



Die Wärmebrückenbewertung bei der energetischen Bilanzierung von Gebäuden

Anwendung und Nachweismethoden des Beiblatts 2 der DIN 4108:2019-6

Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
Frankfurter Straße 29 – 35
65760 Eschborn
Telefon: 06196 908-0
Telefax: 06196 908-1800
E-Mail: poststelle@bafa.bund.de
De-Mail: poststelle@bafa.de-mail.de

Redaktion

Simone Bäuchle, Simon Becker
Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Chausseestraße 128 a
10115 Berlin
Tel.: +49 (0)30 66 777-0
Fax: +49 (0)30 66 777-699
E-Mail: info@dena.de
www.dena.de

Text und Grafiken

Rainer Feldmann, Ingenieurbüro Dipl.-Ing. Reiner Feldmann

Lektorat

Susanne Creutz

Konzeption & Gestaltung

Heimrich & Hannot GmbH

Bildnachweis

Titel – shutterstock/Joyseulay; Seite 5 – shutterstock/Tricky Shark;
Seite 8, 23 – shutterstock/Andrey Popov; Seite 19, 32 – Diva Immobilien GmbH & Co.KG,
Delmenhorst; Seite 31 – shutterstock/brizmaker; Seite 34 – shutterstock/fizkes

Stand: 12/2020

Sämtliche Inhalte wurden mit größtmöglicher Sorgfalt und nach bestem Wissen erstellt. BAFA und dena übernehmen keine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der bereitgestellten Informationen. Für Schäden materieller oder immaterieller Art, die durch Nutzung oder Nichtnutzung der dargebotenen Informationen unmittelbar oder mittelbar verursacht werden, haften BAFA und dena nicht, sofern ihnen nicht nachweislich vorsätzliches oder grob fahrlässiges Verschulden zur Last gelegt werden kann.

Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Common Lizenz  (Namensnennung – nicht kommerziell – Weitergabe unter gleichen Bedingungen).

Inhaltsverzeichnis

Impressum.....	2
Einleitung.....	4
1. Die Wärmebrücke in der Energiebilanz.....	5
1.1 Veränderter Wärmefluss in der Gebäudehülle	5
1.2 Wärmebrückenbewertung gemäß GEG und im Rahmen der Förderung.....	6
1.3 Differenzierte Wärmebrückenkategorie	8
1.4 Ersatzsysteme für Bauelemente	10
1.5 Der Gleichwertigkeitsnachweis	13
1.6 Das Korrekturverfahren.....	18
1.7 Detaillierter Wärmebrückennachweis.....	23
2. Die konzeptionelle Wärmebrückenbewertung.....	25
2.1 Relevanz für Neu- und Altbau.....	28
2.2 Die Optimierung von Wärmeschutzstandards.....	29
2.3 Wärmebrückenkonzept für Effizienzhäuser.....	31
3. Dokumentation Wärmebrückenkonzept	35
3.1 Gebäudepläne und geometrische Daten	36
3.2 Wärmeschutzkonzept zur Gebäudehülle.....	38
3.3 Das Wärmebrückenaufmaß.....	39
3.4 Der projektbezogene Wärmebrückenzuschlag.....	40
3.5 Der spezifische Transmissionswärmeverlust H'_T der Gebäudehülle.....	43
Anhang.....	44
Formulare zur Dokumentation	44
DIN-Normen und Gesetze.....	50
Weiterführende Literatur.....	51

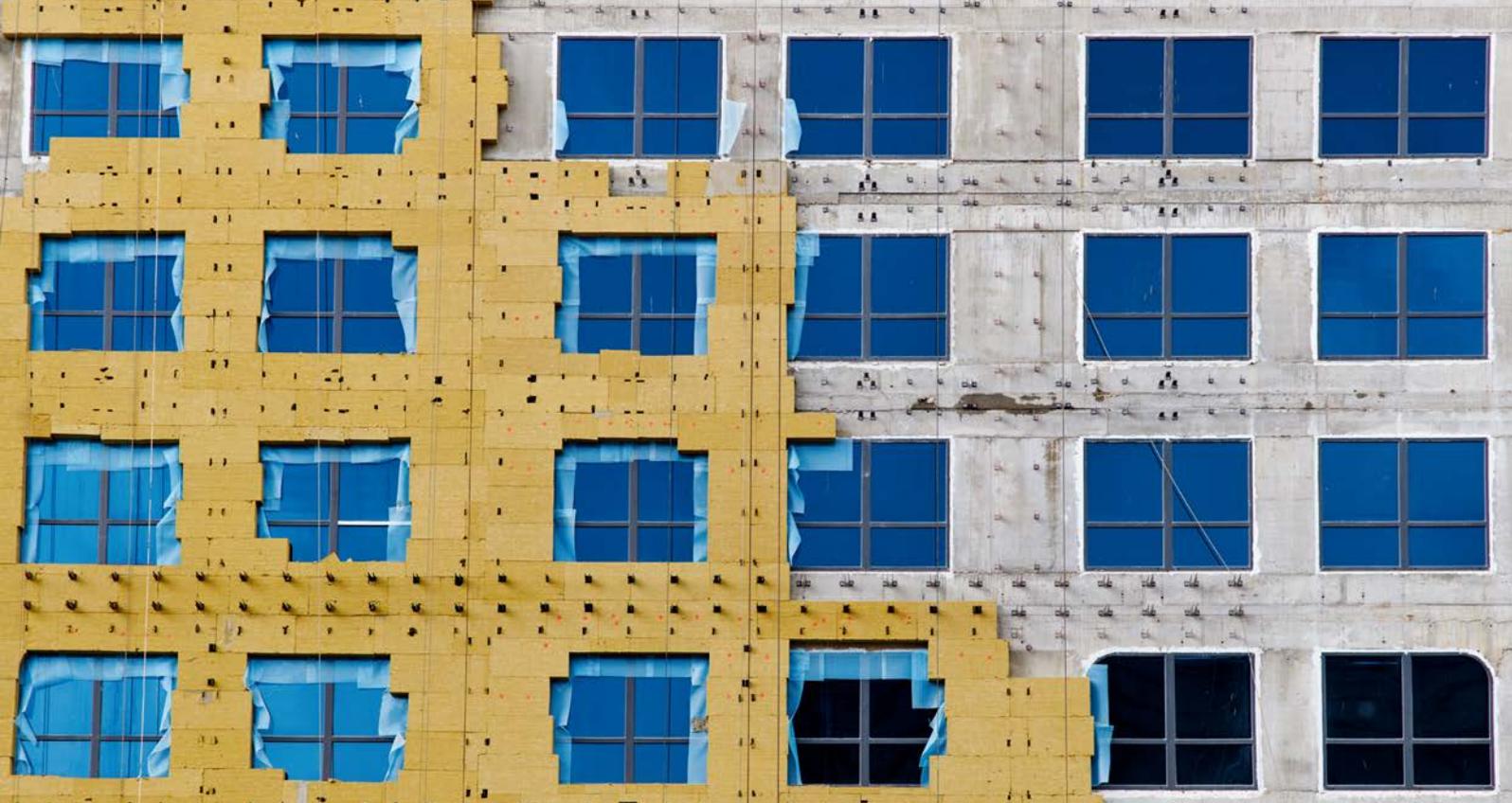
Einleitung

Der Klimawandel sowie die weltweit steigende Energienachfrage erfordern eine nachhaltige Strategie zur Steigerung der Energieeffizienz und zu einer damit verbundenen Reduzierung der CO₂-Emissionen. 2019 hat die Bundesregierung mit dem Klimaschutzgesetz verbindlich festgeschrieben, dass die Treibhausgasemissionen im Vergleich zum Jahr 1990 schrittweise um mindestens 55 Prozent bis zum Zieljahr 2030 zu mindern sind. Langfristig, das heißt bis 2050, verfolgt Deutschland das Ziel der Treibhausgasneutralität. Für den Gebäudesektor wurde im Klimaschutzgesetz eine Reduktion des Treibhausgasausstoßes auf 70 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente für 2030 festgelegt, was eine Minderung um 67 Prozent gegenüber 1990 (210 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente) bedeutet.

Damit ist die Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudebereich ein wichtiger Baustein im Rahmen der Energiewende und für den Klimaschutz. Zu diesem Zweck verfolgt der Bund die Strategie des Zweiklangs „Fordern und Fördern“. Mit dem Ordnungsrecht, das in Zukunft über das Gebäudeenergiegesetz (GEG) geregelt ist, und den Förderprogrammen des Bundes zur Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz haben sich zwei erfolgreiche Instrumente etabliert, die Niedrigstenergiegebäude sowie hocheffiziente Sanierungskonzepte für Bestandsgebäude ermöglichen. Im Besonderen sind hier die Effizienzhausstandards der KfW-Förderprogramme „Energieeffizient Bauen und Sanieren“ und, in naher Zukunft, das ebenso im Klimaschutzprogramm 2030 angekündigte „Bundesprogramm für effiziente Gebäude – BEG“ zu nennen. Mit diesen zielgerichteten Förderprogrammen lässt sich der Energiebedarf auf ein wirtschaftliches Minimum reduzieren, eine nachhaltige Verringerung der CO₂-Emissionen realisieren und zusätzlich ein langfristiger Werterhalt der Gebäude erreichen.

Ein wesentlicher Ansatz zur Effizienzsteigerung ist ein optimaler und vorbildlicher baulicher Wärmeschutz. Bei den Wärmedämmmaßnahmen an der thermischen Gebäudehülle zur Reduzierung des Heizwärmebedarfs muss die Vermeidung von Wärmebrücken in den Fokus gerückt werden. Wärmebrücken sind neben erhöhten Wärmeverlusten auch gelegentlich – speziell bei Sanierungsmaßnahmen – für Bauschäden verantwortlich und können zur Bildung von Schimmelpilz führen. Für die fachgerechte Beurteilung von Wärmebrückeneffekten ist es daher stets von Vorteil, wenn hocheffiziente Neubau- und Sanierungsvorhaben von Energieeffizienz-Expertinnen und -Experten betreut werden. Dies ist bei den vom Bund geförderten Effizienzhausprojekten sogar grundsätzlich erforderlich.

Dieser Leitfaden soll dabei helfen, die Relevanz von Wärmebrücken speziell bei neu gebauten sowie sanierten Effizienzhäusern und ihre Optimierung richtig einzuschätzen. Besonders die energetische Nachweisführung zur Wärmebrückenbewertung gemäß dem neuen Beiblatt 2 der DIN 4108 und eine entsprechende Dokumentation stehen im Mittelpunkt dieser Broschüre. Zusätzlich werden Hinweise und Erläuterungen zu verschiedenen Konstruktionsprinzipien zur Wärmebrückenminimierung für Neubau- und Sanierungsvorhaben zur Verfügung gestellt, die bei der Ausarbeitung von Wärmebrückenkonzepten für Effizienzhäuser hilfreich sind.



1. Die Wärmebrücke in der Energiebilanz

1.1 Veränderter Wärmefluss in der Gebäudehülle

Wärmebrücken sind Bereiche der Gebäudehülle, an denen geometrie-, konstruktions- oder materialbedingt ein örtlich veränderter Wärmedurchgang im Bauteil vorliegt. In der Heizperiode kann es dadurch gegenüber der benachbarten Bauteilfläche zu einem erhöhten Wärmeabfluss und damit einhergehend zu deutlich verringerten Innenoberflächentemperaturen kommen, was in der Folge zu Tauwasserausfall und gegebenenfalls zu Schimmelbildung führen kann. Konstruktionsbedingt sind die Bauteile der Gebäudehülle in der Praxis nicht störungsfrei und Wärmebrücken sind bei einem Gebäude nicht zu vermeiden. Mit zunehmendem Wärmeschutzstandard sinkt der Wärmeverlust durch die flächigen Bauteile, sodass bei ungünstig ausgeführten Bauteilanschlüssen der prozentuale Anteil der Wärmebrückenwirkung am Gesamtwärmeverlust stark ansteigen kann. Infolge der verbesserten Dämmstandards kommt somit den Wärmebrücken im Planungsprozess und bei der Bewertung eines Gebäudes eine wachsende Bedeutung zu. Durch konstruktive Maßnahmen ist es möglich, viele Wärmebrücken in ihrer Wirkung so weit zu minimieren, dass in der Summe kaum bis keine zusätzlichen Wärmeverluste entstehen und keine Mängel, Bauschäden oder gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu erwarten sind.

Somit sind die beiden Leitsätze „Wärmebrückenfreie Häuser gibt es nicht“ und „Je höher der Wärmedämmstandard, desto wichtiger die Wärmebrückenoptimierung“ bei der Planung von energieeffizienten Häusern grundsätzlich zu beherzigen. Die Bewertung von Wärmebrücken bei einem Gebäudeentwurf gehört zu den Paradisdisziplinen von Energieeffizienz-Expertinnen und -Experten und bestimmt maßgeblich das erforderliche Wärmeschutzkonzept bei der Projektierung von Effizienzhäusern. Für die entsprechende Nachweisführung gehört das Beiblatt 2 der DIN 4108, das 2019 in überarbeiteter Form veröffentlicht wurde, schon von jeher zum Hauptwerkzeug der entsprechenden Fachplanerinnen und Fachplaner. In diesem Beiblatt werden Planungsbeispiele zur Verminderung der Wärmebrückenwirkungen von Anschlussdetails aus dem Hochbau dargestellt. Eine Überarbeitung dieser Norm war unbedingt erforderlich, da in der Vorgängerversion viele Anschlusssituationen nicht beschrieben waren und sich außerdem die Anforderungen an Wärmeschutz und Dämmstandards weiterentwickelt haben. In diesem Leitfaden sollen im ersten Abschnitt die Änderungen und Hintergründe sowie die Anwendung des neuen Wärmebrückenbeiblatts in nachvollziehbarer Weise erläutert und beschrieben werden.

Zusammengefasst stellen sich die wesentlichen Änderungen des neuen Beiblatts 2 folgendermaßen dar:

- Begrifflichkeiten, Regelungen und Definitionen sowie Berechnungsrandbedingungen wurden überarbeitet und ergänzt.
- Erweiterung um fehlende Anschlussdetails und Ergänzung üblicher Anschlussdetails für vorhandene Konstruktionsbeispiele
- Neuberechnung der vorhandenen Konstruktionsbeispiele mit Berücksichtigung von höheren Wärmeschutzstandards
- Einführung von unterschiedlichen Ausführungsqualitäten von Anschlussdetails für zwei Wärmebrückenzuschläge von $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ oder $0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Überarbeitung und Ergänzung von Bagatellregeln
- Einführung von Ersatzsystemen und Referenzbauteilen bei Bauelementen
- Bereitstellung von Formblättern zur Nachweisführung

Im zweiten Abschnitt soll anhand von Detaillösungen aus der Praxis das Prinzip der Wärmebrückenoptimierung dargestellt werden. Außerdem wird aufgezeigt, wie sich eine entsprechende Nachweisführung im Rahmen einer Effizienzhausförderung dokumentieren lässt.

Inhaltlich beschäftigt sich dieser Leitfaden hauptsächlich mit der wärmeschutztechnischen Bewertung von Wärmebrücken, der Nachweisführung im Rahmen der energetischen Bilanzierung von Gebäuden sowie der Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes. Eine Beurteilung hinsichtlich des Feuchteschutzes und die grundsätzliche Vorgehensweise zur Wärmebrückensimulation mit den erforderlichen Randbedingungen wird nicht behandelt.

1.2 Wärmebrückenbewertung gemäß GEG und im Rahmen der Förderung

Bis zur Einführung der Energieeinsparverordnung (EnEV) musste der Einfluss von Wärmebrücken bei der Ermittlung der Transmissionswärmeverluste nicht berücksichtigt werden. Im Rahmen der damals gültigen Wärmeschutzverordnungen spielten bei der energetischen Bilanzierung eines Gebäudes die Wärmebrückeneffekte nur eine untergeordnete Rolle. Zu der damaligen Zeit wurden Wärmebrücken nur qualitativ über das Beiblatt 2 hinsichtlich Feuchteschutz und Tauwasserfreiheit beurteilt. Seitdem haben aber die verschärften Anforderungen der EnEV 2002, 2009 und 2016 sowie die Vorgaben bei den wohnwirtschaftlichen Förderprogrammen der KfW an den baulichen Wärmeschutz auch die Ausführungsqualität der Bauteilanschlüsse bei der Gebäudeplanung und -ausführung weiter in den Vordergrund rücken lassen. Je besser ein Gebäude wärmegeklämt ist, desto stärker wirken sich Schwachstellen an Wärmebrücken auf die Energiebilanz des Gebäudes aus. Aus diesem Grund wurden die Wärmeverluste über Wärmebrücken bei der Ermittlung des Jahresprimärenergiebedarfs gemäß EnEV mit in die Bilanzierung aufgenommen.

Wärmebrückenbewertung gemäß Energieeinsparverordnung

Seit der EnEV und gemäß dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) sind zu errichtende Gebäude so auszuführen, dass der Einfluss konstruktiver Wärmebrücken auf den Jahresheizwärmebedarf „nach den Regeln der Technik und den im jeweiligen Einzelfall wirtschaftlich vertretbaren Maßnahmen“ so gering wie möglich gehalten wird.

Das öffentlich-rechtliche energetische Bilanzierungsverfahren fordert, dass Wärmeverluste durch lineare Wärmebrücken (linienförmige Anschlüsse zwischen flächigen Bauteilen) beim Primärenergiebedarfsnachweis zusätzlich berücksichtigt werden müssen. Folgende Wärmebrücken sollten stets bei der energetischen Bewertung eines Gebäudes einbezogen werden:

- Gebäudekanten
- Umlaufende Laibungen bei Fenstern und Türen
- Sockel- und Fassadenanschlüsse
- Dachanschlüsse
- Wand- und Deckeneinbindungen
- Deckenaufleger
- Anschlüsse von Balkonplatten und sonstigen auskragenden Bauteilen

Der zusätzliche Transmissionswärmeverlust über Wärmebrücken kann durch einen pauschalen oder einen individuell bestimmten Zuschlag zum Transmissionswärmeverlust der wärmeübertragenden Gebäudehülle berücksichtigt werden.

Gemäß DIN V 18599-2:2018-09 und dem überarbeiteten und 2019 neu veröffentlichten Beiblatt 2 der DIN 4108 können folgende Methoden zur Berücksichtigung der Wärmebrückenwirkung angewandt werden:

- a) Über einen Pauschalzuschlag auf den Wärmedurchgang durch die wärmeübertragende Umfassungsfläche
- von $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ im Regelfall ohne genauen Nachweis
 - von $\Delta U_{WB} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ bei Außenbauteilen mit Innendämmung und einbindenden Massivdecken
 - von $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, sofern alle Wärmebrückenanschlüsse mindestens den Planungsbeispielen der Kategorie A aus DIN 4108 Beiblatt 2:2019-6 entsprechen
 - von $\Delta U_{WB} = 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, sofern alle Wärmebrückenanschlüsse gleichwertig zu den Planungsbeispielen der Kategorie B aus DIN 4108 Beiblatt 2:2019-6 umgesetzt werden

Oder alternativ:

- b) Über einen projektbezogenen Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB}
- von 0,03 bzw. 0,05 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ zuzüglich eines Korrekturwerts, sofern keine Konformität zu einzelnen Planungsbeispielen hergestellt werden kann oder vorhandene Wärmebrücken in Beiblatt 2 nicht enthalten sind (siehe Kapitel „Das Korrekturverfahren“)
 - durch eine Ermittlung der längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten auf Basis der DIN EN ISO 10211 über eine detaillierte Berechnung und unter Verwendung der Randbedingungen des Beiblatts 2

Anmerkung:

Sowohl der Pauschalzuschlag $\Delta U_{WB} = 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ als auch das Prinzip der später beschriebenen Korrekturwertberechnung für einen objektspezifischen Wärmebrückenzuschlag bei nicht vollständigem Gleichwertigkeitsnachweis sind Methoden, die nur über die DIN V 18599:2018-09 beschrieben sind. Gemäß GEG § 24 „Einfluss von Wärmebrücken“ ist es ebenso zulässig, diese beiden neuen Bewertungsansätze anzuwenden, auch wenn die Berechnung des Heizwärmebedarfs über die DIN V 4108-6:2003-06 erfolgt.

Vernachlässigung von Wärmebrückenverlusten

Um den Aufwand der Wärmebrückenbewertung zu verringern, dürfen manche Wärmebrücken und Anschlusssituationen bei der Nachweisführung vernachlässigt werden. Im Gegensatz zu früheren Aussagen kann diese „Bagatellregelung“ grundsätzlich angewendet werden und ist nicht nur auf den Gleichwertigkeitsnachweis anwendbar.

