wärmeverbundsystem

Durch Gewebespachtelungen, Putz und Kleber wird ein Wärmedämmverbundsystem bei Ausbau zum Sondermüll.

9.2.5 Hinterlüftete Fassaden

Wegen der oben aufgeführten Probleme bei Wärmedämmverbundsystemen kommen im Zuge der Modernisierung auch oft hinterlüftete Fassaden zur Ausführung. Dabei wird die außen liegende Dämmebene durch eine zusätzliche Fassadenverkleidung, beispielsweise eine Holzverschalung, gegen Witterungseinflüsse geschützt.

Bei solchen Konstruktionen ist auf eine ausreichende Hinterlüftung zwischen Dämmebene und Fassadenverkleidung zu achten, damit eventuell auftretendes Kondensat durch einen Luftstrom abtransportiert werden kann. Man beachte hierzu auch die an anderer Stelle geführten Betrachtungen zur Dämmung von Dachflächen (siehe auch Kapitel 9.3.3 ff). Auch die Anschlussdetails, beispielsweise bei Fenstern, sind besonders hinsichtlich der Gefahr des Wassereintrags in die Dämmebene zu prüfen. Da durch solche Konstruktionen das Erscheinungsbild des Baudenkmals ganz erheblich beeinflusst werden kann, ist die Wahl einer derartigen Konstruktion im Einzelfall genau zu prüfen.

9.3 Konzeption von energetischen Modernisierungen der Baukonstruktion

Besteht Klarheit bezüglich der allgemeinen Anforderungen an die Bauteile und an die jeweiligen Modernisierungsmöglichkeiten gemäß der Ausführungen in Kapitel 3, können unter Berücksichtigung der bauphysikalischen und der denkmalpflegerischen Gesichtspunkte, energetische Modernisierungsmöglichkeiten geplant und rechnerisch nachgewiesen werden. Im Wesentlichen wird durch die denkmalpflegerischen Gesichtspunkte die Lage der zusätzlichen Dämmebene definiert.

Bevor auf die zur Verfügung stehenden Dämmstoffe hingewiesen wird und einzelne Modernisierungsmaßnahmen rechnerisch dargestellt werden, seien die Vor- und Nachteile der jeweiligen Lage einer zusätzlichen Dämmebene sowie die sich daraus ergebenden Anforderungen oder Probleme kurz erläutert. Hierbei sind aber auch unbedingt die Ausführungen im Kapitel 3 »Richtlinien zum Schutz des Baudenkmals« zu beachten, auf die hier nicht mehr gesondert eingegangen wird.

9.3.1 Außendämmung von Wänden

Grundsätzlich wird bei der energetischen Modernisierung von Gebäuden eine Außendämmung bevorzugt, da die Vorteile überwiegen.

Vorteile der Außendämmung

- Eine vollflächige Dämmebene im Außenbereich gewährleistet, dass bei in die Außenwand einbindenden Decken oder Innenwänden keine Wärmebrücken verbleiben bzw. dass die Gefahr der Wärmebrücken auf ein Minimum reduziert wird.
- Eine vollflächige Dämmebene im Außenbereich ist, da keine oder nur wenige Durchdringungen vorhanden sind (anschließende Wände oder Decken), einfacher und damit kostengünstiger herstellbar.
- Der Taupunkt liegt in der Regel in der Dämmebene. Auch wenn die »Dampfdichtigkeit« der Konstruktion nicht gegeben ist, wird sich im vorhandenen Wandquerschnitt kein Kondensat bilden.
- Die Raumgrößen sowie die Raumgestaltung werden nicht beeinträchtigt.

Nachteile der Außendämmung

- In Abhängigkeit von der Art der Konstruktion (verputzte Oberfläche als Wärmedämmverbundsystem) kann Feuchtigkeit von außen in die Dämmebene eindringen (z. B. durch Anschlüsse, Risse, etc.).
- Kondensatbildung und möglicher biogener Befall an der Wandoberfläche bei Wärmedämmverbundsystemen.
- Die äußere Gestalt des Baudenkmals wird unter Umständen erheblich verändert.

Neutral zu werten

- Die Masse des Mauerwerks befindet sich im »Warmbereich« und muss ebenfalls beheizt werden. Bei Wänden mit einer großen Masse (z. B. dickes Mauerwerk) kann dies zu einer langen Aufheizphase führen. Allerdings stellt dies dann wiederum ein großes Wärmespeichervolumen mit Temperaturausgleich für den Innenbereich dar, was von der Nutzung her zu beurteilen ist.

9.3.2 Innendämmung von Wänden

Bei vielen historischen Gebäuden können Außendämmungen aus denkmalpflegerischen Gesichtspunkten nicht ausgeführt werden. Hier wird oftmals auf Innendämmungen zurückgegriffen, bei denen jedoch die Nachteile überwiegen.

Vorteile der Innendämmung

- Das beheizte Volumen wird gering gehalten, da die Masse der Außenwände nicht beheizt wird. Dadurch ergeben sich kürzere Aufheizphasen. Dieser Aspekt wurde bei der Außendämmung als »neutral« gewertet.
- Das äußere Erscheinungsbild des Gebäudes wird nicht negativ beeinflusst.

Nachteile der Innendämmung

- Eine durchgängige Dämmebene ist in der Regel nicht herstellbar. Bei Decken oder in die Außenwand einbindenden Innenwänden verbleiben Wärmebrücken. Hier besteht, insbesondere bei Holzbalkendecken (Balkenköpfe), die Gefahr der Tauwasserbildung die wiederum zu Schimmelbildung oder Bauschäden führen kann.
- In Abhängigkeit von den vorgesehenen Dämmsystemen ist oftmals die Anordnung einer Dampfbremse im Innenbereich notwendig. Die Anforderungen an die Dichtigkeit der Gebäudehülle können in einem Baudenkmal allerdings kaum erfüllt werden. Undichtigkeiten der Dampfbremse bei Anschlüssen oder Durchdringungen bewirken, dass sich an solchen Stellen konzentriert Kondensat bilden kann, was wiederum Schäden zur Folge haben kann, im schlimmsten Fall den unwiederbringlichen Verlust von Bausubstanz. Bei kapillaraktiven Innendämmungen, bei denen keine diffusionshemmende Ebene eingebaut wird, ergeben sich in der Regel nicht die oben genannten Probleme des konzentrierten Kondensatanfalls. Allerdings ist auch bei solchen Systemen der Feuchtehaushalt genau zu prüfen.
- Bei Schlagregenbeanspruchung besteht die Gefahr, insbesondere bei Fachwerkwänden mit von außen sichtbarem Fachwerk, dass Feuchtigkeit in den Wandquerschnitt eindringt. In Abhängigkeit vom gewählten Dämmsystem kann bei innenliegender Wärmedämmung (mit Dampfbremse) die Feuchtigkeit nicht mehr nach innen ausdiffundieren. Bei kapillaraktiven Innendämmungen, bei denen keine diffusionshemmende Ebene eingebaut wird, ergeben sich in der Regel nicht die oben genannten Probleme. Allerdings ist auch bei solchen Systemen der Feuchtehaushalt genau zu prüfen.

Im Einzelfall kann auch eine Außendämmung ohne gestalterische oder technische Nachteile an einem Baudenkmal eine mögliche Verbesserung der Gebäudehülle darstellen.
Bei diesem Gebäude wurde das dünnere Mauerwerk des Obergeschosses mit einer Außendämmung versehen.

9.3.3 Verbesserung von Dächern – Allgemeine Betrachtung

Bei nicht ausgebauten Dachgeschoßen mit historischen Ziegeln ist in der Regel eine ausreichende Entlüftung der von den unteren Etagen in den Dachraum eindringenden Feuchte gegeben. Der Dachraum mit einem oft riesigen Volumen kann ohne wesentliche Veränderung der relativen Luftfeuchte große Feuchtemengen aufnehmen. Die historischen Ziegel (z. B. Biberschwanzziegel) sind in sich leicht und unterschiedlich gekrümmt. Dadurch ergeben sich Belüftungsschlitze zwischen den Ziegeln. Der Traufanschluss ist meist offen, so dass ein mehr als ausreichender Luftwechsel immer gegeben ist. Dieser Luftwechsel gewährleistet letztlich den Erhalt der historischen Holzkonstruktionen über die Jahrhunderte. Selbst das langsame Abtauen von Flugschnee ist bei solchen Dächern möglich, ohne dass es dadurch zu Schäden an der Holzkonstruktion kommt.

Schon die Erneuerung der Dachdeckung mit Ersatz der historischen Ziegel durch neuzeitliche Industrieziegel, die keine Fugen zwischen den Ziegeln mehr aufweisen, kann zu einer Reduzierung der Belüftung des gesamten Dachraumes führen. Auf Grund der Reduzierung des Luftwechsels im Dachgeschoss kommt es häufig zur Kondensatbildung auf der Ziegelunterseite. Dadurch lösen sich Mineralien / Salze aus den Tonziegeln. Zunächst entsteht ein weißer Flaum auf der Ziegelunterseite. Mittelfristig werden zunächst die Nasen der Ziegel, über einen längeren Zeitraum die Ziegel selbst und oft auch die Dachlattung durch Mazeration zerstört.

Im Zusammenhang mit dem Ausbau eines bisher nicht ausgebauten Dachgeschosses ist grundsätzlich über eine Wärmedämmung der Dachfläche zu entscheiden. Meist wird in diesem Zusammenhang auch die Dachdeckung erneuert oder bei Verwendung der historischen Ziegel zumindest umgedeckt. Hinsichtlich der Lage der Dämmebene gibt es unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten. Dabei sind nicht nur die langfristigen Auswirkungen auf das Dachtragwerk, sondern auch die Auswirkungen auf die Dacheindeckung zu beachten.

Aus denkmalpflegerischer Sicht ist der Ausbau eines bisher nicht ausgebauten Dachgeschosses aus mehreren Gründen als problematisch anzusehen.

Zum einen ergeben sich zahlreiche bauphysikalische Probleme, die im Weiteren näher erläutert werden und deren Nichtbeachtung bis zur Zerstörung von wertvollen Dachwerken führen kann. Die Unzugänglichkeit der Dachkonstruktion und damit die erschwerte oder gar unmöglich gemachte Einsehbarkeit der Konstruktion, die mit einem Dachgeschossausbau meist einhergeht, führt zu einer mangelnden Kontrolle und Wartung besonders gefährdeter Anschlusspunkte (z. B. Sparrenfußpunkte), an denen Schäden lange unentdeckt bleiben können.

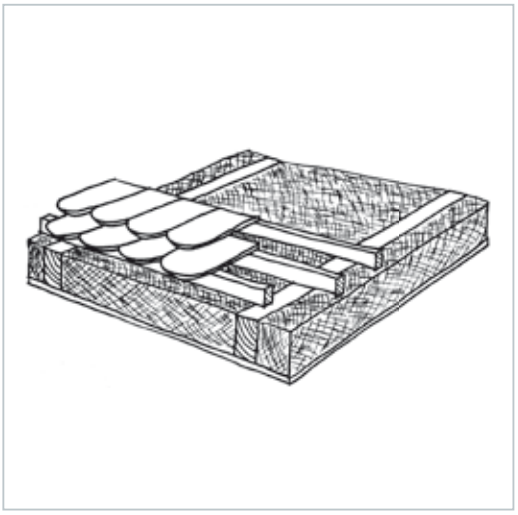
Zum anderen muss für die Nutzung des Dachgeschosses, z. B. für Wohnzwecke, eine adäquate Belichtungs- und Fluchtwegesituation meist neu geschaffen werden, was wiederum gestalterische Schwierigkeiten und vermehrte Eingriffe in den Bestand (Anzahl und Größe von Dachgauben, Dachliegefenster, Veränderung der Traufkante, Außentreppen, Deckendurchbrüche für Fluchttreppenhäuser, etc.) mit sich bringen kann.

Auch aufgrund der besonderen Problematik ist daher der Ausbau von Dachgeschossen bei Baudenkmälern von der steuerlichen Privilegierung regelmäßig ausgenommen. Aus denkmalfachlicher und bauphysikalischer Sicht sollte bei wertvollen historischen Dachkonstruktionen möglichst auf den Ausbau des Daches verzichtet und das Kaltdach als beste aller Lösungen zum Erhalt des Bestands beibehalten werden, zumal die Dämmung der obersten Geschossdecke gegen das Dach in der Regel wesentlich weniger problematisch ist.

9.3.4 Verbesserung von Dächern – Zwischensparrendämmung ohne Hinterlüftung

Vorgesehene Maßnahme

- Belassen der historischen Deckung und der Latten
- Einbau einer Zwischensparrendämmung ohne außenseitige Hinterlüftung
- Einbau einer diffusionshemmenden Ebene auf der Raumseite



Skizze des Aufbaus

Vorteile der Konstruktion

- Das Erscheinungsbild des Gebäudes wird von außen nicht beeinträchtigt.

Nachteile der Konstruktion

- Das Dachtragwerk wird innenseitig vollständig verkleidet. Eventuelle Schäden an der Konstruktion können im Zuge der Instandhaltung des Gebäudes nicht mehr frühzeitig erkannt werden. Außerdem ist eine vollständige Verkleidung der Dachkonstruktion aus denkmalpflegerischer Sicht äußerst fragwürdig.
- Wird auf der Außenseite der Dämmung auf eine diffusionsoffene Winddichtung verzichtet, kommt es zu Lufteintritt in die Dämmebene. Dadurch wird die Dämmeigenschaft erheblich reduziert.
- Zwischen den historischen Ziegeln kann Regenwasser oder Flugschnee eindringen. Die Wärmedämmung wird durchfeuchtet und kann nicht oder nur äußerst langsam austrocknen. Die Folgen sind Schimmelbildung und die Zerstörung der Holzkonstruktion. Auch die Dampfbremse kann nicht zu 100 % das Eindringen von Raumfeuchte, besonders an den Anschlüssen, verhindern. Bei fehlender Hinterlüftung der Dachziegel bildet sich Kondensat an der Ziegelunterseite mit der Folge der Durchfeuchtung der Dämmung und der langsamen Zerstörung der Ziegel sowie der Holzkonstruktion.
- Eine diffusionshemmende oder diffusionsdichte Ebene auf der Raumseite muss dicht an alle durchdringenden und flankierenden Bauteile angeschlossen werden (Kehlbalken, Pfetten, Kopfbänder, Streben, Giebelwände, Traufen etc.). Gerade bei bestehenden historischen Dächern ist dies oftmals nicht möglich bzw. die Gefahr von Leckagen auf Grund fehlerhafter Anschlüsse ist sehr groß. Die Folge ist Kondensatbildung in der Dämmebene mit daraus resultierenden Schäden an der Holzkonstruktion.

