

ENERGETISCHE SANIERUNG

EIN PRAXISLEITFADEN ZUR GEBÄUDEHÜLLE



**MACH MIT.
BAU NACHHALTIG.**
Energieeffizientes Bauen in Sachsen

saena
Sächsische
Energieagentur GmbH





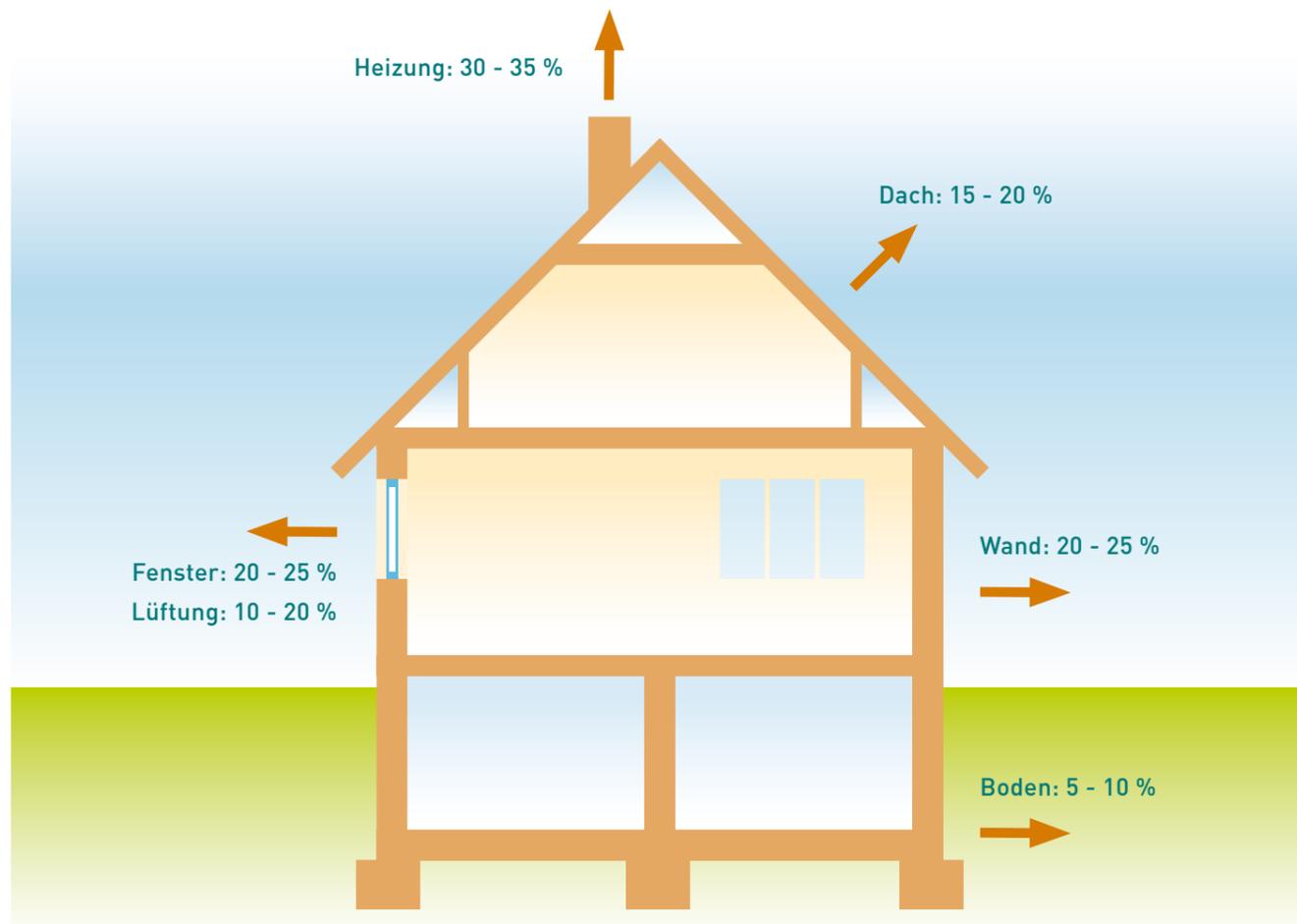
Seite	Inhalt
4	Einleitung
5	Teil 1: Theoretische Grundlagen
6	Bestandsaufnahme
	Hauptziele
7	Energiesparrechtliche Anforderungen
8	Sanierungsumfang
10	Sanierungsfahrplan
	Schaffung von Sanierungsvoraussetzungen
	Energieeffiziente Belüftung des Gebäudes
11	Einsatzgebiete der Gebäudedämmung
	Verwendung von Baumaterialien
12	Was steht in den Zulassungen?
	Verarbeitungsqualität
	Dämmstoffauswahl
14	Bauphysikalische Grundlagen
	Wesen des Wärmetransportes
15	Feuchteschutz - Feuchtegehalt in der Baukonstruktion
16	Feuchteschutz - Kritische Feuchtegehalte
17	Schimmelbildung auf raumseitigen Oberflächen
18	Luftdichtheit
20	Sommerlicher Wärmeschutz
	Brandschutz
22	Teil 2: Planung und Ausführung von Sanierungsmaßnahmen
22	Detail Dacherneuerung
	Warm- und Kaltdach
23	Detail Dachgeschossausbau
25	Zwischensparrendämmung
26	Untersparrendämmung
27	Aufsparrendämmung
28	Herstellen der Luftdichtheit
31	Detail oberste Geschossdecke
32	Aufdeckendämmung
	Zwischendeckendämmung
	Unterdeckendämmung
33	Detail Außenwand
35	Außendämmung
38	Kerndämmung
40	Innendämmung
43	Detail Fenster und Türen
	Fensterinstandsetzung
44	Fenstererneuerung
46	Detail Kellergeschoss
	Dämmung Kellerdecke
47	Abdichtung und Dämmung der Kellerwände und des Bodens
50	Trocknung von Räumen und Bauteilen
51	Teil 3: Rechtsfragen und Antworten
55	Glossar
58	Impressum

Der vorliegende Leitfaden gibt Praktikern einen Überblick über energetische Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle, da in diesem Bereich wesentliche Voraussetzungen für den Wärmeverbrauch, die Behaglichkeit der Bewohner und die Vermeidung von Bauschäden geschaffen werden.

Die Bundesregierung strebt in Deutschland einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand bis 2050 an. Solche Ziele sind nicht allein durch Neubau erreichbar, es ist notwendig Bestandsgebäude durch die energetische Ertüchtigung der Gebäudehülle - von Wänden, Decken, Dach und Fenstern - sowie durch die Erneuerung der Anlagentechnik anzupassen. Da die derzeitigen Sanierungsraten nicht ausreichen, den Bestand in den kommenden Jahren anzupassen, müssen statt bisher 1 % jährlich mindestens 2 % der Gebäude saniert werden. Aus Unkenntnis der Zusammenhänge nehmen Hausbesitzer gern eine eher abwartende Haltung ein und schieben die Investitionen auf, solange die Energiepreise noch ertragbar scheinen. Notwendige Instandhaltungsmaßnahmen - wie Außenputzreparatur - werden

vermeintlich preiswerter in altbewährter Weise durchgeführt, dabei jedoch die Chance vertan, Synergien zu nutzen. Die Kosten für das Gerüst und die Arbeitsleistung fallen genauso an, wie bei einer zusätzlichen Fassadendämmung. Dargestellte Beispiele zeigen, dass sich die Dämmmaßnahmen als durchaus wirtschaftlich erweisen.

Die Baupraxis zeigt, dass in Folge fehlerhafter Planung und Verarbeitung moderner Baustoffe Probleme nach Sanierungen entstehen. Die Darstellung solcher kritischer Stellen verweist auf mögliche Fehlerquellen. Die Aufnahme von Ausführungsdetails für die richtige Umsetzung zeigt Lösungswege auf. Die gemeinsame Betrachtung der wesentlichen bauphysikalischen Zusammenhänge verbunden mit der detaillierten Darstellung verschiedenster Varianten zur Optimierung einzelner Bauteile soll dazu beitragen, die praktische Umsetzung der Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden zu unterstützen. Auch für die besonderen Herausforderungen an denkmalgeschützten Gebäuden lassen sich die dargestellten Lösungen gut anwenden.



Wärmeverluste über die Gebäudehülle
[Beispiel entspricht einem freistehenden Einfamilienhauses mit Baujahr vor 1984]

Der Begriff „**Energetische Sanierung**“ umfasst im Wesentlichen die Verbesserung bzw. Modernisierung der thermischen Gebäudehülle hinsichtlich ihrer Wärmeübertragung. Ziel ist die **Minimierung** des Energieverbrauchs für die Temperierung der Räume sowie die Senkung der Lüftungswärmeverluste. Zuerst werden alle Bauteile der wärmeübertragenden Umfassungsfläche wie Außenwände, Fenster und Außentüren, Dach, obere Geschossdecke, Kellerdecke bzw. Bodenplatte betrachtet. Für eine erfolgreiche **Sanierungsstrategie** ist nicht nur die Optimierung der Dämmstoffstärken entscheidend, sondern die möglichst lückenlose Verbesserung der gesamten thermischen Hülle. Die ausschließliche Betrachtung einzelner Bauteile, z.B. Dämmung der Fassade, ohne Überlegungen zu Fenstern und Fensterlaibungen bzw. des Lüftungskonzeptes kann zu eventuellen Bauschäden führen. Es ist deshalb unerlässlich das

Gebäude ganzheitlich zu betrachten. Die Entscheidung, ob die Sanierung eines Gebäudes wirtschaftlich sinnvoll ist oder ob das alte Gebäude besser durch einen Neubau ersetzt werden sollte, muss anhand einer Kosten-Nutzen-Analyse getroffen werden. Eine Aufteilung des geplanten Sanierungsumfangs auf sinnvolle Teilmaßnahmen kann bei knappen Budgets helfen.

Zur Gesamtbetrachtung gehört weiterhin auch die Wärmeversorgung, da ein besser gedämmtes Haus eine kleinere Heizanlage erfordert. Niedertemperatursysteme, wie z.B. Fußboden- oder Wandheizungssysteme sind nur in gedämmten Gebäuden sinnvoll nutzbar. Bei der Erstellung des Sanierungskonzeptes muss die Dimensionierung der haustechnischen Anlage unter Berücksichtigung der im Endzustand vorhandenen Gebäudehülle erfolgen. Anderenfalls wird die Heizung unter Umständen überdimensioniert, was zu einem höheren Energieverbrauch führt.

Beispiel für Heizkostensparnis nach Umsetzung einer Außenwanddämmung

Bei diesem Wohngebäude wurden nach der Sanierungsmaßnahme bis zu 40 % der Heizkosten pro Jahr eingespart. Eine Amortisation der gesamten Investitionskosten wird nach 12 Jahren eintreten. Diese Berechnung bezieht sich auf die realen Verbrauchskosten einer Beispielfamilie und berücksichtigt keine Nutzungs- bzw. Witterungsänderungen oder die Aufnahme eines Bankdarlehens für die Investitionskosten.

Jahr	Verbrauch in Liter/Jahr	Ø-Verbrauch in Liter/Jahr	Ø-Einsparung in €/Jahr			
vor der Sanierung						
1997	3675,00	3760,20	0,00	Ø-Einsparung in € pro Jahr bei 8 % Preissteigerung pro Jahr für Heizöl	kumulierte Einsparung in €	Amortisiert
1998	2659,00		0,00			
1999	4179,00		0,00			
2000	4001,00		0,00			
2001	4220,00		0,00			
2002	2871,00		0,00			
2003	3764,00		0,00			
2004	4105,00		0,00			
2005	3314,00		0,00			
2006	4814,00		0,00			
nach der Sanierung						
2007	0,00	2312,00	870,19	Ø-Einsparung in € pro Jahr bei 8 % Preissteigerung pro Jahr für Heizöl	kumulierte Einsparung in €	Amortisiert
2008	4591,00		999,55			
2009	2141,00		1.099,50			
2010	2455,00		1.006,44			
2011	2523,00		1.192,56			
2012	2153,00		1.361,45			
2013	2879,00		1.258,05			
2014	2345,00		1.171,88			
2015	2145,00		913,38			
2016	4200,00		999,55			
2017	0,00		1.085,72			
2018	- - -		- - -			
2019	- - -	- - -	1.266,38	14.397,23		
2020	- - -	- - -	1.367,69	15.764,92		

Beispielgebäude: Zweifamilienhaus (EG; OG; DG) Baujahr 1927, 5 Personen, beheizte Wohnfläche ca. 170 m², Heizungsart Ölkessel (eingebaut 1997)

Sanierungsmaßnahme: Erneuerung der Außenfassade (190 m²) im Jahr 2007 mit einem Wärmedämmverbundsystem (WDVS) mit 10 cm Wärmedämmung WLS 035

Sanierungskosten: 13.356,23 € (Brutto)

Bestandsaufnahme

Maßnahmen zur Sanierung von Gebäuden erfordern als allererstes eine möglichst **exakte Kenntnis** über den **Bauwerkszustand**. Abhängig davon, welche Arbeiten geplant sind, müssen Fragen bezüglich der vorhandenen Wandaufbauten und Materialien, der vom Umbau betroffenen Anschlussdetails und der künftigen vorgesehenen Nutzungsrandbedingungen geklärt werden. Neben anderen Überlegungen bildet die Bestandsaufnahme eine wichtige Grundlage für eine erfolgreiche Planung und Umsetzung energetischer Sanierungsvorhaben. Hierzu sollten erfahrene Fachleute hinzu gezogen werden.

Nach Abschluss der Planungsphase geht es an die praktische Umsetzung. In der Regel werden die Arbeiten von fachlich kompetenten Handwerksbetrieben ausgeführt. Eine genaue **Abstimmung** der Leistungen **verschiedener Gewerke** aufeinander (sowohl terminlich als auch in konstruktiven Fragen) ist unbedingt erforderlich, um den Aufwand zu minimieren und Fehler zu vermeiden. Bei komplexeren Vorhaben wird daher in der Regel ein Fachmann mit der Koordination der Leistungen beauftragt.

Die Maßnahmen zur Verbesserung der energetischen Eigenschaften eines Bauwerks dürfen keinesfalls losgelöst voneinander betrachtet werden – es existieren vielfältige Abhängigkeiten, die in einer Sanierungsstrategie durch den Architekten und Planer entsprechend berücksichtigt werden müssen.

Hauptziele

Mit der energetischen Sanierung von Gebäuden sind folgende Zielstellungen verbunden:

Ziel 1 → Ökologie - Verminderung des Brennstoffverbrauchs

Ältere Gebäude wurden zwar den früher anerkannten Regeln der Technik entsprechend konstruiert und gebaut. Den geänderten Anforderungen der Nutzer (höhere Temperaturen, mehr temperierte Räume, höhere Feuchtebelastung etc.) können sie jedoch in der Regel nicht gerecht werden. Ein hoher Brennstoffverbrauch und damit verbunden ein unzeitgemäßer CO₂-Ausstoß sind die Folge. Die wirksame wärmetechnische Ertüchtigung des Gebäudebestandes ist ein Schlüssel für die Verringerung des Ressourcenverbrauchs und zum Schutz der Umwelt. Durch die Verwendung von ökologischen Naturbaustoffen, lässt sich der umweltfreundliche Aspekt noch untersetzen.

Ziel 2 → Ökonomie - Wirtschaftlichkeit

Eine Sanierung hat immer auch den Erhalt des Wertes einer Immobilie zum Ziel. Im Ergebnis einer energetischen Sanierung wird erwartet, dass die Kosten für den Energiebezug deutlich sinken. Dabei gibt es in aller Regel Synergieeffekte, da nicht nur Heizkosten, sondern auch Instandhaltungskosten gespart werden können. Bei steigenden Energiepreisen wird der Zeitpunkt der Wirtschaftlichkeit von Sanierungskosten eher erreicht.

Ziel 3 → Steigerung der Nutzungsqualität

Eine gelungene energetische Sanierung führt auch zu einer deut-

lichen Steigerung der Nutzungsqualität einer Immobilie. Hier spielen insbesondere Fragen des thermischen Komforts und der Luftqualität eine entscheidende Rolle. So wird durch eine Wärmedämmung von Außenwänden, unabhängig von der Lage der Dämmschicht, immer auch eine Erhöhung der raumseitigen Wandtemperaturen erreicht. Dadurch verbessert sich das Behaglichkeitsempfinden der Nutzer spürbar. Die Installation einer energieeffizienten Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung kann für die Abfuhr der verbrauchten Luft ohne übermäßige Wärmeverluste sorgen. Speziell für Allergiker ist eine Filterung der Zuluft interessant, da so eine nahezu pollenfreie Innenraumluft erreicht werden kann.

Ziel 4 → Vermeidung von Bauschäden – Nachhaltigkeit

Die energetische Sanierung trägt ebenfalls zur Vermeidung von Bauschäden bei. Gut gedämmte Bauteile verringern die Gefahr der Schimmelbildung auf inneren Oberflächen von Außenbauteilen. Mechanische Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung tragen zur Abfuhr der überschüssigen Raumfeuchte bei, welche als Schadensquelle fungieren kann. Die Verwendung regionaler Baustoffe, bzw. die Weiternutzung bestehender Bausubstanz ist sehr nachhaltig und trägt zur Ressourcenschonung bei.

Bei energetischen Sanierungsmaßnahmen sind die gesetzlichen Vorgaben zwingend einzuhalten:

Gesetze / Verordnungen (Stand 31. Oktober 2018)

- Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (Energieeinspargesetz - EnEG)
- Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV)
- Bauordnungen der Länder

Zur Weiterentwicklung der gesetzlichen energiesparrechtlichen Anforderungen beinhaltet der Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD vom 12.03.2018 für die 19. Legislaturperiode folgende Aussage:

„Wir werden das Ordnungsrecht entbürokratisieren und vereinfachen und die Vorschriften der EnEV, des EnergieeinsparG und des EEWärmeG in einem modernen Gebäudeenergiegesetz zusammenführen und damit die Anforderungen des EU-Rechts zum 1. Januar 2019 für öffentliche Gebäude und zum 1. Januar 2021 für alle Gebäude umsetzen. Dabei gelten die aktuellen energetischen Anforderungen für Bestand und Neubau fort.“

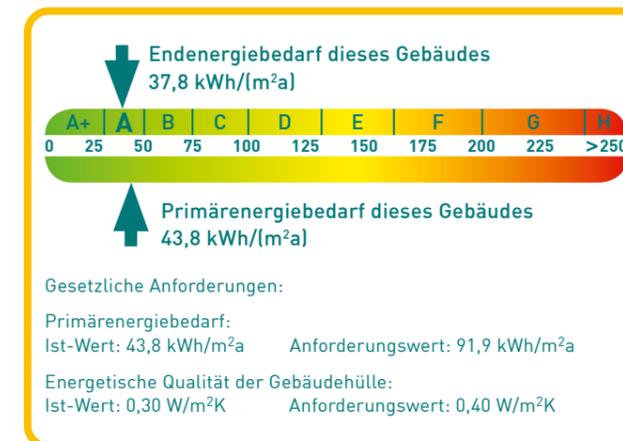
Die Technischen Regelwerke beschreiben wichtige Rahmenbedingungen für die Realisierung einer Sanierung. Wesentliche Regeln sind:

Technische Regelwerke

- DIN 4108: Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden
- DIN V 18599: Energetische Bewertung von Gebäuden
- DIN 1946-6: Raumlufttechnik
- DIN EN ISO 6946: Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient
- Merkblätter zu Sanierungsfragen der WTA (Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. / www.wta.de)
- RAL Gütegemeinschaft Fenster und Haustüren e.V.: „Leitfaden zur Planung und Ausführung der Montage von Fenstern und Haustüren“, 2010-03

Energiesparrechtliche Anforderungen

Bei der Sanierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden ist kein Nachweis erforderlich, wenn die Veränderung der baulichen Hülle < 10 % der gesamten jeweiligen Bauteilfläche des Gebäudes beträgt. Für alle anderen Sanierungen ist ein Bauteilnachweis bzw. alternativ ein Gesamtnachweis zu führen.



Gesamtnachweis mit Referenzgebäudeberechnungsverfahren

Bei Gesamtnachweisen für Sanierungsvorhaben dürfen die Grenzwerte für den Primärenergiebedarf (Q_p) und den Wärmeverlust über die Gebäudehülle (H_T bzw. Ü bei Nichtwohngebäuden) die Anforderungen für das Referenzgebäude eines exakt baugleichen Neubaus bis zu 40 % überschreiten.

Bauteilnachweis

Nachweis der energetischen Güte der von der Sanierung betroffenen Bauteile (Bauteilverfahren). Beim Bauteilverfahren erfolgt der Vergleich der durch die Sanierung erreichten Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile maximal zulässigen Werte. Dabei gilt es als Änderung, wenn die Fläche der geänderten Bauteile mindestens 10 % der gesamten jeweiligen Bauteilfläche beträgt. Anbauten ab einer Nutzfläche von mehr als 50 m² werden wie Neubauten nachgewiesen. Wichtig ist, dass bei Änderungen von Außenbauteilen deren energetische Qualität nicht verschlechtert werden darf.

Ausnahmen

Durch die Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen könnte das Erscheinungsbild eines Baudenkmals beeinträchtigt werden oder ein unverhältnismäßig hoher Aufwand entstehen. Deshalb kann bei Baudenkmalern und besonders erhaltenswerter Bausubstanz von den gesetzlichen Anforderungen in Abstimmung mit dem Denkmalschutzamt abgewichen werden.

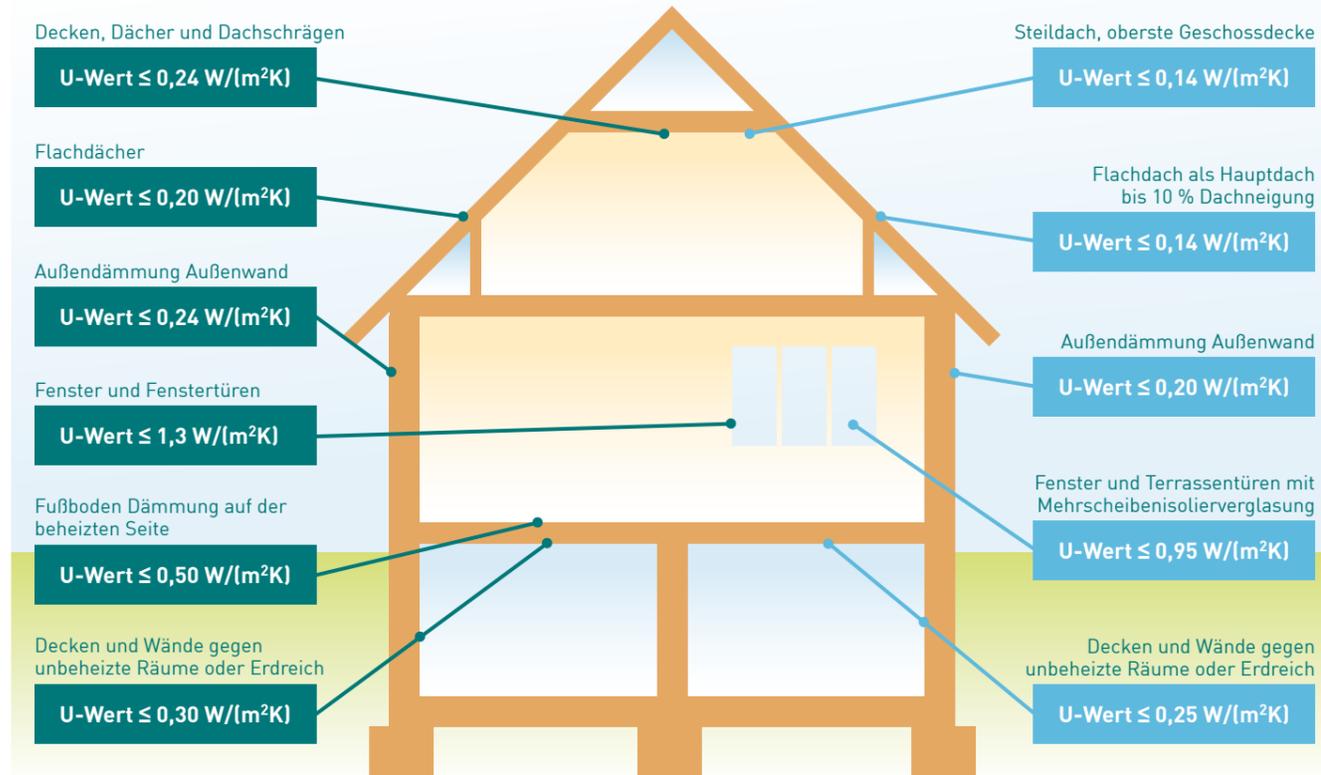
Befreiungen

Führt die Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen zu einem unangemessenen Aufwand oder zu einer unbilligen Härte, haben die Baubehörden **auf Antrag** davon zu befreien. Als unbillige Härte versteht der Gesetzgeber bei Bestandsgebäuden, wenn die erforderlichen Aufwendungen nicht innerhalb einer angemessenen Frist durch die eintretenden Einsparungen erwirtschaftet werden können. Auch die im zeitlichen Zusammenhang stehende Beachtung mehrerer gesetzlicher Pflichten (z.B. Nachrüstpflichten) und anderen öffentlich rechtlichen Vorschriften aus Gründen der Energieeinsparung kann zu einer solchen unbilligen Härte führen und unzumutbar sein. Diese Anträge sind durch realistische **Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen** zu begründen.

Verantwortliche

Grundsätzlich ist für die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen der Bauherr verantwortlich. Wer jedoch **im Auftrag** des Bauherren bei der Errichtung oder Änderung von Gebäuden tätig wird, ist ebenfalls im Rahmen seines Wirkungskreises verantwortlich. Ausführungsbetriebe haben dem Bauherren unverzüglich nach Abschluss der Arbeiten eine **Unternehmererklärung** auszustellen. Diese schriftliche Bestätigung, dass die ausgeführten Leistungen den Anforderungen entsprechen, muss der Bauherr 5 Jahre aufbewahren und der zuständigen Behörde auf Verlangen vorlegen.

U-Werte für die einzelnen Bauteile nach den gesetzlichen Anforderungen



* Bitte aktuelle Anforderungen der Förderung immer direkt bei der KfW erfragen: Tel. 0800 5399002 oder www.kfw.de

Sanierungsumfang

Nach der Bestandsaufnahme und ersten Überlegungen zur Umsetzung ist der Sanierungsumfang zu definieren. Auch wenn nicht alle Maßnahmen sofort durchgeführt werden können, bedarf es eines Gesamtkonzeptes mit einem Sanierungsplan.

Bei **schrittweisen Sanierungen** sind Zusammenhänge verschiedener Maßnahmekomplexe dringend zu beachten. So kann die Fassade nicht ohne ein sinnvolles Konzept für die Fenster energetisch saniert werden. Durch eine lückenhafte thermische Hülle, wie z.B. schlechtgedämmte Fenster, können Bauschäden entstehen. Daher kann es auch sinnvoll sein, fassadenweise zu sanieren. Anderenfalls müsste in Zwischenlösungen investiert werden, die später kostenintensiv zurückzubauen sind.

Die Dämmung der oberen Geschossdecke kann relativ unabhängig von der Bewohnung der darunter befindlichen Räume, bis an die Übergangsbereiche zur Dämmebene der Außenwände eingebaut werden. Auch Dämmmaßnahmen an der Kellerdecke, mit einer

zusätzlichen Begleitdämmung der aufgehenden Innenwände, sind in einem separaten Bauabschnitt realisierbar.

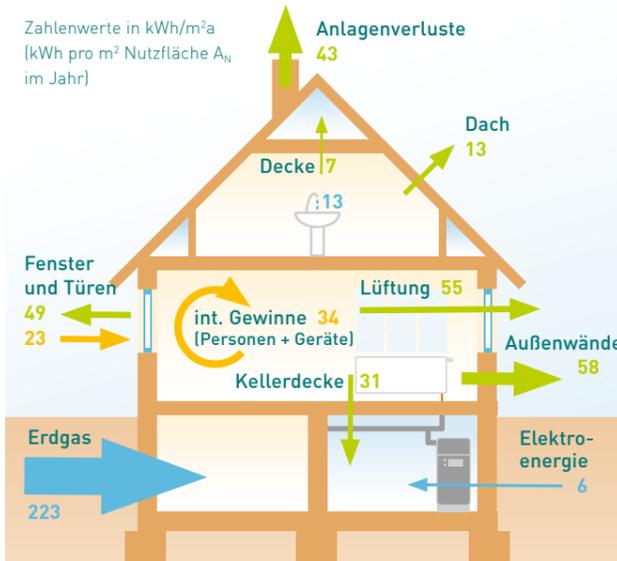
Das zu erreichende **Sanierungsniveau** kann durch etablierte Begriffe wie „Niedrigenergiehaus“, „Drei-Liter-Haus“, „Passivhaus“, „Passivhausstandard“, „Nullenergiehaus“ oder gar „Plusenergiehaus“ verdeutlicht werden. Auch Begriffe aus der Förderlandschaft wie „KfW-Effizienzhaus 85 oder 70“ konnten sich bereits soweit etablieren, dass Bauherren damit etwas anfangen können. Während bei Neubauten ein hoher energetischer Standard ohne Weiteres erreichbar ist, sind bei der Sanierung von Bestandsgebäuden Kompromisse nahezu unumgänglich.

Es gibt zahlreiche Wege, auf denen Energie in ein Gebäude hinein- und herausströmen kann. Die nachfolgenden Gebäudegrafiken zeigen für ein unsaniertes Einfamilienhaus beispielhaft die bilanzierte Endenergiebilanz. Eine energetische Sanierung wird nur dann einen spürbaren Erfolg haben, wenn möglichst viele Wege des Energietransportes berücksichtigt werden.

Auswahl von U-Werten für einzelne Bauteile nach KfW-Anforderungen* Stand 31.10.2018

Dieses Rechenbeispiel verdeutlicht das Potential einer energetischen Ertüchtigung. Als Orientierung für das Beispiel wurden die gesetzlichen Anforderungen herangezogen. Selbstverständlich sind auch weitergehende energetische Sanierungen möglich.

