



Wärmebrücken

Ursachen und Auswirkungen
Hinweise zur Verringerung und
Vermeidung



HESSISCHES MINISTERIUM
FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN



Institut
Wohnen und Umwelt



Energiebewußt in Hessen

W arum Wärmebrücken vermeiden?

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 Heizkosten für den Nutzer. Damit einher geht eine erhöhte Belastung der Umwelt durch Luftschadstoffe, die bei der Verbrennung von Energieträgern entstehen.

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 sogenannten 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 10°C keinesfalls unterschritten werden.

Ein Neubau mit sehr gutem Wärmeschutz (Vgl. Energiesparinformation - 3 „Niedrigenergiehäuser“) garantiert auch in Gebäudeecken stets eine Oberflächentemperatur, die Tauwasserausfall sicher ausschließt.

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.

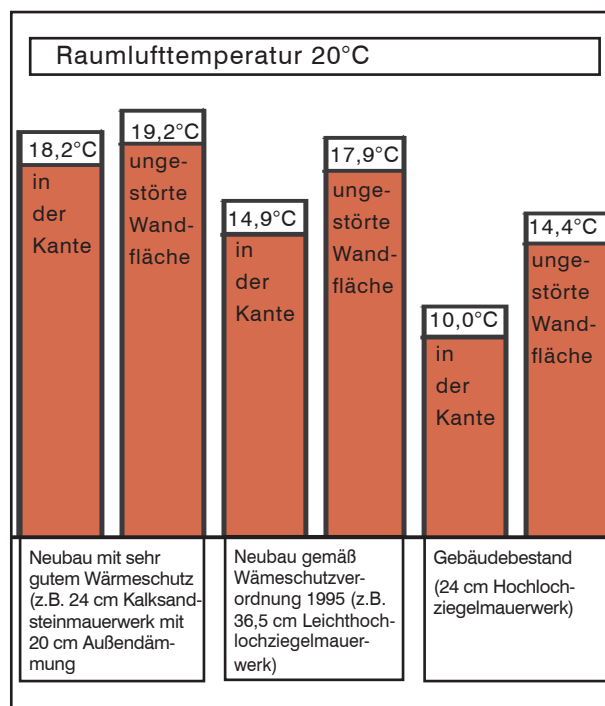


Abb. 2: Temperaturen in der Außenkante bei unterschiedlichem Dämmstandard der Außenwand. Jeweils links sind die Temperaturen in der Kante, rechts die auf der Innenoberfläche der ungestörten Wand dargestellt. Es ist zu erkennen, dass sich erst bei sehr gutem Wärmeschutz befriedigende Temperaturen in der 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. Deutlich wird dies in Abbildung 1. Sie zeigt das Absinken der inneren Oberflächentemperatur in der Ecke einer Außenwand bei drei unterschiedlichen Dämmstandards. Während beim schlechten Wärmeschutz die Oberflächentemperatur 10°C beträgt, liegt sie bei sehr gutem Wärmeschutz bei $18,2^{\circ}\text{C}$. In Abbildung 2a und 2b 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.

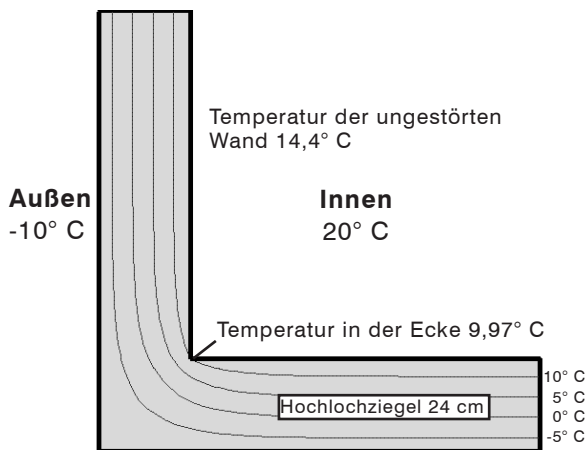


Abb 2a: Temperaturverlauf in der Ecke einer schlecht gedämmten Außenwand (U-Wert: $1,44 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$). Die geometrische Wärmebrücke bedingt in der Ecke eine niedrige Innen-Oberflächentemperatur von $9,97^{\circ}\text{C}$ und damit hohe Wärmeverluste.