Folgende Wärmebrücken müssen bei der energetischen Bewertung nicht berücksichtigt werden:

- Kleinflächige Querschnittsänderungen in der thermischen Gebäudehülle zum Beispiel durch Steckdosen und Leitungsschlitze, Briefkästen usw.
- Durchdringungen, wie zum Beispiel Holzsparren, Pfetten und Stützen, durch Dämmebenen oder durch monolithische Außenwände
- Lüftungsröhre, Lüftungsschächte und Abgasanlagen aufgrund ihrer komplexen Wirkungsweise
- Einzeln auftretende Anschlüsse, wie zum Beispiel Haustür, Kellertür, Tür zum unbeheizten Dachraum, Dachlukenklappe und Vordach über der Haustür
- Alle Anschlüsse bei Außenbauteilen mit gleichartigem konstruktiven Aufbau (z. B. Außen- und Innenecken, Kehlbalkenanschlüsse)
- Innenwandanschlüsse an durchlaufende Außenbauteile, die nicht durchstoßen werden bzw. eine durchlaufende Dämmschicht mit $R \geq 2,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ (z. B. $\geq 10 \text{ cm}$ Dicke und Wärmeleitfähigkeit $\lambda \leq 0,04 \text{ W}/(\text{mK})$) aufweisen
- Anschluss Geschossdecke (zwischen beheizten Geschossen) an Außenwand, bei der eine durchlaufende Dämmschicht mit $R \geq 2,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ vorliegt
- Anschlüsse außenluftberührter kleinflächiger Bauteile, wie zum Beispiel untere Abschlüsse von Erkern mit außen liegenden Wärmedämmschichten mit einem Wärmedurchlasswiderstand $R \geq 2,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Im weiteren Verlauf dieser Broschüre werden die verschiedenen Bewertungsansätze zur Wärmebrückenberücksichtigung detaillierter vorgestellt. Außerdem wird beschrieben, wie bei der Nachweisführung gemäß DIN 4108 Beiblatt 2:2019-06 vorzugehen ist.





1.3 Differenzierte Wärmebrückenkategorie

Eine wesentliche Neuerung in Beiblatt 2 der DIN 4108 ist die energetische Klassifizierung der aufgeführten Anschlussdetails in zwei unterschiedliche Ausführungsarten, was auch dazu beigetragen hat, dass sich die angebotenen Planungsbeispiele gegenüber der früheren Version vervierfacht haben. Demnach können Wärmebrückenanschlüsse der Kategorie A oder der neu eingeführten und höherwertigen Kategorie B zugeordnet werden. Der vereinfachte Wärmebrücken-Pauschalansatz von $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, so wie er vom „alten“ Wärmebrückenbeiblatt bekannt ist, wird angewendet, wenn alle am Gebäude vorhandenen Anschlussdetails mindestens der Kategorie A entsprechen. Realisiert man hingegen ein Gebäude ausschließlich mit den Details der Kategorie B, kann man beim pauschalen Wärmebrückenansatz den „besseren“

bzw. geringeren Zuschlag von $\Delta U_{WB} = 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ verwenden. Dieser um 40 Prozent günstigere Wärmebrückenzuschlag ist besonders beim energetischen Nachweis von Neubau-Effizienzhäusern eine wesentliche Stellschraube hinsichtlich der erforderlichen Wärmedämmmaßnahmen und sehr hilfreich für eine wirtschaftliche Umsetzung.

Für einige in Beiblatt 2 aufgeführten Konstruktionsbeispiele konnte keine Kategorie B entwickelt werden, allerdings gehören alle Rollokastenanschlüsse und sämtliche Holzbau-Details der besseren Wärmebrückenvariante an. Somit kann für neu gebaute Häuser in Holzleichtbauweise, bei denen die Anschlussdetails gemäß dem Wärmebrückenbeiblatt umgesetzt sind, stets ein Wärmebrückenzuschlag von $\Delta U_{WB} = 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ verwendet werden.

Anhand der beiden folgenden Beispiele soll die unterschiedliche Wärmebrückenklassifizierung veranschaulicht werden.

Beispiel 1: Sockel

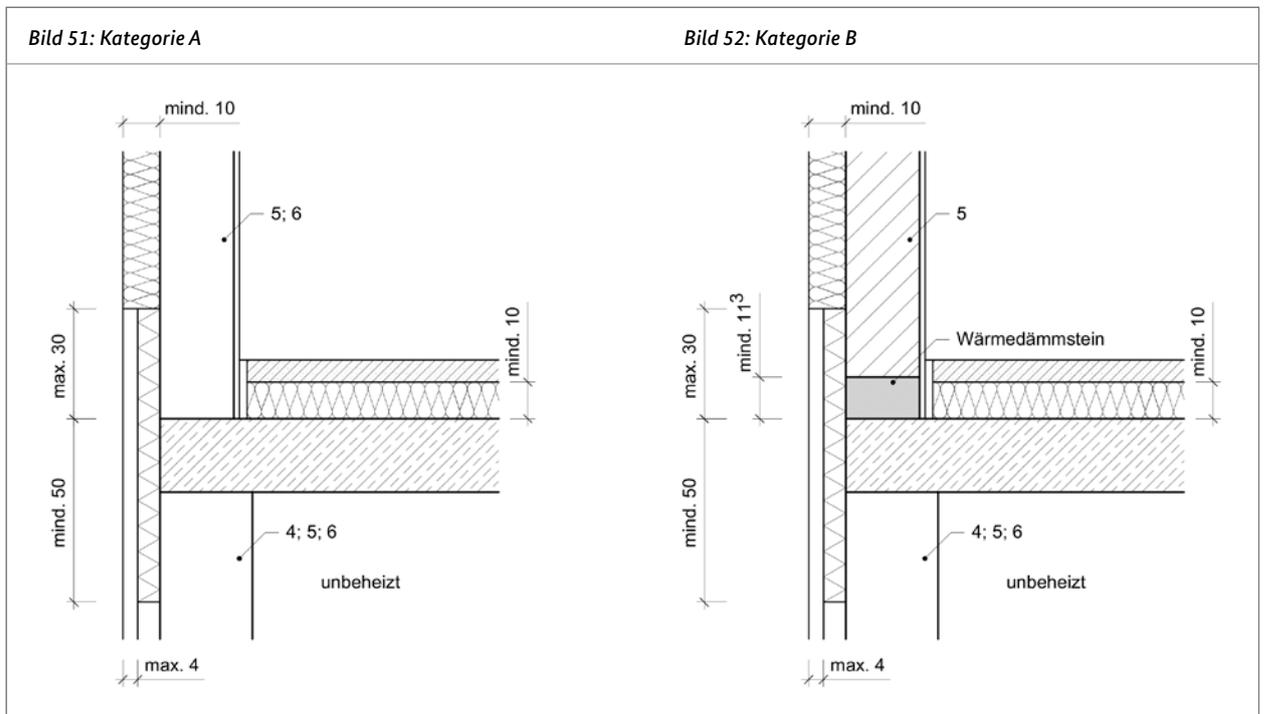


Abbildung 1: Planungsbeispiel für den Anschluss Außenwand an Kellerdecke (außengedämmte Konstruktion)

Die unterschiedliche Einordnung in die Wärmebrückenkategorien A und B liegt bei diesem Planungsbeispiel nur am Wärmedämmstein am Fußpunkt des Mauerwerks. Alle Dämmstoffschichten und geometrischen Bezüge sind dagegen identisch, für die Kategorie A kann zudem auch Stahlbeton als Wandbaustoff verwendet werden (siehe Übersichtstabelle Materialkennwerte Wandbaustoffe). Stahlbeton als Baumaterial bei von außen wärmedämmten Wandkonstruktionen und die dimensionslose Darstellung der inneren Tragschale sind wesentliche Änderungen gegenüber dem alten Beiblatt 2 der DIN 4108. Somit können mit diesem Konstruktionsprinzip auch sehr viele Wärmebrückenanschlüsse von Bestandsgebäuden abgebildet werden, was die Wärmebrückenbewertung von Effizienzhausprojekten in der Sanierung in hohem Maße vereinfacht. Zusätzlich ist festzuhalten, dass die Dicke der Dämmschichten nicht mehr nach oben in ihrer Ausführung begrenzt ist, was besonders bei hohen Effizienzhausstandards den Aufwand für eine Wärmebrückenbewertung wesentlich reduziert.

1		Wärmedämmung (allgemein)	0,035 ^a
2		Perimeterdämmung (Wärmedämmung gegen Erdreich)	0,040 ^b
3		Mauerwerk ^e	≤ 0,014
4			0,12 ≤ λ ≤ 0,21
5			0,14 ≤ λ ≤ 1,3
6		Stahlbeton	2,3

Abbildung 2: Tabellenauszug der verwendeten Materialien für die Planungsbeispiele gemäß Beiblatt 2

Beispiel 2: Fensterlaibung

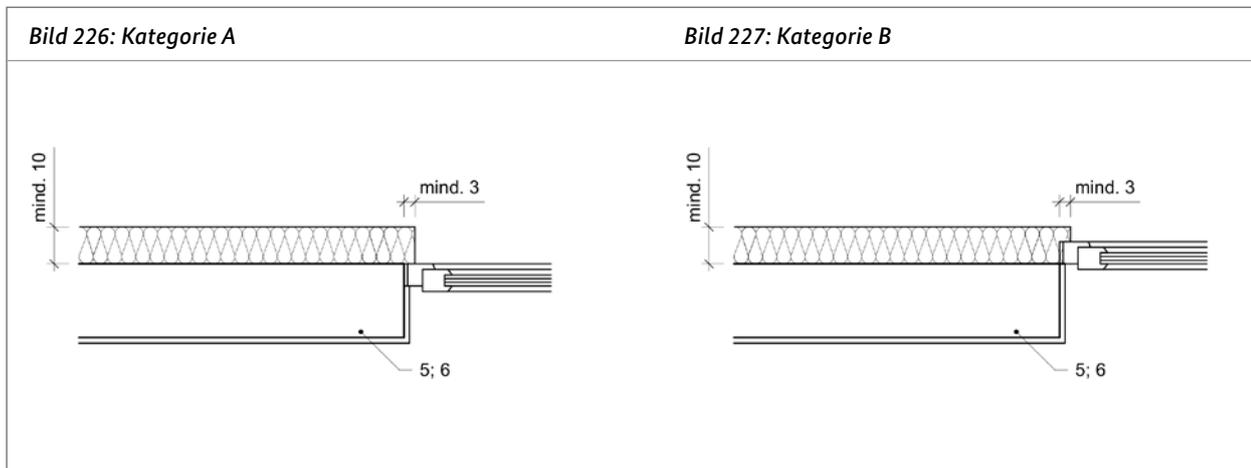


Abbildung 3: Planungsbeispiel für den Fensterlaibungsanschluss (außengedämmte Konstruktion)

Bei dieser Anschlusssituation entscheidet ausschließlich die Lage des Fensters über die Einstufung in die jeweilige Wärmebrückenkategorie. Für eine bessere Ausführung ist es gemäß Beiblatt 2 erforderlich, dass das Fenster komplett in der Dämmebene sitzt. Für Kategorie A scheint es gemäß der bildlichen Darstellung erforderlich, dass die Einbaulage des Fensters mauerwerksbündig erfolgt. In der Bemerkung zum Detail 226 ist allerdings zur Einbausituation Folgendes erläutert: „Fensterlage gilt für Achsmaß (Mitte) des Blendrahmens in der äußeren Hälfte der Tragschale“. Somit ist der Fensterlaibungsanschluss gemäß Beiblatt 2 im konstruktiven Grundprinzip auch ohne genauen Nachweis wärmebrückentechnisch korrekt als Kategorie A umgesetzt, wenn das Fenster mauerwerksmittig positioniert ist und eine Laibungsdämmung von mindestens 3 cm vorgesehen wird. Im früheren Beiblatt 2 durfte das Fenster maximal 2,5 cm hinter der Mauerwerksvorderkante sitzen. Somit ist diese neue Vorgabe wiederum sehr hilfreich für Detaillösungen bei Sanierungsvorhaben, da damit ein aufwendiger rechnerischer Gleichwertigkeitsnachweis in vielen Fällen nicht mehr notwendig ist. Ebenso ist in Beiblatt 2 nun geklärt, dass eine Rolloführungsschiene, die direkt auf den Blendrahmen montiert wird und nicht über die Außenkante des Rahmens ragt, für beide Kategorien unkritisch ist und damit in der Regel ein wesentlich einfacherer bildlicher Gleichwertigkeitsnachweis in den entsprechenden Fällen ausreicht.

1.4 Ersatzsysteme für Bauelemente

Wärmebrückendetails und -anschlüsse, bei denen Bauelemente wie Fenster, Dachflächenfenster, Rollokästen, Lichtkuppeln und Fassaden mit Pfosten-Riegel-Konstruktionen vorhanden sind, erfordern bei der individuellen Wärmebrückenberechnung hinsichtlich der Modellierung der tatsächlichen Geometrie einen hohen Aufwand. Um in diesen Fällen die Berechnung zu vereinfachen, kann der Wärmebrückennachweis der Details mit einem Ersatzsystem unter Berücksichtigung von Korrekturen in Abhängigkeit von dem Rahmenmaterial, der Anschlusssituation und der Bauart je nach Bauelement durchgeführt werden.

Alternativ kann die Berechnung des Ψ -Werts auch auf Basis einer detaillierten Modellierung mit den erforderlichen Randbedingungen gemäß Beiblatt 2 der DIN 4108 erfolgen. Hierfür werden in Anhang F des Wärmebrückenbeiblatts Referenzbauteile von Bauelementen zur Verfügung gestellt, mit denen ersatzweise der rechnerische Gleichwertigkeitsnachweis geführt oder die Berechnung des individuellen Wärmebrückenzuschlags durchgeführt werden kann, ohne die genaue Geometrie des Bauteils zu kennen. Ist zum Zeitpunkt der Berechnung das zum Einsatz kommende Bauteil schon bekannt, ist es auch zulässig, zum Beispiel den konkreten Fensterrahmen mit seiner Geometrie für die detaillierte Ψ -Wert-Berechnung zu verwenden.

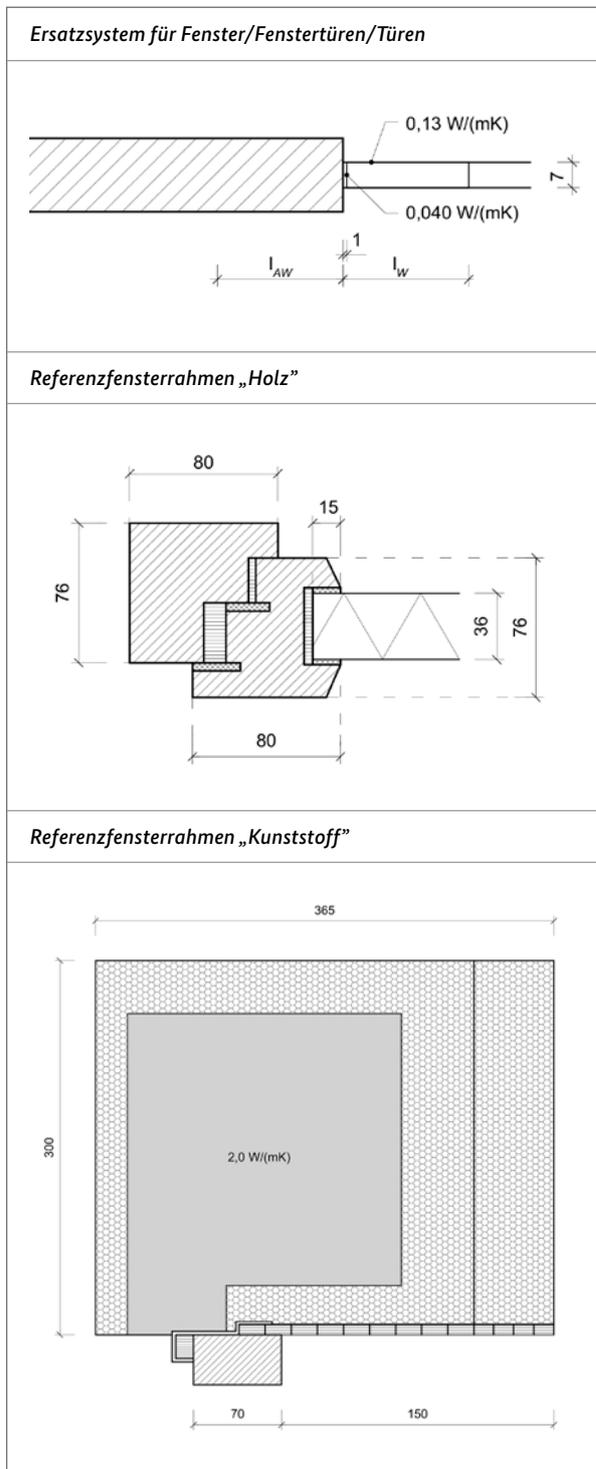


Abbildung 4: Ersatzsystem für den Fensteranschluss sowie Referenzbauteil für Fensterrahmen und Rolllöcher

Aufgrund dieser beiden Berechnungsmethoden, die zu unterschiedlichen Ergebnissen führen, werden in Beiblatt 2 auch zwei Referenzwerte für die entsprechenden Planungsbeispiele angegeben. Bei einem rechnerischen Gleichwertigkeitsnachweis ist der Referenzwert $\Psi_{\text{ref,Ers}}$ zu verwenden, wenn der zu bewertende Ψ -Wert mit dem Ersatzmodell berechnet wurde (auch $\Psi_{\text{rechner,Ers}}$), und der Referenzwert $\Psi_{\text{ref,det}}$, sofern das Referenzbauteil oder die genauen Abmessungen des Bauteils zur Ψ -Wert-Ermittlung herangezogen wurden.

Wird bei Anschlussdetails mit Bauteilen ein mit dem Ersatzsystem berechneter Ψ -Wert für die Ermittlung eines projektspezifischen Wärmebrückenzuschlags, also bei einem detaillierten Wärmebrückennachweis, verwendet, dann muss dieser mit nachfolgender Gleichung korrigiert werden:

$$\Psi = \Psi_{\text{rechner,Ers}} + (\Psi_{\text{ref,det}} - \Psi_{\text{ref,Ers}})$$

Dabei ist:

$\Psi_{\text{rechner,Ers}}$ der unter Verwendung eines Ersatzsystems berechnete Ψ -Wert

$\Psi_{\text{ref,det}}$ der angegebene Referenz- Ψ -Wert bei detaillierter Modellierung

$\Psi_{\text{ref,Ers}}$ der angegebene Referenz- Ψ -Wert bei Modellierung mittels Ersatzsystem

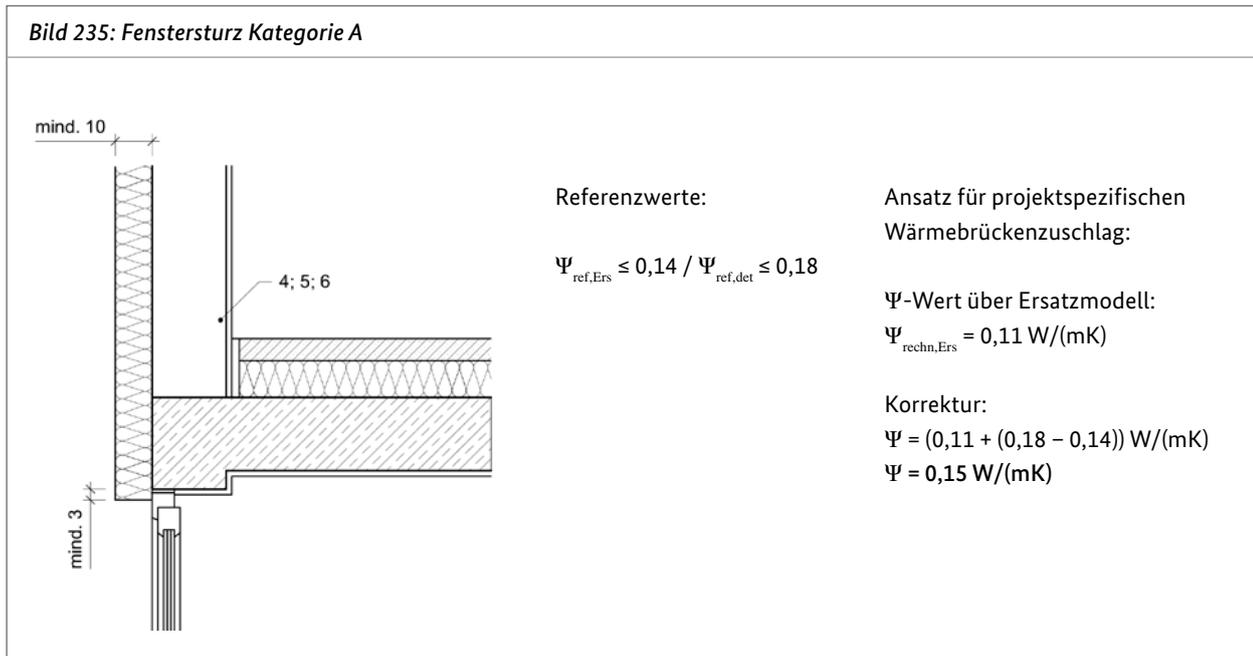


Abbildung 5: Prinzip der Korrekturberechnung für den Fensteranschluss bei Verwendung des Ersatzsystems

Würde man im Rahmen einer detaillierten Wärmebrückenberechnung für den dargestellten Fenstersturz gemäß Bild 235 die Ψ -Wert-Berechnung mit dem Ersatzmodell vornehmen, müsste das Ergebnis von 0,11 W/(mK) um 0,04 W/(mK) bzw. um 36 Prozent erhöht werden.

Bei einer Ψ -Wert-Berechnung auf Basis des Referenzbauteils oder der konkreten Geometrie des entsprechenden Bauelements erfolgt keine Korrektur.

