



# Energetische Sanierung

Ein Praxisleitfaden zur Gebäudehülle



# Gebäude fit machen für die Zukunft



**Uwe Fietzek**  
Landrat der Grafschaft  
Bentheim



**Dr. Michael Kiehl**  
Vorsitzender Grafschafter  
Klimaschutzbeirat

Liebe Grafschafterinnen und Grafschafter,

wussten Sie, dass durchschnittlich ca. 70 Prozent des Energiebedarfs in privaten Haushalten auf die Wohnraumbeheizung entfallen? Entsprechend hohe Energieeinsparpotentiale bieten energetische Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle.

Doch leider liegt die jährliche Modernisierungsquote beim Wärmeschutz im Gebäudebestand bundesweit nur bei rund einem Prozent. Hier müssen wir aktiv werden, um das im Klimaschutzgesetz der Bundesregierung verankerte Ziel eines klimaneutralen Gebäudebestandes bis zum Jahr 2045 erreichen zu können. Und auch angesichts der durch den Ukrainekrieg ausgelösten Energiepreissteigerungen und Versorgungsrisiken gilt es, die Energieaufwendungen für die Wohnraumbeheizung deutlich zu reduzieren.

Der vorliegende von der Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen (KEAN) erstellte Praxisleitfaden gibt Ihnen eine übersichtliche Orientierungshilfe zum Thema energetisches Sanieren. Eine qualifizierte Fachberatung kann die Broschüre jedoch nicht ersetzen. Um sich tiefergehender und individuell beraten zu lassen, möchten wir Ihnen die vielfältigen Energieberatungsangebote der Verbraucherzentrale Niedersachsen und der KEAN ans Herz legen. Eine Übersicht dieser Beratungsmöglichkeiten bietet der Landkreis Grafschaft Bentheim online unter [www.klimaschutz.grafschaft-bentheim.de](http://www.klimaschutz.grafschaft-bentheim.de).

Und wenn es später an die praktische Umsetzung Ihres Modernisierungsvorhabens geht, nehmen Sie gerne die Expertise des Grafschafter Handwerks in Anspruch. Viele hochqualifizierte Fachunternehmen stehen Ihnen tatkräftig zur Seite.

Wir wünschen Ihnen eine interessante Lektüre und viel Erfolg bei der energetischen Sanierung Ihrer Wohnimmobilie!

Uwe Fietzek  
Landrat

Dr. Michael Kiehl  
Vorsitzender Grafschafter Klimaschutzbeirat

# Inhalt

Vorwort .....	3
Einleitung .....	7
<b>01 Theoretische Grundlagen .....</b>	<b>9</b>
Bestandsaufnahme .....	9
Hauptziele .....	10
Energiesparrechtliche Anforderungen .....	11
Sanierungsumfang .....	12
Sanierungsbausteine .....	12
Sorgfältige Beurteilung des Gebäudebestands .....	15
Energieeffiziente Belüftung des Gebäudes .....	15
<b>Einsatzbereiche der Gebäudedämmung .....</b>	<b>16</b>
Mehr als Energieeffizienz .....	16
Verwendung von Baumaterialien .....	17
Verarbeitungsqualität .....	18
Dämmstoffauswahl .....	19
<b>Bauphysikalische Grundlagen .....</b>	<b>20</b>
Wärmeschutz – Wesen des Wärmetransportes .....	20
Feuchteschutz .....	22
Schimmelbildung auf raumseitigen Oberflächen .....	25
Luftdichtheit und Dampfdiffusion .....	26
Sommerlicher Wärmeschutz .....	30
Brandschutz .....	30

<b>02 Planung und Ausführung von Sanierungsmaßnahmen .....</b>	<b>33</b>
Dacherneuerung .....	33
Dachgeschossausbau .....	35
Zwischensparrendämmung .....	38
Untersparrendämmung .....	39
Aufsparrendämmung .....	39
Durchdringungen und Anschlüsse .....	40
Herstellen der Luftdichtheit .....	41
<b>Oberste Geschosdecke .....</b>	<b>45</b>
Aufdeckendämmung .....	46
Zwischendeckendämmung .....	46
Unterdeckendämmung .....	47
<b>Außenwände .....</b>	<b>47</b>
Außendämmung .....	49
Vorgehängte Fassade .....	51
Kerndämmung .....	53
Innendämmung .....	55
<b>Fenster und Türen .....</b>	<b>59</b>
Fensterinstandsetzung .....	59
Fenstererneuerung .....	60
<b>Kellergeschoss .....</b>	<b>63</b>
Dämmung Kellerdecke .....	63
Abdichtung und Dämmung der Kellerwände und des Bodens .....	64
Trocknung von Räumen und Bauteilen .....	68
<b>03 Rechtsfragen, Verordnungen und Normen .....</b>	<b>71</b>
Rechtsfragen & Antworten .....	71
Gesetze und Verordnungen .....	75
Wesentliche technische Normen und Vorschriften .....	76
Glossar, Bildnachweise und Impressum .....	78





## Einleitung

Die Bundesregierung strebt in Deutschland einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand bis 2045 an. Solche Ziele sind nicht allein durch hocheffiziente Neubauten erreichbar. Die größte Aufgabe besteht darin, die Bestandsgebäude durch die energetische Verbesserung der Gebäudehülle – der Wände, Decken, Kellerdecken bzw. -fußböden, Fenster und Dächer – sowie durch die Erneuerung der Anlagentechnik anzupassen.

**D**erzeit reichen Sanierungstempo und Sanierungstiefe nicht aus, um den Gebäudebestand den Klimaschutzzielen entsprechend energetisch zu verbessern. Es muss in den kommenden Jahren nicht nur mehr, sondern deutlich ambitionierter saniert werden.

Die stark steigenden Energiekosten für fossile Energieträger lassen viele Hausbesitzerinnen und Hausbesitzer an Maßnahmen zur Effizienzsteigerung oder an den Umstieg auf erneuerbare Energien denken. Hier lohnt es sich, alle notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen mit Effizienzmaßnahmen so zu kombinieren, dass Synergien genutzt und Kosten gespart werden. Zum Beispiel lässt sich eine Fassadendämmung und der Austausch von Fenstern sinnvoll kombinieren, da hierdurch Anschlüsse und Übergänge optimal verbunden werden können.

Viele Beispiele zeigen, dass Dämmmaßnahmen wirtschaftlich und zukunftsfähig sind und eine zunehmende Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen unterstützen. Um Fehler in der Planung und Ausführung zu vermeiden, sollte ein unabhängiger Energieberater bzw. eine unabhängige Energieberaterin zu Rate gezogen werden. Diese „Energieeffizienz-Experten“ stellen die sinnvollen Maßnahmen durch Aufstellen eines individuellen Sanierungsfahrplans (iSFP) zusammen. Sie beraten und helfen bei der Beantragung von Fördermitteln

und sie begleiten bei der Ausführung und Qualitätssicherung. In dieser Broschüre werden Hinweise für eine qualitativ hochwertige Ausführung gegeben. Eine gemeinsame Betrachtung der wesentlichen bauphysikalischen Zusammenhänge, verbunden mit der detaillierten Darstellung verschiedener Varianten zur Optimierung einzelner Bauteile, soll dazu beitragen, die praktische Umsetzung zu unterstützen. Auch für die besonderen Herausforderungen an denkmalgeschützten Gebäuden lassen sich die dargestellten Lösungen gut anwenden.

Zur Gesamtbetrachtung gehört auch eine effiziente Anlagentechnik für Heizung, Warmwasserbereitung und Lüftung. Sie ist ein weiterer wichtiger Baustein, der in dieser Broschüre jedoch keine nähere Betrachtung erfährt, da sie sich schwerpunktmäßig der Gebäudehülle widmet.

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





## Theoretische Grundlagen

Die energetische Sanierung der Gebäudehülle senkt den Energiebedarf für die Erwärmung der Räume und reduziert Wärmeverluste durch Undichtigkeiten. Umfänglich zusammen mit der Anlagentechnik saniert sind bis zu 90 % Energieersparnis möglich.

Zuerst werden alle Bauteile der sogenannten Wärmeübertragenden Umfassungsfläche, die das beheizte Bruttovolumen eines Gebäudes umschließt, betrachtet. Dazu gehören Außenwände, Fenster und Außentüren, Dach, obere Geschossdecke und Kellerdecke bzw. Bodenplatte. Für eine erfolgreiche Sanierungsstrategie ist nicht nur die Optimierung der Dämmstoffstärken der einzelnen Bauteile entscheidend, sondern auch 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. zum Lüftungskonzept, kann zu Bauschäden und damit zu Mehraufwand und Mehrkosten führen.

Es ist deshalb sinnvoll und zielführend, das Gebäude ganzheitlich und durch Aufstellen eines Sanierungsfahrplans zu betrachten. Ist eine Gesamtsanierung nicht möglich, hilft dieser bei der Aufteilung in sinnvolle Teilmaßnahmen.

Klar ist: Ein besser gedämmtes Haus benötigt eine kleinere Heizanlage – das gilt für alle Heizsysteme. Bei der Erstellung des Sanierungskonzeptes muss also 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 und Verschleiß führt.

### Bestandsaufnahme

Maßnahmen zur Sanierung von Gebäuden erfordern eine möglichst exakte Kenntnis über den Bauwerkszustand. Dazu müssen die vorhandenen Wandaufbauten und Materialien der vom Umbau betroffenen Anschlussdetails sowie die zukünftige Nutzung bekannt sein. Neben anderen Überlegungen bildet die Bestandsaufnahme eine wichtige Grundlage für eine erfolgreiche Planung und Umsetzung energetischer Sanierungsvorhaben. Hierzu sollten erfahrene Fachkräfte wie die gelisteten „Energie-Effizienz-Experten“ für Förderprogramme des Bundes hinzugezogen werden.

Nach Abschluss der Planungsphase geht es an die praktische Umsetzung. In der Regel sollten die Arbeiten von fachlich kompetenten Handwerksbetrieben ausgeführt werden. Eine genaue Abstimmung der Leistungen verschiedener Gewerke aufeinander (sowohl terminlich als auch in konstruktiven Fragen) ist unbedingt erforderlich, um den Aufwand zu minimieren, Fehler und dadurch auch mögliche unnötige Mehrkosten zu vermeiden. Die Maßnahmen zur Verbesserung der energetischen Eigenschaften eines Bauwerks sollten keinesfalls losgelöst voneinander betrachtet werden – es existieren vielfältige Abhängigkeiten, die in einer Sanierungsstrategie durch Architektinnen und Architekten bzw. Planerinnen und Planer entsprechend berücksichtigt werden müssen.



## Hauptziele

### » Ziel 01: Ökologie – Verminderung des Verbrauchs

Ältere Gebäude wurden zwar nach den früher anerkannten Regeln der Technik konstruiert und gebaut. Den geänderten heutigen Anforderungen der Nutzerinnen und 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 CO<sub>2</sub>-Ausstoß sind die Folge.

Die wirksame wärmetechnische Modernisierung des Gebäudebestandes ist ein Schlüssel zur Verringerung des Ressourcenverbrauchs und zum Schutz der Umwelt. Durch die Verwendung von möglichst recycelbaren ökologischen Naturbaustoffen werden zudem der Umweltschutz verbessert und wichtige Ressourcen geschont.

### » Ziel 02: Werterhalt und Zukunftsfähigkeit

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 Energiebedarf deutlich sinken. Dabei gibt es Synergieeffekte, da nicht nur Heizkosten, sondern z. B. auch Instandhaltungskosten gespart werden können. Bei steigenden Energiepreisen wird die Amortisation der Sanierungskosten schneller erreicht. Wird der verbleibende Energiebedarf mit regenerativen Energien gedeckt, die möglichst auf dem eigenen Gebäude erzeugt werden, ist die Zukunftsfähigkeit sichergestellt.

### » Ziel 03: Steigerung der Nutzungsqualität

Eine gelungene energetische Sanierung führt auch zu einer deutlichen Steigerung der Nutzungsqualität einer Immobilie. Hier spielen der thermi-

sche Komfort und die 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 Nutzerinnen und Nutzer spürbar.

Die Installation einer energieeffizienten Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung kann für die Abfuhr der verbrauchten Luft ohne übermäßige Wärmeverluste sorgen.

### » Ziel 04: 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 sowie die Weiternutzung bestehender Bausubstanz sind sehr nachhaltig und tragen zur Ressourcenschonung bei.

Verweis auf wesentliche technische Normen und Vorschriften: siehe Teil 03 auf Seite 76/77

## Energiesparrechtliche Anforderungen

Im Gebäudeenergiegesetz sind energetische Mindestanforderungen für Neubauten und Gebäudesanierungen vorgegeben. Dazu ist ein Bauteilnachweis bzw. alternativ ein Gesamtnachweis zu führen. Bei Gesamtnachweisen für Sanierungsvorhaben dürfen die Grenzwerte für den Primärenergiebedarf (QP) 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

Beim Bauteilverfahren erfolgt der Vergleich der energetischen Qualität der einzelnen zu sanierenden Bauteile mithilfe des errechneten Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) der Bauteile und ihrer maximal zulässigen Werte (siehe Abb. und Abschnitt „Bauphysikalische Grundlagen“). 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 m<sup>2</sup> werden wie Neubauten nachgewiesen. Wichtig ist, dass bei Änderungen von Außenbauteilen deren energetische Qualität nicht verschlechtert werden darf.

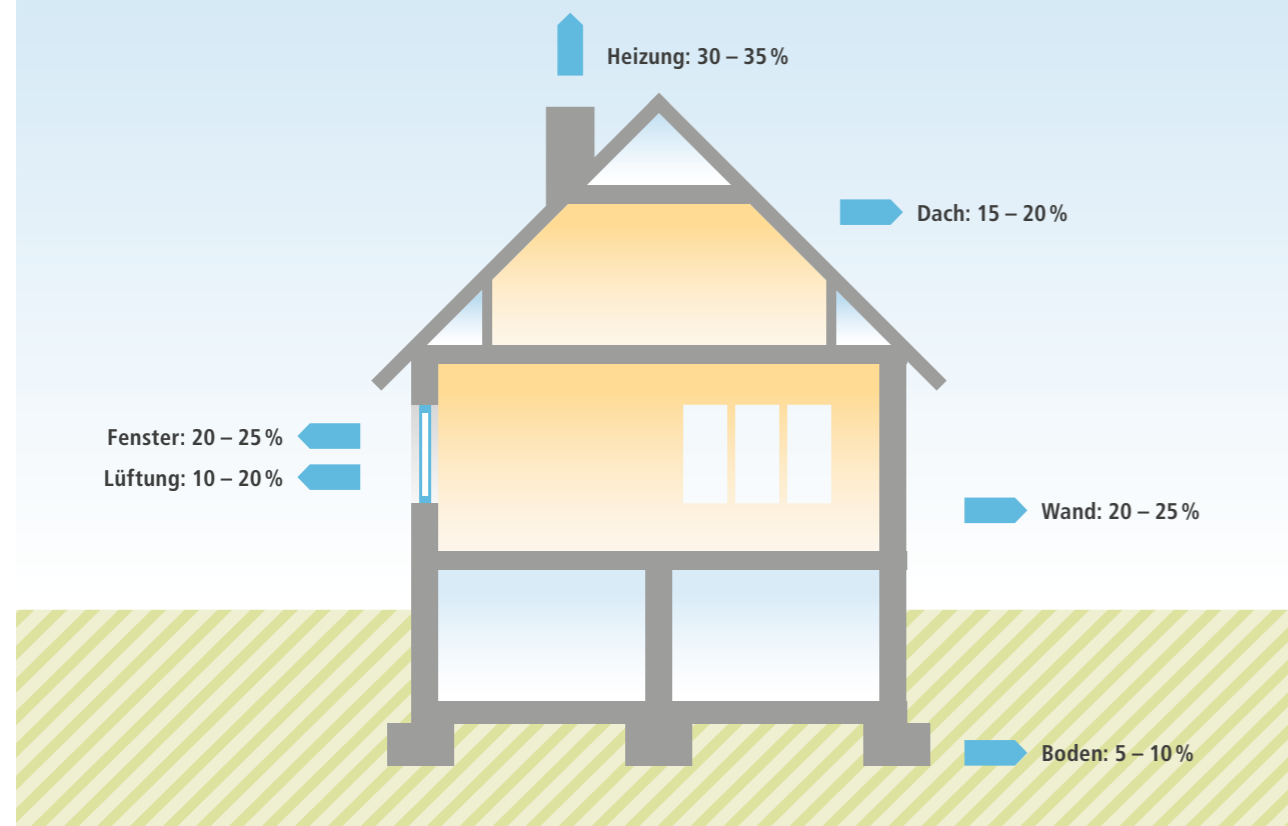
## Denkmalschutz und besonders gestaltete Gebäude

Für Gebäude, die unter Denkmalschutz stehen, gibt es Ausnahmen. Sie müssen aus Sicht der Gesetzgebung nicht so hohe energetische Anforderungen erfüllen, weil sich durch einzelne Maßnahmen ihr Erscheinungsbild verändern könnte. Wichtig ist eine sensible und professionelle Planung in enger Abstimmung mit dem Denkmalschutz, damit diese Gebäude ebenfalls energetisch saniert, langfristig erhalten und wirtschaftlich genutzt werden können. In der Energieeffizienz-Expertenliste sind geeignete Energieberater und -beraterinnen im Denkmal zu finden: [www.energie-effizienz-experten.de](http://www.energie-effizienz-experten.de)

## Verantwortliche

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

### Wärmeverluste über die Gebäudehülle\*



\* Beispiel entspricht einem freistehenden Einfamilienhauses mit Baujahr vor 1984

## 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 Sanierungsplan.

Bei schrittweisen Sanierungen sind Zusammenhänge verschiedener Maßnahmen dringend zu beachten. So sollte die Fassade nicht ohne ein Konzept für die darin befindlichen Fenster gedämmt werden und umgekehrt. Durch Lücken in der thermischen Gebäudehülle, wie z. B. schlecht gedämmte Fenster in einer gut gedämmten Fassade, können Bauschäden entstehen. Es kann daher sinnvoll sein, fassadenweise zu sanieren, bevor in Zwischenlösungen investiert wird, die später kostenintensiv zurückgebaut werden müssen.

Die Dämmung der oberen Geschossdecke kann meistens unkompliziert und 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 Standards wie „Niedrigenergiehaus“, „Drei-Liter-Haus“, „Passivhaus“, „Passivhausstandard“, „Nullenergiehaus“ oder „Plusenergiehaus“ verdeutlicht werden. Auch Begriffe aus der Förderlandschaft, wie „KfW-Effizienzhaus 40, 55 oder 70“, haben sich etabliert. Während bei Neubauten ein hoher energetischer Standard ohne weiteres erreichbar ist, sind bei der Sanierung von Bestandsgebäuden individuell ausgearbeitete Lösungen für alle Details unumgänglich.



Abbildung 1/2 Erfolgreiche energetische Sanierung

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 vor und nach der Sanierung. Eine energetische Sanierung wird nur dann einen spürbaren Erfolg haben, wenn möglichst viele Bereiche der thermischen Gebäudehülle in hoher Qualität gedämmt und optimiert werden. Dabei sollte immer der Grundsatz gelten: Wenn schon, denn schon!