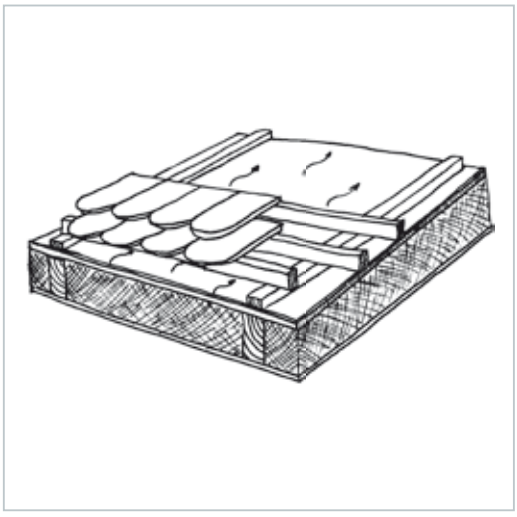
Bautechnische Bewertung

- Wegen der erheblichen Nachteile einer solchen Konstruktion sollte eine derartige Dämmvariante auf keinen Fall umgesetzt werden.

9.3.5 Verbesserung von Dächern – Zwischensparrendämmung mit Hinterlüftung, diffusionsdicht

Vorgesehene Maßnahme

- Abnehmen der historischen Dacheindeckung mit späterem Wiedereinbau
- Abnehmen der (historischen) Lattung
- Einbau einer Zwischensparrendämmung
- Einbau einer wasserführenden Ebene auf der Oberseite der Sparren (z. B. Schalung mit Bitumenbahn)
- Herstellen einer Hinterlüftungsebene mit Hilfe von Konterlatten
- Wiederherstellung der Lattung und der Dacheindeckung
- Einbau einer diffusionshemmenden Ebene auf der Raumseite



Skizze des Aufbaus

Vorteile der Konstruktion

- Eine Hinterlüftung der Dacheindeckung sowie die Wasserführung zwischen Dämmung und Dacheindeckung sind gewährleistet, wenn die Stärke der Konterlattung ausreichend gewählt wird.

Nachteile der Konstruktion

- Das Dachtragwerk wird innenseitig vollständig verkleidet. Eventuelle Schäden an der Konstruktion können im Zuge der Instandhaltung des Gebäudes nicht mehr erkannt werden. Außerdem ist eine vollständige Verkleidung der Dachkonstruktion aus denkmalpflegerischer Sicht äußerst fragwürdig.
- Die Abdichtungsbahn auf der kalten Seite des Dachaufbaus stellt, je nach Material, eine diffusionshemmende oder diffusionsdichte Ebene dar. Dementsprechend wird auf der Raumseite der Sparren im Warmbereich eine diffusionsdichte Ebene erforderlich, um Kondensatbildung im Bauteilinneren zu verhindern. Da eine solche Abdichtungsebene auf der Raumseite, wie bereits oben beschrieben, immer problematisch ist, sind Schäden durch Kondensatbildung im Bauteilquerschnitt nicht auszuschließen.
- Durch den Einbau einer wasserführenden und diffusionshemmenden Ebene auf der Sparrenoberseite erhöht sich der Dachaufbau geringfügig. Es ist im Einzelfall zu prüfen, ob sich diese Änderung nachteilig auf die Gestaltung des Gebäudes auswirkt.
- Die historischen Latten sind bei der Änderung des Dachaufbaus in der Regel nicht mehr verwendbar.

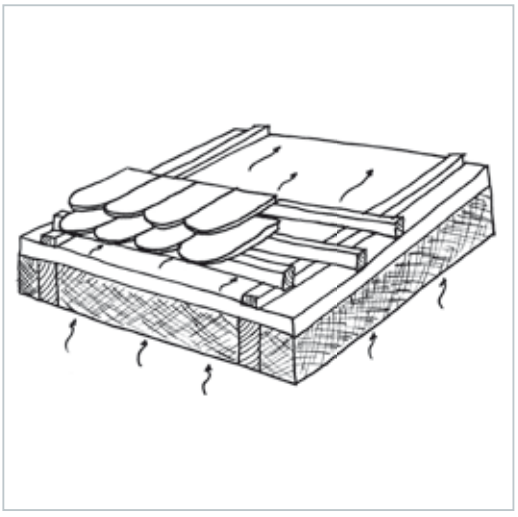
Bautechnische Bewertung

- Wegen der erheblichen Gefahr der Kondensatbildung im Bauteilquerschnitt ist die Machbarkeit einer solchen Dämmvariante, insbesondere die Möglichkeit des »dichten Anschlusses« einer diffusionsdichten Ebene auf der Rauminnenseite, schon in der Planungsphase genau zu prüfen. Wird eine derartige Lösung umgesetzt, sind im Zuge der Bauüberwachung sämtliche Anschlusspunkte genau zu überprüfen. Es empfiehlt sich außerdem die Durchführung eines Blower-Door-Tests zur Überprüfung der Dichtigkeit bzw. zur Lokalisierung und Beseitigung von Leckagen. Generell sind derartige Konstruktionen wegen der großen Gefahr der Tauwasserbildung im Bauteilinneren möglichst zu vermeiden.

9.3.6 Verbesserung von Dächern – Zwischensparrendämmung mit Hinterlüftung, diffusionsoffen

Vorgesehene Maßnahme

- Abnehmen der historischen Dacheindeckung mit späterem Wiedereinbau
- Abnehmen der (historischen) Lattung
- Einbau einer Zwischensparrendämmung
- Einbau einer wasserführenden und diffusionsoffenen Ebene auf der Oberseite der Sparren (z. B. Wasser abweisende Holzweichfaserplatte)
- Herstellen einer Hinterlüftungsebene mit Hilfe von Konterlatten
- Wiederherstellung der Lattung und der Dacheindeckung
- Verzicht auf eine diffusionshemmenden Ebene auf der Raumseite



Skizze des Aufbaus

Mit dem Einbau einer diffusionsoffenen/diffusionshemmenden Ebene mit geringem Diffusionswiderstand ($\mu \leq 5$) auf der Oberseite der Sparren und gleichzeitigem Wegfall der diffusionshemmenden Ebene auf der Raumseite kommt der Hinterlüftung der Dachfläche eine besondere Bedeutung zu. Der Lüftungsquerschnitt zwischen den Konterlatten muss in der Lage sein, besonders in der kalten Jahreszeit die anfallende Feuchte sicher transportieren zu können. Die kalte Luftschicht der Hinterlüftung kann nur sehr wenig Feuchte aufnehmen. Die geringen Temperaturen beeinträchtigen zudem den thermischen Auftrieb in der Hinterlüftung. Dies wird in vielen Fällen zusätzlich durch die Reduzierung des Querschnitts der Hinterlüftung durch die Zuluftgitter an der Traufe beeinträchtigt. Wenn diese Zuluftführung auch noch durch Schneeansammlungen beeinträchtigt wird, bricht das System der Hinterlüftung zusammen. Es kommt zu Durchfeuchtungen des Raumes zwischen der wasserführenden Ebene und der Dacheindeckung.

Der Querschnitt der Hinterlüftung ist im Einzelfall für die aus dem Dachausbau anfallende Feuchte für den ungünstigsten Lastfall zu bemessen. In der Regel reichen dann Konterlattenstärken von nur 3 cm keinesfalls aus. Auch eine Lattenstärke von 4 cm kann im Einzelfall unzureichend sein. Die Be- und Entlüftung an der Traufe und am First ist sorgfältig zu planen. Schneeansammlungen sind dabei zu berücksichtigen.

Generell ist der Tauwasseranfall im Bauteilinneren unter Berücksichtigung der eingesetzten Dämmstoffe genau zu prüfen.

Vorteile der Konstruktion

- Eine Hinterlüftung der Dacheindeckung sowie die Wasserführung zwischen Dämmung und Dacheindeckung sind gewährleistet, wenn die Stärke der Konterlattung ausreichend gewählt wird.
- Kann auf eine innenseitige diffusionshemmende/diffusionsdichte Ebene verzichtet werden, entfallen damit auch die Probleme bei den diesbezüglichen Anschlusspunkten.

Nachteile der Konstruktion

- Das Dachtragwerk wird innenseitig vollständig verkleidet. Eventuelle Schäden an der Konstruktion können im Zuge der Instandhaltung des Gebäudes nicht mehr erkannt werden. Außerdem ist eine vollständige Verkleidung der Dachkonstruktion aus denkmalpflegerischer Sicht äußerst fragwürdig.
- Durch den Einbau einer wasserführenden und diffusionshemmenden Ebene auf der Sparrenoberseite erhöht sich der Dachaufbau geringfügig. Es ist im Einzelfall zu prüfen, ob sich diese Änderung nachteilig auf die Gestaltung des Gebäudes auswirkt.
- Die historischen Latten sind bei der Änderung des Dachaufbaus in der Regel nicht mehr verwendbar.

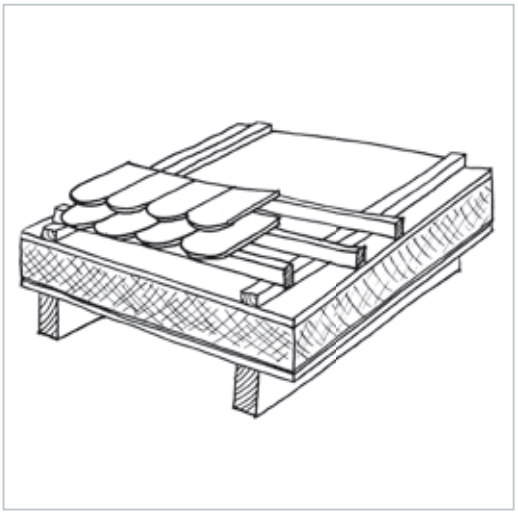
Bautechnische Bewertung

- Die Tauwasserbildung im Bauteilinneren ist bei einer derartigen Konstruktion sorgfältig im Zuge der Planung zu prüfen. Dabei muss unbedingt darauf geachtet werden, dass die Tauwassermenge den zulässigen Bereich nicht überschreitet. Außerdem sind die konstruktiven Details der Hinterlüftung sorgfältig zu planen. Sind die o. g. Nachteile einer solchen Konstruktion akzeptabel, kann ein solcher Aufbau durchaus in Erwägung gezogen werden.

9.3.7 Verbesserung von Dächern – Aufsparrendämmung

Vorgesehene Maßnahme

- Abnehmen der historischen Dacheindeckung mit späterem Wiedereinbau
- Abnehmen der (historischen) Lattung
- Einbau einer diffusionshemmenden Ebene auf der Sparrenoberseite (z. B. Schalung mit Folie)
- Einbau einer Aufsparrendämmung
- Einbau einer wasserführenden und diffusionsoffenen Ebene auf der Oberseite der Aufsparrendämmung
- Herstellen einer Hinterlüftungsebene mit Hilfe von Konterlatten
- Wiederherstellung der Lattung und der Dacheindeckung



Skizze des Aufbaus

Vorteile der Konstruktion

- Eine Hinterlüftung der Dacheindeckung sowie die Wasserführung zwischen Dämmung und Dacheindeckung sind gewährleistet, wenn die Stärke der Konterlattung ausreichend gewählt wird.
- Das Dachtragwerk wird innenseitig nicht verkleidet und kann auch in Zukunft gewartet werden.

- Die diffusionshemmende Ebene im Warmbereich befindet sich auf der Sparrenoberseite und muss damit nur in wenigen Bereichen an andere Bauteile angeschlossen werden (z. B. Traufe und Giebel). Die Anzahl der Durchdringungen der Ebene, deren Abdichtung nur schwierig möglich ist, kann auf ein Minimum reduziert werden (z. B. Kamin).

Nachteile der Konstruktion

- Durch den Einbau einer Dämmebene auf Sparrenoberseite erhöht sich der Dachaufbau. Es ist im Einzelfall zu prüfen, ob sich diese Änderung nachteilig auf die Gestaltung des Gebäudes auswirkt. Insbesondere ist dies bei vorhandenen Gauben oder Gesimsen zu prüfen.
- Die historischen Latten sind bei der Änderung des Dachaufbaus in der Regel nicht mehr verwendbar.

Bautechnische Bewertung

- Aus bauphysikalischer und baupraktischer Sicht ist die Anbringung einer Aufsparrendämmung die Ideallösung. Die Anschlusspunkte am Giebel und an der Traufe sowie an eventuelle durchdringende Bauteile (z. B. Kamin) sind sorgfältig zu planen und im Zuge der Bauausführung zu kontrollieren.

9.3.8 Verbesserung von Dächern – »Haus im Haus«

Bei einem Dachausbau und der damit einhergehenden Dämmung muss nicht zwingend der gesamte Dachraum ausgebaut werden. In vielen Fällen kann es genügen, nur die Bereiche mit voller Raumhöhe auszubauen und auf die Bekleidung der geneigten Dachflächen zu verzichten. Dazu bieten sich z. B. die Lage der Pfetten/Stuhlrähme an. Die Dämmung der Oberseite des auszubauenden Raumes kann dann auf der Oberseite der Kehlbalkenebene liegen. Für die neuen vertikalen (Ebene der Pfette) und horizontalen (Ebene der Kehlbalken) Bereiche der »thermischen Hülle« sind die Hinweise zu den obersten Geschossdecken zu beachten.

Ausbau eines Dachgeschosses im System »Haus im Haus«. Eine Verglasung der vertikalen Achse unter den Pfetten ermöglicht den Blick in den Dachraum auf das historische Dachwerk.

Vorteile der Konstruktion

- Die Konstruktion des historischen Dachtragwerkes, insbesondere der Sparren, bleibt unberührt.
- Das Dachtragwerk wird innenseitig nicht verkleidet und bleibt für Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten zugänglich.
- Die historische Dacheindeckung sowie die historischen Dachlatten können erhalten bleiben, wenn keine Schäden vorliegen.
- In der vertikalen Ebene der »Haus im Haus«-Lösung können ggf. Verglasungen eingebaut werden, die die Einsehbarkeit in das historische Dachtragwerk ermöglichen. Solche Varianten können architektonisch und auch denkmalpflegerisch sehr interessant sein.

Nachteile der Konstruktion

- Möglicherweise ist eine ausreichende Belichtung und Belüftung des ausgebauten Dachraumes nicht gewährleistet. Dies ist im Einzelfall zu prüfen.
- Die sich ergebende Vergrößerung der Nutzfläche ist etwas geringer als bei den vorhergehenden Varianten.

