

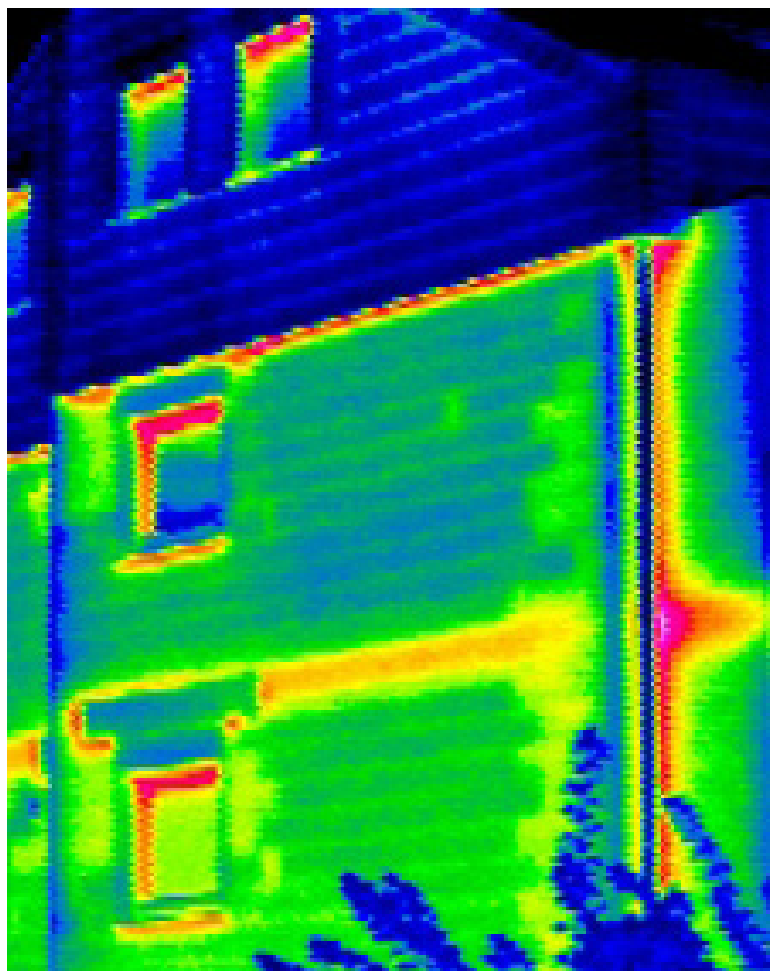


WÄRMEBRÜCKEN

URSACHEN UND AUSWIRKUNGEN

HINWEISE ZUR VERRINGERUNG UND VERMEIDUNG

04 ENERGIESPAR-
INFORMATIONEN



Warum Wärmebrücken vermeiden?

Das Titelbild zeigt eine mit einer Infrarotkamera aufgenommene Fassade: Deutlich zu erkennen ist die Wärmestrahlung, die von der einbindenden Betondecke ausgeht. Wärmebrücken erhöhen den Heizenergieverbrauch, sie verschlechtern die Behaglichkeit im Raum und können in extremen Fällen eine Schädigung der Bausubstanz mit sich bringen.

Erhöhter Energieverbrauch

Der verstärkte Wärmeabfluss führt zu höheren Umweltbelastungen und erhöht die Heizkosten für den Nutzer.

Beeinträchtigung der thermischen Behaglichkeit

Durch den erhöhten Wärmefluss im Bereich einer Wärmebrücke sinkt dort auch die innere Oberflächentemperatur des Außenbauteils im Winter. Kalte Oberflächen haben zur Folge, dass der Bewohner einen „Zug“ zu spüren vermeint. In Wirklichkeit wird ihm wesentlich mehr Strahlungswärme entzogen als bei höheren Oberflächentemperaturen. Um dieser Unbehaglichkeit zumindest teilweise entgegenzuwirken, wird der Bewohner die Heizung höher stellen, um die Raumlufttemperatur zu erhöhen. Dadurch steigt der Heizenergieverbrauch noch mehr. Die Temperaturdifferenz zwischen Raumluft und mittlerer innerer Oberflächentemperatur der begrenzenden Raumflächen sollte nicht mehr als 3 °C betragen.

Mangelhafte Wohnhygiene

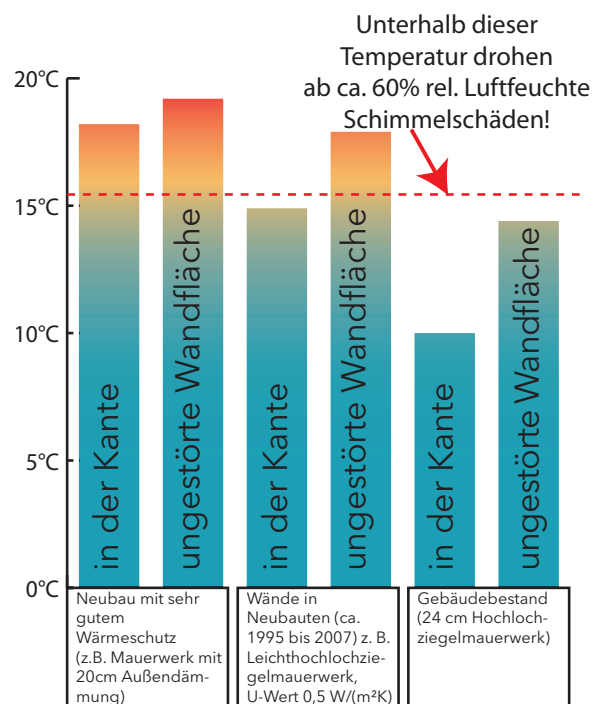
Die niedrige innere Oberflächentemperatur im Bereich einer Wärmebrücke kann zu Tauwasserausfall führen. Tauwasser bildet sich dann, wenn warme, feuchte Luft auf eine kalte Oberfläche trifft und dort unter den so genannten Taupunkt abgekühlt wird. An den dann feuchten Stellen sammelt sich Staub und bildet in Verbindung mit Tapetenkleister und Anstrich einen idealen Nährboden für die Sporen von teils gesundheitsschädlichen Schimmelpilzen. Insbesondere in Räumen mit nutzungsbedingt höherer Luftfeuchtigkeit wie Küchen und Bädern ist diese Gefahr groß. Aus wohnmedizinischer Sicht sollte die relative Luftfeuchtigkeit zwischen 30 und 60 % liegen. Um Tauwasserausfall zu vermeiden, sollte eine Innenoberflächentemperatur der Kanten von 12 °C keinesfalls unterschritten werden. Ein Neubau mit sehr gutem Wärmeschutz (vgl. *Energiesparinformation Nr. 3 „Niedrigenergiehäuser“*) garantiert auch in Gebäudeecken stets eine Oberflächentemperatur, die Tauwasserausfall sicher ausschließt.



An einer durch Wärmebrückenwirkung eines Betonsturzes ausgekühlten Wandfläche schlägt sich Feuchtigkeit nieder. Der Schimmelpilz hat ideale Bedingungen für sein Wachstum.