## Sanierungsbausteine

**Zu einer energetischen Ertüchtigung eines Gebäudes gehören mindestens folgende Bausteine:**

- **Baustein 1:** Energetische Sanierung der Gebäudehülle
- **Baustein 2:** Energetische Optimierung der Belüftung
- **Baustein 3:** Effiziente Anlagentechnik zur Heizung, Warmwasserbereitung und Lüftung

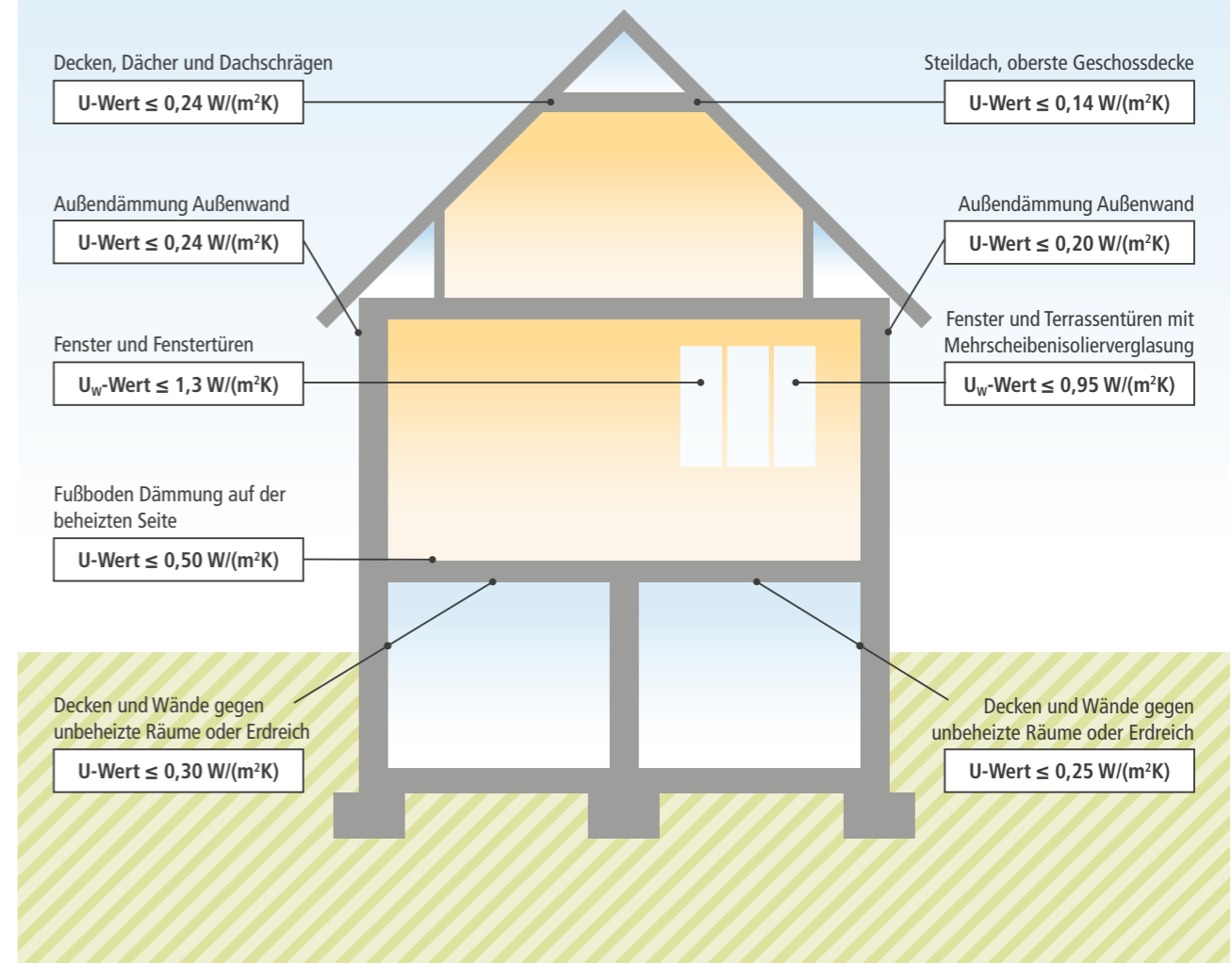
**Diese Grundbausteine werden sinnvollerweise durch weitere Bausteine ergänzt:**

- **Baustein 4:** Einsatz erneuerbarer Energien
- **Baustein 5:** Energiesparende Beleuchtung
- **Baustein 6:** Sonnenschutzmaßnahmen

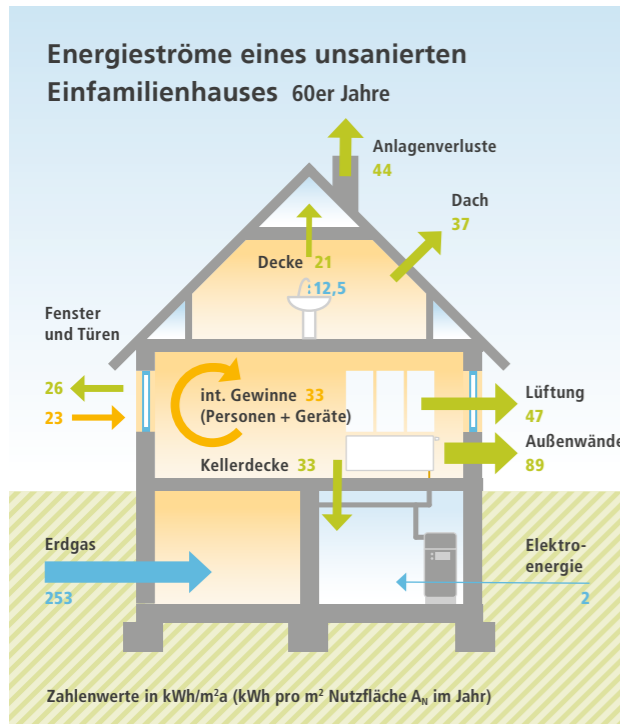
## Vergleich der gesetzlichen Mindestanforderungen mit den KfW-Anforderungen für die Förderung von Einzelmaßnahmen bei Wohngebäuden

U-Werte für die einzelnen Bauteile nach den gesetzlichen Anforderungen (Gebäudeenergiegesetz, 2020)

Auswahl von U-Werten für einzelne Bauteile nach KfW-Anforderungen\* (Stand 31.10.2022)



Die Darstellung umfasst nicht alle festgelegten maximalen U-Werte. Im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) gelten für Baudenkmale und alle Gebäude mit besonders erhaltenswerter Bausubstanz andere Grenzwerte. Ebenso gelten für bestimmte besondere Bauteile eigene Grenzwerte, wie z. B. für Fenster mit Schall- oder Brandschutzverglasungen, Fachwerkwände mit Innendämmung, Lichtkuppeln etc. Bitte fragen Sie Ihren Energie-Effizienz-Experten. Die aktuellen Förderbedingungen und -konditionen finden Sie auf den Seiten der KfW und des BAFA.



Freistehendes Einfamilienhaus A<sub>N</sub> = 175 m² (WoFl = 148 m²)

**Bauteile:**

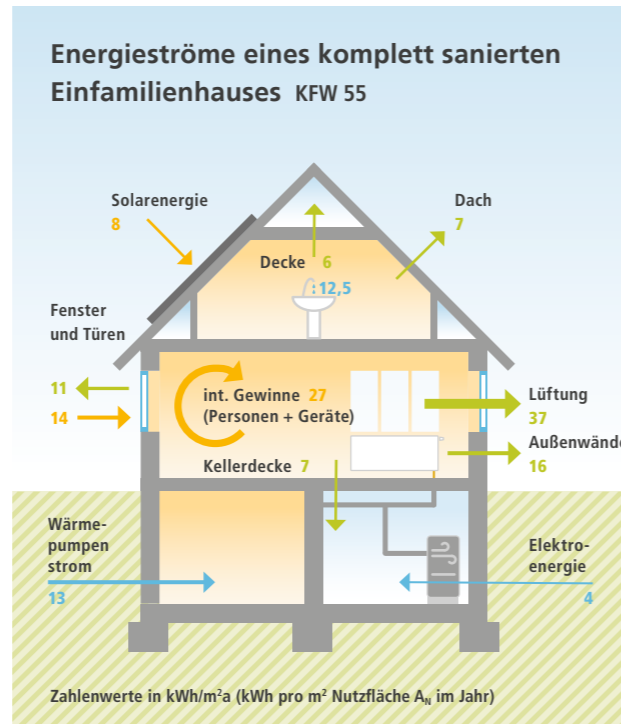
- Außenwände	U = 1,40 W/m²K
- Kellerdecke	U = 1,00 W/m²K
- Decke zum Dachraum	U = 0,80 W/m²K
- Dach	U = 0,20 W/m²K
- Fenster	U = 2,80 W/m²K
- Außentür	U = 3,00 W/m²K

**Bauteile:**

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

**Gebäude-dichtheit:**

- kein Nachweis der Luftdichtheit: n = 0,7 1/h = (0,7-facher freier Luftaustausch durch Undichtigkeiten in der Gebäudehülle)



Freistehendes Einfamilienhaus A<sub>N</sub> = 175 m² (WoFl = 148 m²)

**Bauteile:**

- Außenwände	U = 0,16 W/m²K
- Kellerdecke	U = 0,20 W/m²K
- Decke zum Dachraum	U = 0,23 W/m²K
- Dach	U = 0,20 W/m²K
- Fenster	U = 0,93 W/m²K
- Außentür	U = 1,10 W/m²K

**Bauteile:**

- Luft-Wasser-Wärmepumpe für Heizung und Trinkwassererwärmung 35 °C / 28 °C
- solare Trinkwassererwärmung zusätzlich
- Fußbodenheizung mit Einzelraumregelung 2 K
- bivalenter Solar-Pufferspeicher
- kontrollierte Wohnraumbelüftung (KWL) mit Wärmerückgewinnung (WRG)

**Gebäude-dichtheit:**

- Nachgewiesene Luftdichtheit: n = 0,34 1/h (0,34-facher energetisch wirksamer Luftaustausch mit (KWL))

Endenergiebedarf dieses Gebäudes  
255,0 kWh/m²a



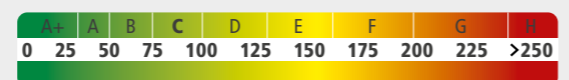
Primärenergiebedarf dieses Gebäudes  
282,0 kWh/m²a

Anforderungen gemäß GEG:

Primärenergiebedarf:  
Ist-Wert: 282,0 kWh/m²a Anforderungswert: 110,3 kWh/m²a

Energetische Qualität der Gebäudehülle:  
Ist-Wert: 1,55 W/m²K Anforderungswert: 0,56 W/m²K

Endenergiebedarf dieses Gebäudes  
17,2 kWh/m²a



Primärenergiebedarf dieses Gebäudes  
30,9 kWh/m²a

Anforderungen gemäß GEG:

Primärenergiebedarf:  
Ist-Wert: 30,9 kWh/m²a Anforderungswert: 108,5 kWh/m²a

Energetische Qualität der Gebäudehülle:  
Ist-Wert: 0,32 W/m²K Anforderungswert: 0,56 W/m²K

Energieströme und Energieeinsparung vor und nach der Sanierung eines typischen Einfamilienhauses

## Sorgfältige Beurteilung des Gebäudebestands

Selbst wenn mit den Sanierungsarbeiten vor allem energetische Ziele verfolgt werden, sollte eine ingenieurtechnische Begutachtung des zu sanierenden Gebäudes durchgeführt werden. Dadurch wird der Gebäudezustand dokumentiert und ggf. weiterer Sanierungsbedarf der Gebäudesubstanz erkannt. In der Praxis kommt es immer wieder vor, dass Wärmedämmung über Risse geklebt wird, die nicht zum Stillstand gekommen sind. Unverzichtbar ist es in derartigen Fällen, zuerst die Rissursachen abzustellen und erst dann mit einer weitergehenden energetischen Sanierung zu beginnen.

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.

Ebenso ist zu klären, inwieweit durch Holzschutzmittel, die in der Vergangenheit in die Konstruktion eingebracht wurden, eine Gefährdung der Bewohnerinnen und Bewohner gegeben ist. Hochtoxische Holzschutzmittel (PCP, DDT, Lindan, Teeröle) 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 Dach-

geschossen 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.

Vor einer Sanierung sind auch Fragen zum Feuchtehaushalt der Wandkonstruktionen abzuklären. Trockengelegte Wände sind eine unabdingbare Voraussetzung für eine erfolgreiche energetische Sanierung. Schwarz-Abdichtungen von Kellerwänden sollten vor deren Dämmung erneuert werden. Beim Freilegen der Kellerwände sind die sich in der Nähe befindenden Einzelfundamente von z. B. Balkonstützen zu beachten, die ggf. nicht so tief liegen wie die Kellerwände.

## Energieeffiziente Belüftung des Gebäudes

Durch eine gut gedämmte, luftdichte Gebäudehülle findet der für den Sauerstoff- und Feuchtigkeitsaustausch wichtige Mindestluftwechsel der Wohn- und Aufenthaltsräume nicht mehr zufällig über Undichtigkeiten statt. Das Lüften bedarf jetzt einer sorgfältigen Planung und kann z. B. durch kurzes, mehrmals täglich durchgeführtes Stoßlüften oder mittels einer mechanischen Lüftungsanlage erfolgen. Moderne Lüftungsanlagen stellen einen ausreichenden Luftaustausch sicher; Systeme mit Wärmerückgewinnung sparen zudem eine Menge Heizenergie.



Abbildung 3 Pilzbefall unter Fußbodendielung



Abbildung 4 Nicht mehr tragfähige Kehlbalcken durch Schädlingsbefall



Abbildung 5 Problemstelle Auflagerbereich für Fußschwelle und Balkenköpfe

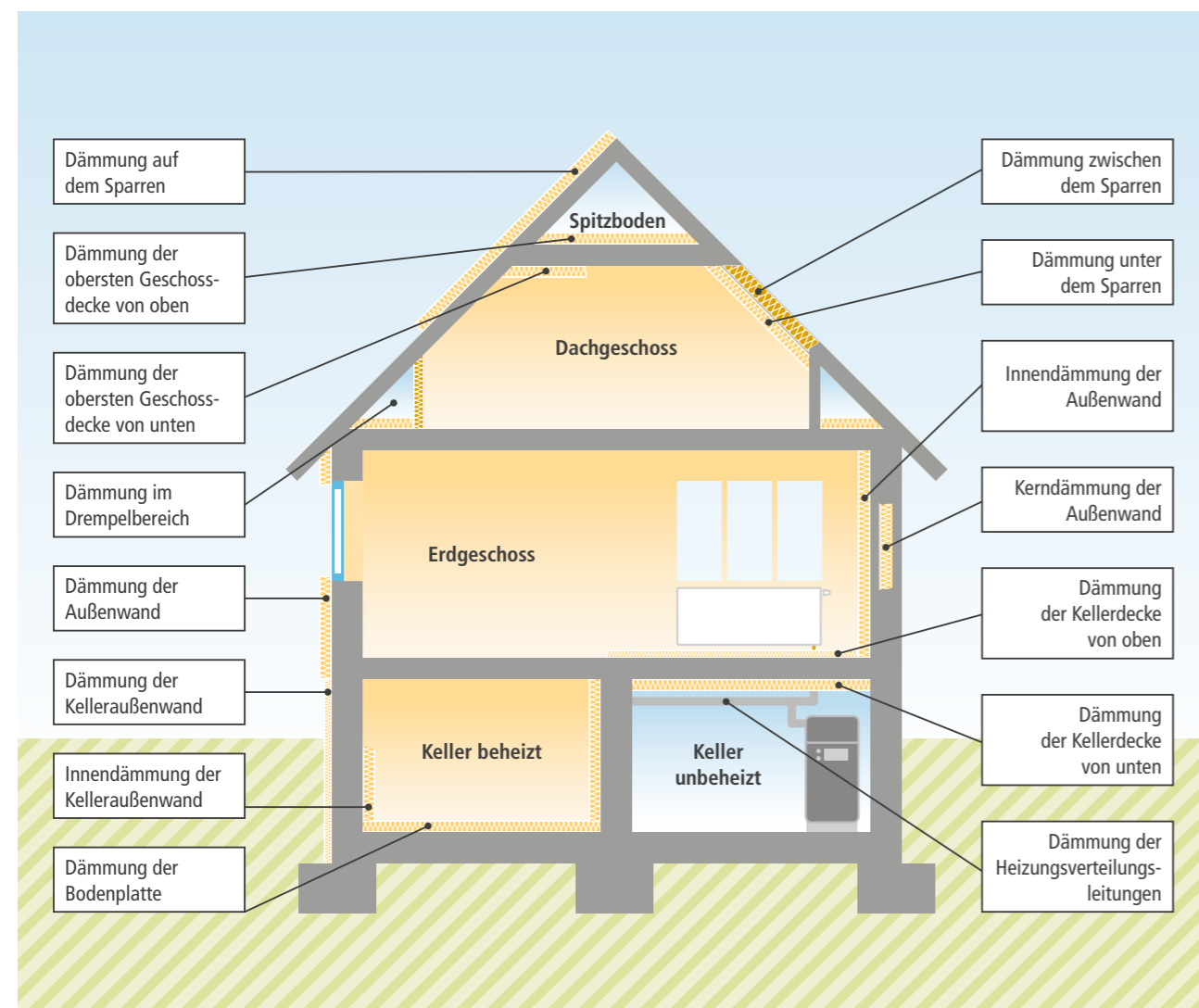


# Einsatzbereiche der Gebäudedämmung

## Mehr als Energieeffizienz

Neben den meist technischen Effizienzmaßnahmen kann über einen bewussten Umgang mit unseren begrenzten Ressourcen viel erreicht werden. Persönliches Verhalten spielt eine große Rolle, jederzeit und überall. Dabei geht es um viele Themen wie die Raumtemperatur im Winter, den Warmwasserverbrauch, die Art der Mobilität oder auch die Wohnfläche pro Person.

Je größer diese ist, desto mehr Fläche muss beheizt werden. Je kleiner die Wohnfläche ist, desto weniger graue Energie wird benötigt, die zum Gewinnen von Materialien, zum Herstellen und Verarbeiten von Bauteilen, zum Transport von Menschen, Maschinen, Bauteilen und Materialien zur Baustelle, zum Einbau von Bauteilen im Gebäude sowie zur Entsorgung aufgewendet wird.



## 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 gibt es zwei Wege für den nötigen Verwendungsnachweis:

### › Nachweis 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.

### › Nachweis für unregelte Bauprodukte

Für diese Bauprodukte gibt es keine anwendbare nationale oder europäische Norm. Derartige Pro-

dukte werden als „unregelte“ 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 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 „unregelte“ 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 oder die Anwenderin die entsprechenden Zulassungen besorgen, lesen und beachten.

## Was steht in den Zulassungen?

### › Die korrekte Kennzeichnung

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

### Für den Praktiker/die Praktikerin wichtig:

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

### › 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.).

## Verarbeitungsqualität

Wärmedämmungen sind zum Teil 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 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 Vielfalt der am Markt verfügbaren Dämmstoffe ist mittlerweile groß. 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.