Neben der Ψ -Wert-Berechnung sind im Rahmen der Wärmebrückenbewertung in der Regel auch die Frage nach der Oberflächentemperatur bzw. der sich einstellende Temperaturfaktor f_{Rsi} von Bedeutung. Auch hier ist die Verwendung des Ersatzsystems hinreichend genau und daher geeignet, sofern bei Fenstern und Fenstertüren die errechneten Oberflächentemperaturen durch einen Korrekturwert gemäß folgender Tabelle angepasst werden:

Rahmenmaterial	Korrekturwerte		
	Brüstung	Laibung	Sturz
Holz/Kunststoff	- 1,5	- 0,5	- 0,5
Metall	- 0,5	- 3,0	- 3,0

Tabelle 1: Korrekturwerte der Oberflächentemperatur Θ_{si} für Fensterprofile

1.5 Der Gleichwertigkeitsnachweis

Anspruchsvolle Effizienzhausstandards, besonders im Neubau, sind mit dem pauschalen Wärmebrückenansatz von $\Delta U_{\text{WB}} = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ nicht wirtschaftlich umsetzbar und auch bei Sanierungsvorhaben erfordert der Ansatz ohne Nachweis teilweise sehr hohe Dämmstoffstärken, um den entsprechenden Wärmeverlust über den Wärmebrückenansatz zu kompensieren.

Daher sollte eine Konstruktion mit minimierten Wärmebrückenverlusten gewählt werden, für die bei der energetischen Bilanzierung auch der reduzierte Wärmebrückenzuschlag von $\Delta U_{\text{WB}} = 0,05$ oder $0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ verwendet werden darf. Bei diesem Ansatz müssen die Planungsdetails entsprechend Beiblatt 2 der DIN 4108 vollständig eingehalten und umgesetzt werden. Den Planerinnen und Planern stehen hierfür ein bildlicher oder ein rechnerischer Gleichwertigkeitsnachweis zur Verfügung, mit denen die Konformität des vorhandenen Details zu dem entsprechenden Planungsbeispiel aus Beiblatt 2 bestätigen können. Beide Verfahren sind gleichberechtigt und es können auch beim Nachweis eines Gebäudes zwischen bildlich und rechnerisch hin und her gewechselt werden.

Folgende Verfahren und Nachweismethoden können verwendet werden:

- Gleichwertigkeit über das konstruktive Grundprinzip
- Gleichwertigkeit über den Wärmedurchlasswiderstand R der jeweiligen Schichten
- Gleichwertigkeit mittels Referenzwert einer Wärmebrückenberechnung
- Gleichwertigkeit mittels Referenzwert aus Veröffentlichungen

Bei den ersten beiden Fällen handelt es sich um einen bildlichen Nachweis, bei dem das vorhandene Detail mit den Planungsbeispielen des Beiblatts 2 der DIN 4108 hinsichtlich der angegebenen Schichtdicken, geometrischen Bezüge und Bandbreiten für die Wärmeleitfähigkeit der Baumaterialien verglichen wird. Ist hierbei keine Übereinstimmung zu erzielen, kann man für das vorhandene Detail eine Wärmebrückenberechnung durchführen oder einen entsprechenden Ψ -Wert aus einer Veröffentlichung verwenden und dann das Ist-Ergebnis mit dem entsprechenden Referenzwert aus Beiblatt 2 vergleichen. Ist das Ergebnis höchstens so groß wie der Referenzwert, dann hat man die Gleichwertigkeit auch nachgewiesen.

Nachfolgend werden anhand von verschiedenen Beispielen die unterschiedlichen Verfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit genauer erläutert.

Gleichwertigkeit über das konstruktive Grundprinzip

Eine Gleichwertigkeit ist grundsätzlich gegeben, wenn eine eindeutige Zuordnung des konstruktiven Grundprinzips möglich ist und eine Übereinstimmung der beschriebenen Bauteilabmessungen und Baustoffeigenschaften vorliegt. Als Beispiel für diesen Gleichwertigkeitsnachweis ist nachfolgend der Fußpunkt bzw. Sockel eines Gebäudes mit Bodenplatte auf Erdreich dargestellt (Abbildung 6).

Bei diesem Neubauvorhaben soll ein Effizienzhaus 55 umgesetzt werden, bei dem auf einem Ziegelmauerwerk (24 cm, $\lambda = 0,24 \text{ W}/(\text{mK})$) ein 14 cm starkes Wärmedämmverbundsystem mit einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,032 \text{ W}/(\text{mK})$ aufgebracht wird.

Der Fußboden wird zweilagig mit 8 cm $\lambda = 0,032 \text{ W}/(\text{mK})$ und 3 cm $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{mK})$ wärmegeädämmt. Um eine Gleichwertigkeit gemäß Kategorie B nachzuweisen, sind die Schichtdicken, Materialeigenschaften und geometrischen Vorgaben des Planungsbeispiels Nr. 18 des Beiblatts 2 der DIN 4108 einzuhalten. Zusätzlich ist darauf zu achten, dass die erforderliche Sockeldämmung höchstens 4 cm schwächer ausgeführt werden darf und eine Höhe von 30 cm ab Oberkante Bodenplatte nicht überschritten wird.

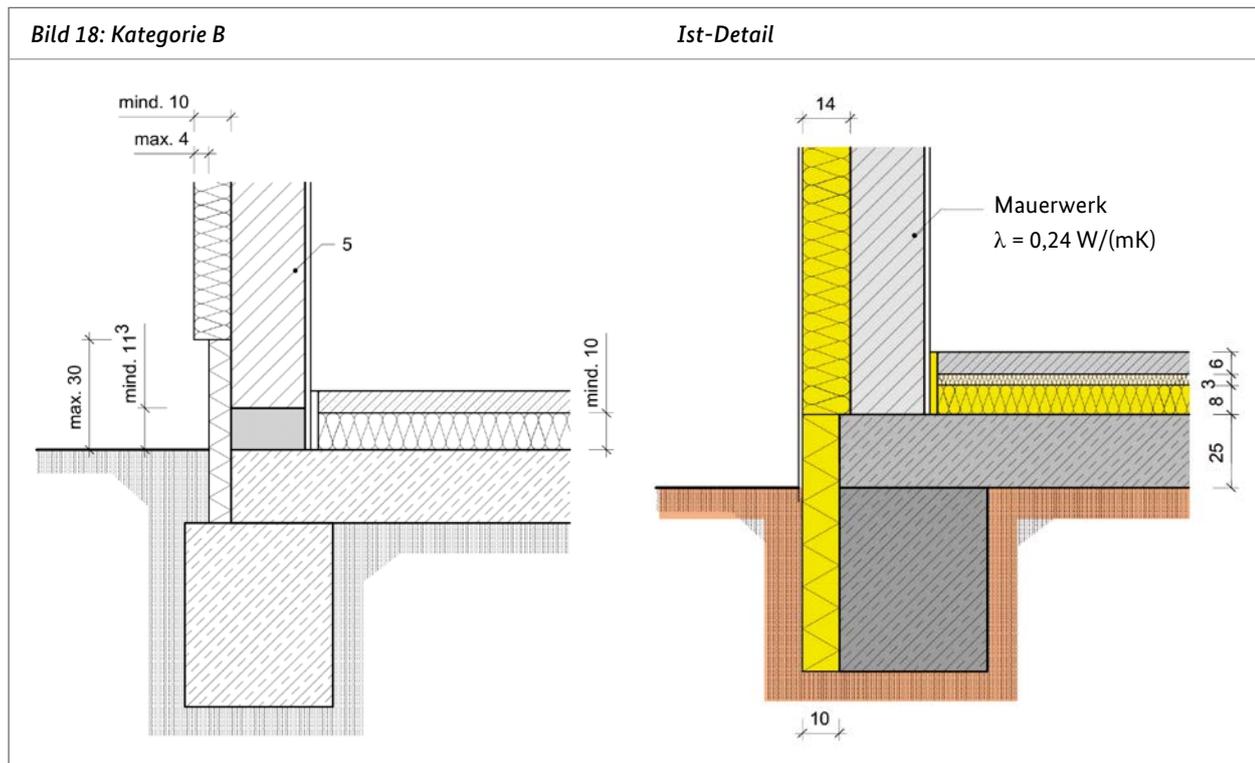


Abbildung 6: Bildlicher Gleichwertigkeitsnachweis auf Basis des konstruktiven Grundprinzips bei einem Sockelanschluss

Kategorie A	gefordert (Bild 18)	vorhanden
WDVS	$\geq 10 \text{ cm}$; $\lambda \leq 0,035 \text{ W/(mK)}$	14 cm; $\lambda = 0,032 \text{ W/(mK)}$
Perimeterdämmung	$\geq \text{dWDVS} - 4 \text{ cm}$; $\lambda \leq 0,04 \text{ W/(mK)}$	10 cm; $\lambda = 0,038 \text{ W/(mK)}$
Bodenplatte	$\geq 10 \text{ cm}$; $\lambda \leq 0,035 \text{ W/(mK)}$	8 cm; $\lambda = 0,032 \text{ W/(mK)}$ + 3 cm; $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$
Sockelhöhe	$\leq 30 \text{ cm}$	25 cm
Erdrecheinbindung	Wärmedämmstein; $\lambda \leq 0,33 \text{ W/(mK)}$	Mauerwerk 24 cm; $\lambda = 0,24 \text{ W/(mK)}$

Tabelle 2: Gegenüberstellung der Vorgaben gemäß Beiblatt 2 und der geplanten Konstruktion (Sockelanschluss)

Die Gegenüberstellung der relevanten Schichten zeigt eine Übereinstimmung mit dem konstruktiven Grundprinzip und den Vorgaben des entsprechenden Planungsbeispiels. Auf den Wärmedämmstein kann verzichtet werden, da ein Mauerwerk mit geringerer Wärmeleitfähigkeit als $\lambda = 0,33 \text{ W/(mK)}$ verwendet wird.

Anmerkung:

Würde es sich bei dem dargestellten Beispiel um eine Sanierungsmaßnahme handeln, bei der ebenfalls kein Wärmedämmstein verwendet und für das Mauerwerk eine Wärmeleitfähigkeit von mehr als $0,33 \text{ W/(mK)}$ vermutet wird, ließe sich für die identischen Wärmedämmmaßnahmen über das konstruktive Grundprinzip gemäß Bild 17 des Wärmebrückenbeiblatts die Kategorie A für den Sockelanschluss nachweisen, sofern die Perimeterdämmung mindestens 50 cm ins Erdreich einbindet.



Gleichwertigkeit über den Wärmedurchlasswiderstand R der jeweiligen Schichten

Bei Materialien mit abweichender Wärmeleitfähigkeit erfolgt der Nachweis der Gleichwertigkeit über den Wärmedurchlasswiderstand R der jeweiligen Schicht. Weichen die Wärmeleitfähigkeiten einer Konstruktionslösung von den Vorgaben des Beiblatts 2 ab, kann die Gleichwertigkeit des geplanten Details über den Wärmedurchlasswiderstand (R-Wert) der jeweiligen Schicht nachgewiesen werden.

Bei dem dargestellten Ortgangdetail (Abbildung 7) handelt es sich um eine geplante Sanierungsmaßnahme zu einem Effizienzhaus 85.

Aufgrund von Brandschutzbestimmungen wird ein Wärmedämmverbundsystem aus Mineralwolle vorgesehen und aus Kostengründen soll der bestehende Dachstuhl erhalten bleiben.

Zur Ausführung soll ein WDVS aus Mineralwollelamellen mit einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,040 \text{ W}/(\text{mK})$ kommen und die vorhandene Dachkon-

struktion erhält eine 12 cm Zellulose-Zwischensparrendämmung ($\lambda = 0,040 \text{ W}/(\text{mK})$) sowie eine 6 cm starke Aufdachdämmung aus Holzweichfaserplatten mit $\lambda = 0,042 \text{ W}/(\text{mK})$.

Im vorliegenden Fall werden für das konstruktive Grundprinzip gemäß Bild 312 die erforderlichen Mindestwärmeleitfähigkeiten des Dämmmaterials im Wand- und Dachbereich sowie auf der Mauerkrone ($\lambda \leq 0,035 \text{ W}/(\text{mK})$) eingehalten. Somit müssen für das gewählte Ortgangdetail im Rahmen des bildlichen Gleichwertigkeitsnachweises die jeweiligen R-Werte der einzelnen Dämmschichten überprüft werden.

Die geforderten Wärmedurchlasswiderstände werden von der geplanten Detailausbildung erfüllt und der 5 cm Mauerwerksabstand des Giebelsparrens ist auch eingehalten, sodass der Ortgang als gleichwertig im Sinne des Beiblatts 2 für die Kategorie A eingestuft werden kann. Bei diesem Anschluss wäre für eine Einstufung in Kategorie B nur eine Erhöhung der Wärmedämmung der Mauerwerkskrone auf 10 cm nötig, was mit einer 12 cm starken Aufdachdämmung und $\lambda = 0,042 \text{ W}/(\text{mK})$ ebenso erreicht wäre.

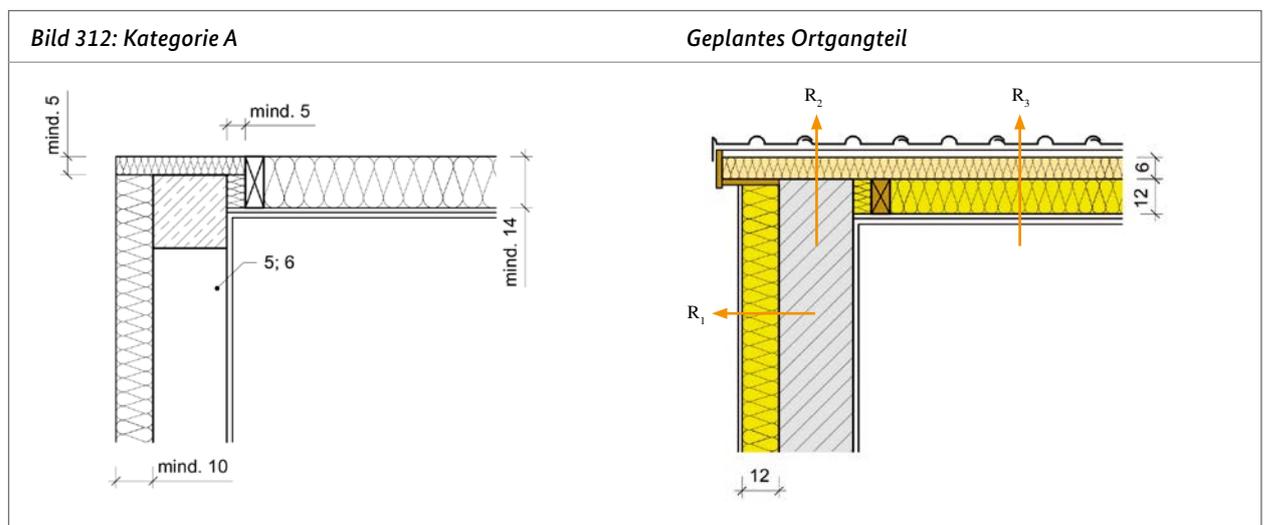


Abbildung 7: Bildlicher Gleichwertigkeitsnachweis auf Basis der R-Wert-Methode für einen Ortgang

Kategorie A	gefordert (Bild 312)	vorhanden
WDVS	10 cm; $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{mK})$; R-Wert $\geq 2,86 \text{ (m}^2\text{K)}/\text{W}$	6 cm; $\lambda = 0,021 \text{ W}/(\text{mK})$; R ₁ -Wert: $2,86 \text{ (m}^2\text{K)}/\text{W}$
Kopfdämmung	5 cm; $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{mK})$; R-Wert $\geq 1,43 \text{ (m}^2\text{K)}/\text{W}$	6 cm; $\lambda = 0,042 \text{ W}/(\text{mK})$; R ₂ -Wert: $1,43 \text{ (m}^2\text{K)}/\text{W}$
Dachdämmung	14 cm; $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{mK})$; R-Wert $\geq 4,00 \text{ (m}^2\text{K)}/\text{W}$	12 + 6 cm; $\lambda = 0,040/0,042 \text{ W}/(\text{mK})$; R ₃ -Wert: $4,43 \text{ (m}^2\text{K)}/\text{W}$

Tabelle 3: Gegenüberstellung der Vorgaben gemäß Beiblatt 2 und der geplanten Konstruktion (Ortgang)

Gleichwertigkeit mittels Referenzwert einer Wärmebrückenberechnung

Ist es bei einem geplanten Detail nicht möglich, das konstruktive Grundprinzip des Beiblatts 2 der DIN 4108 hinsichtlich der Maßvorgaben oder des Wärmedurchlasswiderstands einzuhalten, kann der Gleichwertigkeitsnachweis nur noch auf Basis der sogenannten Referenzwertmethode erfolgen. Hierfür ist für alle Planungsbeispiele in Beiblatt 2 ein längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient als Referenzwert angegeben. Ist der Ψ -Wert des geplanten Details nicht höher als der des Beiblatts 2, kann die Ausführung als gleichwertig angesehen werden. Für die Berechnung des Ψ -Werts ist eine thermische Simulation mithilfe einer Berechnungssoftware auf Grundlage der in Beiblatt 2 beschriebenen Randbedingungen notwendig.

Für dieses Beispiel wird als Wärmebrückendetail eine in die Kellerdeckendämmung einbindende Innenwand gewählt. Die ursprüngliche Planung bei diesem Sanierungsvorhaben zu einem Effizienzhaus 70 sieht eine nachträgliche 8 cm starke PUR-Dämmung ($\lambda = 0,023 \text{ W/(mK)}$) vor, die auf der Kaltseite der Kellerdecke angebracht wird. Oberhalb der Kellerdecke ist der Aufbau noch im ursprünglichen Zustand mit einer Kokosmatte zur Schallentkopplung unter dem Estrich. Aufgrund der dickeren Kellerinnenwand sowie der nicht eingehaltenen Abmessungen der Dämmstofflage oberhalb der Kellerdecke muss für diesen Wärmebrückenanschluss hinsichtlich der Gleichwertigkeit zum Planungsbeispiel Nr. 106 der konkrete Ψ -Wert errechnet werden.

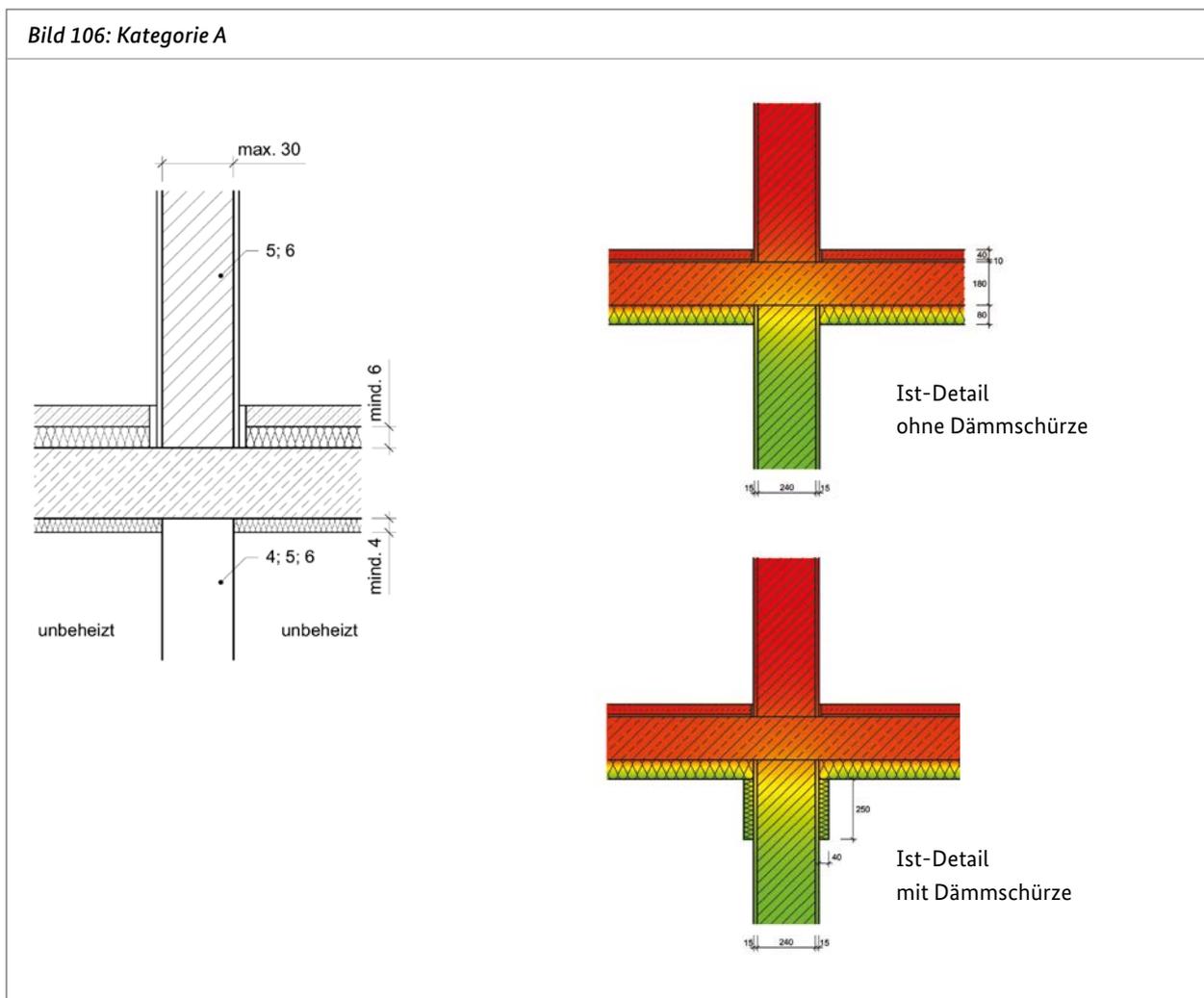


Abbildung 8: Prinzip des rechnerischen Gleichwertigkeitsnachweises für einen Kellerdecken-Innenwand-Anschluss

In der ursprünglichen Planung ergibt sich für die vorhandene Detailausführung ein Ψ -Wert von 0,38 W/(mK); somit ist die Gleichwertigkeit als Kategorie-A-Wärmebrücke nicht nachgewiesen. Erst durch das Aufbringen einer Dämmschürze an der Innenwand wird die Wärmebrückenwirkung auf einen Ψ -Wert von 0,22 W/(mK) reduziert, womit der

Referenzwert unterschritten und die Gleichwertigkeit gemäß Kategorie A nachgewiesen wäre. Bei einer 6 cm dicken Dämmschürze und 40 cm Höhe wird ein Ψ -Wert von 0,18 W/(mK) erreicht, sodass bei dieser Ausführung sogar das Kategorie B-Niveau gemäß Planungsbeispiel 107 möglich wäre.