Gefährdung der Bausubstanz

Der Tauwasserniederschlag im Bereich von Wärmebrücken kann bei längerer Durchfeuchtung zu Bauschäden führen. Dies wird durch die Tatsache noch verstärkt, dass die einmal durchfeuchtete Wand aufgrund der dadurch erhöhten Wärmeleitfähigkeit innen weiter abkühlt und so die Wärmebrückenwirkung erhöht wird.



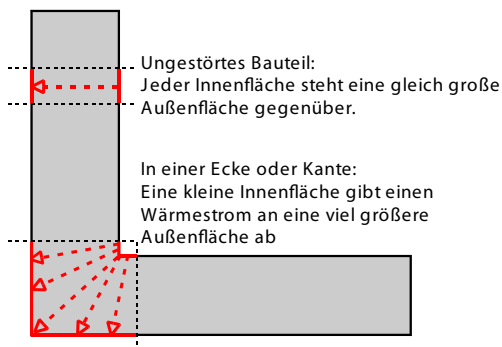
Temperaturen in der Außenkante bei unterschiedlichem Dämmstandard der Außenwand. Jeweils links sind die Temperaturen in der Kante, rechts die auf der Innenoberfläche der ungestörten Wand dargestellt. Es ist zu erkennen, dass sich erst bei sehr gutem Wärmeschutz befriedigende Temperaturen in der Kante einstellen.

(Außentemperatur -10 °C, Raumtemperatur +20 °C)

Wodurch entstehen Wärmebrücken?

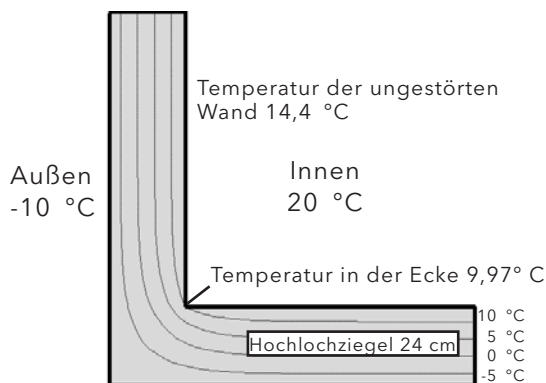
Wärmebrücken können verschiedene Ursachen haben.

Geometrisch bedingte Wärmebrücken entstehen dort, wo die wärmeaufnehmende Innenoberfläche kleiner als die wärmeabgebende Außenoberfläche ist. Das ist beispielsweise an Gebäudekanten und - ausgeprägter noch - an Gebäudeecken der Fall. Geometrische Wärmebrücken können nicht vollständig vermieden werden. Eine gute Wärmedämmung der Außenwand reduziert jedoch ihre Auswirkung entscheidend.

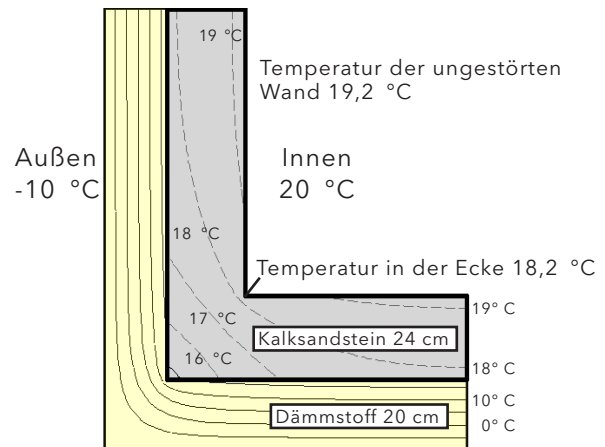


Das Prinzip der geometrischen Wärmebrücke in der Kante Außenwand. Die Pfeile symbolisieren den Wärmestrom.

Die folgenden Grafiken zeigen das Absinken der inneren Oberflächentemperatur in der Kante einer Außenwand bei unterschiedlichen Dämmstandards. Während beim schlechten Wärmeschutz die Oberflächentemperatur 10°C beträgt, liegt sie bei sehr gutem Wärmeschutz bei $18,2^{\circ}\text{C}$. Es ist der horizontale Temperaturverlauf in einer Außenwanddecke für das Beispiel mit schlechtem und sehr gutem Wärmeschutz dargestellt. Die eingezeichneten Linien verbinden Punkte mit gleicher Temperatur. Sie werden Isothermen genannt.



Mit einem Wärmebrückenprogramm lässt sich der Verlauf der Isothermen im Bauteil berechnen. Bei einem Wand-U-Wert von $1,44\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ (ungedämmter Altbau) sinkt die Innen-Oberflächentemperatur auf $9,97^{\circ}\text{C}$. Das bedeutet hohe Wärmeverluste und Schimmelgefahr.



Temperaturverlauf in der Kante einer sehr gut gedämmten Außenwand (U-Wert: $0,19\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$). Die Isothermen konzentrieren sich auf den Bereich des Dämmstoffs. Die innen liegende Kalksandsteinwand bleibt warm.

Konstruktiv bedingte Wärmebrücken liegen vor, wenn Materialien mit hoher Wärmeleitfähigkeit konstruktionsbedingt ein Außenbauteil mit besserem Wärmeschutz durchstoßen.

Beispiele dafür sind:

- eine das Außenmauerwerk unterbrechende Stahlbetonstütze oder Ringanker
- ein unzureichend gedämmter Fenstersturz
- eine auskragende Stahlbetonplatte (Balkon)
- ein Stahlbetondeckenaufleger

Die Störzone einer Wärmebrücke (Bereich der Temperaturabsenkung) zieht sich auch noch in das umgebende Bauteil hinein.

Wärmebrücken können auch durch unsachgemäße Ausführung entstehen:

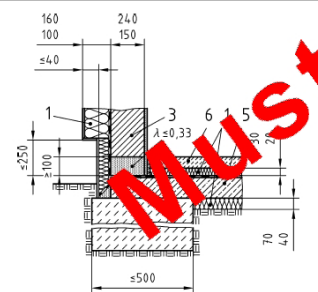
- Dachdämmung, die nicht das gesamte Gefach füllt
- Lücken in der Dämmung
- Mangelhafte Anschlüsse, z. B. zwischen Außenwand und Fenstern
- Im einschaligen ungedämmten Mauerwerksbau werden Lücken am Ende einer Steinreihe häufig einfach mit Mörtel verfüllt, welcher die Wärme viel stärker leitet als der Stein.

Auch mehrere der Gründe können bei der Entstehung von Wärmebrücken zusammenwirken.

