

KALKSANDSTEIN

WÄRMEBRÜCKENKATALOG

ONLINE

Hinweise zu Grundlagen und Anwendung

www.ks-waermebruecken.de
www.kalksandstein.de

Inhalt

I Grundlagen	3	IV Gleichwertigkeit zu DIN 4108 Beiblatt 2	14
I.1 Berücksichtigung von Wärmebrücken im energiesparrechtlichen Nachweis	3	IV.1 Gleichwertigkeitsnachweis	14
I.2 Kategorien A und B	3	IV.2 Der bildliche Gleichwertigkeitsnachweis	14
I.3 Projektspezifischer Wärmebrückenzuschlag	3	IV.3 Der rechnerische Gleichwertigkeitsnachweis	14
I.4 Auswirkung	4	IV.4 Gleichwertigkeitsnachweis bei Bauelementen	14
I.5 Außenmaßbezug	4	V Wärmebrücken am unteren Gebäudeabschluss	15
I.6 Zu berücksichtigende Wärmebrücken	5	V.1 Bezugsmaße	15
I.7 Wärmebrückenvermeidung	5	V.2 Unterschiedliche Modellgrößen	16
I.8 Charakterisierung von Wärmebrücken	5	V.3 Berücksichtigung des Erdreichs im U-Wert	16
II Benutzungshinweise und Anwendung	7	V.4 Erdberührte Bauteile und Wärmebrücken im KS-Wärmebrücken katalog	16
II.1 Hinweise zur Längenbestimmung	7	VI Bauelemente (Fenster, Fenstertüren, Türen, Roll-ladenkästen, Dachflächenfenster, Lichtkuppeln, Fassadenprofile)	18
II.2 Hinweise zum Aufsuchen und Ablesen des entsprechenden Ψ -Werts im KS-Wärmebrücken katalog ...	8	VI.1 Auswahl der Ψ -Werte bei Fenstern und Fenstertüren	18
II.3 Hinweise zum Rechengang	8	VI.2 Berechnung und Gleichwertigkeit von Bauelementanschlüssen	18
II.4 Zusammenfassende Hinweise zur Nutzung des KS-Wärmebrücken katalogs online	9	VI.3 Verwendung von Ψ und Ψ_{ref} im individuellen Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB}	19
III Anwendungsbeispiel	10	VII Gültigkeitsbereich der Ψ-Werte im KS-Wärmebrücken katalog	20
III.1 Beispielgebäude und Bauteile	10	VIII Legende	22
III.2 Berechnung von $\Delta U_{WB, vorh}$	10		
III.3 Vorteile der detaillierten Wärmebrückenberücksichtigung	10		

KALKSANDSTEIN – Wärmebrücken katalog online
 Hrsg. Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V.,
 Entenfangweg 15, 30419 Hannover, Telefon 05 11/2 79 54-0
www.kalksandstein.de
www.facebook.com/kalksandstein
www.ks-waermebruecken.de

4. Auflage – Stand 01/2020

BV-9390-20/01

Autor:

Prof. Dr. Martin H. Spitzner, HBC, Hochschule Biberach

Co-Autoren:

Dipl.-Ing. Christoph Sprengard

Dipl.-Ing. (FH) Holger Simon

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München – FIW München –

Redaktion:

Dipl.-Ing. Wiebke Grethe, Hannover

Dr.-Ing. Martin Schäfers, Hannover

Alle Angaben erfolgen nach bestem Wissen und Gewissen, jedoch ohne Gewähr.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung.

Gesamtproduktion und

© by Verlag Bau+Technik GmbH, Erkrath

I. Grundlagen

Wärmebrücken sind Stellen in der Umhüllung eines Gebäudes, an denen bauart- oder materialbedingt ein örtlich veränderter Wärmedurchgang durch die Konstruktion vorliegt. Im Winter kann es gegenüber der benachbarten Bauteilfläche zu deutlich verringerten Innenoberflächentemperaturen kommen und in der Folge zu Kondensatanfall und Schimmelbildung. Mit zunehmender Wärmedämmung sinkt der Wärmeverlust durch die flächigen Bauteile. Dabei nimmt auch gleichzeitig der Wärmeverlust an den Anschlussstellen der Bauteile ab. Die Abnahme ist jedoch geringer als beim Wärmeverlust durch die Bauteilfläche. Dadurch steigt der prozentuale Anteil der Wärmebrücken am Gesamt-Wärmeverlust, auch wenn der absolute Beitrag der Wärmebrücken sinkt. Mit steigendem Dämmstandard kommt den Wärmebrücken im Planungsprozess und bei der Bewertung eines Gebäudes daher eine zunehmende Bedeutung zu.