Kategorie A/B	gefordert	vorhanden
Referenzwert <i>Bild 106, A</i>	$\Psi \leq \Psi_{\text{ref}} = 0,27 \text{ W/(mK)}$	ohne Dämmschürze; $\Psi = 0,38 \text{ W/(mK)}$
Referenzwert <i>Bild 106, A</i>	$\Psi \leq \Psi_{\text{ref}} = 0,27 \text{ W/(mK)}$	4/25 cm Dämmschürze; $\Psi = 0,22 \text{ W/(mK)}$
Referenzwert <i>Bild 107, B</i>	$\Psi \leq \Psi_{\text{ref}} = 0,19 \text{ W/(mK)}$	6/40 cm Dämmschürze; $\Psi = 0,18 \text{ W/(mK)}$

Tabelle 4: Gegenüberstellung der Referenzwerte gemäß Beiblatt 2 und des vorhandenen Ψ -Werts des Kellerdecken-Innenwand-Anschlusses

Gleichwertigkeit mittels Referenzwert aus Veröffentlichungen

Für den Nachweis der Gleichwertigkeit über den Referenzwert muss nicht zwingend eine thermische Simulation des geplanten Details erfolgen. Der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient Ψ kann auch aus Veröffentlichungen oder Wärmebrückenkatalogen entnommen werden, von denen schon einige frei zugängliche Varianten, unter anderem von der Bauindustrie, verfügbar sind. Allerdings handelt es sich hierbei hauptsächlich um Anschlussdetails für Neubaulösungen, die somit nur bedingt für den Gleichwertigkeitsnachweis bei Sanierungsvorhaben anwendbar sind.

„Bild schlägt Rechnung“

Wie schon erläutert, werden im neuen Beiblatt 2 bei den Planungsbeispielen von außengedämmten Außenwandanschlüssen grundsätzlich keine Wanddicken mehr angegeben und auch Lösungen mit Stahlbeton aufgeführt. Dadurch können im Prinzip – unabhängig von ihrer Dicke und dem Baumaterial – alle Außenwände der Gebäudetypologie von Bestandsgebäuden, die von außen eine neue Wärmedämmung zum Beispiel als Wärmedämmverbundsystem erhalten, auch mit einem bildlichen Gleichwertigkeitsnachweis auf Basis des konstruktiven Grundprinzips nachgewiesen werden. Wird nun dennoch eine Wärmebrückenberechnung durchgeführt, um gegebenenfalls die Oberflächentemperatur für eine $f_{\text{R,si}}$ -Bewertung ermitteln zu können, und stellt sich dabei heraus, dass der errechnete Ψ -Wert über dem maximal zulässigen Referenzwert liegt, ist die Gleichwertigkeit hinsichtlich der Wärmebrückenkategorie dennoch gegeben, wenn alle bildlich dargestellten Bedingungen erfüllt sind. Für die Bestimmung des pauschalen Wärmebrückenzuschlags steht somit grundsätzlich immer der bildliche über dem rechnerischen Gleichwertigkeitsnachweis.

Für die Dokumentation eines Gleichwertigkeitsnachweises mit Angabe, in welcher Form der Nachweis für das jeweilige Detail erbracht wurde, können die im Anhang vorhandenen Formblätter A1 oder A2 verwendet werden.

1.6 Das Korrekturverfahren

Für die Verwendung eines pauschalen Wärmebrückenzuschlags von $\Delta U_{\text{WB}} = 0,03$ oder $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ müssen alle relevanten Wärmebrücken der Kategorie A oder B nach DIN 4108 Beiblatt 2 entsprechen.

Bei Neubauvorhaben kann infolge konstruktiver Vorgaben oder bei Sanierungsprojekten aufgrund der vorgegebenen baulichen Konstruktion sowie fehlender oder nicht ausreichender Wärmedämmschichten gegebenenfalls nicht jede Anschlussituation normkonform umgesetzt werden. In solchen Fällen besteht die Möglichkeit, auf den pauschalen Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} einen Korrekturwert anzurechnen, sodass der angestrebte Pauschalansatz nur einen Aufschlag erhält und nicht um den Standardpauschalwert von $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erhöht werden muss. Dieses Prinzip kann bei der Nachweisführung von Effizienzhäusern, bekannt als „Erweiterter Gleichwertigkeitsnachweis“, gemäß dem Infoblatt „KfW-Wärmebrückenbewertung“ schon seit längerer Zeit angewendet werden und ist nun auch normativ abgesichert.

Kann für einzelne Bauteilanschlüsse die Gleichwertigkeit in der geplanten Kategorie nicht eingehalten werden, für andere dagegen schon, muss für die nicht konformen Wärmebrücken die entsprechende Überschreitung $\Delta\Psi$ zusätzlich berücksichtigt werden. Dieser Aufschlag ergibt sich aus der Differenz des Ist- Ψ -Werts und des jeweiligen Referenzwerts (A oder B). Für den Ist- Ψ -Wert können der Referenzwert der Kategorie A, ein eigenes Berechnungsergebnis einer Wärmebrückensimulation oder Werte aus Wärmebrückenkatalogen verwendet werden. Es dürfen nur Überschreitungen berücksichtigt werden, keine Unterschreitungen bzw. negativen $\Delta\Psi$ -Werte.

Sind an dem zu bewertenden Gebäude Wärmebrücken vorhanden, die nicht in Beiblatt 2 aufgeführt sind, kann nach dem Prinzip des ΔU_{WB} -Aufschlags analog vorgegangen werden. In diesem Fall ist wegen des fehlenden Referenzwerts der Ist- Ψ -Wert voll anzurechnen, wobei davon auszugehen ist, dass diese Fälle eher eine untergeordnete Rolle spielen, da ein Großteil der möglichen Wärmebrückenanschlüsse über das neue Beiblatt 2 der DIN 4108 abgedeckt ist.

Bei Bauteilanschlüssen wie zum Beispiel Fensterlaibung, -sturz oder -brüstung muss für das Korrekturverfahren immer der Referenzwert für eine detaillierte Berechnung $\Psi_{\text{Ref,det}}$ verwendet werden.

Vorgehensweise zur Berechnung des projektspezifischen Pauschalzuschlags (Erweiterter Gleichwertigkeitsnachweis):

Fall 1:

Es kann keine Konformität (Gleichwertigkeitsnachweis) zu einem oder mehreren in DIN 4108 Beiblatt 2 dargestellten Konstruktionsprinzipien der Kategorie A bzw. Kategorie B hergestellt werden.

Korrekturwert ergibt sich aus:

$$\Delta U_{\text{WB}} = \Sigma(\Delta\Psi_i l_i)/A + 0,05 \text{ bzw. } \Delta U_{\text{WB}} = \Sigma(\Delta\Psi_i l_i)/A + 0,03$$

Fall 2:

Es sind Wärmebrücken zu berücksichtigen, die nicht in Beiblatt 2 enthalten sind.

Korrekturwert ergibt sich aus:

$$\Delta U_{\text{WB}} = \Sigma(\Psi_i l_i)/A + 0,05 \text{ bzw. } \Delta U_{\text{WB}} = \Sigma(\Psi_i l_i)/A + 0,03$$

Dabei ist:

$\Delta\Psi_i$ die Differenz des projektbezogenen temperaturbewerteten Ψ -Werts zum jeweiligen in DIN 4108 Beiblatt 2 dargestellten Ψ -Referenzwert

Ψ_i der temperaturbewertete Ψ -Wert der betreffenden Anschlussituation

l_i die Länge der betreffenden Anschlussituation

A die wärmeübertragende Umfassungsfläche des Gebäudes

Hinweis:

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Variante mit dem Aufschlag für nicht konforme Wärmebrücken von $\Delta U_{\text{WB}} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und die Anrechnung von nicht vorhandenen Wärmebrücken über die DIN V 18599:2018-09, Punkt 6.2.5, geregelt und nicht konkret in Beiblatt 2 der DIN 4108 beschrieben sind.



Beispiel Korrekturverfahren A/B Neubau

Für dieses Neubauvorhaben ohne Keller sind hinsichtlich der Gleichwertigkeit nur neun Wärmebrückenanschlüsse zu bewerten. Bei der Konstruktion handelt es sich um ein von außen gedämmtes Mauerwerk. Für sieben der neun Anschlüsse kann die Kategorie B über den bildlichen Nachweis

bestätigt werden. Nur die Fensterlaibung und der Fenstersturz können nicht als B-Variante umgesetzt werden, da das Fenster nicht in der Dämmebene sitzt. Der Fenstersturz ist mit einem Rollokasten ausgestattet und in diesem Fall spielt die Lage des Fensters keine Rolle.



Nr.	Lage	Zuordnung		Bild	Kategorie	Ψ_{ref} [W/(mK)]
1	Bodenplatte	Sockel	→	18	B	0,22
2	Bodenplatte	Innenwand	→	91	B	0,06
3	Bodenplatte	Bodentiefes Fenster	→	24	B	0,03
4	Außenwand	Fensterlaibung	→	226	A	0,18
5	Außenwand	Fensterlaibung	→	220	A	0,25
6	Außenwand	Rollokasten	→	274	B	0,12
7	Dach	Ortgang	→	313	B	0,06
8	Dach	Traufe	→	345	B	-0,02
9	Dach	First	→	370	B	-0,02

Tabelle 5: Klassifizierung vorhandener Wärmebrücken nach Wärmebrückenkategorien bei einem Einfamilienhaus

In Beiblatt 2 sind alle Rollokastendetails in der Kategorie B eingestuft. Für Fensterbrüstung und Fensterlaibung wäre für die Kategorie B ein Referenzwert von 0,07 bzw. 0,10 W/(mK) erforderlich. Somit ergibt sich im Rahmen der

Korrekturberechnung bei einer Fensterlaibungs- und Fensterbrüstungslänge von 48,3 bzw. 15,2 m sowie einer thermischen Gebäudehülle von 512 m² folgender pauschaler Wärmebrückenzuschlag:

			$\Psi_{A,ref}$ [W/(mK)]	$\Psi_{B,ref}$ [W/(mK)]	$\Delta\Psi$ [W/(mK)]	Länge [m]	Korrektur [W/K]
4	Außenwand	Fensterlaibung	0,18	0,07	= 0,11	x 48,3	= 5,31
5	Außenwand	Fensterlaibung	0,25	0,10	= 0,15	x 15,2	= 2,28

	$\Delta U_{WB,B}$ [W/(m ² K)]	Korrektur [W/K]	Fläche [m ²]	$\Delta U_{WB,K}$ [W/(m ² K)]
Korrekturberechnung	0,03	+ 7,59	/ 512	= 0,045

Abbildung 9: Berechnungsschritte für die Ermittlung eines korrigierten Wärmebrückenzuschlags nach Kategorie B

Auf Grundlage der Korrekturberechnung steigt der $\Delta U_{WB,B}$ - Wert von 0,03 W/(m²K) um 50 Prozent auf 0,045 W/(m²K) an. Dieser recht hohe Korrekturwert ist darin begründet, dass Fensteranschlüsse in der Kategorie A auch mauerwerksmittig angeordnet sein können. Daher beinhaltet der Referenzwert auch sehr hohe Sicherheitszuschläge.

Bei der Korrekturberechnung ist es auch zulässig, dass individuell berechnete Ψ -Werte von nicht konformen Wärmebrückenanschlüssen verwendet werden. Dies ist grundsätzlich anzuwenden, wenn im Rahmen einer Kategorie-A-Umsetzung die Gleichwertigkeit der Anschlussdetails nicht nachgewiesen werden kann. Dieses Prinzip ist auch als „Erweiterter Gleichwertigkeitsnachweis“ im Rahmen der KfW-Förderung bekannt. Als Berechnungsbeispiel folgt hierzu eine Wärmebrückenbewertung für ein Sanierungsvorhaben.

Beispiel Korrekturverfahren Sanierung

Bei diesem Gebäudebeispiel handelt es sich um ein Zweifamilienhaus aus dem Baujahr 1972, das zum Effizienzhaus 100 energetisch saniert werden soll. Am Gebäude sind zwei Balkone bzw. durchstoßende Geschossdecken mit jeweils einer Länge von 6 m vorhanden. Die erforderliche nachträgliche Dachdämmung erfolgt ausschließlich von innen, da die Dachhaut nicht erneuert wird. Somit kann für das Ortgangdetail wegen der fehlenden Kopfdämmung weder ein bildlicher noch ein rechnerischer Gleichwertigkeitsnachweis erstellt werden.



Beispielgebäude Korrekturverfahren Sanierung

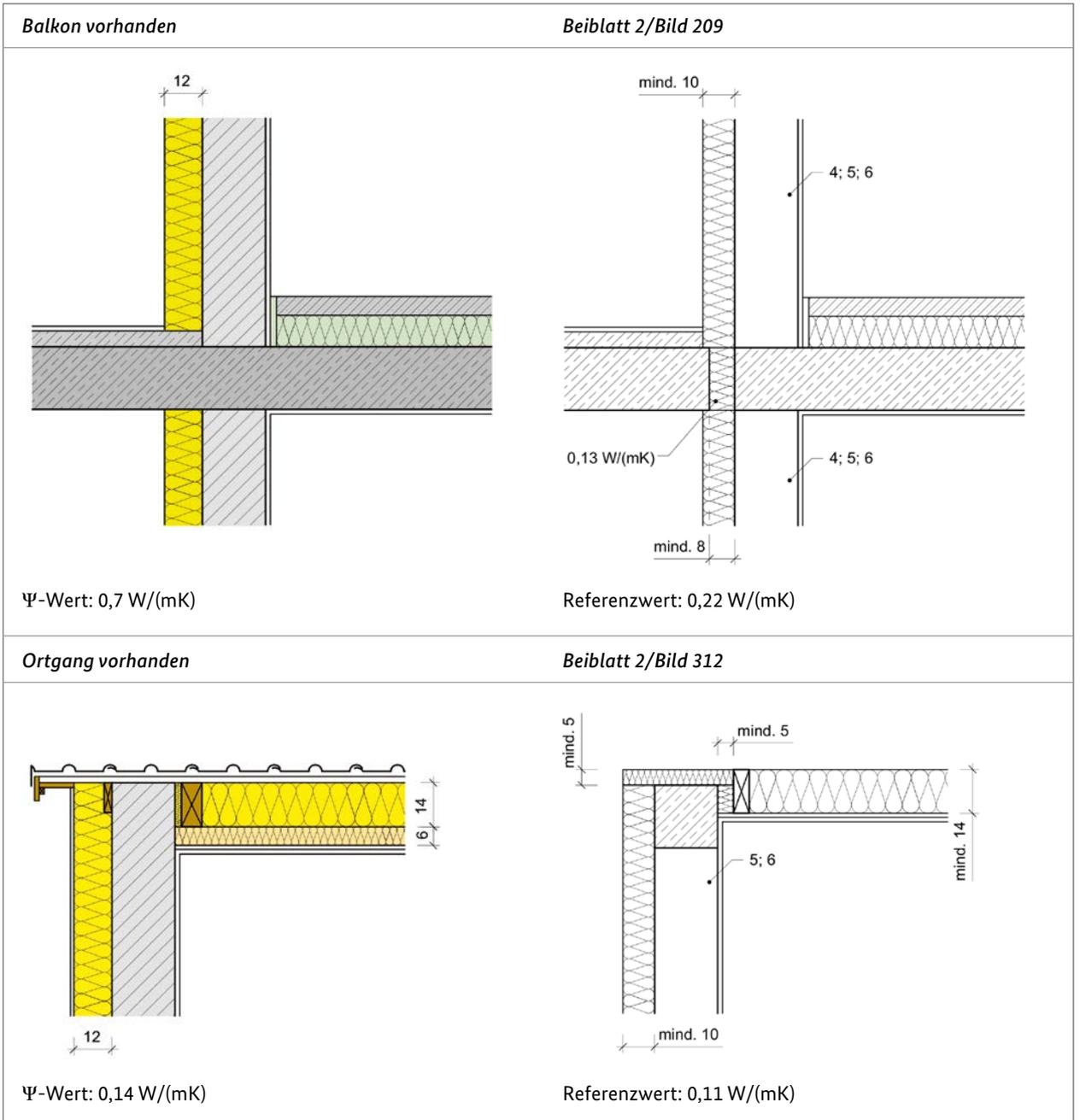


Abbildung 10: Gegenüberstellung vorhandener und nicht konformer Wärmebrückendetails gemäß Kategorie A

Als Korrekturwert für den pauschalen Wärmebrücken-zuschlag ergibt sich über den erweiterten Gleichwertigkeits-nachweis folgendes Ergebnis:

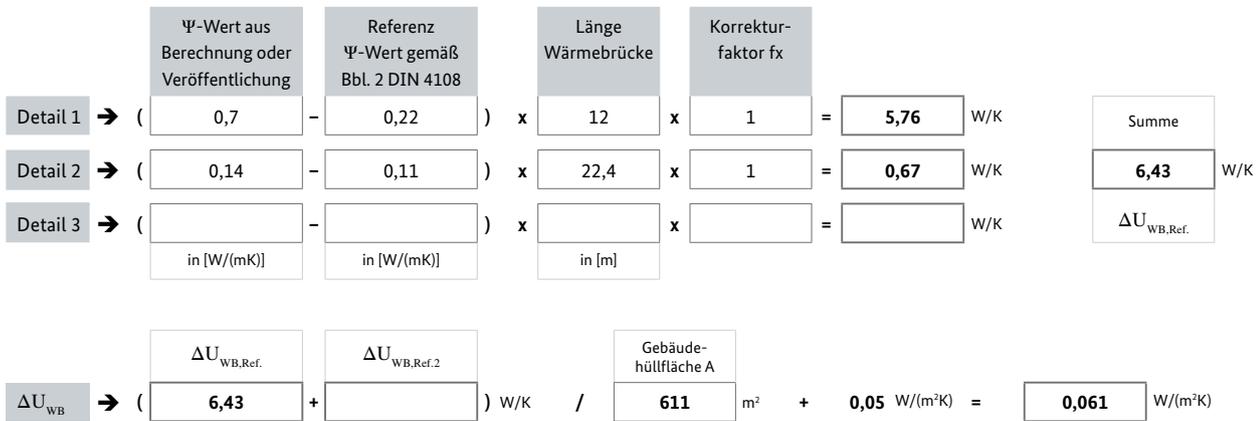


Abbildung 11: Berechnungsschritte für die Ermittlung eines korrigierten Wärmebrücken-zuschlags nach Kategorie A

Gegenüber dem ursprünglich angedachten Pauschalansatz ohne Nachweis von 0,10 W/(m²K) ergibt sich durch das Prinzip des erweiterten Gleichwertigkeitsnachweises eine mögliche Reduktion des Wärmebrücken-zuschlags um ca. 40 Prozent. Die nachfolgende Grafik zeigt, dass sich mit dem

ermittelten Wärmebrücken-zuschlag für das Gebäude ein höheres Effizienzhausniveau erreichen lässt und somit auch ein höherer Tilgungszuschuss für die Hauseigentümerin oder den Hauseigentümer zur Verfügung steht.