Bewertung in der Energieeinsparverordnung EnEV

Berechnung der Wärmebilanz

Eine gewisse Berücksichtigung der Wärmebrückeneffekte findet schon dadurch statt, dass bei der Aufnahme der Teilflächen der thermischen Hülle generell nicht mit Innenmaßen sondern mit den größeren Außenmaßen gearbeitet wird. Zusätzlich wird gemäß EnEV in der Wärmebilanzrechnung auf alle Flächen ein Zuschlag von $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auf die U-Werte aller Bauteile eingerechnet. Werden im Neubau die in der DIN 4108 Beiblatt 2 aufgeführten Konstruktionsbeispiele verwendet, so halbiert sich der Aufschlag auf $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Bild 14 — Bodenplatte auf Erdreich — außengedämmtes Mauerwerk	Bemerkungen:
	<p>Auf Verwendung eines wärmetechnisch verbesserten Kimmsteins ($\lambda \leq 0,33 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$) kann verzichtet werden, wenn das Streifenfundament einseitig gedämmt wird. Die Einbindetiefe der erdberührten Wärmedämmung ($d \geq 60 \text{ mm}$) beträgt mindestens 300 mm von Oberkante Bodenplatte (Rohdecke) gemessen, siehe auch Bild 30.</p> <p style="text-align: center;">$\Psi \leq 0,34 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$</p>

In dem Beiblatt 2 zur DIN 4108 sind zahlreiche Beispiele für wärmebrückenarme Konstruktionen detailliert beschrieben. Rechts unten steht jeweils der längenbezogene Wärmebrückenkoeffizient Ψ -(Psi).

Bei sorgfältiger Planung lohnt es sich, die Wärmebrücken genau einzeln zu bilanzieren, entsprechend der DIN V 4108 - 6: 2000.11 in Verbindung mit weiteren anerkannten Regeln der Technik. Üblicherweise lässt man diese Arbeit von einem Fachplaner ausführen. Bei der detaillierten Berechnung entfällt der pauschale U-Wert-Zuschlag auf die Flächen. Bei geometrischen Wärmebrücken können sich sogar wegen des Außenmaßbezugs negative Ψ -(Psi) Werte ergeben. Der Erwerber eines Neubaus sollte sich in jedem Fall bei den Planern erkundigen, wie Wärmebrücken bilanziert bzw. minimiert wurden.

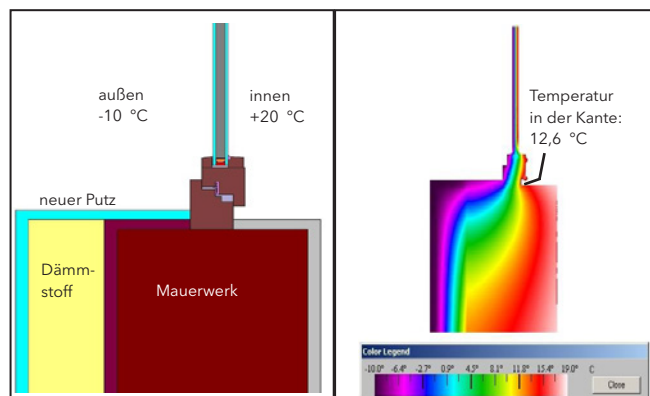
Bewertung im Altbaubestand

Der pauschale Zuschlag von $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ gilt prinzipiell auch für Bestandsgebäude, allerdings reicht er in vielen Fällen bei weitem nicht aus. Bei Betonbauten mit vielen Versprüngen und auskragenden Bauteilen können die Wärmebrücken über 20% der gesamten Wärmeverluste ausmachen. Werden solche Gebäude gedämmt ohne die Wärmebrücken zu beseitigen, steigt der relative Anteil dieser Verluste noch weiter. Zudem sind Bau- bzw. Schimmelschäden durch die Kondensation von Wasserdampf aus der feucht-warmen Raumluft wahrscheinlich. Der Umfang der zusätzlichen Verluste lässt sich mit einem Wärmebrückenprogramm berechnen. Für eine grobe Abschätzung reicht der Blick in Wärmebrückenatlanten, welche die häufigsten Standardsituationen abbilden.

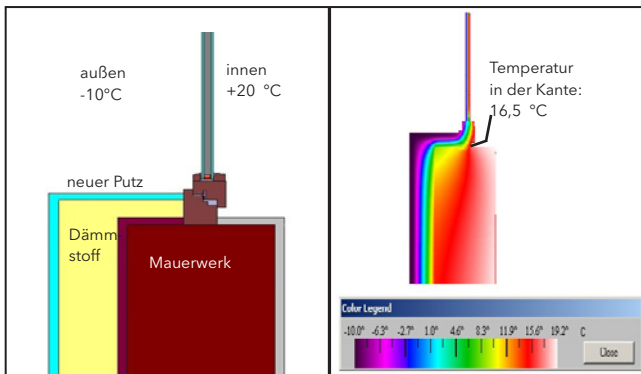
Typische Wärmebrücken

Anschluss Fenster/gedämmte Außenwand

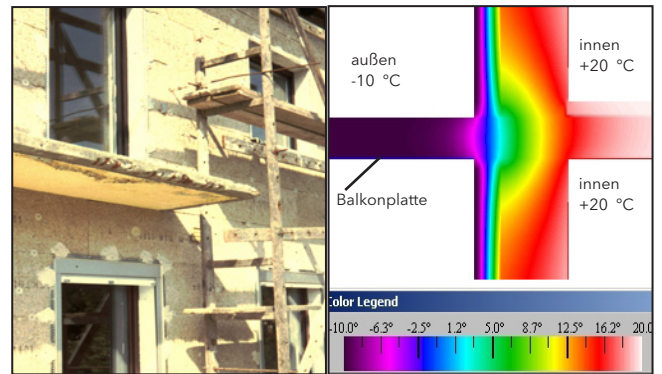
Bleibt zwischen Fensterrahmen und Außendämmung eine Lücke mit ungedämmtem Mauerwerk, so ist der Wärmeverlust in der Fensterlaibung sehr hoch. Laibung und Rahmen bleiben kalt und werden oft feucht. Sollen die Fenster nicht verändert werden, besteht eine gute Lösung darin, die Fensteröffnung außen rundum ebenfalls mit mindestens 3 cm Dämmstoff bis zum Fensterrahmen zu dämmen. Im Neubau und im Fall einer gleichzeitigen Sanierung von Fenster und Außenwand sollten die Fenster außenbündig ins Mauerwerk gesetzt und die Außendämmung mindestens 3 cm über den Fensterrahmen gezogen werden.



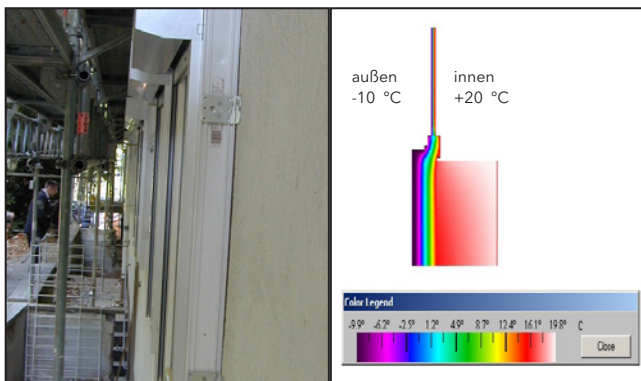
Eine anschauliche Art der Darstellung sind von dem Wärmebrückenprogramm erzeugte Thermografiebilder. Hier ein horizontaler Schnitt durch eine ungedämmte Fensterlaibung: links der Bauteilaufbau, rechts die berechnete Temperaturverteilung. Die Temperatur in der Kante am Fenster sinkt auf Werte, die bei leicht erhöhter Luftfeuchte zu Kondensat und Schimmel führen.