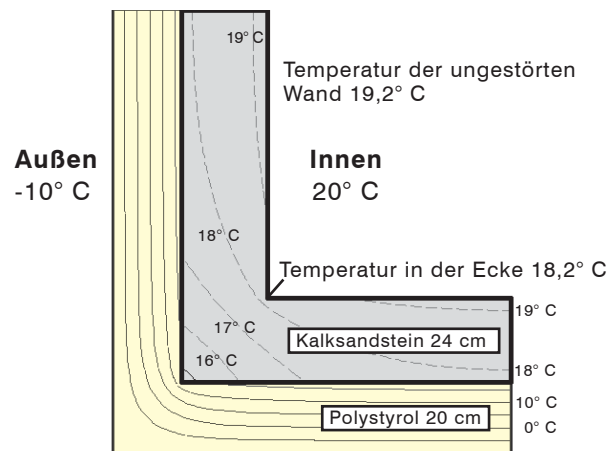


Abb 2b: Temperaturverlauf in der Ecke einer sehr gut gedämmten Außenwand (U-Wert: $0,19 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$). Die Isothermen konzentrieren sich auf den Bereich des Dämmstoffs. Die innenliegende Kalksandsteinwand bleibt warm

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

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

Typische Wärmebrücken

Abb.3:
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. Eine gute Lösung besteht darin, die Fensteröffnung außen rundum ebenfalls mit mindestens 3 cm Dämmstoff bis zum Fensterrahmen zu dämmen. Im Neubau sollten die Fenster außenbündig ins Mauerwerk gesetzt und die Außendämmung mindestens 3 cm über den Fensterrahmen gezogen werden.

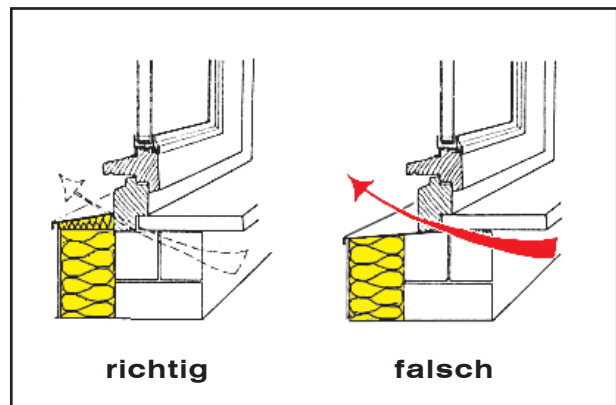


Abb.4:
Balkon als auskragende Stahlbetondecke

Eine „klassische“, extrem starke Wärmebrücke: Die Dämmung wird durch die sehr gut wärmeleitende Stahlbetondecke 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).

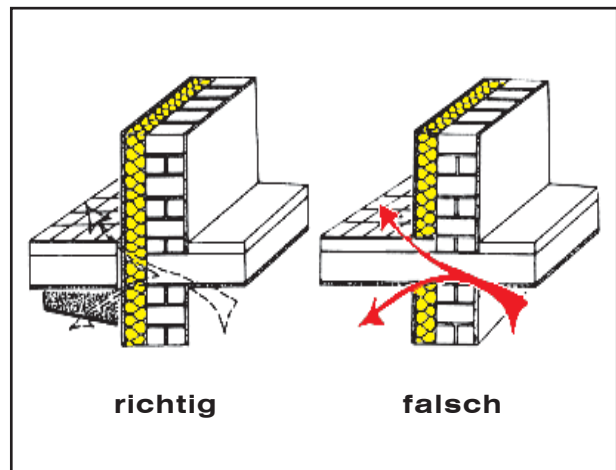


Abb.5:
Betonstütze in Mauerwerksaußenwand

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, außenliegende Wärmedämmung kann der Wärmebrückeneffekt fast vollständig ausgeschaltet werden. Vergleichbare Situationen liegen bei Fensterstürzen und Stahlbetondeckenaufleger vor.