I.1 Berücksichtigung von Wärmebrücken im energiesparrechtlichen Nachweis

Generell muss ein Planer gemäß Energieeinsparverordnung (EnEV § 7 bzw. zukünftig gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG)) den Einfluss konstruktiver Wärmebrücken auf den Jahres-Heizwärmebedarf „nach den Regeln der Technik und den im jeweiligen Einzelfall wirtschaftlich vertretbaren Maßnahmen“ so gering wie möglich halten.

Der Einfluss der Wärmebrücken wird im energiesparrechtlichen Nachweis mittels eines additiven Zuschlags $H_{T,WB} = \Delta U_{WB} \cdot A$ zum Transmissionswärmetransfer berücksichtigt. A ist Summe der Flächen aller Bauteile der wärmeübertragenden Umfassungsfläche (thermische Hüllfläche). Die Ansätze zur Ermittlung von ΔU_{WB} , die wahlweise infrage kommen, sind in Tafel 1 beschrieben.

Allgemein gilt, ohne weiteren Nachweis, ein pauschaler Wärmebrückenzuschlag von $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, bei Gebäuden mit Außenbauteilen mit Innendämmung und einbindenden Massivbauteilen sogar $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

I.2 Kategorien A und B

Beim pauschalen reduzierten Wärmebrückenzuschlag $\Delta U_{WB} = 0,03$ oder $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ müssen alle relevanten Wärmebrücken der Kategorie A oder B nach DIN 4108 Beiblatt 2 entsprechen. Erfüllen einzelne Bauteilanschlüsse die Kategorie nicht, die anderen aber schon, muss für die nicht-gleichwertigen Wärmebrücken deren Überschreitung $\Delta\Psi = \Psi - \Psi_{ref}$ des Ψ -Werts der Wärmebrücke über den jeweiligen Referenzwert (A oder B) der betreffenden Wärmebrücke(n) zusätzlich berücksichtigt werden. Es dürfen nur Überschreitungen berücksichtigt werden, keine negativen $\Delta\Psi$ -Werte. Wärmebrücken, die gar nicht im Beiblatt enthalten sind und damit keinen Referenzwert haben, den sie einhalten könnten, werden analog behandelt, wobei aber nicht die Überschreitung eingeht, sondern der ganze Ψ -Wert. Nicht-gleichwertige und nicht-vorhandene Wärmebrücken dürfen zusammen in einem kombinierten (hybriden) Zuschlag berücksichtigt werden.

I.3 Projektspezifischer Wärmebrückenzuschlag

Alternativ zu den pauschalisierten Ansätzen darf der Wärmebrückenzuschlag projektspezifisch individuell detailliert ermittelt werden. Dafür werden die Längen der relevanten Wärmebrücken aus den Plänen abgelesen oder abgemessen und mit den Ψ -Werten der jeweiligen Anschlussdetails multipliziert.

Tafel 1 Ermittlung von ΔU_{WB}

Nr.	Art	ΔU_{WB} in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Beschreibung
1 Pauschal, allgemein			
1.1	Ohne weiteren Nachweis	0,10	Hoher Zuschlag, entspricht einer Erhöhung aller U-Werte der Hüllfläche um $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
1.2	Ohne weiteren Nachweis, bei Innendämmung	0,15	Bei Außenbauteilen mit Innendämmung und einbindenden Massivbauteilen. Hoher Zuschlag, entspricht einer Erhöhung aller U-Werte der Hüllfläche um $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
2 Pauschal, reduziert, mit Überprüfung und Einhaltung der Gleichwertigkeit nach DIN 4108 Beiblatt 2			
2.1	Kategorie A	0,05	Bei Gleichwertigkeit aller relevanten Wärmebrücken zu Kategorie A der DIN 4108 Beiblatt 2.
2.2	Kategorie B	0,03	Bei Gleichwertigkeit aller relevanten Wärmebrücken zu Kategorie B (verbesserte Wärmebrückenvermeidung) der DIN 4108 Beiblatt 2.
2.3	Pauschal (Kat. A oder B) kombiniert, bei nicht-gleichwertigen Wärmebrücken	$0,05 + x$ oder $0,03 + x$ mit $x = \sum ((\Psi_i - \Psi_{ref,i}) \cdot l_i) / A$	Kombinierter („hybrider“, mit Korrekturwert) Wärmebrückenzuschlag. Für alle nicht-gleichwertigen Wärmebrücken wird die Überschreitung ihres Ψ -Werts über den Referenzwert (A oder B) zusätzlich zum Pauschalwert $0,05$ bzw. $0,03$ berücksichtigt. 2.3 und 2.4 dürfen gleichzeitig angewendet werden.
2.4	Pauschal (Kat. A oder B) kombiniert, bei nicht im Beiblatt enthaltenen Wärmebrücken	$0,05 + y$ oder $0,03 + y$ mit $y = \sum (\Psi_i \cdot l_i) / A$	Kombinierter („hybrider“, mit Korrekturwert) Wärmebrückenzuschlag, für Wärmebrücken, die im Beiblatt gar nicht enthalten sind. 2.3 und 2.4 dürfen gleichzeitig angewendet werden.
3 Projektbezogen			
3.1	Individueller (detaillierter) Zuschlag	$\sum (\Psi_i \cdot l_i) / A$	Individuelle Ψ -Werte je Wärmebrücke z.B. aus dem KS-Wärmebrücken-katalog. l_i ist jeweils die Länge der Wärmebrücke, A die gesamt wärmeübertragende Umfassungsfläche des Gebäudes bzw. der Zone