Die Lösung bei Dämmmaßnahmen im Altbau bei unveränderten Fenstern: Die Dämmung wird in die Laibung auf den Fensterrahmen geführt. Die Temperatur in der Innenkante steigt auf 16,5 °C. Das liegt deutlich über der Oberflächentemperatur der Scheibe und bedeutet bei normaler Raumfeuchte keinerlei Gefahr von Kondensation.



Temperaturverteilung in einer Wand, deren außen aufgebraachte Dämmung von einer auskragenden Balkonplatte durchstoßen wird. Die Temperatur liegt bei diesem Beispiel im Bereich der Kante bei 15,8 °C. Hier geht viel Wärme verloren, zudem besteht die Gefahr von Schimmelschäden.



Die ideale Lösung für den Neubau und für Sanierungen, die das Aufbringen eines Wärmedämmverbundsystems und den Einbau neuer Fenster zusammenfassen. Das Fenster wird vor die Fassade gesetzt und teilweise vom Dämmstoff überdeckt. In der Thermografie ist gut zu erkennen, dass die Wand vollständig warm (rot) bleibt. Wichtig ist dabei, dass zwischen Fensterrahmen und dem Innenputz ein luftdichter Anschluss hergestellt werden muss (s. auch [Energiesparinformation Nr. 7](#)).



Werden vor dem Aufbringen der Dämmung die auskragenden Betonteile abgetrennt, so ist das Problem vollständig beseitigt.

Balkon als auskragende Stahlbetonplatte

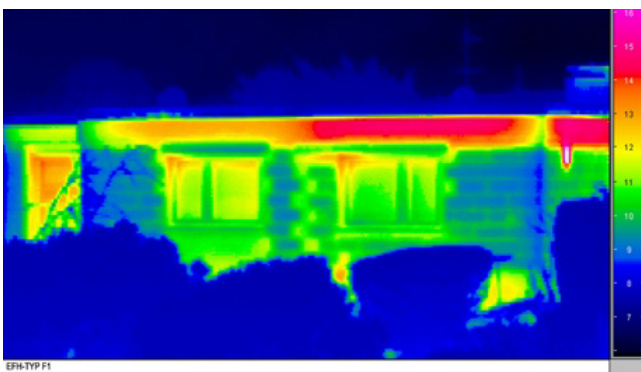
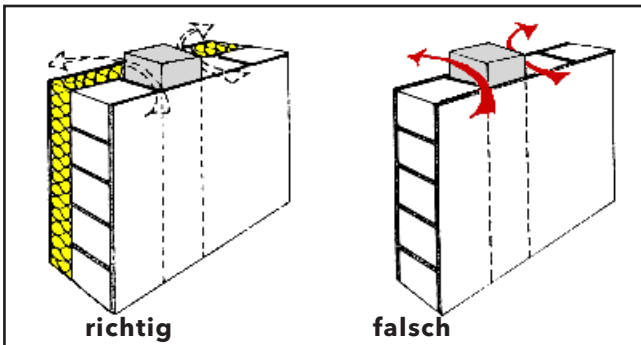
Eine „klassische“, extrem starke Wärmebrücke: Die Dämmung wird durch die sehr gut wärmeleitende Stahlbetonplatte durchstoßen. Die große Oberfläche des Balkons führt die Wärme wie eine Kühlrippe an die Außenluft ab. Die Folgen sind eine starke Auskühlung der Decke in den Räumen und häufig Feuchteschäden. Besser ist es, den Balkon auf Konsolen aufzulagern. Diese bilden zwar ebenfalls Wärmebrücken, jedoch wird die Dämmung nur auf einer kleineren Fläche unterbrochen (noch besser: spezielle gedämmte Tragelemente; am besten: Balkon wird völlig getrennt vor die Fassade gestellt).



Im Neubau lassen sich die Wärmebrückenwirkungen von Kragplatten durch vorgefertigte Tragelemente vermindern, deren Dämmschicht nur von Armierungen aus rostfreiem Stahl durchstoßen wird.

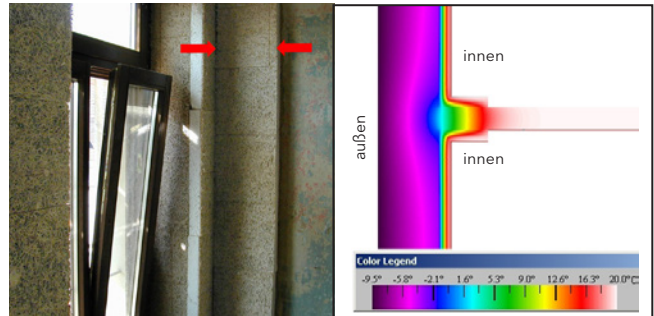
Betonstütze in Mauerwerksaußenwand

Die Wärmeleitung ist im Beton mehr als viermal so hoch als z. B. in einem Ziegelmauerwerk. Eine Zusatzdämmung nur auf der Außenseite der Stütze reicht nicht aus, da die Wärme dann weiterhin seitlich durch das dünne verbliebene Mauerwerk abfließen kann. Durch eine durchgehende, außen liegende Wärmedämmung kann der Wärmebrückeneffekt fast vollständig ausgeschaltet werden. Vergleichbare Situationen liegen bei Fensterstürzen und Stahlbetondeckenaufleger vor.



Innenwandanschluss bei Innendämmung

Bei der Altbausanierung werden Außenwände oftmals von innen gedämmt. Die Dämmung endet dann i. Allg. an Innenwänden - dort entstehen Zonen mit stark abgesenkter Oberflächentemperatur und erhöhtem Wärmeverlust. Eine gute Lösung sind Dämmkeile bzw. eine Flankendämmung auf beiden Seiten der Innenwand. Der Wärmeverlust wird deutlich verringert, und kalte Zonen werden vermieden.



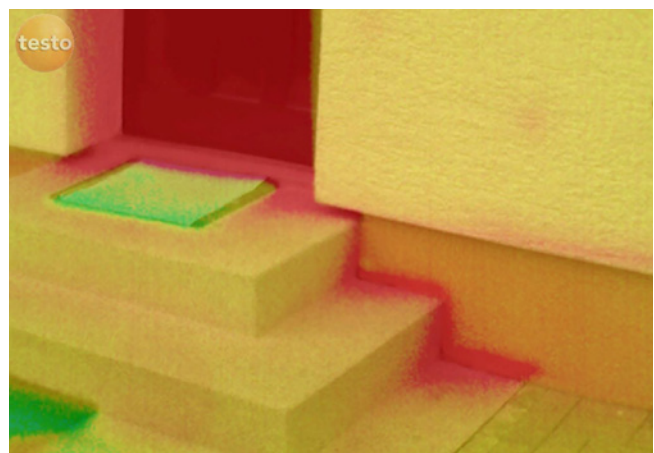
Bei diesem Altbau mit erhaltenswerter historischer Fassade wurde eine Innendämmung angebracht. Die in die Außenwand einbindenden Innenwände erhielten eine 30 cm breite Flankendämmung. Rechts die Situation im Schnitt. Die Berechnung zeigt, dass in diesem Fall durch die Flankendämmung die minimale Temperatur an der Innenkante von 14,1 auf 17,6°C steigt.