Die Einteilung der Dämmstoffe erfolgt gemäß Europäischer Normung in Wärmeleitfähigkeitsstufen (WLS), früher Wärmeleitfähigkeitsgruppen (WLG). Der Unterschied zwischen alter und neuer Zuordnung besteht im Nachweisverfahren der

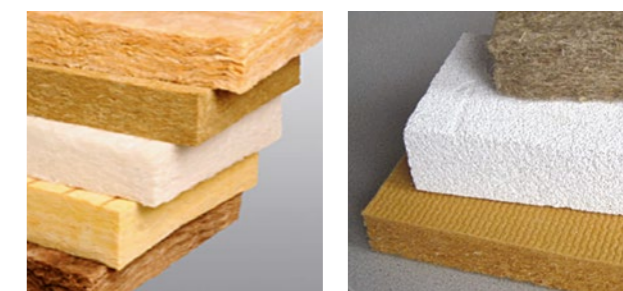


Abbildung 6/7 Mineralische/konventionelle Dämmstoffe

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 ...).

## Vergleich unterschiedlicher Dämmstoffe

		Rohdichte (kg/m <sup>3</sup> )	WLS (W/mK)	μ-Wert	Primärenergieinhalt (kWh/m <sup>3</sup> )	Baustoffklasse
Konventionelle, mineralische, fossile Dämmstoffe	Mineralwolle	10 – 200	030 – 050	1	100 – 700	A
	Kalziumsilikat	220 – 350	050 – 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	032 – 045	20 – 100	150 – 500	B1
	Extrudierter Polystyrolhartschaum (XPS)	20 – 65	032 – 045	80 – 250	285 – 684	B1
Konventionelle, organische, fossile Dämmstoffe	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	038 – 060	2 – 10	550 – 650	B2
	Schilfmatten	180 – 200	055	6,5	k. A.	B2
	Lose Zellulosefasern	20 – 60	038 – 045	1 – 2	60	B1 / B2
	Flachs	16 – 21	040	1	70 – 80	B2
	Hanf	70 – 110	039 – 047	1 – 2	30	B2
	Schafwolle	30 – 40	035 – 045	1	150	B2
	Wärmedämmlehm	300 – 350	080	5 – 15	1 – 10	B1

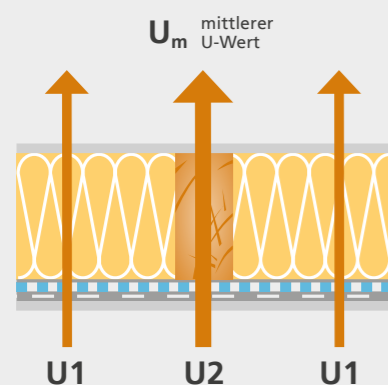
### Wärmebrücken

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.

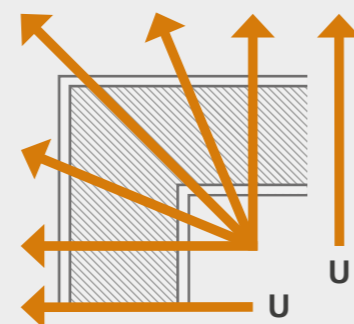
In der DIN 4108 werden fachgerechte Planungs- und Ausführungsbeispiele zur Verminderung von Wärmebrückenwirkungen anhand von Prinzipskizzen dargestellt.

### Stoffbedingte Wärmebrücke



unterschiedliche Baustoffe = unterschiedliche U-Werte

### Geometrische Wärmebrücke



Fläche Innendecke kleiner als Fläche Außendecke



# Bauphysikalische Grundlagen

## Wärmeschutz – Wesen des Wärmetransportes

Der Wärmetransport in einer Baukonstruktion wird durch die Wärmeleitung und die Wärmespeicherung bestimmt. Ständig schwankende Außentemperaturen, die Einstrahlung der Sonne am Tag 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 eines Wärmebrückenkatalogs (DIN 4108, Beiblatt 2) abgeschätzt werden. Für die Berücksichtigung der zusätzlichen Wärmeverluste werden pauschale Zuschläge verwendet, die im Normenwerk angegeben sind. Eine 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*  $\lambda$  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 gibt Beispiele für verschiedene Wärmeübergangswiderstände:

Baustoff	Wärmeleitfähigkeit $\lambda$
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.

In der Regel wird in den Nachweisen mit dem *Wärmedurchgangskoeffizienten*  $U$  gearbeitet. Dieser  $U$ -Wert 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.

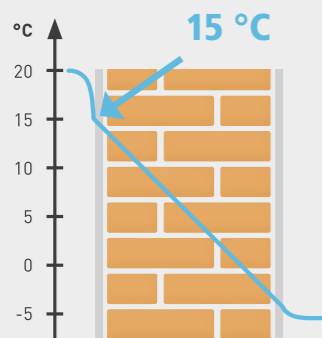
## Transmissionswärmestrom und Oberflächentemperatur

Der Transmissionswärmestrom  $\Phi$  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.

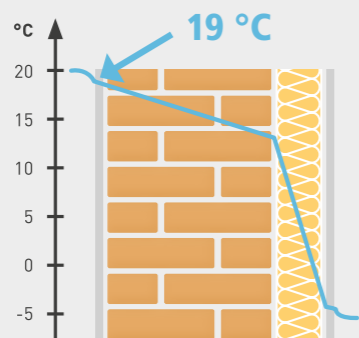
365 mm Ziegelwand ohne Dämmung



$U = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

Wärmestromdichte:  
38 W/m<sup>2</sup>

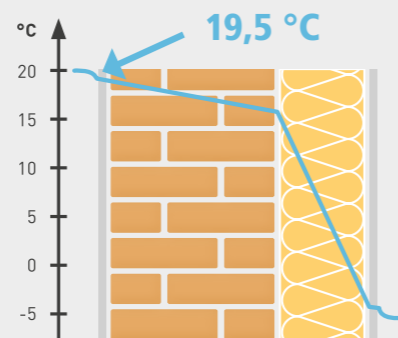
365 mm Ziegelwand mit 10 cm Dämmung (WLS 035)



$U = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$

Wärmestromdichte:  
7 W/m<sup>2</sup>

365 mm Ziegelwand mit 20 cm Dämmung (WLS 035)



$U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Wärmestromdichte:  
4 W/m<sup>2</sup>

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

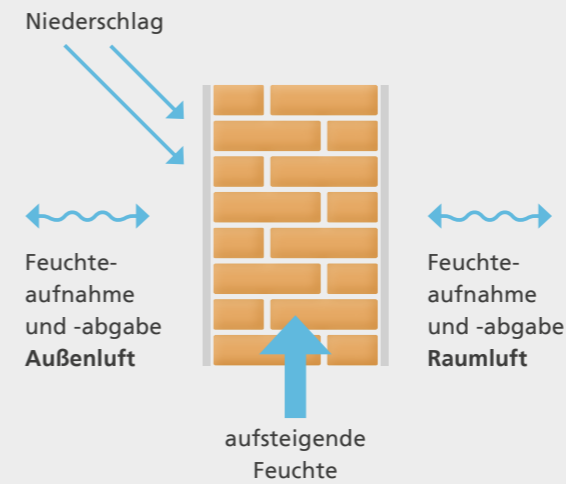
## Feuchteschutz

### Feuchtegehalt in der Baukonstruktion

Wasser ist in unserer Umgebung allgegenwärtig. Unsere Luft enthält Wasserdampf oder Wassernebel, 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 nicht nur mit Wasserdampf, sondern 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.

### Feuchtebeanspruchung einer Außenwand



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

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 Woh-

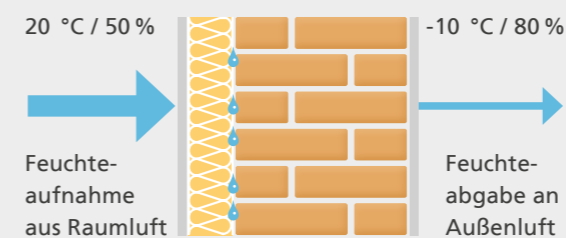
nungslüftung infolge des Einbaus neuer Fenster beeinflusst. Es ist darauf zu achten, dass das Feuchtegleichgewicht sich durch die Maßnahmen nicht soweit verändert, dass die Baukonstruktion Schaden nimmt.

### 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 gerade auf der „Wetterseite“ ein besonderer Schutz der Außenoberfläche vor eindringendem Niederschlagswasser zu beachten. Bei Bestandsgebäuden sollten Fassaden, die in besonderem Maße von Schlagregen gefährdet sind, mit einer hinterlüfteten Verkleidung versehen werden.

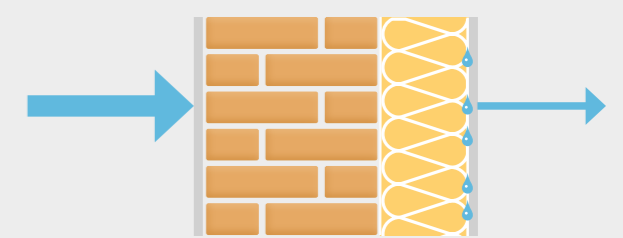
### Zwei Beispiele für Störungen des Feuchtegleichgewichts

#### Mauerwerk mit Innendämmung



Kondensat bei ungeeigneter  
oder falsch angebrachter Innendämmung

#### Mauerwerk mit Wärmedämmverbundsystem



Kondensat bei ungeeignetem Anstrich / Putz



## Kritische Feuchtegehalte

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

### Feuchtegehalt $u$

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.

### Luftfeuchte $\varphi$

Die relative Luftfeuchte  $\varphi$  gibt an, inwieweit die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist:

$$\varphi = \frac{\text{Wassergehalt der Luft}}{\text{Maximal möglicher Wassergehalt der Luft}} \cdot 100$$



Abbildung 8 Rolladen ungedämmt

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

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

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:

- ▶ im technischen Regelwerk (DIN 68800, z. B. Holz max. 20 Masseprozent)
- ▶ in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen und Prüfzeugnissen



Abbildung 9 Starker Tauwasserausfall am Randverbund des Glases

## Schimmelbildung auf raumseitigen Oberflächen

Schimmelwachstum auf Wandoberflächen beginnt 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. Raufasertapete) Schimmelflecken, wie Abbildung 10 verdeutlicht.

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. „Pfusch“ bei einer unzureichenden Ausführung führt fast immer innerhalb von kurzen Zeiträumen zu sichtbarem Schimmel.

### In der Praxis stehen zwei Strategien zur Verfügung, um Schimmelbildung zu unterbinden:

- ▶ Ausreichende Dämmung zur Verminderung des Wärmetransportes, 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, in Materialsammlungen unterschiedlicher Hersteller und Verbände sowie in der Literatur (Wärmebrückenkatalog) dokumentiert. Planerinnen und Planer können zudem eigene Lösungen für energetische Sanierungsmaßnahmen entwickeln. Mit Hilfe einer Wärmebrücken-Software können sie optimale Lösungen finden. 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.



Abbildung 10 Schimmelenstehung in einer Rauminnen-ecke aufgrund unzureichender Oberflächentemperatur

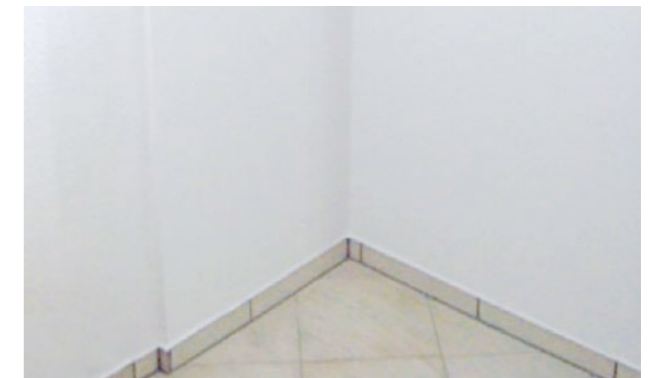


Abbildung 11 Erhöhung der Oberflächentemperatur im kritischen Bereich durch diffusionsoffene Innendämmung

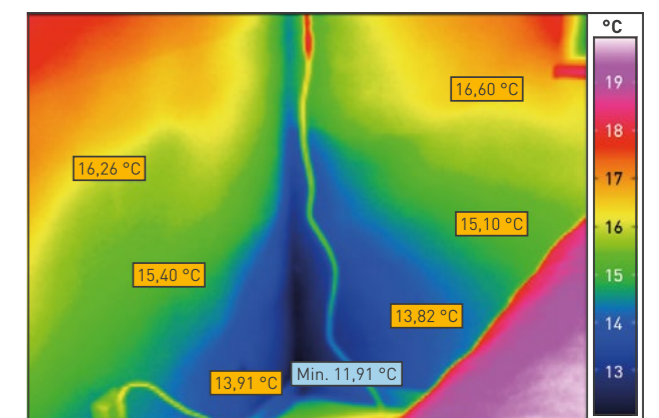


Abbildung 12/13 Thermografieaufnahme mit Temperaturverteilung in einer Zimmerecke

## Luftdichtheit und Dampfdiffusion

In der Vergangenheit wurden Gebäude nicht luftdicht errichtet. Es gab unzählige Fugen und Spalten, über die die Luft ein- und ausströmen konnte. Der Luftwechsel wird auch heute noch häufig zusätzlich durch raumluftabhängige Feuerstätten erhöht. Nachteil dieser 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 im energieeffizienten Bauen geforderte luftdichte Ausführung der Gebäudehülle hat 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.

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

Dampfdiffusion durch ein Bauteil bzw. einen Baustoff ist eine Art des Wassertransports, der durch eine unterschiedliche Wasserdampfkonzentration der Luft auf den beiden Seiten des Bauteils/Baustoffs angetrieben wird. Der Diffusionsstrom

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

Bauteilschicht	Schichtdicke d (mm)	$\mu$ -Wert (-)	$s_d$ -Wert (m)
Holzfaserverplatte MDF	22	5	0,1
Unterspannbahn	0,15	1.300	0,2
OSB-Platte	22	50	1,1
Mauerwerk KS	240	15	3,6
PE-Folie 0,25 mm	0,25	400.000	100
Aluminium-Folie	0,05	30.000.000	1.500

bewegt sich hierbei durch das Bauteil von der Seite mit hoher Luftfeuchtekonzentration hin zur Seite mit geringerer Luftfeuchtekonzentration.

Die dampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke  $s_d$  ist ein Kennwert für den Widerstand, den ein Bauteil, z. B. eine Dampfbremsfolie, einer bestimmten Dicke der Wasserdampfdiffusion entgegensezt. Je größer der  $s_d$ -Wert ist, umso weniger Wasserdampf diffundiert durch diese Bauteilschicht hindurch. Der Kennwert ist abhängig von der Diffusionswiderstandszahl  $\mu$  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.

Aufenthaltsräume benötigen einen ausreichenden Luftwechsel. Kohlendioxid und Wasserdampf müssen aus der Raumluft abgeführt und „Riech- und Ekelstoffe“ müssen hinreichend verdünnt 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 Verbrennungs-

luft 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.

### Mögliche Wärmeverluste am Gebäude durch Undichtigkeiten

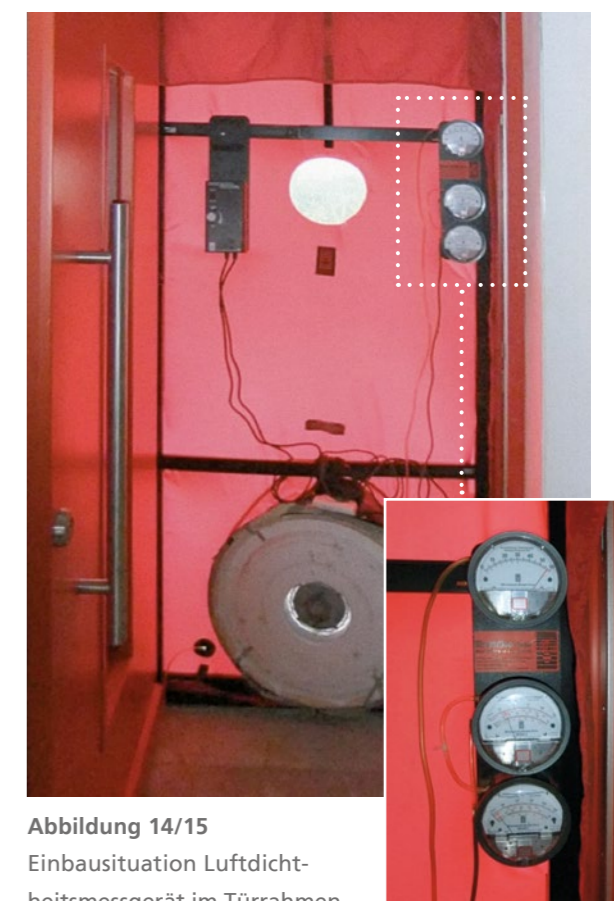
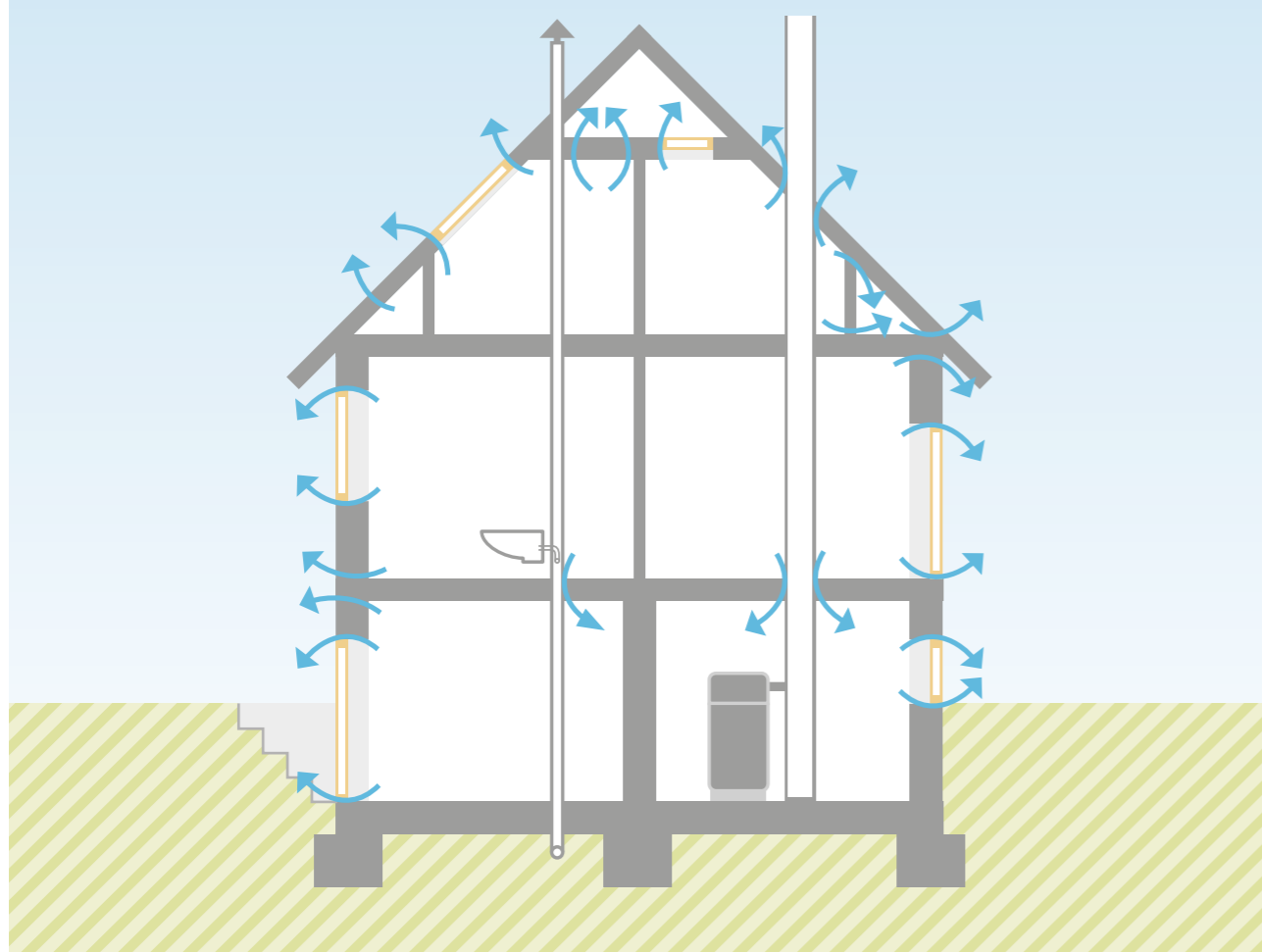


Abbildung 14/15  
Einbausituation Luftdichtheitsmessgerät im Türrahmen



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.