Die Ψ -Werte können beispielsweise aus dem KS-Wärmebrückenatlog entnommen oder individuell zweidimensional berechnet werden. Die Ergebnisse aller einzelnen Wärmebrücken werden addiert und die Summe durch die gesamte Hüllfläche dividiert. So erhält man den tatsächlich vorhandenen Wärmebrückenzuschlag, welcher anstelle des pauschalen Zuschlags im energiesparrechtlichen Nachweis angesetzt werden darf. Diese Vorgehensweise ist die genaueste der Möglichkeiten und führt häufig zu den günstigsten Ergebnissen im energiesparrechtlichen Nachweis. Mit dem KS-Wärmebrückenatlog kann online ein entsprechender Nachweis des projektspezifischen Wärmebrückenzuschlags erstellt werden. Er kann bei der Beantragung von Fördermitteln als Wärmebrückennachweis aller relevanten Wärmebrücken bei der KfW eingereicht werden.

1.4 Auswirkung

Ein pauschaler Wärmebrückenzuschlag der Kategorie B bedeutet, dass die Wärmebrückenverluste 40 % niedriger sind als für Kategorie A. Bei einem projektspezifischen Wärmebrückenzuschlag von ΔU_{WB} von z.B. 0,014 W/(m²·K) wäre der Wärmebrückeneinfluss nochmals 32 % niedriger. Dadurch gewinnt man wertvollen Spielraum im Nachweis, den man z.B. zur weiteren Unterschreitung der Anforderungen oder für kostengünstigere, einfachere Lösungen bei der Anlagentechnik nutzen kann (Bild 1).