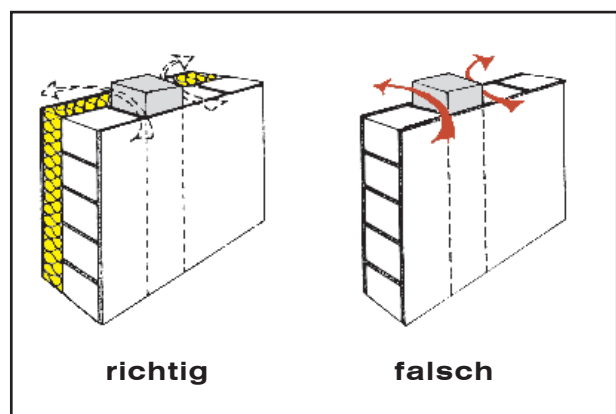
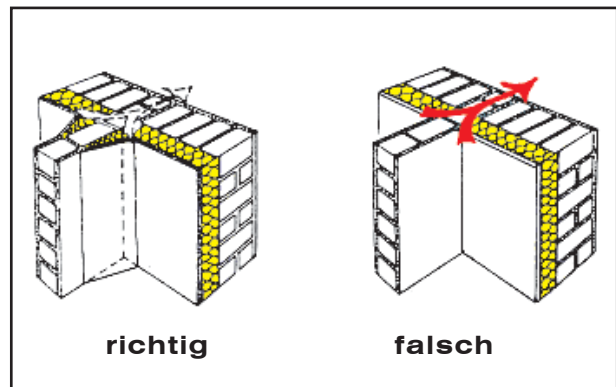


Abb.6:

Innenwandanschluss bei Innendämmung

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



Reduzierung von Wärmebrücken beim Neubau

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.

Der zusätzliche Wärmeverlust durch konstruktiv bedingte Wärmebrücken fällt dennoch 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 des Architekten müssen gewährleisten, dass fehlerhafte Bauausführungen rechtzeitig festgestellt und ausgebessert werden können.

Berücksichtigung von Wärmebrücken durch die Energieeinsparverordnung (EnEV):

Mit Inkrafttreten der EnEV muss der Einfluss von Wärmebrücken bei der Ermittlung des Jahres-Heizwärmebedarfs erstmalig berücksichtigt werden. Hierfür gibt es folgende Möglichkeiten:

- Berücksichtigung durch Erhöhung der Wärmedurchgangskoeffizienten um $U_{WB} = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ für die gesamte wärmeübertragende Umfassungsfläche,
- bei Anwendung von Planungsbeispielen nach DIN 4108 Bbl 2 : 1998-08 Berücksichtigung durch Erhöhung der Wärmedurchgangskoeffizienten um $U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ für die gesamte wärmeübertragende Umfassungsfläche,
- durch genauen Nachweis der Wärmebrücken nach DIN V 4108 - 6: 2000.11 in Verbindung mit weiteren anerkannten Regeln der Technik.