## Messung der Luftdichtheit

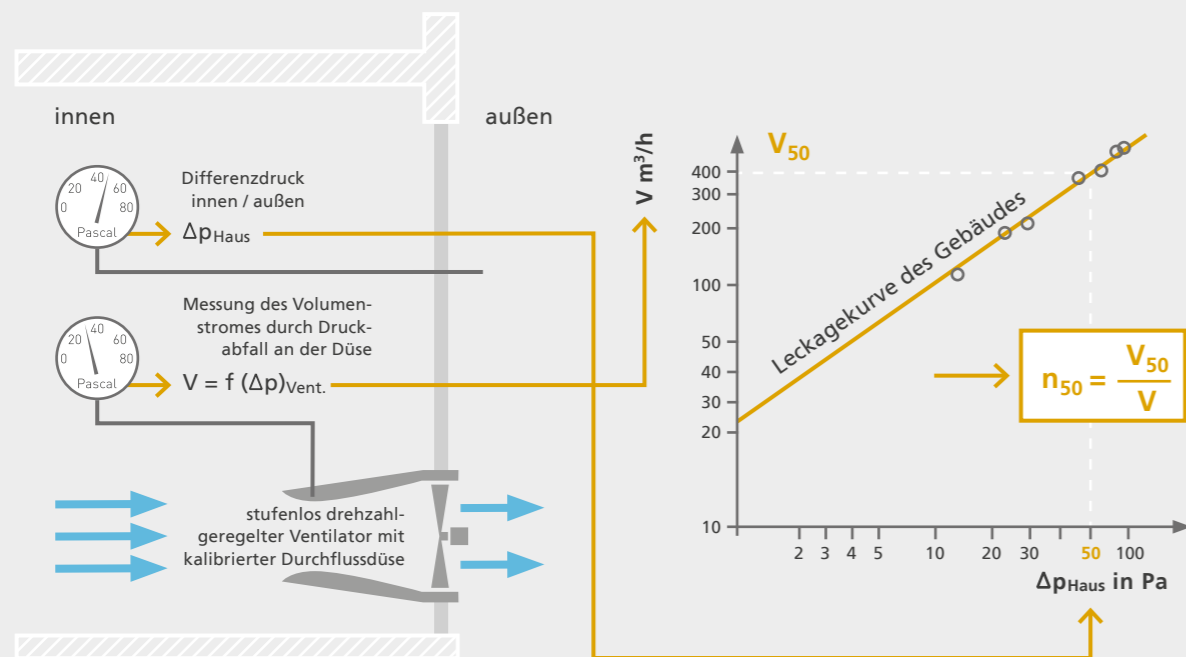
Zur Messung der Luftdichtheit wird mittels eines drehzahlregulierten Ventilators ein Unter- oder Überdruck zwischen Raum- und Außenluft erzeugt und bei unterschiedlichen Druckdifferenzen die Leckagekurve des Gebäudes aufgenommen.

Die geförderte Luftmenge ist ein Maß für die Dichtheit der Gebäudehülle. Aus der ermittelten Luftmenge bei 50 Pa Druckdifferenz wird der auf das belüftete Raumvolumen bezogene  $n_{50}$ -Wert berechnet.

Anhaltswerte für  $n_{50}$  sind in DIN 4108-7, DIN V 4108-6 und DIN V 18599-2 beschrieben, diese sind jedoch nicht als Anforderungen an die Luftdichtheit von Bestandsgebäuden zu verstehen.

Sofern im Rahmen einer geförderten Sanierung zum Effizienzhaus ein reduzierter Luftwechsel zum Effizienzhausnachweis rechnerisch angesetzt wird, muss dieser auch messtechnisch nachgewiesen werden.

## Luftdichtigkeitstest



$n_{50}$  = Luftwechselrate  
bei =  $\Delta p_{\text{Haus}}$  50 Pa

$V_{50}$  = Volumenstrom  
bei =  $\Delta p_{\text{Haus}}$  50 Pa

$V$  = beheiztes  
Gebäudevolumen



Abbildung 16 Verwendung von Rauchröhrchen



Abbildung 17 Luftgeschwindigkeitsmessgerät

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 Türrahmen 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 Luftdichtigkeitstests mit Hilfe von Prüfnebel gut zu lokalisieren. Zusätzlich sind Luftgeschwindigkeitsmessungen als Nachweisinstrument einsetzbar.

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.



Abbildung 18 Rauminnecke einer Außenwand aus Holz-Blockbohlen

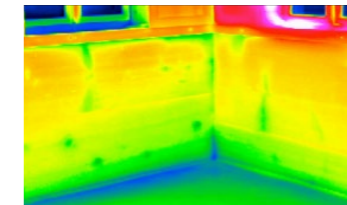


Abbildung 19 Thermografieaufnahme ohne Unterdruck

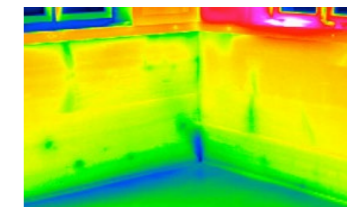


Abbildung 20 Thermografieaufnahme nach 20 s bei 50 Pa Unterdruck

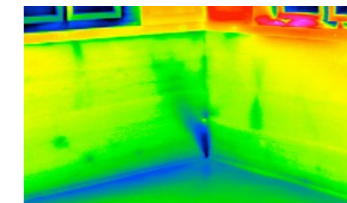


Abbildung 21 Thermografieaufnahme nach 300 s bei 50 Pa Unterdruck

Messungen der Luftdichtheit der Gebäudehülle zur Prüfung der Qualität der ausgeführten Bauleistungen sind zwar bisher nicht verpflichtend, gehören aber heute 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 finden Sie über den Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen: [www.flib.de](http://www.flib.de)



## Sommerlicher Wärmeschutz

Gerade bei einer wärmetechnischen Verbesserung des Gebäudes ist auch der sommerliche Wärmeschutz zu beachten. Nach einer größtmöglichen 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](http://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 §6 der Durchführungsverordnung der niedersächsischen Bauordnung (DVO-NBauO) 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 entsprechend 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. 19). Das Brandverhalten wird nicht nur vom Dämmstoff selbst, sondern eventuell 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.



Abbildung 22 Brandriegel aus Mineralwolle

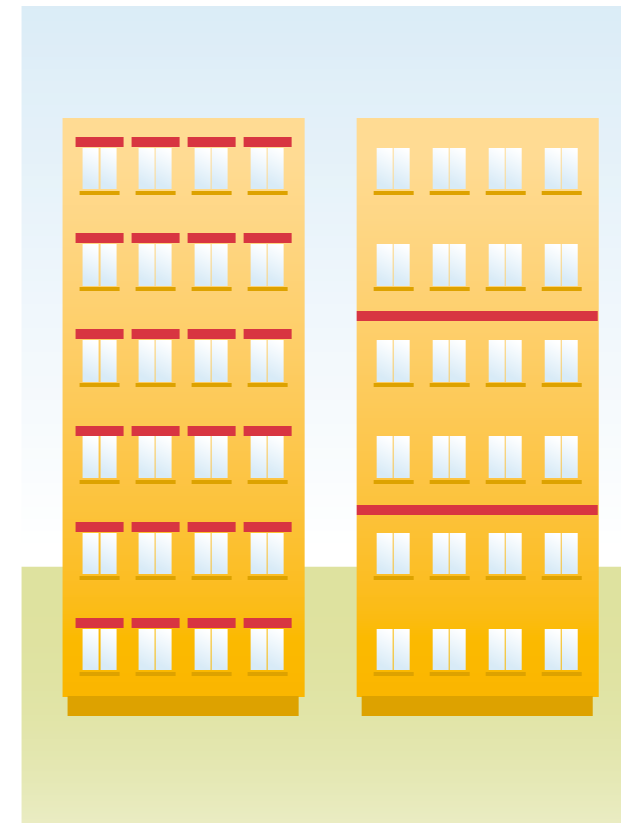


Abbildung 23 Sturzschutz bzw. umlaufender Brandriegel

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 Materialien, z. B. Mineralwolle, (siehe links in Abb. 23) oder alternativ die Anordnung von Brandbarrieren aus solchen Materialien über jedem zweiten Geschoss (siehe rechts in Abb. 23) 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.

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

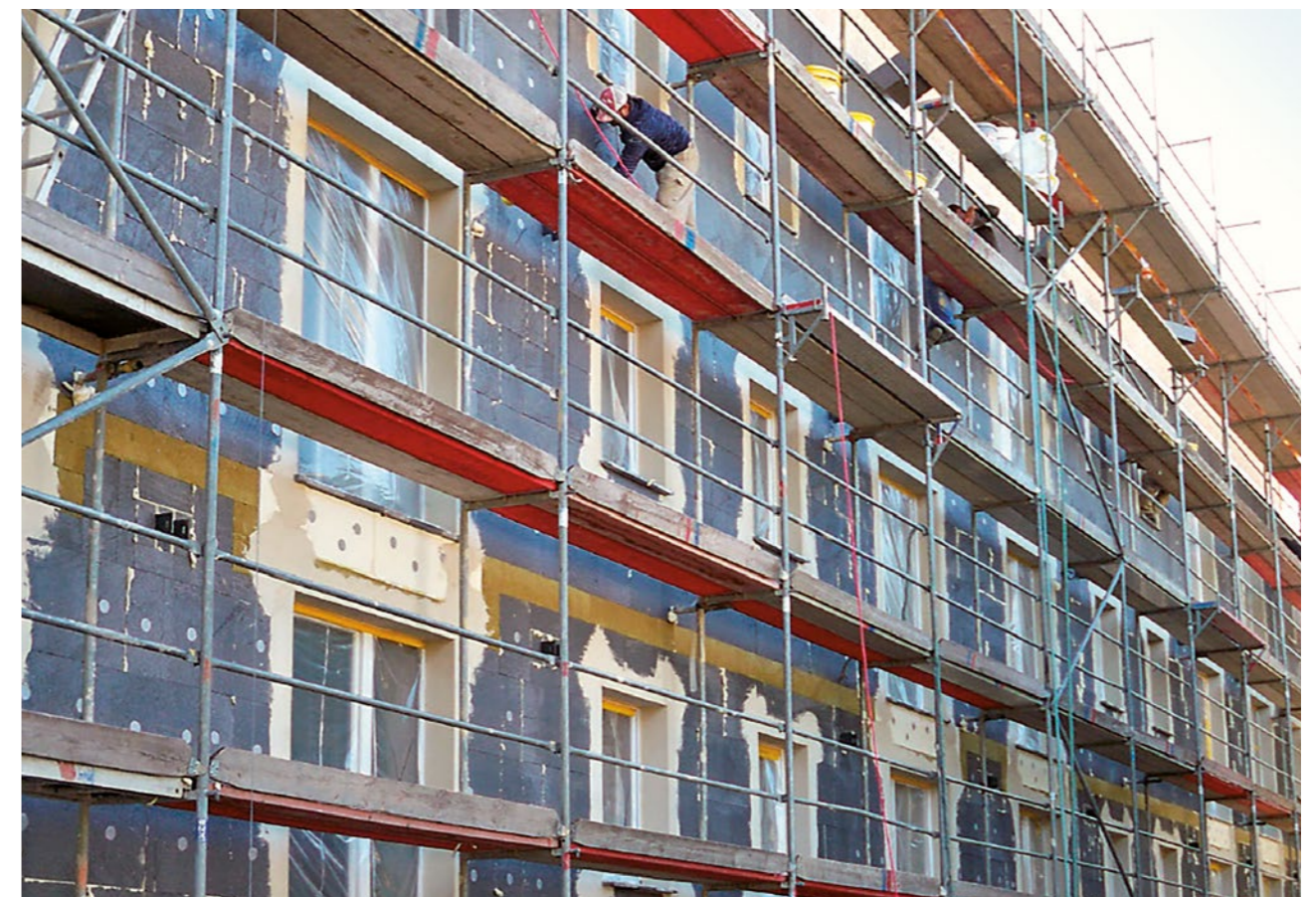


Abbildung 24 WDVS mit umlaufenden Brandriegeln





## Teil 02

# Planung und Ausführung von Sanierungsmaßnahmen

Es gibt viele Möglichkeiten, die Energiebilanz eines Gebäudes zu verbessern: Von einer schrittweisen Sanierung mit Einzelmaßnahmen wie die Dämmung von Dach, Decken oder der Fassade bis hin zu einer umfassenden Sanierung des gesamten Gebäudes.

## Dacherneuerung

Die Möglichkeiten, im Rahmen einer Sanierung die energetische Qualität eines Gebäudes und seiner Außenbauteile zu verbessern, sind von deren Konstruktion und Erhaltungszustand abhängig. Typische Dachformen sind 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.

Des Weiteren wird zwischen Warm-, Kalt- und Umkehrdächern unterschieden. Die Unterschiede liegen in der Lage der Dachhaut zur Dämmebene. Warmdächer (einschalig) sind unbelüftete Dachkonstruktionen, wobei die Dachhaut (Bitumenbahn beim Flachdach und Unterspannbahn beim Steildach) direkt auf der Dämmung aufliegt. Dieses Konstruktionsprinzip stellt gegenwärtig den „Standard“ dar.

Kaltdächer (zweischaliges Dach) weisen eine Belüftungsebene zwischen Dämmschicht und der Dachhaut auf. Beim Flachdach besteht die Dachhaut aus Schalung mit Bitumenpappe. Beim Steildach wird die Dachhaut durch die diffusionsoffene Unterspannbahn oder Holzfaserverdecksplatte dargestellt. Das Prinzip gilt überwiegend als veraltet, da mit Hilfe moderner Dachbaustoffe prinzipiell auf die zusätzliche Belüftungsebene verzichtet werden kann und somit zusätzlicher Raum für Dämmstoff entsteht.

Beim Umkehrdach befindet sich die Dachabdichtung auf der Warmseite unter der Dämmung und ist so vor Temperaturschwankungen sowie vor mechanischen Beschädigungen geschützt. Die konstruktiven Details von Dachkonstruktionen sind sehr vielfältig. Im Vorfeld einer Modernisierung des Daches sollte stets eine Bewertung der Bestandskonstruktion durch erfahrene Fachleute (Holzsachverständige, Bauphysiker, Zimmer- und/oder Dachdeckerunternehmen) erfolgen.

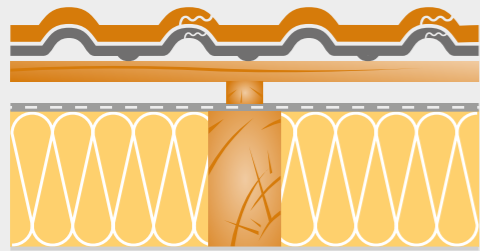
In Teil 03 sind die wesentlichen Normen mit Bezug zu Arbeiten an Dächern aufgeführt. Ergänzend dazu sind die Fachregeln für Abdichtungen („Flachdachrichtlinie“), herausgegeben vom Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks und dem Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V., zu berücksichtigen.



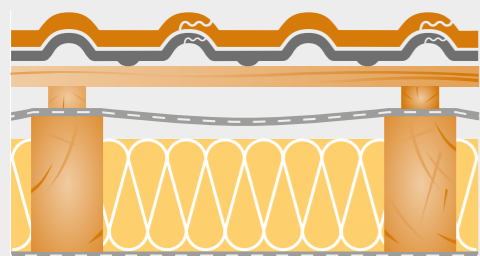
Abbildung 25 Saniertes Dach mit Dachgaube



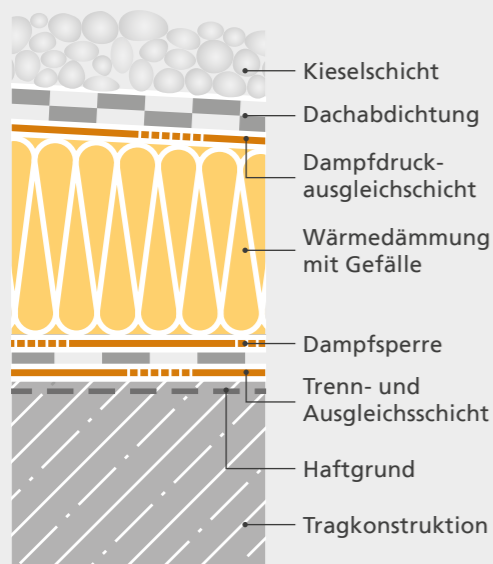
### Warmdach mit unbelüfteter Zwischensparrendämmung



### Kaltdach mit belüfteter Zwischensparrendämmung unter der Unterspannbahn



### Warmdach in Flachdachbauweise



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.



Abbildung 26 Nachträgliche Dämmung von außen mit Verlängerung des Dachüberstandes

## Dachgeschossausbau

Der nachträgliche Ausbau von Dachraum schafft neuen (Wohn-)Raum und bietet die Möglichkeit, die lückenlose Dämmung der Gebäudehülle nach oben abzuschließen

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, möglichst ergänzt durch eine Untersparrendämmung. Ist eine Komplettisanierung des Daches geplant, kann eine Aufsparrendämmung in Betracht gezogen werden, die gut mit einer Zwischensparrendämmung kombiniert werden kann.

Grundsätzlich ist zwischen der Dachsanierung von außen und der von innen zu unterscheiden.

Ist der Dachraum schon ausgebaut, ist in der Regel die Sanierung von außen die bessere und sauberere, wenn auch aufwendigere Lösung. Außerdem wird der Wohnraum nicht durch die von innen angebrachten Dämmschichten verkleinert und die häufig für die Außenwanddämmung erforderliche Dachverlängerung kann mit erfolgen.

Auch Wärmebrücken können leichter minimiert werden. Werden dabei Sparrenaufdoppelungen konstruktiv vom Zimmermann verschraubt (Statiker/Statikerin erforderlich) kann die mitunter für aufzubringende Solaranlagen erforderliche Verbesserung der Statik erfolgen.

Die Innendämmung hat den Vorteil, dass sie leichter in Eigenarbeit durchgeführt werden kann und insgesamt günstiger ist, da die Dachziegel erhalten bleiben.

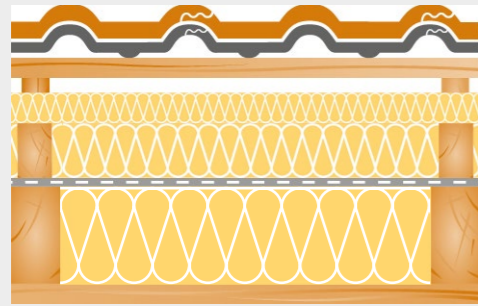
In der Praxis werden verschiedene Kombinationen der nachfolgend erläuterten Dämmkonzepte angewandt.