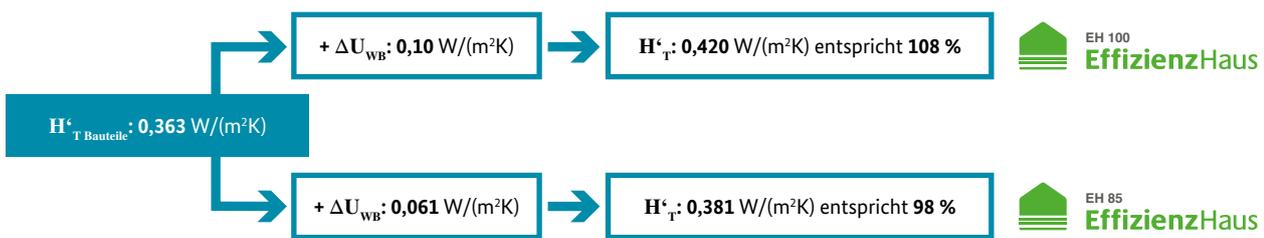


Abbildung 12: Ergebnisvergleich Pauschalansatz und Korrekturberechnung

Da das Korrekturverfahren grundsätzlich auf einem Gleichwertigkeitsnachweis aufsetzt, ist für eine Dokumentation neben dem Formblatt B aus dem Anhang auch immer das Formblatt A notwendig.



1.7 Detaillierter Wärmebrückennachweis

Die genaueste Methode, die zusätzlichen Transmissionwärmeverluste infolge von Wärmebrücken an einem Gebäude zu bestimmen, ist der detaillierte bzw. projektspezifische Nachweis. Bei dieser alternativen Nachweismethode werden nur die tatsächlichen Wärmebrückeneffekte berücksichtigt und diese können im Neubaubereich bei konsequent geplanter Wärmebrückenminimierung deutlich unter dem pauschalen Ansatz liegen. Bei den pauschalen Wärmebrückenzuschlägen handelt es sich grundsätzlich nur um Abschätzungen auf Basis von Regeldetails, die in der Realität bei unterschiedlichen Gebäudetypen und -größen mit individueller Architektur auch zu unterschiedlichen Wärmebrückenverlusten führen würden. Die Erfahrung zeigt, dass

bei Mehrfamilienhäusern mit Tiefgaragen der pauschale Wärmebrückenzuschlag gemäß Kategorie B von $\Delta U_{WB} = 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ die Realität recht gut abbilden kann, bei einfachen Ein- und Zweifamilienhäusern wird hingegen ein detaillierter Nachweis häufig wesentlich geringere Wärmebrückenverluste als die Pauschalansätze von $\Delta U_{WB} = 0,05$ oder $0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ aufweisen.

Der Wärmebrückenleitsatz „Wärmebrückenfreie Häuser gibt es nicht, aber der zusätzliche Transmissionswärmeverlust über Wärmebrücken kann gegen null gehen“ kann nur über eine detaillierte Berechnung bestätigt werden.

Vorgehensweise bei der Erstellung eines detaillierten Wärmebrückennachweises

Das Aufstellen eines detaillierten Wärmebrückennachweises lässt sich in vier Abschnitte aufteilen:

1. Untersuchung der Konstruktion und Aufnahme der Wärmebrücken
2. Ermitteln des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten
3. Erstellung eines Längenaufmaßes
4. Berechnung des gesamten zusätzlichen Wärmedurchgangs

Im ersten Schritt wird ermittelt, welche Wärmebrücken am Gebäude vorhanden sind. Punktuelle und dreidimensionale Wärmebrücken sind wegen der begrenzten Flächenwirkung im Wärmeschutznachweis und somit auch beim Wärmebrückennachweis vernachlässigbar. Eine Untersuchung hinsichtlich Tauwasserfreiheit kann besonders bei Sanierungsvorhaben gegebenenfalls auch für diese Details notwendig sein.

Sind alle am Gebäude vorhandenen Wärmebrücken identifiziert, muss im nächsten Schritt der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient ermittelt werden. Dies kann über eine eigene Berechnung erfolgen oder über Wärmebrückenkataloge, die von Herstellern verschiedener Bauprodukte als Hilfsmittel zur Verfügung gestellt werden. Trotzdem finden sich bei nahezu jedem Bauvorhaben Details, die nicht in einem Katalog erfasst sind. Für die Altbausanierung fehlen solche Kataloge fast gänzlich. Hier muss dann mit entsprechender Software der Ψ -Wert berechnet werden. Wie eine solche thermische Simulation im Wesentlichen durchzuführen ist, wird in Beiblatt 2 unter Punkt 6 „Vorgehen bei der Berechnung von Wärmebrücken“ beschrieben.

Um die zusätzlichen Wärmeverluste berechnen zu können, müssen noch die Längen der einzelnen Wärmebrücken bestimmt werden. Hierbei ist, wie bei der Flächenermittlung der thermischen Gebäudehülle, darauf zu achten, dass der

Außenmaßbezug hergestellt ist. Mit den ermittelten Längen kann dann der Anteil der Wärmebrücken am Transmissionswärmeverlust des Gesamtgebäudes berechnet werden. Die Auswirkungen von Wärmebrücken, die nicht an die Außenluft grenzen, wie zum Beispiel Anschlüsse der Innenwand mit der Bodenplatte auf Erdreich oder Kellerdecke gegen unbeheizt, dürfen über einen Temperatur-Korrekturfaktor reduziert werden oder sie werden als temperaturbewerteter Ψ -Wert angegeben.

Eine Umrechnung der konkreten Wärmebrückenverluste auf die Hüllfläche dient nur einem Vergleich mit den pauschalen Wärmebrückenzuschlägen gemäß GEG.

Bei Durchführung eines detaillierten Wärmebrückennachweises ist eine nachvollziehbare Darstellung der Berechnung unverzichtbar. Folgende Inhalte sollte diese Dokumentation mindestens umfassen:

- Gebäudepläne mit Bemaßung
- Auflistung und Längenaufmaß der Wärmebrücken
- Bildliche Darstellung der relevanten Details
- U-Werte und Konstruktionsbeschreibung der Flächenbauteile
- Quellenangabe, auf welcher Grundlage die einzelnen Ψ -Werte ermittelt sind
- Zusammenfassung der zusätzlichen thermischen Verluste infolge von Wärmebrücken

Für die Auflistung der einzelnen Wärmebrückenverluste kann das im Anhang vorhandene Formblatt C zur Dokumentation des Nachweises verwendet werden, wobei die eindeutige Zuordnung der entsprechenden Details sehr wichtig ist. Die Lage, Kennung und Zuordnung in der Detailauflistung geben dabei an, in welchem Geschoss sich die Wärmebrücke befindet, um welche Kategorie (Wärmebrückendetail an der Außenwand, Dachfläche oder Geschossdecke oder an einem Kellerbauteil etc.) und um welchen Anschluss es sich handelt (Fenster, Tür, Ecke, Innenwand etc.).

2. Die konzeptionelle Wärmebrückenbewertung

Die vom Bund über die KfW-Programme „Energieeffizient Bauen und Sanieren“ geförderten Effizienzhausstandards gelten inzwischen als Benchmark und Markenzeichen für zukunftsfähige Neubauten und energiesparende Bestandsanierungen. Die Förderung basiert auf dem Prinzip „Je höher die Energieeffizienz, desto attraktiver die Förderung“.

Eine Einstufung in die Effizienzhaus-Förderstandards erfolgt auf der Grundlage des ermittelten Jahresprimärenergiebedarfs Q_p und des spezifischen Transmissionswärmeverlustes H_T des Gebäudes. Sie orientiert sich daran, wie hoch die Einsparung gegenüber dem Referenzgebäude ausfällt.

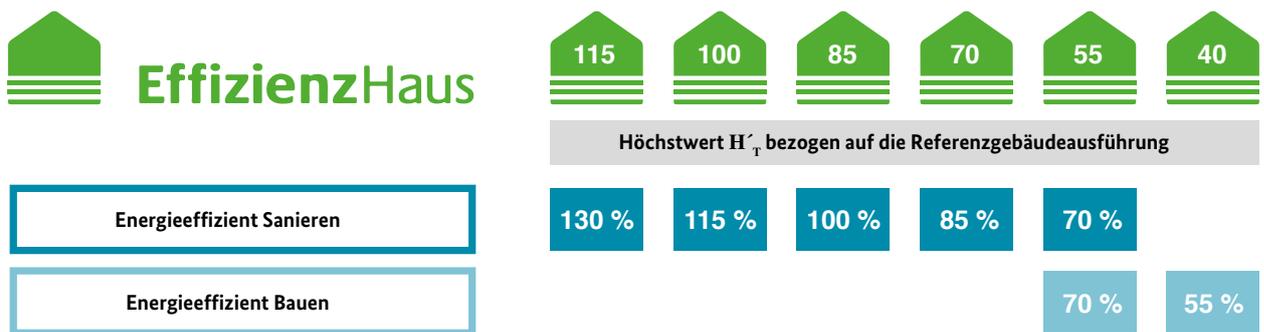


Abbildung 13: Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz der unterschiedlichen Effizienzhausstandards als relatives Verhältnis zum spezifischen Transmissionswärmeverlust des Referenzgebäudes

Die erhöhten Vorgaben an die Energieeffizienz bedingen gleichzeitig wesentlich höhere Ansprüche an Planung und Ausführung der Baumaßnahme. Aus diesem Grund sind gemäß den Förderrichtlinien nicht nur Gebäudezielwerte

definiert, sondern auch Mindestleistungen, die im Rahmen einer energetischen Fachplanung von Energieeffizienz-Expertinnen und -Experten erbracht werden müssen.

Der Einstieg in eine Effizienzhausprojektierung erfolgt stets über ein zu erstellendes energetisches Gesamtkonzept, das sich in drei Arbeitsschritten beschreiben lässt:

1. Festlegung der erforderlichen Wärmedämmung und Ermittlung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes
2. Auswahl der Heizungspräferenz und Berechnung des Jahresprimärenergiebedarfs
3. Nachbessern der Wärmeschutzmaßnahmen, sofern die Q_p -Effizienzhausanforderung noch nicht erfüllt ist

Energieeffizienz-Expertinnen und -Experten starten somit bei ihrem Effizienzhauskonzept in der Regel immer mit der energetischen Bewertung der Gebäudehülle. Hierbei spielen der bauliche Wärmeschutz der einzelnen Bauteile sowie die Berücksichtigung zusätzlicher Verluste über Wärmebrücken eine tragende Rolle. Das Referenzgebäude, das als Richtschnur für das erforderliche Wärmeschutzkonzept dient, berücksichtigt dabei einen pauschalen Zuschlag von $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Somit beträgt der relative Anteil der Wärmebrückenverluste bei dem dargestellten Referenzgebäude eines beispielhaften freistehenden Einfamilienhauses, das einen spezifischen Transmissionswärmeverlust von $0,375 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ aufweist, ungefähr 13 Prozent.

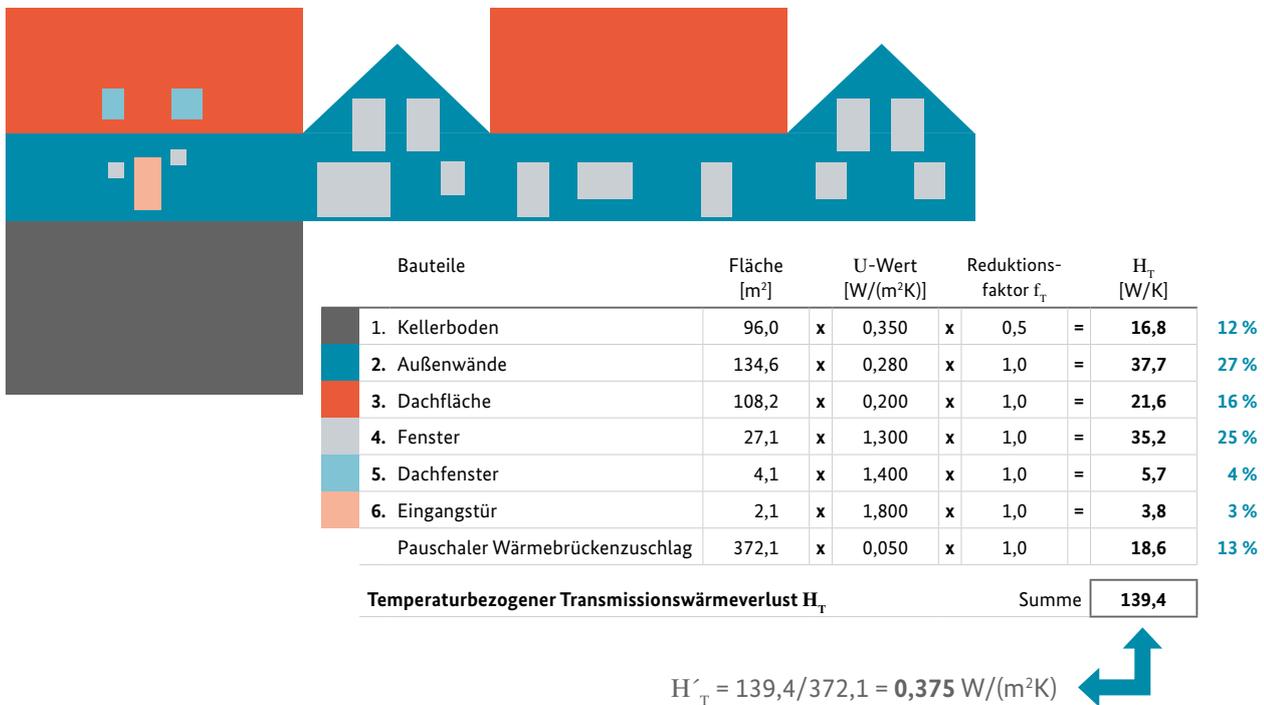


Abbildung 14: Referenzausführung und spezifischer Transmissionswärmeverlust eines freistehenden Einfamilienhauses

Soll für dieses Wohngebäude ein Effizienzhaus-55-Wärmeschutzkonzept erarbeitet werden, ergibt sich eine H'_T -Anforderung für die Gebäudehülle von $0,263 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (70 Prozent Referenzausführung). In diesem Fall liegt der Wärmebrückenanteil bei einer Kategorie-A-Detailausführung bzw. bei einem Wärmebrückenzuschlag von $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ schon bei 19 Prozent.

Bei anderen Gebäudetypen reduziert sich der Wärmebrückenanteil, da aufgrund höherer Fensterflächenanteile an der thermischen Gebäudehülle der H'_T -Wert ansteigt, bei der Effizienzhaus-55-Variante liegt er aber dennoch stets über 15 Prozent, was einer ganzen Effizienzhaus-Förderstufe entspricht. Man kann daher davon ausgehen, dass mit einer Reduzierung des Wärmebrückenzuschlags und guter Ausführungsqualität der Anschlussdetails die erforderliche Wärmedämmung wesentlich beeinflusst werden kann und hierbei ein großes Optimierungspotenzial bei den notwendigen Wärmeschutzmaßnahmen besteht.



Abbildung 15: Relativer Wärmebrückenanteil bei einem Pauschalzuschlag von $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ von verschiedenen Gebäudetypen in Referenzgebäude- und Effizienzhaus-55-Ausführung

2.1 Relevanz für Neu- und Altbau

Als Orientierung, welche Wärmeschutzmaßnahmen bzw. welche Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) für die einzelnen Effizienzhausstandards notwendig sind, ist es hilfreich, die Referenzausführung der einzelnen Bauteile mit dem entsprechenden prozentualen Effizienzhausfaktor zu multiplizieren. Für die Außenwand ergäbe sich somit bei einem Effizienzhaus 55 ein U-Wert von ca. $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ($70 \% \cdot 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$). Diese Herangehensweise

führt aber nur dann zum Effizienzhausziel, wenn auch beim Wärmebrückenansatz entsprechend vorgegangen wird. Somit müsste man bei einem Effizienzhaus 55 einen Wärmebrückenzuschlag von höchstens $0,035 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ($70 \% \cdot 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) erreichen.

Über diesen Ansatz ergeben sich somit folgende Wärmebrückenzuschläge für die einzelnen Effizienzhausstandards:



Abbildung 16: Orientierungswerte für Wärmebrückenzuschläge bei Effizienzhäusern

Wird für die Effizienzhausberechnung ein Zuschlag gewählt, der über dem Orientierungswert liegt, muss dies über einen verbesserten Wärmeschutz und größere Dämmstoffdicken kompensiert werden. Liegt der Wärmebrückenansatz unterhalb des Orientierungswerts, können die Wärmedämmmaßnahmen geringer ausfallen.

Aus der Erfahrung zeigt sich, dass bei Sanierungsvorhaben in der Vergangenheit meistens der Wärmebrückenzuschlag ohne Nachweis von $\Delta U_{\text{WB}} = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ gewählt wurde. Zum einen, weil Gleichwertigkeitsnachweise mit dem alten Beiblatt 2 der DIN 4108 oftmals nicht umsetzbar waren und der zusätzliche Dämmaufwand für ein Effizienzhaus 115, 100

oder 85 nicht so umfangreich ausgefallen ist. Zum anderen, weil die beiden Neubaustandards Effizienzhaus 55 und 40 kaum mit wirtschaftlichen Dämmstandards und einem Wärmebrückenzuschlag von $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ umsetzbar waren. Hier vereinfacht nun das neue Beiblatt 2 der DIN 4108 die erforderlichen Wärmeschutzmaßnahmen, da jetzt für Effizienzhäuser im Neubau die Wärmebrückenkategorie B mit dem reduzierten Zuschlag von $0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ zur Verfügung steht und viele Planungsbeispiele der Kategorie A auf Sanierungsvorhaben übertragbar sind. Außerdem kann das beschriebene Korrekturverfahren angewendet werden. Somit lassen sich nun die Wärmeschutzstandards für Effizienzhäuser kostengünstiger – und in vielen Bereichen einfacher – nachweisen.

2.2 Die Optimierung von Wärmeschutzstandards

Neben den pauschalen Wärmebrückenzuschlägen steht auch die projektbezogene Wärmebrückenbewertung für Effizienzhäuser zur Verfügung, sodass für Neubauvorhaben mit gut geplanten Wärmebrückendetails durchaus ein $\Delta U_{\text{WB,B}}$ -Wert von $0,01 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ realistisch ist. Mit niedrigen Wärmebrückenzuschlägen lassen sich die Wärmeschutzstandards der einzelnen Effizienzhaukategorien optimieren, indem – besonders bei Neubau-Effizienzhäusern – Dämmstoff eingespart werden kann oder bei Sanierungsvorhaben ein höheres Effizienzhäusniveau erreicht wird.

Das folgende Diagramm zeigt beispielhaft für eine Außenwand, welche Dämmstoffdicken bei unterschiedlichen Wärmebrückenzuschlägen für ein Effizienzhäus erforderlich sind bzw. welche U-Werte sich inklusive Wärmebrückenzuschlag ergeben.

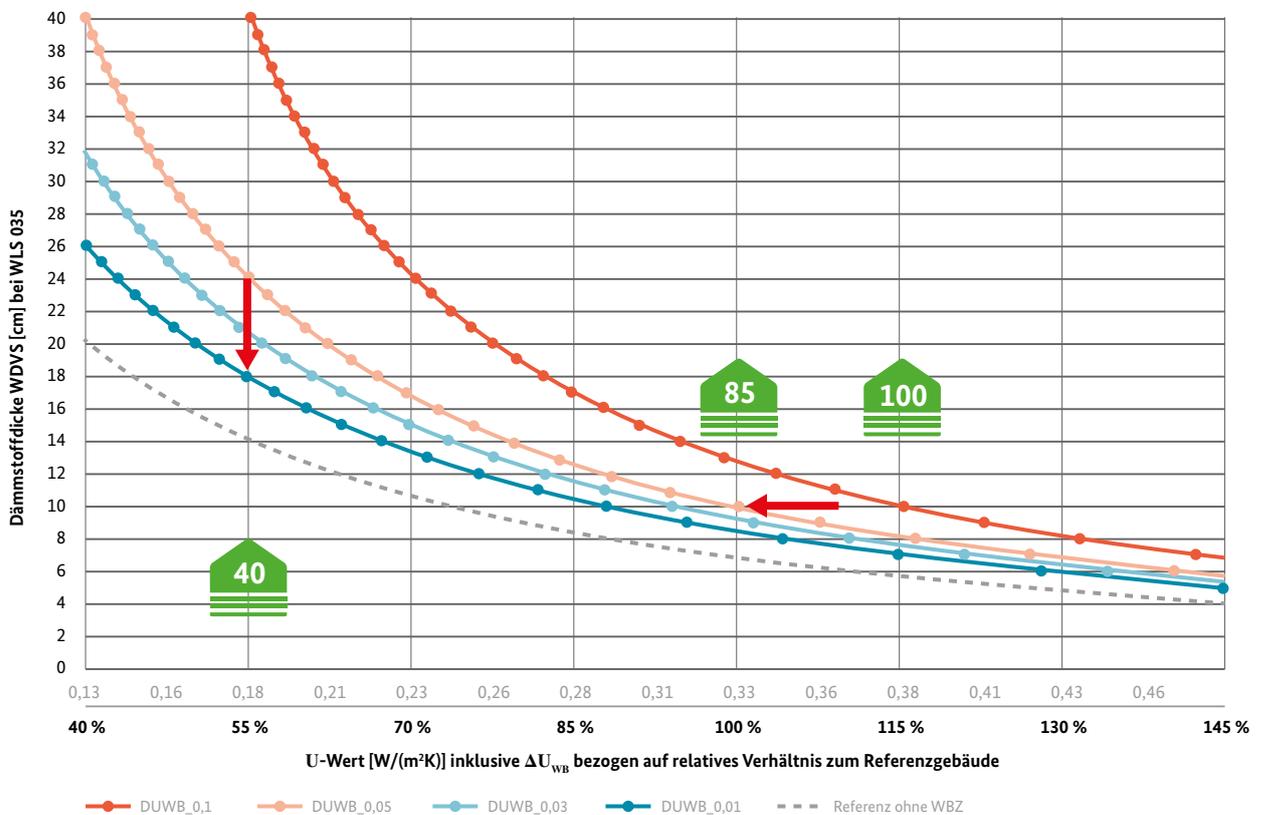


Abbildung 17: Erforderliche Wärmedämmung für ein Einfamilienhaus bei unterschiedlichen Wärmebrückenansätzen

Für ein Effizienzhäus 40 wäre inklusive Wärmebrückenzuschlag ein U-Wert von ca. $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ anzustreben ($55 \% \cdot (0,28 + 0,05) \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$). Bei einer Wärmebrückenausführung nach Kategorie A wäre somit eine Wärmedämmung von 24 cm erforderlich, die um 6 cm auf 18 cm reduziert werden kann, falls ein detaillierter Wärmebrückennachweis als ΔU_{WB} -Ergebnis einen Wert von $0,01 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ hervorbringt.