Energieströme in einem unsanierten Einfamilienhaus



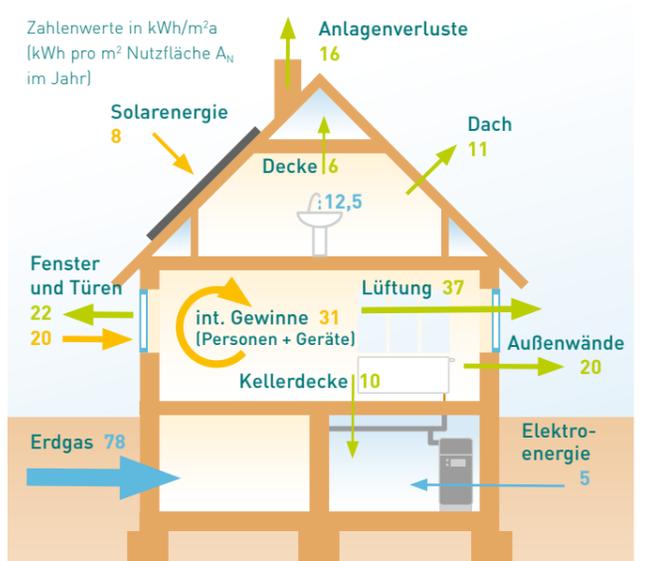
Freistehendes Einfamilienhaus A_N = 192 m² (WoFl = 130 m²)

- Bauteile:**
- Außenwände U = 1,30 W/m²K
 - Kellerdecke U = 0,74 W/m²K
 - Decke zum Dachraum U = 0,30 W/m²K
 - Dach U = 0,29 W/m²K
 - Fenster U = 2,80 W/m²K
 - Außentür U = 3,00 W/m²K

- Bauteile:**
- Niedertemperaturkessel für Heizung und Trinkwassererwärmung 70 °C / 55 °C
 - Radiatoren mit Thermostatventil 2 K
 - indirekt beheizter Speicher

- Gebäudedichtheit:**
- n₅₀ = 6 1/h (6-facher freier Luftaustausch durch Undichtigkeiten in der Gebäudehülle)

Energieströme eines komplex sanierten Einfamilienhauses

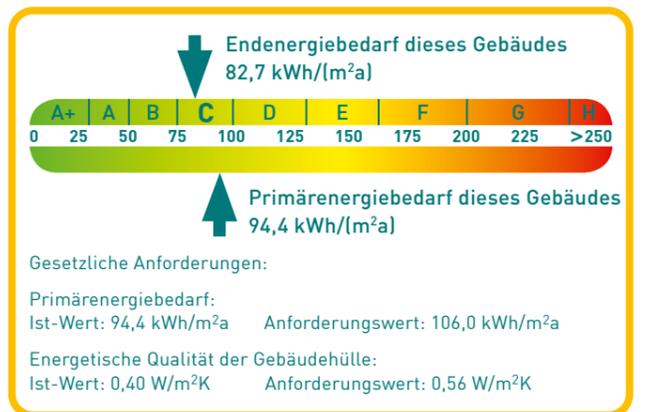
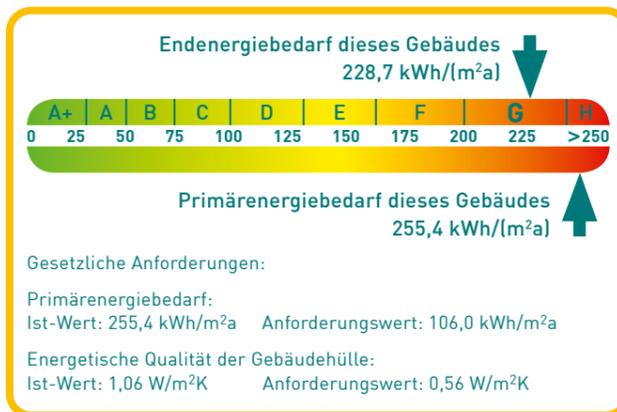


Freistehendes Einfamilienhaus A_N = 192 m² (WoFl = 130 m²)

- Bauteile:**
- Außenwände U = 0,21 W/m²K
 - Kellerdecke U = 0,21 W/m²K
 - Decke zum Dachraum U = 0,23 W/m²K
 - Dach U = 0,24 W/m²K
 - Fenster U = 1,30 W/m²K
 - Außentür U = 1,30 W/m²K

- Bauteile:**
- Gas-Brennwertkessel für Heizung und Trinkwassererwärmung 55 °C / 45 °C
 - solare Trinkwassererwärmung zusätzlich
 - Radiatoren mit Thermostatventil 1 K
 - bivalenter Solarspeicher
 - Abluftanlage (bedarfsgeregelt)

- Gebäudedichtheit:**
- n₅₀ = 1,5 1/h (1,5-fach. freier Luftaustausch durch Undichtigkeiten in der Gebäudehülle)



Sanierungsfahrplan

Zu einer energetischen Ertüchtigung eines Gebäudes gehören mindestens folgende Bausteine:

Baustein 1: Energetische Ertüchtigung der Gebäudehülle (Fassade, Fenster, Dach, Keller)

Baustein 2: Ausreichende Belüftung des Gebäudes

Baustein 3: Effiziente Bereitstellung der Wärme möglichst unter Nutzung regenerativer Energien

Je nach Gebäudetyp und Nutzung können diese Grundbausteine durch weitere Bausteine ergänzt werden:

Baustein 4: Energiesparende Beleuchtung

Baustein 5: Ertüchtigung des Gebäudes für sommerliche Bedingungen (sommerlicher Wärmeschutz)

Schaffung von Sanierungsvoraussetzungen

Selbst wenn mit den Sanierungsarbeiten vor allem energetische Ziele verfolgt werden, sollte eine klassische ingenieurtechnische **Begutachtung** des zu sanierenden Gebäudes durchgeführt werden. Ziel ist es, den Gebäudezustand zu dokumentieren und falls notwendig, weitergehenden und dringenderen Sanierungsbedarf der Gebäudesubstanz zu erkennen. In der Praxis kommt es leider immer wieder vor, dass Wärmedämmung über Risse geklebt wird, die nicht zum Stillstand gekommen sind. Eine solche Sanierung ist nicht dauerhaft und auch nicht sinnvoll. Unverzichtbar ist es in derartigen Fällen, zuerst die **Rissursachen** abzustellen und erst dann mit einer weitergehenden energetischen Sanierung zu beginnen.



Abb. 1
Pilzbefall unter Fußbodendämmung

Unbedingt zu empfehlen ist auch eine gründliche **Inspektion der Holzbauteile** durch einen Holzschutzgutachter. Typische kritische Bereiche für Fäulnis und Pilzbefall sind Holzbalkendecken (Balkenköpfe) und die Dachkonstruktion. Befallene Bauteile sind fachgerecht zu behandeln und ggf. auszutauschen.



Abb. 2
nicht mehr tragfähige Kehlbalken (oben links) durch Schädlingsbefall

Ebenso ist zu klären, inwieweit durch **Holzschutzmittel**, die in der Vergangenheit in die Konstruktion eingebracht wurden, eine Gefährdung der Bewohner gegeben ist. Hochtoxische Holzschutzmittel waren früher relativ frei verfügbar und wurden auch in Eigenarbeit verstrichen. Heute ist bekannt, dass diese Mittel äußerst gesundheitsschädliche Substanzen enthalten, die auch nach Jahren noch ausgasen. Insbesondere vor dem Ausbau von Dachgeschossen ist eine sorgfältige Prüfung auf Schadstoffe dringend zu empfehlen. Wird eine gesundheitsgefährdende Konzentration derartiger Mittel festgestellt, ist vor Beginn weitergehender Sanierungsarbeiten ein Austausch von geschädigten Hölzern unverzichtbar.



Abb. 3
Problemstelle Auflagerbereich für Fußschwelle und Balkenköpfe

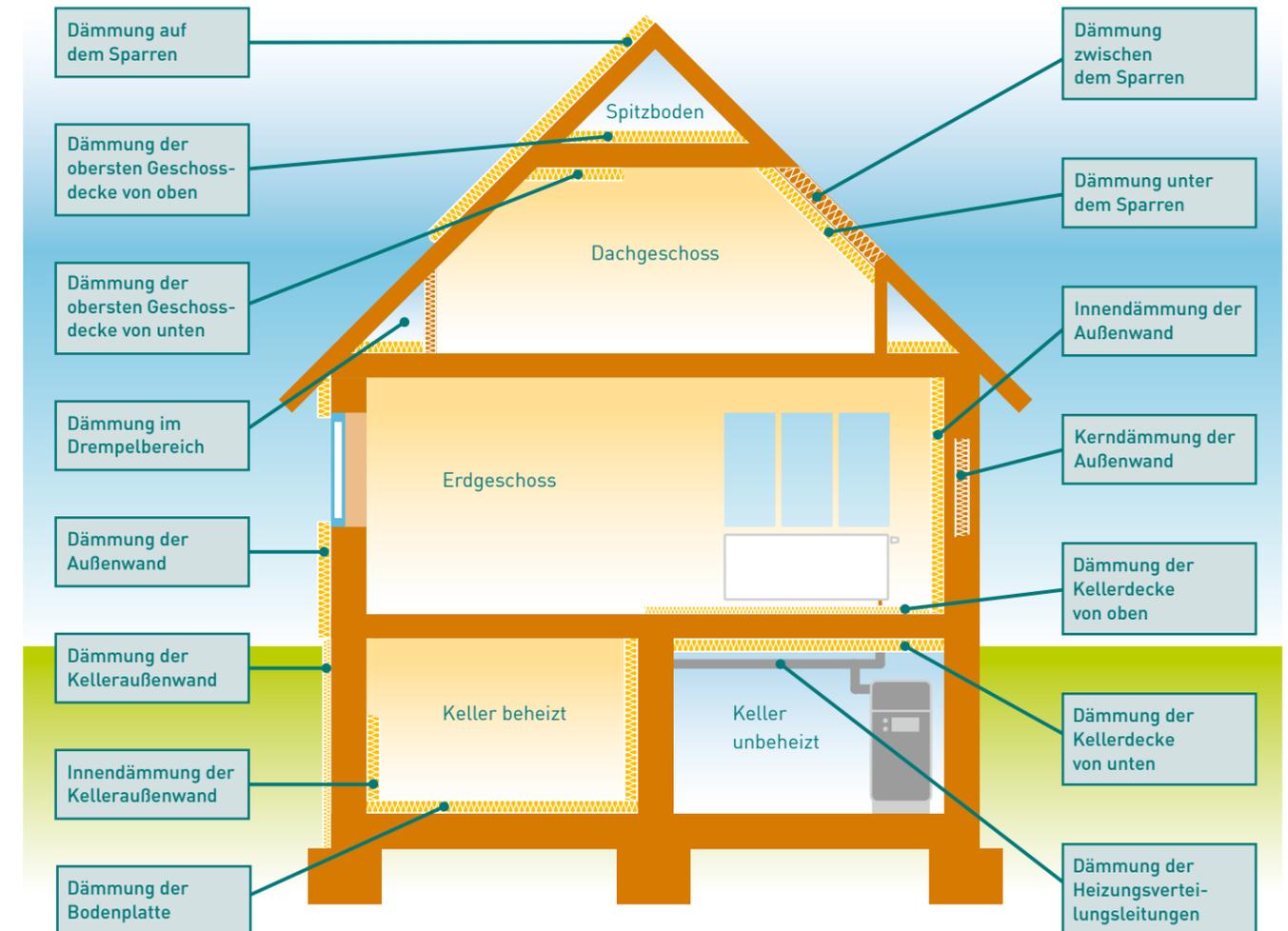
Vor einer Sanierung sind auch Fragen zum Feuchtehaushalt der Wandkonstruktionen abzuklären. Trockengelegte Wände sind eine unabdingbare Voraussetzung für eine erfolgreiche energetische Sanierung.

Energieeffiziente Belüftung des Gebäudes

Durch die moderne, luftdichte Bauweise ist eine Mindestlüftung der Wohn- und Aufenthaltsräume nicht mehr in jedem Fall gegeben. Bereits während der Planung ist zu überprüfen, ob zur Bereitstellung des **hygienischen Mindestluftwechsels** ggf. eine mechanische Lüftungsanlage erforderlich wird.

Detailliertere Informationen zur Notwendigkeit lüftungstechnischer Maßnahmen, sind in der **Broschüre „Wohnungslüftung – Grundlagen, Anforderungen und technische Lösungen“** der SAENA zu finden.

Einsatzgebiete der Gebäudedämmung



Verwendung von Baumaterialien

Grundsätzlich unterliegt alles, was in einem Gebäude an- oder eingebaut wird, strengen Regeln über die Verwendbarkeit des jeweiligen Produktes. In der Baupraxis sind zwei unterschiedliche Wege für den Verwendungsnachweis zu unterscheiden:

a) Verwendungsnachweis für geregelte Bauprodukte

Für diese Bauprodukte gibt es eine Produktnorm (in der Regel eine DIN EN Norm) und ggf. eine Anwendungsnorm. Der Hersteller bescheinigt die Übereinstimmung mit der Produktnorm, der Anwender bescheinigt den normgerechten Einbau des Produktes.

b) Verwendungsnachweis für unregelte Bauprodukte

Für diese Bauprodukte gibt es keine anwendbare nationale oder europäische Norm. Derartige Produkte werden als „ungeregelte“

Bauprodukte bezeichnet. Der Verwendbarkeitsnachweis ist dann über eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (AbZ), eine allgemeine Europäische Technische Zulassung (ETA) oder über eine Zustimmung im Einzelfall zu führen. Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen werden in Deutschland vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) in Berlin ausgestellt. Dieses Institut wird von allen Bundesländern gemeinsam getragen. Europäische technische Zulassungen dürfen auch von benannten Instituten der Länder des Euro-Raumes ausgestellt werden.

Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) sind „ungeregelte“ Bauprodukte. Die Anwendung setzt daher zwingend eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, eine allgemeine Europäische Technische Zulassung oder eine Zustimmung im Einzelfall voraus. Vor dem Einbau eines WDVS muss der Anwender die entsprechenden Zulassungen besorgen, lesen und beachten.

Was steht in den Zulassungen?

Die Zulassungen geben Auskunft über:

→ Die korrekte Kennzeichnung

In der Regel ist in der Zulassung beschrieben, wie und wo das Produkt zu kennzeichnen ist. Bestandteil einer Kennzeichnung sind üblicher Weise u.a. der Herstellername, das Herstellungsjahr (mind. die letzten beiden Ziffern), die Zulassungsnummer und die Handelsbezeichnung des Bauproduktes.

Für den Praktiker wichtig:

Die Bezeichnung des Bauproduktes auf der Verpackung und die Bezeichnung in der Zulassung muss exakt übereinstimmen. Sind für ein Produkt mehrere Komponenten erforderlich, so müssen diese Komponenten in der Zulassung aufgeführt sein. Auch hier muss die Kennzeichnung eindeutig und mit der Zulassung übereinstimmend sein.

→ Geltungsdauer

Die Geltungsdauer der Zulassungen ist **begrenzt**. Vor Einbau eines Produktes ist zu prüfen, ob die Zulassung noch gültig ist.

→ Verwendungszweck

In den Zulassungen ist der Verwendungszweck konkret benannt. Ein Bauprodukt darf nur für diesen Verwendungszweck eingesetzt werden.

Bei Wärmedämmungen relevant ist u.a. die Eignung für den Einbau innen / außen, die Einbaulage (Fußboden, Decke), die notwendige Beschaffenheit von Untergründen (Haftzugfestigkeit).

Nur wenn alle in der Zulassung genannten Kriterien eingehalten sind, darf das jeweilige Dämmsystem eingesetzt werden.

→ Produkteigenschaften

Die für die Verarbeitung und Anwendung relevanten Produkteigenschaften sind benannt und einzuhalten (Standicherheit bei Windlasten, ggf. notwendige Verdübelungen bzw. Verklebungen etc.).

Rissen, wenn die Kräfte sicher in den Untergrund abgetragen werden und die Armierung sorgfältig und korrekt eingebaut ist.

Besondere Aufmerksamkeit verlangt die Ausführung von Anschlussdetails. Beim Einbau der Fenster ist darauf zu achten, dass Niederschlagswasser nicht in die Konstruktion eindringen kann. Für die dauerhafte und nachhaltige energetische Sanierung ist eine hohe Verarbeitungs- und Produktqualität wesentlich.

Moderne Managementmethoden gehen davon aus, dass neben dem Einsatz von Fachpersonal auch eine gute Dokumentation für die Qualitätssicherung maßgebend ist. Hier können Checklisten hilfreich sein.

Dämmstoffauswahl

Die Menge der am Markt verfügbaren Dämmstoffe ist mittlerweile nur noch schwer überschaubar. Welche Dämmstoffart für welchen Anwendungsfall in Frage kommt, ist in der DIN 4108-10 übersichtlich zusammengestellt. Hier finden sich auch differenzierte Definitionen der **verschiedenen Produkteigenschaften** (wie z.B. Druckbelastbarkeit, Wasseraufnahme, Zugfestigkeit), sowie die Zusammenstellung der Mindestanforderungen an verschiedene Dämmstofftypen.

Sehr ausführlich werden die unterschiedlichsten Dämmstoffarten in der **Broschüre „Gebäudedämmung – Baustoffe mit Potential“** der SAENA beschrieben.



Abb. 4 / 5 mineralische und konventionelle Dämmstoffe

Neben der bisher verwendeten Einteilung der Dämmstoffe in Wärmeleitfähigkeitsgruppen (WLG) werden sie im Zuge der Harmonisierung europäischer Normen nun **Wärmeleitfähigkeitsstufen (WLS)** zugeordnet. Der Unterschied zwischen beiden Zuordnungen besteht im Nachweisverfahren der Produktqualität durch die Hersteller und in der Differenzierung der Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit. (WLG in 5er-Schritten z.B. WLG 025, 030, 035, ... und WLS in 1er-Schritten z.B. WLS 024, 025, 026 ...).

Verarbeitungsqualität

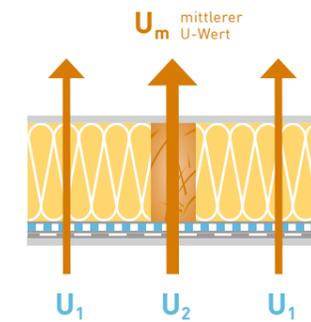
Wärmedämmungen sind z.T. extremen Belastungen ausgesetzt. Sie müssen beständig gegen Wind und Wetter sein. Beispielsweise erwärmen sich Außendämmungen bei Sonneneinstrahlung erheblich bzw. kühlen bei einer Regenbelastung und in den Nächten extrem aus. Die Temperaturunterschiede verursachen große Spannungen. Diese führen nur dann nicht zu unzulässigen

		Rohdichte (kg/m³)	WLS (W/mK)	μ - Wert	Primärenergieinhalt (kWh/m³)	Baustoffklasse
Konventionelle, mineralische, fossile Dämmstoffe	Mineralwolle	10 - 200	030 - 050	1	100 - 700	A
	Kalziumsilikat	220 - 350	060 - 090	5 - 20	800 - 1200	A
	Bläherlit-Schüttung	30 - 150	050	1 - 4	210 - 235	A
	Expandierte Vermiculite	30 - 150	070	10	150	A1
	Schaumglas	100 - 150	045 - 055	dicht	320 - 751	A
	Expandierter Polystyrolhartschaum (EPS)	10 - 50	035 - 040	20 - 100	150 - 500	B1
	Extrudierter Polystyrolhartschaum (XPS)	20 - 65	035 - 040	80 - 250	285 - 684	B1
	Polyurethan-Hartschaum (PUR / PIR)	28 - 55	025 - 035	30 - 100	837 - 1330	B1 / B2
	Polyurethan(PUR / PIR)-Spritzschaum	30 - 50	035 - 040	60 - 120	k. A.	B1 / B2
Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen	Holzfaserdämmplatten	150 - 250	045 - 060	2 - 10	550 - 650	B2
	Expandierter Kork	90 - 140	045 - 050	5 - 10	360 - 440	B2
	Lose Zellulosefasern	20 - 60	045 - 055	1 - 2	60	B1 / B2
	Flachs	16 - 21	040	1	70 - 80	B2
	Hanf	70 - 110	060 - 070	1 - 2	30	B2
	Schafwolle	30 - 40	040	1	150	B2
	Wärmedämmlehm	300 - 350	080	5 - 15	1 - 10	B1

Vergleich unterschiedlicher Dämmstoffe anhand von Rohdichte, Wärmeleitfähigkeit, μ - Wert, Primärenergieinhalt und Baustoffklasse

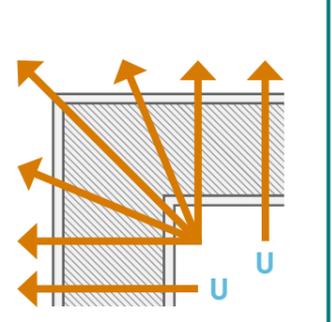
Wärmebrücken sind Bereiche der thermischen Gebäudehülle, an denen sowohl konstruktiv (z.B. Bauteilübergänge), stofflich (z.B. durchgehende Stahlträger) oder geometrisch (z.B. Gebäudeecken) bedingt Wärme verloren geht. An den betroffenen Bauteilen stellen sich dadurch niedrigere innere Oberflächentemperaturen ein. Diese kalten Bereiche tragen zu einem erhöhten Energieverlust bei und können unter ungünstigen Bedingungen zur Ansammlung von Feuchtigkeit führen. Verbunden mit unzureichender Lüftung entstehen dort häufig Stock- oder Schimmelflecken. Mit einer Thermografieaufnahme lassen sich Wärmebrücken visualisieren. In der DIN 4108 Beiblatt 2 werden fachgerechte Planungs- und Ausführungsbeispiele zur Verminderung von Wärmebrückenwirkungen anhand von Prinzipskizzen dargestellt.

Stoffbedingte Wärmebrücke



unterschiedliche Baustoffe = unterschiedliche U-Werte

Geometrische Wärmebrücke



Fläche Innendecke kleiner als Fläche Außendecke

Bauphysikalische Grundlagen

Wesen des Wärmetransportes

Der Wärmetransport in einer Baukonstruktion wird durch die Wärmeleitung und die Wärmespeicherung bestimmt. Ständig schwankende Außentemperaturen, die Einstrahlung der Sonne am Tage und die Abstrahlung an das kalte Himmelsgewölbe in der Nacht bewirken, dass sich der Wärmetransport ständig ändert. Hinzu kommt, dass an allen Bauwerken wärmetechnisch komplizierte, dreidimensionale Details zu finden sind. Eine exakte Berechnung ist nur unter Zuhilfenahme entsprechender Software möglich.

Damit in der Praxis unkompliziert und dennoch hinreichend sicher gebaut werden kann, ist das Berechnungsverfahren wie folgt vereinfacht worden:

- Es werden stationäre (gleichbleibende) Bedingungen angenommen.
- Die Wärmespeicherung wird vernachlässigt.
- Die Wirkung von Wärmebrücken kann anhand von Wärmebrückenkatalogen oder **DIN 4108 Beiblatt 2** abgeschätzt werden. Für die Berücksichtigung der zusätzlichen Wärmeverluste werden pauschale Zuschläge verwendet, die im Normenwerk angegeben sind. Die genauere Berechnung kann durch Fachplaner mit entsprechender Software vorgenommen werden.

Wärmedurchgangswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient von Bauteilen bei baupraktischen Berechnungen

In der Baupraxis wird der **Wärmedurchgangswiderstand** R_T eines Bauteils als Maß für die wärmetechnische Güte einer Konstruktion eingesetzt. Je höher er ist, desto geringer sind die Wärmeverluste im Winter. Der Wärmedurchgangswiderstand eines Bauteils ergibt sich aus den Wärmeleitwiderständen der einzelnen Bauteilschichten. Außerdem werden die Widerstände für den Wärmeübergang zwischen der Luft und der Bauteiloberfläche hinzugerechnet.

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_{se} \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

Der **Wärmeleitwiderstand** R einer Bauteilschicht ist umso größer, je dicker die Schicht ist und je schlechter die **Wärmeleitfähigkeit** λ des Baustoffs ist:

$$R = \frac{d}{\lambda} \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

Werte für die Wärmeleitfähigkeit von Baustoffen sind im einschlägigen technischen Regelwerk enthalten (z. B. DIN 4108-4) oder sind in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen oder in Prüfzeugnissen dokumentiert. Die folgenden Tabellen zeigen, wie unterschiedlich die Wärmeleitfähigkeit der einzelnen Baustoffe sein kann und Beispiele für verschiedene Wärmeübergangswiderstände:

Baustoff	Wärmeleitfähigkeit λ
Stahl	50 W/(mK)
Beton	2,1 W/(mK)
Vollziegel	0,81 W/(mK)
Mineralwolle	0,035 W/(mK)

Richtung des Wärmestroms	Aufwärts	Horizontal	Abwärts
R_{si} in $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$	0,10	0,13	0,17
R_{se} in $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$	0,04	0,04	0,04

Die **Wärmeübergangswiderstände** R_{si} (raumseitig) und R_{se} (außen) sind in **DIN EN ISO 6946** enthalten.

Oftmals wird in den Nachweisen mit dem **Wärmedurchgangskoeffizient** U gearbeitet. Dieser ist der Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstandes R_T :

$$U = \frac{1}{R_T} \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

Hier gilt: Je kleiner der Wärmedurchgangskoeffizient U , desto besser ist die Wand gedämmt und desto geringer sind die Wärmeverluste im Winter.

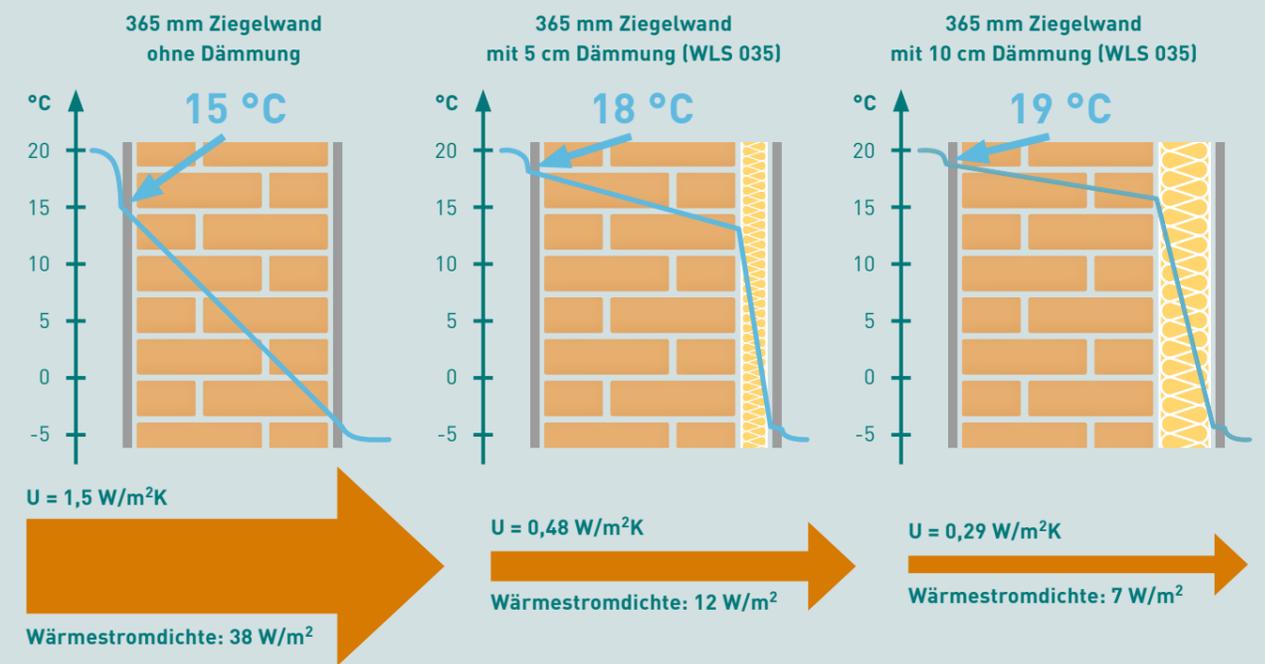
Die Berechnungen sind auch beschrieben in **DIN EN ISO 6946**.

Transmissionswärmestrom und Oberflächentemperatur

Der Transmissionswärmestrom Φ ist das Produkt aus der Bauteilfläche A , dem Wärmedurchgangskoeffizienten U und der Differenz aus Raumlufttemperatur und Außenlufttemperatur ($\theta_i - \theta_e$):

$$\Phi = A \cdot U \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

Die Transmissionswärmestromdichte ist der auf eine Fläche bezogene Transmissionswärmestrom. Je besser ein Bauteil gedämmt wird, desto geringer ist der Transmissionswärmestrom. Gleichzeitig steigt die Temperatur der raumseitigen Wandoberflächen.

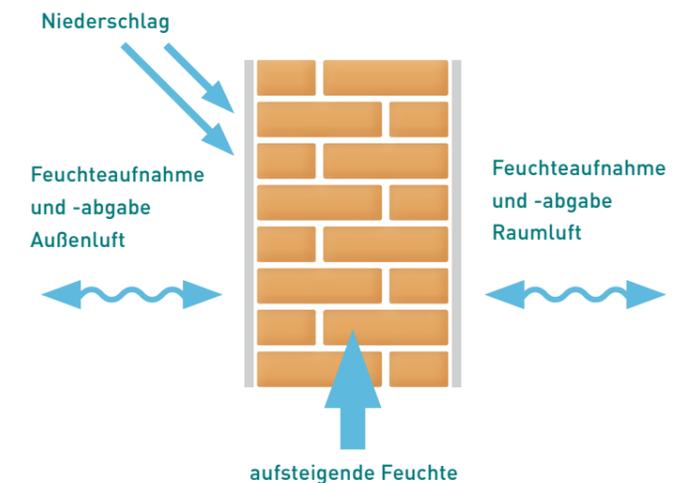


Zusammenhang zwischen dem Wärmedurchgangskoeffizient U und dem Wärmestrom am Beispiel einer unterschiedlich gedämmten Vollziegelwand

Feuchteschutz - Feuchtegehalt in der Baukonstruktion

Wasser ist in unserer Umgebung allgegenwärtig. Unsere Luft enthält Wasserdampf oder Wasserdampf, Niederschläge befeuchten Bauteiloberflächen, das Wasser des Erdbodens sichert das Wachstum der Pflanzen. Die meisten Baustoffe enthalten kleine Poren. In diesen Poren befindet sich neben der Luft immer auch Wasserdampf. Oftmals sind die Porenwände mit flüssigem Wasser belegt, manchmal sind die Poren auch vollständig mit flüssigem Wasser gefüllt. Eine absolut trockene Baukonstruktion gibt es nicht. In der Berechnungspraxis wird daher stets die Wärmeleitfähigkeit bei der „baupraktischen“ Feuchte eingesetzt.