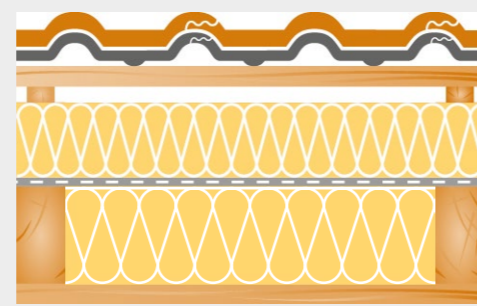
Abbildung 27 Ausgebautes Dachgeschoss unter Verwendung einer Aufsparrendämmung



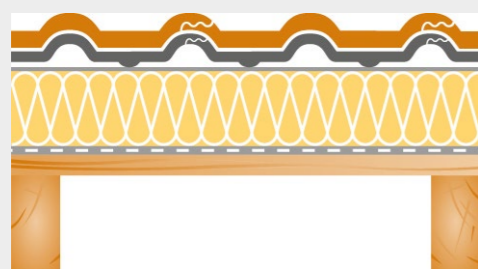
## Grundprinzipien Dachdämmung



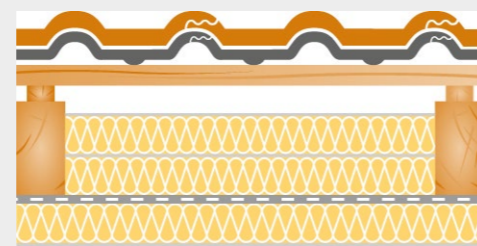
Auf- und Zwischensparrendämmung mit Sparrenaufdopplung



Auf- und Zwischensparrendämmung von außen



Aufsparrendämmung von außen



Zwischensparrendämmung von innen und Untersparrendämmung

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 Ab-

kühlung der Oberfläche kommen und somit den Tauwasserausfall begünstigen (siehe Grafik unten).

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

## Temperaturverlauf im Vergleich

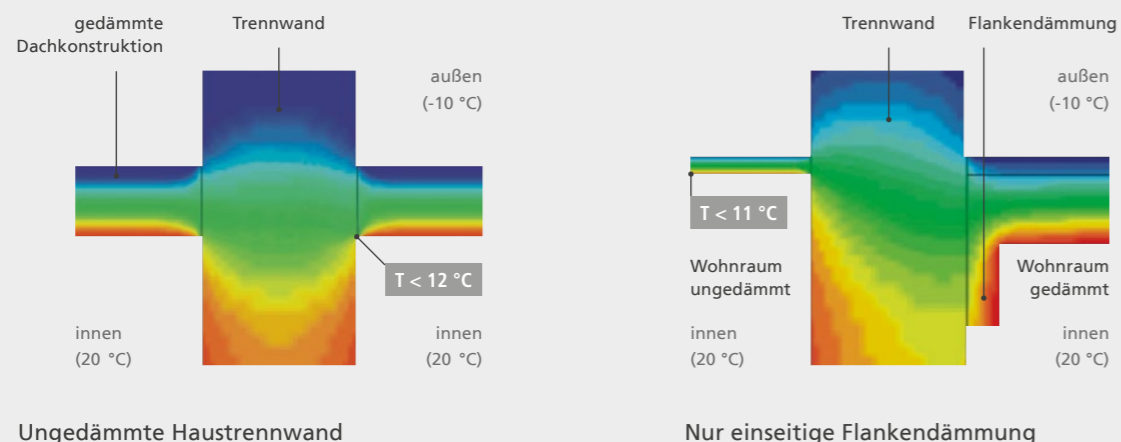


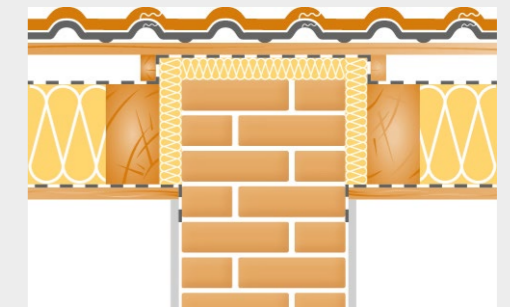
Abbildung 28/29 Möglichkeit einer Flankendämmung mit Mineraldämmplatten

Eine beidseitig an die Wohnungstrennwand angebrachte Flankendämmung (Abb. 28/29) erhöht die Oberflächentemperaturen im kritischen Bereich und beugt so gegen mögliche Feuchteansammlung mit eventueller Schimmelbildung vor.

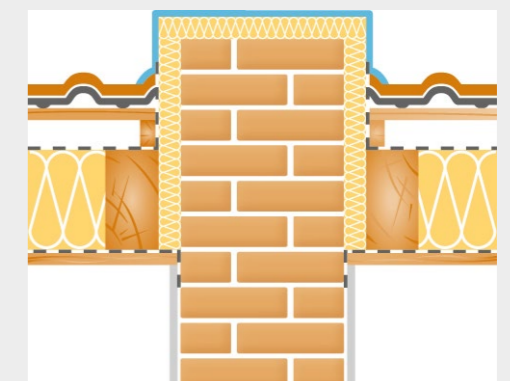
Dämmmaßnahmen an nur einer Gebäudeseite (siehe Grafik rechts) können unter Umständen Folgen für das benachbarte Gebäude haben, die ihrerseits ebenfalls Maßnahmen erfordern. Die einseitig gedämmte Trennwand kühlt im ungedämmten Nachbarwohnraum stärker aus als zuvor. Der Anschlussbereich ist durch Kondensat gefährdet. Diese Problematik ist auch bei einer geplanten Innendämmmaßnahme der kompletten Wohnungstrennwand zu beachten, besonders zwischen Dachräumen mit unterschiedlichen Raumtemperaturen.

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.

Grundprinzipien von Einbindungsmöglichkeiten einer Haustrennwand – hier mit Spezialdämmstoff. Der Brandschutz ist zu beachten.



Dämmung der Haustrennwand: Unterhalb ...



und oberhalb der Dachhaut



Abbildung 30 Begleitdämmung eines massiven Schornsteinkopfes



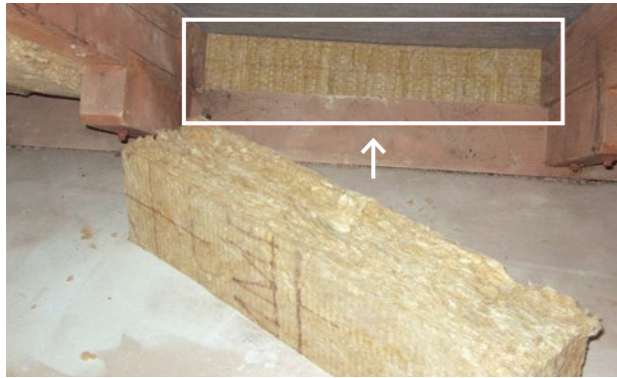


Abbildung 31 Kleiner Abschnitt der Dämmung, für schwer zu erreichende Stellen



Abbildung 32 Zusammgedrückte Wärmedämmung zwischen den Sparren



Abbildung 33 Einbau einer Mineralwolldämmung zwischen den Sparren



Abbildung 34 Zwischensparrendämmung aus Dämmkeilen

## 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. 31), 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. 32), denn dies vermindert die gewünschte Dämmwirkung.

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.

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.

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 Dach zwischen 16 bis 36 cm zu erreichen.

### Detail Sparrenexpander

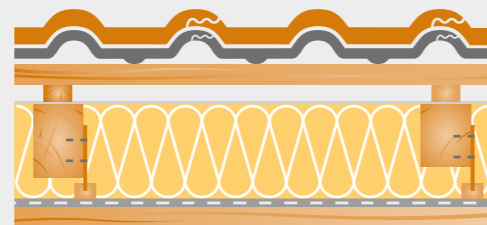


Abbildung 35 – 37 Vergrößerung des Sparrenzwischenraums durch seitlich angebrachte Sparrenexpander aus Holz

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



Abbildung 38 Einbau einer Untersparrendämmung zwischen die Konterlattung

Einbußen des verfügbaren Raumes zur Folge hat. Gleichzeitig bliebe das Dämmstärkepotential zwischen den Sparren schlichtweg ungenutzt.

## 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.

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



Abbildung 39 Aufsparrendämmung





Abbildung 40/41 Nachträgliche Schrägdach-Dämmung in Kombination aus Auf- und Zwischensparrendämmung

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 feuchtevariablem Diffusionswiderstand schützt die Dämmung und Dachkonstruktion vor Feuchtigkeit. Die spezielle Dachbahn wird über die Sparren und vollflächig in die Gefache (zwischen die Sparren) verlegt. Dort wirkt sie wie eine Dampfbremse, z. B. 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.



Abbildung 42 Anbringen einer Anpresslatte für den Einbau der Dämmung ohne luftgefüllte Zwischenräume

### Durchdringungen und Anschlüsse

Hinsichtlich der Gestaltung von Wandeinbindungen, Mediendurchführungen 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 geführten Aufsparrendämmung erfolgreich reduziert werden (s. Grafik Seite 37 oben).

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 Zellole zum Einsatz.

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 kurzwelligeren Strahlung durch die Fenster wirksam unterbunden werden kann. Im Winterfall kann bei geöffneter Verschattungseinrichtung ein zusätzlicher Wärmegewinn 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.

Um einen ausreichenden Schallschutz bei der energetischen 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 große Aufmerksamkeit zu widmen. Anschlussdetails müssen luftdicht 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 – dem Dachrand an der Giebelseite – 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



Abbildung 43 Dachgaube mit umlaufend angeschlossener Dampfbremse



Abbildung 44 Anschluss Dampfbremse an Dachfenster

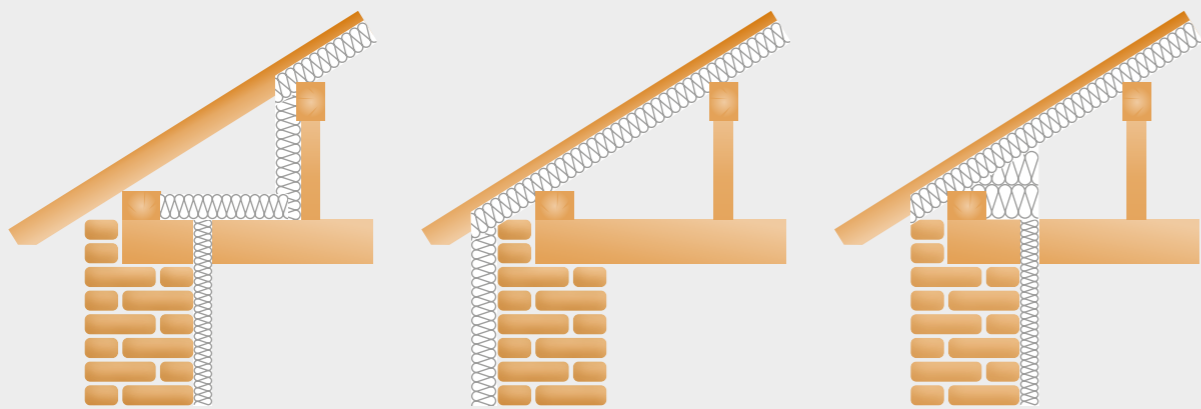


Abbildung 45 Herstellen eines dauerhaft luftdichten Anschlusses der Dampfbremse an flankierende Bauteile mittels eines speziellen Dichtklebers

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 Dremel- 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.

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.

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.

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 Anschluss-

klebebänder 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. Auflager der Sparren auf den Pfetten) notwendig.

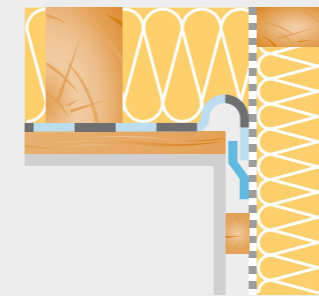
Generell sollte ein Durchbruch von Kabeln und Versorgungsleitungen möglichst vermieden werden, besonders wegen der oft unbeachteten Dauerbelastung der Klebung durch das Gewicht der Leitungen. Für Durchdringungen der luftdichten Hülle (Dampfbremse) durch Kabel, Rohre, Balken oder Schornsteine muss eine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

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

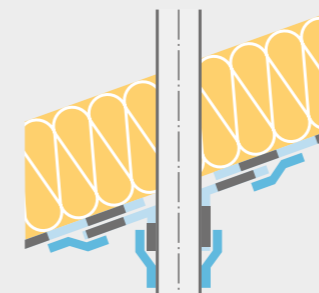
Flachdächer können als Umkehrdächer (s. o.) konzipiert sein. Das bedeutet, dass sich die äußere Dachdichtung unter der Wärmedämmung befindet und so besser gegen thermische und mechanische Beanspruchungen geschützt ist. Zur Dämmung von Umkehrdächern werden

### Möglichkeiten für dauerhaft luftdichte Anschlüsse und Verbindungen

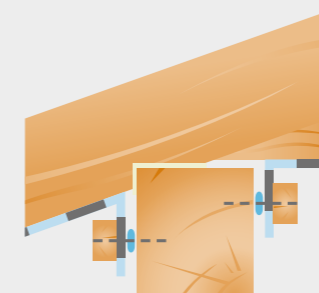
Übergang Dachschräge an Giebelfachwerk – Anschluss an Holzbauplatte mit Klebeband



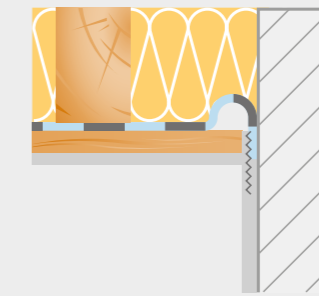
Anschluss Dachdurchdringung mit Klebeband und Rohrmanschette



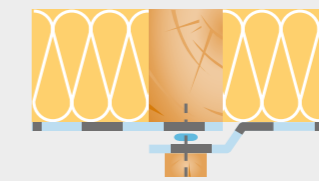
Anschluss der Bahn an eine Pfette mit Dichtkleber und Anpressplatte



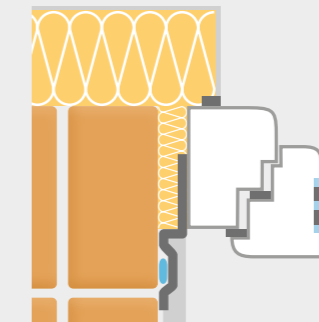
Übergang Dachschräge an massive Giebelwand – Anschluss mit Dichtkleber und Putzträger



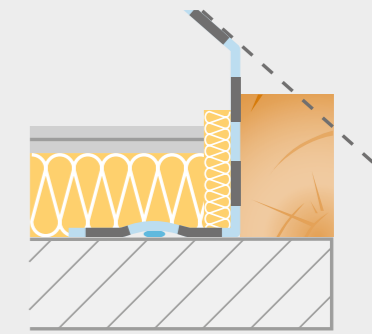
Verbindung der Folienstöße selbstklebend oder mit Dichtkleber und aufgeschraubter Konterlattung



Luftdichter Fensteranschluss mit äußerer und innerer Dichtebene



Anschluss Fusspfette an Massivdecke mit Dichtkleber



Verbindung der Folienstöße mit Klebeband

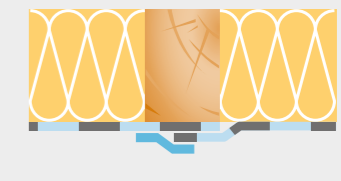






Abbildung 46 Andrücken der Dampfbremsefolie auf die Klebewulst



Abbildung 47 Verkleben der Folienstöße mit speziellem Klebeband



Abbildung 48 Verkleben einer Kabeldurchführung mit Kabel-Manschette

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.

#### 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.



Abbildung 49 Rohrleitungsanschluss mit Anschlussplatte einer solarthermischen Anlage

- ▶ 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.



Abbildung 50 Verwendung von Luftdichtungsmanschetten für verschiedene Rohrdurchführungen



Abbildung 51 Pfützenbildung auf einem Flachdach – Schäden an der Dichtungsbahn sind die Folge

## Oberste Geschosdecke

Ist für das Dach keine energetische Ertüchtigung vorgesehen, besteht grundsätzlich die Verpflichtung die oberste Geschosdecke zu dämmen. 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 (§47 GEG), Stand 2022.

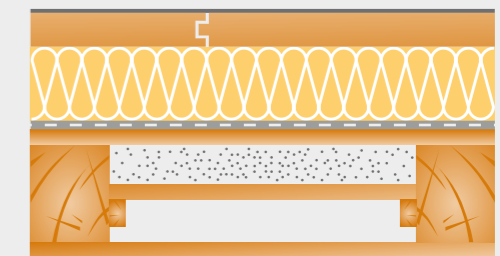
Maßnahmen zur Dämmung der obersten Geschosdecke können, ähnlich wie bei der Dämmung des Daches, als Aufdeckend-, Zwischen-, Unterdeckendämmung oder auch als Kombination dieser Prinzipien realisiert werden. Um die gesetzlichen Anforderungen zu erfüllen, muss bei einer WLS von 035 eine Dämmstärke von ca. 14 cm vorgesehen werden. Der U-Wert des gesamten Deckenaufbaus muss mindestens 0,24 W/(m<sup>2</sup>K) betragen, besser darunter. 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 Geschosdeckendämmung durch eine zusätzliche Dämmschicht mit dampfdiffusionsdichtem Fußboden-

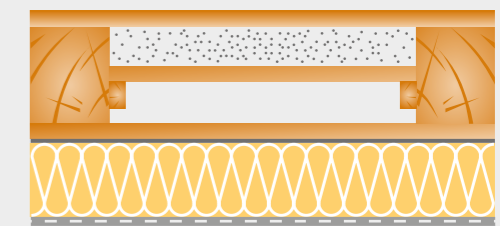
aufbau verbessert, ist häufig unklar, ob die Funktion der Dampfbremse unter der alten Dämmung funktioniert bzw. überhaupt vorhanden ist. Für diese Situation ist eine entsprechende (zusätzliche) Folie zwischen der alten und der neuen Dämmung einzubringen. Die Dämmwirkung unterhalb der neuen Dampfbremse 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.

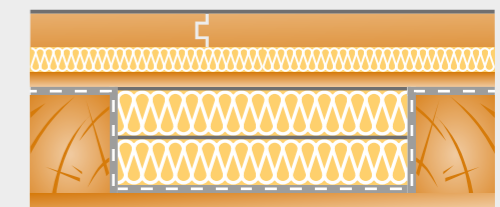
#### Grundprinzipien der Deckendämmung



Aufdeckendämmung



Unterdeckendämmung



Zwischendeckendämmung





Abbildung 52 Einbau von druckfesten Hartschaumplatten



Abbildung 53 Einbau von druckfesten Hartschaumplatten mit OSB-Oberfläche



Abbildung 54 Dämmung der obersten Geschossdecke mit Zellulose-Einblasdämmung



Abbildung 55 Zwischensparrendämmung mit Mineralwolle

## 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.

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



Abbildung 56 Einbau einer Unterdeckendämmung aus Mineralwolle

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.

## 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.

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



Abbildung 57/58 Neueingebaute Bodentreppen mit zusätzlich gedämmter Bodenklappe

Einbau einer zusätzlichen wärmegeprägten Klappe, versehen mit einer Lippendichtung und einem Gegengewicht oberhalb der eingebauten Bodenklappe.