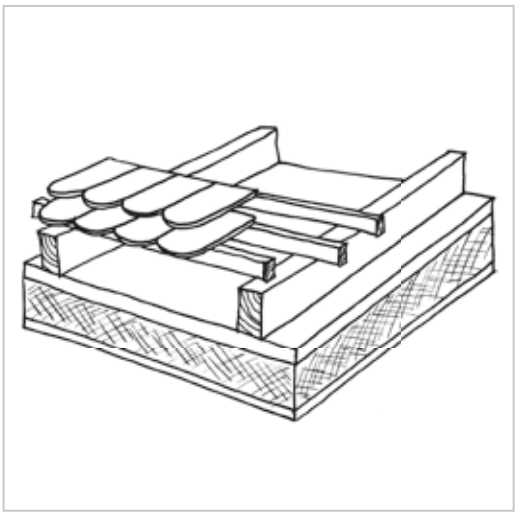
Bautechnische Bewertung

- Können die genannten Nachteile kompensiert oder akzeptiert werden, stellt diese Variante ebenfalls eine Ideallösung dar.

9.3.9 Verbesserung von Dächern – Untersparrendämmung

Vorgesehene Maßnahme

- Belassen der historischen Dacheindeckung und der (historischen) Lattung
- Einbau einer wasserführenden und diffusionsoffenen Ebene auf der Unterseite der Sparren (z. B. Wasser abweisende Holzweichfaserplatte)
- Einbau einer Untersparrendämmung
- Einbau einer diffusionshemmenden Ebene unter der Dämmebene (optional)



Skizze des Aufbaus

Vorteile der Konstruktion

- Eine Hinterlüftung der Dacheindeckung sowie die Wasserführung zwischen Dämmung und Dacheindeckung ist, wenn der Querschnitt (Sparren) der Konstruktion ausreichend ist und die Anschlusspunkte (Traufe, First) entsprechend gestaltet sind, gewährleistet.
- Kann auf eine innenseitige diffusionshemmende/diffusionsdichte Ebene verzichtet werden, entfallen damit auch die Probleme bei den diesbezüglichen Anschlusspunkten.
- Die bestehende Dacheindeckung sowie die Dachlatten können erhalten bleiben, wenn keine Schäden vorliegen.
- Die Dachgestaltung und damit das Erscheinungsbild von außen verändern sich nicht.

Nachteile der Konstruktion

- Das Dachtragwerk wird innenseitig vollständig verkleidet. Eventuelle Schäden an der Konstruktion können im Zuge der Instandhaltung des Gebäudes nicht mehr erkannt werden. Außerdem ist eine vollständige Verkleidung der Dachkonstruktion aus denkmalpflegerischer Sicht äußerst fragwürdig.
- Der Dachraum wird innenseitig durch den Aufbau verkleinert.
- Kann auf eine diffusionshemmende Ebene im Innenbereich nicht verzichtet werden, ergeben sich hier die gleichen Anschlussprobleme wie bei der Zwischensparrendämmung.

Bautechnische Bewertung

- Die Tauwasserbildung im Bauteilinneren ist bei einer derartigen Konstruktion sorgfältig im Zuge der Planung zu prüfen. Dabei muss unbedingt darauf geachtet werden, dass die Tauwassermenge den zulässigen Bereich nicht überschreitet. Außerdem sind die konstruktiven Details der Hinterlüftung und der Wasserführung sorgfältig zu planen. Sind die oben genannten Nachteile einer solchen Konstruktion akzeptabel, kann ein solcher Aufbau unter Umständen in Erwägung gezogen werden.

9.3.10 Dämmung der obersten Geschossdecke

Die Dämmung der obersten Geschossdecke erfolgt im Allgemeinen mit Hilfe eines zusätzlichen Aufbaus auf der Decke im Dachraum oder über den Einbau der Dämmung zwischen den Deckenbalken im Fehlbodenbereich. Ein wesentliches Entscheidungskriterium ist dabei die Art des bestehenden Deckenaufbaus (Balkenlage mit Lehmstakung oder Balkenlage mit Fehlboden) sowie die Fragestellung, in wieweit in den bestehenden Deckenaufbau eingegriffen werden kann (z. B. Ausbau der bestehenden Fehlbodenauffüllung).

Bei den bauphysikalischen Nachweisen, insbesondere beim Nachweis des Feuchteschutzes, ist die geplante Nutzung des (kalten) Dachraumes genau zu prüfen. Oftmals soll der Dachraum als Lagerfläche genutzt und hierfür ein dichter Bodenbelag vorgesehen werden (z. B. Spanplatten). Wird dann auf eine diffusionshemmende Ebene im Warmbereich verzichtet, besteht die Gefahr, dass das im Bauteil anfallende Tauwasser nicht mehr entweicht und Schäden entstehen. Doch auch bei einer »diffusionsoffenen« Bodenverkleidung (z. B. Bretter mit Fugen) besteht die Gefahr, dass im Zuge der Nutzung das anfallende Tauwasser nicht mehr entweichen kann (z. B. durch »flächige« Lagerung von Gegenständen im Dachraum oder durch eine auf der Bretterung verlegte Folie – oft zu sehen, wenn der Dachraum ein Fledermausquartier beherbergt).

Bei der Dämmung der obersten Geschossdecke ist auch zu beachten, dass während der Wintermonate, insbesondere bei historischen Dacheindeckungen, Flugschnee in den Dachraum gelangen kann. Da dieser Flugschnee in der Regel langsam abtaut, können die davon beanspruchten Holzbauteile wieder vollständig austrocknen, ohne dass es zu Schäden kommt. Bei einem neuen Deckenaufbau ist diese eventuelle Feuchtebeanspruchung ebenfalls zu berücksichtigen.

Bei der Planung der Dämmung der obersten Geschossdecke sind folgende Punkte besonders zu beachten:

- Die zukünftige Nutzung des Dachgeschosses (z. B. Lagerflächen) ist genau zu prüfen und bei den bauphysikalischen Nachweisen zu beachten (auch Schallschutz).
- Beim Einbau einer diffusionshemmenden/diffusionsdichten Ebene ist diese dicht an alle aufgehenden oder flankierenden Bauteile anzuschließen (Traufbereich, Überzüge, Pfosten, durchgehende Wände, Kamine etc.).
- Wird auf eine diffusionshemmende/diffusionsdichte Ebene im Warmbereich verzichtet, ist darauf zu achten, dass anfallendes Tauwasser aus der Konstruktion entweichen kann.
- Besteht die Gefahr, dass Flugschnee in den Dachraum gelangt, ist die Feuchtebeanspruchung durch das Abtauen des Schnees besonders zu berücksichtigen.
- Die Dämmung ist dicht an alle Bauteile anzuschließen (Vermeidung von Wärmebrücken, insbesondere im Traufbereich).
- Der Lufteintritt in oder unter die Dämmebene, z. B. bei den Traufen, ist auszuschließen. Dies ist besonders zu prüfen, wenn der bestehende Deckenaufbau vollständig erhalten bleibt und die Dämmebene auf der Balkenlage angeordnet wird.
- Die Dämmebene ist gegen das Eindringen von Tieren (Marder, Mäuse, Ratten) zu sichern. Insbesondere größere Tiere, wie Marder, können erhebliche Fehlstellen in der Dämmebene verursachen.

9.3.11 Dämmung des Bodens / der Kellerdecke

Bei der Dämmung des Bodens (zum Erdreich) bzw. der Kellerdecke sind Verbesserungen oftmals nur sehr eingeschränkt möglich. Eine Dämmung im Innenraum ist nur dann möglich, wenn der bestehende Bodenaufbau entfernt werden kann. Besteht diese Möglichkeit, ist neben den bauphysikalischen Nachweisen der Feuchtebildung im Bauteilinneren auch die Gefahr der aufsteigenden Feuchtigkeit zu beachten. Dies gilt auch bei unterkellerten Gebäuden, da hier oftmals über Außen- und Innenwände Feuchtigkeit aufsteigt und in den Deckenquerschnitt gelangen kann. Im Zuge der Planung ist hier unbedingt zu prüfen, ob zusätzliche Maßnahmen, z. B. eine Bauteiltemperierung, vorzusehen sind (siehe hierzu auch Kapitel 8 »Technische Gebäudeausrüstung«).

Sind Gewölbekeller vorhanden, ist der Einbau einer Wärmedämmung zwischen unbeheiztem Keller und beheiztem Erdgeschoss nur auf der Warmseite möglich. Eine Dämmung im Keller wäre in solchen Fällen sinnlos, da die Dämmwirkung erst dann eintritt, wenn die gesamte Masse des Gewölbemauerwerks und der Auffüllung beheizt ist. Nicht zu vergessen sind dabei zwangsläufige und sehr ausgeprägte Wärmebrücken im Bereich der in der Regel sehr massiven Kämpfer. Rein rechnerisch würden sich hier zwar Energieeinsparungen ergeben, allerdings sind solche Ergebnisse fernab jeglicher Realität.

Bei ebenen Decken, seien es Kappendecken, Beton-Hohlkörper-Decken oder Massivdecken, bietet sich im Allgemeinen der Einbau einer Dämmebene im Kaltbereich, also im Keller, an. Wie bei den oberen Geschossdecken sind auch hier die Feuchtebildung im Bauteilinneren sowie die Gefahr des Feuchteeintrages in die Konstruktion durch aufsteigende Feuchtigkeit genau zu prüfen. Besonders bei Kappendecken besteht die Gefahr, dass die Stahlträger durch entsprechende Feuchtebeanspruchung korrodieren. Dies betrifft besonders die Auflagerbereiche der Decken in die Außenwände, da hier oftmals ohnehin eine entsprechende Beanspruchung durch aufsteigende Feuchtigkeit vorliegt.

9.3.12 Verbesserung der Fenster

Die Möglichkeit der Modernisierung von Fenstern ist, wie bereits oben dargestellt, ganz erheblich davon abhängig, wie sich der Bestand unter denkmalpflegerischen Gesichtspunkten darstellt. Grundsätzlich bestehen folgende Möglichkeiten:

- Austausch des gesamten Fensters
- Austausch der Verglasung
- Einbau eines zusätzlichen Fensters (Umbau zum Kastenfenster)

Grundsätzlich ist bei der Modernisierung von Fenster zu beachten, dass bei der Betrachtung nicht nur das Fenster, sondern auch die Anschlüsse des Fensters an die Wände (Laibungen) genau zu untersuchen und zu planen sind. Häufig ist zu beobachten, dass es bei Bauwerken im Bestand nach einem Austausch von Fenstern zu Schimmelbildung in den Wohnräumen kommt. Einerseits liegt dies daran, dass neue Fenster dichter sind und der Luftwechsel durch Infiltration abnimmt. Wird dann ein Wohnraum nicht ausreichend gelüftet, besteht die Gefahr, dass die Luftfeuchtigkeit stark zunimmt und dementsprechend Schäden durch Schimmelbildung entstehen (siehe hierzu auch Kapitel 5 »Grundlagen der Wärmedämmung und des Raumklimas«).

Ein weiterer Aspekt ist jedoch, dass häufig nur die Fenster ausgetauscht, aber an den Laibungen keine Dämmmaßnahmen durchgeführt werden. Die Laibung wird damit zum Bauteil mit der niedrigsten Oberflächentemperatur. Dies bewirkt, dass sich Feuchtigkeit nicht mehr am Fenster, sondern an der Laibung niederschlägt bzw. dort das Schimmelrisiko erheblich steigt.

Grundsätzlich gilt bei der Verbesserung von Fenstern die Regel, dass der Wärmedurchgangskoeffizient nicht niedriger werden darf, als der der übrigen Außenbauteile eines Raumes. Die Fenster sollen auch nach einer Modernisierung das »kälteste Bauteil« sein, da sonst die Gefahr der Schimmel- oder Kondensatbildung an den übrigen Bauteiloberflächen erheblich steigt. Auch in den technischen Mindestanforderungen der KfW-Effizienzhausprogramme ist diese Anforderung an den Wärmedurchgangskoeffizienten für Fenster und Außentüren definiert.

Hinsichtlich der Dichtigkeit von Fenstern ist zu beachten, dass sich die »dichte Ebene« auf der Rauminnenseite befindet. Besonders beim Umbau von Einfachfenster zu Kastenfenstern sowie bei der Modernisierung von Kastenfenstern ist dies durch die entsprechende Einplanung von Dichtungslippen beim innen liegenden Fenster zu beachten. Handwerker, die solche Reparaturen durchführen, sollten entsprechende Kenntnisse besitzen, die ggf. in spezialisierten Fortbildungseinrichtungen (z. B. Fortbildungs- und Beratungszentrum für Denkmalpflege – Bayerisches Bauarchiv in Thierhaupten) vermittelt werden.

9.3.13 Verbesserungen der Türen

Bei Türen ist in der Regel eine energetische Verbesserung durch den Einbau von Dichtungen oder durch die bauliche Verbesserung des Anschlags an der Schwelle zu erreichen. Ist eine weiterführende Verbesserung der Türeigenschaften, z. B. bei dünnen Türblättern, notwendig, kann im Einzelfall die Anbringung einer reversiblen Aufdoppelung auf der Raumseite in Erwägung gezogen werden.

Grundsätzlich sollten bei Türen, auch abhängig davon, wie oft sie geöffnet werden, Alternativmaßnahmen, wie z. B. der Einbau eines Windfangs im Warmbereich, geprüft werden. Wie bei den Fenstern sind auch bei Türen die Anschlusssituationen (Laibungen) genau zu prüfen und eventuelle Verbesserungen zu planen. Insbesondere bei Türen mit Füllungen sind bei brandschutztechnischen Anforderungen besondere Lösungen erforderlich.

9.3.14 Grundlegende Betrachtungen zur Nutzung

Neben der Dämmung von einzelnen Bauteilen sowie der Betrachtung der Möglichkeiten und Grenzen im Bereich der technischen Gebäudeausrüstung sollten im Zuge der »energetischen Modernisierung« auch grundsätzliche Überlegungen hinsichtlich der geplanten Nutzung eines Gebäudes angestellt werden. Gerade dann, wenn es um die Reduzierung des Energiebedarfs geht, sollten Überlegungen angestellt werden, für welche Bereiche des Gebäudes welche Nutzungen vorgesehen sind, bzw. welche »Randbedingungen« für die jeweilige Nutzung gewünscht sind.

Große Treppenräume oder Flure können so beispielsweise aus dem »beheizten Wohnraum« ausgegrenzt werden. Bei den betreffenden Hüllflächen kann dann unter Berücksichtigung der jeweiligen Innenraumtemperaturen in Erwägung gezogen werden, ob/welche Verbesserungen überhaupt notwendig sind.