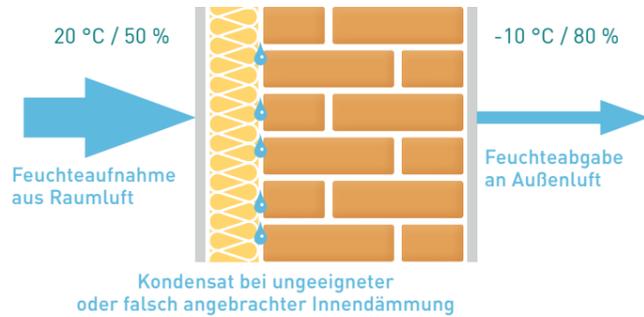
In jeder Baukonstruktion stellt sich, abhängig von den jeweils herrschenden Konditionen in der Umgebung, ein Gleichgewicht zwischen Wasseraufnahme, Wasserabgabe und der Wärmespeicherung ein.



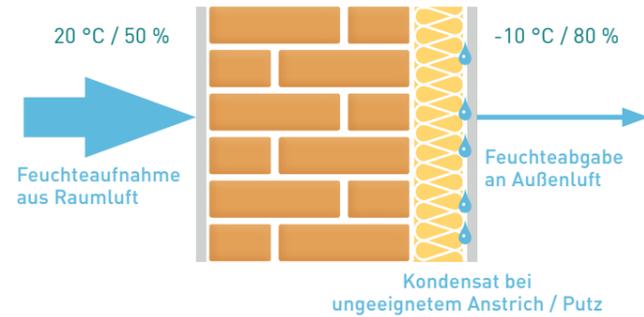
Feuchtebeanspruchung einer Außenwand

Das Feuchtegleichgewicht wird u.a. durch das Anbringen einer Wärmedämmung, die Oberflächenbekleidung der Konstruktion (Putz, Verschalungen) und Veränderungen der Raumluftfeuchte z. B. durch eine veränderte Wohnungslüftung infolge des Einbaus neuer Fenster beeinflusst. Es ist darauf zu achten, dass das Feuchtegleichgewicht sich durch die Maßnahmen nicht soweit verändert, dass die Baukonstruktion Schaden nimmt.

Mauerwerk mit Innendämmung



Mauerwerk mit Wärmedämmverbundsystem



Beispiele für Störungen des Feuchtegleichgewichts

Dazu sind folgende Grundsätze zu bedenken:

- Salz zieht Feuchtigkeit an. Ein hoher Salzgehalt im Mauerwerk stört daher das natürliche Feuchtegleichgewicht. Durchfeuchtungen und Bauschäden sind wahrscheinlich. Das Mauerwerk ist zu entsalzen.
- Wärmedämmungen sollten möglichst auf der „kalten“ Seite aufgebracht werden.
- Auf der Außenoberfläche dürfen keine diffusionshemmenden Anstriche aufgetragen werden. Diffusionsdichte Schichten auf der kalten Seite sind in der Regel zu hinterlüften.
- Aufsteigende Feuchte ist vor einer wärmetechnischen Sanierung zu unterbinden.
- In Gebieten mit mittlerer und hoher Schlagregenbeanspruchung ist insbesondere auf der „Wetterseite“ ein besonderer Schutz der Außenoberfläche vor eindringendem Niederschlagswasser zu beachten. Bei Bestandsgebäuden sind Schlagregen gefährdete Fassaden oftmals mit einer hinterlüfteten Verkleidung zu versehen.

Feuchteschutz – Kritische Feuchtegehalte

Der Feuchtegehalt in einem Bauteil oder in einer Bauteilschicht kann durch den Feuchtegehalt u bzw. die relative Feuchte charakterisiert werden:

Der **Feuchtegehalt u** setzt die im Baustoff vorhandene Wassermenge in Beziehung zum trockenen Material:

$$u = \frac{\text{Masse feuchter Baustoff} - \text{Masse trockener Baustoff}}{\text{Masse trockener Baustoff}} \cdot 100 \%$$

Um einen „trockenen Baustoff“ zu erhalten, werden die zu untersuchenden Proben in einem sogenannten Darrschrank bei 105 °C getrocknet bis sie „darrtrocken“ sind.

Die relative **Luftfeuchte ϕ** gibt an, inwieweit die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist:

$$\phi = \frac{\text{Wassergehalt der Luft}}{\text{maximal möglicher Wassergehalt der Luft}} \cdot 100 \%$$

In der Formelschreibweise ist die relative Luftfeuchte ϕ der Quotient aus absoluter Luftfeuchte f und der bei der Messtemperatur maximal möglichen Sättigungsdampfdichte f_0 bzw. das Verhältnis aus dem Partialdruck des Wasserdampfes p_w zum temperaturabhängigen Sättigungsdampfdruck $p_{w,s}$:

$$\phi = \frac{f}{f_0} = \frac{p_w}{p_{w,s}}$$

Der maximal mögliche Wassergehalt der Luft (Sättigungsgehalt) ist temperaturabhängig. Je höher die Temperatur, desto mehr Wasserdampf kann die Luft aufnehmen. Je kleiner die Temperatur, desto geringer ist das Aufnahmevermögen der Luft.

Kritische Feuchtegehalte sind benannt:

- a) Im technischen Regelwerk (DIN 68800, z.B. Holz max. 20 Masseprozent)
- b) In den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen und Prüfzeugnissen



Abb. 6 starker Tauwasserfall am Fensterrandverbund Glas-Rahmen

Schimmelbildung auf raumseitigen Oberflächen

Auf Wandoberflächen beginnt **Schimmelwachstum** bereits, wenn die relative Feuchte an der Wandoberfläche über einen Zeitraum von ca. 5 Tagen höher als 80 % ist. Diese Oberflächenfeuchte wird erreicht, wenn bei Wohnräumen mit 20 °C und 50 % Luftfeuchte die Temperaturen an der Wand 12,6 °C unterschreiten (gemäß DIN 4108-6). In der Praxis zeigen sich sogar schon bei niedrigeren Oberflächenfeuchten mit geeignetem Substrat (z.B. Raufasertape) Schimmelflecken, wie Abbildung 7 verdeutlicht.



Abb. 7 Schimmelentstehung in einer Rauminnenecke aufgrund unzureichender Oberflächentemperatur

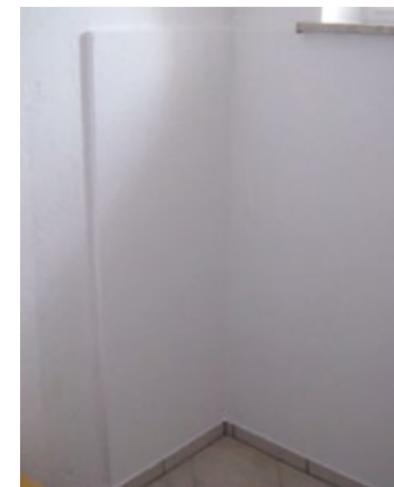


Abb. 8 Erhöhung der Oberflächentemperatur im kritischen Bereich durch eine diffusionsoffene Innendämmung

Selbst bei gut gelüfteten Wohnungen ergeben sich immer wieder Probleme an Wärmebrücken. Schimmelfreiheit ist jedoch nur zu erreichen, wenn auch an problematischen Anschlussdetails eine Oberflächentemperatur von 12,6 °C nicht unterschritten wird. Eine **wärmebrückenarme Bauweise** ist daher auch an schwierigsten Details unverzichtbar. Jedem Ausführenden muss klar sein, dass der sog. "Pfusch" bei einer unzureichenden Ausführung, fast

immer innerhalb von kurzen Zeiträumen zu sichtbarem Schimmel führt. Massive Klagen der Nutzer und Bauherren sind oft die Folge.

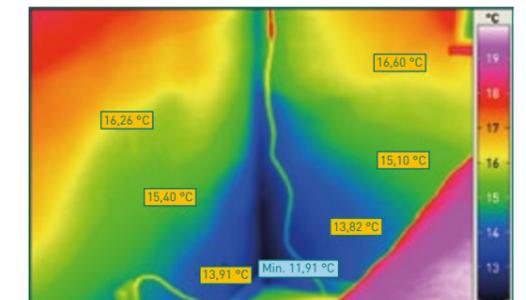


Abb. 9 / 10 Thermografieaufnahme mit Temperaturverteilung in einer Zimmerecke

In der Praxis stehen zwei Strategien zur Verfügung:

- Verminderung des Wärmetransportes durch **ausreichende Dämmung**, besonders bei problematischen Stellen (Vorzugsvariante).
- **Gezielte Erwärmung** der problematischen Oberflächen z.B. durch eine Sockelleistenheizung.

Lösungen für typische Wärmebrücken für Neubauten sind u.a. in DIN 4108 Beiblatt 2, in Materialsammlungen unterschiedlicher Hersteller und Verbänden und in der Literatur (Wärmebrücken-katalog) genügend zu finden. Jedoch sind für energetische Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle eigene Lösungen für Wärmebrückenoptimierungen zu finden. Fachleute können mit Hilfe einer Wärmebrücken-Software optimale Lösungen auffindig machen. Nach der Sanierungsmaßnahme ist ein messtechnischer Nachweis u.a. mit Thermografieaufnahmen möglich. Da eine belastbare Messung oder Rechnung zahlreiche Randbedingungen erfüllen muss, sollten hiermit nur erfahrene Büros und Gutachter beauftragt werden.

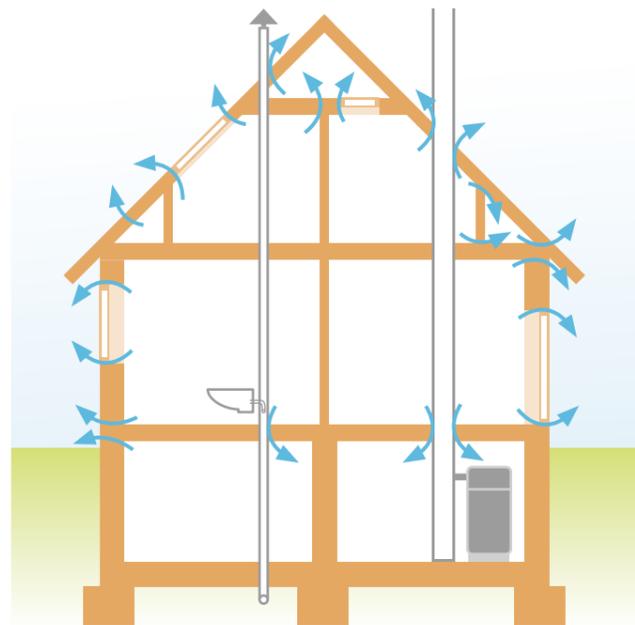
Nähere Informationen erfahren Sie im SAENA-Filmclip „Feuchteschutz“ unter www.saena.de/themen/thermische-gebaeudehuelle.html.

Luftdichtheit

In der Vergangenheit wurden Gebäude nicht luftdicht errichtet. Es gab unzählige Fugen und Spalten, über die die Luft ein- und abströmen konnte. Der Luftwechsel wurde außerdem durch raumluftabhängige Feuerstätten angetrieben. Nachteil der traditionellen Bauweise sind vor allem die **hohen Lüftungswärmeverluste**. Bei stärkerem Wind ist außerdem die Behaglichkeit in Fensternähe eingeschränkt. Einen Vorteil der traditionellen Bauweise gibt es aus bauhygienischer Sicht. Die Raumluft ist im Winter relativ trocken, so dass die aus der Raumluftfeuchte resultierende Schimmelbildungsgefahr eher gering ist.

Die Erfahrung zeigt, dass bereits durch eine moderate **Abdichtung der Gebäudehülle** z.B. durch den Austausch der Fenster - eine deutliche Minderung des Luftaustausches bewirkt werden kann. Dieser aus energetischer Sicht gewünschte Effekt hat aber auch zur Folge, dass die winterlichen Raumluftfeuchten ansteigen. Gelangt diese feuchte Raumluft in die Konstruktion, kann das eine schwere Störung des Feuchtegleichgewichtes im betroffenen Bauteil bewirken. Nahezu zwangsläufig streicht die Luft auf ihrem Wege durch das Bauteil an kälteren Stellen vorbei, an denen dann relativ viel Wasserdampf kondensiert. Es besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine unzulässige Durchfeuchtung des Bauteiles und einen mikrobiellen Bewuchs, der bis zur Zerstörung der Konstruktion gehen kann.

Die im energieeffizienten Bauen geforderte **luftdichte Ausführung** hat daher vor allem zum Ziel, das Eindringen von warmer und feuchter Raumluft in die Konstruktion wirksam zu unterbinden. Die Abdichtung der Leckagen ist im warmen Bereich der Konstruktion (raumseitig) vorzunehmen.



mögliche Wärmeverluste am Gebäude durch Undichtigkeiten

Zur Herstellung einer luftdichten Gebäudehülle werden verschiedene Dampfbremsen oder Dampfsperren mit unterschiedlichen s_d -Werten verwendet.

Die **dampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d** ist ein Kennwert für den Widerstand, den ein Bauteil einer bestimmten Dicke der Wasserdampfdiffusion entgegensetzt. Je größer der s_d -Wert ist, umso weniger Wasserdampf diffundiert durch die Bauteilschicht hindurch. Der Kennwert ist abhängig von der Diffusionswiderstandszahl μ des Baustoffes und seiner Schichtdicke. Er ist ein Vergleichswert bezogen auf eine Luftschichtdicke mit dem gleichen Diffusionswiderstand und wird daher in der Einheit Meter angegeben.

Übersicht typischer s_d -Werte von Bauteilschichten (Werte nach DIN EN 12524)

Bauteilschicht	Schichtdicke d (mm)	μ - Wert (-)	s_d - Wert (m)
Holzfaserverplatte MDF	22	5	0,1
Unterspannbahn	0,15	1300	0,2
OSB-Platte	22	50	1,1
Mauerwerk KS	240	15	3,6
PE-Folie 0,25mm	0,25	400 000	100
Aluminium-Folie	0,05	30 000 000	1 500

Selbstverständlich benötigen die Aufenthaltsräume einen **ausreichenden Luftwechsel**. So müssen Riech- und Ekelstoffe hinreichend verdünnt werden und der in den Aufenthaltsräumen freigesetzte Wasserdampf muss abgeführt werden. Aus bauhygienischer Sicht ausreichend sind oftmals einfache Abluftanlagen. Einen höheren Beitrag zur Energieeffizienz können gut geplante und gewartete Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung leisten. Die Planungsgrundlage für Lüftungsanlagen stellt die DIN 1946-6 dar.

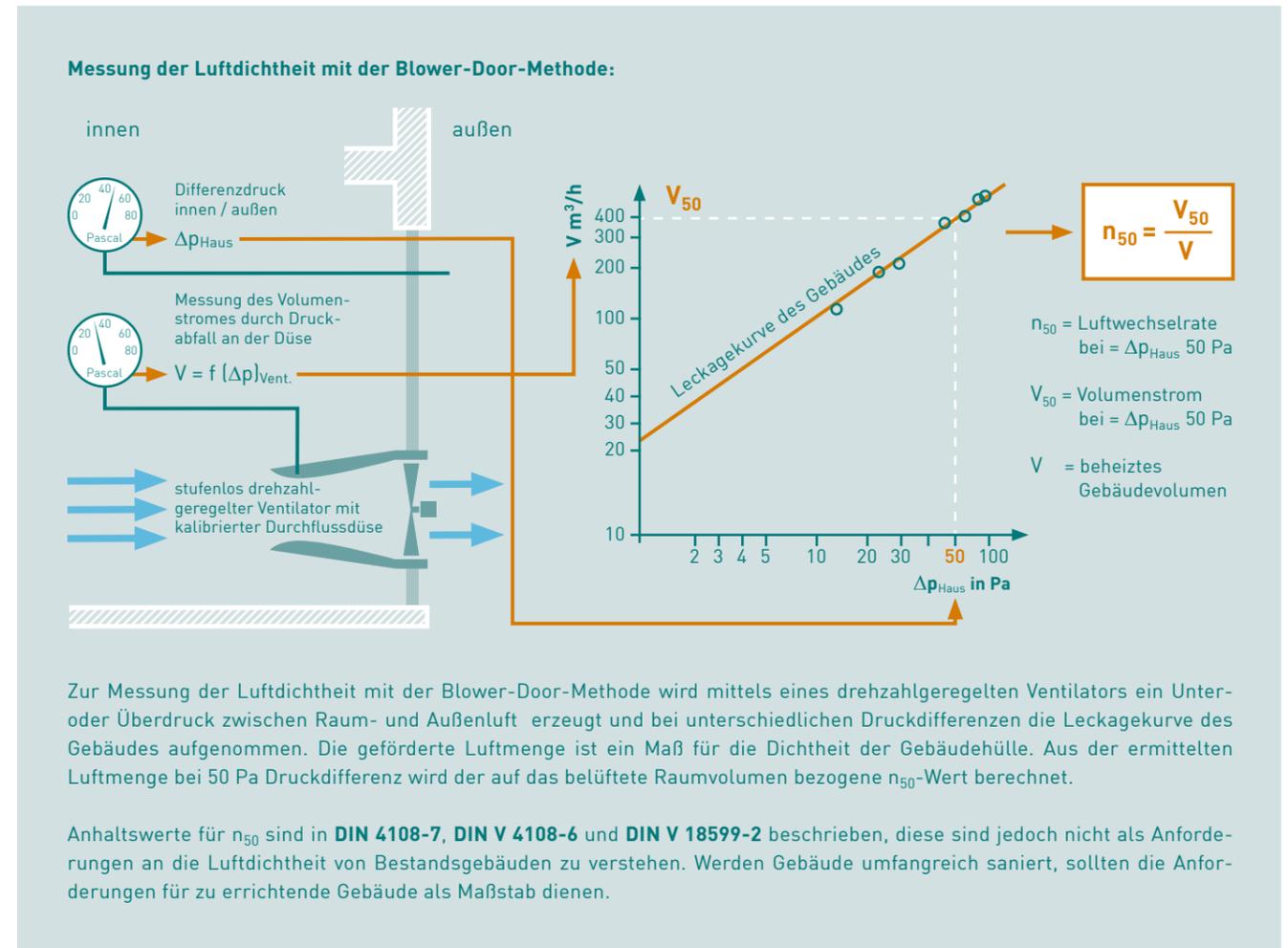
Besondere Beachtung verdienen im Zusammenhang mit der luftdichten Bauweise die im Aufenthaltsbereich vorhandenen **Feuerstätten**. Hier ist zwischen Feuerstätten zu unterscheiden, die die Verbrennungsluft aus dem Aufstellraum entnehmen (raumluftabhängige Feuerstätten) und den Feuerstätten, denen die Verbrennungsluft über separate Luftführungen zuströmt (raumluftunabhängige Feuerstätten). Bei raumluftabhängigen Feuerstätten kann die Verbrennungsluftversorgung durch das konsequente Abdichten aller Leckagen so eingeschränkt sein, dass ein sicherer Betrieb der Feuerstätte nicht mehr möglich ist. Der zuständige Bezirksschornsteinfegermeister ist hierfür der richtige Ansprechpartner.



Abb. 11 / 12 Einbausituation Luftdichtheitsmessgerät im Türschwelle

Die **Anforderungen an die Luftdichtheit** der Gebäudehülle werden für neue Gebäude in verschiedenen Verordnungen genau definiert. Für Bestandsgebäude sind keine konkreten Anforderungen an die Luftdichtheit der Gebäudehülle explizit formuliert. Oftmals werden jedoch für den Modernisierungs- bzw. Sanierungsbereich in Förderprogrammen Anforderungen an die Luftdichtheit der Gebäudehülle gestellt.

Als Maß für die Luftdichtheit eines Gebäudes hat sich der n_{50} -Wert etabliert. Dieser Wert entspricht dem Luftwechsel bei einer Druckdifferenz von 50 Pa. Die messtechnische Ermittlung dieses Wertes ist relativ einfach. In einen Türschwelle wird mit Hilfe einer Vorrichtung ein Segeltuch eingespannt. Das Tuch enthält eine Öffnung, in die ein großer Ventilator gestellt wird. Mit Hilfe dieses Ventilators wird eine Druckdifferenz zwischen dem Gebäudeinneren und der Außenluft von ca. 50 Pa eingestellt. Gleichzeitig wird der Volumenstrom gemessen. Der Quotient aus Volumenstrom und dem belüfteten Raumvolumen ist der n_{50} -Wert.



Leckagen sind im Zuge von Luftdichtheitstests mit Hilfe von **Prüfnebel** gut zu lokalisieren. Zusätzlich sind **Luftgeschwindigkeitsmessungen** als Nachweisinstrument einsetzbar.



Abb. 13
Verwendung von Rauchröhrchen



Abb. 14
Verwendung eines Luftgeschwindigkeitsmessgerätes

Bei kalten Außentemperaturen kann der **Einsatz einer Thermografiekamera** die Suche nach Leckagen vereinfachen. Die bei einer Unterdruckmessung eindringende kalte Außenluft ist mit Hilfe der Thermografie eindeutig identifizierbar.



Abb. 15
Rauminnenecke einer Außenwand aus Holz-Blockbohlen

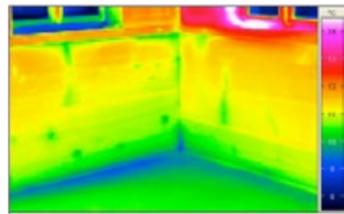


Abb. 16
Thermografieaufnahme ohne Unterdruck

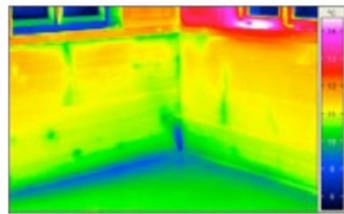


Abb. 17
Thermografieaufnahme nach 20 s bei 50 Pa Unterdruck

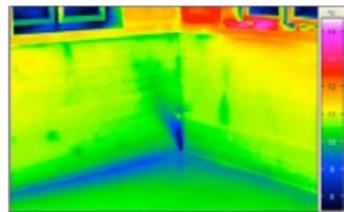


Abb. 18
Thermografieaufnahme nach 300 s bei 50 Pa Unterdruck

Messungen der Luftdichtheit der Gebäudehülle zur Prüfung der Qualität der ausgeführten Bauleistungen sind zwar bisher nicht verpflichtend, gehören heute aber zum Stand der Technik. Die Durchführung solcher Tests im Rahmen der Abnahme und ggf. zusätzlich nach Fertigstellung des Rohbaus sollte daher vertraglich im Leistungsumfang fixiert werden.

Nähere Informationen erfahren Sie im SAENA-Filmclip „Luftdichtheit“ unter www.saena.de/themen/thermische-gebaeudehuelle.html.

Sommerlicher Wärmeschutz

Gerade bei einer wärmetechnischen Verbesserung des Gebäudes ist auch der sommerliche Wärmeschutz zu beachten. Nach einer möglichst großen Heizenergieeinsparung im Winter, sollte auch im Sommer ein **erträgliches Raumklima** ohne zusätzlichen Klimatisierungsaufwand erreichbar sein.

Der bauliche sommerliche Wärmeschutz basiert im Wesentlichen auf einer Verminderung der solaren Einstrahlung durch transparente Flächen (Verglasungen). Die Nachweise sind nach **DIN 4108-2** zu führen. Das Nachweisverfahren ist relativ einfach. Letztlich ist ein vorhandener Sonneneintragswert mit einem zulässigen Sonneneintragswert zu vergleichen.

Die Wirksamkeit von Verschattungen wird durch den Gesamtenergiedurchlassgrad g charakterisiert. Dieser Wert schwankt theoretisch zwischen $g = 0,0$ (Strahlungsenergie der Sonne gelangt nicht in den Raum = perfekter Sonnenschutz) und $g = 1,0$ (die gesamte Strahlungsenergie der Sonne gelangt in den Raum = kein Sonnenschutz).

Brandschutz

Das Bauordnungsrecht fällt in die Kompetenz der Bundesländer. **Grundsätzliche Anforderungen an den Brandschutz** sind in den Landesbauordnungen aufgeführt. Die Länder sind bestrebt, weitgehend übereinstimmende Rechts- und Verwaltungsvorschriften zu erlassen. Eine Abstimmung erfolgt durch die für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Landesministerien im Rahmen der ARGEBAU (siehe www.is-argebau.de). Diese veröffentlicht u.a. eine Musterbauordnung, die als Vorlage für die Bauordnungen der Länder dient. Dennoch können sich Regelungen im Einzelfall innerhalb der Bundesländer unterscheiden. Nach der **sächsischen Bauordnung** (SächsBO) müssen Außenwandbekleidungen von Gebäuden ab der Gebäudeklasse 4 (Fußbodenhöhe des obersten Vollgeschosses liegt mehr als 7 m über Geländeoberfläche), einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen, schwerentflammbar sein. Für kleinere Gebäude dürfen nach dieser Vorschrift normalentflammbare Außenwandbekleidungen verwendet werden.

Das Brandverhalten ist bei der Auswahl der geeigneten Dämmstoffe ein sehr wichtiges Kriterium. Die Prüfung und Beurteilung von Dämmstoffen und deren entsprechendes Brandverhalten sind in der DIN 4102 geregelt. Baustoffe werden in die Baustoffklassen A1 und A2 (nichtbrennbar), B1 (schwerentflammbar) und B2 (normalentflammbar) eingeteilt (siehe auch Tabelle S. 15). Das Brandverhalten wird nicht nur vom Dämmstoff selbst, sondern evtl. auch von Bindemitteln, Klebern, Flammenschutzmitteln, Beschichtungen usw. positiv oder negativ beeinflusst. Im Brandfall können einige Dämmstoffe giftige Gase freisetzen. Die entsprechenden Vorkehrungen gegen die Entzündung müssen daher bereits beim Entwurf der Konstruktion getroffen werden. Die vom DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) zugelassenen Wärmedämmverbundsysteme müssen zum einen den Nachweis für das komplette System nach der Baustoffklasse B1 (schwerentflammbar) erfüllen und zum anderen sind Brandprüfungen nach nationalen (DIN 4102-1) oder europäischen Prüfverfahren (DIN EN 13823) zu führen. Die Temperaturbeständigkeit von Dämmstoffen ist ebenfalls eine wichtige Materialeigenschaft, da besonders Merkmale, wie Maßhaltigkeit, Formstabilität und thermische Zersetzung die Grenze der Anwendungstemperatur bestimmen.

Brandschutztechnische Zusatzmaßnahmen sind vor allem bei Wärmedämmverbundsystemen mit Polystyrol-Dämmstoff (EPS-Hartschaumplatten) vorzusehen.

Dafür hat sich die Bekleidung des Sturzes und seitliche Verkleidung von Außenwandöffnungen mit hinreichend formstabilen, nichtbrennbaren Material (z.B. Mineralwolle) oder alternativ die Anordnung von Brandbarrieren aus solchen Materialien über jedem 2. Geschoss in den Zulassungen etabliert. Dabei wird berücksichtigt, dass bei einem Zimmerbrand die starke Hitzeeinwirkung in der Regel zum Bersten der Scheiben führt und damit die Flammen direkt den Sturzbereich erfassen können.

Die Anordnung von Brandbarrieren findet vor allem bei Gebäudehöhen zwischen 7 und 22 m Anwendung. Brandversuche und Berichte der Feuerwehr bestätigen die Notwendigkeit der Einhaltung dieser Vorschrift.



Abb. 19 Brandriegel aus Mineralwolle

Für höhere Gebäude und Sonderbauten gelten zusätzliche Anforderungen, diese dürfen u.a. nur mit nichtbrennbaren Dämmstoffen verkleidet werden.

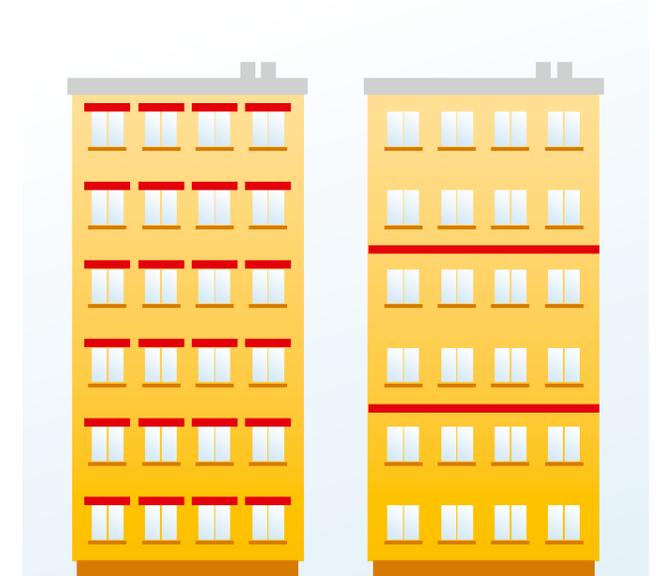


Abb. 20 WDVS mit umlaufenden Brandriegel

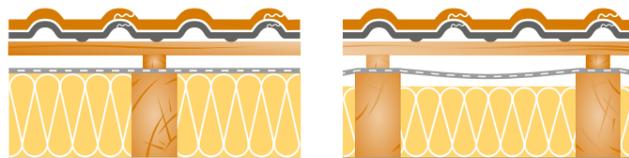
Detail Dacherneuerung

Die Möglichkeiten, im Rahmen einer Sanierung die energetische Qualität eines Gebäudes und seiner Außenbauteile zu verbessern, sind stets von deren Konstruktion und Erhaltungszustand abhängig. Den oberen Gebäudeabschluss bilden im Bauwerksbestand hauptsächlich geneigte Sattel-, Walm- oder Mansarddächer. Neben solchen Holzkonstruktionen, die als Pfetten-, Sparren- oder Kehlbalkendach ausgebildet sein können, finden sich bei jüngeren Gebäuden auch Flachdachkonstruktionen in Holz- oder Massivbauweise.



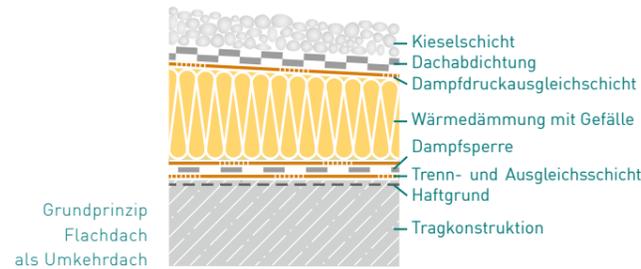
Abb. 21 Saniertes Dach mit Dachgaube

Des Weiteren wird zwischen Warm- und Kaltdächern unterschieden. Die Unterschiede liegen in der Lage der Dachhaut und der Belüftungsebene. Als Warmdach (einschaliges Dach) werden unbelüftete Dachkonstruktionen bezeichnet, wobei die Dachhaut direkt auf der Dämmung liegt. Beim Kaltdach (zweischaliges Dach) hingegen ist eine spezielle Belüftungsebene oberhalb des Unterdaches (über einer diffusionsoffenen Unterspannbahn oder Holzfaserverplatte) notwendig. Diese stellt die Abführung des Wasserdampfes sicher. Die früher zusätzlich eingeordnete zweite Belüftungsebene (unter der Unterspannbahn) kann heute entfallen. Voraussetzung dafür ist, dass die raumseitige Schale luftdicht ausgeführt und deren s_d -Wert ≥ 2 m ist (siehe DIN 41083). Somit wird zusätzlicher Raum für den Dämmstoff erschlossen.