Verringerung von Wärmebrücken anhand eines Beispiels

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

Entscheidend zur Bewertung einer Lösung sind

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

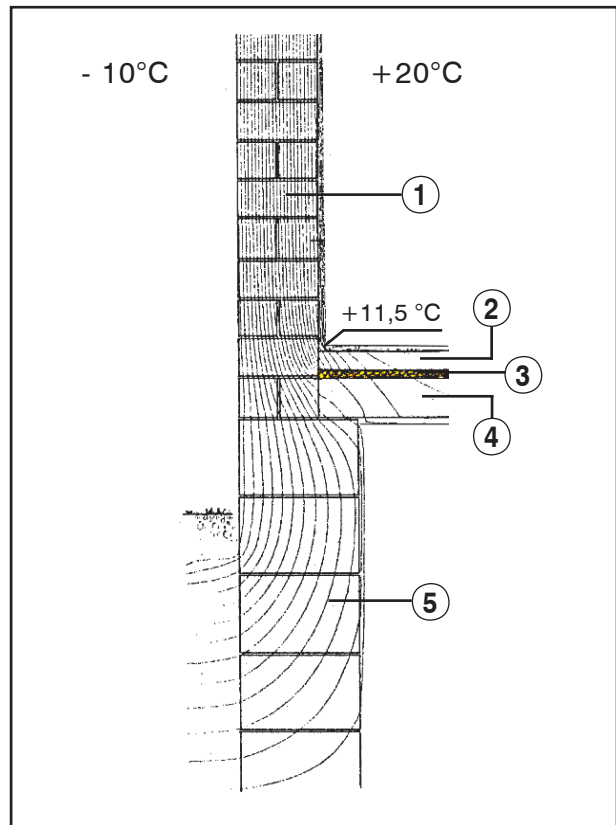
VARIANTE 1:

Typische Situation im Gebäudebestand

Eine 24 cm starke Mauersteinwand sitzt auf der 36,5 cm Kellerwand auf, welche auch die Betonkellerdecke trägt. Diese Konstruktion wäre nach der Wärmeschutzverordnung 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: 11,5° C
- Jahreswärmeverlust des ± 50 cm-Streifens: 300 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.



- 1 Ziegelmauerwerk (LHlz, 24 cm, $\lambda = 0,45 \text{ W}/(\text{mK})$)
- 2 Estrich (6 cm, $\lambda = 1,2 \text{ W}/(\text{mK})$)
- 3 Trittschalldämmung (2 cm, $\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{mK})$)
- 4 Betondecke (12 cm, $\lambda = 2,1 \text{ W}/(\text{mK})$)
- 5 Betonkellerstein (36,5 cm, $\lambda = 0,92 \text{ W}/(\text{mK})$)

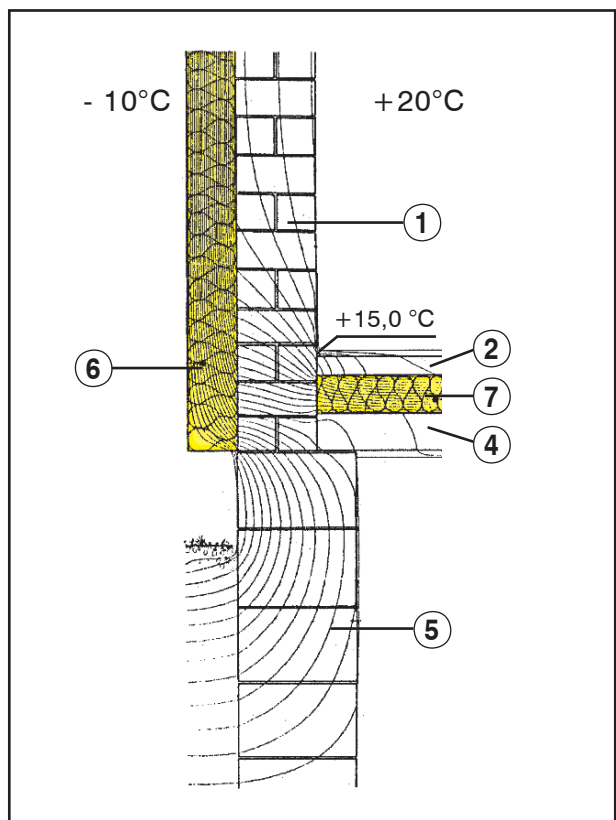
VARIANTE 2:

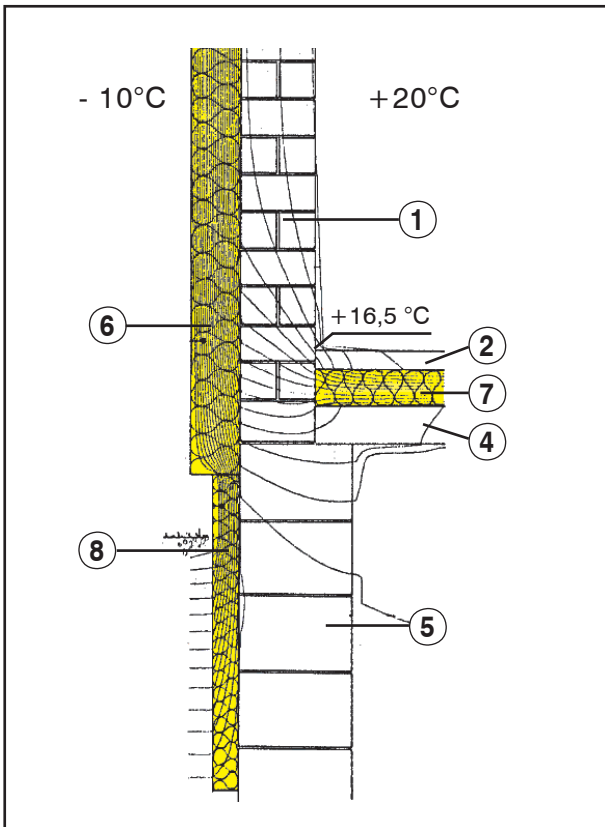
Hochgedämmte Außenwand ohne Beachtung der Wärmebrücke

In dieser Variante sind sowohl die Außenwand (15 cm Außendämmung) als auch die Kellerdecke (10 cm unter dem Estrich) hochgedämmt. Dadurch sind die Innenoberflächentemperaturen sowohl im ungestörten Bereich als auch in der Wärmebrücke deutlich angehoben. Im Vergleich zur sonst sehr 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: 15,0° C
- Jahreswärmeverlust des ± 50 cm-Streifens: 120 Liter Heizöl

Bewertung: Durch die sehr gute Außendämmung kann Tauwasserbildung nun im allgemeinen vermieden werden. Das gut leitende Mauerwerk unterbricht jedoch die dämmende Hülle und führt zu erheblichen höheren Wärmeverlusten gegenüber der hochgedämmten Außenwand. Diese sind im Niedrigenergiehaus nicht akzeptabel.





- 6 Außendämmung (EPS, 15 cm, $\lambda = 0,04 \text{ W/(mK)}$)
- 7 Fußbodendämmung (EPS, 12 cm, $\lambda = 0,04 \text{ W/(mK)}$)
- 8 Perimeterdämmung (Styrofoam, 8 cm, $\lambda = 0,04 \text{ W/(mK)}$)
- 9 Gasbetonstein (24 cm, $\lambda = 0,18 \text{ W/(mK)}$)

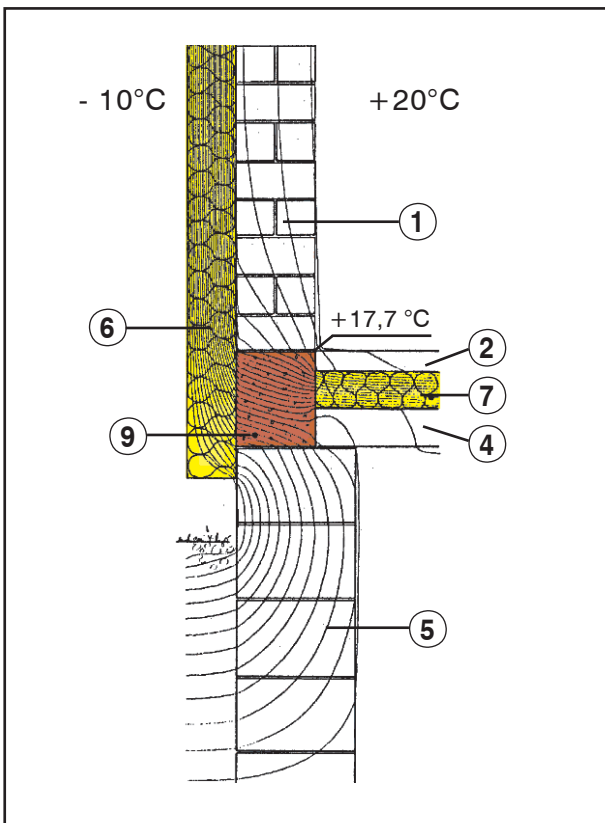
VARIANTE 3:

Zusätzliche Dämmung des Hausumfangs

Um den Wärmeabfluss über die Kellerwand zu verringern, wurde hier gegenüber VARIANTE 2 zusätzlich ein 1 m breiter Dämmstreifen von 8 cm Stärke auf der Außenseite angebracht (sog. Perimeterdämmung).

- minimale Oberflächentemperatur: $16,5^\circ \text{C}$
- Jahreswärmeverlust des $\pm 50 \text{ cm}$ -Streifens: 91 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 VARIANTE 2 aber nur um 25 % verringert. Nach wie vor kann viel Wärme durch die schlecht dämmenden Mauersteine nach unten abfließen. Diese Lösung ist vergleichsweise aufwendig und teuer. Bei nachträglichen Dämmmaßnahmen im Bestand oder bei beheizten Kellerräumen ist es aber häufig die einzig realisierbare Variante.



VARIANTE 4:

Gasbetonsteine als unterste Steinreihe

Um den Wärmefluss durch die Mauerwerksauflage zu verringern, wird als unterste Reihe eine Lage besser dämmender Steine eingesetzt (nur beim Neubau möglich). Hierdurch kann die Unterbrechung der Wärmedämmung zwischen Kellerdecke und Außenwand weitgehend aufgehoben werden. Eine Lage Foamglas-Dämmung erzielt im Austausch für den wärmedämmenden Stein den gleichen Effekt.

- minimale Oberflächentemperatur: $17,7^\circ \text{C}$
- Jahreswärmeverlust des $\pm 50 \text{ cm}$ -Streifens: 77 Liter Heizöl

Bewertung: Dies ist die beste der dargestellten Lösungen: Tauwasser kann bei normaler Nutzung ausgeschlossen werden, der verbleibende Wärmeverlust ist akzeptabel. Beim Neubau ist der erforderliche Aufwand dennoch geringer als bei VARIANTE 3.

Bemerkung: Wird nun zusätzlich zum Dämmstein noch die Perimeterdämmung wie in VARIANTE 3 ausgeführt, so verbessert dies die Situation nur noch sehr wenig (10 % geringerer Wärmeverlust) - dies steht in keinem Verhältnis zum Aufwand.

G rundsätzliches 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.

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 starke 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, die die dämmende Hülle durchstoßen, nicht vermieden werden können, so sollte in der Reihenfolge der nebenstehenden Regeln versucht werden, die Wärmebrückenwirkung zu verringern

1) Thermische Trennung mit hochwertigem Dämmstoff (z.B. durch gedämmte Kraganker). Dies ist eine sehr gute, aber häufig teure Lösung.

2) Verwendung von Materialien mit möglichst geringer Wärmeleitfähigkeit für das durchstoßende Bauteil (z.B. Gasbetonstein, Leichtbeton, Porenziegel o.ä.). Nach Möglichkeit sollte die Wärmeleitfähigkeit 0,25 W/mK nicht überschreiten.

3) 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.a. 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, Landwirtschaft und Forsten

Referat Öffentlichkeitsarbeit

Postfach 3109, 65021 Wiesbaden

wiss. Betreuung: Institut Wohnen und Umwelt, (IWU)

Annastraße 15, 64285 Darmstadt

Autor: Wolfgang Feist

Fotos: K. H. Fingerling (Telfoto)

Grafiken: Feist, Huber, Oberländer

Gestaltung: Harms & v. Ketelhodt

Austraße 7, 61440 Oberursel/Taunus

Ausgabe: 07/99

Überarbeitung: 11/2001

Unveränderter Nachdruck und Vervielfältigung sind gestattet