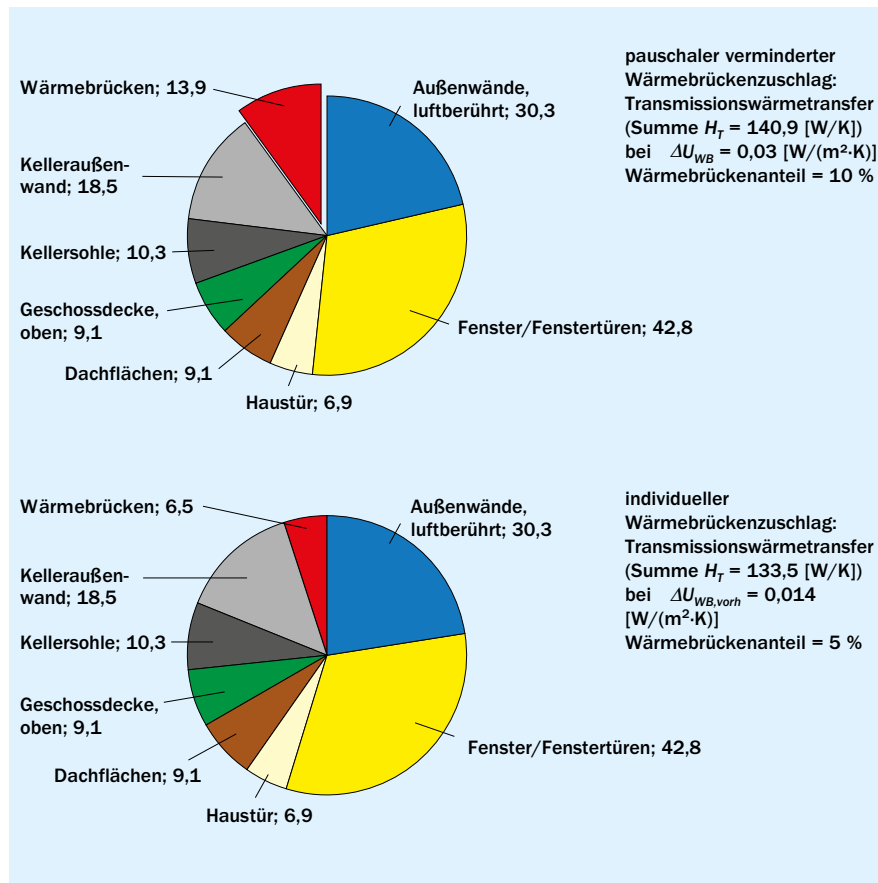


Bild 1 Die Optimierung der Wärmebrücken und der detaillierte Nachweis der Wärmebrücken haben erheblichen Einfluss auf den rechnerischen Transmissionswärmetransfer und damit den energiesparrechtlichen Nachweis (Beispiel).

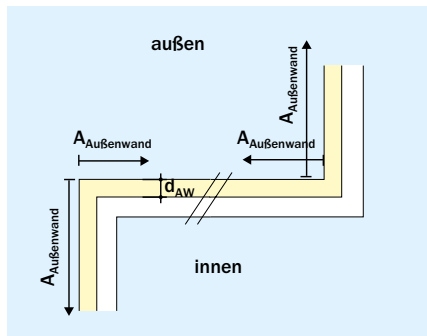
Erfahrungen zeigen, dass bei Einfamilienhäusern sowie bei Reihen- und Doppelhäusern in der Regel ein Nachweis des projektbezogenen (detaillierten) Wärmebrückenzuschlags lohnenswert ist, anstelle eines pauschalen Ansatzes. Im Geschosswohnungsbau ist hingegen der pauschale Ansatz der Kategorie B in vielen Fällen nur wenig ungünstiger als ein projektspezifischer Wärmebrückenzuschlag. Die Details im KS-Wärmebrückenatlog sind mindestens gleichwertig zu Kategorie A, die meisten erfüllen die Kategorie B, etliche weisen sogar noch einen deutlich höheren Wärmeschutz als Kategorie B auf.

Wie der projektbezogene Zuschlag ΔU_{WB} ausgerechnet wird, ist im Anwendungsbeispiel dargestellt. Der Arbeitsaufwand dafür nimmt schon nach wenigen betrachteten Gebäuden deutlich ab: Häufig werden immer wieder gleiche Bauteilanschlüsse verwendet. In der Folge wiederholen sich auch die Ψ -Werte für die Details. Nach einigen Gebäuden mit detailliertem Wärmebrückennachweis müssen nur noch die Wärmebrückenlängen individuell bestimmt werden. Viele Ψ -Werte liegen aus den vorherigen Planungsobjekten mit identischen Details bereits vor und können übernommen werden.

Dagegen ist das Ankreuzen des verminderten Wärmebrückenzuschlags $\Delta U_{WB} = 0,05$ oder $\Delta U_{WB} = 0,03$ W/(m²·K) ohne weitere Überprüfung nicht empfehlenswert. Der Planer erklärt damit nämlich verbindlich, dass alle relevanten Wärmebrücken gleichwertig zu DIN 4108 Beiblatt 2 sind, und haftet im Rahmen der Planungshaftung auch dafür. Er sollte also unbedingt sicherstellen, dass dies auch zutrifft. Dazu muss er für alle relevanten Wärmebrücken einen bildlichen oder rechnerischen Gleichwertigkeitsnachweis vornehmen, d.h. jede Wärmebrücke z.B. in der Norm oder im KS-Wärmebrückenatlog nachschlagen. Dann ist es nur noch ein kleiner Schritt, um die Ψ -Werte aus dem KS-Wärmebrückenatlog für die detaillierte Berechnung von ΔU_{WB} zu übernehmen. Die Ψ -Werte des KS-Wärmebrückenatlogs eignen sich für Bilanzierungen nach DIN V 18599, nach DIN V 4108-6 und nach PHPP. Sie können direkt in der Berechnung der Transmissionswärmetransfers verwendet werden.