Kaltdach mit unbelüfteter und hinterlüfteter Zwischensparrendämmung

Eine Sonderform des Warmdaches ist das **Umkehrdach**. Dabei befindet sich die Dachabdichtung auf der Warmseite der Dämmung und ist so vor Temperaturschwankungen sowie mechanischen Beschädigungen geschützt.



Die konstruktiven Details von Dachkonstruktionen sind außerordentlich vielfältig, was selbst Fachleute immer wieder vor Herausforderungen stellt. Um in der konkreten Situation die Auswahl einer geeigneten Sanierungsmethode treffen zu können, sollte im Vorfeld einer Modernisierung des Daches stets eine **Bewertung der Bestandskonstruktion** durch einen erfahrenen Fachmann (Holzgutachter, Zimmermann, Dachdecker) erfolgen. Selbstverständlich ist auch zu prüfen, ob das Tragwerk die zusätzlich eingebrachten Lasten tragen kann - in der Regel ist ein Statiker zu Rate zu ziehen.

Die nachfolgende Abbildung führt die wesentlichen Normen mit Bezug zu Arbeiten an Dächern auf. Ergänzend dazu sind die Fachregeln für Abdichtungen („Flachdachrichtlinie“), herausgegeben vom Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks und dem Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. zu berücksichtigen.

Normen und Vorschriften mit Bezug zur Sanierung von Dachkonstruktionen

- DIN 4102** Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, in Verbindung mit DIN EN 13501 Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten, Teile 1-5
- DIN 4108** Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden
- DIN 4109** Schallschutz im Hochbau
- DIN EN 1991: 2010-12** Einwirkungen auf Tragwerke
- DIN EN 12056: 2001-01** Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden
- DIN 1986-100: 2008-05** Regenspende
- DIN 18195** Bauwerksabdichtungen
- DIN 18338: 2010-04 VOB** Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Dachdeckungs- und Dachabdichtungsarbeiten
- DIN 18339: 2010-04 VOB** Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Klempnerarbeiten
- DIN 18531: 2010-05** Dachabdichtungen – Abdichtungen für nicht genutzte Dächer

Feuchteschutz und Luftdichtheit von Dachkonstruktionen stehen in einem engen Zusammenhang. Das Eindringen von Regenwasser in die Konstruktion durch Undichtigkeiten im Bereich von **Durchdringungen und Anschlüssen** (Schornstein, Installationskanal, Traufbereich etc.), muss verhindert werden. Darüber hinaus ist auf der Raumseite der Dämmung das Eindringen von Luftfeuchtigkeit aus der Raumluft in die Konstruktion zu unterbinden. Dies gilt gleichermaßen für den Ausbau des Dachraumes, wie auch für die Dämmung der obersten Geschossdecke. Hierzu werden auf der Raumseite vor der Dämmebene entsprechende Folien oder dampfdichte Platten als **Dampfsperren bzw. Dampfbremsen** eingebaut. Wichtig ist die spannungsfreie Verlegung nach den Vorgaben des Herstellers und die einwandfreie (luftdichte) Ausführung der Stöße zwischen den einzelnen Dichtungsbahnen. Im Bereich der Anschlüsse an Boden, Decke und Durchdringungen, muss mittels geeigneter Techniken eine dauerhafte Verbindung gewährleistet werden.

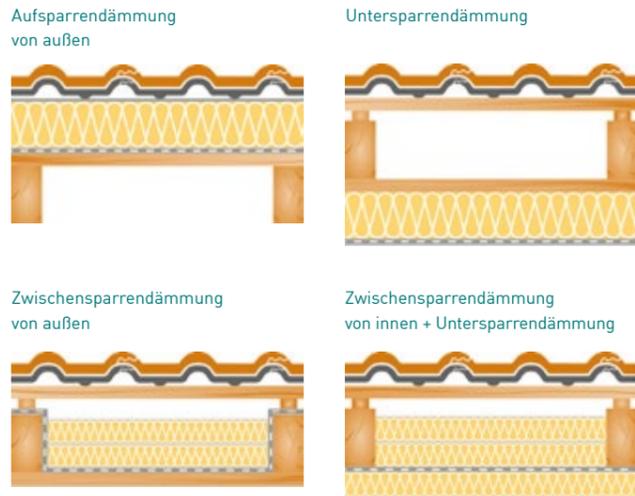
Detail Dachgeschossausbau

Während das Dachgeschoss früher häufig nur als klimatischer Puffer und Speicherraum genutzt wurde, wird heute aus ökonomischen Gründen immer häufiger ein Ausbau des ungenutzten Raumes und dessen **Nutzung als Wohnbereich** in Betracht gezogen.

Der Anteil des Wärmeverlusts eines Gebäudes über die Dachfläche kann in ungünstigen Fällen bis zu 20 % betragen. Daher liegt das Hauptaugenmerk beim Dachausbau auf der Sicherstellung des **winterlichen Wärmeschutzes**. Der Einbau einer Wärmedämmung erfolgt – sofern die Dachdeckung (inkl. Unterspannbahn) nicht ebenfalls erneuert werden soll – als **Zwischensparrendämmung**, ggf. ergänzt durch eine **Untersparrendämmung**. Ist eine **Aufsparrendämmung** in Betracht gezogen werden. In der Praxis werden verschiedene Kombinationen der nachfolgend genannten Dämmkonzepte angewandt.

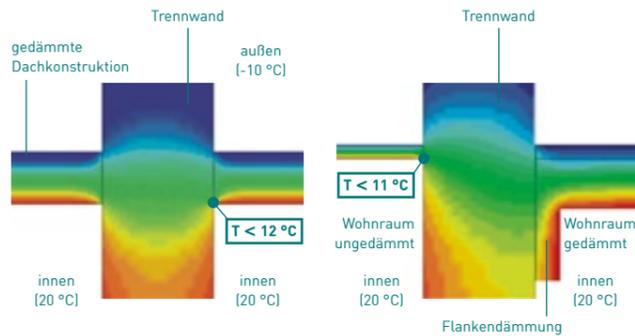


Abb. 22 ausgebauter Dachgeschoss unter Verwendung einer Aufsparrendämmung



Grundprinzipien Dachdämmung

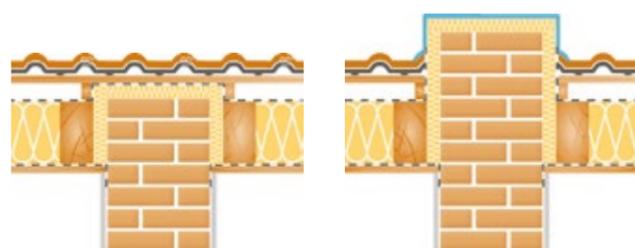
Einbindende Wände und **Bauteildurchdringungen der Dachhaut** müssen mit einer entsprechenden **Flankendämmung** oder einer umlaufenden Dämmung versehen werden, so dass deren Wirkung als geometrische Wärmebrücke unterbunden wird. Im Bereich des Dachanschlusses kann es an der Bauteilinnenecke zu einer stärkeren Abkühlung der Oberfläche kommen und somit den Tauwasserausfall begünstigen (siehe Grafik).



Temperaturverlauf einer ungedämmten Haustrennwand

Temperaturverlauf einer nur einseitigen Flankendämmung

Bei Mauerwerkskronen müssen z.B. folgende konstruktive Vorkehrungen getroffen werden, um eine vollständig durchlaufende Dämmebene zu gewährleisten.



Grundprinzipien von Einbindungsmöglichkeiten einer Haustrennwand

Eine beidseitig an die Wohnungstrennwand angebrachte Flankendämmung (Abb. 23 / 24) erhöht die Oberflächentemperaturen im kritischen Bereich und beugt so gegen mögliche Feuchteansammlung mit eventueller Schimmelbildung vor. Dämmmaßnahmen an nur einer Gebäudeseite (siehe Grafik) können unter Umständen Folgen für das benachbarte Gebäude haben, die ihrerseits ebenfalls Maßnahmen erfordern. Die einseitig gedämmte Trennwand kühlt im ungedämmten Nachbarwohnraum stärker aus als zuvor. Der Anschlussbereich ist durch Kondensat gefährdet. Diese Problematik ist auch bei einer geplanten Innen-dämmmaßnahme der kompletten Wohnungstrennwand zu beachten, besonders zwischen Dachräumen mit unterschiedlichen Raumtemperaturen.



Abb. 23 / 24 Möglichkeit einer Flankendämmung mit Mineralfüllplatten

Nicht mehr benötigte Schornsteine werden am besten auf die Höhe unterhalb der Dachfläche zurückgebaut, um so die Zahl der Durchdringungen zu reduzieren. Bei intakten massiven Schornsteinen kann in wohngenutzten Dachräumen eine Begleitdämmung angebracht werden. Das entschärft diese konstruktive Wärmebrücke.



Abb. 25 Begleitdämmung eines massiven Schornsteinkopfes

Zwischensparrendämmung

Zwischensparrendämmungen sind stets so einzubauen, dass der Sparrenzwischenraum vollständig mit Dämmstoff ausgefüllt wird und **keine Hohlräume** verbleiben (Vermeidung von Konvektion). Schwierig zugängliche Stellen, wie im Anschlussbereich von Geschossdecken mit durchgehender Wärmedämmung (Abb. 26), sollten besondere Beachtung finden. Diese sind am Besten mit kleineren Dämmstoffstücken vollständig auszufüllen, da das lückenlose Einbringen großer Dämmstoffplatten oder Matten in der beengten Einbausituation oft schwierig ist. Die Dämmung darf **nicht erheblich zusammengedrückt** werden (Abb. 27), denn dies vermindert die gewünschte Dämmwirkung.



Abb. 26 kleiner Abschnitt der Dämmung, für schwer zu erreichende Stellen

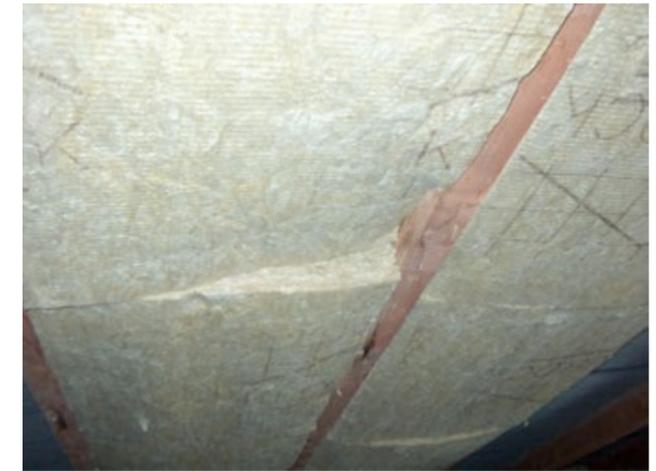


Abb. 27 zusammengedrückte Wärmedämmung zwischen den Sparren

Ein **passgenauer Zuschnitt** der Dämmung ist sehr wichtig, da verbleibende Lücken oder Spalten infolge des ungenauen Einbaus große Wärmebrücken darstellen. Der Zuschnitt sollte so erfolgen, dass die Dämmung leicht gedrängt eingebaut wird, z.B. mit einer Zugabe von 1,0 cm zur vorhandenen Sparrenbreite.



Abb. 28 Einbau einer Mineralwolldämmung zwischen den Sparren

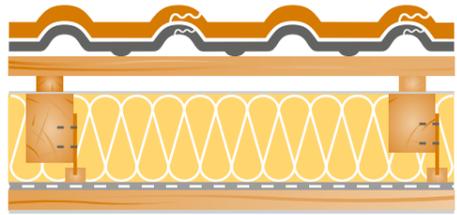


Abb. 29.1 Zuschneiden des Dämmstoffes



Eine weitere Möglichkeit für den passgenauen Einbau der Dämmung ist die Verwendung von Dämmkeilen. Diese können gegeneinander so verschoben werden, dass keine Lücken zwischen Sparren und Dämmung verbleiben.

Abb. 29.2
Zwischensparrendämmung aus Dämmkeilen



Detail Sparrenexpander

Die Höhe der Sparren im Altbaubestand beträgt häufig nur 10 bis 14 cm. Der verfügbare Raum für eine Zwischensparrendämmung ist damit meist zu klein, um geeignete Dämmschichtdicken im



Abb. 30 - 32
Vergrößerung des Sparrenzwischenraums durch seitlich angebrachte Sparrenexpander aus Holz



Dach zwischen 16 bis 24 cm zu erreichen. Deshalb ist es empfehlenswert, entweder die Stärke der Zwischensparrendämmung mittels einer **Sparrenaufdopplung** durch Bretter, Kanthölzer oder Sparrenexpander zu erhöhen oder zusätzlich eine Untersparrendämmung vorzusehen.

Sparrenexpander dienen dazu, die verfügbare Höhe im Sparrenraum zu vergrößern und einen ebenen Dachabschluss zum Innenraum zu erzeugen (z.B. bei unterschiedlich hohen oder teilweise verzogenen Sparren). Aber auch seitlich am Sparren angeschraubte stärkere Bretter, können diese Funktion erfüllen.

Untersparrendämmung

Die Verwendung der Untersparrendämmung birgt den Vorteil, dass die Wärmebrückenwirkung der Holzsparren in der Ebene der Zwischensparrendämmung kompensiert wird. Als alleinige Dämmmaßnahme ist die Untersparrendämmung in der Regel eher ungeeignet, da die Realisierung der dann notwendigen Dämmstärke erhebliche Einbußen des verfügbaren Raumes zur Folge hat. Gleichzeitig bliebe das Dämmstärkepotential zwischen den Sparren schlichtweg ungenutzt.



Abb. 33 / 34
Einbau einer Untersparrendämmung zwischen die Konterlattung

Aufsparrendämmung

Die Aufsparrendämmung ist zwar im Vergleich zu den anderen Sanierungsmöglichkeiten aufwendig, aus bauphysikalischer Sicht aber dennoch die beste Variante zur energetischen Sanierung des Daches. Die vorhandene Dacheindeckung ist komplett zu entfernen und die neue Dämmebene auf den Sparren einzubauen. Hierfür bieten verschiedene Hersteller Systemlösungen an. Der Vorteil liegt in erster Linie in der durchgängigen und wärmebrückenfreien Verlegung der Dämmebene.



Abb. 35 / 36
Aufbringen einer Aufsparrendämmung aus Hartschaumplatten

Die **Kombination mit einer Zwischensparrendämmung** ist auch hier möglich. Selbstverständlich ist eine Verlegung gemäß den Vorgaben und Verarbeitungshinweisen des Herstellers oberstes Gebot, um ein makellooses Ergebnis zu erreichen.

Bei einer nachträglichen Dachsanierung von außen und dem Einbau einer Zwischensparrendämmung, ist es ratsam eine **feuchteadaptive Dampfbremse** zu verwenden. Diese kombinierte Dampfbremse und Luftdichtungsbahn mit feuchtevariablen Diffusionswiderstand schützt die Dämmung und Dachkonstruktion vor Feuchtigkeit. Die spezielle Dachbahn wird über



Abb. 37 / 38
Nachträgliche Dämmung von Schrägdächern in Kombination aus Auf- und Zwischensparrendämmung

die Sparren und vollflächig in die Gefache (zwischen die Sparren) verlegt. Dort wirkt sie wie eine Dampfbremse mit einem s_d -Wert von ca. 2 m, der sich jedoch unter Feuchteinfluss, zum Beispiel im Bereich der Sparren, auf 0,5 m verringert. Die Größe des Diffusionswiderstandes ist abhängig von der Luftfeuchtigkeit und passt sich jahreszeitlich an die Umgebungsbedingungen an.



Abb. 39
Anbringen einer Anpresslatte für den Einbau der Dämmung ohne luftgefüllte Zwischenräume



Abb. 40
Überdämmung des Ortgangs der Giebelwand

Hinsichtlich der Gestaltung von Wandeinbindungen, Medieneinführungen etc. gilt wie auch bei den übrigen Dämmvarianten: Anschlüsse und Übergänge müssen baulich so ausgebildet und ggf. durch Flankendämmungen abgesichert sein, dass konstruktive Wärmebrücken vermieden werden. Besondere Beachtung sollte deshalb auch die durchgehende Außenwand

im Bereich der Giebelwände finden. Diese geometrische Wärmebrücke kann mit einer über die Wand geführte Aufsparrendämmung erfolgreich reduziert werden (Abb. 38).

Neben der Gewährleistung des winterlichen Wärmeschutzes ist beim Dachausbau dem **sommerlichen Wärmeschutz** besondere Bedeutung beizumessen. Eine gut gedämmte Dachhaut trägt dazu bei, den **Wärmeeintrag zu verringern**. Die luftdichte Ausführung der Konstruktion verhindert das Eindringen warmer Außenluft bei geschlossenem Fenster. Allerdings fehlt im Dachgeschoss häufig die notwendige Speichermasse, da kaum massive Innenwände vorhanden sind und auch die Decken in der Regel als leichte Konstruktionen (z.B. als Holzbalkendecke) ausgebildet sind. Werden beim Ausbau nur leichte Materialien eingesetzt, kann es an mehreren aufeinanderfolgenden heißen Tagen leicht zu einer Aufheizung der Räume im Dach kommen. Eine Verbesserung der Situation kann bereits erreicht werden, indem beispielsweise eine vorhandene Zwischensparrendämmung (z.B. Mineralwolle) mit einer relativ schweren Untersparrendämmung (z.B. Unterbauplatten aus Wärmedämmlehm oder Holzfaserplatten) kombiniert wird. Die Speichermasse der Konstruktion kann so nahezu verdoppelt werden. Oder als Zwischensparrendämmung kommt ein Einblasdämmstoff aus z.B. Holzfaser oder Zellulose zum Einsatz.



Abb. 41 Untersparrendämmung aus Wärmedämmlehm mit einer abschließenden Holzfaserplatte

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die **Gewährleistung** eines geeigneten **Sonnenschutzes** an den Fenstern. Im Idealfall sollte dieser als außenliegende Verschattungseinrichtung realisiert werden, da nur so das Eindringen der kurzwelligen Strahlung durch die Fenster wirksam unterbunden werden kann. Im Winterfall kann bei geöffneter Verschattungseinrichtung ein zusätzlicher Wärmegegewinn durch die eindringende Sonneneinstrahlung realisiert werden. Alternativ können die Fenster mit einer Sonnenschutzverglasung und einer innenliegenden Verschattungseinrichtung versehen werden, bei der jedoch die solaren Gewinne im Winter geringer ausfallen.

Auch hinsichtlich des **Schallschutzes** sollten einige wesentliche Aspekte betrachtet werden. In die bislang nur sporadisch genutzte oberste Geschossdecke werden nach dem Ausbau regelmäßig Geräusche durch gehende Personen etc. eingetragen. Um den Trittschallschutz für die darunterliegenden Räume auch nach der

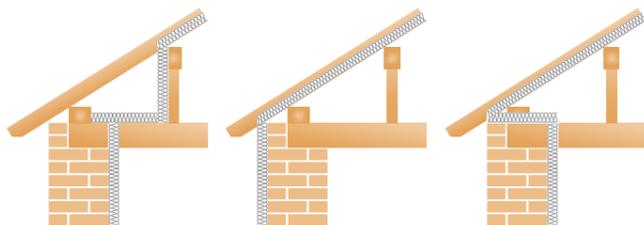
Sanierung zu gewährleisten, sollte eine geeignete Trittschalldämmung auf der Decke oberhalb der Deckenbalken angeordnet werden. Im besten Fall kann die Decke im darunterliegenden Geschoss abgehängt werden. Eine schalltechnische Entkopplung des Fußbodens im künftigen Dachgeschoss vom Mauerwerk stellt sicher, dass der Trittschall auch nicht über das Mauerwerk im Gebäude übertragen wird.

Zum **Schutz gegen Außenlärm** kann im Fall einer Aufsparrendämmung eine harte mit einer weichen Schale kombiniert werden (z.B. Aufsparrendämmung aus Hartschaumplatten und Zwischensparrendämmung aus Mineralwolle).

Herstellen der Luftdichtheit

Bei der Herstellung eines gut gedämmten Steildaches ist vor allem der Luftdichtheit (Dampfdichtheit) große Aufmerksamkeit zu widmen. Anschlussdetails müssen **dampfdicht** ausgeführt werden, so dass sich später in der Konstruktion keine Feuchtigkeit ansammeln kann. Schwachstellen finden sich insbesondere an den Übergängen zwischen Mauerwerk und Holzkonstruktion, am Giebelanschluss, an den Traufen sowie an Schornsteinen und sämtlichen **Durchdringungen**.

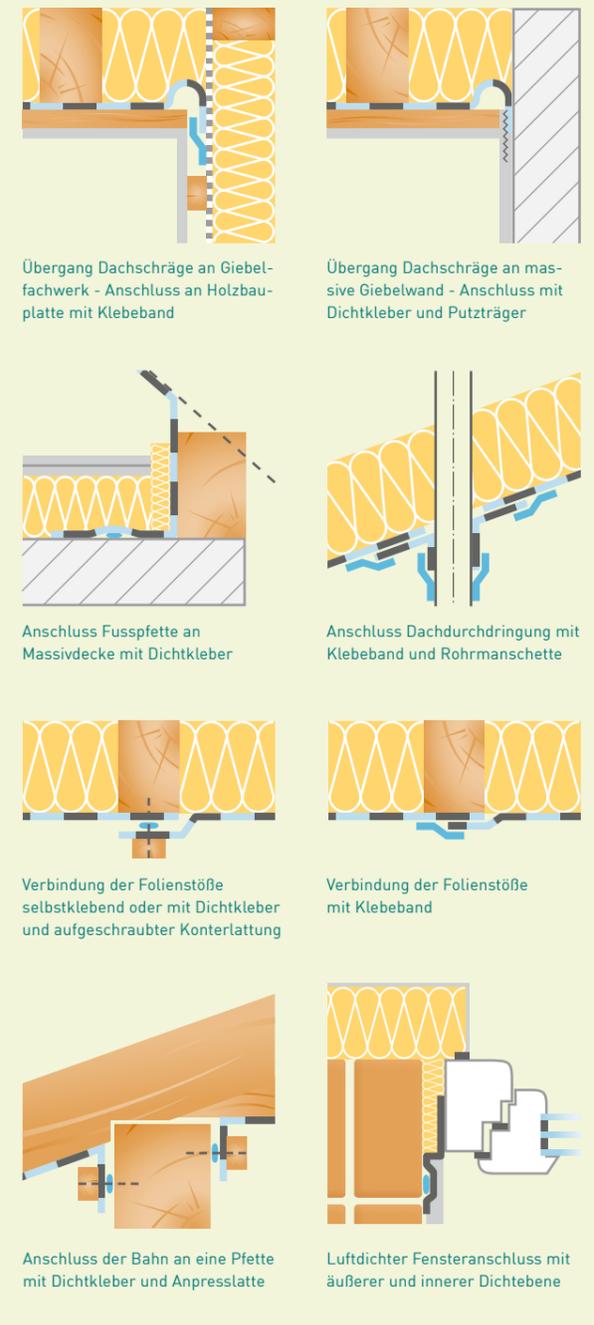
Sowohl am Ortgang als auch an der Traufe ist der Anschluss der Dachdämmung an die Außenwanddämmung sorgfältig zu planen und korrekt auszuführen. Erfolgt die Außenwanddämmung erst später, muss der zusätzlich erforderliche Platz (abhängig von der Stärke der künftigen Außenwanddämmung) berücksichtigt werden. Die Luftdichtheitsebene muss immer lückenlos durchgeführt werden. Sofern eine Dämmung der Außenwände nicht in einem Zug mit der Dachsanierung vorgesehen ist, sind ggf. konstruktive Vorkehrungen zu treffen, damit später eine durchgehende Dämmebene im Anschlussbereich ohne weiteren Aufwand möglich ist.



Grundprinzipien zur Führung der Dämmung im Drempel- und Traufbereich

Die Frage, ob eine **Dampfbremse** notwendig ist, kann nicht generell mit **ja oder nein** beantwortet werden. Sie richtet sich nach dem Aufbau der Konstruktion. Wird diese von innen nach außen zunehmend diffusionsoffen gestaltet, kann auf eine Dampfbremse auf der Innenseite u.U. verzichtet werden. Diese Frage ist am besten von einem erfahrenen Planer zu beantworten, der die konkrete Situation beurteilt und eine entsprechende Empfehlung ausspricht. Die Luftdichtigkeit des Gebäudes muss natürlich in jedem Fall gewährleistet werden.

Möglichkeiten dauerhafter luftdichter Anschlüsse und Verbindungen



Übergang Dachschräge an Giebel-fachwerk - Anschluss an Holzbauplatte mit Klebeband

Übergang Dachschräge an massive Giebelwand - Anschluss mit Dichtkleber und Putzträger

Anschluss Fusspfette an Massivdecke mit Dichtkleber

Anschluss Dachdurchdringung mit Klebeband und Rohrmanschette

Verbindung der Folienstöße selbstklebend oder mit Dichtkleber und aufgeschraubter Konterlattung

Verbindung der Folienstöße mit Klebeband

Anschluss der Bahn an eine Pfette mit Dichtkleber und Anpresslatte

Luftdichter Fensteranschluss mit äußerer und innerer Dichte Ebene

Bei der Herstellung von **Gauben und Dachfenstern** wird die Dämmung und die luftdichte Abdichtung mitunter vernachlässigt bzw. nicht durchgängig hergestellt. Besonders wichtig ist auch hier die Luftdichtheit am Übergang von der Dachfläche zur Gaubenwand mit geeigneten Abdichtungsmethoden zu realisieren.



Abb. 42 Dachgaube mit umlaufend angeschlossener Dampfbremse

Der Anschluss von Dachfensterrahmen an die Dachfläche muss ebenfalls dicht ausgeführt werden. Bleiben Bereiche ungedämmt oder sind Leckagen in der Dichtung vorhanden, muss mit Schäden an der Baukonstruktion gerechnet werden.



Abb. 43 Anschluss Dampfbremse an Dachfenster

Der Anschluss der Dachflächen an die **Giebelwände** hängt natürlich in starkem Maße von der Art des Dämmkonzepts ab. Zur Herstellung der Luftdichtheit kann beispielsweise die Dichtungsbahn unter Zuhilfenahme von Putzträgern in der Giebelwand eingeputzt werden (siehe Grafik). Alternativ gibt es dafür auch spezielle Anschlussklebebänder mit einseitigem Glasfasergewebe als Putzarmierung. Bei den Abdichtungsarbeiten dürfen Folienbahnen im Anschlussbereich nicht zu straff verlegt werden. Sie sind mit Schlaufen zu verlegen, so dass sie bei Bewegungen im Bauwerk nicht reißen können. Besondere konstruktive Lösungen zur Gewährleistung der notwendigen Dichtheit sind in der Regel an den Knotenpunkten der Dachkonstruktion z.B. Auf-lager der Sparren auf den Pfetten notwendig.



Abb. 44 Herstellen eines dauerhaft luftdichten Anschlusses der Dampfbremse an flankierende Bauteile mittels speziellem Dichtkleber



Abb. 45
Andrücken
der Dampfbremsfolie
auf die Klebewulst



Abb. 46
Verkleben der Folienstöße
mit speziellem Kleband



Abb. 47
Verkleben von
Kabeldurchführungen
mit vorgefertigten
Kabel-Manschetten

Generell sollte ein Durchbruch von Kabeln und Versorgungsleitungen möglichst vermieden werden, besonders wegen der oft unbeachteten Dauerbelastung der Klebung durch das Gewicht der Leitungen. Für **Durchdringungen der luftdichten Hülle** (Dampfbremse) durch Kabel, Rohre, Balken oder Schornsteine muss eine sorgfältige Planung durchgeführt werden. Ein dauerhafter luftdichter Anschluss ist nur durch **spezielle Manschetten und Anschlussplatten** möglich.



Abb. 48
Anschluss einer Rohrleitungen
einer solarthermischen Anlage
mit Anschlussplatte



Abb. 49
Verwendung von Luftdichtungs-
manschetten für verschiedene
Rohrdurchführungen

Flachdächer lassen sich dank der heute verfügbaren Baustoffe und Systemlösungen gut realisieren. Das Funktionieren solcher Dächer setzt natürlich voraus, dass die Regeln und Verarbeitungsvorgaben der Baustoffhersteller beachtet werden.

Flachdächer können als **Umkehrdächer** (S. 24) konzipiert sein. Das bedeutet, dass sich die äußere Dachdichtung unter der Wärmedämmung befindet und so besser gegen thermische und mechanische Beanspruchungen geschützt ist. Zur Dämmung von Umkehrdächern werden feuchtebeständige Dämmstoffe (i.d.R. XPS - Platten aus extrudiertem Polystyrol o.ä.) verwendet. Die Verlegung der Wärmedämmung muss einschichtig erfolgen, da sich sonst zwischen den Dämmstoffschichten Wasser sammeln kann. Diese können als Dampfbremse wirken und Feuchteschäden in der Konstruktion verursachen.

Bei der Herstellung und Sanierung von Flachdächern muss unbedingt ein ausreichendes **Gefälle (mindestens 2 %) zur Entwässerung** vorgesehen werden. Ist dies nicht der Fall, kann sich das Regenwasser sammeln und im Winter zur Zerstörung von Dichtungsbahnen und -anschlüssen führen.



Abb. 50
Pfützenbildung auf
einem Flachdach
– Schäden an der
Dichtungsbahn
sind die Folge

Folgende Punkte sollten bei der Flachdachsanierung ebenfalls beachtet werden:

- Vorhandene Beulen, Blasen und Falten in der Dachdeckung sind aufzuschneiden und abzustoßen, so dass eine ebene Dachfläche erzeugt werden kann.
- Risse sind mit Schleppstreifen zu überdecken, Schmutzablagerungen müssen entfernt werden.
- Eine Dampfdruckausgleichsschicht sollte bei Sanierungsmaßnahmen vorgesehen werden. Sie gewährleistet eine gleichmäßige Verteilung des Dampfes aus eingegangenem Wasser (ggf. eingetragener Einbaufeuchte) und beugt so einer Blasenbildung vor.
- Beträgt die Dachneigung in der Dichtungsebene weniger als 2 % so kann eine zusätzliche Gefälledämmung eingebaut werden, um die Anforderungen an die Entwässerung zu erfüllen.