Bild links: Auf dieser Thermografieaufnahme ist gut zu erkennen, wie das Betondeckenaufleger eines Bungalows Wärme an die Umgebung abstrahlt

Reduzierung von Wärmebrücken beim Neubau



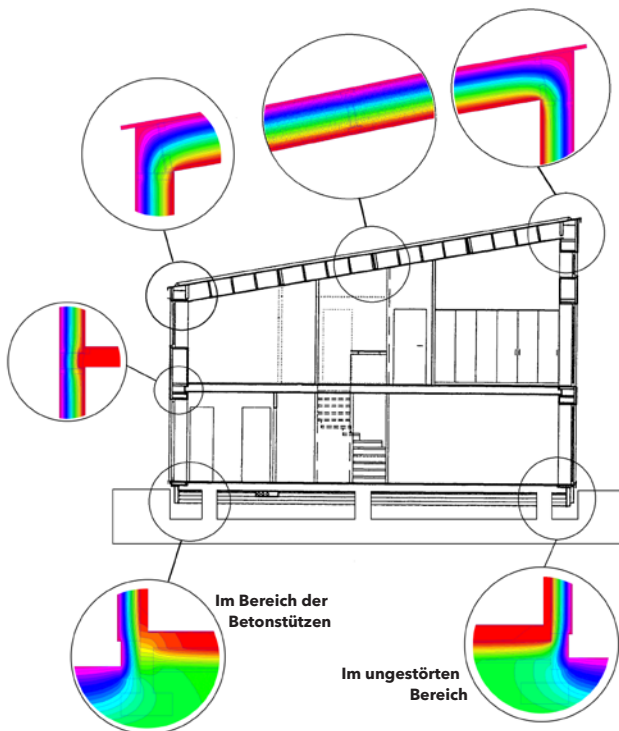
Am besten sind Konstruktionen, bei denen auf Kragplatten verzichtet wird. Bei diesem Mehrfamilienhaus stehen die Laubengänge auf schlanken Stützen thermisch völlig getrennt vom gut gedämmten Gebäudekörper und bilden doch optisch eine Einheit mit ihm.



Diese Überlagerung von Foto und Thermographiebild zeigt zwar einen Altbau, aber der Fehler ist auch bei Neubauten noch weit verbreitet. An einem Gebäude mit Außenwand- und Sockeldämmung bildet eine Eingangstreppe aus Beton eine Wärmebrücke. Die rote Farbe zeigt, wie die Wärme förmlich unter der Dämmschicht „durchsickert“. Eine Lösung für dieses Problem ist in der *Energiesparinformation Nr. 1 „Fenster und Außentüren“* beschrieben.

Hoher Wohnkomfort, Schutz der Bausubstanz, wirtschaftlicher Energieeinsatz und die Entlastung der Umwelt erfordern beim Neubau eine sehr gut gedämmte Außenhülle (vgl. **Energiespar-Information 3 „Niedrigenergiehäuser“**).

Beim sehr gut gedämmten Neubau haben geometrisch bedingte Wärmebrücken (wie z. B. Außenkanten) keine große Bedeutung mehr. Zwar bleibt bei diesen weiterhin der Wärmeverlust erhöht, die Oberflächentemperaturen erreichen dennoch fast die Raumtemperatur. Unkomfortabler Wärmestrahlungsentzug und Tauwasserausfall können daher bei vernünftiger Nutzung weitgehend ausgeschlossen werden. Auch die Auswirkungen von konstruktiven Wärmebrücken werden bei Verwendung einer sehr guten Außendämmung gemildert.



Eine Gebäudeplanung auf dem Stand der Technik optimiert systematisch alle Wärmebrückendetails am Gebäude, um den nötigen Energieeinsatz zu minimieren und so das technische und ökonomische Optimum zu erreichen.

Ein zusätzlicher Wärmeverlust durch konstruktiv bedingte Wärmebrücken fällt beim hochgedämmten Neubau stark ins Gewicht, weil die übrigen Wärmeverluste sehr gering sind.

Deshalb müssen beim Neubau mit sehr guter Wärmedämmung konstruktive Wärmebrücken sorgfältig reduziert oder wenn möglich, vermieden werden.

Auch Wärmebrücken durch unsachgemäße Ausführung müssen bei hochgedämmter Außenhülle ausgeschlossen werden.

Regelmäßige Abnahmen der Bauleitung (Architekten, Bauingenieur oder Energieberater) müssen

gewährleisten, dass fehlerhafte Bauausführungen rechtzeitig festgestellt und ausgebessert werden können. Geradezu klassisch ist z. B. der Fehler, dass bei Dämmschichten die als „verlorene Schalung“ eingebaut werden, Beton in die Lücken von unsauber zugeschnittenen Platten sickert.

Verringerung von Wärmebrücken anhand eines Beispiels

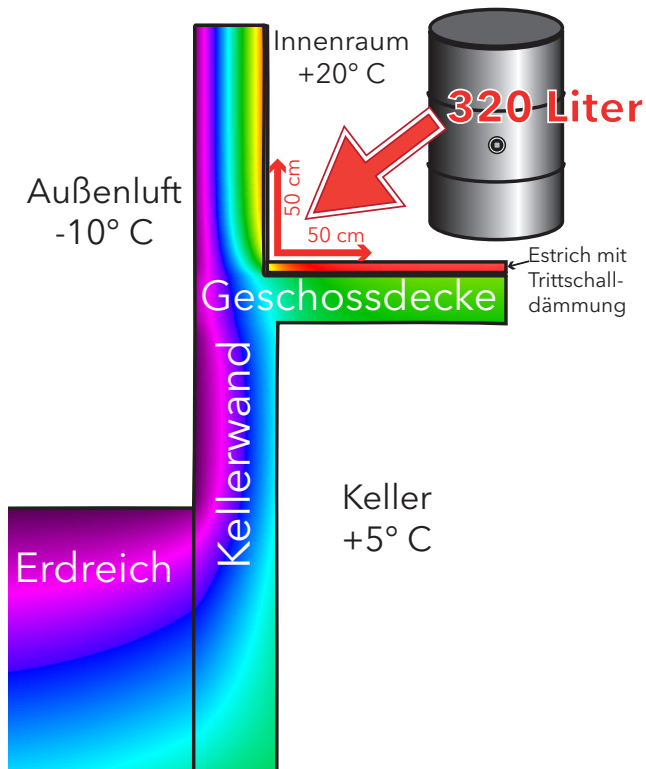
Die Möglichkeiten, die Auswirkungen von Wärmebrücken zu reduzieren, sollen auf den folgenden beiden Seiten beispielhaft anhand des Anschlusspunktes zwischen Kellerdecke und Außenwand erörtert werden.