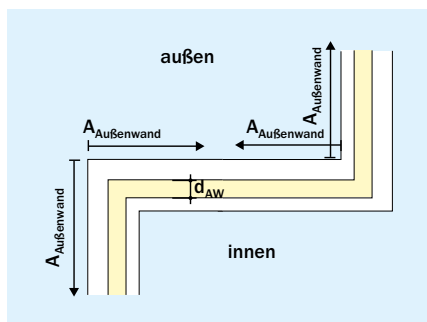
1.5 Außenmaßbezug

Für die Flächen der angrenzenden Bauteile wird vereinbarungsgemäß von den Außenabmessungen des Gebäudes bzw. der Gebäudezone ausgegangen – dies wird Außenmaßbezug genannt. Das bedeutet, dass z.B. die Außenecken in jeder Fassade übermessen werden. Durch diese künstlich erhöhte Fläche werden die Wärmebrücken – zumindest anteilig – automatisch mit berücksichtigt (Bild 2, Bild 3).

Tafel 2 Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient Ψ [W/(m·K)]

Außenecke Ψ [W/(m·K)]	d_{AW} [cm]	U [W/m ² ·K]	Innenecke Ψ [W/(m·K)]
-0,065	10	0,29	0,025
-0,058	14	0,21	0,023
-0,054	18	0,17	0,022
-0,052	24	0,13	0,020
-0,050	30	0,10	0,020

Bild 2 und Tafel 2: Horizontaler Außenmaßbezug (im Grundriss) bei außen- und Innenecke bei Außenwänden mit WDVS. Durch den Außenmaßbezug können sich bei der Außenecke (links) negative Ψ -Werte ergeben; bei der Innenecke (rechts) sind die Ψ -Werte immer positiv. Außenwände mit vorgehängter hinterlüfteter Fassade oder mit hinterlüfteter Vormauerschale werden analog behandelt; als Außenkante der Wand wird die Außenseite der Wärmedämmung (= Schichtgrenze Wärmedämmung zu Hinterlüftungsebene) verwendet.

Tafel 3 Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient Ψ [W/(m·K)]

Außenecke Ψ [W/(m·K)]	d_{AW} [cm]	U [W/m ² ·K]	Innenecke Ψ [W/(m·K)]
-0,121	10	0,27	0,077
-0,100	14	0,20	0,062
-0,088	18	0,16	0,053

Bild 3 und Tafel 3: Horizontaler Außenmaßbezug (im Grundriss) bei außen- und Innenecke bei Außenwänden mit Vormauerschale und Kerndämmung (gilt auch für Kerndämmung mit Fingerspalt). Durch den Außenmaßbezug können sich bei der Außenecke (links) negative Ψ -Werte ergeben; bei der Innenecke (rechts) sind die Ψ -Werte immer positiv.

INFO

Bei Außenecken und sehr gut gedämmten Außenwänden kann der Außenmaßbezug den Wärmebrückeneinfluss bereits überkompensieren. Die zweidimensionale Wärmebrückenberechnung liefert dann einen negativen Ψ -Wert, der das Überkompensieren wieder ausgleicht.

I.6 Zu berücksichtigende Wärmebrücken

Der zusätzliche Wärmedurchgang ist mindestens für die in Tafel 4 genannten linienförmigen Wärmebrücken im energiesparrechtlichen Nachweis zu berücksichtigen.

INFO

Bei der detaillierten Wärmebrückenberechnung ist es sinnvoll, die eigentlich vernachlässigbaren Anschlüsse zwischen gleichartigen Bauteilen, z.B. Außenecken, mit zu berücksichtigen, da dort häufig negative Ψ -Werte vorliegen, die den Wärmebrücken-Zuschlag (ΔU_{WB}) reduzieren.

I.7 Wärmebrückenvermeidung

Zur Vermeidung von Wärmebrücken gilt generell die Empfehlung, die dämmende Schicht so vollständig und lückenlos wie möglich um das beheizte Gebäudevolumen zu legen. Die dämmenden Schichten benachbarter Bauteile sollten lückenlos und ohne Dickenverminderung ineinander übergehen. Hier bietet die funktionsgetrennte Kalksandstein-Bauweise gute Vorteile, weil sich die durchgehende Dämmschicht bei den meisten Bauteilanschlüssen gut realisieren lässt. Bei der Bestandssanierung (undabhängig von der Bauweise) ist die durchgehende Dämmebene häufig nur mit erhöhtem Aufwand oder mitunter gar nicht mehr nachträglich realisierbar.