Der wasserdichten Abdichtung bzw. Einbindung von Oberlichtern, Lichtkuppeln und technischen Anlagen ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Wird eine zusätzliche Wärmedämmung eingebracht, müssen u. U. die Aufbauhöhen für vorhandene Anschlüsse angepasst werden, um die Mindeststauhöhe bzw. den Spritzschutz einzuhalten.

Detail oberste Geschossdecke

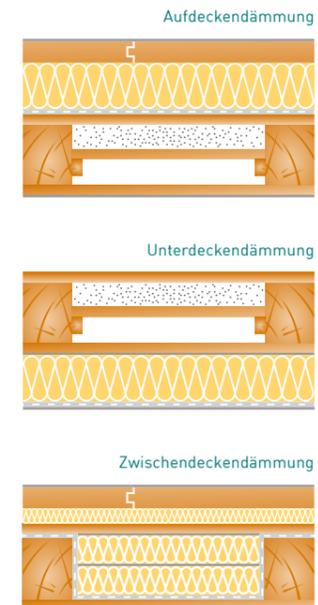
Ist für das Dach keine energetische Ertüchtigung vorgesehen, sollte zumindest eine Dämmung der obersten Geschossdecke erfolgen. Der Wärmeverlust nach oben zu einem kalten Dachgeschoss kann bis zu 20 % betragen. Die gesetzlichen Anforderungen verlangen die Nachrüstung von Dämmungen, wenn der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02 nicht erfüllt ist. Ausnahmen bestehen lediglich für selbstgenutztes Wohneigentum (bis zu 2 Wohneinheiten) – hier ist die Nachrüstung jedoch spätestens bei einem Eigentümerwechsel vorzunehmen.

Maßnahmen zur Dämmung der obersten Geschossdecke können ähnlich wie bei der Dämmung des Daches, als **Aufdecken-, Zwischendecken- oder auch als Unterdeckendämmung** realisiert werden. Um die gesetzlichen Anforderungen zu erfüllen, muss bei einer WLS von 035 eine Dämmstärke von ca. 14 cm vorgesehen werden. Der U-Wert des gesamten Deckenaufbaus darf maximal 0,24 W/(m²K) betragen. Um den konvektiven Transport von Raumluftfeuchte in die Konstruktion durch Undichtigkeiten zu verhindern, werden bei allen Dämmvarianten unterhalb des einzubringenden Dämmstoffes Folien eingebaut. Wird die Luftdichtheit anderweitig gewährleistet, ist der Einsatz von Dampfbremsen bzw. -sperrern vom Dampfdiffusionswiderstand des Aufbaus oberhalb der Dämmebene abhängig.

Wird im Bestand eine vorhandene Geschossdeckendämmung durch eine zusätzliche Dämmschicht mit dampfdiffusionsdichtem Fußbodenaufbau verbessert, stellt sich die Frage, ob die Funktion der Dampfbremse unter der alten Dämmung funktioniert bzw. überhaupt vorhanden ist. Für diese Situation ist auch eine entsprechende Folie zwischen der alten und der neuen Dämmung einzubringen. Die Dämmwirkung unterhalb der neuen Dampfbremse darf in diesem Fall aber maximal 20 % der gesamten Dämmwirkung betragen, um das Auftreten von Kondensat innerhalb der Konstruktion sicher auszuschließen. Bei solchen Detailfragen sind entsprechende Nachweise zu führen, um die Schadensfreiheit zu gewährleisten.

DIN 4108-3 benennt im Abschnitt 4.3 Fälle, bei denen auf solche Nachweise verzichtet werden kann. Dies betrifft z.B. nach DIN 4108-2 ausgeführte Bauteile mit ausreichendem Wärmeschutz und luftdichter Ausführung, da hier kein Tauwasserrisiko besteht.

Grundprinzipien
der Deckendämmung



Aufdeckendämmung

Die Entscheidung, welche Dämmvariante bevorzugt wird, hängt sicher in erster Linie von der künftigen Nutzung des Dachraumes ab. Soll er weitgehend ungenutzt bleiben, so ist eine Aufdeckendämmung die einfachste und kostengünstigste Möglichkeit. Verwendung finden meist Dämmplatten, -matten oder Schüttungen.

Sofern der Dachraum noch betretbar und als Abstellraum nutzbar sein soll, muss für eine Aufdeckendämmung ein entsprechend trittfestes (druckfestes) Material verwendet und ggf. durch eine entsprechende Konstruktion (mit Holzwerkstoffplatten o.ä.) abgedeckt werden.



Abb. 51 / 52 Einbau einer Aufdeckendämmung aus Mineralfasern



Abb. 53 / 54 Einbau von druckfesten Hartschaumplatten

Zu beachten ist in diesem Fall, dass sich die Raumhöhe verändert. Türen im und Stufen zum Dachgeschoss müssen dann entsprechend angepasst werden. Bei faserigen Dämmungen ist zusätzlich eine winddichte Ebene als Abdeckung vorzusehen. Der Fußbodenaufbau sollte von innen nach außen zunehmend diffusionsoffen gestaltet werden, so dass ggf. auftretende Feuchtigkeit gut nach außen gelangen kann.

Spezielle Aufmerksamkeit gebührt bei der Aufdeckendämmung den ggf. im Dachgeschoss vorhandenen Innenwänden und den Durchdringungen in der obersten Geschossdecke (Schornsteine, Lüftungsrohre etc.). Diese stellen potentielle Wärmebrücken dar und sind durch entsprechende konstruktive Anpassungen, wie z.B. durch eine Flankendämmung aus Dämmkeilen, in die thermische Hülle zu integrieren.

Zwischendeckendämmung

Bei Hohldecken (Holzbalkendecken) kann eine Zwischendeckendämmung eingebracht werden. Die häufige Anwendung dieses Konzepts resultiert aus der Tatsache, dass sich die Raumhöhen der unter und über der Decke liegenden Geschosse zunächst nicht verändern. Sofern der verfügbare Raum nicht ausreicht um die nötige Dämmwirkung zu erzielen, sollte die Kombination mit einer Aufdeckendämmung erwogen werden. Auf diese Weise kann auch die Wärmebrückenwirkung der Deckenbalken vermindert und der Trittschallschutz verbessert werden. Durch die geschlossene Dämmebene und die meist begehbare Balkenabdeckung, können hier alle möglichen Dämmstoffe zum Einsatz kommen. Von mineralischen Dämmstoffen, über Einblasdämmstoffe bis hin zu schwereren Schüttdämmstoffen bei erhöhten Schallschutzanforderungen.



Abb. 55
Dämmung der obersten Geschossdecke mit Zellulose-Einblasdämmung



Abb. 56
Zwischensparrendämmung mit Mineralwolle

Unterdeckendämmung

Eine weitere Alternative ist der Einbau einer Unterdeckendämmung. Sie ist leicht zu realisieren, da die Decke von unten zugänglich ist und eine Anpassung der Türen im Raum im Allgemeinen nicht notwendig ist. Verwendung finden entweder in Nut und Feder verlegte Dämmplatten oder abgehängte Konstruktionen, die mit Dämmstoffen ausgefüllt werden. Ein raumseitiger Abschluss mit Putz oder anderen Materialien kann eingebracht werden. Zu beachten ist bei dieser Form der Deckendämmung, dass es sich um eine klassische Innendämmmaßnahme handelt. Das bedeutet, dass der Wärmebrückenwirkung aufgehender Wände, der Luftdichtheit und der Durchdringungen von Medienleitungen besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden muss.



Abb. 57
Einbau einer Unterdecken-dämmung aus Mineralwolle

Eine **Schwachstelle** bei der Dämmung der obersten Geschossdecke hin zu einem kalten Dachboden ist die häufig vorhandene **einklappbare Bodentreppe**. Sie stellt fast immer eine Wärmebrücke dar. Auch die notwendige Luftdichtheit ist meist nicht gewährleistet. Zum richtigen Abschluss der Bodenklappe muss eine geeignete Strategie gefunden werden. Denkbar sind verschiedene handwerkliche Lösungen wie z.B. der Einbau einer zusätzlichen wärmedämmten Klappe, versehen mit einer Lippendichtung und einem Gegengewicht oberhalb der eingebauten Bodenluke.

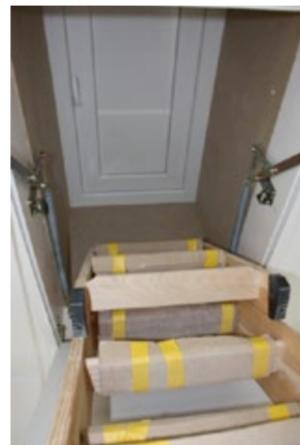


Abb. 58 / 59
neueingebaute Bodentreppe mit zusätzlich gedämmter Bodenluke



Detail Außenwand

Außenwände nehmen den **größten Teil der thermischen Hülle** eines Gebäudes ein. Die Wärmeverluste der Aussenwände betragen 20-25 % der Wärmeverluste der gesamten Außenhülle. Daher ist die Dämmung der Außenwände bei der energetischen Sanierung eines Gebäudes besonders wichtig. Die Vorgaben zur Gewährleistung des Mindestwärmeschutzes sind in der DIN 4108-2 formuliert. Darüber hinaus sind jedoch eine ganze Reihe weiterer Vorschriften und Randbedingungen bei der Planung und Umsetzung von Modernisierungen zu beachten.

Normen und Vorschriften mit Bezug zur Sanierung der Außenwände

- DIN 1045** Tragwerke aus Beton
- DIN 1053** Mauerwerk
- DIN 4102** Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
- DIN 4108** Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden
- DIN 4109** Schallschutz im Hochbau
- DIN 18330** VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV)
- DIN 18331** Betonarbeiten
- DIN 18345** Wärmedämmverbundsysteme
- DIN 18350** Putz- und Stuckarbeiten
- DIN 18351** Vorgehängte hinterlüftete Fassaden
- DIN 18358** Rollladenarbeiten
- DIN 18516** Außenwandbekleidungen, hinterlüftet
- DIN 55699** Verarbeitung von Wärmedämmverbundsystemen
- DIN 13162** Wärmedämmstoffe für Gebäude
- DIN 6946** Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient
- DIN 13788** Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren

Darüber hinaus gilt das aktuelle Energieeinsparrecht.

Die Auswahl eines Dämmkonzepts und des geeigneten Dämmsystems orientiert sich an verschiedenen Randbedingungen, wie an der Art und dem Aufbau der Bestandswände, an örtlichen Gegebenheiten, an baurechtlichen Belangen sowie an Brand- und Schallschutzanforderungen. Bevor Maßnahmen zur Dämmung der Außenwände umgesetzt werden, muss zunächst der Feuchteschutz bedacht werden.

Zur Vermeidung von **aufsteigender Feuchte** im Mauerwerk müssen Maßnahmen zur Horizontal- und Vertikalabdichtung vorgenommen werden. Durch das Eindringen von Feuchtigkeit in einen

Baustoff werden – aufgrund der guten Wärmeleitfähigkeit des Wassers – dessen Wärmedämmeigenschaften verschlechtert.

Zusätzlich werden über die Regen-, Spritz- oder Grundwässer verschiedenste gelöste Schadstoffe aus der Luft, aus dem Taumittleinsatz (Streusalz) oder der Landwirtschaft eingebracht.

Besondere Vorsicht gilt bei **salzbelastetem Mauerwerk**. Trocknen Salze innerhalb der Konstruktion aus, vergrößert sich deren Volumen. Bei der Volumenvergrößerung wirkt der **Kristallisationsdruck** auf die Konstruktion, was zu Zerstörung der Bausubstanz führen kann. Da die physikalischen Eigenschaften von Salzen sich stark unterscheiden und von deren Konzentration und Mischung abhängen, lassen sich allgemeine Aussagen und Maßnahmen kaum treffen. Vor Beginn der **Trockenlegung** sollte daher eine fachgerechte Analyse und ggf. eine darauf abgestimmte Salzbehandlung vorgenommen werden.



Abb. 60 extrem durchfeuchtetes Außenmauerwerk



Abb. 61 Schadensbild Salzausblühung

Außerdem ist bei der Planung, aber besonders auch bei der Ausführung von Maßnahmen zur Wärmedämmung den **Anschlussdetails große Sorgfalt** zu widmen. Denn hier besteht

allgemein die Gefahr, dass zusätzliche Wärmeverluste und häufig auch Bauschäden auftreten. Oft lassen sich solche Wärmebrücken nicht gänzlich vermeiden, doch ihre Wirkung sollte so gering wie möglich gehalten werden. Als Werkzeug zur **Planung von Anschlussdetails** und ihrer Optimierung in der Ausführungsphase stehen einfach zu bedienende Softwareprogramme zur Verfügung. Der Einsatz solcher Programme auf Seiten ausführender Firmen kann helfen, die Ausführungsqualität zu verbessern, damit eine ggf. anschließende Qualitätsprüfung mit Hilfe von Infrarot-Thermografien nicht zu bösen Überraschungen führt. Im unten aufgeführten Beispiel, wurde der Einbau von schlecht gedämmten Fenster- und Türrahmen offensichtlich.

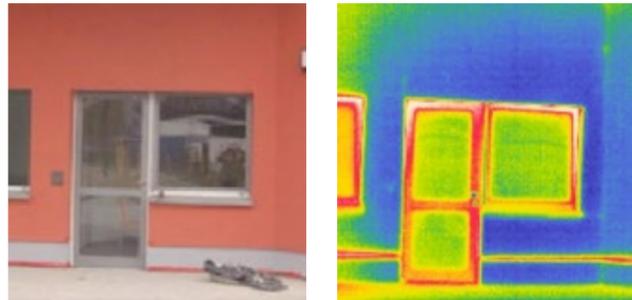
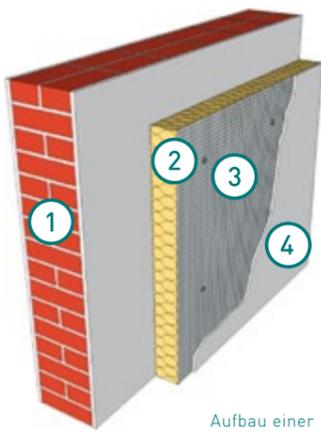


Abb. 62 / 63
Qualitätsprüfung einer Sanierungsmaßnahme mittels Infrarot-Thermografie

Prinzipiell wird in drei verschiedene Dämmkonzepte für Außenwände unterschieden. Die **Außendämmung**, bei der sich die Dämmschicht auf der Außenseite der Gebäudehülle befindet.

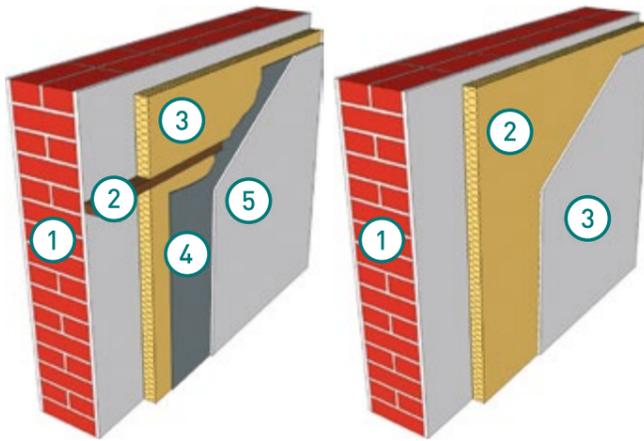
Diese Art der Dämmung stellt häufig die Vorzugslösung dar. Sie gewährleistet eine wärmebrückenarme thermische Hülle, wertet die Bestandsfassade optisch auf und ist ohne Raumverlust im Gebäudeinneren realisierbar. Besondere Beachtung bei allen Außendämmmaßnahmen ist der uneingeschränkten Funktion von Bauteilen in Wandöffnungen (Fenster und Türen) zu widmen. Während der Dämmarbeiten sollten Öffnungen und empfindliche Flächen (Lüftungsgitter, Fenster etc.) wirksam abgedeckt oder abgeklebt werden, um die Verstopfung, Beschädigung bzw. Beschmutzung durch Kleber und Putz etc. zu vermeiden.



Aufbau einer Außendämmung mit Wärmedämmverbundsystem (WDVS)

- [1 = Mauerwerk,
- 2 = Dämmplatte,
- 3 = Armierungsmörtel und -gewebe,
- 4 = Mineralischer Außenputz]

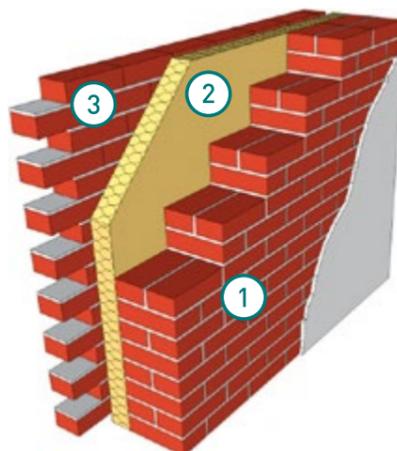
Bei der **Innendämmung** erfolgt die Montage der Wärmedämmung raumseits auf den Außenwänden. Diese Art der Dämmung kommt immer dann zum Tragen, wenn eine Außendämmung (bspw. aus Denkmalschutzgründen) nicht einsetzbar ist. Die heute am Markt verfügbaren kapillaraktiven und feuchteregulierenden Innendämmsysteme wirken sich positiv auf das Raumklima aus. Bei der Verwendung von Innendämmungen müssen jedoch eine Reihe zusätzlicher Dinge berücksichtigt werden, was einen höheren Aufwand für die Planung zur Folge hat.



- [1 = Mauerwerk,
- 2 = Unterkonstruktion,
- 3 = Dämmplatte,
- 4 = Dampfsperre,
- 5 = Gipskartonplatte]

Prinzipdarstellung von Innendämmungen

In einigen Fällen – immer dann, wenn das Bestandsmauerwerk zwei oder mehrschalig ist – kann eine **Kerndämmung** vorgesehen werden. Diese wird in der Regel als Schüttung (Perlite o.ä.) eingebracht. In manchen Fällen müssen Kerndämmungen als Zusatzmaßnahme bei Innendämmungen realisiert werden, um die Funktionstüchtigkeit der Lösung zu gewährleisten.



Prinzipdarstellung einer Kerndämmung

- [1 = Hintermauerschale,
- 2 = Wärmedämmung,
- 3 = Vormauerschale]

Außendämmung

Häufig finden heute spezielle **Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)** als Außendämmung Verwendung. Die Dämmstoffplatten werden direkt auf den Außenputz der Bestandswand aufgeklebt und – sofern in der Systemzulassung so vorgesehen – zusätzlich mit speziellen Dübeln befestigt. Darüber wird ein Armierungsmörtel und -gewebe aufgebracht, welche dann den abschließend aufzutragenden Putz trägt. Bei der Planung und der Ausführung von WDVS-Fassaden sind vorgeschriebene **Brand-schutzanforderungen** zwingend zu beachten.

WDVS gehören zu den nicht geregelten Bauarten. Für sie gibt es keine europäischen Normen und keine anerkannten Regeln der Technik. Es sollte deshalb vor dem Einbau geprüft werden, ob entweder eine Zulassung im Einzelfall (ZiE) oder eine gültige allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik vorliegt. Die Zulassung umfasst in der Regel alle zu verwendenden Bauteile (Dämmplatten, Kleber, Dübel, Armierung, Putz etc.). Der Verwendung anderer Bauelemente ist nicht zulässig – kommt es zu Schäden, so haftet der Handwerker!



Abb. 64 / 65
Anwendung einer Außendämmung bei der Komplexsanierung eines „Plattenbaus“

Vor dem Anbringen eines WDVS muss die Oberfläche der Bestandswand überprüft werden. Sie muss trocken, tragfähig und frei von losen Bestandteilen sein. Die **Tragfähigkeit des Untergrundes** ist durch geeignete Maßnahmen z.B. durch ein Zugbelastungsversuch (auch als Abreißtest bezeichnet) festzustellen. Allein eine optische Begutachtung ist meist nicht ausreichend. Schadstellen im Außenputz und andere Unebenheiten müssen mit einem geeigneten Material ausgeglichen werden. Bei ungeeigneten Untergründen, wie ungleich stark saugende Flächen, Frostschäden, Feuchtigkeit, Salzausblühungen oder auch bei fehlenden Verankerungsmöglichkeiten, sollten beim Bauherrn entsprechende Bedenken angemeldet werden.



Abb. 66 / 67
Anbringen einer starken Außendämmung mit Lamellen aus Mineralwolle

Bei der Verarbeitung des Systems ist auf einen hinreichenden Haftverbund zwischen der Bestandswand und den Dämmplatten zu achten (vorgeschriebene Mindestfläche für die Verklebung).

Um eine ausreichende Verklebung der Dämmplatten herzustellen, empfehlen viele Hersteller auch das sog. „Wulst-Punkt-Verfahren“. Hierbei wird die Klebmasse entlang der Plattenränder umlaufend aufgetragen und zusätzlich durch Klebepunkte

in der Plattenfläche ergänzt. Die Klebewulst sichert vor allem im Sockelbereich, dass eine Hinterströmung des Dämmstoffes mit Außenluft unterbleibt. Häufig wird an Bestandsbauten, z.B. mit einem abgesetzten Sockel aus Sichtmauerwerk, keine Sockeldämmung verwendet. Gerade hier muss eine **Luftzirkulation hinter der Dämmebene unbedingt vermieden** werden, indem das Sockelabschlussprofil luftdicht von unten abgedichtet wird.

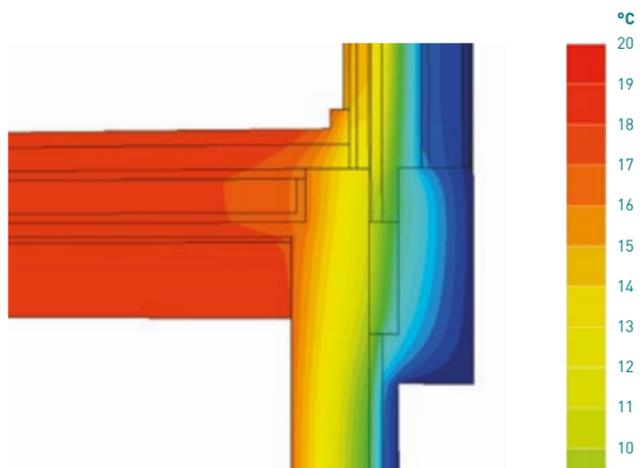


Abb. 68 Verklebung einer Sockeldämmplatte im Wulst-Punkt-Verfahren

Abb. 69 Angebrachte Perimeterdämmung im Sockelbereich

Des Weiteren muss die Verlegung der Dämmplatten lückenlos erfolgen. Der **Kleber selbst ist kein Dämmstoff**. Es entstehen Wärmebrücken, wenn klaffende Fugen mit dem Kleber verfüllt werden.

Fenster und Türanschlüsse müssen **winddicht und schlagregensicher** ausgeführt und überdämmt werden, um Wärmebrücken zu vermeiden. Eine Außendämmung sollte unter die Deckenebene eines kalten Kellergeschosses geführt werden. Im **Sockelbereich** der Gebäude ist ein geeigneter Anschluss an eine **wasser- und druckbeständige Perimeterdämmung** herzustellen. Für die korrekte Ausführung eines WDVS, gibt es meist entsprechende Detaillösungen in den **Verarbeitungsvorschriften des Systemherstellers**.



Temperaturverlauf einer überdämmten Kellergeschossdecke

Der **wärmebrückenfreie Anschluss von Anbauteilen** an ein Dämmsystem, z.B. Wandhalterungen für Vordächer, Absturzsicherungen oder Balkonanlagen, ist mit verschiedensten am Markt verfügbaren Elementen zur **thermischen Entkopplung** zu realisieren.



Abb. 70 / 71 thermische Entkopplung für Halterungen einer Balkonanlage mit Hilfe von Hartschaumunterlagen

Bei einigen WDVS kam es in der Vergangenheit zur Abzeichnung der Dübelteller im Oberputz, aufgrund wechselnder Witterungseinflüsse und der Wärmebrückenwirkung.



Abb. 72 Dübel des WDVS zeichnen sich deutlich auf der Fassadenoberfläche ab

Eine Lösung für diese Problematik bietet die **Montage mit Senkdübeln** und Abdeck-Rondellen. Die versenkte Montage erfolgt mit den speziellen Dübel-Rondellen. Beim Einschrauben des Dübels wird der Dämmstoff eingeschnitten und gleichzeitig der Dübelteller ca. 20 mm versenkt. Direkt nach der Montage wird der Dübelteller je nach Dämmplattenart mit dem WDVS Dübel-Rondell abgedeckt. Durch das Abdecken mit artgleichem Dämmstoff ergeben sich somit viele Vorteile, die die Gefahr von Abzeichnungen und Wärmebrücken auf ein Minimum reduzieren.



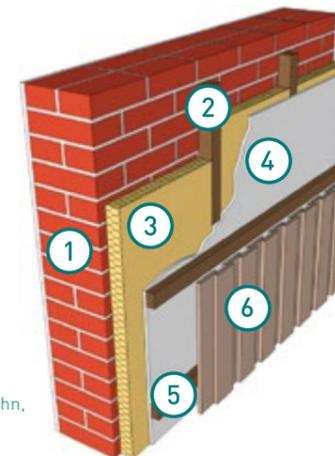
Abb. 73 - 75 Einschrauben und Versenken des Senkdübeln in einem Arbeitsgang, anschließend Einsetzen des Dübel-Rondells



Für die abschließende Farbgebung des Außenputzes sollten möglichst diffusionsoffene Anstriche verwendet werden, um die Abfuhr von Feuchte aus der Wand nach außen nicht zu behindern.

Nähere Informationen erfahren Sie im SAENA-Filmclip „Außendämmung“ unter www.saena.de/themen/thermische-gebaeudehuelle.html.

Vorgehängte hinterlüftete Fassaden stellen eine weitere Möglichkeit zur Dämmung eines Gebäudes von außen dar. Der wesentliche Unterschied zum WDVS besteht in der Trennung der Wetterschale von der Tragschale mit der aufgetragenen Dämmung durch eine Luftschicht. Auf die Bestandskonstruktion wird zunächst eine Grundlattung aufgebracht, zwischen der die Dämmplatten verlegt und durch eine diffusionsoffene Unterspannbahn winddicht abgedeckt werden.



Prinzipdarstellung einer vorgehängten, hinterlüfteten Fassade
[1 = Mauerwerk, 2 = Unterkonstruktion, 3 = Dämmplatte, 4 = diffusionsoffene Unterspannbahn, 5 = Traglattung, 6 = Wetterschutzschalung]

Anschließend wird darauf eine Traglattung befestigt und mit der Wetterschale verkleidet. Der Vorteil dieser Lösung liegt darin, dass die Wärmedämmung wirksam vor eindringendem Regenwasser geschützt und anfallende Feuchtigkeit im Mauerwerk (Kondensat) über die Luftschicht gut abgeführt werden kann.



Abb. 76 Wärmedämmschicht zwischen der Holzunterkonstruktion



Abb. 77 Anbringen der diffusionsoffenen Unterspannbahn

Bevor die Unterkonstruktion aufgebracht werden kann, müssen schadhafte Putz- und Mörtelstellen entfernt werden. Bei durchfeuchteten Wänden ist zunächst auch hier die Ursache für die Durchfeuchtung zu suchen und zu beseitigen, um Schäden an der Dämmung und der Unterkonstruktion zu vermeiden. Sind die genannten Voraussetzungen nicht gegeben, sollten entsprechend Bedenken angemeldet werden.

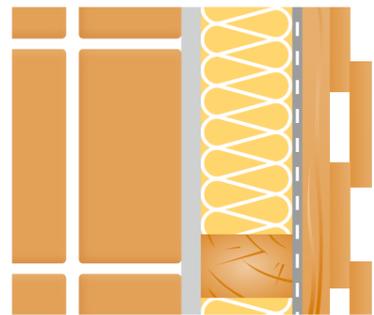
Auch wenn die Unterkonstruktion aus Holz besteht, stellt diese eine Wärmebrücke dar. Noch wichtiger ist die thermische Trennung der Unterkonstruktion dann, wenn sie aus Aluminium oder Stahl besteht. Die Anzahl der Befestigungspunkte ist zu minimieren.

Die Verlegung der Dämmplatten muss lückenlos erfolgen. Ist die gewählte Dämmung nicht selbst wasserabweisend oder auf der Außenseite bereits kaschiert, muss zum Schutz gegen evtl. eindringendes Wasser eine diffusionsoffene Unterspannbahn eingebracht werden. Um das Funktionsprinzip der hinterlüfteten Fassade zu gewährleisten, dürfen der Lufteintritt unten und der Luftaustritt oben nicht behindert werden.

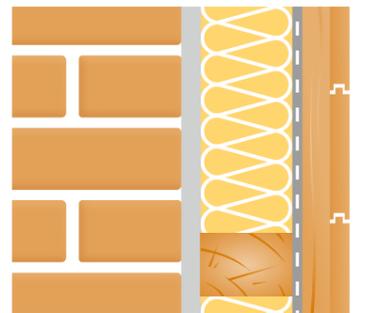
Die **Wetterschale** kann aus **Platten oder einer Bretterschalung** aus witterungsbeständigen oder beschichteten Hölzern bestehen. Bei unbeschichteten Brettern entscheidet der Harzgehalt des Holzes im Wesentlichen über die Wetterbeständigkeit der Verschalung. Die Bretter können senkrecht als Deckelschalung, gefugte Schalung, gefugte Schalung mit Deckleisten oder waagrecht als Stülpschalung und Deckelschalung, Profilstreifen mit Nut und Feder oder Verkleidung mit offenen Fugen angebracht werden. Neben den Holzverschalungen gibt es Lösungen, bei denen die Außenschale aus einem Putz besteht (aufgebracht auf entsprechendes Trägermaterial).



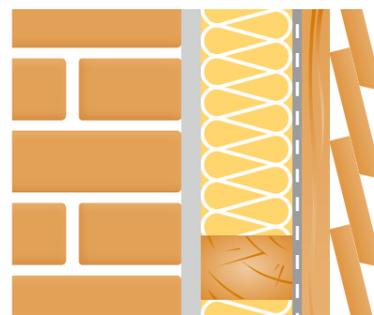
Abb. 78 / 79
Rekonstruktion
einer landestypischen
Holzverschalung



Horizontalschnitt
senkrechte
Deckelschalung



Vertikalschnitt
gefugte Schalung



Vertikalschnitt
Stülpschalung

Prinzipdarstellungen verschiedener Wetterschalen aus Holz

Im sächsischen ländlichen Raum wurden häufig senkrechte Holzverschalungen mit einer deckelnden Lattung bzw. Schalung verwendet. Diese müssen häufig aufgrund denkmalschutzrechtlicher Belange wieder original hergerichtet werden, wobei die energetische Qualität der Vorsatzschale ausreichend verbessert werden muss.