Eine genaue Betrachtung der geplanten Nutzung bezieht sich auch auf Räume, in denen mit einer besonders hohen Luftfeuchtigkeit zu rechnen ist (z. B. Bäder, Küchen). Hier sind beim Nachweis der Feuchtigkeit die örtlichen Gegebenheiten besonders zu berücksichtigen, um Schäden zu vermeiden. Mit der DIN V 18599 bieten sich Möglichkeiten der Zonierung, die auch bei einem für Wohnzwecke genutzten Baudenkmal angewandt werden können.

Links:
historische Lehmwickel
Rechts:
Strohlehm-Ziegel

9.3.15 Dämmstoffe

Bevor die energetische Modernisierung der im Kapitel 7 »Werkstoffe und Bauteile« dargestellten Bauteilquerschnitte aufgezeigt wird, soll zunächst eine Übersicht über die wesentlichen heute eingesetzten Dämmstoffe gezeigt werden. Es ist zu beachten, dass auf Grund der Vielfalt der zur Verfügung stehenden Dämmstoffe hier nur eine unvollständige Übersicht gegeben werden kann.

Erläuterungen:
Bei den industriell hergestellten Dämmstoffen liegen oft unterschiedliche Wärmeleitgruppen vor. Aus diesem Grund schwanken in der Tabelle die Angaben zur Rohdichte und zur Wärmeleitfähigkeit. Eine Mineralfaserdämmung der Wärmeleitgruppe 035 besitzt beispielsweise eine Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(mK) und eine Rohdichte von 30 kg/m^3.

Die jeweiligen Daten werden in der Regel in den technischen Merkblättern der verschiedenen Dämmstoffe mit angegeben. Es sei allerdings noch darauf hingewiesen, dass für die U-Wert Berechnungen nur der fremdüberwachte λ_{BW} (Bemessungswert) herangezogen werden darf. Bei manchen Dämmstoffen wird noch der Nennwert λ_D angegeben, der nicht für die Berechnungen herangezogen werden darf (siehe hierzu auch die Hinweise in Kapitel 5 »Grundlagen der Wärmedämmung und des Raumklimas«)!

Bei der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl sind jeweils der Minimal- und der Maximalwert angegeben.

Dämmstoff	Rohdichte in kg/m³	Wärmeleitfähigkeit λ in W/mK	Wasserdampf-Diffusions-widerstandszahl μ
Mineralfaser	20–120	0,030–0,060	1/1
Polystyrol Dämmplatten EPS	20–40	0,030–0,060	20/100
Polystyrol Dämmplatten XPS	25–45	0,030–0,040	80/250
Polyurethan Dämmplatten	30	0,025–0,048	40/200
Schaumglas	100	0,045–0,066	1.500/1.500
Celluloseeinblasdämmung	60	0,040	1/2
Holzfaserdämmplatte	40–260	0,032–0,073	5/5
Holzwolleleichtbauplatte	360	0,047–0,060	2/5
Kokosfaser	100	0,045	1/1
Kork	150–200	0,045–0,067	5/10
Calciumsilikat Dämmplatten	220	0,060	3/6
Schilfrohrdämmplatten	180	0,056	1/1
Leichtlehm	800	0,300	5/10
Lehm geringe Rohdichte	600	0,170	5/10
Strohlehm	1.400	0,600	5/10
Flachs	30	0,040	1/1
Hanf Dämmwolle	50	0,045	1/1
Vakuumdämmplatte	200	0,008	1.500/1.500

9.4 Modernisierung von Bauteilquerschnitten

Im Folgenden werden einige der Bauteilquerschnitte aus Kapitel 7 »Werkstoffe und Bauteile im Bestand« mit einer zusätzlichen Wärmedämmung ausgestattet und sowohl die U-Werte als auch die Tauwasserbildung rechnerisch nachgewiesen. Bei den zulässigen Werten gemäß EnEV 2009/2013 wird jeweils auf die Anlage 3, Tabelle 1 EnEV 2009/2013, verwiesen.

Es wird an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen, dass der Feuchtigkeitseintrag ins Mauerwerk durch Schlagregenbeanspruchung bei diesen Berechnungen nicht berücksichtigt ist! Es wird außerdem darauf hingewiesen, dass es sich bei den Berechnungen nur um Beispiele und nicht um allgemeingültige Modernisierungsvorschläge handelt!

Bei den hier dargestellten Berechnungen und Bewertungen der Bauteilquerschnitte werden nur die bauphysikalischen Aspekte des Wärme- und Feuchteschutzes beleuchtet. Es sei darauf hingewiesen, dass im Zuge von Planungen und Berechnungen weitere Aspekte wie beispielsweise Standsicherheit, Schallschutz und Brandschutz zu beachten sind.

Historische Vormauerung auf der Innenseite

9.4.1 Beispiele für Wände

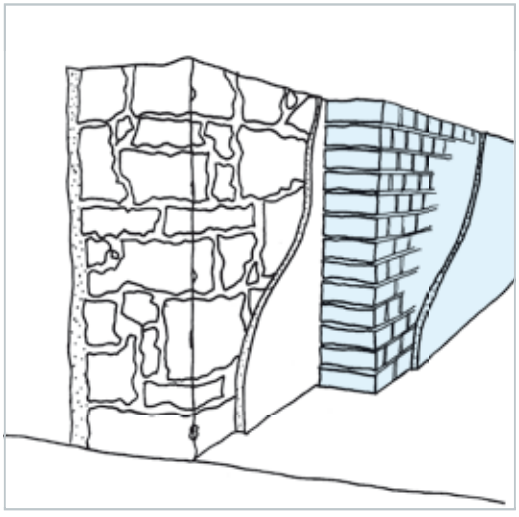
Massives Mauerwerk aus Kalkstein
Gesamtdicke 70 cm,
beidseitig verputzt.

Modernisierungsvariante 1
Innenseitige Lehm-Vormauerung
mit Innenputz

Wandaufbau von innen nach außen:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Kalkputz	1,5	1,0	1.800
Lehm-Vormauerung	15	0,17	600
Kalkgipsputz (Bestand)	1,5	0,7	1.400
Kalkstein (Bestand)	67	2,3	2.600
Kalkputz (Bestand)	1,5	1,0	1.800

Die Mauerwerksfugen werden mit »Kalk/Sand« angenommen, der Fugenanteil beträgt 8 %.

U-Wert (vorher)	1,94 [W/(m²K)]
U-Wert (nach Modernisierung)	**0,70 [W/(m²K)]**



Skizze des Aufbaus

Während die Anforderungen an die EnEV in diesem konkreten Berechnungsfall nicht erfüllt werden können, sind die Anforderungen an die Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003 eingehalten!

Bei der vorliegenden Konstruktion ist davon auszugehen, dass die innenseitige Vormauerung diffusionsoffener ist als das bestehende massive Mauerwerk. Nach DIN 4108-3:2001 errechnet sich der Tauwasseranfall mit 699 g/m², die Verdunstungsmenge beträgt 622 g/m². Die Tauwassermenge liegt damit zwar unter 1000 g/m², ist allerdings größer als die Verdunstungsmenge. Damit erfüllt die Konstruktion die Anforderungen der DIN 4108-3:2001 nicht.

Die Nachweise nach DIN EN ISO 13788:2001 für den Standort München ergeben eine negative Feuchtebilanz. Das in der Konstruktion anfallende Tauwasser verdunstet also bei diesem Berechnungsverfahren vollständig in den Sommermonaten.

Hinsichtlich des Feuchteschutzes empfiehlt sich bei einer derartigen Konstruktion ein gesonderter Nachweis mit Berücksichtigung des kapillaren Feuchtetransportes nach DIN EN 15026.

9.4.1 Beispiele für Wände

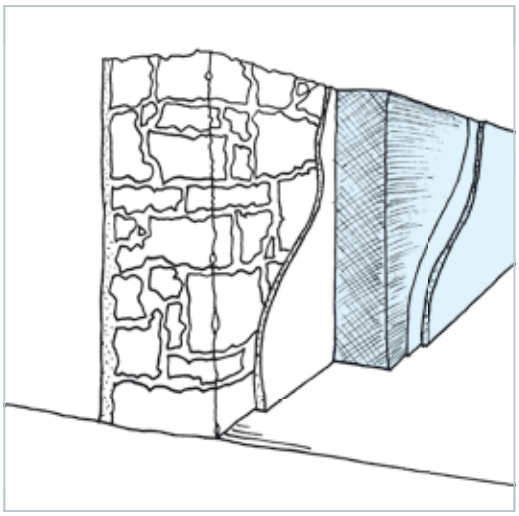
Massives Mauerwerk aus Kalkstein
Gesamtdicke 70 cm,
beidseitig verputzt.

Modernisierungsvariante 2
Innenseitige Mineralfaserdämmung
mit Wandverkleidung

Wandaufbau von innen nach außen:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Gipskartonbauplatten	2,5	0,25	800
Dampfbremse / Dampfsperre	0,03	–	–
Mineralfaserdämmung	14	0,035	30
Kalkgipsputz (Bestand)	1,5	0,7	1.400
Kalkstein (Bestand)	67	2,3	2.600
Kalkputz (Bestand)	1,5	1,0	1.800

Die Mauerwerksfugen werden mit »Kalk/Sand« angenommen, der Fugenanteil beträgt 8 %.

U-Wert (vorher)	1,94 [W/(m²K)]
U-Wert (nach Modernisierung)	**0,22 [W/(m²K)]**



Skizze des Aufbaus

Der U-Wert entspricht den Vorgaben der EnEV gemäß Anlage 3, Tabelle 1. Auch die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz sind eingehalten.

Wird bei dieser Konstruktion der S_d-Wert der Dampfbremse/Dampfsperre an die Dichtigkeit des Bestandsmauerwerks angepasst, ist die Konstruktion nach DIN 4108-3:2001 frei von Tauwasser. Es sei an dieser Stelle jedoch ausdrücklich auf die bereits an anderer Stelle erwähnten Probleme bei der Dichtigkeit von flankierenden oder die Dämm- und Dichtungsebene durchdringenden Bauteile hingewiesen. Hinsichtlich des Feuchteschutzes empfiehlt sich auch bei derartigen Konstruktionen ein gesonderter Nachweis mit Berücksichtigung des kapillaren Feuchtetransportes nach DIN EN 15026.

9.4.1 Beispiele für Wände

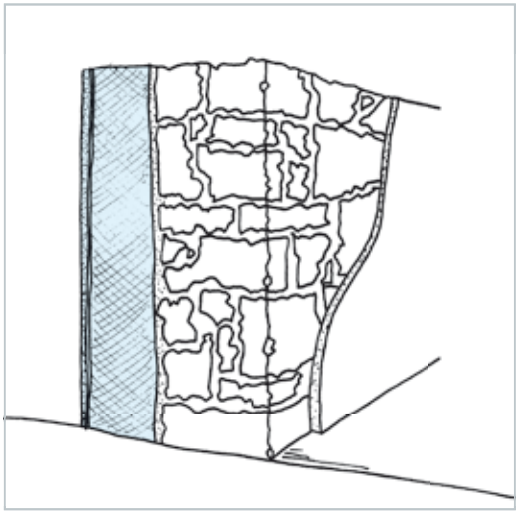
Massives Mauerwerk aus Kalkstein
Gesamtdicke 70 cm,
beidseitig verputzt.

Modernisierungsvariante 3
Außenseitige Mineralfaserdämmung
mit Außenputz (WDVS)

Wandaufbau von innen nach außen:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Kalkgipsputz (Bestand)	1,5	0,7	1.400
Kalkstein (Bestand)	67	2,3	2.600
Kalkputz (Bestand)	1,5	1,0	1.800
Mineralfaserdämmung	14	0,035	30
Gewebespachtelung und Putz	0,5	0,87	1.500

Die Mauerwerksfugen werden mit »Kalk/Sand« angenommen, der Fugenanteil beträgt 8 %.

U-Wert (vorher)	1,94 [W/(m²K)]
U-Wert (nach Modernisierung)	**0,22 [W/(m²K)]**



Skizze des Aufbaus

Der U-Wert entspricht den Vorgaben der EnEV gemäß Anlage 3, Tabelle 1. Auch die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz sind eingehalten.

Nach DIN 4108-3:2001 errechnet sich kein Tauwasseranfall in der Konstruktion. Damit erfüllt die Konstruktion die Anforderungen der DIN 4108-3:2001. Es sei hier allerdings ausdrücklich auf die bereits erwähnten Probleme bei Wärmedämmverbundsystemen hingewiesen!

9.4.1 Beispiele für Wände

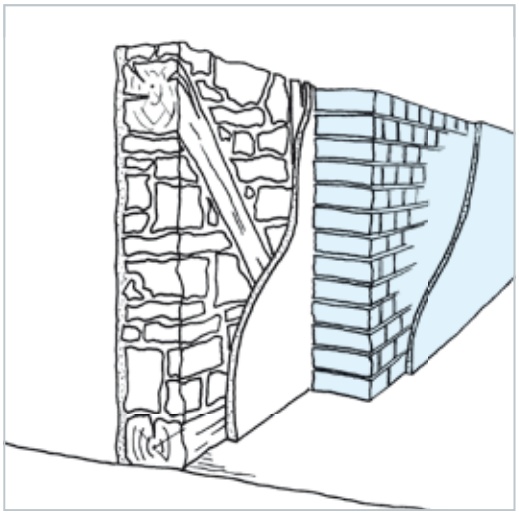
Beidseitig verputzte Fachwerkwand
Gesamtdicke 20 cm, beidseitig verputzt. Der Anteil der Fachwerkhölzer (Eiche) beträgt 25 % der Wandfläche.

Modernisierungsvariante 1
Innenseitige Lehm-Vormauerung mit Innenputz

Wandaufbau von innen nach außen:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Kalkputz	1,5	1,0	1.800
Lehm-Vormauerung	15	0,17	600
Kalkgipsputz (Bestand)	1,5	0,7	1.400
Kalkstein (Bestand)	16,5	2,3	2.600
bzw. Fachwerkhölzer Eiche (Bestand)	16,5	0,2	800
Kalkputz (Bestand)	2	1,0	1.800

Die Mauerwerksfugen werden mit »Kalk/Sand« angenommen, der Fugenanteil beträgt 8 %.

U-Wert (vorher)	3,02 [W/(m²K)]
U-Wert (nach Modernisierung)	**0,79 [W/(m²K)]**



Skizze des Aufbaus

Während die Anforderungen an die EnEV in diesem konkreten Berechnungsfall nicht erfüllt werden können, sind die Anforderungen an die Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003 eingehalten!

Nach DIN 4108-3:2001 errechnet sich der Tauwasseranfall mit 789 g/m², die Verdunstungsmenge beträgt 581 g/m². Die Tauwassermenge liegt damit zwar unter 1000 g/m², ist aber größer als 500 g/m² (zulässiger Bereich nach WTA-Merkblättern bei Holzkonstruktionen) und außerdem größer als die Verdunstungsmenge. Damit erfüllt die Konstruktion die Anforderungen der DIN 4108-3:2001 nicht.