Bei einer Sanierung könnte hingegen bei gleichbleibender Außendämmung von 10 cm ein Effizienzhäusstandard 85 statt 100 erreicht werden, sofern man einen Wärmebrückenzuschlag von $0,05$ statt $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ verwenden kann. Ein höheres Effizienzhäusniveau ermöglicht eine höhere Förderung für die Hauseigentümerinnen und -eigentümer.

Wie viel Dämmstoff insgesamt bei einem ganzheitlichen und individuellen Wärmeschutzkonzept für ein Einfamilienhaus je nach Architektur und Fensterflächenanteil bei unterschiedlichen Wärmebrückenansätzen eingespart werden kann, zeigt folgende Gegenüberstellung.



Erforderliche U-Werte und Dämmstoffdicken der opaken Bauteile für H'_T 55 % _{Referenz}			
Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB}	0,05 W/(m²K)	0,03 W/(m²K)	0,01 W/(m²K)
Dachfläche (95 m² Zwischensparrendämmung)	0,10 W/(m²K) – 44 cm	0,11 W/(m²K) – 38 cm	0,13 W/(m²K) – 32 cm
Außenwand (135 m² WDVS)	0,11 W/(m²K) – 30 cm	0,14 W/(m²K) – 24 cm	0,17 W/(m²K) – 18 cm
Bodenplatte (86 m² Dämmlage unter- und oberhalb)	0,14 W/(m²K) – 24 cm	0,19 W/(m²K) – 18 cm	0,22 W/(m²K) – 14 cm
Erforderliche Wärmedämmung (WLS 035)	103 m³	84 m³ (- 18 %)	67 m³ (- 35 %)

Abbildung 18: Erforderliche Wärmedämmung für ein Einfamilienhaus bei unterschiedlichen Wärmebrückenansätzen

Man erkennt, dass bei einem ΔU_{WB} -Ansatz von 0,05 W/(m²K) sehr hohe Dämmstoffdicken für Wand, Dach und Bodenplatte erforderlich sind und dies in der Praxis vermutlich nicht zur Anwendung kommt. Wenn die in der Ausführung etwas aufwendigeren Kategorie-B-Wärmebrückendetails umgesetzt werden, reduziert sich die notwendige Wärmedämmung um fast 20 m, und bei einer detaillierten

Berechnung mit dem Zielwert $\Delta U_{WB} = 0,01$ W/(m²K) verringert sich der Dämmstoffaufwand gegenüber der Ursprungsvariante um mehr als ein Drittel. Das Gebäude ist in der Gesamtheit des baulichen Wärmeschutzes nicht besser, aber der Kostenaufwand für die Gebäudehülle kann erheblich reduziert werden.



2.3 Wärmebrückenkonzept für Effizienzhäuser

Niedrige Wärmebrückenzuschläge können zu einfacheren und kostengünstigeren Wärmedämmkonstruktionen oder zu höheren energetischen Förderstandards verhelfen und ermöglichen so eine wirtschaftlichere Umsetzung von Effizienzhäusern. Diesen Denkansatz sollten Energieeffizienz-Expertinnen und -Experten bei der Beratung und der Effizienzhausprojektierung von Anfang an berücksichtigen. Die Erstellung eines Wärmebrückenkonzepts ist gemäß den technischen Mindestanforderungen im Rahmen der energetischen Fachplanung eine der Hauptaufgaben der Expertinnen und Experten.

Dabei geht es nach den Förderrichtlinien weniger darum, dass alle Wärmebrückenanschlussdetails ideal umgesetzt und optimal geplant werden, vielmehr ist unter einem Wärmebrückenkonzept zu verstehen, dass Energieeffizienz-Expertinnen und -Experten bei der Konzeptionierung eines KfW-Effizienzhauses den für das jeweilige Gebäude und für den jeweils angestrebten KfW-Effizienzhausstandard geeigneten Wärmebrückenansatz bestimmen und die entsprechenden Nachweise führen.

Der Einfluss von Wärmebrücken ist nach den Maßgaben des jeweils angewendeten Berechnungsverfahrens zu berücksichtigen (Pauschalwerte ohne Nachweis, Gleichwertigkeitsnachweis mit oder ohne Korrekturverfahren oder detaillierte Berechnung).

Mit dem Pauschalwert bei Sanierungsvorhaben und einem Gleichwertigkeitsnachweis bei einem Neubau lässt sich die Vorgabe einfach umsetzen, detailliertere Wärmebrückenbetrachtungen für eine optimierte Gebäudehülle sind dagegen schwieriger, da zum Zeitpunkt der Effizienzhausantragstellung häufig noch keine endgültige Werkplanung zur Gebäudedekonstruktion vorliegt. In diesen Fällen ist es dennoch zulässig, dass für die Wärmebrückenleitdetails (Kanten, Fensteranschlüsse, Balkone etc.) bei der detaillierten Betrachtung die entsprechenden Referenzwerte aus Beiblatt 2, realistische Schätzwerte oder Ergebnisse früherer Wärmebrückensimulationen, die zur gewählten Konstruktion passen, verwendet werden.

Für das folgende, von außen wärmedämmte einfache Einfamilienhaus wird ein detaillierter Wärmebrückenzuschlag auf Basis der Referenzwerte aus Beiblatt 2 ermittelt. Bei der projektbezogenen Wärmebrückenberechnung ist es sinnvoll, eigentlich vernachlässigbare Anschlussdetails wie die Außen-ecke (Nr. 10) mit zu berücksichtigen, da durch deren teilweise negative Ψ -Werte der Wärmebrückenzuschlag reduziert werden kann.



Nr.	Lage	Zuordnung		Bild	Kategorie	Ψ_{ref} [W/(mK)]		Länge [m ²]	=	WB-Verlust
1	Bodenplatte	Sockel	→	21	B	0,22	x	25,1	=	5,522 W/K
2	Bodenplatte	Innenwand	→	91	B	0,06	x	18,4	=	1,104 W/K
3	Bodenplatte	Bodentiefes Fenster	→	24	B	0,03	x	11,4	=	0,342 W/K
4	Außenwand	Fensterlaibung	→	226	B	0,07	x	48,3	=	3,381 W/K
5	Außenwand	Fensterlaibung	→	220	B	0,10	x	15,2	=	1,520 W/K
6	Außenwand	Rollokasten	→	274	B	0,12	x	26,6	=	3,192 W/K
7	Dach	Ortgang	→	313	B	0,06	x	18,6	=	1,116 W/K
8	Dach	Traufe	→	345	B	-0,02	x	10,6	=	-0,212 W/K
9	Dach	First	→	370	B	-0,08	x	10,6	=	-0,848 W/K
10	Außenwand	Außenecke	→	xx	B	-0,054	x	25,2	=	-1,361 W/K
Summe										13,76 W/K
Hüllfläche										512 m ²
$\Delta U_{\text{WB, B}}$										0,027 W(m ² /K)

Tabelle 6: Projektspezifischer Wärmebrückenzuschlag über Referenzwerte aus Beiblatt 2



Abbildung 19: Darstellung eines geplanten Mehrfamilienhauses mit Tiefgarage, bei dem es sinnvoller sein kann, nur einen Gleichwertigkeitsnachweis gemäß Kategorie B zu erstellen, anstatt eine aufwendige projektspezifische Wärmebrückenberechnung durchzuführen, da das Ergebnis vermutlich nicht besser als $\Delta U_{WB} = 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ sein wird

Der Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} liegt für dieses Beispiel bei $0,027 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Wäre das Gebäude als Holzhaus geplant, ergäbe sich mit den entsprechenden Referenzwerten ein $\Delta U_{WB,B}$ -Wert von $0,021 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, in monolithischer Bauweise dagegen ein $\Delta U_{WB,B}$ -Wert von $0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Man sieht, dass die Konstruktionswahl großen Einfluss auf das Wärmebrückenergebnis haben kann.

Da die angegebenen Referenzwerte in der Regel immer weit auf der sicheren Seite liegen, die Fensteranschlüsse in Beiblatt 2 sehr hohe Sicherheitsaufschläge haben und für manche Wärmebrückenanschlüsse nur die jeweils ungünstigste Variante vorliegt, ist die ausschließliche Verwendung von Referenzwerten für eine projektbezogene Wärmebrückenberechnung nur bei sehr einfachen Gebäuden empfehlenswert. In den meisten Fällen und besonders bei größeren Mehrfamilienhäusern, die gegebenenfalls auch noch mit Tiefgaragen ausgestattet sind, ergeben sich bei einer detaillierten Berechnung nur mit den Referenzwerten häufig wesentlich höhere Wärmebrückenzuschläge als über den Pauschalansatz $0,05$ oder $0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ gemäß Kategorie A bzw. B.

Wird hingegen auf individuell berechnete Ψ -Werte aus früheren Projekten zurückgegriffen, da es sich um gleiche Bauteilanschlüsse handelt, und werden zusätzlich realistische Schätzwerte einzelner Details genutzt, die über veröffentlichte Wärmebrückenkataloge dokumentiert werden können, und nur fehlende Details mit den Referenzwerten berücksichtigt, ergeben sich oftmals günstigere Wärmebrückenzuschläge als über einen Pauschalansatz. Somit können schon frühzeitig zum Zeitpunkt des Projektentwurfs auf Basis des energetischen Gesamtkonzepts auch ohne konkrete Werkplanung niedrige Wärmebrückenzuschläge angesetzt werden, die eine Optimierung von Dämmstoffschichten zulassen. Wichtig ist in diesen Fällen aber, dass der detaillierte Wärmebrückennachweis auch über die gesamte Projektphase nachgeführt und korrigiert wird, sobald sich etwas in der Konstruktion oder Ausführung ändert. Daher ist es immer notwendig, in der erforderlichen Dokumentation der Wärmebrückennachweise zu vermerken, ob es sich um eine Bewertung handelt, die auf Basis von Planungsdaten im Rahmen des Effizienzhausentwurfs oder des umgesetzten Effizienzhauses nach Durchführung erfolgte.

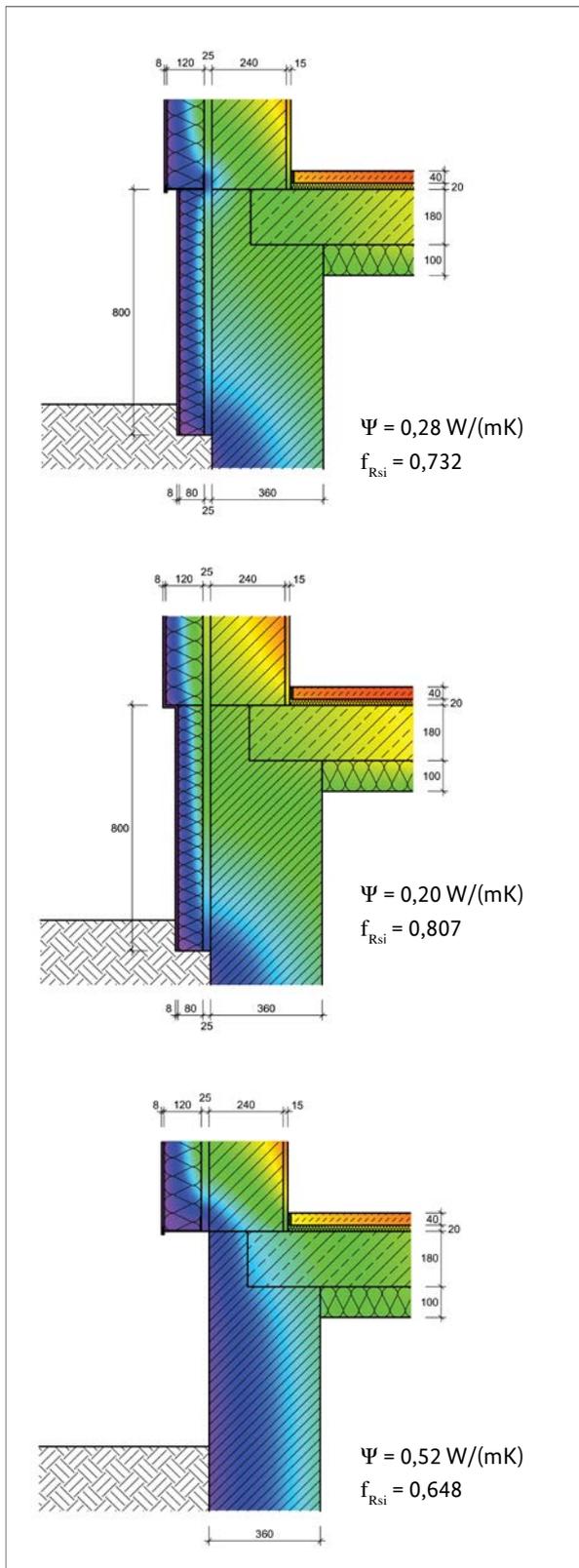


Abbildung 20: Gegenüberstellung verschiedener Sockelausführungen und ihrer Wärmebrückenverluste sowie des Temperaturfaktors

Wärmebrückenkonzept für Einzelmaßnahmen in der Sanierung

Neben den Effizienzhäusern gibt es auch eine Förderung von energieeffizienten Einzelmaßnahmen in der Sanierung. Auch hier wird von den Energieeffizienz-Expertinnen und -Experten im Rahmen der energetischen Fachplanung gefordert, dass sie ein Wärmebrückenkonzept erstellen.

Konkret heißt es gemäß den Förderrichtlinien: „Bei der Durchführung von Einzelmaßnahmen ist es ausreichend, für die betroffenen Bauteilanschlüsse Konstruktionsprinzipien zur wärmebrückenminimierten Ausführung zu bestimmen. Der Mindestwärmeschutz im Bereich von Wärmebrücken zur Vermeidung von Tauwasserbildung ist für Neubauten, Erweiterungen sowie neue Bauteile grundsätzlich zu gewährleisten.“

Bei Einzelmaßnahmen sollen die Energieeffizienz-Expertinnen und -Experten die Hauseigentümerinnen und -eigentümer in erster Linie beraten, wie Wärmebrückenanschlüsse an den sanierten Bauteilen umgesetzt und nachträglich verbessert werden können. Es ist nicht erforderlich, dass eine Wärmebrückenbewertung für das Gesamtgebäude erstellt wird. Es wird aber empfohlen, dass eine entsprechende Tauwasserberechnung bei kritischen Wärmebrücken durchgeführt wird. Der explizite Hinweis auf den Feuchteschutz bezieht sich nur auf neue Bauteile von Gebäudeerweiterungen.

Da es sich bei dem Wärmebrückenkonzept nur um Empfehlungen der Sachverständigen handeln soll, ist es für die Hauseigentümerinnen und -eigentümer nicht zwingend erforderlich, das Wärmebrückenkonzept auch umzusetzen. Es sind aber alle Maßnahmen, die zu einer Wärmebrückenminimierung führen, aber keinen Einfluss auf den U-Wert des sanierten Bauteils haben, in vollem Umfang förderfähig.

Ein Beispiel zum Wärmebrückenkonzept bei einer Außenwanddämmung ist eine Gegenüberstellung von Maßnahmen am Gebäudesockel. Hilfreich ist dabei, zu prüfen, ob sich das Detail als Kategorie A oder B umsetzen oder wie sich der Wärmeverlust bei den einzelnen Varianten beschreiben lässt.

Die Kennwerte der drei Varianten zeigen, dass der ungedämmte Sockel (unteres Bild) tauwassertechnisch kritisch zu bewerten ist und der Wärmebrückeneffekt 2,5-fach höher ausfällt als bei der mittleren Sockelvariante. Durch diesen höheren Wärmeverlust entstehen der Hauseigentümerin oder dem Hauseigentümer Heizzusatzkosten und bei einer Länge von 48 m könnte man darauf hinweisen, dass durch diese Wärmebrücke ca. 60 m² Fassadendämmung nutzlos sind. Beim ersten Detail wurde eine Alu-Sockelschiene für das Wärmedämmverbundsystem verwendet, was den Wärmebrückeneffekt gegenüber der mittleren Variante ohne Sockelschiene um 40 Prozent erhöht. Tauwassertechnisch wäre dieses Detail aber unkritisch.



3. Dokumentation Wärmebrückenkonzept

Am Beispiel eines kleinen Mehrfamilienhauses, das als Effizienzhaus 40 geplant ist, sollen die Vorgehensweise und das Prinzip des konzeptionellen Wärmebrückenansatzes im Rahmen eines erforderlichen energetischen Gesamtkonzepts dargestellt werden. Die Wärmebrückenbewertung erfolgt bei diesem Gebäude auf Basis des Gebäudeentwurfs und zum Zeitpunkt der Förderantragstellung, sodass keine konkrete Werkplanung vorliegt. Für das angestrebte Effizienzhausziel sollen alle Wärmebrücken in der Kategorie B umgesetzt werden, damit mindestens ein Wärmebrückenzuschlag von $\Delta U_{WB} = 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ bei der Berechnung zum spezifischen Transmissionswärmeverlust H'_T verwendet werden kann. Als Konstruktion ist eine außengedämmte Bauweise vorgesehen, weshalb beim Wärmeschutzkonzept darauf zu achten ist, dass entsprechende Wärmedämmschichten richtig angeordnet und dimensioniert sowie alle konstruktiven Vorgaben der entsprechenden

Anschlussdetails des Beiblatts 2 berücksichtigen werden. Mithilfe einer detaillierten und projektbezogenen Wärmebrückenberechnung wird geprüft, ob für das dargestellte Mehrfamilienhaus schon zur Antragstellung ein geringerer Wärmebrückenansatz als der Kategorie-B-Zuschlag verwendet werden kann. Eine nachvollziehbare Dokumentation des Wärmebrückenkonzepts könnte folgende Unterlagen und Angaben zum Projekt beinhalten:

1. Gebäudepläne und geometrische Daten
2. Wärmeschutzkonzept mit U-Wert-Berechnung der Bauteile
3. Wärmebrückenaufmaß und Detailzusammenstellung
4. Berechnung des Wärmebrückenzuschlags, über Formblatt C dokumentiert
5. Ermittlung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes H'_T der Gebäudehülle