Eine **Verkleidung mit offenen Fugen** wird oft aus optischen Gründen verwendet. Zu beachten ist, dass sowohl Regen als auch UV-Strahlung durch die offenen Fugen eindringen können. Daher ist bei dieser Bauform die Verwendung einer entsprechend dichten und UV-beständigen Unterspannbahn zwingend erforderlich.

Für die Herstellung hinterlüfteter Fassaden bieten einige Hersteller **Systemlösungen** an. Für die korrekte Gestaltung der Anschlüsse (Fenster, Türen, Rollladenkästen etc.) werden durch die Lieferanten speziell auf das System abgestimmte Details vorgeschlagen, bei deren fachgerechter Ausführung eine dauerhaft schadensfreie Konstruktion gewährleistet wird.

Kerndämmung

Vor allem viele ältere Gebäude verfügen mitunter über zwei- oder mehrschaliges Außenmauerwerk. Der vorhandene Luftraum kann für den Einbau einer Kerndämmung genutzt werden. Als Füllstoff eignen sich feuchtebeständige (dauerhaft hydrophobe) Dämmmaterialien mit einer entsprechenden Zulassung für die Verwendung als Kerndämmung. Bei der Verwendung im Bestand kommen **Einblasdämmungen und Schüttungen** (bspw. Perlite oder grafitveredelte EPS-Perlen) in Frage. Zu beachten ist, dass der Hohlraum ausreichend zur Verfügung steht, um die gewünschte Dämmwirkung zu erzielen. Bei Verwendung der heute angebotenen Dämmstoffe reicht ein Zwischenraum von ca. 10 cm aus.



Abb. 80 Einbringen einer Einblasdämmung im Bestand



Abb. 81 Einbau einer Kerndämmung im Neubau

Wichtig beim nachträglichen Einbringen der Kerndämmung im Bestand ist die **vorherige Beurteilung** der Konstruktion hinsichtlich ihrer **Eignung**. Die Lücke zwischen den Schalen sollte so beschaffen sein, dass die Dämmung auch nahezu über-

all hingelangt (wärmebrückenfreie Lösung). Gibt es zu viele Verunreinigungen (Schutt- oder Mörtelreste) kann dies zu einer lokalen Beeinträchtigung der Dämmwirkung führen. Die Menge der Einblasdämmung muss so bemessen werden, dass alle Hohlräume vollständig ausgefüllt sind und der Dämmstoff soweit verdichtet ist, dass eine nachträgliche Setzung ausgeschlossen werden kann. Vor Beginn der Füllung sind vorhandene Leckagen (Anschlussbereiche an Fenstern etc.) zu orten und zu beseitigen. Nach Fertigstellung der Arbeiten sind die Einblasöffnungen mit Mörtel wieder zu verschließen.

Bei Neu- und Anbauten kann ebenfalls mit einer Kerndämmung gearbeitet werden, wenn das Mauerwerk aus einer Innenschale (Kalksandstein, Beton o.ä.) und einer außen liegenden Sichtschale (z.B. Klinker) gefertigt werden soll. Hier ist der Einsatz von Dämmplatten oder -matten sinnvoll. Beträgt der Schalenabstand mehr als 150 mm, sind Luftschichtanker mit entsprechender bauaufsichtlicher Zulassung erforderlich. Im Fußpunkt der Außenschale müssen Entwässerungsöffnungen vorgesehen werden, die das Abfließen von Kondensat ermöglichen. Oft wird eine Kerndämmung aber auch in Kombination mit einer Innendämmung ausgeführt, da bei dieser keine Hohlstellen in der Außenwandkonstruktion vorhanden sein dürfen.

Varianten zur U-Wert-Verbesserung durch Außendämmung der Außenwand

Wandstärke d in mm*	U-Wert vorher in W/(m²K)	Dämmung mit λ=0,035 W/(mK) in mm	U-Wert nacher in W/(m²K)	Verbesserung des Bauteils um	Dämmung mit λ=0,026 W/(mK) in mm	U-Wert nacher in W/(m²K)	Verbesserung des Bauteils um
240	2,015	80	0,358	82 %	80	0,279	86 %
	2,015	100	0,297	85 %	100	0,230	89 %
	2,015	120	0,254	87 %	120	0,195	90 %
	2,015	140	0,222	89 %	140	0,170	92 %
	2,015	160	0,197	90 %	160	0,150	93 %
	2,015	180	0,177	91 %	180	0,135	93 %
365	1,537	80	0,339	78 %	80	0,268	83 %
	1,537	100	0,284	82 %	100	0,222	86 %
	1,537	120	0,245	84 %	120	0,190	88 %
	1,537	140	0,215	86 %	140	0,165	89 %
	1,537	160	0,191	88 %	160	0,147	90 %
	1,537	180	0,172	89 %	180	0,132	91 %
490	1,242	80	0,323	74 %	80	0,257	79 %
	1,242	100	0,272	78 %	100	0,215	83 %
	1,242	120	0,236	81 %	120	0,184	85 %
	1,242	140	0,208	83 %	140	0,161	87 %
	1,242	160	0,186	85 %	160	0,143	88 %
	1,242	180	0,168	86 %	180	0,129	90 %

* Vollziegelmauerwerk, Ziegelrohndichte = 1800 Kg/m³, Wärmeleitfähigkeit λ = 0,81 W/(mK), beidseitig 15 mm Kalk-Zementputz λ = 1,00 W/(mK), Klebe- und Armierungsschicht neu 2 x 5 mm λ = 1,00 W/(mK)

Innendämmung

In den zurückliegenden Jahren hat die Innendämmung zunehmend an Bedeutung gewonnen. Dies hängt unter anderem damit zusammen, dass neuartige Dämmstoffe die Nachteile der klassischen (diffusionsdichten) Innendämmung mehr und mehr in den Hintergrund treten lassen. Vor allem für historische und denkmalgeschützte Gebäude werden so energetische Sanierungen überhaupt erst ermöglicht.

Im Vorfeld einer Innendämmung ist stets die erforderliche **Schlagregensicherheit** zu überprüfen – ggf. müssen entsprechende Maßnahmen zur Verbesserung des Schlagregenschutzes der Außenfassade geplant und umgesetzt werden.

Durch eine wasserabweisende Beschichtung (adaptive Hydrophobierung) wird die Wasseraufnahmefähigkeit des Baustoffes stark verringert, so dass das Eindringen von Regenwasser verhindert wird.



Abb. 82 / 83
Auftragen des flüssigen Hydrophobierungsmittels auf ein Klinkermauerwerk und der sog. Abperleffekt

Für alle Innendämmungen gilt die Besonderheit, dass sich eine **potenzielle Kondensatebene innerhalb der Konstruktion** zwischen der Dämmebene und dem Bestandsmauerwerk befindet. Das bedeutet, dass Tauwasser im kalten Bereich der Konstruktion anfallen und diese nachhaltig schädigen kann (siehe Grafik S. 43).

Die bereits seit längerem bekannten **dampfdiffusionsdichten Konstruktionen** verhindern das Eindringen der Raumluftfeuchte in die Konstruktion **mittels einer dampfsperrenden bzw. dampfbremsenden Folie** auf der Warmseite der Dämmung. Allerdings ist die Verwendung diffusionsdichter Systeme insbesondere bei der Sanierung historischer Gebäude **oft mit Risiken verbunden** und daher weniger gut geeignet. Nachträglich entstehende Undichtigkeiten an einbindenden Deckenbalken, Fensteranschlüssen, Wand-Dachanschlüssen etc. führen zwangsläufig zu einer Ansammlung von Feuchtigkeit in den betroffenen Bereichen und schließlich zu deren Schädigung (Durchweichen, Fäulnis usw.).

Das Ergebnis neuerer Entwicklungen ist das Konzept der **dampfdiffusionsoffenen kapillaraktiven Konstruktionen**. Es beruht darauf, das Austrocknungspotential der Wand nach innen und nach außen so wenig wie möglich einzuschränken. Die Feuchtespeicherfähigkeit der Dämmstoffe trägt zur Regulierung des Raumklimas bei, da bei hoher Feuchtebelastung Wasser aus der Raumluft gepuffert und später allmählich wieder in den Raum abgegeben wird. Die Kapillaraktivität sorgt für eine schnelle und großflächige Verteilung der Feuchtebelastung in der Dämmung und beugt so lokalen Feuchtespitzen vor. Eine beschleunigte Trocknung und gleichmäßig gute Dämmwirkung sind das Ergebnis.

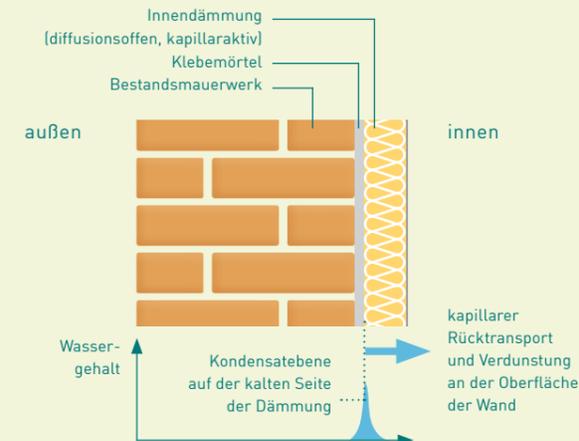


Abb. 84 / 85
Vollflächiges Verkleben einer kapillaraktiven Innendämmung



Als Dämmstoffe für dampfdiffusionsoffene kapillaraktive Systeme eignen sich Calciumsilikat, PUR-Platten mit speziellen kapillaren Durchbrüchen, Mineralschaum, Holzfaserplatten, spezielle Perliteplatten und weitere geeignete Stoffe.

Wirkprinzip der kapillaraktiven Innendämmung



Aufgrund der Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenwand diffundiert Wasserdampf in die Konstruktion. An der Stelle, an der der Taupunkt erreicht wird, kondensiert der Wasserdampf. Das entstehende Flüssigwasser wird im Porenraum des Dämmstoffs gespeichert. Aufgrund der nach innen gerichteten Kapillarkräfte und des Vermögens Wasser in seinen Poren zu leiten, transportiert der Dämmstoff das Kondensat zurück an die Oberfläche. Von dort verdunstet es in den Raum zurück.

Nähere Informationen erfahren Sie im SAENA-Filmclip „Innendämmung“ unter www.saena.de/themen/thermische-gebaeudehuelle.html.

Entscheidend für die erfolgreiche Verarbeitung plattenförmiger Innendämmungen ist eine **vollflächige Verklebung**. Der Kleber soll nicht nur die Platte an der Wand halten – er stellt gleichzeitig die kapillare Anbindung der Dämmplatte an das Bestandsmauerwerk her. Aufgrund verbleibender Hohlstellen wird das Wirkungsprinzip beeinträchtigt und vermindert somit die Austrocknung zum Gebäudeinneren. Zu beachten ist auch bei den Innendämmsystemen, dass es sich um Systemlösungen handelt, deren Bestandteile (Grundputz, Kleber, Dämmplatten, Glattputz etc.) nicht beliebig gegen andere evtl. preisgünstigere Produkte austauschbar sind.

Einige Punkte gibt es bei allen Innendämmsystemen zu bedenken, damit die Langzeitstabilität des Gebäudes nicht beeinträchtigt wird. Die folgenden Anmerkungen sollen helfen, häufig beobachtete Fehler in Planung und Ausführung zu erkennen und ggf. Bedenken vor der Umsetzung anzumelden.

Neu an die Außenwand anzuschließende Innenwände dürfen nicht bis an die Bestandskonstruktion herangeführt werden, son-

dern müssen an der Dämmebene abschließen. So wird die durchgehende Dämmebene nicht unterbrochen (aus Gründen des Schallschutzes kann dabei eine akustische Trennung erforderlich sein). Der Kontakt von gipshaltigen Bauteilen mit der kalten Bestandswand muss unbedingt vermieden werden, da diese durch anfallendes Kondensat zerstört werden können.

Vorhandene einbindende Konstruktionen wie Decken, Innenwände im Bestand, Dächer etc. müssen ggf. mit geeigneten Flankendämmungen versehen werden. Das Außenmauerwerk wird durch eine angebrachte Innendämmung kälter als zuvor. Dadurch wird den einbindenden Konstruktionen mehr Wärme entzogen, so dass die Oberflächentemperaturen in den Anschlussbereichen unter die vorgegebenen Grenzwerte fallen können. Der Mindestwärmeschutz sollte für diese Stellen mit einer Wärmebrückenberechnungen nachgewiesen werden.



Abb. 86
Einsatz von Calciumsilikatplatten mit einer Flankendämmung an der einbindenden Innenwand

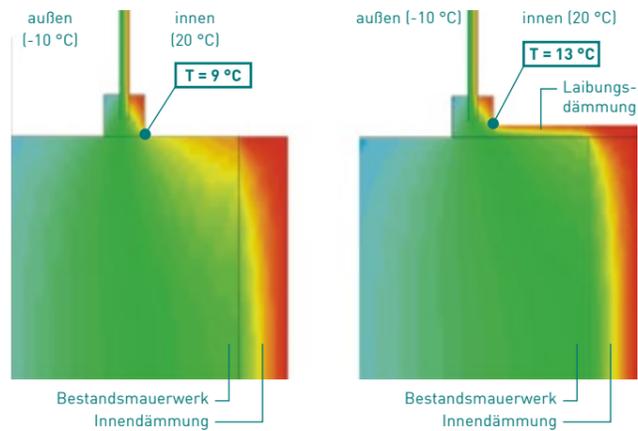


Abb. 87
Einsatz von Mineralschaumplatten mit einer Flankendämmung an der einbindenden Innenwand

Die Verwendung von **Metallprofilen** kommt für die Realisierung diffusionsoffener Systeme nicht in Frage. Werden solche Profile in diffusionsdichten Konstruktionen eingesetzt, dürfen sie nicht an den Bauwerksbestand anschließen. Sie müssen freistehend angeordnet und mit geeignetem Dämmstoff hinterfüllt werden, um Wärmebrücken zu vermeiden.

Fensteranschlüsse (Laibungen, Brüstungen und Stürze) stellen in der Regel Wärmebrücken dar. Sie müssen so gedämmt sein, dass der Mindestwärmeschutz in allen Bereichen des Anschlusses gewährleistet ist.

Die **Dämmung der Fensterlaibungen** von innen, wird bei einer energetischen Sanierung oft unterschätzt. Denn werden die Innenwandflächen gedämmt und weisen auch die Fenster gute U-Werte auf, wird die Fensterlaibung schnell zur thermischen Schwachstelle. Da hier das Temperaturniveau der Außenwandschale insgesamt durch die Dämmmaßnahme abgesenkt wird. Die Oberflächentemperaturen an der Fensterlaibung liegen dadurch noch niedriger als vor der Sanierung.



Im linken Beispiel ist die Innendämmung ohne Laibungsdämmung ausgeführt – es entsteht eine Wärmebrücke. Wird die Laibung korrekt gedämmt (Beispiel rechts), bleibt die Oberflächentemperatur im unkritischen Bereich. (Bauteilsimulation mit Delphin-Software)



Abb. 88 / 89 Einsatz eines Innenwand-Dämmsystems unter Einbeziehung der Fensterlaibungen

Innendämmungen bedürfen einer **umfassenden Analyse** des Bauwerksbestandes und einer **sorgfältigen Planung** sämtlicher Anschlussdetails. Keinesfalls ist die Planung und Umsetzung solcher Baumaßnahmen für den Hobbyheimwerker geeignet. Hilfreich zur Beurteilung der Eignung konstruktiver Details sind entsprechende **hygrothermische Simulationsrechnungen** und Optimierungen zur Minimierung des anfallenden Kondensats.

Varianten zur U-Wert-Verbesserung durch Innendämmung der Außenwand

Wandstärke d in mm*	U-Wert vorher in W/(m²K)	Dämmung mit $\lambda=0,060$ W/(mK) in mm	U-Wert nacher in W/(m²K)	Verbesserung des Bauteils um	Dämmung mit $\lambda=0,035$ W/(mK) in mm	U-Wert nacher in W/(m²K)	Verbesserung des Bauteils um
240	2,015	20	1,195	41 %	20	0,930	54 %
	2,015	40	0,855	58 %	40	0,607	70 %
	2,015	60	0,665	67 %	60	0,451	78 %
	2,015	80	0,544	73 %	80	0,359	82 %
	2,015	100	0,461	77 %	100	0,298	85 %
	2,015	120	0,399	80 %	120	0,254	87 %
365	1,537	20	1,009	34 %	20	0,814	47 %
	1,537	40	0,755	51 %	40	0,555	64 %
	1,537	60	0,603	61 %	60	0,422	73 %
	1,537	80	0,502	67 %	80	0,340	78 %
	1,537	100	0,430	72 %	100	0,285	81 %
	1,537	120	0,376	76 %	120	0,245	84 %
490	1,242	20	0,873	30 %	20	0,723	42 %
	1,242	40	0,676	46 %	40	0,512	59 %
	1,242	60	0,552	56 %	60	0,396	68 %
	1,242	80	0,466	62 %	80	0,323	74 %
	1,242	100	0,403	68 %	100	0,273	78 %
	1,242	120	0,356	71 %	120	0,236	81 %

* Vollziegelmauerwerk, Ziegelrohndichte = 1800 Kg/m³, Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,81$ W/(mK), beidseitig 15 mm Kalk-Zementputz $\lambda = 1,00$ W/(mK), Innenputz neu Dämmschicht 5 mm $\lambda = 0,70$ W/(mK)

Detail Fenster und Türen

Fenster stellen einen wichtigen Teil der Gebäudehülle dar. Sie dienen unter anderem zum **Schutz vor Kälte und Wärme**, verhindern das Eindringen von Regenwasser und sorgen dafür, dass das **notwendige Tageslicht** in den Raum gelangen kann. Ältere Fenster im Bauwerksbestand verursachen zum Teil erhebliche Wärmeverluste durch Transmission und Infiltration wegen vorhandener Undichtigkeiten. Neue Fenster sind im Vergleich energetisch günstiger, praktisch und pflegeleicht. Aber Vorsicht! Mit der Fenstersanierung können gravierende Fehler einhergehen, welche die Funktion und die Dauerhaftigkeit des gesamten Bauwerks oder auch von Bauwerksteilen erheblich beeinträchtigen. **Falsch ausgeführte Sanierungen können Schäden** am Gebäude **herbeiführen**.

Nähere Informationen erfahren Sie im SAENA-Filmclip „Fachgerechte Fenstermontage“ unter www.saena.de/themen/thermische-gebaeudehuelle.html.

Fensterinstandsetzung

Grundsätzlich muss zwischen Sanierung und Instandsetzung (Restaurierung) unterschieden werden. Meint der Begriff „**Sanierung**“ fast immer den Austausch oder zumindest den erheblichen Umbau der vorhandenen Fenster, wird „**Instandsetzung**“ vor allem bei der Reparatur und Ertüchtigung erhaltenswerter Fensterbestände, beispielsweise in denkmalgeschützten Gebäuden, verwendet. Im Vorfeld der Fenstersanierung bzw. Instandsetzung sollte in jedem Fall eine **Bestandsaufnahme** durchgeführt werden, um eine vernünftige Entscheidung für die zu planenden und umzusetzenden Maßnahmen zu treffen.

In den letzten 20 - 30 Jahren ging die Entwicklung rasant über 2-Scheibenverbundfenster, Isolierverglasungen bis zur 2- bzw. 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung weiter. Der Markt bietet neben beschichteten Scheiben auch edelgasgefüllte Varianten. Als wesentliche thermische Eigenschaft wird in der Regel der **U_w-Wert** (Wärmedurchgangskoeffizient: U"window" = U"fenster") genannt. Der U_w-Wert des Fensters setzt sich aus dem **U_g-Wert** für den Glasanteil, dem **U_f-Wert** für den Rahmenanteil und dem zusätzlichen **Ψ-Wert**, dem Wärmebrückenverlustkoeffizienten des Glasrandes in W/mK zusammen. Dabei gilt: je kleiner der U_w-Wert, desto besser die Dämmeigenschaften eines Bauteils. Fensterhersteller geben leider in der Regel nur den U_g-Wert an, deshalb sollte der Kunde hier schon einmal genauer nachfragen.

Sind die Unterschiede der Wärmeleitfähigkeit von Verglasung und Rahmen zu groß, können unter Umständen Spannungen infolge unterschiedlicher thermischer Ausdehnung entstehen.

Die wesentlichen, bei Arbeiten an Fenstern zu beachtenden, Normen sind in der Auflistung (S. 45) kurz zusammengestellt. Die nachfolgenden Beschreibungen geben einige Hinweise, wie mit den besonderen Herausforderungen bei der Sanierung und Instandsetzung von Fenstern umzugehen ist.

Normen und Vorschriften mit Bezug zur Sanierung / Instandsetzung von Fenstern

- DIN 18360 VOB Teil C** Metallbauarbeiten
- DIN 18355 VOB Teil C** Tischlerarbeiten (Holzfenster)
- DIN 18361 VOB Teil C** Verglasungsarbeiten
- DIN 18057 VOB Teil C** Betonfenster
- DIN 18345 VOB Teil C** Wärmedämm-Verbundsysteme
- DIN V 18073** Rollläden, Markisen, Rolltore und sonstige Anschlüsse im Bauwesen

Sollen die energetischen Eigenschaften der Gebäudehülle im Hinblick auf die vorhandenen Fenster verbessert werden, kann in Abhängigkeit des Zustandes zunächst eine Reparatur und Beseitigung von Mängeln in Betracht gezogen werden. Vor allem **bei erhaltenswerten Fenstern** sollte dieser Form der **Instandsetzung der Vorrang** gegeben werden, wenn dadurch bereits die Sanierungsziele erreicht werden können. Mitunter ist es ausreichend, Mängel an der Verglasung und/oder Undichtigkeiten zu beseitigen. Aus denkmalpflegerischer Sicht wird ein solcher Ansatz bevorzugt, da vor allem das äußere aber auch das innere Erscheinungsbild der Gebäude so gut wie gar nicht beeinträchtigt wird.

Gut erhaltene Fenster, welche lediglich einen zu geringem Wärmedurchlasswiderstand gewährleisten, können durch eine **zweite Fensterebene als Kastenfenster** aufgewertet werden. Die neue Fensterebene wird als moderne Zweischiebverglasung realisiert, so dass die Vorgaben des Wärmeschutzes erfüllt werden. Der entstehende Zwischenraum stellt einen gewissen Puffer dar. Voraussetzung für eine solche Lösung ist, dass die innere Fensteröffnung genügend Raum bietet, damit das bestehende Fenster durch die neue Fensterebene hindurch geöffnet werden kann.



Abb. 90 Fenster im Bestand mit Einfach-Verglasung



Abb. 91
Typische
Kastenfenster
und einfache
Wintergarten-
verglasung
um 1900

Eine gute Möglichkeit bietet auch die einfache Ertüchtigung des vorhandenen Fensters und die **Ergänzung durch eine raumseitige Zweischiebenverglasung als Verbundfenster**. Das äußere Erscheinungsbild bleibt so erhalten, während im Raum eine durchgehende (sprossenfreie) Fensterfläche den hohen gesetzlichen Ansprüchen im Hinblick auf den Wärmedurchlasswiderstand und der Luftdichtheit gerecht wird.

Fenstererneuerung

Sofern die Fassade ohnehin neugestaltet und mit einer außenliegenden Wärmedämmung versehen wird, bietet sich natürlich der **Einbau neuer Fenster** als Ersatz des Bestandes an. Der U_w -Wert der Fenster sollte sich dabei am U-Wert der Außenwände orientieren. Ist der U_w -Wert des Fensters besser als der benachbarten Wandbereiche, kann bei hoher Raumluftfeuchte nahezu unbemerkt Kondensat auf den Wandoberflächen entstehen, ohne dass gleichzeitig die Fenster anlaufen. Dies war bisher ein eindeutiger Indikator für hohe Raumluftfeuchten, die eine bessere Raumlüftung erforderlich machen. Die manuelle Lüftung der Fenster sollte mindestens zweimal am Tag mit einer Stoßlüftung gegenüberliegender Wohnungsfenster, bei abgedrehtem Heizkörper, erfolgen. Eine dauerhafte Kippstellung der Fenster kühlt die Wandoberflächen zu stark ab und fördert neben hoher Energieverlusten zudem die Schimmelfestehung.



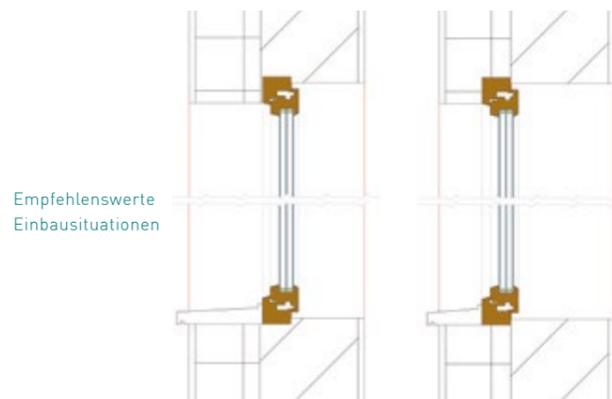
Abb. 92 / 93 Bildung von Stockflecken durch Kondensatausfall an den angrenzenden Wandoberflächen

Beim Einbau neuer Fenster ebenso wie bei den anderen genannten Sanierungsalternativen, sind eine Reihe von Randbedingungen zu beachten, die sich aus den Anforderungen der eingangs genannten Normen und Regelwerke ergeben.

Insbesondere beim Einbau neuer Fenster und der damit ggf. einhergehenden Änderung der Öffnungsmaße muss das **Tragverhalten der Wand** betrachtet werden. In den Eckbereichen von Maueröffnungen treten Spannungsspitzen auf, so dass ein Nachweis der Tragfähigkeit bei Veränderungen an der Fassadengeometrie vorgelegt werden muss.

Besondere Aufmerksamkeit ist der Art der **Befestigung von Elementen am Bauwerk** zu widmen. Sie sind so zu realisieren, dass keine Wärmebrücken entstehen. Verbindungselemente aus Metall müssen gegen Korrosion geschützt werden. Die Verbindungen sind so auszuführen, dass sie alle Bewegungen aus dem Bauteil und dem Bauwerk aufnehmen können. Vor allem bei hochwertig gedämmten Gebäuden können Spannungen durch Temperaturdifferenzen an unterschiedlichen Stellen der Konstruktion auftreten, welche ebenfalls von den Befestigungsmitteln aufgenommen werden müssen.

Der zukünftigen **Einbausituation der Fenster** muss besondere Beachtung geschenkt werden, da der Übergang zwischen Fenster und Mauerwerk immer eine konstruktive Wärmebrücke darstellt. Die bei Altbauten übliche Einbausituation am gemauerten Anschlag stellt dafür die ungünstigste Ausgangssituation dar. Bessere Lösungen sind in den Grafiken dargestellt. Unabhängig vom endgültigen Einbauort, ist der außenliegende Fensterrahmen (Blend- oder Blockrahmen) zu überdämmen.



Empfehlenswerte
Einbausituationen

1. Einbau des neuen Fensters an der Wandaußenkante (Rahmen überdämmt)
2. Einbau des neuen Fensters in der Dämmebene

Soll das **Fenster am bisherigen Einbauort** nur ersetzt werden, so ist dringend zu prüfen inwieweit der vorhandene Mauerwerksanschlag bzw. die außenliegende **Fensterlaibung thermisch verbessert** werden kann. Massive Fenstergewände aus Beton oder Naturstein sollten ausgebaut (wenn nicht durch

Denkmalschutzanforderungen ausgeschlossen) und durch Wärmedämmziegel ersetzt oder mit einer Wärmedämmung versehen werden. Dabei ist zu beachten, dass auch der obenliegende Fenstersturz durch einen wärmedämmten Sturz ersetzt werden muss. Ein Mauerwerksanschlag aus Ziegelsteinen kann z.B. abgetrennt und durch eine Laibungsdämmung versehen werden.



Abb. 94
Massiver Mauerwerksanschlag wird eingeschnitten und abgebrochen

Die Fenstermontage muss den gesetzlichen Anforderungen entsprechend und **fachgerecht** erfolgen. Um die gewünschte Schadensfreiheit zu sichern und die energetischen Ziele zu erreichen, muss die Montage (laut DIN 4108-7, VOB Teil C und der EnEV) ausschließlich nach den anerkannten Regeln der Technik geplant und ausgeführt werden. Eine anerkannte Regel der Technik stellt die **RAL-Montage** für Fenster dar. Der Begriff RAL-Montage steht im Bauwesen für den normgerechten luftdichten Einbau von Fenstern und Türen. Dabei handelt es sich um ein Gütezeichen des „RAL Instituts für Gütesicherung und Kennzeichnung“, welches auch in der Deutschen Industrienorm (DIN) festgeschrieben ist. Der Einbau von Fenstern nach dieser anerkannten Regel ist **für Handwerksbetriebe verpflichtend**. Inwieweit diese Verpflichtung rechtssicher umzusetzen ist, kann in einer Rechtsberatung geklärt werden. Für diese und andere Fragen stehen Berufsverbände, wie auch der Sächsische Baugewerbeband (SBV) ihren Mitgliedern zur Seite.

Beim Einbau neuer Fenster sind **drei Dichtungsebenen** zu beachten. Die **innere Abdichtung** trennt Raum- und Außenklima und muss dampfdiffusionsdicht (luftdicht) ausgeführt sein. Die mittlere Abdichtung zwischen Fensterrahmen und Hauswand muss vollständig mit einer Wärmedämmung gefüllt sein. Die **äußere Abdichtung** stellt die Wetterschutzebene dar und sollte dauerhaft dampfdiffusionsoffen aber schlagregendicht sein.

Die **mittlere Abdichtung** der Montagefuge zwischen Fensterrahmen und Mauerwerk ist mittels eines geeigneten Dämmstoffes in voller Rahmenstärke auszudämmen (Hohlräume sind grundsätzlich vollständig auszufüllen). Die Auswahl des Dämmstoffes sollte in Abhängigkeit der übrigen verwendeten Dämmung für die Außenwand erfolgen, da nicht nur thermische sondern auch wechselfeuchte Eigenschaften für die einwandfreie Funktion der Lösung von Bedeutung sind.

Für den **luftdichten Anschluss** an einem bestehenden **Mauerwerksanschlag** z.B. Gewände, finden spezielle vorkomprimierte Dichtbänder (Kompribänder) Verwendung. Aussagen zu deren Beständigkeit (Temperatur, Witterung etc.) und zur Einordnung in verschiedene Beanspruchungsgruppen werden in der DIN 18542 getroffen. Um eine korrekte Funktion zu sichern, sollten diese Bänder in ihrer endgültigen Lage mindestens zu 20 % komprimiert bleiben.