Auch den Nachweise nach DIN EN ISO 13788:2001 (Standort München) besteht die Konstruktion nicht, da das anfallende Tauwasser nicht vollständig aus der Konstruktion entweicht.

Zu beachten ist dabei, dass die eventuelle Schlagregenbeanspruchung noch nicht mit berücksichtigt ist.

Hinsichtlich des Feuchteschutzes empfiehlt sich ein gesonderter Nachweis mit Berücksichtigung des kapillaren Feuchtetransportes nach DIN EN 15026.

9.4.1 Beispiele für Wände

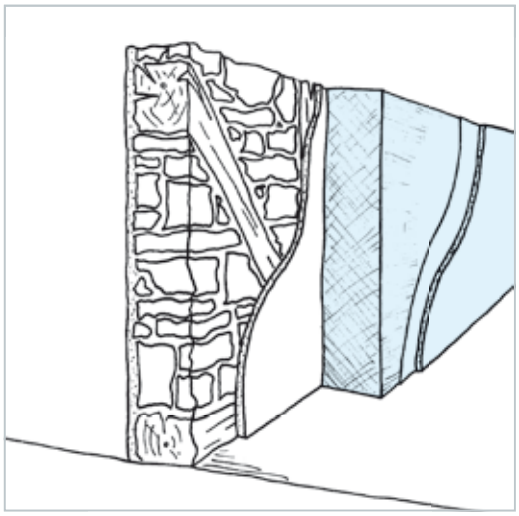
Beidseitig verputzte Fachwerkwand
Gesamtdicke 20 cm, beidseitig verputzt.
Der Anteil der Fachwerkhölzer (Eiche)
beträgt 25 % der Wandfläche.

Modernisierungsvariante 2
Innenseitige Mineralfaserdämmung
mit Wandverkleidung

Wandaufbau von innen nach außen:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Gipskartonbauplatten	2,5	0,25	800
Dampfbremse / Dampfsperre	0,03	–	–
Mineralfaserdämmung	14	0,035	30
Kalkgipsputz (Bestand)	1,5	0,7	1.400
Kalkstein (Bestand)	16,5	2,3	2.600
bzw. Fachwerkhölzer Eiche (Bestand)	16,5	0,2	800
Kalkputz (Bestand)	2	1,0	1.800

Die Mauerwerksfugen werden mit »Kalk/Sand« angenommen, der Fugenanteil beträgt 8 %.

U-Wert (vorher)	3,02 [W/(m²K)]
U-Wert (nach Modernisierung)	**0,23 [W/(m²K)]**



Skizze des Aufbaus

Der U-Wert entspricht den Vorgaben der EnEV gemäß Anlage 3, Tabelle 1. Auch die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz sind eingehalten.

Wird bei dieser Konstruktion der S_d-Wert der Dampfbremse / Dampfsperre an die Dichtigkeit des Bestandsmauerwerks angepasst, ist die Konstruktion nach DIN 4108-3:2001 frei von Tauwasser. Es sei an dieser Stelle jedoch ausdrücklich auf die bereits an anderer Stelle erwähnten Probleme hinsichtlich der Dichtigkeit des Anschlusses der Dampfbremse / Dampfsperre an flankierenden oder die Dämm- und Dichtungsebene durchdringenden Bauteile hingewiesen.

Außerdem ist der eventuelle Feuchteeintritt von außen (durch Schlagregen) besonders zu berücksichtigen, da durch die diffusionshemmende/diffusionsdichte Ebene ein Austrocknen nach innen ggf. nicht mehr möglich ist. Hinsichtlich des Feuchteschutzes empfiehlt sich daher auch bei derartigen Konstruktionen ein gesonderter Nachweis mit Berücksichtigung des kapillaren Feuchtetransportes nach DIN EN 15026.

9.4.1 Beispiele für Wände

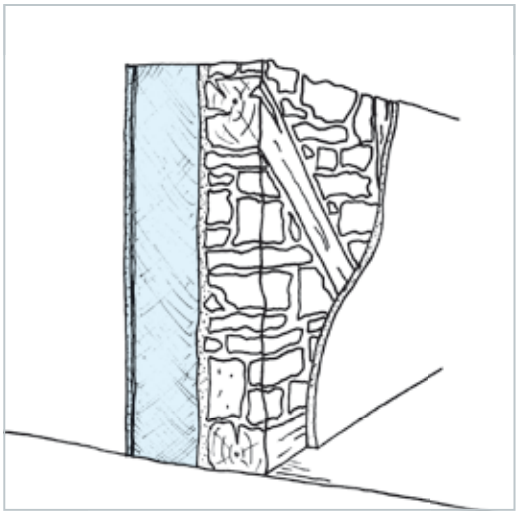
Beidseitig verputzte Fachwerkwand
Gesamtdicke 20 cm, beidseitig verputzt.
Der Anteil der Fachwerkhölzer (Eiche)
beträgt 25 % der Wandfläche.

Modernisierungsvariante 3
Außenseitige Mineralfaserdämmung
mit Außenputz (WDVS)

Wandaufbau von innen nach außen:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Kalkgipsputz (Bestand)	1,5	0,7	1.400
Kalkstein (Bestand)	16,5	2,3	2.600
bzw. Fachwerkhölzer Eiche (Bestand)	16,5	0,2	800
Kalkputz (Bestand)	2	1,0	1.800
Mineralfaserdämmung	14	0,035	30
Gewebespachtelung und Putz	0,5	0,87	1.500

Die Mauerwerksfugen werden mit »Kalk/Sand« angenommen, der Fugenanteil beträgt 8 %.

U-Wert (vorher)	3,02 [W/(m²K)]
U-Wert (nach Modernisierung)	**0,23 [W/(m²K)]**



Skizze des Aufbaus

Der U-Wert erfüllt die Anforderungen an die EnEV 2009 (Anlage 3, Tabelle 1) sowie die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz gemäß DIN 4108-2:2003.

Nach DIN 4108-3:2001 errechnet sich kein Tauwasseranfall in der Konstruktion. Damit erfüllt die Konstruktion die Anforderungen der DIN 4108-3:2001. Es sei hier allerdings ausdrücklich auf die bereits erwähnten Probleme bei Wärmedämmverbundsystemen hingewiesen!

Beispiele für Decken

Holzbalkendecke

als oberste Geschossdecke zum unbeheizten Dachraum mit einer Gesamtdicke von 24 cm.

Auf der Oberseite der Decke befinden sich Holzdielen als Laufbelag, die Unterseite der Decke ist verputzt. Zwischen den Deckenbalken befinden sich **Lehmwickel auf einer Holzstakung** sowie eine trockene Sandschüttung.

Modernisierungsvariante

Der Laufbelag wird entfernt, die Sandschüttung ausgebaut.

Die Deckenbalken werden um 12 cm aufgedoppelt. Damit ergibt sich zwischen den Deckenbalken/Aufdoppelungen eine mögliche Dämmstärke von 16 cm, in die eine Mineralfaserdämmung [Rohdichte 30 kg/m³, λ 0,035 W/mK] eingebaut wird.

Der Laufbelag wird dann wieder eingebaut. Auf eine Dampfbremse wird verzichtet.

Deckenaufbau von innen nach außen – Gefach:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Kalkgipsputz (Bestand)	2,5	0,7	1.400
Schilfrohr als Putzträger (Bestand)	1	0,06	55
Lehmwickel auf Holzstaken (Bestand)	14	0,5	1.200
Mineralfaserdämmung	4	0,035	30
Mineralfaserdämmung	12	0,035	30
Nadelholz – Dielen (Bestand wiederhergestellt)	2,5	0,13	600

Deckenaufbau von innen nach außen – Deckenbalken (Breite 18 cm, Achsabstand 75 cm):			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Kalkgipsputz (Bestand)	2,5	0,7	1.400
Schilfrohr als Putzträger (Bestand)	1	0,06	55
Nadelholz (Bestand)	18	0,13	600
Nadelholz	12	0,135	600
Nadelholz – Dielen (Bestand wiederhergestellt)	2,5	0,13	600

U-Wert (vorher)	0,96 [W/(m²K)]
U-Wert (nach Modernisierung)	**0,24 [W/(m²K)]**

Skizze des Aufbaus

Der U-Wert erfüllt die Anforderungen an die EnEV (Anlage 3, Tabelle 1) sowie die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz gemäß DIN 4108-2:2003.

Nach DIN 4108-3:2001 errechnet sich der Tauwasseranfall mit 661 g/m², die Verdunstungsmenge beträgt 1148 g/m². Die Tauwassermenge ist zwar niedriger als die Verdunstungsmenge, liegt aber über 500 g/m². Damit erfüllt die Konstruktion die Anforderungen nach den WTA-Merkblättern nicht.

Der Nachweis nach DIN EN ISO 13788:2001 für den Standort München ergibt einen Tauwasseranfall im Bauteil, der in den Sommermonaten vollständig entweicht. Nach diesem Nachweis ist die Konstruktion zulässig.

Auf Grundlage der oben genannten Nachweise sollte der Einbau einer diffusionshemmenden Ebene im Warmbereich vorgesehen werden. Es ist außerdem darauf zu achten, dass die Konstruktion im Kaltbereich diffusionsoffen ausgeführt wird. Der Laufbelag ist also so auszuführen, dass er die Deckenkonstruktion nicht abdichtet (z. B. keine Verwendung von Holzspanplatten, keine Abdeckung mit Gegenständen, keine Abdeckung mit Folien).

Dämmung der obersten Geschossdecke zwischen den Hölzern der Aufdoppelung der Balkenlage.

Beispiele für Decken

Holzbalkendecke
als oberste Geschossdecke zum unbeheizten Dachraum mit einer Gesamtdicke von 24 cm analog zum Aufbau des vorangegangenen Beispiels.

Zwischen den Deckenbalken befindet sich in diesem Fall **Kesselschlacke** als Fehlbodenauffüllung.

Modernisierungsvariante
Der Laufbelag wird entfernt und die Fehlbodenauffüllung ausgebaut.

Die Deckenbalken werden um 6 cm aufgedoppelt. Damit ergibt sich zwischen den Deckenbalken / Aufdoppelungen eine mögliche Dämmstärke von 16 cm, in die eine Mineralfaserdämmung eingebaut wird.

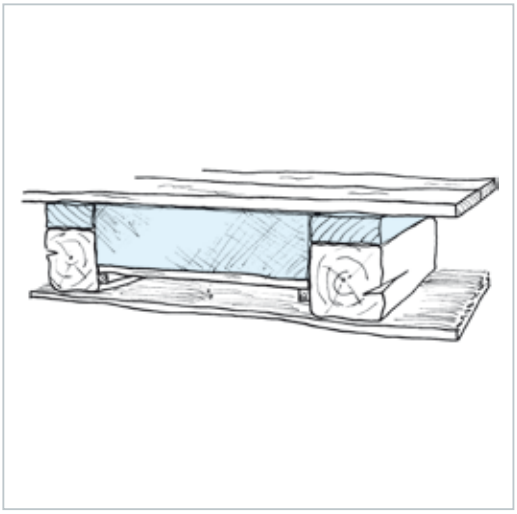
Der Laufbelag wird dann wieder eingebaut. Auf eine Dampfbremse wird verzichtet.

Deckenaufbau von innen nach außen – Gefach:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Kalkgipsputz	2,5	0,7	1.400
Schilfrohr als Putzträger	1	0,06	55
Ruhende Luftschicht	6	–	–
Fehlbodenbretter	2	0,13	600
Mineralfaserdämmung	16	0,035	30
Kesselschlacke (entfällt)			
Nadelholz – Dielen	2,5	0,13	600

Deckenaufbau von innen nach außen – Deckenbalken (Breite 18 cm, Achsabstand 75 cm):			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Kalkgipsputz	2,5	0,7	1.400
Schilfrohr als Putzträger	1	0,06	55
Nadelholz	18	0,13	600
Nadelholz	6	0,13	600
Nadelholz – Dielen	2,5	0,13	600

Die Decke wird, analog zum vorangegangen Beispiel, mit 16 cm Wärmedämmung verbessert.

U-Wert (vorher)	0,93 [W/(m²K)]
U-Wert (nach Modernisierung)	**0,24 [W/(m²K)]**



Skizze des Aufbaus

Der U-Wert erfüllt die Anforderungen an die EnEV (Anlage 3, Tabelle 1) sowie die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz gemäß DIN 4108-2:2003.

Sowohl der Nachweis nach DIN 4108-3:2001 als auch nach DIN EN ISO 13788:2001 ergeben keinen kritischen Tauwasseranfall in der Konstruktion. Das anfallende Tauwasser nach DIN 4108-3:2003 liegt mit 340 g/m^2 unter 500 g/m^2 und verdunstet während der Sommermonate wieder vollständig.

Es ist allerdings darauf zu achten, dass die Konstruktion im Kaltbereich diffusionsoffen ausgeführt wird. Der Laufbelag ist also so auszuführen, dass er die Deckenkonstruktion nicht abdichtet (z. B. keine Verwendung von Holzspanplatten, keine Abdeckung mit Gegenständen, keine Abdeckung mit Folien).

Beispiele für Decken

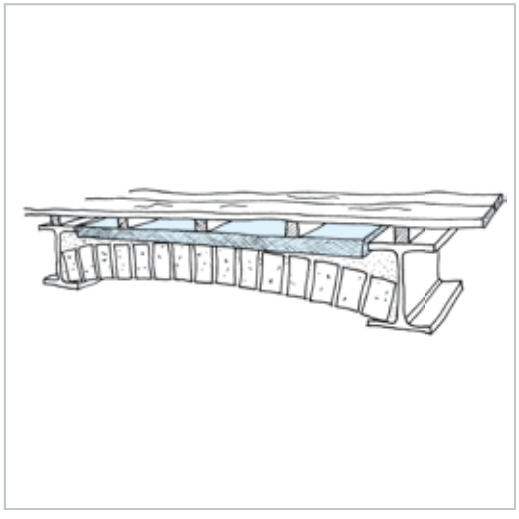
Kappendecke
als Decke zum unbeheizten Kellergeschoss mit einer Gesamtdicke von 27 cm.

Modernisierungsvariante
Es wird davon ausgegangen, dass keine Höhenveränderung beim Bodenbelag/-aufbau möglich ist. Dementsprechend wird im Zuge der Modernisierung lediglich die 6 cm dicke Sandschüttung zwischen den Lagerhölzern ausgebaut und durch eine **Mineralfaserdämmung** ersetzt.