Entscheidend zur Bewertung einer Lösung sind:

- die minimale Oberflächentemperatur an der Fußleiste, weil bei niedrigen Temperaturen Schimmelschäden drohen und
- der gesamte Wärmeverlust; dieser wird hier in Liter Heizöl pro Jahr für einen Streifen angegeben, der sich von der Innenecke aus betrachtet je 50 cm auf die Wand und den Fußboden erstreckt und den gesamten Gebäudeumfang von 34 m umfasst.



Es gibt im Baustoffhandel mehrere Materialien, um im Neubau den Wärmeabfluss durch die Wände in Richtung Kellerdecke zu vermindern. In diesem Bild werden gleich zwei vorgestellt. Die nicht tragende Innenwand steht auf einem nicht so druckfesten Schaumglasstreifen, $\lambda 0,06 \text{ W}/(\text{mK})$, während die statisch belastete Wand auf einem speziellen Kimmstein, $\lambda 0,33 \text{ W}/(\text{mK})$ abgetragen wird. Einen ähnlichen Aufbau, jedoch mit der Dämmschicht unter der Kellerdecke, zeigt die Variante „Guter Neubaustandard“ auf der übernächsten Seite mit einem Dämmstein im Schnitt.

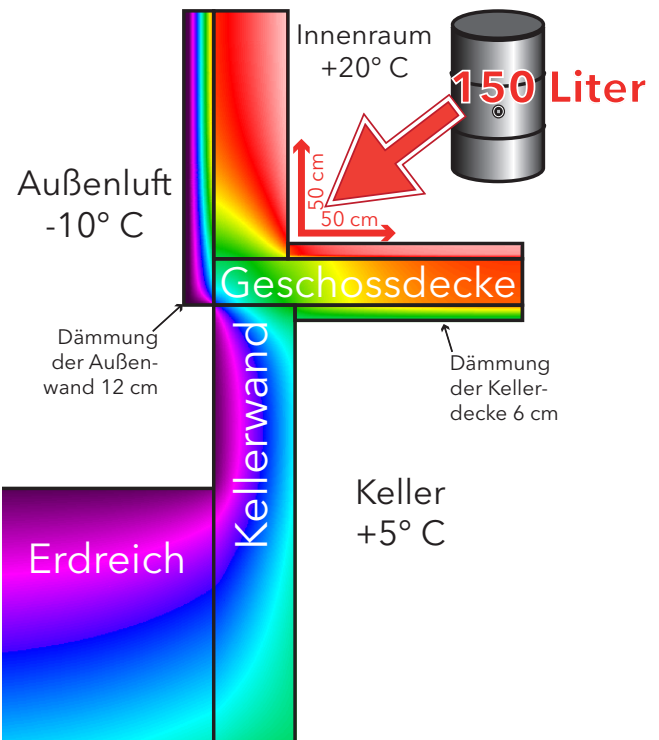


Altbau unsaniert:

Typische Situation im Gebäudebestand
Eine 24 cm dicke Mauersteinwand aus Hohlblocksteinen sitzt auf der 36,5 cm Kellerwand auf, welche auch die Betonkellerdecke trägt. Diese Konstruktion ist zwar gemäß Energieeinsparverordnung nicht mehr zulässig, ist aber im Bestand weit verbreitet. Zusätzlich zu den Wärmeverlusten durch die Wand und die Kellerdecke fließt Wärme nach unten über die Kellerwand ab. Die Oberflächentemperatur in der Kante zwischen Wand und Fußboden ist deshalb noch geringer als in der ungestörten Wandfläche.

minimale Oberflächentemperatur: 10,9 °C
Jahreswärmeverlust des ein-Meter-Streifens:
320 Liter Heizöl

Bewertung: Die Dämmung ist sowohl in der Fläche als auch in der Wärmebrücke sehr schlecht. Es besteht die Gefahr der Tauwasserbildung, und die Wärmeverluste sind unverträglich hoch.

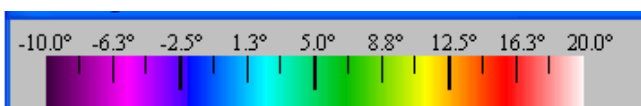


Altbau falsch saniert:

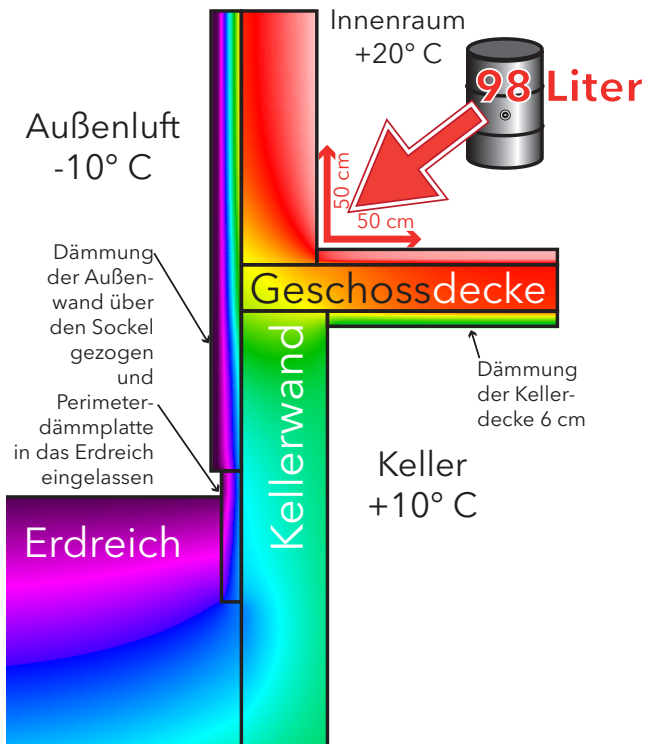
Dämmung von Außenwand und Kellerdecke ohne Beachtung der Wärmebrücke
In dieser Variante, die leider immer noch häufig so ausgeführt wird, sind sowohl die Außenwand (12 cm Außendämmung mit λ 0,035) als auch die Kellerdecke (6 cm unter der Kellerdecke) gedämmt. Dadurch sind die Innenoberflächentemperaturen sowohl im ungestörten Bereich als auch in der Wärmebrücke deutlich angehoben. Im Vergleich zur sonst guten Wärmedämmung bietet sich nun der Wärme ein sehr bequemer Weg über die gut leitenden Mauersteine nach unten zur Kellerwand. Hier fließt im Verhältnis zu den sonst stark reduzierten Wärmeverlusten sehr viel Wärme ab.

minimale Oberflächentemperatur: 14,3 °C
Jahreswärmeverlust des ein-Meter-Streifens:
150 Liter Heizöl

Bewertung: Durch die gute Außendämmung kann Tauwasserbildung nun im Allgemeinen vermieden werden. Das gut leitende Mauerwerk unterbricht jedoch die dämmende Hülle und führt zu erheblich höheren Wärmeverlusten gegenüber der hochgedämmten Außenwand. Diese sind für eine gelungene Sanierung nicht akzeptabel.