## Außenwände

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.

Die Auswahl eines Dämmkonzepts und des geeigneten Dämmsystems orientieren 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 Wärme-





Abbildung 59 Extrem durchfeuchtetes Außenmauerwerk

leitfähigkeit des Wassers – dessen Wärmedämmeigenschaften verschlechtert.

Zusätzlich werden über die Regen-, Spritz- oder Grundwasser 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 sich die physikalischen Eigenschaften von Salzen 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.

Außerdem ist den Anschlussdetails bei der Planung, aber besonders auch bei der Ausführung von Maßnahmen zur Wärmedämmung große

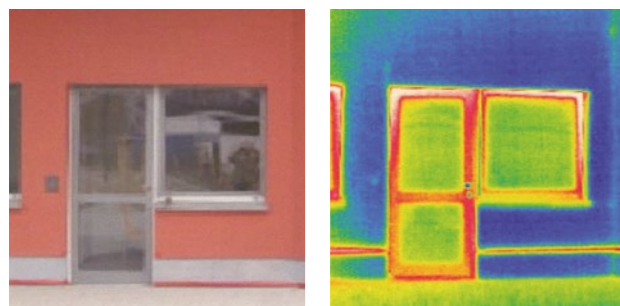


Abbildung 61/62 Qualitätsprüfung einer Sanierungsmaßnahme mittels Infrarot-Thermografie



Abbildung 60 Schadensbild Salzausblühung

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 ggf. eine 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.

Prinzipiell wird in drei verschiedene Dämmkonzepte für Außenwände unterschieden. Die Außendämmung, bei der sich die Dämmschicht auf der Außenseite der Gebäudehülle befindet, stellt die Vorzugslösung dar. Die Dämmung kann:

- beim Wärmedämmverbundsystem verputzt,
- als vorgehängte Fassade mit Holz oder Platten verkleidet oder
- als Kerndämmung hinter einer Vorsatzschale montiert werden.

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.

Bei der Innendämmung erfolgt die Montage der Wärmedämmung raumseits auf den Außenwänden. Diese Art der Dämmung kommt immer dann zum Tragen, wenn ein Altbau eine besonders gestaltete Fassade besitzt oder denkmalgeschützt ist. Die heute am Markt verfügbaren kapillaraktiven und feuchteregulierenden Innendämmsysteme wirken sich positiv auf das Raumklima aus. Bei der Verwendung von Innendämmungen müssen jedoch einige Dinge in der Planung und Ausführung berücksichtigt werden (s. Seite 54).

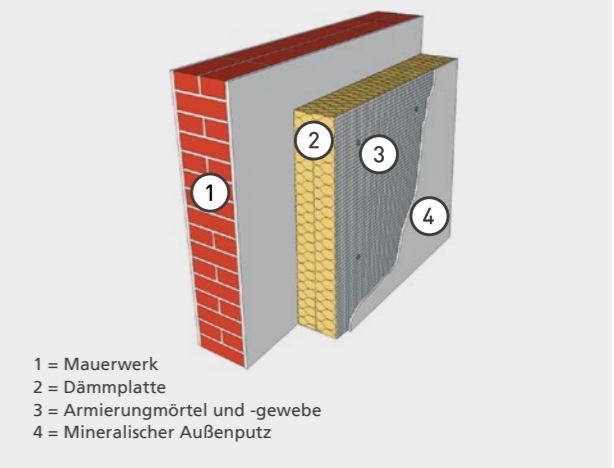
Wenn das Mauerwerk zwei- oder mehrschalig ist, kann eine Kerndämmung vorgesehen werden. Diese wird in der Regel als Schüttung (Perlite o. ä.) eingebracht. In manchen Fällen müssen Kerndämmungen als Zusatzmaßnahme bei Innendämmungen realisiert werden, um die Funktionstüchtigkeit der Lösung zu gewährleisten, in anderen birgt dies zusätzliche Risiken. Hier sind die Fachleute gefragt (s. Seite 53).

## Außendämmung

Häufig werden spezielle Wärmedämmverbundsysteme als Außendämmung verwendet. 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 Brandschutzanforderungen zwingend zu beachten.

WDVS gehören zu den nicht geregelten Bauarten. Es sollte deshalb vor dem Einbau geprüft werden, ob eine gültige allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik vorliegt oder alternativ eine Zulassung im Einzelfall (ZiE) genehmigt wurde. Die Zulassung umfasst in der Regel alle zu verwendenden Bauteile

## Aufbau einer Außendämmung mit Wärmedämmverbundsystem



(Dämmplatten, Kleber, Dübel, Armierung, Putz etc.). Die Verwendung anderer Bauelemente ist nicht zulässig.

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 einen Zugbelastungsversuch (auch als Abreißtest bezeichnet) festzustellen. Eine optische Begutachtung allein 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, müssen weitere vorbereitende Maßnahmen getroffen werden.

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

Um eine ausreichende Verklebung der Dämmplatten herzustellen, empfehlen viele Hersteller auch das sog. „Wulst-Punkt-Verfahren“. Hierbei wird die Klebemasse 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





Abbildung 63/64 Anwendung einer Außendämmung bei der Komplexsanierung eines „Plattenbaus“



Abbildung 65/66 Anbringen einer starken Außendämmung mit Lamellen aus Mineralwolle



Abbildung 67 Verklebung einer Sockeldämmplatte im Wulst-Punkt-Verfahren



Abbildung 68 Angebrachte Perimeterdämmung im Sockelbereich



Abbildung 69/70 Thermische Entkopplung für Halterungen einer Balkonanlage mit Hilfe von Hartschaumunterlagen

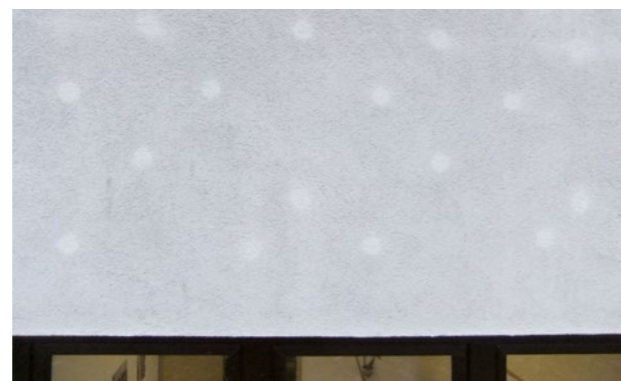
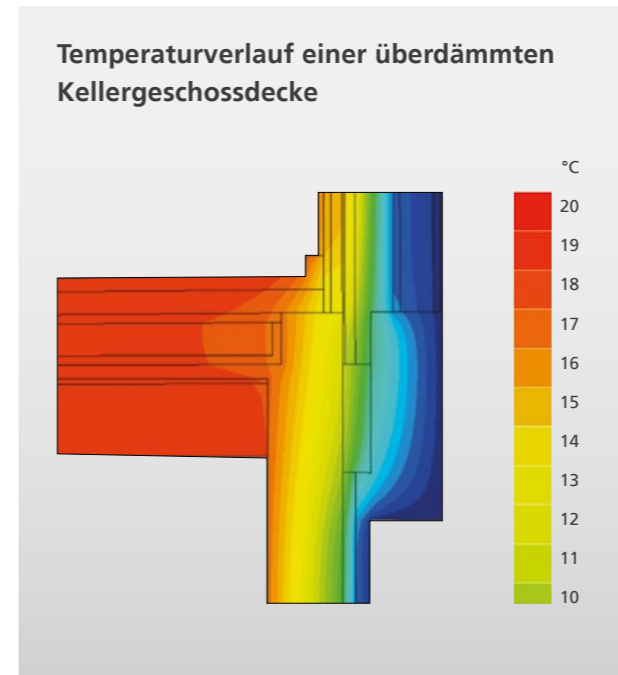


Abbildung 71 Dübel des WDVS zeichneten sich früher häufig auf der Fassadenoberfläche ab



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.

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.

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.

Aufgrund wechselnder Witterungseinflüsse und der Wärmebrückenwirkung kam es in der Vergangenheit bei einigen WDVS zur Abzeichnung der Dübelteller im Oberputz.

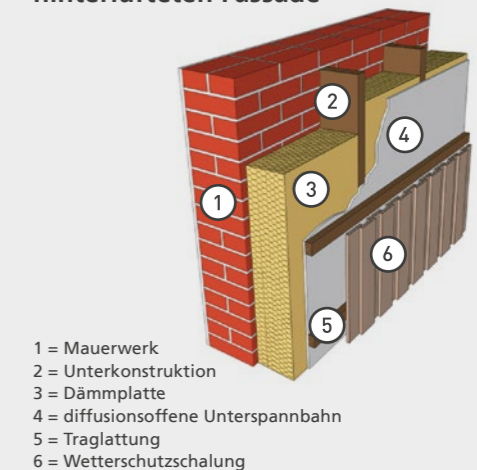
Eine Lösung für diese Problematik bietet die Montage mit Senkdübeln und Abdeck-Rondellen. Die versenkte Montage erfolgt mit den speziellen Dübel-Rondellen. Beim Einschrauben des Dübels wird der Dämmstoff eingeschnitten und gleichzeitig der Dübelteller ca. 20 mm versenkt. Direkt nach der Montage wird 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.

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.

## Vorgehängte Fassade

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

### Prinzipdarstellung einer vorgehängten, hinterlüfteten Fassade



- 1 = Mauerwerk
- 2 = Unterkonstruktion
- 3 = Dämmplatte
- 4 = diffusionsoffene Unterspannbahn
- 5 = Traglattung
- 6 = Wetterschutzschalung

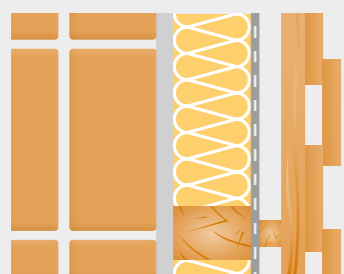




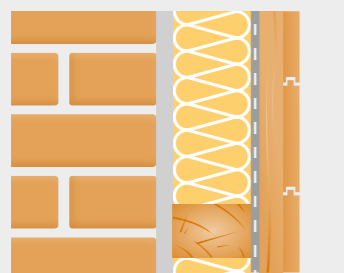
Abbildung 72 Wärmeschicht zwischen der Holzunterkonstruktion

aufgebracht, zwischen der die Dämmplatten verlegt und durch eine diffusionsoffene Unterspannbahn winddicht abgedeckt werden. Anschließend wird darauf eine Traglattung befestigt und mit der Wetterschale verkleidet.

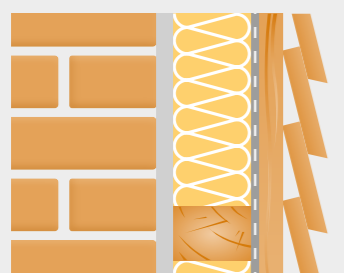
#### Prinzipdarstellungen verschiedener Wetterschalen aus Holz



Horizontalschnitt: senkrechte Deckelschalung



Vertikalschnitt: waagerechte Verschalung mit Nut- und Federprofilbrettern



Vertikalschnitt: waagerechte Stülpeschalung



Abbildung 73 Anbringen der diffusionsoffenen Unterspannbahn

Der Vorteil dieser Lösung liegt darin, dass die Wärmedämmung wirksam vor eindringendem Regenwasser geschützt und Feuchtigkeit aus dem Mauerwerk (Kondensat) über die Luftschicht gut abgeführt werden kann.

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, müssen sie durch zusätzliche Arbeiten geschaffen 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 Brettverschalung aus witterungsbeständigen oder beschichteten Hölzern bestehen. Bei unbe-



Abbildung 74 Rekonstruktion einer landestypischen Holzverschalung

des Holzes im Wesentlichen über die Wetterbeständigkeit der Verschalung. Die Bretter können senkrecht als Deckelschalung, gefugte Schalung, gefugte Schalung mit Deckleisten oder waagrecht als Stülp- und Deckelschalung; Profilbretter 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).

Im ländlichen Raum wurden häufiger 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.

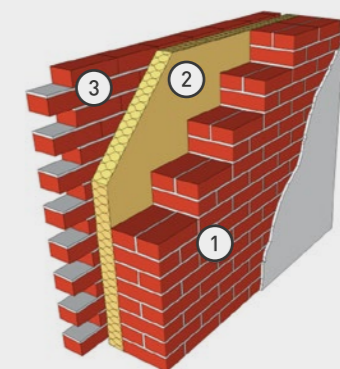
Für die Herstellung hinterlüfteter Fassaden bieten einige Hersteller Systemlösungen an. Für die korrekte Gestaltung der Anschlüsse (Fenster, Türen, Rollladenkästen etc.) werden durch die Lieferanten speziell auf das System abgestimmte Details vorgeschlagen, bei deren fachgerechter Ausführung eine dauerhaft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

## Kerndämmung

Ältere Gebäude verfügen häufiger 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 prüfen ist, ob ausreichend Hohlraum zur Verfügung steht, um die gewünschte Dämmwirkung zu erzielen. Meist stehen dafür nur 4 bis 8 cm zur Verfügung.

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 überall 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 wieder zu verschließen.

#### Prinzipdarstellung einer Kerndämmung



1 = Hintermauerschale  
2 = Wärmedämmung  
3 = Vormauerschale





Abbildung 75 Einbringen einer Einblasdämmung (Bestand)



Abbildung 76 Einbau einer Kerndämmung (Neubau)

## Varianten zur U-Wert-Verbesserung durch Außendämmung der Außenwand

Wandstärke d in mm*	U-Wert vorher in W/(m²K)	Dämmung mit $\lambda = 0,035$ W/(mK) in mm	U-Wert nachher in W/(m²K)	Verbesserung des Bauteils um	Dämmung mit $\lambda = 0,026$ W/(mK) in mm	U-Wert nachher 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 %
365	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, Ziegelrohichte = 1800 Kg/m<sup>3</sup>, Wärmeleitfähigkeit  $\lambda = 0,81$  W/(mK), beidseitig 15 mm Kalk-Zementputz  $\lambda = 1,00$  W/(mK), Klebe- und Armierungsschicht neu 2 x 5 mm  $\lambda = 1,00$  W/(mK)

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 Dämmmatten oder -platten sinnvoll. Beträgt der Schalenabstand mehr als 150 mm, sind Luftschichtanker mit entsprechender bauaufsichtlicher Zulassung erforderlich. Im Fußpunkt der Außenschale müssen Entwässerungsöffnun-

gen 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.

## Innendämmung

Backsteinhäuser, Schmuckfassaden aus Gründerzeit bis Jugendstil, Fachwerk- und alte Natursteinfassaden sowie viele andere auf besondere Art gestaltete Gebäude erhalten häufig aus gutem Grund keine Außendämmung. Ortsprägende Fassaden sollten unbedingt erhalten bleiben, auch wenn sie nicht unter Denkmalschutz stehen. Dennoch muss nicht auf einen guten Dämmstandard verzichtet werden. Wie bei der Außendämmung sind auch bei der Innendämmung heute zahlreiche Systeme verfügbar.

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. Haben die durchgeführten Prüfungen und Bewertungen der Außenwand ergeben, dass sie für eine Innendämmung geeignet ist, ist zu klären, welches Innendämmsystem das Beste für das Gebäude ist.

Dabei ist eine sehr große Sorgfalt anzulegen, denn die Innendämmung soll die Heizenergie im Wohnraum halten, zugleich den Feuchtehaushalt der Wände kontrollieren und dadurch Feuchteansammlungen sowie eine daraus resultierende Schimmelbildung verhindern. Ein besonderer Blick gilt daher möglichen Wärmebrücken.

Zunächst muss nun der Putzgrund des Mauerwerks innenseitig auf seine Eignung geprüft werden. Dies geschieht durch Betrachtung sowie in Form einer Wisch-, Kratz- (Ritz-) und Benetzungsprobe. Die Oberfläche muss insbesondere für diffusionsoffene (z. B. geklebte) Innendämmsysteme fest und formstabil, gleichmäßig saugfähig, rau, trocken sowie frei von Verunreinigungen und schädlichen Ausblühungen sein.

Ob vorhandene und noch tragfähige Bestands-/Altputze mit Gipsanteil auf dem Untergrund verbleiben können, ist im Vorfeld mit dem Hersteller/Lieferanten des jeweiligen Innendämmsystems abzuklären.

Generell kommen bisher zwei unterschiedliche Systeme zum Einsatz:

- ▶ Innendämmsysteme als Vorwandkonstruktion mit diffusionssperrenden, -hemmenden bzw. feuchtevariablen Membranen.
- ▶ Moderne Innendämmsysteme aus diffusions-offenen und kapillaraktiven Materialien. Diese ersetzen zunehmend die vorgenannten Trockenbau-Vorwandkonstruktionen.

Bei den dämmenden Vorwandkonstruktionen ist darauf zu achten, dass der Diffusionswiderstand in jedem Fall so groß ist, dass eine schädliche Menge an Kondensat auf dem alten Innenputz (kalte Seite der Dämmung) und damit eine mögliche Feuchteanreicherung des Innendämmsystems verhindert wird. Allerdings sollte er gleichzeitig klein genug sein, um im Sommer eine gewisse Austrocknung nach innen zuzulassen. Deshalb sind in diesen Fällen moderat diffusionshemmende Dampfbremsen bzw. entsprechende Funktionsschichten den diffusionsdichten Dampfsperren vorzuziehen, die dennoch lückenlos abdichten müssen. Diese Konstruktionsart sollte nur zum Einsatz kommen, wenn örtliche Umstände den Einsatz diffusionsoffener, kapillaraktiver Dämmstoffe (z. B. Mineralschaum) nicht sinnvoll erscheinen lassen.

Innendämmsysteme ohne Dampfbremse (mit diffusionsoffenen und kapillaraktiven Baumaterialien) bieten eine größere Toleranz gegenüber unplanmäßiger Durchfeuchtung der Wand von innen oder von außen, was in der Folge zu Bauschäden führen würde. Zudem lassen sie sich bei verwinkelten Wandkonstruktionen mit vielen Durchdringungen in der Regel einfacher installieren.

Bei der diffusionsoffenen Innendämmung kommen so genannte kapillaraktive Dämmstoffe zum Einsatz. Sie dämmen, transportieren aber auch Feuchtigkeit. Sie erlauben somit im Winter einen Feuchteintrag in die Wand hinein und ermöglichen bei wärmeren Temperaturen die schrittweise Trocknung. Wichtig ist allerdings, dass der verwendete Dämmstoff wie auch der Klebemörtel eine lückenlose Einheit bilden (s. unten).

Insgesamt sind kapillaraktive Systeme aus bauphysikalischer Sicht zu bevorzugen, wenn ein Feuchteintrag von außen in die Wandkonstruk-





Abbildung 77/78 Vollflächiges Verkleben einer kapillaraktiven Innendämmung



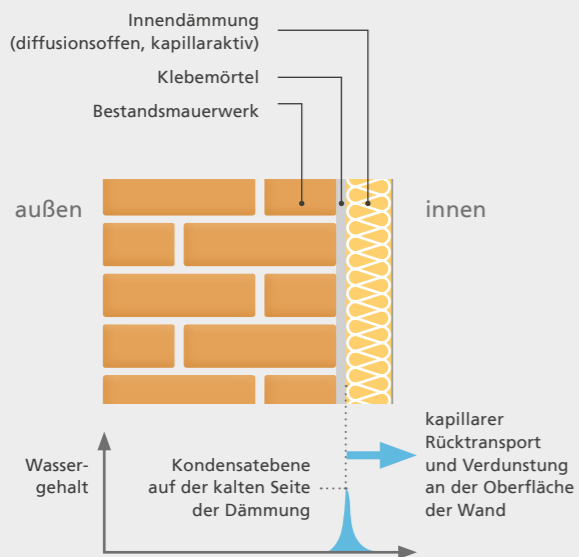
Abbildung 79 Einsatz von Calziumsilikatplatten mit Flankendämmung an der einbindenden Innenwand



Abbildung 80 Einsatz von Mineralschaumplatten mit Flankendämmung an der einbindenden Innenwand

tion nicht generell ausgeschlossen und somit der Schlagregenschutz nur bedingt sichergestellt bzw. gewährleistet werden kann.