Deckenaufbau von innen nach außen – Gefach:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Laufbelag Eichendielen (Bestand wiederhergestellt)	4	0,2	800
Mineralfaserdämmung	6	0,035	30
Sandschüttung (entfällt)	6	0,7	1.800
Mauerklinker (Bestand)	17	1,4	2.400

Deckenaufbau von innen nach außen – Stahlträger (Achsabstand 80 cm):			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Laufbelag Eichendielen (Bestand wiederhergestellt)	4	0,2	800
Lagerhölzer Eiche (Bestand)	4	0,2	800
Stahlträger (Bestand)	17	60	7.860

U-Wert (vorher)	0,78 [W/(m²K)]
U-Wert (nach Modernisierung)	**0,50 [W/(m²K)]**



Skizze des Aufbaus

Durch diese Art der Modernisierung werden die Anforderung der EnEV nicht mehr erfüllt.

Wird beim Nachweis nach DIN 4108-3:2001 für das Außenklima die Klimabedingung »gegen Erdreich« angesetzt, errechnet sich kein Tauwasseranfall in der Konstruktion. Die Tauwassermenge liegt mit 239 g/m² unter dem kritischen Wert von 500 g/m² und ist außerdem niedriger als die Verdunstungsmenge mit 365 g/m². Der Nachweis nach DIN EN ISO 13788:2001 ergibt keinen kritischen Tauwasseranfall in der Konstruktion. Das anfallende Tauwasser verdunstet während der Sommermonate wieder vollständig.

Bei einer solchen Konstruktion ist allerdings zu prüfen, in wieweit die Tauwasserbildung im Bauteilquerschnitt durch Abdichtungen gegen aufsteigende Feuchtigkeit beeinflusst wird. Im konkreten Berechnungsbeispiel wurden keine neuen Abdichtungsebenen vorgesehen.

Beispiele für Decken

Gewölbe aus Kalkstein
zum unbeheizten Kellergeschoss. Die Gesamtdicke des Gewölbes wird im Mittel mit 150 cm angenommen. Dabei ist die unterschiedliche Dicke des Gewölbes im Scheitel- und Kämpferbereich berücksichtigt.

Modernisierungsvariante
Es wird davon ausgegangen, dass keine Höhenveränderung beim Bodenbelag/-aufbau möglich ist. Dementsprechend wird im Zuge der Modernisierung lediglich die 10 cm dicke Sandschüttung zwischen den Lagerhölzern ausgebaut und durch eine Mineralfaserdämmung ersetzt.

Gewölbeaufbau von innen nach außen – Gefach:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Eichendielen als Laufbelag (Bestand wiederhergestellt)	4	0,2	800
Mineralfaserdämmung	10	0,035	30
Sandschüttung entfällt			
Kalkstein (Bestand)	150	2,3	2.600

Gewölbeaufbau von innen nach außen – Bereich Lagerhölzer für den Bodenbelag, Breite 10 cm, Achsabstand 100 cm:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Eichendielen als Laufbelag (Bestand wiederhergestellt)	4	0,2	800
Lagerhölzer Eiche (Bestand)	10	0,2	800
Kalkstein (Bestand)	150	2,3	2.600

Die Mauerwerksfugen werden mit »Kalk/Sand« angenommen, der Fugenanteil beträgt 8 %.

U-Wert (vorher)	0,78 [W/(m²K)]
U-Wert (nach Modernisierung)	**0,30 [W/(m²K)]**

Skizze des Aufbaus

Der U-Wert erfüllt die Anforderungen an die EnEV (Anlage 3, Tabelle 1) sowie die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz gemäß DIN 4108-2:2003. Wird der Nachweis für den Scheitelpunkt des Gewölbes geführt und die Dicke des Gewölbes mit nur 30 cm angesetzt, errechnet sich ein U-Wert von 0,36 [W/(m²K)]. Wird beim Nachweis nach DIN 4108-3:2001 für das Außenklima die Klimabedingung »gegen Erdreich« angesetzt, errechnet sich kein Tauwasseranfall in der Konstruktion. Bei diesem Nachweis ist für das Gewölbe der Bereich mit der geringsten Bauteildicke (Scheitel) anzusetzen, da hier die Diffusionsdichtigkeit in den Kaltbereich am geringsten ausgeprägt ist. Bei einer solchen Konstruktion ist außerdem zu prüfen, in wieweit die Tauwasserbildung im Bauteilquerschnitt durch Abdichtungen gegen aufsteigende Feuchtigkeit beeinflusst wird. Im konkreten Berechnungsbeispiel wurden keine neuen Abdichtungsebenen vorgesehen.

9.4.1.1 Beispiel für ein Dach

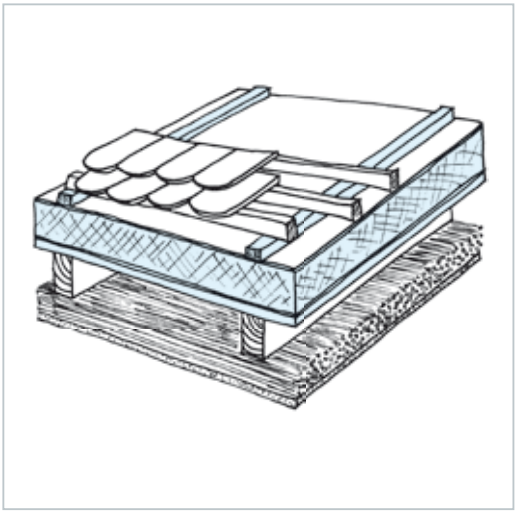
Dach
mit Sparren (12 / 12 cm) aus Nadelholz im Abstand von 80 cm. Der Zwischensparrenbereich ist nicht gedämmt. Da sich die Sparren im Bestand im ungedämmten, von Kaltluft umströmten Bereich befinden, werden diese bei der Ermittlung des U-Wertes im Bestand nicht berücksichtigt.

Modernisierungsvariante
Das Dach wird im Zuge der Modernisierung mit einer Schalung, einer Dampfbremse und einer 14 cm dicken Aufsparrendämmung versehen. Die Hinterlüftung der Dacheindeckung wird über eine Konterlattung gewährleistet, als wasserführende Ebene wird eine Unterspannbahn auf der Aufsparrendämmung angebracht.

Dachaufbau von innen nach außen – Gefach:			
Werkstoff	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Kalkgipsputz (Bestand)	1,5	0,7	1.400
Schilfrohrmatten (Bestand)	1	0,06	55
Luftschicht belüftet (Bestand)	12	–	–
Bretterschalung	2	0,13	600
Dampfbremse S_d 30 m	0,01	–	–
Mineralfaserdämmung	14	0,035	30
Dampfbremse S_d 0,02 m	0,01	–	–
Konterlattung	4	–	–
Traglattung (Bestand wiederhergestellt)	2	–	–
Dacheindeckung (Bestand wiederhergestellt)	4	–	–

Dachaufbau von innen nach außen – Bereich Sparren, Breite 12 cm, Achsabstand 80 cm:			
Werkstoff (Bestand)	Dicke [cm]	Lambda-Wert [W/(mK)]	Rohdichte [kg/m³]
Kalkgipsputz (Bestand)	1,5	0,7	1.400
Schilfrohrmatten (Bestand)	1	0,06	55
Sparren (Bestand)	12	–	–
Bretterschalung	2	0,13	600
Dampfbremse S_d 30 m	0,01	–	–
Mineralfaserdämmung	14	0,035	30
Dampfbremse S_d 0,02 m	0,01	–	–
Konterlattung	4	–	–
Traglattung (Bestand wiederhergestellt)	2	–	–
Dacheindeckung (Bestand wiederhergestellt)	4	–	–

U-Wert (vorher)	2,45 [W/(m²K)]
U-Wert (nach Modernisierung)	**0,22 [W/(m²K)]**



Skizze des Aufbaus

Der U-Wert erfüllt die Anforderungen an die EnEV (Anlage 3, Tabelle 1) sowie die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz gemäß DIN 4108-2:2003.

Der Nachweis nach DIN 4108-3:2001 ergibt keinen kritischen Tauwasseranfall in der Konstruktion. Das anfallende Tauwasser verdunstet während der Sommermonate wieder vollständig.

9.4.1.2 Modernisierung eines Fensters mit Einfachverglasung

Die Fenstergröße beträgt 70×140 cm. Bei dem Fensterrahmen handelt es sich um einen Weichholzrahmen (5×3 cm), der zusätzlich mit einer Kämpfersprosse (5×3 cm) ausgestattet ist. Bei der Verglasung handelt es sich um eine Einfachverglasung (U_g = 5,80).

Beim Umbau des Fensters zum Kastenfenster wird im Innenbereich ein neuer Fensterflügel mit Einfachverglasung vorgesetzt und ein Fensterkasten ausgebildet, der die beiden Fensterebenen verbindet (im Gegensatz zum einfachen Einsetzen einer zusätzlichen Fensterebene in die Laibung). Der Zwischenraum zwischen Außen- und Innenfenster hat eine Tiefe von 10 cm. Die Dicke des Rahmens wird analog zum Bestand mit einer Dicke von 3,00 cm gewählt, der U-Wert des Rahmens beträgt damit U_f = 2,50, der U-Wert der neuen Innenverglasung mit U_g = 5,80 (Scheibendicke 3 mm).

U_W-Wert (vorher):	5,33 [W/(m²K)]
U_W-Wert (nach Modernisierung, Innenfenster mit Einfach verglasung oder Winterfenster):	2,84 [W/(m²K)]

Zwar liegt der U_W-Wert damit über dem zulässigen Wert gemäß EnEV (Anlage 3, Tabelle 1), allerdings wird der Wärmedurchgangskoeffizient gegenüber dem Bestand erheblich verbessert.

Wird für das Innenfenster eine beschichtete Verglasung eingesetzt, ist eine weitere Reduzierung des Wärmedurchgangskoeffizienten möglich. Beim Einsatz einer Verglasung mit einer Beschichtung (angenommener Emissionsgrad 0,25) reduziert sich der U_W-Wert beim untersuchten Fenster wie folgt:

U_W-Wert (vorher):	5,33 [W/(m²K)]
U_W-Wert (nach Modernisierung, Innenfenster mit beschichteter Verglasung):	2,07 [W/(m²K)]

Eine weitere Verbesserung lässt sich erzielen, wenn für die innere Scheibe eine Isolierverglasung (angenommener U_g-Wert = 1,1, angenommener g-Wert 60 %) eingesetzt wird.

U_W-Wert (vorher):	5,33 [W/(m²K)]
U_W-Wert (nach Modernisierung, Innenfenster mit Isolierverglasung):	1,15 [W/(m²K)]

Bei dieser Modernisierungsvariante liegt der U_W-Wert unterhalb des zulässigen Wertes gemäß EnEV (Anlage 3, Tabelle 1).

Beim Einsatz einer Isolierverglasung für das innere Fenster sind allerdings auf nach Norden orientierten Fenstern zunehmend Fälle zu beobachten, bei denen es, insbesondere wegen der fehlenden solaren Wärmegewinne, zum »Beschlagen« des Fensters im Luftraum zwischen dem neuen und dem alten Fenster kommt. Ursächlich hierfür ist vermutlich die deutliche Abkühlung des Luftraumes und die dadurch reduzierte Wasseraufnahmefähigkeit der Luft. Abhilfe kann hier meist durch die Wahl einer lediglich beschichteten Einfachverglasung am Innenfenster statt der Isolierglasscheibe geschaffen werden.

Die fehlenden solaren Wärmegewinne von außen werden dann durch die »Beheizung« des Zwischenraumes von innen kompensiert.

Im Zuge der Planung dürfen sich daher die Nachweise nicht ausschließlich auf die Ermittlung des U_W-Wertes reduzieren. Vielmehr sind alle weiterführenden Auswirkungen der Modernisierung zu prüfen. Wird das Bestandsfenster durch ein neues Fenster ersetzt, kann sich der U_W-Wert ähnlich darstellen.

Werden Modernisierungsmaßnahmen an Fenstern geplant, sind neben den jeweiligen Bauteilverbesserungen auch die Auswirkungen auf die Gesamtenergiebilanz des Gebäudes zu beachten und die Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit zu bewerten. Fenster und Außentüren stellen in der Regel den kleinsten Anteil der gesamten Hüllfläche eines Gebäudes dar. Unter Berücksichtigung des prozentualen Anteils der Fenster an der Gesamtfläche der thermischen Gebäudehülle können unter Umständen geringfügige und denkmalverträgliche Verbesserungen (zusätzlicher Fensterflügel mit Einfachverglasung oder Winterfenster) und die daraus resultierenden Gesamtenergieeinsparungen auch unter finanziellen Gesichtspunkten wirtschaftlicher sein als ein umfangreicher Eingriff (z. B. der Austausch des Fensters).

Im Folgenden wurden für ein Baudenkmal mit einem Fensterflächenanteil von 15 % an der Fassadenfläche folgende Werte für den gesamt Endenergiebedarf ermittelt:

U_W-Wert Fenster	Endenergiebedarf $Q_{W,WE}$	Prozentuale Reduzierung gegenüber Bestand
U_W = 5,33	225,4	
U_W = 2,84	179,3	rund 20 %
U_W = 2,07	165,1	rund 26 %
U_W = 1,15	148,4	rund 34 %

Beim ersten Wert des Endenergiebedarfs sind bereits Verbesserungen an den übrigen Bauteilen (Wände, Decken, Dach) berücksichtigt.

Die dargestellten Werte zeigen deutlich, dass schon bei einfachen baulichen Maßnahmen an den Fenstern (zusätzlicher Fensterflügel mit Einfachverglasung) eine erhebliche Einsparung gegeben ist. Weiterführende Maßnahmen, wie der Einsatz einer beschichteten Verglasung oder der Einsatz einer Isolierverglasung / Fenstertausch, erhöhen das theoretische Einsparpotential um 6 bzw. um 14 Prozentpunkte. In diesem Zusammenhang sind die jeweiligen Mehrinvestitionen für bauliche Maßnahmen den entsprechenden Einsparungen gegenüberzustellen.

Abschließend sei nochmals darauf hingewiesen, dass der U_W-Wert der verbesserten oder der neuen Fenster auf den U-Wert der an den Raum angrenzenden Außenbauteile anzupassen ist und dass das Innenfenster eine entsprechende Dichtigkeit aufzuweisen hat.

9.5 Abschließende Bemerkung

Bei den hier dargestellten Bauteilen bzw. den Verbesserungsmöglichkeiten hinsichtlich des Wärmeschutzes handelt es sich um keine allgemeingültigen Ausführungsempfehlungen. Inzwischen gibt es eine Vielzahl von Baustoffen, die dazu geeignet sind, den baulichen Wärmeschutz zu verbessern. Es ist die Aufgabe des Planers, verantwortungsvoll mit der historischen Bausubstanz umzugehen und die geeigneten Maßnahmen sorgfältig zu planen und auf eine fachgerechte Umsetzung der Maßnahmen zu achten.