Die Zuordnung der Temperaturen zu den Farbverläufen in den vier Grafiken oben.



Altbau richtig saniert:

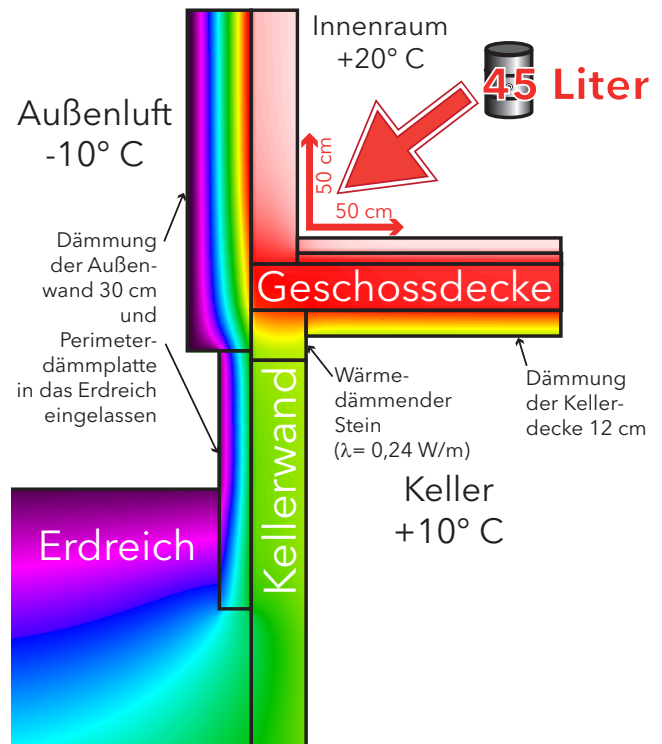
Zusätzliche Dämmung des Hausumfangs

Um den Wärmeabfluss über die Kellerwand zu verringern, wurde hier zusätzlich die Dämmung der Außenwand um 80 cm nach unten verlängert. Im Erdreich wird die Dämmschicht 60 cm weit mit einer 10 cm dicken Perimeterdämmung fortgesetzt.

minimale Oberflächentemperatur: 16,4 °C
 Jahreswärmeverlust des ein-Meter-Streifens:
 98 Liter Heizöl

Bewertung: Die Temperatur in der Kante kann durch die Maßnahmen so weit angehoben werden, dass Tauwasserbildung weitgehend ausgeschlossen wird. Der Wärmeverlust wird gegenüber der mangelhaften Sanierung aber „nur“ um 34 % verringert. Nach wie vor kann viel Wärme durch die schlecht dämmenden Mauersteine nach unten abfließen. Diese Lösung ist vergleichsweise aufwändiger, aber bei nachträglichen Dämmmaßnahmen im Bestand die einzig realisierbare Variante.

Bemerkung: Bei Gebäuden mit beheiztem Keller sollte die Dämmung bis auf das Fundament herunter gezogen werden.



Guter Neubaustandard (Niedrigenergiehaus):

Dämmstein unter der Kellerdecke

Um den Wärmefluss durch die Mauerwerksauflage zu verringern, wird in einer Ebene mit der Kellerdeckendämmung ein wärmedämmender Stein eingesetzt. Hierdurch kann die Unterbrechung der Wärmedämmung weitgehend aufgehoben werden. In Frage kommen Porenbetonsteine oder spezielle Kimmsteine, je nach statischen Anforderungen. Bei hohen Dämmstärken, wie sie im Niedrigenergiehaus nötig sind, ist eine Dämmung unter der Kellerdecke besser zu realisieren als unter dem Estrich (vergl. Bild Seite 7).

minimale Oberflächentemperatur: 18,4 °C
 Jahreswärmeverlust des ein-Meter-Streifens:
 45 Liter Heizöl

Bewertung: Dies ist die beste der dargestellten Lösungen: Tauwasser kann bei normaler Nutzung ausgeschlossen werden, der verbleibende Wärmeverlust ist akzeptabel.

Bemerkung: Für die Einsparung an Heizwärme ist die Perimeterdämmung unbedeutend. Sie sorgt jedoch für jahreszeitlich geringere Temperaturschwankungen im Keller.

Befestigungselemente (Punktförmige Wärmebrücken)

Dübel und Schrauben

In vielen Fällen werden Dämmschichten auf der Wand von Dübeln und Schrauben durchstoßen. Beispielsweise werden bei der Sanierung von Bestandsgebäuden die Platten eines Wärmedämmverbundsystems nicht (nur) verklebt, sondern (zusätzlich) verdübelt, weil die Tragfähigkeit des Altputzes nicht immer gewährleistet ist. Pro Quadratmeter werden dabei in der Regel je nach Untergrund und Dämmsystem 4 bis 8 Dübel gesetzt. Das summiert sich auf einer Fassade schnell auf mehrere Hundert kleine Wärmebrücken. Neben der Tatsache, dass auf diese Weise der Wärmeschutz um bis zu -10% verschlechtert wird, trocknet der Putz über der warmen Schraube schneller als über dem kalten Dämmstoff. Die Folge ist eine ungleichmäßige Verschmutzung der Oberfläche. Schon in wenigen Jahren werden die Schrauben von außen sichtbar. Abhilfe schaffen u. a. folgende Strategien:

- Es werden in den Dübeln keine Metallschrauben mehr eingesetzt, sondern faserverstärkte Kunststoffe, deren Wärmeleitfähigkeit deutlich geringer ist. (Bild unten links)
- Die Dübel werden einige Zentimeter tief im Dämmstoff versenkt, indem entweder ein Senkloch eingefräst wird, oder der Dübel sich in den weichen Dämmstoff einschneidet.
- Es werden „Ankerdübel“ gesetzt, die den Dämmstoff gar nicht durchdringen, sondern unabhängig von der möglicherweise schadhaften Putzschicht dem Kleber als Halt dienen (Bild Mitte).

Es sind die verschiedensten Systeme am Markt bei denen der Mehrpreis gegen den zusätzlichen Aufwand bei der Montage abgewogen werden muss. Befestigungssysteme, die einen höheren Arbeitsaufwand (erst Bohren, dann Senkloch fräsen und nach dem Dübeln das Loch verschließen) erfordern, sind pro Stück billiger als Varianten, die ohne diesen Zusatzaufwand auskommen. Grundsätzlich ist zur Befestigung von Wärmedämmverbundsystemen vom Einsatz von Dübeln mit langen Metallschrauben abzuraten.