### 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.

Zur Dämmung bei Vorwandkonstruktionen mit Membranen werden häufig Mineralwolle (Stein-/Glaswolle), geschäumte Dämmstoffe, Holzweichfasern und Einblasdämmungen eingesetzt. Typische Dampfbremsen sind diffusionshemmende Folien aus Polyamid (PA) oder Polypropylen (PP) sowie Werkstoffplatten aus Holz.

Als Dämmstoffe für dampfdiffusionsoffene kapillaraktive Systeme werden in der Praxis häufig Calziumsilikat-Platten, Mineraldämm-/schaumplatten, Perlite-Dämmplatten, Leichtlehm-Dämmplatten, Holzwolle-Bauplatten, Holzweichfaser-Dämmplatten, aber auch gemauerte Vorsatzschalen eingesetzt.

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. Bei verbleibenden Hohlstellen wird das Wirkungsprinzip beeinträchtigt und somit die Austrocknung zum Gebäudeinneren behindert. 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, so dass ggf. rechtzeitig vor der Umsetzung Bedenken angemeldet werden können.

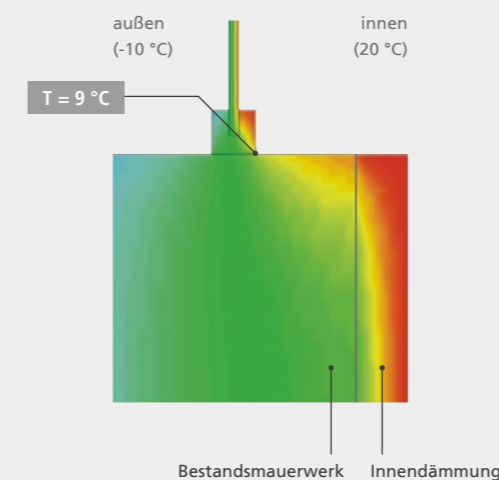
Neu an die Außenwand anzuschließende Innenwände sollten thermisch getrennt an die Bestandskonstruktion herangeführt werden. So wird die durchgehende Dämmebene nicht unterbrochen (aus Gründen des Schallschutzes kann dabei eine akustische Trennung erforderlich sein). Der Kontakt von gipshaltigen Bauteilen 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

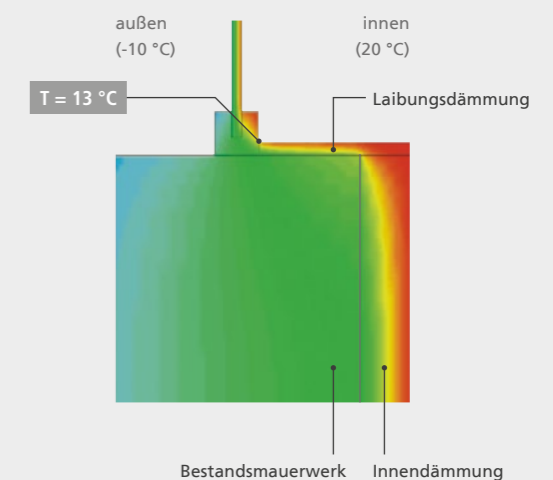
als zuvor. Dadurch wird den einbindenden Konstruktionen mehr Wärme entzogen, so dass die Oberflächentemperaturen in den Anschlussbereichen unter die vorgegebenen Grenzwerte fallen können. Der Mindestwärmeschutz sollte für diese Stellen mit einer Wärmebrückenberechnung nachgewiesen werden.

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.

### Innendämmung ohne Laibungsdämmung: Eine Wärmebrücke entsteht



### Korrekte Dämmung der Laibung: Oberflächentemperatur im unkritischen Bereich





## Varianten zur U-Wert-Verbesserung durch Innendämmung der Außenwand

Wandstärke d in mm*	U-Wert vorher in W/(m²K)	Dämmung mit $\lambda = 0,035$ W/(mK) in mm	U-Wert nachher in W/(m²K)	Verbesserung des Bauteils um	Dämmung mit $\lambda = 0,026$ W/(mK) in mm	U-Wert nachher 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 %
365	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, Ziegelrohichte = 1800 Kg/m<sup>3</sup>, Wärmeleitfähigkeit  $\lambda = 0,81$  W/(mK), beidseitig 15 mm Kalk-Zementputz  $\lambda = 1,00$  W/(mK), Innenputz neu Dünnschicht 5 mm  $\lambda = 0,70$  W/(mK)

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.

Weitere Wärmebrücken befinden sich außerdem an Deckenanschlüssen, einbindenden Innenwänden sowie Unterzügen und Stützen. Um eine erhöhte Kondensation und damit eine Schimmelbildung an diesen Stellen zu vermeiden, müssen bei der Installation der Innendämmung die Mindestwärmeschutzanforderungen gemäß DIN 4108-2 eingehalten werden. Das bedeutet in der Praxis, dass auch an diesen Störstellen bei einer Außenlufttemperatur von -5 °C die Oberflächentemperatur höher als 12,6 °C sein muss.

Bei einer fachgerechten Innendämmung wird durch aufeinander abgestimmte Systemkomponenten die Oberflächentemperatur auf der Innenseite der Außenwand insbesondere bei den Wärmebrücken und Anschlüssen auf einen unkritischen Wert angehoben. Dies kann durch flächendeckende Maßnahmen wie zusätzliche Dämmkeile oder andere Dämmmaßnahmen (z. B. Dämmputze in den Laibungen) erreicht werden.

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

Nähere Informationen unter [www.klimaschutz-niedersachsen.de/innendaemmung](http://www.klimaschutz-niedersachsen.de/innendaemmung)



Abbildung 81/82 Einsatz eines Innenwand-Dämmsystems unter Einbeziehung der Fensterlaibungen

## Fenster und Türen

Fenster stellen einen wichtigen Teil der Gebäudehülle dar. Sie sorgen dafür, dass das notwendige Tageslicht in den Raum gelangen kann und transportiert damit gleichzeitig solare Wärme in die Räume. Gleichzeitig bieten sie aber auch am wenigsten Speichermasse für die Wärme (oder auch Kühle im Sommer).

Besonders alte Fenster im Bauwerksbestand verursachen zum Teil erhebliche Wärmeverluste durch alte Verglasungen und Rahmen sowie durch Undichtigkeiten. Ein Fenstertausch lohnt sich sehr häufig. Neue Fenster sind im Vergleich energetisch günstiger, praktisch und pflegeleicht und die Maßnahme ist im Vergleich relativ unproblematisch umzusetzen. Mit dem Einbau neuer Fenster können aber auch bauphysikalische Fehler herbeigeführt werden, wenn die Maßnahme ohne eine Gesamtbetrachtung des Bauwerks oder wenigstens der umgebenden Außenwände erfolgt.

Als wesentliche thermische Eigenschaft wird in der Regel der  $U_w$ -Wert (Wärmedurchgangskoeffizient:  $U_{\text{window}} = U_{\text{Fenster}}$ ) genannt. Der  $U_w$ -Wert des Fensters setzt sich aus dem  $U_g$ -Wert für den Glasrahmen, dem  $U_f$ -Wert für den Rahmenanteil und dem zusätzlichen  $\psi$ -Wert, dem Wärmebrückenverlustkoeffizienten des Glasrandes zusammen. Dabei gilt: je kleiner der  $U_w$ -Wert, desto besser die Dämmeigenschaften eines Fensters. Fensterhersteller geben leider häufig nur den  $U_g$ -Wert an, deshalb sollte hier genauer nachfragt werden.

## 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 im Gesamtkontext des Bauwerks oder wenigstens der umgebenden Außenwände durchgeführt werden, um eine vernünftige Entscheidung für die zu planenden und umzusetzenden Maßnahmen zu treffen.

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

Die nachfolgenden Beschreibungen geben einige Hinweise, wie mit den besonderen Herausforderungen bei der Sanierung und Instandsetzung von Fenstern umzugehen ist.

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



Abbildung 83 Fenster im Bestand mit Einfachverglasung





Abbildung 84 Typische Kastenfenster und einfache Wintergartenverglasung um 1900

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 geringen Wärmedurchlasswiderstand gewährleisten, können, wenn aus Denkmalschutzgründen keine andere Lösung möglich ist, durch eine zweite Fensterebene als Kastenfenster energetisch aufgewertet werden. Die raumseitige neue Fensterebene kann als Zwei- oder Dreischiebenverglasung realisiert werden, so dass die Vorgaben des Wärmeschutzes erfüllt und der thermische Komfort ermöglicht werden. Der entstehende Zwischenraum stellt beim Kastenfenster 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. Das äußere Erscheinungsbild bleibt so erhalten, während im Raum eine durchgehende (sprossenfreie) Fensterfläche den Abschluss bildet. Thermischer Komfort und Luftdichtheit können damit in hohem Maß gewährleistet werden und auch die Anschlüsse einer Innendämmung gestalten sich damit viel unkomplizierter.

**Die wesentlichen, bei Arbeiten an Fenstern zu beachtenden Normen sind in Teil 03 auf Seite 76/77 kurz zusammengestellt.**



Abbildung 85/86 Bildung von Stockflecken durch Kondensatausfall an den angrenzenden Wandoberflächen

## Fenstererneuerung

Vor der Entscheidung für den Einbau neuer Fenster sollte entschieden werden, was genau sie mitbringen sollen. Denn von der Wärmedämmung, dem Schallschutz, dem Hitzeschutz, über die Einbruchsicherheit bis zur Einbindung in ein Smart-Home-System kann ein Fenster vieles leisten.

Hierbei ist es jedoch besonders wichtig, das gesamte Gebäude zu betrachten. Neue Fenster sollten mit der Außenwanddämmung geplant werden, um Kosten zu sparen und Wärmebrücken vorzubeugen. Auch ist zu berücksichtigen, dass die neuen Fenster dichter als die bestehenden sind.

Ist der  $U_w$ -Wert des Fensters besser als der der benachbarten Wandbereiche, kann bei hoher Raumluftfeuchte nahezu unbemerkt Kondensat auf den Wandoberflächen entstehen, ohne dass gleichzeitig die Scheiben beschlagen. Dies war bisher ein eindeutiger Indikator für hohe Raumluftfeuchten, die eine bessere Raumlüftung erforderlich machten. Die manuelle Fensterlüftung sollte mindestens zweimal am Tag bei geschlossenen Thermostatventilen per Stoßlüftung bzw. per Querlüftung bei gegenüberliegenden Fenstern erfolgen. Eine dauerhafte Kippstellung der Fenster führt zu hohen Energieverlusten und kühlt die Wandoberflächen zu stark ab, so dass Schimmel entstehen kann.

Beim Einbau neuer Fenster sowie bei den anderen genannten Sanierungsalternativen sind eine Reihe von Randbedingungen zu beachten, die sich aus den Anforderungen der 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.

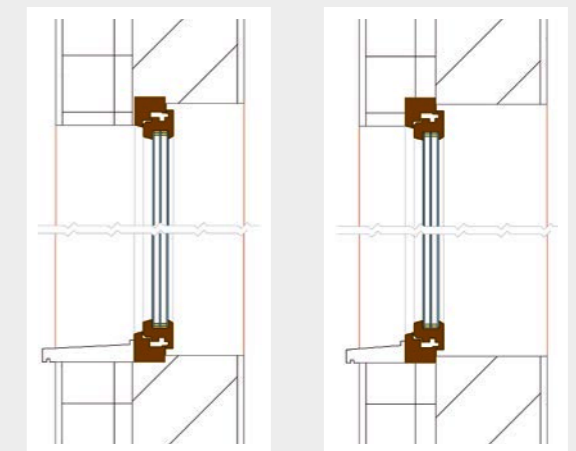
Der zukünftigen Einbausituation der Fenster muss besondere Beachtung geschenkt werden, da der Übergang zwischen Fenster und Mauerwerk immer eine konstruktive Wärmebrücke darstellt. Die bei Altbauten übliche Einbausituation am gemauerten Anschlag stellt die ungünstigste Ausgangssituation dar.

Bessere Lösungen sind in den Grafiken rechts dargestellt. Unabhängig vom endgültigen Einbauort, ist der außenliegende Fensterrahmen (Blend- oder Blockrahmen) zu überdämmen. 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 ggf. der oberliegende Fenstersturz durch einen wärmegeprägten Sturz ersetzt werden muss. Ein Mauerwerksanschlag aus Ziegelsteinen kann bei ausreichendem Auflager des Fenstersturzes weggeschnitten und eine Laibungsdämmung eingebaut werden.

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 dem GEG) 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.

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.

### Empfehlenswerte Einbausituationen



Einbau des neuen Fensters an der Wandaußenkante (Rahmen überdämmt)

Einbau des neuen Fensters in der Dämmebene





**Abbildung 87** Massiver Mauerwerksanschlag wird eingeschnitten und abgebrochen

Die mittlere Abdichtung der Montagefuge zwischen Fensterrahmen und Mauerwerk ist mittels eines geeigneten Dämmstoffs in voller Rahmenstärke auszdämmen (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 Mauerwerkanschlag, 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.



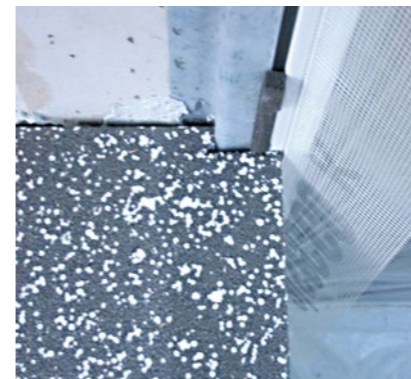
**Abbildung 88** Einbau eines neuen Fensters mit Dichtklebeband

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.

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.

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



**Abbildung 89** Überdämmung des Fensterrahmens mit Kombriband und Gewebeanschlussprofil

auf eine wärmebrückenfreie Konstruktion zu legen. Die Schlagregensicherheit im Anschluss an eine Außendämmung muss umlaufend durch das Aufkleben eines Fugendichtbandes gewährleistet werden (Abb. 90/91).

In den außen am Kunststofffenster befindlichen Falzen, welche die Dichtungsbänder zwischen Fensterflügel und Rahmen aufnehmen, befinden sich Öffnungen, aus denen eintretendes Wasser nach außen 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 das Zufrieren des Fensters und die Zerstörung der Dichtung beim Öffnungsversuch eine mögliche Folge.

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

## 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



**Abbildung 90/91** Fensterbank mit aufgeklebtem Quellband



Aufwand zu betreiben. Dieser kann z. B. für die Anpassung der Geschosshöhe durch eine Fußbodenabsenkung oder für die umfangreichere Verbesserung des Wärme- und Feuchteschutzes entstehen.

## Dämmung Kellerdecke

Bei unbeheizten Kellerräumen ist es sinnvoll, die Kellerdecke zu dämmen, um Fußkälte im Erdgeschoss und erhebliche Wärmeverluste zu vermeiden. Dabei kann die Dämmung unter- oder oberseitig angebracht werden. Deren Stärke hängt neben der gewünschten Dämmwirkung von der Raumhöhe des Kellergeschosses oder der Höhe 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.



**Abbildung 92/93** Anbringen einer mineralischen Unterdeckendämmung



Gibt es jedoch viele Rohrleitungen oder Leitungsbündel, die direkt unter der Decke befestigt sind, 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.

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. 94), um die Wärmebrückenwirkung zu vermindern.

Im Gebäudeenergiegesetz GEG vorgeschrieben ist die Dämmung aller zugänglichen Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen der Heizung einschließlich der Armaturen in unbeheizten Kellerräumen.

Sofern der gesamte Keller in die thermische Hülle integriert werden soll, müssen neben den Maßnahmen zur Trockenlegung und Abdichtung auch



Abbildung 94 Kellerdecken- und Flankendämmung der Innenwand



Abbildung 95 Verkleidung der Decke mit 20 cm starken Dämmplatten

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. Das Eindringen von Druckwasser durch die Wände und die Bodenplatte ist dabei äußerst selten; es sei denn, der Grundwasserspiegel ist nach Errichtung des Gebäudes aufgrund anderer Einflüsse gestiegen. Ohne Abdichtung 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.

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, so dass an keiner Kontaktstelle zwischen Erdreich und durchfeuchtem Bauteil Wasser nachgeführt werden kann.

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 einer Statikerin/einem Statiker abgestimmt werden. Danach ist die Wand von groben Verschmutzungen zu reinigen.

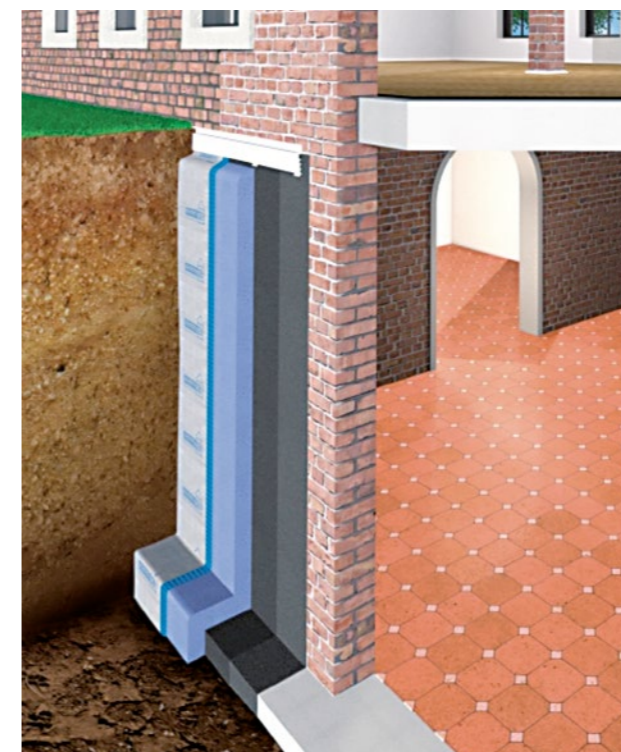
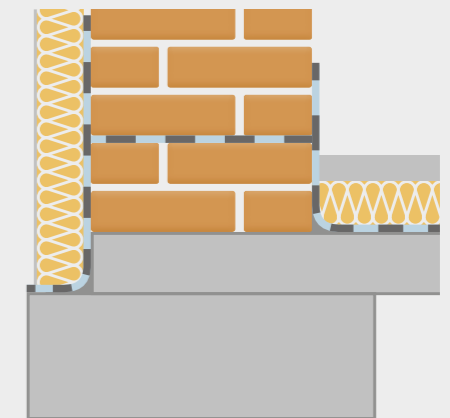


Abbildung 96 Abdichtungsprinzip Kelleraußenwand mit Wärmedämmung

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



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 Dichtschlamm erfolgen. Bei sehr alten Gebäuden aus lockerem und undichtem Natursteinmauerwerk ist es sinnvoll, eine Vorsatzschale aus Beton herzustellen. Diese erhöht die Stabilität des gesamten Bauwerks und lässt sich durch die glatte Oberfläche einfacher abdichten.