Die innere Abdichtung ist so auszuführen, dass das Eindringen von feuchter Raumluft in die Konstruktion unterbunden wird. Das Eindringen von Raumluftfeuchte bzw. ein Luftaustausch, kann mit dem **Ankleben einer Luftdichtheitsfolie** (Systemkomponente) am Fensterrahmen verhindert werden. Die Klebebänder werden mit einem speziellen Klebstoff (auch selbstklebend) umlaufend auf dem Rahmen und nach dem Einbau in den Fensterlaibungen verklebt. Die innere **Wandlaibung muss daher ausreichend glatt und staubfrei** sein und ist ggf. vorher anzuputzen oder zu überspachteln. Nachträglich wird das Klebeband im Laibungsbereich überputzt oder mit Wandbauplatten ggf. mit einer Innendämmung überbaut. Das Klebeband ist in Eckbereichen spannungsfrei einzubauen und kann mit Dichtpaste nachgedichtet werden. Auf dem Markt gibt es auch Anschlussbänder mit einer Gewebefahne, die nach der fertigen Montage einfach nur überputzt werden müssen. Die korrekte Ausführung von Verbindungen, Fugen und Dichtungen sollte vor dem Einbau eines WDVS oder dem Anbringen des Innenputzes geprüft werden, da dies nachträglich nicht mehr möglich ist.



Abb. 95
Einbau eines neuen Fensters mit Dichtklebeband

Der raumseitige Abschluss der Fugen mit dauerelastischen, sauberen und optisch ansprechenden Materialien (Acryl, Silicon) ist zur Herstellung einer dampfdichten Fuge nicht geeignet. Es handelt sich hier lediglich um Wartungsfugen, die zyklisch erneuert werden und keinen luftdichten Abschluss darstellen.

Die äußere Abdichtung des Fensters ist über verschiedene **schlagregendichte Anschlussprofile** oder Kompribänder bzw. in Kombination beider möglich. Speziell für den Anschluss des Fensterrahmens an eine Außendämmung haben die Dämmstoffhersteller passgenaue Anschlussprofile entwickelt.



Abb. 96
Überdämmung des Fensterrahmens mit Kombriband und Gewebeanschlussprofil

Fensterbänke, Futter und Zwischenfutter sind so mit dem Rahmen zu verbinden, dass ein Verziehen oder Verwerfungen und damit einhergehende Schäden am Bauwerk vermieden werden. Im Laibungsbereich sind Fensterbleche aufzukanten oder mit Endstücken zu versehen. Damit kein Regenwasser von der Fensterbank in die Wandkonstruktion eindringen kann, ist ein entsprechender Überstand nach außen sowie die Ausbildung einer Tropfkante vorzusehen. Beim Einbau von Fensterbänken aus Naturstein ist besonderes Augenmerk auf eine wärmebrückenfreie Konstruktion zu legen. Die Schlagregensicherheit im Anschluss an eine Außendämmung, muss umlaufend durch das Aufkleben eines Fugendichtbandes gewährleistet werden (Abb. 97 / 98).



Abb. 97 / 98 Fensterbank mit aufgeklebtem Quellband

In den außen am Fenster befindlichen Falzen, welche die Dichtungsbänder zwischen Fenster und Rahmen aufnehmen, befinden sich Öffnungen, aus denen eintretendes Wasser nach unten abfließen kann. Beim Einbau der Fenster ist darauf zu achten, dass diese **Öffnungen** frei zugänglich bleiben und nicht möglicherweise durch Ortschaum oder Verunreinigungen verschlossen werden. Kann das Wasser im Winter nicht abfließen, so wäre eine mögliche Folge das Zufrieren des Fensters und die Zerstörung der Dichtung beim Öffnungsversuch.

Ein wichtiger Gesichtspunkt bei der Auswahl von Fenstern – vor allem dann, wenn sie im Erdgeschoss eingebaut werden sollen – ist die **Einbruchsicherheit**. In der DIN 18054 werden die verschiedenen Eigenschaften von einbruchshemmenden Lösungen definiert.

Detail Kellergeschoss

Die Sanierung von Kellergeschossen in Bestandsgebäuden ist in **Abhängigkeit der künftig geplanten Nutzung** sehr differenziert zu sehen. Grundsätzlich muss klar sein, welche Anforderungen an den Keller gestellt werden. Ist ein Umbau zum beheizten Wohnraum vorgesehen oder wird er weiterhin als unbeheizter Abstellraum genutzt? Für eine anvisierte Wohnnutzung, ist ein höherer Aufwand zu betreiben. Dieser kann z.B. die Anpassung der Geschosshöhe durch eine Fußbodenabsenkung oder für die umfangreichere Verbesserung des Wärme- und Feuchteschutzes entstehen.

Dämmung Kellerdecke

Bei **unbeheizten Kellerräumen** ist es ratsam, die Kellerdecke gegen Wärmeverluste von bis zu 10 % und Fußkälte im Erdgeschoss mit einer **Wärmedämmung** zu versehen. Dabei kann die Dämmung unter- oder oberseitig angebracht werden. Deren Stärke hängt neben der gewünschten Dämmwirkung von der Raumhöhe des Kellergeschosses oder des Fußbodenaufbaus im Erdgeschoss ab. Bei einer geplanten Dämmung von unten ist vorab die Beschaffenheit des Deckenuntergrundes zu prüfen und ggf. zu verbessern. Die Dämmplatten sind **vollflächig und lückenlos zu verkleben** und ggf. anschließend mit einem armierten winddichten Unterputz zu versehen.

Gibt es jedoch viele Rohrleitungen oder Leitungsbündel die direkt unter der Decke befestigt sind, so sollten diese verkleidet (Verkofferung) und die Hohlräume mit geeignetem Dämmmaterial ausgestopft werden. Es ist in jedem Fall auf eine **gleichmäßige und durchgehende Dämmebene** zu achten.



Abb. 99 / 100 Anbringen einer mineralischen Unterdeckendämmung

Als Material bei brandgefährdeten Kellerräumen empfehlen sich Mineralwolle bzw. mineralische Dämmplatten. Diese weisen bezüglich des Brandschutzes eines Gebäudes sehr gute Eigenschaften auf. Einbindende Innenwände sollten eine Flankendämmung erhalten (Abb. 101), um die Wärmebrückenwirkung zu vermindern.

Eine weitere sinnvolle vorgeschriebene Maßnahme in unbeheizten Kellerräumen, ist die Dämmung aller ungedämmten und zugänglichen Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen der Heizung einschließlich der Armaturen.



Abb. 101 Kellerdecken- und Flankendämmung der Innenwand



Abb. 102 Verkleidung der Decke mit 20 cm starken Dämmplatten



Abb. 103 Rohrschalen aus Mineralwolle



Abb. 104 Dämmmaßnahme an Wärmeverteilungsleitungen

Sofern der gesamte Keller in die thermische Hülle integriert werden soll, müssen neben den Maßnahmen zur **Trockenlegung und Abdichtung auch Wärmedämmmaßnahmen** umgesetzt werden. Die nachfolgenden Abschnitte sollen wesentliche Aspekte der Abdichtung und Trockenlegung der Kellerwände und des Bodens aufgreifen sowie geeignete Maßnahmen zur Wärmedämmung darstellen.

Abdichtung und Dämmung der Kellerwände und des Bodens

Wasser kann auf unterschiedliche Weise in den Keller gelangen. Ein äußerst seltener Fall wird dabei das **Eindringen von Druckwasser** durch die Wände und die Bodenplatte sein. Es sei denn, der Grundwasserspiegel ist nach Errichtung des Gebäudes aufgrund anderer Einflüsse gestiegen. In der Regel wird Niederschlagswasser, welches nicht schnell genug in tiefer gelegene Schichten versickern kann, zeitweilig die Kellerwände von außen durchfeuchten, so dass Wasser nach innen gelangt. Im Sommer kann bei starkem Luftwechsel mit warmer, feuchter

Außenluft und relativ kühlen Kellerwänden auch Wasser an den Wandoberflächen kondensieren und in die Konstruktion eindringen. Deshalb sind zunächst die **Ursachen für die Feuchtigkeit zu prüfen**, bevor Sanierungsmaßnahmen geplant und umgesetzt werden.

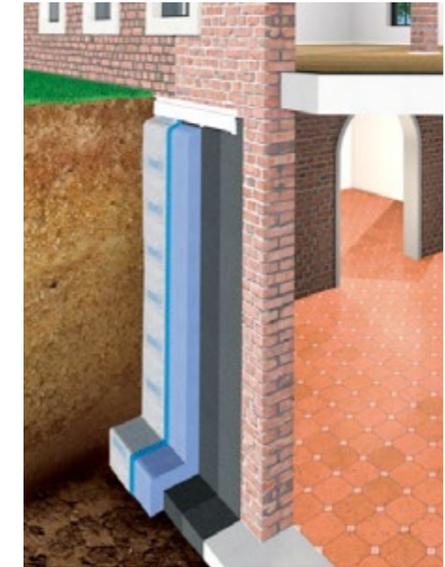
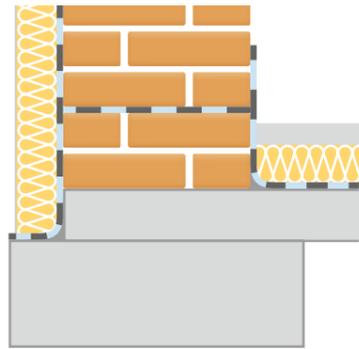


Abb. 105 Abdichtungsprinzip Kelleraußenwand mit Wärmedämmung

Vor der Trocknung des Kellers muss zunächst das **erneute Eindringen von Wasser unterbunden werden**. Dazu ist eine geeignete Abdichtung des Bauwerks vorzunehmen. Die Art der zu verwendenden Dichtung richtet sich dabei nach der Bodenart, der Wasserbeanspruchung, der Geländeform und nach den zu erwartenden physikalischen Beanspruchungen (mechanische und thermische Einflüsse). Zur Beurteilung des anstehenden Erdreiches sollte ein **Bodengutachten** herangezogen werden. Dieses gibt nicht nur Aufschluss über die Art und die Durchlässigkeit des Bodens sondern auch darüber, in welcher Höhe Wasser möglicherweise permanent ansteht oder zeitweilig als Schichtenwasser vorhanden sein wird.

Abdichtungen an erdberührten Wand- und Bodenflächen, im Wandquerschnitt und in Sockelbereichen sind für Neubauten seit 2017 in der DIN 18 533 geregelt. Bei Sanierungen ist diese DIN nur dann anzuwenden, wenn Verfahren am Altbau eingesetzt werden können, die in dieser Abdichtungsnorm beschrieben sind.

Um eine **Außenwand dauerhaft abzudichten**, sind unterschiedliche technische Instandsetzungsmaßnahmen möglich. Je nach Wassereintragsgrad gehören dazu vertikale Abdichtungen der Kellerwandaußenseite oder nachträglich eingebrachte Horizontalsperren. Für eine korrekte Ausführung muss eine lückenlose Schließung der **horizontalen und vertikalen Abdichtungen** gewährleistet werden, sodass an keiner Kontaktstelle zwischen Erdreich und durchfeuchtetem Bauteil Wasser nachgeführt werden kann.



Anbindung der innenseitigen Abdichtung des Kellerbodens an die vertikale Abdichtung der Außenwände

Die nachträgliche horizontale Abdichtung des Mauerwerks ist in der Regel recht aufwendig und kostenintensiv. Die Abdichtung des Kellermauerwerks von Außen genießt daher eine höhere Priorität, da durch den größeren Flächenanteil bei anstehenden Grund- und Sickerwasser mehr Feuchte vom Mauerwerk aufgenommen werden kann.

Für eine vertikale Abdichtung von Außen, muss das gesamte Kellermauerwerk, einschließlich des Fundamentes freigelegt werden. Zur Vermeidung von Grundbruch sollte dabei die Größe der Freilegungsabschnitte unbedingt mit einem Statiker abgestimmt werden. Danach ist die Wand von groben Verschmutzungen zu reinigen. Vor Beginn der Abdichtungsmaßnahme ist der **Untergrund** der Wandoberfläche hinsichtlich seiner **Eignung zu prüfen**. Es sollte die Ebenheit des Untergrundes gemäß DIN 18202 gegeben sein. Ein geeigneter Untergrund muss ausreichend tragfähig sein und darf keine Spannungs- und Setzungsrisse, Löcher, Betonester, losen Betonleim an der Oberfläche oder Verunreinigungen durch Schalölreste aufweisen. Eine Ausbesserung der Wandoberfläche sollte durch Zementmörtel oder mit mineralischer Dichtschlämme erfolgen. Bei sehr alten Gebäuden aus lockerem und undichtem Natursteinmauerwerk ist es sinnvoll ein Vorsatzschale aus Beton herzustellen. Diese erhöht die Stabilität des gesamten Bauwerks und lässt sich durch die glatte Oberfläche einfacher abdichten.



Abb. 106 Betonierte Vorsatzschale einer Kelleraußenwand



Abb. 107 Anbringen des Voranstriches für die folgende Bitumendickbeschichtung

Die Prüfung der Haftzugfestigkeit des Untergrundes ist eine gesondert zu beauftragende und abzurechnende Leistung. Neben dem Untergrund ist die einwandfreie Beschaffenheit der abzudichtenden Bereiche zu prüfen. Sämtliche **Übergänge** (Ecken, Kanten) müssen als **ausgerundete Kehlen** ausgebildet sein (siehe Grafik oben links), es dürfen keine scharfen Schalkanten und Grate bestehen. Bewegungsfugen und Durchdringungen sollen jeweils soweit von anderen Einbauten oder Bauteilunterbrechungen entfernt sein, dass ein sicherer Anschluss der Abdichtung hergestellt werden kann.

Anschließend wird ein **bituminöser Voranstrich** zum besseren Haftverbund für die folgende Bitumendickbeschichtung aufgebracht. Diese Beschichtung wird meist aus zwei Komponenten gemischt und muss nach den Ausführungshinweisen des Herstellers verarbeitet werden. Ein ungenaues Mischverhältnis oder ein Nichteinhalten der geforderten Mindestdicke der Beschichtung kann zu späteren Schäden führen. Bevor der Arbeitsgraben wieder verfüllt wird, ist die Abdichtung mit einer **Schutzbahn** (z.B. Noppenfolie) gegen Beschädigung zu versehen.

Häufige Problemstellen im Bestand sind **undichte Leitungsdurchführungen** durch die Kelleraußenwand oder den Fußboden. Zu dicht aneinandergelegte Hausanschlüsse oder unsachgemäße Abdichtungen durch Bauschaum, Silikonkleber oder einfach nur mit Mauermörtel sind unzulässig.



Abb. 108 undichte Hausanschlüsse sehr dicht aneinander gelegt

Für eine dauerhaft dichte Ausführung gibt es verschiedene und **passgenaue Rohrdurchführungssysteme** für alle Wandbaustoffe bzw. Kellerabdichtungssysteme.

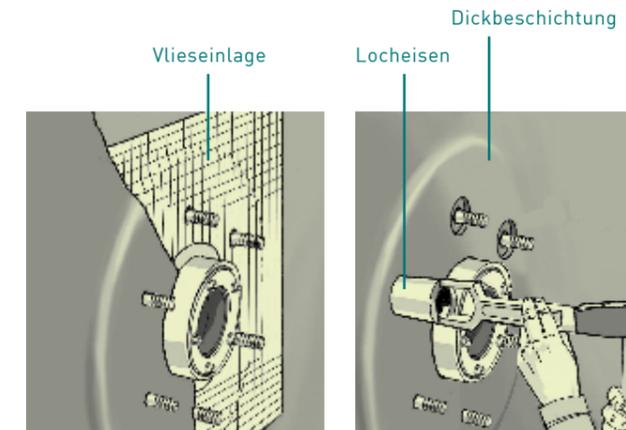


Abb. 109 / 110 Festflanschrohrdurchführung bei Durchdringungen von Dickbeschichtungen

Für die Abdichtung von bestehenden Außenwänden aus Fertigteilelementen, werden **verschiedene Fugendichtungen** angeboten. Bei Fugendichtungen, deren Verwendbarkeit für den jeweiligen Anwendungsbereich nicht durch entsprechende Normen geregelt ist, muss der sogenannte Verwendbarkeitsnachweis zur Beachtung der bauaufsichtlichen Bestimmungen vom Handwerker auf folgende Inhalte geprüft werden:

- Eignung für die vorhandene / zu erwartende Druckhöhe
- Eignung für die abzudichtende Fugenart und ggf. zulässige Verformungen
- Eignung für Trennrisse oder Sollrisse
- Eignung für Wasserwechselbeanspruchung

Ferner sollten Hinweise zur Handhabung in der Beschreibung enthalten sein, wie:

- Temperatur- und Feuchtebedingungen
- Untergrundvorbehandlung
- Einbaubedingungen
- Ggf. Überdeckungsweiten bei Klebeabdichtungen
- Nachweis über die Dauerhaftigkeit und Funktionstüchtigkeit

Dies betrifft im Allgemeinen Kompressionsdichtungen, Quellbänder, Injektionsschläuche, beschichtete Fugenbleche, Fugenblechkonstruktionen für Bewegungsfugen und weitere nicht aufgeführte Fugendichtungen.

Zur nachträglichen **Abdichtung des Kellerbodens** gegen aufsteigende Feuchtigkeit können entsprechende Dichtschlämme oder

Bitumenbahnen verwendet werden. Sie werden von verschiedenen Systemlieferanten am Markt angeboten. Wie schon beschrieben ist ein wirkungsvoller Anschluss an die Vertikaldämmung herzustellen. Dies geschieht über die Anbindung der Horizontalsperre in der Außenwand. Ist diese nicht vorhanden oder nicht mehr intakt, muss sie durch entsprechende Systemlösungen wieder hergestellt werden.

Arten für eine Horizontalabdichtung der Außen- und Innenwände können abschnittsweise ausgeführte **Betonunterfangungen oder Maueraustausch** mit Ziegeln, Mauer sägeverfahren oder Bohrlochinjektionen sein.

Beim **Sägeverfahren** wird eine durchgehende horizontal verlaufende Mauerwerksfuge abschnittsweise aufgetrennt und mit einer widerstandsfähigen Sperrschicht z.B. aus glasfaserverstärkter Bitumenbahn oder nichtrostenden Chromstahlplatten versehen. Anschließend wird die Schnittfuge mit schwindfreiem Zementmörtel verpresst.

Das **Injektionsverfahren** wird überwiegend dort eingesetzt, wo ein Bodenaushub nicht möglich oder nicht gewünscht ist. Entscheidend für die Wirkung einer Bohrlochinjektion ist der Durchfeuchtungsgrad und der Porenvolumenraum des Mauerwerkes. Es werden grundsätzlich zwei Arten von Injektionstechniken unterschieden. Die erste Injektionsart ist die porenfüllende **Injektage ohne Druck**, auch **Verkieselung** genannt. Hier werden über eine ein- oder mehrfache Reihe von leicht schräg nach unten verlaufenden Bohrlochern das jeweilige Füllmittel eingebracht. Das Injektionsmaterial aus Alkalisilikaten wirkt imprägnierend und durchtränkt das Kapillarsystem des Baustoffes. Das zweite Verfahren ist die **Injektage unter Druck**. Dabei wird eine Silikonmikroemulsion mit Hilfe einer Pumpe über Packer in das Mauerwerk injiziert. Diese Druckinjektion ermöglicht es auch die kapillar nicht zugänglichen Bereiche zu befüllen und führt auch zu einer schnelleren Durchtränkung des Mauerwerkes. Nach Abschluss der Injektionsarbeiten müssen die Bohrlöcher wieder mit schwindfreiem Material z.B. Injektionsharz verschlossen werden.

Nach erfolgter Abdichtung, des Bauwerks von Außen kann die geplante Dämmung angebracht werden. In Frage kommt eine **außenliegende Dämmung**, die gemeinsam mit der Dichtung eingebaut wird oder **innenliegende Dämmung**, die entweder dampfdicht oder als feuchtepufferndes kapillaraktives System ausgebildet wird.

Die außenliegende Dämmung bietet viele Möglichkeiten, ist vergleichsweise preiswert und im Hinblick auf Wärmebrücken einfach zu realisieren, da eine durchgehende thermische Hülle um den Bestandskeller gelegt wird. Die Platten sind auf einem Fundamentüberstand kraftschlüssig abzusetzen, ohne dass sie dabei mit den Kehlen in Konflikt geraten. Durch eine entsprechende Lagesicherung beim Verfüllen sind sie gegen Abrutschen zu sichern.



Abb. 111
Abdichtung einer Kellerwand mit Bitumendickbeschichtung und außenseitig angebrachter Perimeterdämmung

Bindige Füllböden können an den Wärmedämmplatten haften bleiben. Bei Setzungen entstehen später Schubkräfte, die eine punktweise Verklebung der Dämmplatten nicht aufnehmen kann. In solchen Fällen ist die **Dämmung vollflächig zu verkleben** oder mit einer Trennlage vom Füllboden zu trennen. Es ist jedoch zu beachten, dass zwischen den Dämmplatten und dem Bauwerk kein Wasser eindringen kann, da sonst die Dämmwirkung beeinträchtigt wird. Im Grundwasser sind die Platten daher ebenfalls stets vollflächig zu verkleben.



Abb. 112
Perimeterdämmung war nicht vollflächig verklebt. Wasser konnte hinter die Dämmebene gelangen, so dass die Dämmwirkung stark reduziert wurde.

Innendämmungen werden häufig dann eingesetzt, wenn die Bestandskonstruktion nach außen dicht ist, so dass ein Freilegen der Kellerwände von außen nicht notwendig ist. Für die Verarbeitung, die Gestaltung von Anschlüssen gelten die Aussagen auf Seite 40 - 42.

Aus verschiedenen Gründen kann eine Kombination aus Außen- und Innendämmung sinnvoll sein. In diesen Fällen sollte darauf geachtet werden, dass die beiden Dämmungen im Übergangsbereich ausreichend überlappen, um konstruktive Wärmebrücken zu vermeiden. Einbindende Wände (innen wie außen) sind mit entsprechenden Flankendämmungen zu versehen.

Trocknung von Räumen und Bauteilen

Bevor Abdichtungsmaßnahmen erfolgen, müssen die betroffenen Bauteile ausreichend trocken sein. Vor allem wenn Innendämmstoffe zum Einsatz kommen. Bei einigen Abdichtmaßnahmen, müssen die zu behandelnden Bauteiloberflächen ebenfalls trocken sein. In den außenliegenden Bereichen kann nur eine natürliche Trocknung abgewartet und durch geeignete Überdachungen befördert werden. Für die Trocknung im Rauminnen existieren verschiedene technische Möglichkeiten zur Bauwerkstrocknung.

Kondensattrockner zählen zu den einfachsten technischen Lösungen. Das Bauwerk wird für dieses Trocknungsverfahren weder angebohrt noch anderweitig beschädigt. Allerdings kann unter Umständen die Bauteiloberfläche bereits abgetrocknet sein, während tiefere Bauteilebenen noch stark durchfeuchtet sind. Geht es nur darum eine trockene Bauteiloberfläche für die Verarbeitung von Dichtmaterialien zu haben, ist die Methode jedoch durchaus geeignet.

Eine weitere Möglichkeit bieten **Heißlufttrockner**. Für ihren Einsatz müssen entsprechende Bohrungen (Einblaslöcher) z.B. unter dem vorhandenen Estrich bis in die zu trocknenden Schichten eingebracht werden. Der Vorteil besteht darin, dass der Austrocknungsprozess auch in tieferen Ebenen rasch voranschreitet.

Ein besonderes Trocknungsverfahren wird durch **Mikrowellentrockner** ermöglicht. Diese Trocknungsgeräte wirken bis in die tieferen Ebenen und benötigen keine Einblasöffnungen. Entstehen jedoch ungewollt zu hohe Temperaturen oder verläuft der Trocknungsprozess zu schnell (Dampfdruck) können diese Effekte Zerstörungen im Material hervorrufen. Die Übersicht zeigt die zulässigen Trocknungstemperaturen für unterschiedliche Materialien.

Baustoff	Trocknungstemperatur (°C)
Baustoffe, die bei 105 °C ihre Struktur nicht verändern, z.B. mineralische Baustoffe und Holz	105 +/- 2
Baustoffe, bei denen zwischen 70 °C und 105 °C Strukturänderungen eintreten können, z.B. einige Schaumkunststoffe	70 +/- 2
Baustoffe, bei denen höhere Temperaturen Kristallwasser austreiben oder Zellgase beeinflussen können, z.B. Gips oder einige Schaumkunststoffe	40 +/- 2

Erforderliche Trocknungstemperaturen verschiedener Baustoffe

Bevor mit hohen Temperaturen versucht wird eine durchfeuchtete Konstruktion möglichst rasch zu trocknen, müssen zuerst die betroffene Bauteile genauer analysiert werden, um die geeignete Trocknungstemperatur zu ermitteln.



Im Zusammenhang mit der Umsetzung der Anforderungen der EnEV konnte bei Anwendern, insbesondere auch Handwerksbetrieben, häufig eine Verunsicherung bezüglich der sich aus der EnEV ergebenden Haftungsprobleme festgestellt werden. Die nachfolgenden rechtlichen Ausführungen sollen dazu dienen, typische Haftungsfragen und deren Grundlagen zu erläutern und eine mögliche Haftung der an der Ausführung beteiligten Betriebe zu vermeiden.

Frage 1 Welche Rechtsgrundlagen sind bei Umsetzung energiesparender Maßnahmen an Gebäuden zu beachten?

Da es sich bei Energiesparmaßnahmen gemäß EnEV regelmäßig um Bauleistungen handelt, sind für die vertraglichen Ansprüche zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer die Regelungen des Bürgerlichen Gesetzbuches, insbesondere des Werkvertragsrechtes (§ 631 ff. BGB) maßgebend. Darüber hinaus werden nach wie vor in vielen Bauverträgen die Regelungen der VOB Teile B und C zugrunde gelegt, die eine Reihe bauspezifischer Regelungen enthalten, die so im Werkvertragsrecht nicht geregelt sind. Zu beachten ist dabei, dass eine Verwendung der VOB/B gegenüber Verbrauchern nach wie vor möglich ist, jedoch die VOB/B bei Verwendung gegenüber Verbrauchern nicht mehr gegenüber sonstigen AGB privilegiert ist. Neben diesen allgemeinen rechtlichen Rahmenbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen und der gewerkespezifischen Regelungen in VOB Teil C sind auch die Regelungen der EnEV zu beachten. Welche konkreten Anforderungen sich bei Ausführung gewerkespezifischer Leistungen ergeben, sind in den vorstehenden Teilen 1 und 2 dieser Broschüre erläutert. Neben den dort dargestellten technischen Anforderungen und Parametern enthält die EnEV außerdem Anforderungen an die Nachweisführung über die Einhaltung der Vorschriften der EnEV sowie Sanktionen bei Verletzung der sich aus der EnEV ergebenden Verpflichtungen.

Frage 2 Welche Folgen können Verstöße gegen die EnEV haben?

Verstöße gegen die EnEV können zivilrechtliche Ansprüche auslösen und als Ordnungswidrigkeiten geahndet werden. Bei zivilrechtlichen Ansprüchen handelt es sich im Wesentlichen um Mängelansprüche (Nacherfüllung, Minderung, Schadensersatz u.a.). Ordnungswidrigkeiten werden dagegen meist mit Bußgeldern geahndet. Dabei stellt eine Ordnungswidrigkeit nicht nur die Nichtbeachtung nach der EnEV einzuhaltenen technischen Parameter dar. Ordnungswidrigkeiten nach der EnEV sind auch die Nichterfüllung der Verpflichtungen zur Ausstellung einer Unternehmererklärung oder der Energieausweise. Während eine Haftungsfreistellung bezüglich zivilrechtlicher Ansprüche teilweise bejaht wird (vgl. OLG Brandenburg, Urteil vom 02.10.2008 - 12 U 92/08), ist dies im Ordnungswidrigkeitenrecht nicht möglich.

Frage 3**Welchen Stellenwert haben DIN-Vorschriften und anerkannte Regeln der Technik?**

Bei DIN-Vorschriften handelt es sich nicht um Rechtsvorschriften, wie Gesetze oder Verordnungen. DIN-Vorschriften sind private, technische Regelungen mit Empfehlungscharakter, herausgegeben vom Deutschen Institut für Normung. Ihre unmittelbare Anwendbarkeit kann sich sowohl aus ihrer Anwendung vorschreibenden gesetzlichen Regelungen oder aus ausdrücklichen vertraglichen Vereinbarungen ergeben. Darüber hinaus sind DIN-Vorschriften regelmäßig Bestandteil der anerkannten Regeln der Technik. Da DIN-Vorschriften anerkannte Regeln der Technik zum Zeitpunkt ihres Erlasses widerspiegeln, kommt es bei „älteren“ DIN-Vorschriften nicht selten dazu, dass die dort enthaltenen Regelungen teilweise nicht mehr den anerkannten Regeln der Technik entsprechen.

Bei den anerkannten Regeln der Technik handelt es sich um technische Regelungen, die in der technischen Wissenschaft als theoretisch richtig anerkannt sind und in der Praxis als bewährt akzeptiert werden. Dies hat zur Folge, dass neuartige Baustoffe oder Verfahren meist nicht den anerkannten Regeln der Technik entsprechen, da ihnen die Akzeptanz in der Praxis fehlt. Deshalb ist es bei Einsatz derartiger Baustoffe oder Verfahren notwendig, den Auftraggeber auf diesen Umstand ausdrücklich hinzuweisen. (s. hierzu auch Fragen 5 und 6)

Frage 4**Wonach bestimmt sich die Mangelhaftigkeit einer Leistung?**

Als Bewertungsmaßstäbe sind die Regelungen in § 633 BGB bzw. § 13 VOB / B einschlägig. Danach muss eine Bauleistung die zwischen den Vertragsparteien vereinbarte Beschaffenheit aufweisen, mithin den im Vertrag (Leistungsverzeichnis) vereinbarten Parametern (z.B. Dämmungsdicke 12 cm) entsprechen. Wird später lediglich eine Dämmung mit einer Dicke von 10 cm eingebaut, ist die Leistung selbst dann mangelhaft, wenn mit der eingebauten Dämmung die energetischen Anforderungen der EnEV erfüllt werden.

Außerdem muss sich die Leistung für die nach dem Vertrag vorausgesetzte, oder, wenn es dahingehende Vereinbarungen nicht gibt, für eine gewöhnliche Verwendung eignen. Sind hiernach beispielsweise Dämmarbeiten in einem Laborgebäude vorzunehmen, in welchem mit teilweisen Temperaturen von bis zu 60 °C zu rechnen ist, muss eine einzubringende Dämmung für derartige raumklimatische Bedingungen geeignet sein.