3.1 Gebäudepläne und geometrische Daten

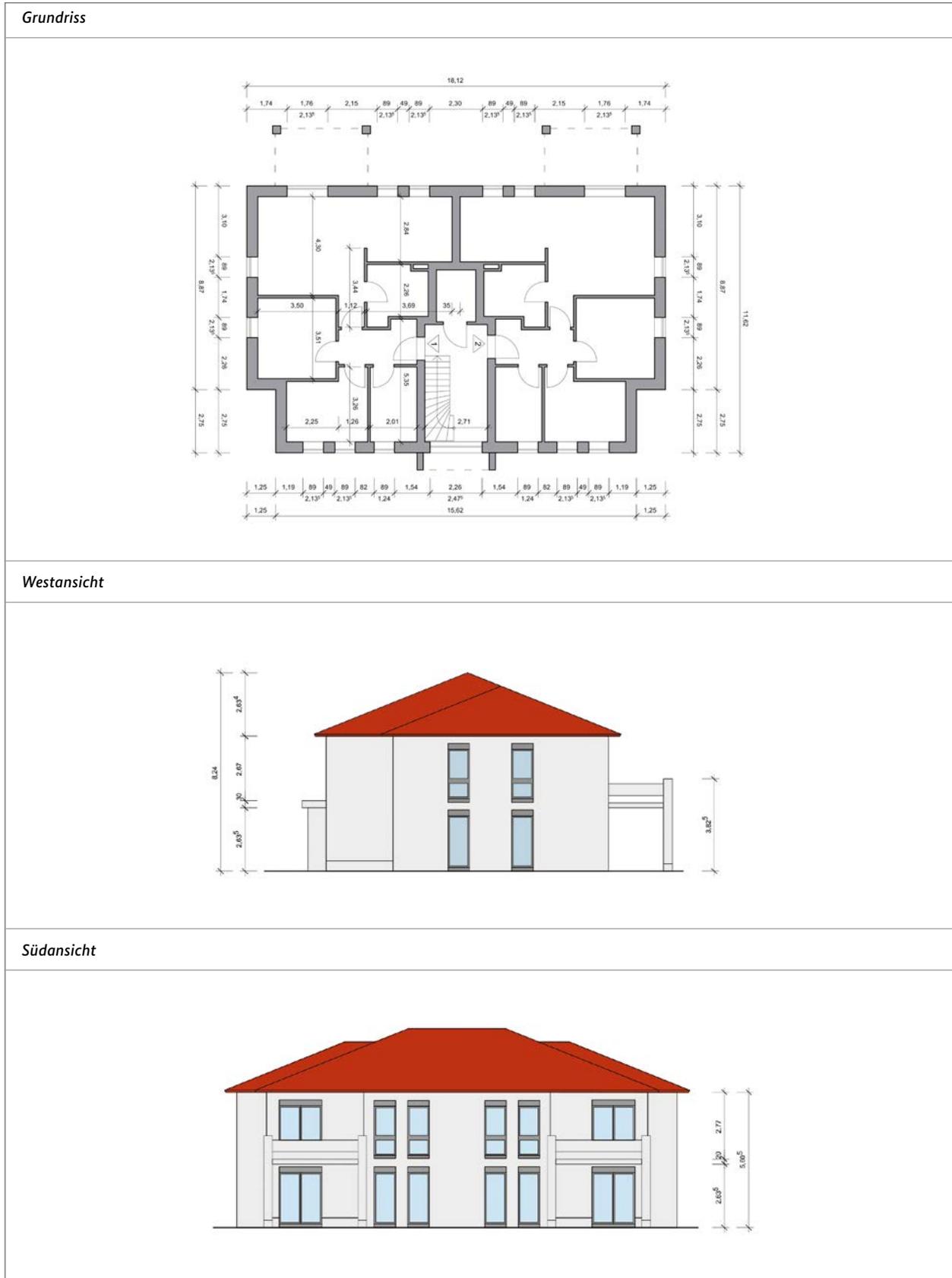


Abbildung 21: Beispielgebäude mit vier Wohneinheiten

Datenerhebung

Projekt: Ludwig-Quidde-Weg 3

Datum: 15.12.2020

Flächenermittlung

Kennung (beliebig)	Bezeichnung/Lage	Ausführung	Bauteilkürzel (max. 30)	Transp. Fläche Orient. (s. u.)	Abzugsfläche = A	Breite [m]	Länge [m]	Höhe [m]	Anzahl (wenn <> 1)	Zusatzfläche [m ²]	U-Wert [W/(m ² K)]	g-Wert	Fläche brutto [m ²]	Fläche netto [m ²]	Spezif. Verlust [W/K]
EG + 1. OG													0,0	0,0	0,0
	Bodenplatte		BP			18,11	8,86			42,93				203,4	0,0
													0,0	0,0	
	Außenwand Westen		AW				11,61	5,95					69,1	61,4	0,0
	Fenster		F	W	A	0,89		2,18	4					7,7	0,0
													0,0	0,0	
	Außenwand Osten		AW				11,61	5,95					69,1	61,4	0,0
	Fenster		F	O	A	0,89		2,18	4					7,7	0,0
													0,0	0,0	
	Außenwand Süden		AW				18,11	5,95					107,8	77,0	0,0
	Fenster		F	S	A	0,89		2,18	8					15,4	0,0
	Fenster		F	S	A	1,76		2,18	4					15,3	0,0
													0,0	0,0	
	Außenwand Norden		AW				18,11	5,95					107,8	79,0	0,0
	Fenster		F	N	A	0,89		2,18	8					15,4	0,0
	Fenster		F	N	A	0,89		1,24	4					4,4	0,0
	Fenster		F	N	A	2,01		2,07	1					4,2	0,0
	Fenster		ET		A	2,26		2,13	1					4,8	0,0
													0,0	0,0	
	Oberste Geschossdecke		OG			18,11	8,86			42,93				203,4	0,0
													0,0	0,0	
													0,0	0,0	
													0,0	0,0	
Summe der Flächen, denen ein Bauteilkürzel zugeordnet ist:													760,4	0,0	

Zusammenfassung der Bauteile

Nr.	Bauteilkürzel (s. o.)	Bezeichnung (freier Eintrag)	Gesamtfläche [m ²]
1.	BP	Bodenplatte	203,4
2.	AW	Außenwand	278,7
3.	OG	Oberste Geschossdecke	203,4
4.	F	Fenster	70,2
5.	ET	Eingangstür	4,8
Summe			760,4

Tabelle 7: Flächenaufmaß der thermischen Gebäudehülle

3.2 Wärmeschutzkonzept zur Gebäudehülle

Energiepass Heizung/Warmwasser
U-Werte nach DIN EN ISO 6946

Projekt: DIVA_ 4-Fam.-Haus
 Variante: EH 40+

Bauteil Nr.	Bauteil-Bezeichnung
1	Bodenplatte

Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} : 0,17 (m²K)/W

	Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*	Dicke d [mm]	Wärmeleitfähigkeit λ in W/(mK)		
					Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*
1.	Estrich			60	1,400		
2.	EPS-Trägerplatte			30	0,035		
3.	Trittschalldämmung			30	0,035		
4.	Bodenplatte			200	2,100		
5.	XPS-Dämmung			120	0,040		

Wärmedurchlasswiderstand unbeheizter Räume (z. B. Dachraum) R_{si} : (m²K)/W Flächenanteile: 100 %

Wärmedurchlasswiderstand außen R_{se} : 0 (m²K)/W **U-Wert:** 0,199 W/(m²K)

Ankerwert Referenz: 0,35 W/(m²K) 57 %

Bauteil Nr.	Bauteil-Bezeichnung
2	Außenwand

Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} : 0,13 (m²K)/W

	Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*	Dicke d [mm]	Wärmeleitfähigkeit λ in W/(mK)		
					Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*
1.	Gipsputz			15	0,700		
2.	Mauerwerk T16			175	0,160		
3.	WDVS			220	0,035		
4.	Außenputz			20	0,870		

Wärmedurchlasswiderstand unbeheizter Räume (z. B. Dachraum) R_{si} : (m²K)/W Flächenanteile: 100 % 0 %

Wärmedurchlasswiderstand außen R_{se} : 0,04 (m²K)/W **U-Wert:** 0,132 W/(m²K)

Ankerwert Referenz: 0,28 W/(m²K) 47 %

Bauteil Nr.	Bauteil-Bezeichnung
3	Oberste Geschossdecke

Wärmeübergangswiderstand innen R_{si} : 0,17 (m²K)/W

	Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*	Dicke d [mm]	Wärmeleitfähigkeit λ in W/(mK)		
					Bereich 1	Bereich 2*	Bereich 3*
1.	GK-Platte			13	0,250		
2.	Wärmedämmung	Unterkonstruktion		30	0,035	0,130	
3.	Luftdichte Ebene						
4.	Zwischendämmung	Balkenlage		240	0,035	0,130	
5.	Aufdämmung			100	0,035		

Wärmedurchlasswiderstand unbeheizter Räume (z. B. Dachraum) R_{si} : (m²K)/W Flächenanteile: 89 % 11 %

Wärmedurchlasswiderstand außen R_{se} : 0,10 (m²K)/W **U-Wert:** 0,1107 W/(m²K)

Ankerwert Referenz: 0,2 W/(m²K) 53 %

Tabelle 8: Wärmeschutzkonzept und U-Wert-Berechnung für das Beispielgebäude

Die Fenster werden mit einem U-Wert von 0,82 W/(m²K) geplant und für die Außentür ist ein U-Wert von 1,1 W/(m²K) vorgesehen.

3.3 Das Wärmebrückenaufmaß

Nr.	Lage	Kennung	Zuordnung	Länge [m]	Anzahl	Zwischenlänge [m]	Abzug [m]	Abzug bei Nr.	Gesamtlänge [m]
1	EG	AW	Bodenplatte	59,5	x 1 =	59,5	- 14,1		45,3
2	EG	Fenster 1	Bodenplatte	0,89	x 12 =	10,6	- 0,0	1	10,6
3	EG	Fenster 2	Bodenplatte	1,76	x 2 =	3,5	- 0,0	1	3,5
4	EG	IW 1	Bodenplatte	21,9	x 1 =	21,9	- 2,1		19,8
5	EG	IW 2	Bodenplatte	29,7	x 2 =	59,4	- 9,0		50,4
6	OG	AW	Geschossdecke	59,5	x 1 =	59,5	- 18,6		40,8
7	EG	Fenster 1+2	Laibung	2,14	x 28 =	59,8	- 0,0		59,8
8	EG	Fenster 3	Laibung	1,24	x 4 =	5,0	- 0,0		5,0
9	OG	Fenster 4+5	Laibung	2,04	x 28 =	57,1	- 0,0		57,1
10	OG	Fenster 3	Laibung	1,24	x 4 =	5,0	- 0,0		5,0
11	OG	Fenster 6	Laibung	2,14	x 2 =	4,3	- 0,0		4,3
12	EG	Fenster 1+3	Rollokasten	0,89	x 14 =	12,4	- 0,0		12,4
13	EG	Fenster 2	Rollokasten	1,76	x 2 =	3,5	- 0,0		3,5
14	OG	Fenster 4	Rollokasten	0,89	x 14 =	12,4	- 0,0		12,4
15	OG	Fenster 5	Rollokasten	1,76	x 2 =	3,5	- 0,0		3,5
16	OG	Fenster 6	Sturz	2,26	x 1 =	2,3	- 0,0		2,3
17	OG	Fenster 5	Balkon	1,76	x 2 =	3,5	- 0,0	19	3,5
18	OG	Fenster 4	Fußpunkt	0,89	x 12 =	10,6	- 0,0	6	10,6
19	OG + EG	Fenster 3	Brüstung	0,89	x 4 =	3,5	- 0,0		3,5
20	OG	Fenster 6	Brüstung	2,26	x 1 =	2,3	- 0,0		2,3
21	OG	AW	Balkon	4,00	x 2 =	8,0	- 3,5	6	4,5
22	OG	AW	O. Geschossdecke	59,5	x 1 =	59,5	- 17,9		41,5
23	EG + OG	AW	Außenecke	5,68	x 6 =	34,1	- 0,0		34,1
24	EG + OG	AW	Innenecke	5,68	x 2 =	11,4	- 0,0		11,4

Tabelle 9: Längenaufmaß der relevanten Wärmebrücken

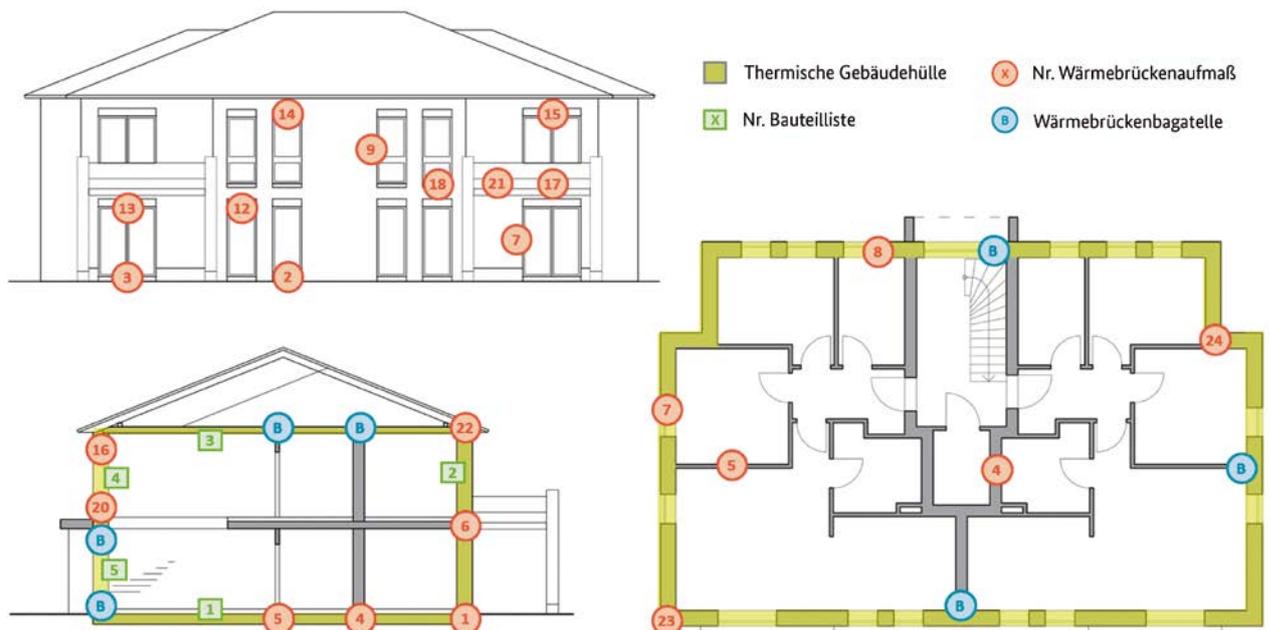


Abbildung 22: Grafische Dokumentation von thermischer Hülle und Wärmebrückenaufmaß

3.4 Der projektbezogene Wärmebrückenzuschlag



WÄRMEBRÜCKENCHECK, FORMBLATT C

Detaillierter Wärmebrückennachweis

Sachverständige/-r Bauvorhaben
 Name Name
 Straße Nr. Straße Nr.
 PLZ Ort PLZ Ort
 Effizienzhauskategorie Neubau Sanierung

Dieser detaillierte Wärmebrückennachweis wurde erstellt auf Basis

- von Planungsdaten im Rahmen des Effizienzhausentwurfs. des umgesetzten Effizienzhauses nach Durchführung.
- Es handelt sich um eine konzeptionelle Wärmebrückenbewertung ohne konkrete Werkplanung unter Verwendung von Referenz-Ψ-Werten gemäß DIN 4108 Beiblatt 2:2019-06 und sonstigen gesicherten Ψ-Wert-Annahmen.

Detailauflistung und Zusammenstellung Wärmebrückenverluste

Nr.	Lage	Kennung	Zuordnung	Quelle*	Ψ-Wert [W/(mK)]	Länge [m]	Anzahl	F _s	Wärmebrückenverlust [m]	Wärmebrückenverlust [m]
Anschlüsse und Details zum unteren Gebäudeabschluss										
1	EG	AW	Bodenplatte	WBK	0,08	45,3	1	1	=	3,62
2	EG	IW	Bodenplatte	WBK	0,04	19,8	1	1	=	0,79
3	EG	IW	Bodenplatte	WBK	0,01	50,4	1	1	=	0,50
4									=	
5									=	
Details zu Fassadenanschlüssen, Decken- und Wandeinbindungen										
6	EG	AW	Geschossdecke	BBL2 – Bild 185	0,04	40,8	1	1	=	1,63
7	OG	AW	Balkon	BBL2 – Bild 210	0,16	4,5	1	1	=	0,72
8									=	
9									=	
10									=	
Fenster- und Fenstertüranschlüsse										
11	EG + OG	Fenster	Laibung	EB	0,049	131,1	1	1	=	6,42
12	EG	Fenster	Rollokasten	EB	0,153	15,9	1	1	=	2,43
13	EG	Fenster	Bodenplatte	BBL2 – Bild 23	0,03	14,1	1	1	=	0,42
14	EG + OG	Fenster	Brüstung	EB	0,073	5,76	1	1	=	0,42
15									=	0,00
Anschlüsse und Details am oberen Gebäudeabschluss										
16	OG	Oberste GD	AW	EB	-0,026	41,5	1	1	=	-1,08
17	OG	Oberste GD	Fenster/Rollokasten	EB	0,11	15,9	1	1	=	1,75
18	OG	Oberste GD	Fenster/Sturz	BBL2 – Bild 238	0,10	2,3	1	1	=	0,23
19									=	
20									=	
Sonstige Details und weitere Anschlüsse										
21	OG	Fenster	Balkon	BBL2 – Bild 212	0,19	3,5	1	1	=	0,67
22	OG	Fenster	Fußpunkt	BBL2 – Bild 180	0,17	10,6	1	1	=	1,80
23	EG + OG	AW	Außenecke	EB	-0,074	34,1	1	1	=	-2,52
24	EG + OG	AW	Innenecke	EB	0,043	11,4	1	1	=	0,49
25									=	

* EB: eigene Berechnung; WBK: Wärmebrücken-katalog; WBV: Wärmebrückenveröffentlichung; BBL2: DIN 4108 Beiblatt 2

446,9 Zwischensumme: 18,3 w/K

Weitere Wärmebrückenverluste aus separater Auflistung (Formblatt C-1): w/K

Gesamtsumme Wärmebrückenverluste (gWBV): 18,3 w/K

Hüllflächenspezifischer Wärmebrückenverlust

Ergebnisübertrag aus eigener Zusammenstellung

$$\Delta\text{-UWB} \rightarrow \left(\frac{18,3 \text{ w/K}}{760,0 \text{ m}^2} \right) = 0,024 \text{ w/(m}^2\text{K)}$$

Bestätigung Sachverständige/-r

Ich versichere, dass die obigen Angaben zum detaillierten Wärmebrückennachweis vollständig und richtig sind und dass ich sie durch geeignete Unterlagen belegen kann.

Ort, Datum Unterschrift

Abbildung 23: Wärmebrückenberechnung über Formblatt C

Anmerkungen zur Berechnung des projektbezogenen Wärmebrückenzuschlags

Wärmebrückendetails unterer Gebäudeabschluss

Die Wärmebrückenverluste der Details 1 bis 3 wurden auf Grundlage des frei zugänglichen Wärmebrückenkatalogs der Arge Ziegel bestimmt. Die angegebenen Ψ -Werte liegen auf der sicheren Seite, da gegenüber dem Detail aus dem Katalog die vorhandene Bodenplatte auf der Unterseite mit 12 cm statt mit 10 cm Wärmedämmung geplant ist.

Fensteranschlüsse über Ersatzmodell und Korrekturberechnung

Die Ψ -Werte der Wärmebrückendetails 11, 12, 14 und 17 wurden über eine eigene Berechnung mit dem Ersatzmodell für Fenster- und Rolllkastenanschlüsse ermittelt. Für die verwendeten Werte musste somit eine Korrekturberechnung vorgenommen werden:

Nr.	Bild-Nr. Beiblatt 2	Über Ersatzmodell berechneter Psi-Wert [W/(mK)]	Korrekturwert über Beiblatt 2: $\Psi_{\text{ref,det.}} - \Psi_{\text{ref,Ers.}}$ [W/(mK)]	Ansetzbarer Psi-Wert [W/(mK)]
11	227	-0,001	(0,07 - 0,02)	0,049
12	253	0,153	(0,23 - 0,23)	0,153
14	221	-0,007	(0,1 - 0,02)	0,073
17	254	0,110	(0,23 - 0,23)	0,110

Tabelle 10: Korrekturberechnung der vorhandenen Fensteranschlüsse

Sonstige Wärmebrückendetails

Für die Details Nr. 16, 23 und 24 wurden Ψ -Werte für die Wärmebrückenbewertung herangezogen, die bei früheren Projekten durch eigene Berechnung ermittelt wurden. Alle anderen Wärmebrücken wurden auf Basis des Referenzwerts der Kategorie B für die jeweilige Anschlusssituation gemäß

Beiblatt 2 berücksichtigt. Die Details 6, 23 und 24 könnten auch im Rahmen der Bagatellregelung, so wie es für die Anschlüsse der einzeln auftretenden Außentür angewandt wurde, unberücksichtigt bleiben. Das Gesamtergebnis würde sich durch Weglassen der drei Wärmebrücken nicht verändern.

Ergebnisbewertung

Für das betrachtete kleine Mehrfamilienhaus ergibt sich über eine detaillierte projektspezifische Wärmebrückenberechnung ein zusätzlicher Verlust über die thermische Gebäudehülle von $\Delta U_{WB} = 0,024 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Somit kann schon frühzeitig ohne eine fertiggestellte Werkplanung ein Wärmebrückenansatz für das energetische Gesamtkonzept gewählt werden, der 20 Prozent unter dem Pauschalzuschlag gemäß Kategorie B von $\Delta U_{WB} = 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ liegt und damit kostensparende Auswirkungen auf die erforderlichen Dämmstoffdicken für das Effizienzhaus 40 hat.

Dieses Ergebnis kann insgesamt als „auf der sicheren Seite liegend“ bewertet werden, da zum einen die verwendeten Referenzwerte aus Beiblatt 2 in der Regel mit Sicherheiten beaufschlagt sind und zum anderen Wärmeverluste einzelner Wärmebrückendetails doppelt berücksichtigt wurden, da es durch das Längenaufmaß häufig zu Überlagerungen von Wärmebrückeneffekten kommt, die teilweise zu einer Überschätzung der Wärmeverluste führen. Als Beispiel wären bei dem betrachteten Gebäude das Detail 6 „Außenwand/Geschossdecke“ und Detail 12 „Fenster/Rollokasten im EG“ hinsichtlich dieser Überlagerung zu nennen.

Hinweis:

Wären für die konzeptionelle Wärmebrückenbewertung ausschließlich die Referenzwerte der Kategorie B des Beiblatts 2 verwendet worden, hätte sich insgesamt für das geplante Mehrfamilienhaus ein Wärmebrückenzuschlag von $\Delta U_{WB} = 0,045 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ergeben, was für eine Wärmeschutzoptimierung des angestrebten Effizienzhauses nicht hilfreich gewesen wäre. Nur bei einer geplanten Umsetzung als Holzbaukonstruktion hätte sich bei kompletter Referenzwertbetrachtung mit einem ΔU_{WB} -Ergebnis von $0,028 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ein Zuschlag von unter $0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ergeben.