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 Schalungskanten 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.

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

Für die Abdichtung von bestehenden Außenwänden aus Fertigteillementen, 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. Überdeckungsbreiten 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 Mauer-austausch mit Ziegeln, Mauersägeverfahren 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 schwundfreiem 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 wird 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 Silikon-



Abbildung 97 Betonierte Vorsatzschale einer Kelleraußenwand

mikroemulsion 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 schwundfreiem 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.

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 Dämm-



Abbildung 98 Anbringen des Voranstriches für die folgende Bitumendickbeschichtung

wirkung beeinträchtigt wird. Im Grundwasser sind die Platten daher ebenfalls stets vollflächig zu verkleben.

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 sowie die Gestaltung von Anschlüssen siehe auch Abschnitt „Innendämmung“ zuvor.

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.

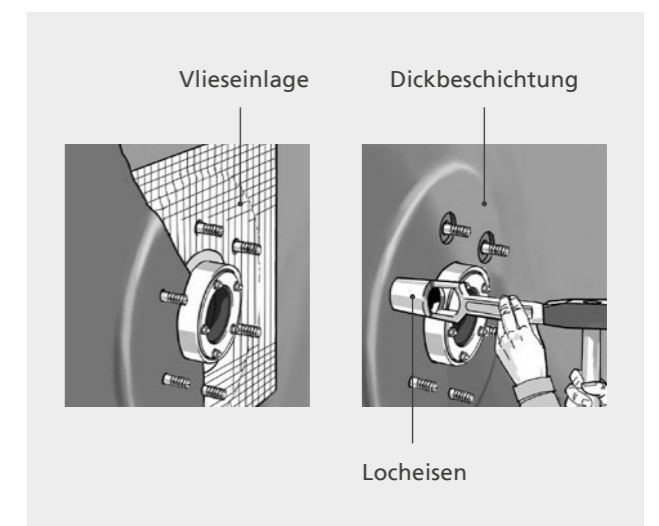


Abbildung 99/100 Festflanschrohrdurchführung bei Durchdringungen von Dickbeschichtungen





**Abbildung 101** Abdichtung einer Kellerwand mit Bitumendickbeschichtung und außenseitig angebrachter Perimeterdämmung



**Abbildung 102** Perimeterdämmung war nicht vollflächig verklebt. Die Dämmwirkung wurde stark reduziert, da Wasser hinter die Dämmebene gelangen konnte

## 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 Rauminneren 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.

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

### Erforderliche Trocknungstemperaturen verschiedener Baustoffe

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







# Rechtsfragen, Verordnungen und Normen

Im Zusammenhang mit der Umsetzung der Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes GEG (bzw. zuvor der Energieeinsparverordnung EnEV) besteht bei Anwendenden häufig eine Verunsicherung bezüglich der sich aus dem GEG ergebenden Haftungsprobleme. Die nachfolgenden rechtlichen Ausführungen sollen dazu dienen, typische Haftungsfragen und deren Grundlagen zu erläutern und eine mögliche Haftung der an der Ausführung Beteiligten zu vermeiden.

## Rechtsfragen & Antworten

### » Frage 01: Welche Rechtsgrundlagen sind bei Umsetzung energiesparender Maßnahmen an Gebäuden zu beachten?

Da es sich bei Energiesparmaßnahmen gemäß GEG regelmäßig um Bauleistungen handelt, sind für die vertraglichen Ansprüche zwischen Auftraggeber/in und Auftragnehmer/in 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 des GEG zu beachten. Welche konkreten Anforderungen sich bei Ausführung gewerkespezifischer Leistungen

ergeben, ist in den vorstehenden Teilen 1 und 2 dieser Broschüre erläutert. Neben den dort dargestellten technischen Anforderungen und Parametern enthält das GEG außerdem Anforderungen an die Nachweisführung über die Einhaltung der Vorschriften des GEG sowie Sanktionen bei Verletzung der sich aus dem GEG ergebenden Verpflichtungen.

### » Frage 02: Welche Folgen können Verstöße gegen das GEG haben?

Verstöße gegen das GEG 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 der nach dem GEG einzuhaltenen technischen Parameter dar. Ordnungswidrigkeiten nach dem GEG 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 03: 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 vorschreibenden gesetzlichen Regelungen als auch aus ausdrücklichen vertraglichen Vereinbarungen ergeben. Darüber hinaus sind DIN-Vorschriften anerkannte Regeln der Technik zum Zeitpunkt ihres Erlasses und spiegeln diese wider.

Bei „älteren“ DIN-Vorschriften kommt es jedoch 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 oder die Auftraggeberin auf diesen Umstand ausdrücklich hinzuweisen (s. hierzu auch Fragen 5 und 6).

### » Frage 04: 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 sowie den im Vertrag (Leistungsverzeichnis) vereinbarten Parametern (z. B. Dämmungsdicke 24 cm) entsprechen. Wird später lediglich eine Dämmung mit einer Dicke von 20 cm eingebaut, ist die Leistung selbst dann mangelhaft, wenn mit der eingebauten Dämmung die energetischen Anforderungen des GEG erfüllt werden.

Außerdem muss sich die Leistung für die nach dem Vertrag vorausgesetzte, oder, wenn es dazugehörige Vereinbarungen nicht gibt, für eine gewöhnliche Verwendung eignen. Sind hiernach beispielsweise Dämmarbeiten in einem Laborgebäude vorzunehmen, in welchem mit Temperaturen von teilweise 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 funktions-taugliche Leistung (vgl. „Blockheizkraftwerkfall“ BGH, Urteil vom 08.11.2007 – VII ZR 183/05), herzustellen.

### » Frage 05: 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 8 cm dicken Dämmung obwohl 16 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 Dach-eindeckung unter Einhaltung sämtlicher technischer 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 zu treffen (beispielsweise durch Anordnung entsprechender Leistungsänderungen) und aus unternehmerischer Sicht eine Haftung für aus derartigen Umständen später resultierende Mängel zu vermeiden. (§ 13 Nr. 3 VOB/B)

### » Frage 06: Ist eine Befreiung von der Haftung wegen Verstößen gegen das GEG möglich?

Wie bereits unter Frage 2 ausgeführt, ist derartiges 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 (§ 105 GEG) und Befreiungen (§ 102 GEG) hingewiesen werden. Ausnahmen sind beispielsweise bei Baudenkmalen möglich und von der Einhaltung der Anforderungen des GEG kann befreit werden, wenn die Einhaltung der Anforderungen einen unangemessenen Aufwand darstellen oder zu einer unbilligen Härte führen würde.

### » Frage 07: Wie haftet der Unternehmer, der als Grundlage seines Angebotes selbst ein Leistungsverzeichnis erstellt?

Gerade bei kleineren Bauvorhaben kommt es häufig vor, dass eine Architektin/ein Architekt zur Erstellung von Planungen durch den/die Bauherren nicht hinzugezogen wird. Die Aufforderung zur Angebotserstellung an die ausführenden Unternehmen 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 zugrunde liegenden Leistungsverzeichnisses erbringt der ausführende Unternehmer/die Unternehmerin somit auch planerische Leistungen, für die er/sie letztendlich haftet, meist ohne dass er hierfür eine gesonderte Vergütung erhält. Eine Anmeldung von Bedenken, wie sie beispielsweise unter Frage 5 thematisiert wurde, ergibt hier keinen Sinn, soweit sie gegen „eigene“ planerische Fehler gerichtet ist. 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, die z. B. zur Ausstellung von Energieausweisen berechtigt sind.

### » Frage 08: Gibt es Haftungsunterschiede zwischen offensichtlichen, verdeckten und „versteckten“ Mängeln?

Grundsätzlich gibt es keine Haftungsunterschiede. So stehen dem Auftraggebenden 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 derartiges 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 Mängel-



ansprüche 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 09: Ist eine förmliche Abnahme ausgeführter Leistungen sinnvoll?

Die Durchführung einer förmlichen Abnahme, mithin einer gemeinsamen Besichtigung der ausgeführten Leistungen zwischen Auftragnehmer/-in und Auftraggeber/in unter anschließender Erstellung eines Abnahmeprotokolls ist empfehlenswert. Obwohl es darüber hinaus noch weitere Möglichkeiten zur Herbeiführung der Abnahmewirkungen gibt, beispielsweise durch schlüssiges Verhalten oder durch die in § 12 Nr. 5 VOB/B vorgesehenen fiktiven Abnahmen, erleichtert die förmliche Abnahme die Nachweisführung der erfolgten Abnahme sowie ihres Zeitpunktes. Die Durchführung einer förmlichen Abnahme ist wegen der Beweiskraft des Protokolls empfehlenswert – 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).

### » Frage 10: Wie sollte auf eine Mängelanzeige reagiert werden?

Unternehmern und Unternehmerinnen 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 liegt insbesondere darin begründet, dass durchgeführte Mangelbeseitigungsleistungen 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 Unternehmen verursachten Mangels darstellt.

### » Frage 11: Wann ist eine Unternehmererklärung abzugeben?

In den in § 96 GEG genannten Fällen ist eine Unternehmererklärung auszustellen. Dies ist grundsätzlich der Fall bei Änderungen von Außenbauteilen im Sinne des § 48, bei der Dämmung der obersten Geschossdecken gemäß § 47 Absatz 1, auch in Verbindung mit Absatz 3, dem Einbau von Zentralheizungen nach den §§ 61 bis 63, der Ausstattung von Zentralheizungen mit Regelungseinrichtungen nach den §§ 61 bis 63, dem Einbau von Umwälzpumpen in Zentralheizungen und Zirkulationspumpen in Warmwasseranlagen nach § 64, dem erstmaligen Einbau, Ersatz oder Wärmedämmung von Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen nach den §§ 69 und 71 oder von Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen in Klimaanlageanlagen oder sonstigen Anlagen der Raumlufttechnik nach § 70, dem Einbau von Klima- und raumlufttechnischen Anlagen oder Zentralgeräten

und Luftkanalsystemen solcher Anlagen nach den §§ 65 bis 68 oder der Ausrüstung von Anlagen mit Einrichtung zur Feuchteregeleung nach § 66. Die Unternehmererklärung ist unverzüglich nach Abschluss der Arbeiten schriftlich dem Eigentümer zu übergeben und muss bestätigen, dass die geänderten oder eingebauten Bau- oder Anlagenteile dem GEG entsprechen. Die Unternehmererklärung kann auf einem gesonderten Formular oder auf einer erteilten Rechnung abgegeben werden.

### » Frage 12: Wann ist ein Energieausweis zu erstellen und inwiefern ist dieser für den ausführenden Betrieb von Relevanz?

Der Bauherr/die Bauherrin bzw. der Gebäudeeigentümer/die Gebäudeeigentümerin 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 Interessierten ein Energieausweis einschließlich der Modernisierungsempfehlungen 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 zugrunde gelegt wird (sowohl hinsichtlich der verwendeten Baustoffe als auch deren Verarbeitung), können die berechneten Werte nur dann erreicht werden, wenn eine ordnungsgemäße Leistungsausführung der beteiligten Bauunternehmen vorliegt. Ist dies nicht der Fall, ist nicht nur die Leistung des Unternehmens 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/der Bauherrin wegen eines insoweit erhöhten Energiebedarfes zur Folge haben kann.

## Gesetze und Verordnungen

**Bei energetischen Sanierungsmaßnahmen sind die gesetzlichen Vorgaben (Stand: 12/2022) zwingend einzuhalten:**

- ▶ Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz – GEG)
- ▶ Niedersächsische Gesetzgebung zum Klimaschutz (Niedersächsisches Klimagesetz)
- ▶ Bauordnungen der Länder

#### **Hinweis:**

Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) trat am 01. November 2020 in Kraft. Es führte das Energieeinspargesetz, die Energieeinsparverordnung und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz zusammen.



# Wesentliche technische Normen und Vorschriften

## Technische Regelwerke und Normen

Technische Regelwerke und Normen bilden den Rahmen für Berechnungen und die technische Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen (Stand: 10/2022).

- › DIN 4108  
Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden
- › DIN V 18599  
Energetische Bewertung von Gebäuden
- › DIN 1946-6  
Raumluftechnik
- › 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

## 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 Energieeinsparung in Gebäuden
- › **DIN 4109**  
Schallschutz im Hochbau
- › **DIN EN 1991**  
Ausgabe 2010-12: Einwirkung auf Tragwerke
- › **DIN EN 12056**  
Ausgabe 2001-01: Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden
- › **DIN 1986-100**  
Ausgabe 2008-05: Regenspende
- › **DIN 18195**  
Bauwerksabdichtungen
- › **DIN 18338**  
Ausgabe 2010-04: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Dachdeckungs- und Dachabdichtungsarbeiten
- › **DIN 18339**  
Ausgabe 2010-04: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Klempnerarbeiten
- › **DIN 18531**  
Ausgabe 2010-05: Dachabdichtungen – Abdichtungen für nicht genutzte Dächer

## Sanierung von Außenwänden

- › **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
- › **GEG: Gebäudeenergiegesetz**

## Sanierung 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: Wärmedämmverbundsysteme
- › **DIN V 18073**  
Rollläden, Markisen, Rolltore und sonstige Anschlüsse im Bauwesen
- › **DIN 18008**  
Glas im Bauwesen
- › **DIN 10077**  
Norm für wärmetechnisches Verhalten von Fenstern



# Glossar

## Absolute Luftfeuchtigkeit

Als absolute Luftfeuchtigkeit wird der Wasserdampfgehalt der Luft, bezogen auf 1 kg oder 1 m<sup>3</sup> Trockenluft bezeichnet. Als Maßeinheit wird g/kg bzw. g/m<sup>3</sup> verwendet.

## Amortisationszeiten

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

## Drei-Liter-Haus

Der Begriff wurde vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik vor Einführung der Energieeinsparverordnung 2002 geprägt. Er beschreibt Niedrigenergiehäuser, die je m<sup>2</sup> Nutzfläche einen Primärenergiebedarf von weniger als 34 kWh aufweisen – dies entspricht dem Primärenergiegehalt von 3 Liter Heizöl.

## Effizienzhaus-Standards

„Effizienzhaus“ bezeichnet den Energiestandard eines Wohngebäudes. Entscheidende Kriterien sind dabei der Gesamtenergiebedarf des Gebäudes und wie gut die Wärmedämmung ist. Die Werte hierfür werden als „Primärenergiebedarf“ und „Transmissionswärmeverlust“ angegeben. Zusätzliche Kriterien können die Nachhaltigkeit oder der Einsatz erneuerbarer Energien sein. Die Effizienzhaus-Standards bilden die Förderstu-

fen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) ab. Wird ein Gebäude durchsanziert, sollte zumindest der Effizienzhausstandard 55 angestrebt werden. Wird die Sanierung des Gebäudes in einzelnen Schritten durchgeführt, sollte man mindestens die „Technischen Mindestanforderungen für Einzelmaßnahmen“ einhalten. Im Neubau haben sich die Förderstandards „Effizienzhaus 40“ und „Effizienzhaus 40+“ etabliert

## 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<sub>h</sub>)

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.

## 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 Wärmeenergie 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/(m<sup>2</sup>a) liegt der spezifische Jahresheizwärmebedarf eines Passivhauses ca. 75 % 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<sub>p</sub> zielt das GEG (Gebäude Energie Gesetz).



## 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 Rauminnen-seite, wodurch die Gefahr von Tauwasserausfall und Schimmelbildung besteht. Neben den hygienischen Problemen besteht gleichzeitig die Gefahr von Bauschäden durch Schwitzwasserbildung.

## Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda$ -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 WLK die Unterteilung in 1er-Schritten. Der Wert errechnet sich aus dem Wert der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$ . Von diesem sind es die letzten drei Ziffern nach dem Komma (z. B. WLS 033).



## Bildnachweise

### Titel, Rückseite

Tatergang-Nöth

### Seite 6

U. Doberts

### Seite 8

Tatergang-Nöth

### Seite 20

Weißenborn

### Seite 32, 69

KEAN

### Seite 70

shutterstock/zolnierenek

### Seite 83

planzwei

### Bild 1, 2, 8

KEAN

### Bild 3, 97, 98, 101

Bauhandwerk Vetter, Gohrisch

### Bild 6, 75

FMI Fachverband Mineralwolleindustrie e.V.

### Bild 10, 11

Baugeschäft Jürgen Gräfe GmbH, Kriepitz

### Bild 22, 24, 63, 64, 68–70, 90, 91, 95

Wohnungsbaugesellschaft Weißwasser mbH

### Bild 25, 30, 43, 55, 94

Bernhardt/Schmidt, Dresden

### Bild 26, 39

Weißenborn

### Bild 27, 74, 80

Pension Bauernhaus Vetter, Papstdorf

### Bild 28, 29, 31, 32, 76, 87

Schornsteinfegermeister Hermann Rieche, Sehnde

### Bild 33, 46–48

Knauf Insulation GmbH

### Bild 34, 38, 40–42, 45, 92, 93

Deutsche Rockwool Mineralwolle GmbH & Co. OHG

### Bild 35–37

Boomer bvba, Lummen (Belgien)

### Bild 49

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

### Bild 50

Eisedicht Luftdichtungsmanschetten

### Bild 51, 102

Gabriele Gärtner, www.gg-projekt.de

### Bild 52, 53

Linzmeier Bauelemente GmbH

### Bild 77, 78, 81, 82, 96

Remmers Baustofftechnik GmbH

### Bild 99, 100

Doyma GmbH & Co.

### Bild 4, 5, 7, 9, 12–21, 23, 44, 45, 54, 56–62, 65–67, 71–73, 79–80, 84–86, 88, 89

Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH und die Mitherausgeber der ursprünglichen Publikation „Energetische Sanierung – Ein Praxisleitfaden zur Gebäudehülle“.



## Impressum

### Herausgeber

Klimaschutz- und Energieagentur  
Niedersachsen GmbH

Osterstraße 60  
30159 Hannover  
Telefon: 0511 897039-0  
info@klimaschutz-niedersachsen.de  
www.klimaschutz-niedersachsen.de

### Redaktion

Klimaschutz- und Energieagentur  
Niedersachsen GmbH

Mitarbeit: Verena Michalek

### Druck und Papier

1. Auflage, Hannover, Dezember 2022  
Umweltdruckhaus Hannover  
Circle Silk Premium White, 100 % Recyclingpapier

Die Broschüre „Energetische Gebäudesanierung – Ein Praxisleitfaden zur Gebäudehülle“ basiert auf der gleichnamigen Publikation der Sächsischen Energieagentur - SAENA GmbH in Kooperation mit:

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

Technische Universität Dresden  
Institut für Bauklimatik

Sächsischer Baugewerbeverband e.V. Dresden

### Gestaltung

Mitte Mai, www.mittemai.de







**Klimaschutz- und Energieagentur  
Niedersachsen GmbH**

Osterstraße 60  
30159 Hannover  
Telefon: 0511 897039-0  
[info@klimaschutz-niedersachsen.de](mailto:info@klimaschutz-niedersachsen.de)  
[www.klimaschutz-niedersachsen.de](http://www.klimaschutz-niedersachsen.de)

Gefördert durch:



**Niedersächsisches Ministerium  
für Umwelt, Energie und Klimaschutz**