I.8 Charakterisierung von Wärmebrücken

In energetischer Hinsicht werden linienförmige Wärmebrücken, d.h. Bauteilanschlüsse wie z.B. Gebäudekanten oder Einbindungen der Decke in die Außenwand, durch den Ψ -Wert charakterisiert. Er ist abhängig von der Geometrie der beiden beteiligten Bauteile, den Schichtdicken und Wärmeleitfähigkeiten der Baustoffe, eventuellen Durchdringungen, den Außenabmessungen etc. – und damit für jede Detailausführung anders und individuell zu bestimmen. Damit dies nicht von jedem Planer einzeln gemacht werden muss, bietet der KS-Wärmebrücken-katalog bereits ausgerechnete Ψ -Werte für eine Vielzahl von

Tafel 4 Zu berücksichtigende und vernachlässigbare Wärmebrücken

Zu berücksichtigende Wärmebrücken	Vernachlässigbare Wärmebrücken
1. Gebäudekanten	
<p>Alle Gebäudekanten (d.h. die Außenkanten des beheizten Bereichs), z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Fundamentanschluss bzw. Anschluss der Bodenplatte an die Kelleraußenwand beim beheizten Keller ■ Anschluss einer nicht unterkellerten Bodenplatte an die aufgehenden Außenwände ■ Traufe ■ Ortgang 	<p>Generell alle Anschlüsse zwischen gleichartigen Außenbauteilen, z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Anschluss Außenwand an identische Außenwand, Innen- und Außenecken bei gleichem Aufbau der beiden Bauteile ■ First ■ Kehlbalkendeckeneinbindung (wenn Dachschräge und Kehlbalkendecke gleichartig ausgeführt sind)
2. Fenster- und Türailbungen	
<p>Alle Laibungen (umlaufende Länge) von Fenstern, Fenstertüren, Türen</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ einzeln auftretende Türanschlüsse von Wohngebäuden (Haustüre, Kellerabgangstüre, Kelleraußentüre, Türen zum unbeheizten Dachraum)¹⁾
3. Wand- und Deckeneinbindungen, Deckenaufleger	
<p>Alle Wand- und Deckeneinbindungen sowie Deckenaufleger, z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Einbindung der Kellerdecke über einem unbeheizten Keller ■ Einbindung der Kellerdecke über einem beheizten Keller 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Geschossdeckeneinbindung zwischen beheizten Geschossen, wenn die Außenwand eine gleichmäßig durchlaufende Dämmschicht (d.h. kein Rücksprung, keine Dickenänderung, kein Wechsel der Wärmeleitfähigkeit) mit $R \geq 2,5 \text{ m}^2\text{-K/W}$ aufweist (z.B. $\geq 10 \text{ cm}$ Dicke mit Wärmeleitfähigkeit $\lambda \leq 0,040 \text{ W/(m}^2\text{-K)}$) ■ Anschluss Innenwand an durchlaufende Außenwand oder an obere oder untere Außenbauteile, wenn das Außenbauteil nicht durchstoßen wird oder eine gleichmäßig durchlaufende Dämmschicht mit $R \geq 2,5 \text{ m}^2\text{-K/W}$ aufweist (z.B. $\geq 10 \text{ cm}$ Dicke mit Wärmeleitfähigkeit $\lambda \leq 0,040 \text{ W/(m}^2\text{-K)}$) ■ Anschlüsse außenluftberührter kleinflächiger Bauteile wie z.B. Unterzüge und untere Abschlüsse von Erkern mit außenliegenden Wärmedämmschichten mit $R \geq 2,5 \text{ m}^2\text{-K/W}$ (z.B. $\geq 10 \text{ cm}$ Dicke mit Wärmeleitfähigkeit $\lambda \leq 0,040 \text{ W/(m}^2\text{-K)}$)
4. Balkonplattenanschluss	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Thermisch nicht getrennte Balkonplatten sollten nicht mehr ausgeführt werden. 	
5. Sonstige	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Wärmebrücken durch angrenzende unbeheizte oder ungekühlte Räume nach außen ■ Immer wieder auftretende punktförmige Wärmebrücken wie Dübel in WDVS, Mauerwerksanker bei zweischaligen Wänden, Anker und Konsolen in vorgehängten hinterlüfteten Fassaden etc. müssen berücksichtigt werden, indem sie bereits in den U-Wert der jeweiligen Fläche eingerechnet werden, sofern ihr Einfluss den U-Wert um 3 % oder mehr erhöht; sie sind deshalb nicht Teil des Wärmebrückennachweises. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wärmebrücken zu benachbarten beheizten oder gekühlten Zonen²⁾ ■ kleinflächige Querschnittsänderungen, wie z.B. Leitungsschlitze oder Steckdosen²⁾ ■ Durchdringungen, wie z.B. Holzsparren, Holzpfetten durch Dämmungen; Durchdringungen in Form von Lüftungsrohren, Schornsteinen und Abgasanlagen ■ vereinzelt auftretende punktförmige Wärmebrücken (Befestigungspunkte vorgehängter Dächer, Markisenverankerungen, Konsolen als punktförmige Balkenaufleger etc.)²⁾
¹⁾ Es wird empfohlen, auch die Wärmebrückenwirkung dieser Türailbungen zu reduzieren.	
²⁾ Sofern deren Anteil am Gesamtwärmeverlust durch Wärmebrücken $\leq 3 \%$ ist. (Das ist i.d.R. der Fall.)	