Gegenüberstellung der ΔU_{WB} -Ergebnisse bei ausschließlicher Verwendung von Referenzwerten gemäß Kategorie B

Außengedämmte Konstruktion	Holzbaukonstruktion	Monolithische Bauweise	Zweischalige Bauweise
0,045 W/(m ² K)	0,028 W/(m ² K)	0,051 W/(m ² K)	0,049 W/(m ² K)

Tabelle 11: Projektspezifischer Wärmebrückenzuschlag bei ausschließlicher Verwendung der entsprechenden Referenzwerte

3.5 Der spezifische Transmissionswärmeverlust H'_T der Gebäudehülle

Mit den gewählten Wärmeschutzmaßnahmen und dem errechneten projektbezogenen Wärmebrückenzuschlag ergibt sich für das betrachtete Mehrfamilienhaus folgender spezifischer Transmissionswärmeverlust:

Bauteilfläche	Gesamtfläche [m ²]	Referenzgebäude			Effizienzhaus				
		U-Wert	f _T	H _T	U-Wert	f _T	H _T		
		W/(m ² K)		W/K	W/(m ² K)		W/K		
1. Bodenplatte	203,4	0,35	0,4	28,5	0,199	0,4	16,2		
2. Außenwand	278,7	0,28	1	78,0	0,132	1	36,8		
3. Oberste Geschossdecke	203,4	0,2	0,8	32,5	0,107	0,8	17,4		
4. Fenster	70,2	1,3	1	91,3	0,82	1	57,6		
5. Eingangstür	4,8	1,8	1	8,7	1,1	1	5,3		
Summe:	760,4								
6. Wärmebrückenzuschlag	760,4	0,05		38,0	0,024		18,2		
				277,0			151,5		
		Spezifischer Transmissionswärmeverlust H'_T		0,364	W/(m ² K)	Spezifischer Transmissionswärmeverlust H'_T		0,199	W/(m ² K)
						Relativ zum Referenzgebäude:		54,7	%

Tabelle 12: Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes für die Referenzausführung und das geplante Wärmeschutzkonzept

Somit ist der Nachweis für ein Effizienzhaus 40 bezüglich des geplanten Wärmeschutzes erbracht.

Anhang

Formulare zur Dokumentation

WÄRMEBRÜCKENCHECK, FORMBLATT A1

Gleichwertigkeitsnachweis gemäß DIN 4108 Beiblatt 2:2019-06

Sachverständige/-r

Name _____

Straße _____ Nr. _____

PLZ _____ Ort _____

Bauvorhaben

Name _____

Straße _____ Nr. _____

PLZ _____ Ort _____

Effizienzhauskategorie _____

Neubau Sanierung

Der Gleichwertigkeitsnachweis wurde erstellt auf Basis

von Planungsdaten im Rahmen des Effizienzhausentwurfs. des umgesetzten Effizienzhauses nach Durchführung.

Relevante Wärmebrücken für den Gleichwertigkeitsnachweis

	Bildnummer	Klassifizierung WB-Detail gemäß 4108 Bbl. 2				Nachweis der Gleichwertigkeit nach Verfahren			
		Kategorie A	Kategorie B	nicht konform	vorhanden	1 Konstruktives Grundprinzip Bbl. 2	2 Wärmedurchlasswiderstand	3 Ψ -Wert nach eigener Berechnung	4 Ψ -Wert aus Veröffentlichung
Unterer Gebäudeabschluss	1	Kellerboden / Kelleraußenwand							
	2	Kellerboden / Kellerinnenwand							
	3	Kellerinnenwand / Kelleraußenwand							
	4	Kellerdecke / Außenwand							
	5	Kellerdecke / Innenwand							
	6	Bodenplatte / Außenwand							
	7	Bodenplatte / Innenwand							
Fensteranschlüsse	8	Bodentiefes Fenster / Bodenplatte							
	9	Bodentiefes Fenster / Kellerdecke							
	10	Bodentiefes Fenster / Geschossdecke							
	11	Fensterbrüstung							
	12	Fensterlaibung							
	13	Fenstersturz							
	14	Fenstersturz mit Rollokasten							
	15	Dachflächenfenster (oben/unten)							
	16	Dachflächenfenster (seitlich)							
	17	Lichtkuppel							
Oberer Gebäudeabschluss	18	Oberste Geschossdecke / Traufe							
	19	Oberste Geschossdecke / Innenwand							
	20	Oberste Geschossdecke / Giebelwand							
	21	Traufe							
	22	Ortgang							
	23	Flachdach (Attika)							
	24	First (Pultdach)							
Geschossdecken und sonstige Anschlüsse	25	Geschossdecke / Außenwand							
	26	Balkonanschluss							
	27	Innenwand / Dach							
	28	Innenwand / Innenwand							
	29	Innenwand / Geschossdecke							
	30	Auskragende Geschossdecke							
	31	Geschossdecke / Fassadenrücksprung							
	32	Gaubenwange / Gaubendach							
	33	Gaubenwange / Dachfläche							
	34	Tiefgaragendecke / Innenwand							
	35	Tiefgaragendecke / Außenwand							

Werden Wärmebrückenanschlussdetails unterschiedlich ausgeführt und dadurch verschiedene Nachweismethoden verwendet, nutzen Sie bitte ein weiteres Formblatt A1 oder verwenden Sie das Formblatt A2 zur freien Detailsingabe.

Folgender Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} kann für das Gebäude verwendet werden:

- 0,05 W/(m²K)** Am Gebäude sind ausschließlich Wärmebrückenanschlüsse der Kategorie A oder gleichwertig vorhanden.
- 0,03 W/(m²K)** Am Gebäude sind ausschließlich Wärmebrückenanschlüsse der Kategorie B oder gleichwertig vorhanden.
- ΔU_{WB} wird korrigiert, da Detailanschlüsse unterschiedlicher Kategorien am Gebäude vorhanden sind. **Ergebnis über Formblatt B.**

Bestätigung Sachverständige/-r

Ich versichere, dass die obigen Angaben zum Gleichwertigkeitsnachweis vollständig und richtig sind und dass ich sie durch geeignete Unterlagen belegen kann.

Ort, Datum _____

Unterschrift _____

Gleichwertigkeitsnachweis gemäß DIN 4108 Beiblatt 2:2019-06

Sachverständige/-r

Name _____

Straße _____ Nr. _____

PLZ _____ Ort _____

Bauvorhaben

Name _____

Straße _____ Nr. _____

PLZ _____ Ort _____

Effizienzhauskategorie _____

Neubau Sanierung

Der Gleichwertigkeitsnachweis wurde erstellt auf Basis

von Planungsdaten im Rahmen des Effizienzhausentwurfs. des umgesetzten Effizienzhauses nach Durchführung.

Relevante Wärmebrücken für den Gleichwertigkeitsnachweis

Bildnummer	Klassifizierung WB-Detail gemäß 4108 Bbl. 2				Nachweis der Gleichwertigkeit nach Verfahren				
	Kategorie A	Kategorie B	nicht konform	vorhanden	1 Konstruktives Grundprinzip Bbl. 2	2 Wärmedurchlasswiderstand	3 Ψ -Wert nach eigener Berechnung	4 Ψ -Wert aus Veröffentlichung	
Anschlüsse und Details zum unteren Gebäudeabschluss									
1									
2									
3									
4									
5									
6									
Details zu Fassadenanschlüssen, Decken- und Wandeinbindungen									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
Fenster- und Fenstertüranschlüsse									
14									
15									
16									
17									
18									
Anschlüsse und Details am oberen Gebäudeabschluss									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
Sonstige Details und weitere Anschlüsse									
25									
26									
27									
28									
29									
30									

Folgender Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} kann für das Gebäude verwendet werden:

- 0,05 W/(m²K)** Am Gebäude sind ausschließlich Wärmebrückenanschlüsse der Kategorie A oder gleichwertig vorhanden.
- 0,03 W/(m²K)** Am Gebäude sind ausschließlich Wärmebrückenanschlüsse der Kategorie B oder gleichwertig vorhanden.
- ΔU_{WB} wird korrigiert, da Detailanschlüsse unterschiedlicher Kategorien am Gebäude vorhanden sind. **Ergebnis über Formblatt B.**

Bestätigung Sachverständige/-r

Ich versichere, dass die obigen Angaben zum Gleichwertigkeitsnachweis vollständig und richtig sind und dass ich sie durch geeignete Unterlagen belegen kann.

Ort, Datum _____

Unterschrift _____

WÄRMEBRÜCKENCHECK, FORMBLATT B

Erweiterter Gleichwertigkeitsnachweis

gemäß DIN 4108 Beiblatt 2:2019-06 und DIN V 18599-2:2018-09

Sachverständige/-r

Bauvorhaben/Effizienzhaus

Name _____

Name _____

Straße _____ Nr. _____

Straße _____ Nr. _____

PLZ _____ Ort _____

PLZ _____ Ort _____

Effizienzhauskategorie _____

Neubau

Sanierung

Der erweiterte Gleichwertigkeitsnachweis wurde erstellt auf Basis

von Planungsdaten im Rahmen des Effizienzhausentwurfs. des umgesetzten Effizienzhauses nach Durchführung.

1. Es kann bestätigt werden, dass alle vorhandenen Wärmebrücken am dokumentierten Effizienzhaus außer die unter 2. aufgeführten Details eine eindeutige Konformität zu den in DIN 4108 Beiblatt 2 dargestellten Konstruktionsprinzipien der maßgebenden Kategorie A oder Kategorie B aufweisen. Ein entsprechender Gleichwertigkeitsnachweis gemäß Formblatt A liegt diesem Formular bei.
2. Folgende Wärmebrückendetails weisen keine eindeutige Konformität zu den in DIN 4108 Beiblatt 2 dargestellten Konstruktionsprinzipien der maßgebenden Kategorie A bzw. Kategorie B auf oder sind als Anschlussdetail nicht vorhanden, sodass ein Korrekturwert auf den gewählten pauschalen Wärmebrückenzuschlag eingerechnet werden muss.

Nicht konformer oder nicht vorhandener Wärmebrückenanschluss gemäß DIN 4108 Beiblatt 2

lfd. Nr. aus Formblatt A	Bildnummer Bbl. 2	nicht konform	nicht vorhanden	Ψ_{IST} [W/(mK)]	$\Psi_{ref,A}$ oder $\Psi_{ref,B}$ [W/(mK)]	Ψ -Wert [W/(mK)]	Länge [m]	$\Delta H_{T,WB}$ [W/K]
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

Hinweis zur Korrekturberechnung:

Als Ψ_{IST} kann auch $\Psi_{ref,A}$ verwendet werden, sofern der pauschale Wärmebrückenzuschlag für Kategorie B korrigiert wird. Wird Ψ_{IST} über eine eigene Berechnung ermittelt oder wird ein Wert aus Veröffentlichungen verwendet, ist darauf zu achten, dass in diesem Fall ein temperaturbewerteter Ψ -Wert berücksichtigt ist. Sind Anschlussdetails von Bauelementen anzusetzen, ist als Abzugswert stets der detaillierte Referenzwert $\Psi_{ref,det}$ zu verwenden. Negative Korrektur- Ψ -Werte ($\Delta\Psi$) sind für dieses Bewertungsverfahren nicht zulässig.

Summe $\Delta H_{T,WB}$:

Zur Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes H'_T für das zu dokumentierende Effizienzhaus ist somit folgender auf die Umfassungsfläche bezogener korrigierter pauschaler Wärmebrückenzuschlag $\Delta U_{WB,korr.}$ anzusetzen:

$$\Delta U_{WB,korr.} \rightarrow \left(\frac{\Delta H_{T,WB} \text{ [W/K]}}{\text{Gebäudehüllfläche A} \text{ [m}^2\text{]}} \right) \text{ W/(m}^2\text{K)} + \frac{\Delta U_{WB} \text{ Kategorie A oder B}}{\text{W/(m}^2\text{K)}} = \text{W/(m}^2\text{K)}$$

Bestätigung Sachverständige/-r

Ich versichere, dass die obigen Angaben zum erweiterten Gleichwertigkeitsnachweis vollständig und richtig sind und dass ich sie durch geeignete Unterlagen belegen kann.

Ort, Datum _____

Unterschrift _____

WÄRMEBRÜCKENCHECK, FORMBLATT C

Detaillierter Wärmebrückennachweis

Sachverständige/-r

Name _____

Straße _____ Nr. _____

PLZ _____ Ort _____

Bauvorhaben

Name _____

Straße _____ Nr. _____

PLZ _____ Ort _____

Effizienzhauskategorie _____

Neubau

Sanierung

Dieser detaillierte Wärmebrückennachweis wurde erstellt auf Basis

- von Planungsdaten im Rahmen des Effizienzhausentwurfs. des umgesetzten Effizienzhauses nach Durchführung.
- Es handelt sich um eine konzeptionelle Wärmebrückenbewertung ohne konkrete Werkplanung unter Verwendung von Referenz- Ψ -Werten gemäß DIN 4108 Beiblatt 2:2019-06 und sonstigen gesicherten Ψ -Wert-Annahmen.

Detaillauflistung und Zusammenstellung Wärmebrückenverluste

Nr. Lage	Kennung	Zuordnung	Quelle*	Ψ -Wert [W/(mK)]	Länge [m]	Anzahl	F_x	Wärmebrücken- verlust [m]				
Anschlüsse und Details zum unteren Gebäudeabschluss												
1				→		x		x		=		W/K
2				→		x		x		=		W/K
3				→		x		x		=		W/K
4				→		x		x		=		W/K
5				→		x		x		=		W/K
Details zu Fassadenanschlüssen, Decken- und Wandeinbindungen												
6				→		x		x		=		W/K
7				→		x		x		=		W/K
8				→		x		x		=		W/K
9				→		x		x		=		W/K
10				→		x		x		=		W/K
Fenster- und Fenstertüranschlüsse												
11				→		x		x		=		W/K
12				→		x		x		=		W/K
13				→		x		x		=		W/K
14				→		x		x		=		W/K
15				→		x		x		=		W/K
Anschlüsse und Details am oberen Gebäudeabschluss												
16				→		x		x		=		W/K
17				→		x		x		=		W/K
18				→		x		x		=		W/K
19				→		x		x		=		W/K
20				→		x		x		=		W/K
Sonstige Details und weitere Anschlüsse												
21				→		x		x		=		W/K
22				→		x		x		=		W/K
23				→		x		x		=		W/K
24				→		x		x		=		W/K
25				→		x		x		=		W/K

* EB: eigene Berechnung; WBK: Wärmebrückenkatalog;
WBV: Wärmebrückenveröffentlichung; BBL2: DIN 4108 Beiblatt 2

Zwischensumme: _____ W/K

Weitere Wärmebrückenverluste aus separater Auflistung (Formblatt C-1): _____ W/K

Gesamtsumme Wärmebrückenverluste (gWBV): _____ W/K

Hüllflächenspezifischer Wärmebrückenverlust

Ergebnisübertrag aus eigener Zusammenstellung

Δ -UWB → (gWBV W/K / Gebäudehüllfläche A m²) = W/(m²K)

Bestätigung Sachverständige/-r

Ich versichere, dass die obigen Angaben zum detaillierten Wärmebrückennachweis vollständig und richtig sind und dass ich sie durch geeignete Unterlagen belegen kann.

Ort, Datum _____

Unterschrift _____

WÄRMEBRÜCKENCHECK, FORMBLATT C-1

Detaillierter Wärmebrückennachweis – Ergänzung

Sachverständige/-r

Name _____

Straße _____ Nr. _____

PLZ _____ Ort _____

Bauvorhaben

Name _____

Straße _____ Nr. _____

PLZ _____ Ort _____

Effizienzhauskategorie _____

Neubau

Sanierung

Dieser detaillierte Wärmebrückennachweis wurde erstellt auf Basis

von Planungsdaten im Rahmen des Effizienzhausentwurfs. des umgesetzten Effizienzhauses nach Durchführung.

Es handelt sich um eine konzeptionelle Wärmebrückenbewertung ohne konkrete Werkplanung unter Verwendung von Referenz- Ψ -Werten gemäß DIN 4108 Beiblatt 2:2019-06 und sonstigen gesicherten Ψ -Wert-Annahmen.

Detaillauflistung und Zusammenstellung Wärmebrückenverluste

Nr.	Lage	Kennung	Zuordnung	Quelle*	Ψ -Wert [W/(mK)]	Länge [m]	Anzahl	F_x^{**}	Wärmebrücken- verlust [m]	
Anschlüsse und Details zum unteren Gebäudeabschluss										
21					→	x	x	x	=	W/K
22					→	x	x	x	=	W/K
23					→	x	x	x	=	W/K
24					→	x	x	x	=	W/K
25					→	x	x	x	=	W/K
26					→	x	x	x	=	W/K
Details zu Fassadenanschlüssen, Decken- und Wandeinbindungen										
27					→	x	x	x	=	W/K
28					→	x	x	x	=	W/K
29					→	x	x	x	=	W/K
30					→	x	x	x	=	W/K
31					→	x	x	x	=	W/K
32					→	x	x	x	=	W/K
Fenster- und Fenstertüranschlüsse										
33					→	x	x	x	=	W/K
34					→	x	x	x	=	W/K
35					→	x	x	x	=	W/K
36					→	x	x	x	=	W/K
37					→	x	x	x	=	W/K
38					→	x	x	x	=	W/K
Anschlüsse und Details am oberen Gebäudeabschluss										
39					→	x	x	x	=	W/K
40					→	x	x	x	=	W/K
41					→	x	x	x	=	W/K
42					→	x	x	x	=	W/K
43					→	x	x	x	=	W/K
44					→	x	x	x	=	W/K
Sonstige Details und weitere Anschlüsse										
45					→	x	x	x	=	W/K
46					→	x	x	x	=	W/K
47					→	x	x	x	=	W/K
48					→	x	x	x	=	W/K
49					→	x	x	x	=	W/K
50					→	x	x	x	=	W/K

* EB: eigene Berechnung; WBK: Wärmebrückenkatalog; WBV: Wärmebrückenveröffentlichung; BBL2: DIN 4108 Beiblatt 2

**Für den Fall, dass temperaturbewertete Ψ -Werte aufgeführt sind, ist ausschließlich ein F_x -Wert von 1 zu verwenden.

Summe $H_{t,wb}$: _____ W/K

Bestätigung Sachverständige/-r

Ich versichere, dass die obigen Angaben zum detaillierten Wärmebrückennachweis vollständig und richtig sind und dass ich sie durch geeignete Unterlagen belegen kann.

Ort, Datum _____

Unterschrift _____

DIN-Normen und Gesetze

Die Inhalte, die Erläuterungen und die Ausarbeitung dieser Wärmebrückenbroschüre beziehen sich unter anderem auf folgende gesetzliche Vorschriften und Normen:

- **Gesetz zur Vereinheitlichung des Energiesparrechts für Gebäude und zur Änderung weiterer Gesetze**, Artikel 1 – Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz GEG) vom 8. August 2020
- **DIN 4108 Beiblatt 2:2019-06, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden**; Beiblatt 2: Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele
- **DIN 4108-2, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden** – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- **DIN 4108-4, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden** – Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte
- **DIN EN 14351-1, Fenster und Türen** – Produktnorm, Leistungseigenschaften – Teil 1: Fenster und Außentüren
- **DIN EN ISO 6946:2018-03, Bauteile** – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren (ISO 6946:2017); Deutsche Fassung EN ISO 6946:2017
- **DIN EN ISO 10077-2, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen** – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 2: Numerisches Verfahren für Rahmen
- **DIN EN ISO 10211, Wärmebrücken im Hochbau** – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Detaillierte Berechnungen
- **DIN EN ISO 10456, Baustoffe und Bauprodukte** – Wärme- und feuchtetechnische Eigenschaften – Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte
- **DIN EN ISO 13370, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden** – Wärmeübertragung über das Erdreich – Berechnungsverfahren
- **DIN EN ISO 13788, Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen** – Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren – Berechnungsverfahren
- **DIN EN ISO 14683, Wärmebrücken im Hochbau** – Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient – Vereinfachte Verfahren und Anhaltswerte
- **DIN V 18599-2:2018-09, Energetische Bewertung von Gebäuden** – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 2: Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von GebäudEZonen

Weiterführende Literatur

Johannes Volland, Michael Pils, Timo Skora: „Wärmebrücken: erkennen – optimieren – berechnen – vermeiden“, 2. Auflage, Rudolf Müller Verlag

Gerd Hauser, Horst Stiegel: „Wärmebrückenkatalog für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzen“, Fraunhofer IRB Verlag (Bauforschung für die Praxis, Bericht 74)

Marc Klatecki, Stephan Schlitzberger, Anton Maas, Anna Bauer: „Erarbeitung eines Wärmebrückenkatalogs für Fensteranschlüsse“, Fraunhofer IRB Verlag (Forschungsinitiative ZukunftBAU, F 3015)

Arbeitskreis Kostengünstige Passivhäuser: Protokollband Nr. 16 „Wärmebrückenfreies Konstruieren“

Arbeitskreis Kostengünstige Passivhäuser: Protokollband Nr. 35 „Wärmebrücken und Tragwerksplanung – die Grenzen des wärmebrückenfreien Konstruierens“