Die Problematik der Kondensatbildung in den Bauteilen, gerade bei der Innendämmung, wurde auf unterschiedliche Weise rechnerisch dargestellt, da hier eine große Gefahr der Schädigung von Bauteilen (durch Wärmeschutzmaßnahmen) gegeben ist. Auch hier gilt der Grundsatz, dass durch entsprechende Planung und Ausführung Fehler und damit Schäden zu vermeiden sind.

Es ist auch als Aufgabe des Planers zu sehen, die unterschiedlichen Flächenanteile der jeweiligen Bauteile und die Auswirkungen der einzelnen Verbesserungen auf das Gesamtsystem genau zu untersuchen. Sind beispielsweise Verbesserungen bei den Fenstern mit einem relativ geringen Flächenanteil nicht oder nur schwierig möglich, können eventuell Verbesserungen bei der obersten Geschossdecke mit einem wesentlich größeren Flächenanteil durchgeführt werden, ohne dass hierdurch das Erscheinungsbild des Denkmals beeinträchtigt wird.

An dieser Stelle sei auch an die Vorbemerkung zu diesem Kapitel erinnert: Der bauliche Wärmeschutz ist zwar wichtig, gerade bei denkmalgeschützten Gebäuden sollte er aber nicht als einziger Maßstab für Verbesserungen gesehen werden. Es ist eine verantwortungsvolle Aufgabe, den denkmalgeschützten Gebäudebestand dauerhaft zu erhalten und nicht durch eventuell übertriebene bauliche Wärmeschutzmaßnahmen zu gefährden oder gar zu zerstören.

Sind bauliche Maßnahmen nicht im gewünschten Umfang durchführbar, bieten sich eventuell auch andere Möglichkeiten an, um ein angenehmes und gesundes Raumklima zu schaffen und die Kosten für den Energieverbrauch zu reduzieren, zum Beispiel in der technischen Gebäudeausrüstung. Durch den Einsatz erneuerbarer Energien kann außerdem ein wichtiger Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz geleistet werden.

10 Baurechtliche und verfahrenstechnische Fragen

Allgemeines
Nach geltendem Baurecht muss ein Bauwerk zum Zeitpunkt der Genehmigung, bzw. zum Zeitpunkt der Ausführung, bei Anzeigeverfahren oder Freistellung den geltenden Vorschriften entsprechen. Bei denkmalgeschützten baulichen Anlagen ist dies in der Regel mit der Erteilung von Abweichungen verknüpft. Bei Nutzungsänderung oder der Änderung der äußeren Gestalt ist auch das Planungsrecht zu prüfen.

Nur aus Gründen erheblicher Gefahr für Leben und Gesundheit kann die Bauaufsichtsbehörde in Bayern an bestehende bauliche Anlagen neue Anforderungen stellen. Letzteres gilt insbesondere hinsichtlich des vorbeugenden Brandschutzes. Das Schutzziel des Brandschutzes gilt in erster Linie der Evakuierung von Menschen und Tieren sowie der Möglichkeit zu wirksamen Löschmaßnahmen und der Verhinderung der Ausbreitung von Feuer und Rauch. Weitere Schutzziele, wie der Erhalt des Kulturgutes und des Wirtschaftsgutes, sind ebenso zu beachten, aber nicht Inhalt der Bauordnung.

10.1 Differenzierung der Begriffe Denkmalschutz und Denkmalpflege[1, 2]

Die Begriffe »Denkmalschutz« und »Denkmalpflege« werden häufig selbst von Fachleuten nicht korrekt verwendet.

Unter **Denkmalschutz** sind alle zum Schutz des Denkmals gehörenden hoheitlichen Maßnahmen der öffentlichen Hand zu verstehen, wie z. B. das Denkmalschutzgesetz und viele weitere Gesetze und Vorschriften.

Der Begriff **Denkmalpflege** hingegen definiert alle Maßnahmen und Regelungen zum Erhalt der Denkmäler als Kulturgut. Unter Denkmalpflege sind dementsprechend alle Maßnahmen nicht hoheitlicher Art zu verstehen, die den Erhalt, die Instandsetzung und die Instandhaltung eines Denkmals bewirken.

Denkmäler aller Art, Bauten, archäologische Funde und bewegliche Denkmäler, sind Kulturgüter. Der kulturelle Wert ergibt sich aus der Unvermehrbarkeit und der Unwiederbringlichkeit des Denkmals. Daraus ist das Ziel der Denkmalschutzgesetze zur absoluten oder zumindest optimierten Pflege des Denkmalbestandes im Rahmen der bestehenden Schutzbestimmungen abgeleitet. Für die praktische Anwendung sind darunter die materiell ausgeführten, vorsorgenden, erhaltenden und beratenden Tätigkeiten, die nicht vom Staat und den Behörden ausgeübt werden, zu verstehen.

Alle Maßnahmen an Denkmälern müssen den Grundsätzen der Denkmalverträglichkeit entsprechen. Davon hängt die Genehmigungsfähigkeit oder die Grundlage für eine Erlaubnis ab. Angaben zur »Pflege« der Denkmäler sind u. a. in der Charta von Venedig (CvV) genannt. Einzelheiten zum Verfahren und den technischen Besonderheiten sind z. B. im Heft »Baumaßnahmen an Baudenkmälern – Kooperation und optimaler Ablauf«[3] genannt.

10.2 Denkmalschutz

Wie oben bereits erwähnt, handelt es sich beim Denkmalschutz um hoheitliche Maßnahmen der öffentlichen Hand. Dementsprechend sind zu schützende Denkmäler u. a. nach folgenden Schutznormen und Gesetzen zu behandeln:

Einzeldenkmal, Ensemble, bewegliche Denkmäler:	Denkmalschutzgesetze der Länder (DSchG) Baugesetzbuch (BauGB)
Ortsbild:	Baugesetzbuch (BauGB), Bauordnungen (BO)
Naturdenkmal:	Naturschutzgesetze

Damit sind folgende Regelungsbereiche verbunden:

Erhaltungspflichten und Gebote:	DSchG, BauGB, BO
Verbote und Sanktionen:	DSchG, BauGB, BO, StGB, Ortsrecht
Verfahrenspflichten, (Genehmigung, Erlaubnis):	DSchG, BauGB, BO, StGB, StBauF, Ortsrecht
Planung und Denkmal:	Raumordnungsgesetze (ROG-Bund), Landesplanungsgesetze (LPIG) DSchG, BauGB, Gemeindeordnung (GO), Fachgesetze
Grundsätze der Denkmalpflege:	DSchG, BauGB, BO, Internationale Übereinkommen, Grundsatztexte

Dankmaldefinition

Die Definition eines Denkmals findet sich in Art. 1 des Bayerischen Denkmalschutzgesetzes (DSchG). Die Eintragung in die öffentlich einsehbare Denkmalliste (www.blfd.bayern.de) ist in Art. 2 DSchG geregelt. Dabei ist zu beachten, dass in Bayern ein Bauwerk auch dann ein Baudenkmal sein kann, wenn es (noch) nicht in der Denkmalliste eingetragen ist, da die Denkmalliste in Bayern lediglich nachrichtlichen Charakter hat.

Zuständigkeiten

Dem Denkmalschutz obliegt die hoheitlich-rechtliche Aufgabe und Verantwortung, der Denkmalpflege die fachliche Beratung und Fürsorge für den hoheitlichen Denkmalschutz, sie stellt somit eine öffentliche Aufgabe dar. Das Denkmal an sich ist in Art. 1 des Bayer. DSchG definiert.

Denkmalschutzbehörden sind Dienststellen der sogenannten allgemeinen inneren Verwaltung. Denkmalfachbehörden (in der Regel die Landesämter für Denkmalpflege) sind Einrichtungen der Länder, die für die Erfassung und Erforschung der Denkmäler, die Erstellung von Gutachten und die fachliche Betreuung von Maßnahmen zuständig sind. Oberstes Ziel der Denkmalschutzgesetze ist der absolute oder zumindest der optimierte Erhalt des Denkmals bei Eingriffen aller Art.

Wie oben bereits dargelegt, besteht das grundlegende Ziel des Denkmalschutzes bzw. der Denkmalschutzgesetze darin, Denkmäler zu erhalten. Dies gilt insbesondere dann, wenn an Denkmälern Eingriffe – egal welcher Art – vorgenommen werden. Hinsichtlich der Differenzierung zwischen Denkmalschutz und Denkmalpflege und der diesbezüglichen Zuständigkeiten findet sich im §1 des Thüringer Denkmalschutzgesetztes (ThürDSchG) folgende Definition:

»Dabei obliegt dem Denkmalschutz die hoheitlich-rechtliche Aufgabe und Verantwortung, der Denkmalpflege die fachliche Beratung und Fürsorge für den hoheitlichen Denkmalschutz.«

Diese Definition kann auch auf andere Bundesländer, z. B. Bayern, übertragen werden. Der Vollzug des DSchG erfolgt durch die Denkmalschutzbehörden (z. B. Untere Denkmalschutzbehörden bei Stadtverwaltungen im übertragenen Wirkungskreis oder in den Landratsämtern). Die Denkmalfachbehörden hingegen sind Einrichtungen der Länder (z. B. Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege). Sie sind unter anderem für die fachliche Betreuung von Maßnahmen bzw. für die Erfassung und Erforschung von Denkmälern zuständig.

1 Quelle: Martin/Krautzberger: »Handbuch Denkmalschutz und Denkmalpflege«, Verlag C. H. Beck, München, 3. Auflage 2010

2 Quelle: Handbuch Denkmalschutz und Denkmalpflege – einschließlich Archäologie – Recht – fachliche Grundsätze – Verfahren – Finanzierung, hrsg. in Zusammenarbeit mit der Deutschen Stiftung Denkmalschutz von

3 Dieter J. Martin, Michael Krautzberger, München 2004. »Baumaßnahmen an Baudenkmälern«, herausgegeben von der Bayerischen Ingenieurekammer-Bau, der Bayerischen Architektenkammer und dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege, erschienen in der Reihe »Denkmalpflege Informationen«, Sonderinfo 2/2008 des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege.

Genehmigungs- und Erlaubnispflicht
Nach Art. 6 Bayerisches DSchG ist eine Erlaubnis dann notwendig, wenn man »(…) Baudenkmäler beseitigen, verändern oder an einen anderen Ort verbringen oder geschützte Ausstattungsstücke beseitigen, verändern, an einen anderen Ort verbringen oder aus einem Baudenkmal entfernen will (…)«.

Zu beachten ist dabei, dass eine solche Erlaubnis auch dann notwendig ist, wenn bauliche Eingriffe in der Nähe eines Denkmals oder im Ensemble stattfinden und sich diese Eingriffe auf das Ensemble bzw. auf das äußere Erscheinungsbild des Denkmals auswirken (Art. 6, Abs. 1, Satz 2 und 3 DSchG). Abweichungen, beispielsweise im Zuge eines Bauantragsverfahrens, sind in Art. 6, Abs. 3 und 4 DSchG geregelt.

Die Erlaubnispflicht erstreckt sich auch auf Bodendenkmäler. Bei Grabungen (z. B. Schürfen, Gründung für einen Anbau, Absenken des Bodenniveaus mit dabei notwendigem Aushub etc.) ist die Erlaubnispflicht nach Art. 7 DSchG zu beachten.

Eigentümerrechte
Die Eigentümerrechte werden im Denkmalschutzgesetz nur gestreift. Der Anspruch des Eigentümers auf finanzielle Unterstützung durch das Land sowie durch die kommunalen Gebietskörperschaften ist in Art. 22 des Bayerischen DSchG geregelt, der Anspruch auf eine Steuerbescheinigung in Art. 25. Bei Fund eines Schatzes sind die Rechte in § 984 BGB geregelt, wonach Entdecker und Grundeigentümer jeweils Miteigentümer zur Hälfte werden.

Eigentümerpflichten
Der Eigentümer eines Denkmals ist nach Art. 4 Abs. 1 DSchG dazu verpflichtet, dieses nach denkmalpflegerischen Grundsätzen zu erhalten, zu pflegen, instand zu setzen und vor Gefahren zu schützen. Dabei sollen Baudenkmäler möglichst entsprechend ihrer ursprünglichen Zweckbestimmung genutzt werden (Art. 5, Satz 1 DSchG). Soweit dies nicht möglich ist, soll eine Nutzung gewählt werden, die eine möglichst weitgehende Erhaltung des Denkmals auf Dauer gewährleistet (Art. 5, Satz 2 und 3 DSchG).

10.3 Denkmalrechtliche Erlaubnis für Voruntersuchungen

Bei baulichen Änderungen an Denkmälern ist in der Regel eine Voruntersuchung zur Erkundung des Bestandes, wie z. B. Tragwerke, Baustoffe und Ausstattung, durchzuführen. Dabei ist die Untere Denkmalschutzbehörde in Verbindung mit dem Landesamt für Denkmalpflege zu beteiligen.

Dies dient dazu, die Wertigkeit des Gebäudes und seiner Ausstattung festzustellen und gleichzeitig festzulegen, an welchen Stellen weiterführende Untersuchungen notwendig sind. Auch die Art dieser Untersuchungen wird in diesem Zusammenhang definiert (z. B. Offenlegen verschiedener Anstriche). Sind bei den Untersuchungen Eingriffe erforderlich, ist bei der Unteren Denkmalschutzbehörde eine denkmalrechtliche Erlaubnis nach Art. 6 DSchG zu beantragen.

10.4 Verfahrensfreie Maßnahmen (ohne Baugenehmigung)

Verfahrensfreie Maßnahmen sind in Art. 57 BayBO abschließend aufgezählt. Dazu gehören z. B. alle Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung wie Heizung, Lüftung, Elektroinstallation sowie Solaranlagen mit einer Größe von maximal 9 m² auf Dachflächen und Außenwandflächen, Außenwandbekleidungen und die Änderung nichttragender und nichtaussteifender Bauteile, in Wohngebäuden sogar die Änderung tragender Teile sowie von Fenster- und Türöffnungen.

Im Genehmigungsfreistellungsverfahren nach Art. 58 BayBO sind die Baupläne bei der Gemeinde einzureichen, die prüft, ob doch ein Genehmigungsverfahren durchgeführt werden soll. Das Genehmigungsfreistellungsverfahren ist nur im Geltungsbereich eines Bebauungsplanes möglich.

Bei der Durchführung von ansonsten verfahrensfreien Maßnahmen ist für alle mit Änderungen an einem Baudenkmal verbundenen Maßnahmen immer ein Antrag auf denkmalrechtliche Erlaubnis nach Art. 6 bzw. 7 DSchG und gegebenenfalls ein Antrag auf Abweichungen von Bauvorschriften nach Art. 63 BayBO zu stellen.