Die ausgeführte Leistung muss weiter den anerkannten Regeln der Technik (s. Frage 3) entsprechen. Fordern die anerkannten

Regeln der Technik die Einhaltung ganz bestimmter Parameter oder Stoffeigenschaften der einzusetzenden Bauteile, dann müssen die verwendeten Bauteile diesen Parametern entsprechen bzw. die in den anerkannten Regeln der Technik genannten Stoffeigenschaften besitzen.

Letztlich dient die Erfüllung vorgenannter Anforderungen dazu, den nach dem Werkvertrag geschuldeten Erfolg, mithin eine den getroffenen Vereinbarungen entsprechende und funktionstaugliche Leistung (vgl. „Blockheizkraftwerkfall“ BGH, Urteil vom 08.11.2007 - VII ZR 183 / 05), herzustellen.

Frage 5**Stellen Algen- oder Schimmelbefall auf Wärmedämmverbundsystemfassaden Baumängel dar?**

Diese Frage wird durch die Rechtsprechung nicht einheitlich beantwortet (vgl. LG Darmstadt, Urteil vom 07.08.2007 - 14 O 615 / 05; a.A. OLG Frankfurt, Beschluss vom 07.07.2010 - 7 U 76 / 09). Energieeinsparende Maßnahmen an Fassaden (beispielsweise WDVS) führen auf diesen Fassaden zu dauerhaft niedrigeren Außentemperaturen im Vergleich zu ungedämmten Fassaden. Der dadurch bedingte längere Verbleib von Feuchtigkeit auf der Fassade kann insbesondere bei ungünstigen Umgebungsbedingungen zu einem zeitnahen Befall von Algen- oder Pilzbewuchs führen. Da die Rechtsprechung bei einem erheblichen Auftreten eines derartigen Befalls innerhalb der gesetzlichen Verjährungsfrist von 5 Jahren dazu tendiert, dies als Mangel zu qualifizieren, insbesondere wenn in der näheren Umgebung ein vergleichbarer Befall an anderen Gebäuden nicht feststellbar ist, kann ausführenden Unternehmen nur empfohlen werden, dieser Problematik eine erhöhte Aufmerksamkeit zu widmen. Den Ausführungsbetrieben ist zur Vermeidung einer Haftung für derartige Umstände zu empfehlen, in Fällen, in denen durch die konkrete Lage des Objektes, dessen Beschaffenheit und der zum Einsatz kommenden Materialien nach den bisherigen Erfahrungen verstärkt mit einem Auftreten von Algen- oder Pilzbefall zu rechnen ist, Bedenken anzumelden (vgl. hierzu auch Frage 6).

Frage 6**Ist die Haftung auf Mängel an der eigenen Leistung beschränkt?**

Die Haftung des Unternehmers ist nicht auf Mängel an der selbst ausgeführten Leistung beschränkt.

Unter Frage 4 wurde bereits erläutert, dass es im Werkvertragsrecht auf die Herstellung des vom Bauherren gewünschten Erfolges ankommt. Ist dieser Erfolg mit den als auszuführen

geplanten und im Vertrag vereinbarten Produkten (z.B. Einbau einer 5 cm dicken Dämmung obwohl 12 cm erforderlich wären) nicht herstellbar oder weisen Vorleistungen anderer Unternehmer Mängel auf, ist selbst eine darauf aufbauende mangelfreie Erbringung der eigenen Leistungen nicht geeignet den Gesamterfolg des Werkes herzustellen. Weist hiernach beispielsweise das von einer Zimmererfirma aufgestellte Dach keine ausreichende Standfestigkeit auf, ist selbst die im Nachgang ordnungsgemäß ausgeführte Dacheindeckung unter Einhaltung sämtlicher technischen Anforderungen nicht geeignet, ein insgesamt mangelfreies Dach herzustellen. Sind derartige Mängelpotentiale für den Unternehmer erkennbar, ist er verpflichtet, seinen Auftraggeber auf die daraus resultierenden Risiken hinzuweisen, mithin Bedenken anzumelden. Die Erfüllung der Verpflichtung zur Anmeldung von Bedenken dient dazu, den Bauherren in die Lage zu versetzen, derartige, den Werkerfolg gefährdende Risiken zu erkennen, Maßnahmen zu deren Vermeidung, beispielsweise durch Anordnung entsprechender Leistungsänderungen, zu treffen und aus unternehmerischer Sicht eine Haftung für aus derartigen Umständen später resultierende Mängel zu vermeiden. (§ 13 Nr. 3 VOB / B)

Frage 7**Ist eine Befreiung von der Haftung wegen Verstößen gegen die EnEV möglich?**

Wie bereits unter Frage 2 ausgeführt, ist derartige lediglich für zivilrechtliche Ansprüche denkbar. Voraussetzung ist jedoch, dass der Unternehmer seiner Verpflichtung zur Anmeldung von Bedenken nachgekommen ist und gegebenenfalls eine ausdrückliche Haftungsfreistellung mit dem Auftraggeber vereinbart hat. In dieser Haftungsfreistellung sollte über die einzuhaltenden Verpflichtungen belehrt und auf deren Einhaltung gedrungen werden. Darüber hinaus sollte der Bauherr über die Möglichkeiten von Ausnahmen (§ 24 EnEV) und Befreiungen (§ 25 EnEV) hingewiesen werden. Ausnahmen sind beispielsweise bei Baudenkmalen möglich und von der Einhaltung der Anforderungen der EnEV kann befreit werden, wenn die Einhaltung der Anforderungen einen unangemessenen Aufwand darstellen oder zu einer unbilligen Härte führen würde.

Frage 8**Wie haftet der Unternehmer, der als Grundlage seines Angebotes selbst ein Leistungsverzeichnis erstellt?**

Gerade bei kleineren Bauvorhaben kommt es häufig vor, dass ein Architekt zur Erstellung von Planungen durch den Bauherren

nicht hinzugezogen wird. Die Aufforderung zur Angebotserstellung an die ausführenden Unternehmern beinhaltet dann neben der reinen Preisbildung für die vorgesehenen Leistungen auch eine Planung der zur Herstellung des vom Bauherren gewünschten Erfolges notwendigen Leistungen. Mit der Erstellung des seinem Angebot zu Grunde liegenden Leistungsverzeichnisses erbringt der ausführende Unternehmer somit auch planerische Leistungen, für die er letztendlich haftet, meist ohne dass er hierfür eine gesonderte Vergütung erhält. Eine Anmeldung von Bedenken, wie sie beispielsweise unter Frage 6 thematisiert wurde, macht hier, soweit sie gegen „eigene“ planerische Fehler gerichtet ist, keinen Sinn. Neben der Haftung wegen Mängeln bei der Ausführung der Leistung haftet der Unternehmer in derartigen Fällen auch für Mängel an der von ihm erstellten Planung der Leistungen. Deshalb sollten Unternehmen derartige Planungsleistungen sorgfältig vornehmen, gegebenenfalls unter Hinzuziehung Fachkundiger, beispielsweise zur Ausstellung von Energieausweisen Berechtigter.

Frage 9**Gibt es Haftungsunterschiede zwischen offensichtlichen, verdeckten und „versteckten“ Mängeln?**

Grundsätzlich gibt es keine Haftungsunterschiede. So stehen dem Auftraggeber bei derartigen Mängeln regelmäßig sämtliche Mängelansprüche gemäß § 634 BGB bzw. § 13 VOB / B zu. Beurteilungszeitpunkt für die Frage der Mangelhaftigkeit einer Leistung ist die Abnahme. Dabei ist es den meisten Mängeln immanent, dass sie bei der Abnahme verdeckt sind und ihre Folgen erst später zu Tage treten. Wird beispielsweise ein Wärmedämmverbundsystem an einer Fassade nicht ordnungsgemäß befestigt, so ist derartige bei der Abnahme meist nicht sichtbar. Dessen ungeachtet haftet dieser Mangel der Werkleistung bereits bei der Abnahme an. Treten während des Laufes der 5-jährigen Verjährungsfrist für Mängelansprüche gemäß § 634 a BGB Risse in der Fassade als Folge der unzureichenden Befestigung auf, müssen derartige Ansprüche innerhalb der Verjährung mit Maßnahmen durchgesetzt werden, die geeignet sind, den Eintritt der Verjährung zu verhindern.

Im Gegensatz zu den in der Praxis „üblichen“ verdeckten Mängeln, wie vorstehend erläutert, kann sich der ausführende Unternehmer bei „versteckten“ (arglistig verschwiegenen) Mängeln, die beispielsweise erst nach Ablauf der 5-jährigen Verjährungsfrist sichtbar werden, nicht auf die Einrede der Verjährung berufen. Versteckte Mängel sind Mängel, die der Unternehmer entweder bewusst einbaut oder deren Vorhandensein er arglistig verschweigt bzw. die Folge eines Organisationsverschuldens sind.

Frage 10 Ist eine förmliche Abnahme ausgeführter Leistungen sinnvoll?

Die Durchführung einer förmlichen Abnahme, mithin einer gemeinsamen Besichtigung der ausgeführten Leistungen zwischen Auftragnehmer und Auftraggeber unter anschließender Erstellung eines Abnahmeprotokolls ist empfehlenswert. Obwohl es darüber hinaus noch weitere Möglichkeiten zur Herbeiführung der Abnahmewirkungen, beispielsweise durch schlüssiges Verhalten oder durch die in § 12 Nr. 5 VOB / B vorgesehenen fiktiven Abnahmen gibt, erleichtert die förmliche Abnahme die Nachweisführung der erfolgten Abnahme sowie ihres Zeitpunktes. Die Durchführung einer förmlichen Abnahme ist wegen der Beweiskraft des Protokolls über die förmliche Abnahme, insbesondere wegen der mit der Abnahme verbundenen Rechtswirkungen (Voraussetzung für die Fälligkeit des Vergütungsanspruches, Beginn der Gewährleistungsfrist, Gefahrenübergang auf den Auftraggeber, Umkehr der Beweislast für behauptete Mängel und Verlust nicht vorbehaltenen Vertragsstrafen), empfehlenswert.

Frage 11 Wie sollte auf eine Mängelanzeige reagiert werden?

Unternehmern ist zu empfehlen, Mängelanzeigen ernst zu nehmen. So können beim Vorhandensein von Mängeln durch frühzeitige Mangelbeseitigungsmaßnahmen häufig erhebliche Folgeschäden vermieden werden. Selbstverständlich sollte ein Unternehmer zuvor prüfen, ob Mängel seiner Leistungen ursächlich für den angezeigten Mangel oder die als Mangel angezeigte Erscheinung sind. Dies deshalb, da durchgeführte Mängelbeseitigungsleistungen grundsätzlich ein Anerkenntnis des Vorliegens eines Mangels darstellen und zu einem Neubeginn der Verjährungsfrist für Ansprüche aus der als Mangel gerügten Erscheinung führen. Ist eine Ursächlichkeit der eigenen Leistung für die gerügten Mängel nicht offensichtlich oder zwingend, sollte bei dennoch ausgeführten Maßnahmen zur Mangelbeseitigung darauf hingewiesen werden, dass die Ausführung derartiger Leistungen im Kulanzwege erfolgt, mithin kein Anerkenntnis des Vorliegens eines vom Unternehmer verursachten Mangels darstellt.

Frage 12 Wann ist eine Unternehmererklärung abzugeben?

In den in § 26 a EnEV genannten Fällen ist eine Unternehmererklärung auszustellen. Dies ist grundsätzlich der Fall bei Änderungen von Außenbauteilen im Sinne des § 9 Abs. 1 Satz 1,

bei der Dämmung der obersten Geschossdecken gemäß § 10 Abs. 3 u. 4 sowie beim erstmaligen Einbau oder beim Ersatz von Heizkesseln und sonstigen Wärmeerzeugungssystemen (§ 13), Verteilungseinrichtungen oder Warmwasseranlagen (§ 14) oder Klimaanlage und sonstigen Anlagen der Raumlufttechnik (§ 15). Die Unternehmererklärung ist unverzüglich nach Abschluss der Arbeiten schriftlich dem Eigentümer zu übergeben und muss bestätigen, dass die geänderten oder eingebauten Bau- oder Anlagenteile der EnEV entsprechen. Die Unternehmererklärung kann auf einem gesonderten Formular oder auf einer erteilten Rechnung abgegeben werden.

Frage 13 Was verbirgt sich hinter dem Energieausweis und inwiefern ist dieser für den ausführenden Betrieb von Relevanz?

Der Bauherr bzw. Gebäudeeigentümer hat sicherzustellen, dass bei Neubauten, bei Änderungen von bestehenden Gebäuden sowie bei Erweiterung eines Gebäudes mit beheizten oder gekühlten Räumen um mehr als die Hälfte der Nutzfläche ein Energieausweis ausgestellt wird, der auf Verlangen den Behörden vorzulegen ist. Darüber hinaus muss potentiellen Interessenten ein Energieausweis einschließlich der Modernisierungsempfehlung bei Verkauf, Vermietung oder Verpachtung zugänglich gemacht werden.

Der Energieausweis bei Neubauten wird auf der Grundlage der Planung und damit des berechneten Energiebedarfs ausgestellt. Er ist Bestandteil der Baugenehmigungsplanung. Der Energieausweis hat grundsätzlich keine unmittelbaren Auswirkungen auf die Leistungsverpflichtung des ausführenden Bauunternehmens. Da der Berechnung des Energiebedarfs ein ganz konkreter baulicher Zustand eines Gebäudes, sowohl hinsichtlich der verwendeten Baustoffe, als auch deren Verarbeitung zugrunde gelegt wird, können die berechneten Werte nur dann erreicht werden, wenn eine ordnungsgemäße Leistungsausführung der beteiligten Bauunternehmer vorliegt. Ist dies nicht der Fall, ist nicht nur die Leistung des Unternehmers deshalb mangelhaft, vielmehr kann damit in der Regel auch nicht der in der Berechnung ermittelte Energiebedarf eingehalten werden, was neben den reinen Ansprüchen auf Mangelbeseitigung auch Schadensersatzansprüche des Bauherren wegen eines insoweit erhöhten Energiebedarfes zur Folge haben kann.

Absolute Luftfeuchtigkeit

Als absolute Luftfeuchtigkeit wird der Wasserdampfgehalt der Luft bezogen auf 1 kg oder 1 m³ Trockenluft bezeichnet. Als Maßeinheit wird g/kg bzw. g/m³ verwendet.

Amortisationszeiten

Dauer eines Prozesses, in dem die anfänglichen Aufwendungen für ein Objekt durch Erträge, die durch das Objekt entstehen, gedeckt werden. Amortisation bedeutet „tilgen“. Der Begriff wird sowohl im wirtschaftswissenschaftlichen als auch im energie-technischen Kontext gebraucht.

Drei-Liter-Haus

Der Begriff wurde vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik vor Einführung der Energieeinsparverordnung 2002 geprägt. Er beschreibt Niedrigenergiehäuser, die je m² Nutzfläche einen Primärenergiebedarf von weniger als 34 kWh aufweisen – dies entspricht dem Primärenergiegehalt von 3 Liter Heizöl.

Endenergiebedarf

Energiemenge, die zur Deckung des Jahres-Heizwärmebedarfs und des Trinkwasserwärmebedarfs (Bedarf und Aufwand der Anlagentechnik) benötigt wird. Ermittelt wird der Wert an der Systemgrenze des jeweiligen Gebäudes. Die Energiemenge wird berechnet unter genormten Bedingungen (z.B. mittlere Klimadaten, definiertes Nutzerverhalten, angenommene innere Wärmequellen oder zu erreichende Innentemperatur).

Heizwärmebedarf (Q_H)

Wärme, die das Heizsystem für die Gesamtheit der beheizten Räume in einem Jahr bereitzustellen hat. Für die Berechnung wird nicht die gesamte Fläche des Hauses, sondern nur die Grundfläche der beheizten Räume zugrunde gelegt.

Niedrigenergiehaus

Energieeffizienter Gebäudestandard, der sich in den 80er Jahren entwickelt hat. Niedrigenergiehäuser haben in der Regel einen Heizwärmebedarf von 25 bis 30 % unterhalb der Anforderungen der WsVO 1995. Das Passivhaus ist die konsequente Weiterentwicklung dieses Baukonzeptes. Heute werden Gebäude, die hinsichtlich ihrer energetischen Kennwerte unterhalb der gesetzlichen Anforderungen liegen, als Niedrigenergiehaus vermarktet. Auch die von der KfW geförderten „Effizienzhäuser“ in verschiedenen Stufen werden so bezeichnet.

Nullenergiehaus

Gebäude, das rechnerisch in der Jahresbilanz keine externe Energie (Elektrizität, Gas, Öl etc.) bezieht. Die benötigte Energie für Heizung, Warmwasser usw. wird meist durch Solarthermie- oder Solarstromanlagen im oder am Haus selbst erzeugt. Dadurch bezieht das Haus in der Jahresbilanz keine Energie aus der allgemeinen Energieversorgung.

Passivhaus

Baukonzept, das zwei Grundprinzipien vereint: Wärmeverluste zu vermeiden und freie Wärmegewinne zu optimieren. Ein Passivhaus benötigt kein herkömmliches aktives Heiz- bzw. Klimatisierungssystem. Im Inneren werden vorhandene Energiequellen (z.B. einfallende Sonnenenergie, Körperwärme und Abwärme von Elektrogeräten) zur passiven Erwärmung genutzt. Charakteristisch sind die Ausrichtung großer Fensterfronten nach Süden und ein kompakter Baukörper des Gebäudes. Passivhäuser erreichen hohe Energieeinsparungen durch eine stark wärmedämmende Gebäudehülle und besonders energieeffiziente Bauteile. Die Außenhülle des Gebäudes muss luftdicht sein und das gesamte Gebäude umfassen. Neben der Wand- und Dachdämmung sind spezielle Passivhausfenster, Passivhaustüren und eine Lüftungsanlage wesentliche Merkmale. Mit 15 kWh / (m²a) liegt der spezifische Jahresheizwärmebedarf eines Passivhauses ca. 50 % unter dem eines durchschnittlichen Neubaus. Das Passivhaus ist eine konsequente Weiterentwicklung des Niedrigenergiehauses.

PlusEnergieGebäude

Gebäude mit einem Energieüberschuss in der Bilanz. Demnach wird mehr Energie gewonnen als verbraucht. Im Allgemeinen handelt es sich um ein Gebäude mit energetischen Rahmenbedingungen ähnlich einem Passivhaus, das in hohem Umfang mit erneuerbaren Energien versorgt wird. Zusätzlich weist es Energiegewinne z.B. über Photovoltaik auf, die höher liegen als die notwendigen Energiemengen für Heizung, Warmwasser und Haushaltsstrom. Konzepte, deren Namen teilweise auch geschützt sind, arbeiten beispielsweise fast ausschließlich mit ökologischen Baustoffen und lassen fossile Energieträger nicht zu. Damit erreicht der „energetisch - ökologische Fußabdruck“ Bestwerte.

Spezifische Wärmekapazität c

Die spezifische Wärmekapazität c beschreibt, welche Energiemenge pro Kilogramm Masse und pro Kelvin Temperaturänderung durch einen Stoff aufgenommen werden kann. Gemessen wird sie in kJ / kgK.

Primärenergie

Energieträger, die in der Natur vorkommen und technisch noch nicht umgewandelt sind. Unterschieden wird zwischen unerschöpflichen (erneuerbaren) Energien und endlichen Energien (Erdöl, Kohle, Kernbrennstoffe, Erdgas). Berücksichtigt wird dabei die zusätzliche Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenze „Gebäude“ bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Brennstoffe entsteht. Im Jahres-Primärenergiebedarf sind der Jahresheizwärmebedarf, der Nettowarmwasserbedarf, die Energieverluste des Wärmeversorgungssystems, der Hilfsenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung sowie der Energieverbrauch für die Bereitstellung der Energieträger enthalten. Hauptsächlich auf den Jahres-Primärenergiebedarf Q_p zielt die Energieeinsparverordnung (EnEV).

RAL

Der Begriff ist auf die Zeit der Weimarer Republik zurückzuführen. Es ist die Abkürzung für den „Reichs-Ausschuss für Lieferbedingungen“. Die Nachfolgeorganisation mit der Rechtsform eines Vereins trägt heute die Bezeichnung: „RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung“. Das Institut vergibt auf Antrag von Gütegemeinschaften verschiedene RAL-Gütezeichen nach eigenen oder staatlich vorgegebenen Anerkennungsverfahren. Diese kennzeichnen Produkte und Dienstleistungen, die nach festgelegten Qualitätskriterien hergestellt bzw. angeboten werden.

Relative Luftfeuchtigkeit

Das Verhältnis aus tatsächlich vorhandenem und maximal möglichem Wasserdampfgehalt in der Luft bezeichnet man als relative Luftfeuchtigkeit. Sie wird in Prozent angegeben und ist u.a. abhängig von der Lufttemperatur sowie dem Luftdruck. Um das Auftreten von Schimmelpilzen zu vermeiden, sollte die relative Luftfeuchtigkeit an den Wandoberflächen 70 % nicht übersteigen.

Taupunkttemperatur

Sinkt die Temperatur der Luft, sinkt damit auch ihre Wasseraufnahmefähigkeit. Die relative Luftfeuchtigkeit steigt an, bis die Luft mit Wasserdampf vollständig gesättigt ist und beträgt dann 100 %, wobei flüssiges Kondensat als Tauwasser ausfällt. Findet der Vorgang im Material statt, wird dieses auch als überhygroskopische Feuchte bezeichnet.

Thermografieaufnahmen

Sichtbarmachung von Durchlässigkeiten oder Lecks, die durch fehlerhafte Bauausführung oder technische Mängel von Bauteilen und Bauwerken verursacht werden. Die Oberflächentemperatur eines Gebäudes wird dabei mit einer Infrarotkamera gemessen. Dadurch lassen sich thermische Verluste der Gebäudehülle erkennen. Um ein optimales Ergebnis zu erzielen, sollte die Außenlufttemperatur möglichst niedrig sein, damit die Differenz zwischen Wärmebrücken und kalten Außenoberflächen so groß wie möglich ist.

Transmissionswärme

Wärmestrom, der aufgrund von Temperaturunterschieden durch die Außenbauteile eines Gebäudes fließt. Die dabei entstehenden Verluste werden Transmissionswärmeverlust genannt.

Wärmebrücken

Örtlich begrenzte Schwachstellen in den Außenbauteilen, an denen mehr Wärme nach außen gelangt (Transmission) als bei angrenzenden Flächen oder Bauteilen. Eine Wärmebrücke entsteht geometrisch bedingt (z.B. an Kanten, Ecken) aber auch aufgrund von Anschlüssen und Durchdringungen oder durch ungedämmte Betonpfeiler, Ringanker, Betonsturzträger oder Balkonplatten, die meist Mängel in der Planung und Bauausführung darstellen. Die Folge der Wärmebrücken sind höhere Wärmeverluste und somit eine niedrigere Oberflächentemperatur auf der Rauminnenseite, wodurch die Gefahr von Tauwasseranfall und Schimmelbildung besteht. Neben den hygienischen Problemen besteht gleichzeitig die Gefahr von Bauschäden durch Schwitzwasserbildung.

Wärmeleitfähigkeit (λ -Wert)

Angabe des Wärmestroms, der durch eine Fläche von einem Quadratmeter eines Materials mit einer Dicke von einem Meter strömt, wenn die Temperaturdifferenz der Oberfläche in Richtung des Wärmestromes ein Kelvin beträgt.

Wärmeleitfähigkeitsstufe (WLS)

Wärmeleitfähigkeitsstufe oder auch Wärmeleitstufe (WLS) gibt die Dämmwirkung von Dämmstoffen an. Sie dient der besseren Klassifizierung anhand ihrer Wärmeleitfähigkeit. Je niedriger der Wert, desto besser dämmt ein Dämmstoff. Die WLS erlaubt im Gegensatz zur älteren WLG die Unterteilung in 1er-Schritten. Der Wert errechnet sich aus dem Wert der Wärmeleitfähigkeit λ . Von diesem sind es die letzten drei Ziffern nach dem Komma (z.B. WLS 033).

Herausgeber

Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH

Pirnaische Straße 9
01069 Dresden

Telefon: 0351 4910-3179
Telefax: 0351 4910-3155

E-Mail: info@saena.de
Internet: www.saena.de

Redaktion

Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH

Hochschule Zittau/Görlitz
Institut für Bauwesen Zittau e.V.

Technische Universität Dresden
Institut für Bauklimatik

Sächsischer Baugewerbeverband e.V.
Neuländer Straße 29
01129 Dresden

E-Mail: info@sbv-sachsen.de
Internet: www.sbv-sachsen.de

Beratungshotline für Betriebe des Baugewerbes: 0371 3838-40

Bildquellen

Titelbild, Abb. 22, 79, 87 Pension Bauernhaus Vetter, Papstsdorf
Abb. 4, 29.1, 51, 52, 80, 103, 104 FMI Fachverband Mineralwolleindustrie e.V.
Abb. 7, 8 Baugeschäft Jürgen Gräfe GmbH, Kriepitz
Abb. 19, 20, 64, 65, 69-71, 97, 98, 102 Wohnungsbaugesellschaft Weißwasser mbH
Abb. 21, 25, 42, 56, 101 Bernhard / Schmidt, Dresden
Abb. 23, 24, 26, 27, 81, 94 Schornsteinfegermeister Hermann Rieche, Sehnde
Abb. 28, 45-47 Knauf Insulation GmbH
Abb. 30-32 Boomer bvba, Lummen (Belgien)
Abb. 29.2, 33, 34, 37-40, 44, 99, 100 .. Deutsche Rockwool Mineralwoll GmbH & Co. OHG
Abb. 35, 36, 53, 54 Linzmeier Bauelemente GmbH
Abb. 49 Eisedicht Luftdichtungsmanschetten
Abb. 73-75 Brillux GmbH & Co. KG

Gestaltung

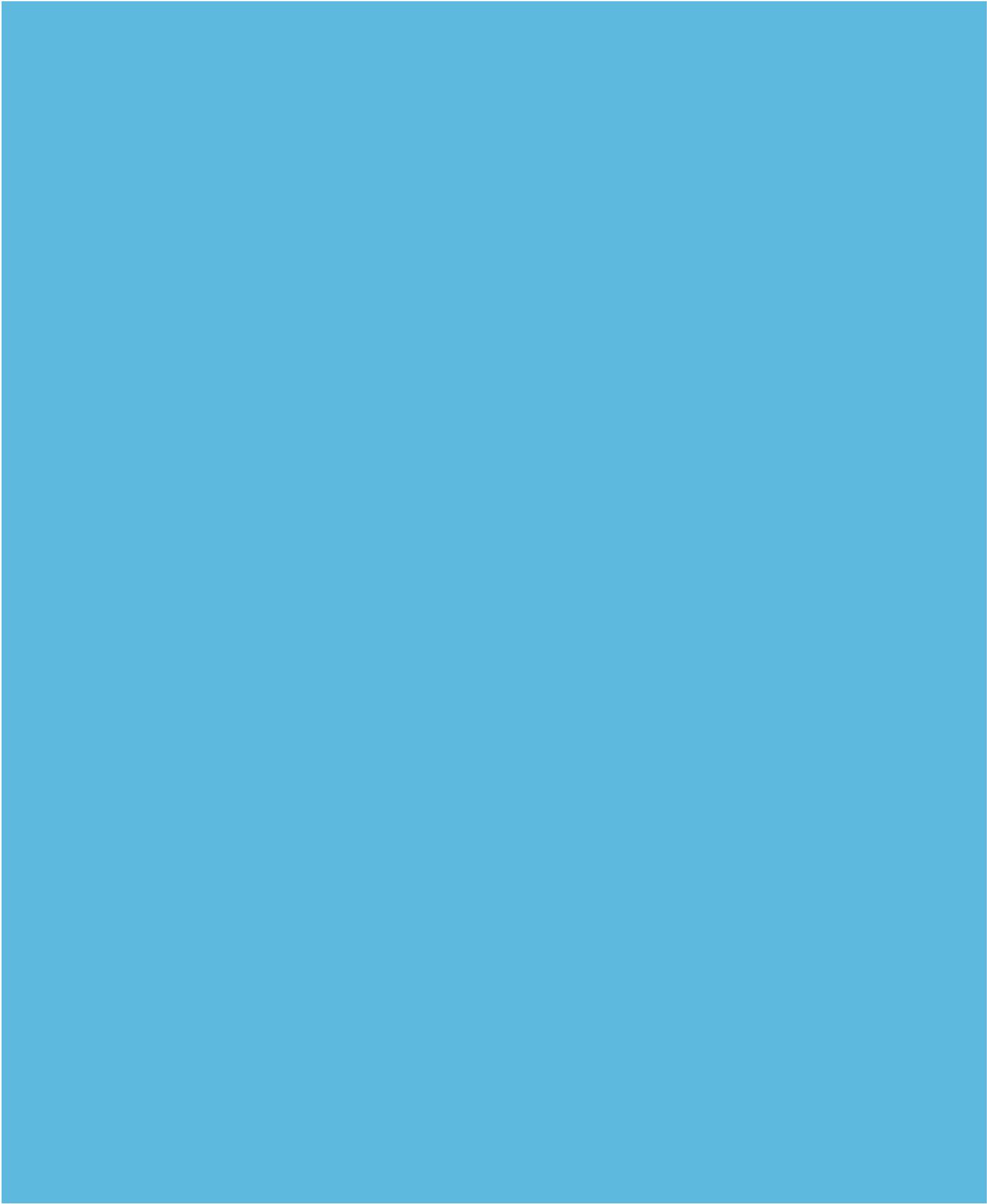
Michael Buddrus
grafik + illustration

Druck

Lößnitz-Druck GmbH



Abb. 82-85, 88, 89, 105 Remmers Baustofftechnik GmbH
Abb. 1, 106, 107, 111 Bauhandwerk Vetter, Gohrisch
Abb. 109, 110 Doyma GmbH & Co
Abb. 50, 108, 112 Gabriele Gärtner, www.gg-projekt.de
Abb. 41, 48 Christian Conrad, John Grunewald und Jens Bolsius; "Energetisch und bauphysikalisch optimierte Sanierung eines Baudenkmals in Görlitz – Bauklimatische, messtechnisch validierte Gebäudesimulation und Ausarbeitung eines Regelwerkes zur energetisch und umwelttechnisch optimierten Sanierung eines Baudenkmals"; Dresden; Selbstverlag; 2010; DBU AZ 21216



gedruckt auf 100 % Recyclingpapier