Bauteilanschlüssen an. Diese werden nach ihrer Ausführungsart und nach den Schichtdicken unterschieden und können bei Übereinstimmung des Details einfach aus dem Katalog entnommen werden. Die Ermittlung von Ψ -Werten erfolgt durch zweidimensionale numerische Berechnungen und ist beispielsweise im KS-Planungshandbuch, Kapitel Wärmeschutz beschrieben.

INFO

Der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient Ψ gibt den Wärmedurchgang pro laufendem Meter Länge der Wärmebrücke und pro Grad Temperaturdifferenz an, der nicht bereits von den U-Werten und Bauteilflächen der benachbarten Bauteile abgedeckt ist. Der Ψ -Wert für linienförmige Bauteilanschlüsse ist das Pendant zum U-Wert für flächige Bauteile.

Unter hygienischen Gesichtspunkten müssen alle linienförmigen Bauteilanschlüsse zwischen benachbarten Bauteilen an der ungünstigsten Stelle der Innenoberfläche eine normierte Temperaturdifferenz $f_{Rsi} \geq 0,70$ nach DIN 4108-2 einhalten. Alle Wärmebrücken im KS-Wärmebrückenatlas halten die Forderung $f_{Rsi} \geq 0,70$ ein. Ist dieser Wert eingehalten, so ist sichergestellt, dass bei üblichem Nutzerverhalten weder eine Kondensatbildung noch ein Schimmelpilzbefall an der Bauteiloberfläche auftritt.

II. Benutzungshinweise und Anwendung

Die Berechnung eines projektbezogenen Wärmebrücken-zuschlags kann mit dem KS-Wärmebrücken-katalog online (www.ks-waermebruecken.de) wie folgt erfolgen:

1. Länge der Wärmebrücke bestimmen
2. Passenden Bauteilanschluss im KS-Wärmebrücken-katalog suchen
3. Ψ abhängig von der Dämmdicke der angrenzenden Bauteile auswählen oder für nicht angegebene Dämmdicken interpolieren.
 - Schritte 1 bis 3 für alle relevanten Wärmebrücken wiederholen
4. Für alle Wärmebrücken jeweils die Länge mit Ψ multiplizieren und dann aufsummieren (erfolgt im KS-Wärmebrücken-katalog online automatisch)
5. Diese Summe durch die Gesamthüllfläche A des Gebäudes teilen, dies ergibt $\Delta U_{WB, vorh}$ (erfolgt im KS-Wärmebrücken-katalog online automatisch)
6. $\Delta U_{WB, vorh}$ statt des Pauschalwerts ΔU_{WB} in den energiesparrechtlichen Nachweis einsetzen

II.1 Hinweise zur Längenbestimmung

Die Längen können von den Maßlinien und/oder sonstigen Angaben in den Planunterlagen entnommen oder durch Abmessen in den 1:100-Plänen bestimmt werden. Eine auf 10 cm gerundete Angabe ist ausreichend genau.

Die Endpunkte der Wärmebrückenlängen sind dabei außenmaßbezogen gemäß den Bezugsmaßen der DIN V 18599 festzulegen. Nach diesen Festlegungen werden ebenfalls die Flächen der Außenbauteile bestimmt. Damit bilden die Flächenabmessungen, die Wärmebrückenlängen und die Ψ -Werte des KS-Wärmebrücken-katalogs zusammen mit den entsprechenden U-Werten ein in sich stimmiges System.

Nach DIN V 18599-1 werden Flächen und Längen horizontal (im Grundriss) immer von der Außenkante des Gebäudes bis zur gegenüberliegenden Außenkante des Gebäudes bestimmt: bei WDVS inklusive Putz, bei Kerndämmung inklusive Fingerspalt und Vormauerschale, bei vorgehängten hinterlüfteten Fassaden und Verkleidungen bis zur Hinterlüftungsebene in der Fassade.

Bei Außenecken und sehr gut gedämmten Außenbauteilen kann der Außenmaßbezug den Wärmebrückeneinfluss bereits

überkompensieren. Die zweidimensionale Wärmebrückenberechnung liefert dann einen negativen Ψ -Wert, der das Überkompensieren wieder ausgleicht.