10.5 Vereinfachtes Genehmigungsverfahren

In allen Fällen, in denen keine genehmigungsfreie Maßnahme nach Art. 57 BayBO und kein Sonderbau nach Art. 2 Abs. 4 BayBO vorliegt, wird das vereinfachte Genehmigungsverfahren durchgeführt, in dem die Bauaufsichtsbehörde nur noch das Planungsrecht und die Ortssatzungen prüft und unter anderem die Auflagen der denkmalrechtlichen Erlaubnis in den Genehmigungsbescheid aufnimmt.

Abweichungen von Bauvorschriften sind hier zusätzlich zu beantragen, da die Behörde diese aus den Bauvorlagen nicht erkennen kann. Alle materiell-rechtlichen Anforderungen nach der Bauordnung hat der Entwurfsverfasser bzw. der Bauherr selbständig einzuhalten und zu vertreten.

10.6 Baugenehmigungsverfahren bei Sonderbauten

Bei Sonderbauten wird das volle Genehmigungsverfahren durchgeführt. In Art. 2 Abs. 4 BayBO sind die Sonderbauten in 18 Punkten abschließend aufgezählt. Dazu zählen z. B.

- Hochhäuser,
- bauliche Anlagen von mehr als 30 m Höhe,
- Verkaufsstätten mit mehr als 800 m² Fläche,
- Gebäude mit Räumen zur Nutzung von mehr als 100 Personen,
- Versammlungsstätten, die insgesamt mehr als 200 Besucher fassen,
- Gaststätten mit mehr als 40 Gastplätzen in Gebäuden,
- Beherbergungsstätten mit mehr als 12 Betten,
- Krankenhäuser,
- Heime,
- Schulen usw.

Dabei sind hinsichtlich des Bandschutzes nach §11 Bauvorlagenverordnung zusätzliche Angaben zu machen. Die Auflagen der denkmalrechtlichen Erlaubnis und die Behandlung von Abweichungen werden in den Genehmigungsbescheid aufgenommen.

10.7 Bauaufsichtliche Zustimmung bei öffentlichen Bauherrn

Nicht verfahrensfreie Bauvorhaben bedürfen keiner Baugenehmigung, Genehmigungsfreistellung und Bauüberwachung, wenn die Leitung der Entwurfsarbeiten und die Bauüberwachung einer Baudienststelle des Bundes, Landes oder eines Bezirkes übertragen sind.

Für Landkreise und Gemeinden gilt dies analog, wenn diese Gebietskörperschaften mit mindestens einem Bediensteten des höheren bautechnischen Verwaltungsdienstes und mit sonstigen geeigneten Fachkräften besetzt sind. Damit entfällt die Zuständigkeit der Unteren Bauaufsichtsbehörde (Landratsamt, kreisfreie Stadt oder Große Kreisstadt), aber nicht die Beteiligung des Landesamtes für Denkmalpflege.

10.8 Prüfpflicht der Standsicherheit und des vorbeugenden Brandschutzes

In Art. 62 Abs. 3 BayBO ist die Prüfpflicht der Standsicherheitsnachweise und des Brandschutznachweises unabhängig von den Genehmigungsverfahren geregelt. Maßgebend sind allein die Gebäudeklassen nach Art. 2 Abs.3 BayBO.

Die Gebäudeklassen sind unter anderem über die Höhe (H) der Fußbodenoberfläche des obersten Geschosses, in dem Aufenthaltsräume möglich sind, gemessen von der Oberkante des Geländes, definiert. Dabei ist zu beachten, dass auch nicht ausgebaute Dachgeschosse dann zu berücksichtigen sind, wenn die Möglichkeit besteht, dort zu einem späteren Zeitpunkt einen Aufenthaltsraum einzurichten.

Gebäudeklasse 1	H bis 7 m und höchstens 2 Nutzungseinheiten mit insgesamt höchstens 400 m² Bruttogeschossfläche, freistehend
Gebäudeklasse 2	wie Geb. Kl. 1 jedoch nicht freistehend
Gebäudeklasse 3	alle Gebäude mit H bis 7 m
Gebäudeklasse 4	H zwischen 7 m und 13 m, je Nutzungseinheit höchstens 400 m² BGF
Gebäudeklasse 5	sonstige Gebäude, unterirdische Gebäude

Zur Gebäudeklasse 1 gehören zusätzlich alle land- und forstwirtschaftlich genutzten Gebäude, ansonsten ist die Gebäudeklasse unabhängig von der Nutzung.

Die Standsicherheitsnachweise und -pläne sind bei Gebäudeklasse 4 und 5 immer zu prüfen, bei Gebäuden der Gebäudeklasse 1 bis 3 nur dann, wenn der Kriterienkatalog nach Anlage 2 der Bauvorlagenverordnung dies aufgrund der statischen Schwierigkeit erfordert.

Bei Sonderbauten, Mittel- und Großgaragen sowie bei Gebäuden der Gebäudeklasse 5 muss der Brandschutznachweis durch einen Prüfsachverständigen geprüft sein oder er wird bauaufsichtlich geprüft.

Wärme- und Schallschutznachweise werden generell nicht geprüft.

10.9 Wiederkehrende Prüfungen

Die wiederkehrenden Prüfungen werden nach der SPrüfV bei Sonderbauten oder Bauten im Anwendungsbereich der VStättV, GaStellV, VkV, BStättV etc. durchgeführt und unterscheiden sich bei denkmalgeschützten Bauten nicht von übrigen Bauten.

10.10 EnEV und Baudenkmäler

Die EnEV gestattet für denkmalgeschützte Bauten, Ensembles und sonstige besonders erhaltenswerte Bausubstanz Abweichungen von der Verordnung, wenn die energiesparenden Maßnahmen das Bauwerk oder das Erscheinungsbild beeinträchtigen und/oder andere Maßnahmen zu einem unverhältnismäßig hohen Aufwand führen würden (§ 24 Abs. 1 EnEV 2009/2013). Die Abweichungen nach § 24 Abs. 1 EnEV 2009/2013 sind ohne weiteren Antrag möglich.

Zusätzlich gilt eine Härtefallklausel, wenn die Investitionskosten innerhalb der üblichen Nutzungsdauer nicht erwirtschaftet werden können (§ 25 EnEV 2009/2013). In einem solchen Fall ist jedoch im Gegensatz zu § 24 Abs. 1 EnEV 2009/2013 ein Antrag zu stellen.

Bei Baudenkmälern besteht keine Verpflichtung hinsichtlich der Erstellung oder der Aushängung eines Energieausweises (§ 16 Abs. 4 EnEV 2009 bzw. § 16 Abs. 5 EnEV 2013).

Hinweise zu Vorschriften der EnEV bei Umbaumaßnahmen, Nachrüstpflichten und der Erstellung von Energieausweisen in Zusammenhang mit Baudenkmälern enthält die Broschüre »EnEV 2009 beim Bauen im Bestand« der Bayerischen Ingenieurekammer-Bau.

10.11 Versicherungsfragen

Die Versicherung gegen Brandschaden ist seit einiger Zeit dem Wettbewerb geöffnet. Gebäudeversicherer bieten für Baudenkmäler Policen zu unterschiedlichen Bedingungen an.

Generell ist darauf zu achten, dass alle Abweichungen von den anerkannten Regeln der Technik von der Unteren Bauaufsichtsbehörde im Rahmen von Abweichungen genehmigt sind, damit Versicherer gemäß der Vertragsbedingungen sich nicht von der Leistung freistellen können.

Abkürzungen

BayBO	Bayerische Bauordnung
BO	Bauordnung
BauGB	Baugesetzbuch
BauVorlV	Bauvorlagenverordnung
BGF	Bruttogeschossfläche
BStättV	Beherbergungsstättenverordnung
CvV	Charta von Venedig
DSchG	Denkmalschutzgesetz
EnEG	Energieeinspargesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
GaStellV	Garagen- und Stellplatzverordnung
SprüfV	Sicherheitstechnische Prüfverordnung
StBauF	Städtebauförderung
StGB	Strafgesetzbuch
VkV	Verkaufsstättenverordnung
VstättV	Versammlungsstättenverordnung

Literaturhinweise

Publikationen der Bayerischen Ingenieurekammer-Bau zu den Themen Denkmalpflege und Bauen im Bestand:

EnEV beim Bauen im Bestand
Fragen zur Energie-
einsparverordnung
Broschüre

101 Fragen – 101 Antworten
Denkmalpflege –
Bauen im Bestand
Handbuch

Bauen im Bestand
Leistungen von Ingenieuren beim
Bauen im Bestand, insbesondere
in der Denkmalpflege
Broschüre

Finanzielle Fördermöglichkeiten und Steuererleichterungen für denkmalpflegerische Maß-nahmen in Bayern
Sonderinfo 01/2008
Broschüre, Hrsg: BLfD

Leistungen des Tragwerkplaners beim Bauen im Bestand und in der Denkmalpflege
Leitfaden zur Honorarermittlung
in Ergänzung zur HOAI Teil VIII
und zu Heft 3 der Schriftenreihe
des AHO
Broschüre

Baumaßnahmen an Bau-denkmälern – Kooperation und optimaler Ablauf
Sonderinfo 02/2008
Broschüre, Hrsg: BLfD

**Bauen in Bayern –
Informationen zur Bayerischen Bauordnung**
Wegweiser für Planer durch die
Genehmigungsverfahren und bau-
technischen Nachweise
Faltblatt

Bestellung und Download
→ **www.bayika.de/download**

Index

Abwasserinstallation
34

Analyse
9

Aufsparrendämmung
86, 106

Außendämmung
11, 80

Außentüre
12, 57

Außenwand
43 ff

Baugeschichte
9

Bauteilfeuchte
35

Bauteilöffnung
38

Behaglichkeit
31

Beleuchtung
34

Bestandsaufnahme
32

Biozid
77

Blockheizkraftwerk
(BHKW)
61

Boden
14, 90

Bohlenstube
8

Brauchwasser
63

Brennwert
60

Brennwertkessel /
Brennwerttechnik
61

Dach
15, 16, 56, 82, 106 ff

Dachausbau
15

Dampfdiffusion
27

Decke
14, 15, 49 ff, 89, 100

Denkmalpflege
110

Denkmalschutz
110 f

Eigentümerpflichten
112

Eigentümerrechte
112

Einzelofen
61

Elektroinstallation
34

Energieeinspargesetz
(EnEG)
18

Energieeinsparverordnung
(EnEV)
19 ff, 114

Erlaubnispflicht
112

Fachwerk
6, 45, 97 f

Fenster
13, 57, 91, 107

Fensterlaibung
76

Fenstertüre
13

Fernwärme
62

Feuchteschutz
72

Flächenheizung
66, 67

Genehmigungspflicht
112

Geothermie
63

Gewölbe
53, 105

Hackschnitzelheizung
61

Haus im Haus
87

Haustechnik
10

Heizung
60

Heizungsanlagenverordnung
(HeizAnlV)
19

Heizungstechnik
33

Heizwert
60

Hinterlüftete Fassade
80

Holzbalkendecke
49, 100 ff

Holzblockwand / Bohlenwand
6, 8, 48

Hydraulik
64

Hydrophilie
78

Hydrophobie
78

Innendämmung
11, 81, 94, 95, 97, 98

Kachelofen
6

Kapillarität
29

Kappendecke
52, 104

Kellerdecke
90

Kompaktheizfläche
65

Leitungsnetz
64

Luftdichtigkeit
29

Luftfeuchtigkeit
25, 35

Lüftungsanlage
69

Luftwechsel
29

Massivdecke
54

Nahwärme
62

Niedertemperaturkessel
61

Nutzung /
Nutzungszonen
92

Nutzungsgrad
60

Pelletheizung
61

Planung
71

Primärenergie
59

Primärenergiefaktor
59

Radarmessung
37

Raumklima
34

Regelung
63, 66

Sanitärinstallation
34

Scheitholzheizung
61

Schimmelbildung
26

Schlagregen
32, 72, 74, 81

Sockelleistenheizung
66, 67

Solaranlage (thermisch)
62

Sonometrie
35

Specht
78, 79

Steuerung
63, 65

Stückholzheizung
61

**Tauwasser /
Tauwasserbildung**
27, 72

Temperaturspreizung
65

Temperierung
68

Thermografie
37

Thermostatventil
66

Tiefengeothermie
63

Türen
91

Ultraschallmessung
37

Untersparrendämmung
88

Vormauerung
94, 97

Voruntersuchung
32

Wand
11, 80, 81

Wandheizung
66, 67

Wärmebrücke
12, 30, 74

Wärmedämmgebiet
17

Wärmedämmverbundsystem
(WDVS)
77, 79, 96, 99

Wärmedurchgangskoeffizient
24

Wärmeleitfähigkeit
24

Wärmeleitung
23

Wärmepumpe
62

Wärmeschutzverordnung
(WSchVO)
18

Wärmestrahlung
23

Wärmeströmung
23

Wärmeübergabe
65

Wärmeübertragung
23

Wärmeverteilung
64

Warmwasser
63

Wassergehalt
25

Werkstoffe
40

Wirkungsgrad
60

Zweischalig (Außenwand)
44

Zwischensparrendämmung
83, 84, 85

© 2014

Bayerische Ingenieurekammer-Bau
Körperschaft des öffentlichen Rechts
Nymphenburger Straße 5
80335 München

Telefon 089 419434-0
Telefax 089 419434-20
info@bayika.de
www.bayika.de

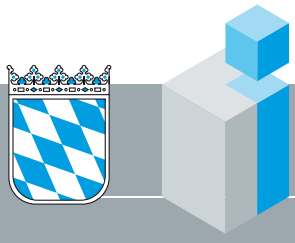
Bildnachweise
Seite 5, Seite 9, Seite 11, Seite 14, Seite 19, Seite 20, Seite 23, Seite 58, Seite 79 oben (links und rechts), Seite 87, Seite 93: Dr. Bernd Vollmar (BLfD)

Seite 36: Ingenieurbüro Christofori und Partner GbR

Grafiken Seite 28, Seite 30 oben, Seite 74, Seite 75, Seite 76: Bauphysik-Programm »DÄMMWERK«

Alle weiteren Abbildungen
Dipl.-Ing. (FH) Klaus-Jürgen Edelhäuser

Layout und Gestaltung
Complizenwerk, München



Bayerische Ingenieurekammer-Bau

Körperschaft des öffentlichen Rechts

Nymphenburger Straße 5
80335 München
Telefon 089 419434-0
Telefax 089 419434-20
info@bayika.de
www.bayika.de