Ein Dämmstoffdübel mit einem Einschlagstift aus Kunststoff mit stark verringerter Wärmebrückenwirkung



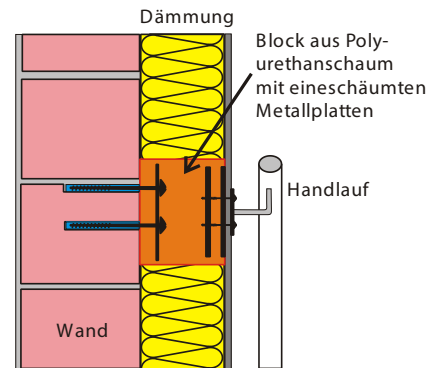
Ankerdübel als Halt für den Dämmstoffkleber direkt auf dem alten Putz



Spezialhalter für die wärmebrückenarme Befestigung von Schaltern und Außenleuchten

Halterungen

Zur Befestigung von Geländern, Außenleuchten, Briefkästen sind ebenfalls Halterungen nötig, welche die Dämmschicht durchdringen. Ähnliches gilt für die Befestigungselemente an Vorhangfassaden (siehe **Energiesparinformation Nr. 10**). Zum Einsatz in Niedrigenergie- und Passivhäusern sind Befestigungselemente entwickelt worden, bei denen Metallplatten in einen Polyurethanschaum eingebettet werden.



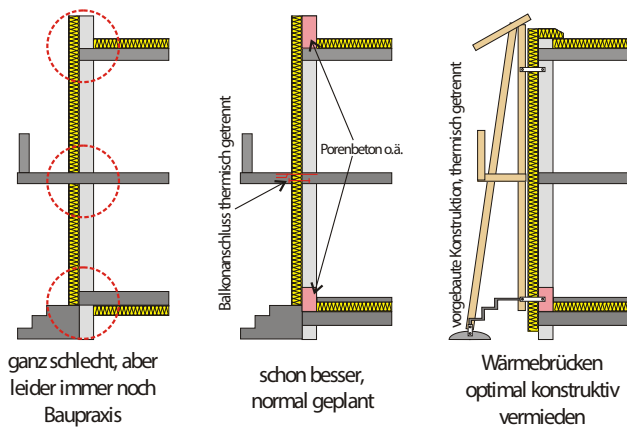
Wärmebrückenarme Befestigung an einer gedämmten Außenwand

Werden solche (teuren) Spezialelemente nicht verwendet, dann sollte wenigstens eine Trennlage aus druckfestem Kunststoff zwischen die Wand und das befestigte Metallteil gelegt werden, um den Wärmeübergang zu vermindern. Generell müssen aber für sicherheitsrelevante Befestigungen nur bauaufsichtlich zugelassene Materialien verwendet werden. Ferner sollte die Wärmeleitfähigkeit der verwendeten Materialien mit berücksichtigt werden. Während Aluminium ein extrem guter Wärmeleiter mit einer spezifischen Wärmeleitfähigkeit (Lambda) von $160 \text{ W}/(\text{mK})$ ist, bringt es zum Beispiel Edelstahl nur auf ein Lambda von $15 \text{ W}/(\text{mK})$. Das bedeutet, dass ein an der Wand befestigtes Metallteil aus Aluminium zehn mal mehr Wärme ableitet als eines aus Edelstahl. Dazu kommt aber noch, dass Edelstahl eine höhere Festigkeit hat - das Bauteil also schlanker werden kann. Dadurch verringert sich die Wärmebrückenwirkung noch weiter.

Grundsätzliches zur Verringerung von Wärmebrücken

In diesem Falblatt können nicht alle in der Praxis auftretenden Wärmebrücken im Einzelnen behandelt und jeweils Lösungsvorschläge dargestellt werden. Das ausführlich dargestellte Beispiel verdeutlicht aber, in welcher Richtung nach Lösungen gesucht werden muss.

Grundsätzlich sollte die wärmedämmende Hülle ein Gebäude vollkommen lückenlos umfassen. Die Dämmwirkung sollte dabei nach Möglichkeit überall sehr gut sein. Dies ist, wie das Beispiel der auf der Kellerwand aufsitzenden Außenwand zeigt, in einem Gebäude nicht immer konsequent einhaltbar. An Ausnahmestellen können daher etwas verringerte Dämmwirkungen zugelassen werden.



Regeln zur Vermeidung von Wärmebrücken im Massivbau

Dabei sollte man aber die folgenden Punkte beachten:

- Ist eine Wärmebrücke vielleicht nicht doch vollständig zu vermeiden? (z. B. Balkon getrennt vorstellen statt auskragender Platte).
- Die Dämmstofflagen verschiedener Bauteile sollten an den Stoßstellen lückenlos ineinander übergehen (z. B. die Außenwanddämmung in die Dämmung der Dachschräge).
- Wenn an Anschlüssen unterschiedlich dicke Dämmungen aneinander grenzen, so sollten die Mittellinien der Dämmlagen ineinander übergehen (z. B. wird ein Fenster optimal im Zentrum der Außenwanddämmung eingebaut). Eine mögliche (teurere) Alternative ist die Überlappung der Dämmstofflagen.
- Die Winkel, unter denen Außenbauteile aneinander stoßen, sollten möglichst stumpf sein. Winkel kleiner als 90° bringen hohe Wärmebrückenwirkung.
- Wenn Bauteile, welche die dämmende Hülle durchstoßen, nicht vermieden werden können, so sollte in der Reihenfolge der nebenstehenden Regeln versucht werden, die Wärmebrückenwirkung zu verringern.

- Thermische Trennung mit hochwertigem Dämmstoff (z. B. durch gedämmte Kraganker). Dies ist eine sehr gute, aber häufig teure Lösung.
- Verwendung von Materialien mit möglichst geringer Wärmeleitfähigkeit für das durchstoßende Bauteil (z. B. Porenbetonstein, Leichtbeton, Porenziegel o. ä.). Nach Möglichkeit sollte die Wärmeleitfähigkeit 0,25 W/mK nicht überschreiten.
- Wenn die beiden vorausgehenden Regeln nicht angewendet werden können, so lässt sich als Notbehelf ein durchstoßendes Bauteil auch zusätzlich über eine gewisse Ausdehnung vom Durchstoßpunkt hinaus dämmen (z. B. wie die Kellerwand in VARIANTE 3 beim obigen Beispiel). Dieser Notbehelf ist aber weniger wirkungsvoll und i. Allg. ziemlich teuer.

Wärmebrücken erhöhen den Wärmebedarf, beeinträchtigen die Behaglichkeit, können Schimmelpilzkulturen ermöglichen und Bauschäden verursachen. Durch korrekte Baukonstruktionsdetails können viele Wärmebrücken vermieden, wenigstens aber ihre Wirkung gemindert werden.

Impressum:

Herausgeber: Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz,
Mainzer Straße 80, 65189 Wiesbaden
Wiss. Betreuung: Institut Wohnen und Umwelt, (IWU)
Rheinstraße 65, 64295 Darmstadt, www.iwu.de
Autoren: Wolfgang Feist, Rolf Born
Grafiken: Feist, Huber, Oberländer, Born
Fotos: Marc Großklos, Fa. Sto
Ausgabe: 12/2004, Überarbeitung: 11/2012
Unveränderter Nachdruck und Vervielfältigung sind gestattet
ISBN 978-3-89274-300-2

HESSEN



**Hessisches Ministerium für
Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz**

Mainzer Straße 80
65189 Wiesbaden
www.hmuelv.hessen.de



Bei uns hat
**ENERGIE
ZUKUNFT**