Vertikal (im Schnitt) werden Längen und Flächen immer und grundsätzlich von Oberkante Rohdecke bis zur Oberkante Rohdecke des Stockwerks darüber gemessen, unabhängig von der Lage der Dämmschicht. Dies gilt auch für den unteren Gebäudeabschluss, nicht aber für den oberen Gebäudeabschluss. D.h. die Wandfläche und die Wärmebrückenlänge werden erst ab Oberkante des Rohfußbodens oder der Rohdecke nach oben gemessen, bzw. ab Oberkante der Rohdecke nach unten. Die einzige Ausnahme stellt der obere Gebäudeabschluss dar (Dach an Außenluft bzw. oberste Geschossdecke an unbeheizten Dachboden), dort wird als obere Begrenzung generell bis zur Oberkante der Wärmedämmung gemessen (Bild 1).

Bei den vertikalen Bezugsmaßen der DIN V 18599 tauchen damit die Dicke der Perimeterdämmung unter der Bodenplatte und die Dicke der Bodenplatte selbst weder in der Wandfläche noch in der Wärmebrückenlänge auf. der Wärmeverlust in diesem Bereich ist stattdessen im Ψ -Wert enthalten. Der wird damit entsprechend größer als bei anderen Bilanzierungsverfahren wie DIN V 4108-6 oder PHPP, weil er zusätzlich den Wärmeverlust beinhaltet, der durch die jetzt kleinere Flächenabmessung der Kelleraußenwand übrigbleibt.

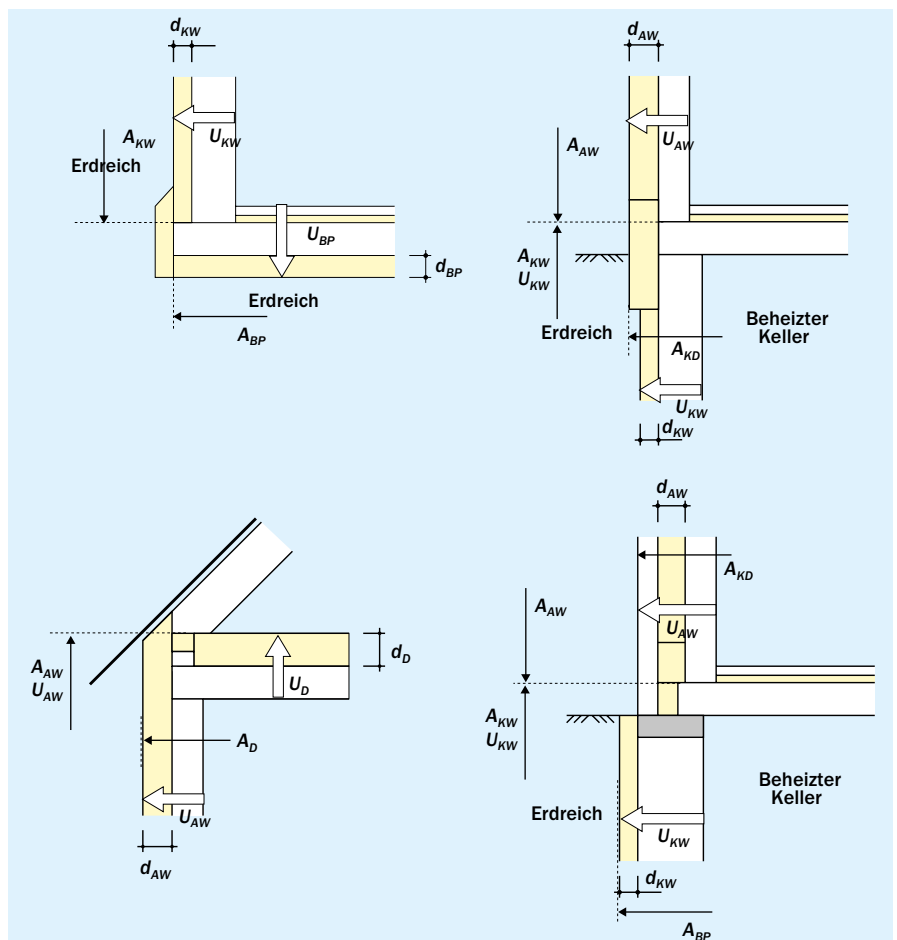


Bild 1 Vertikale Flächenbezüge nach DIN V 18599-1 am unteren und oberen Gebäudeabschluss (Beispiele)

Die Werte im KS-Wärmebrückenatolog online sind mit den Bezugsmaßen nach DIN V 18599 berechnet und liegen damit, im Vergleich zu den früheren Bezugsmaßen nach DIN V 4108-6, auf der sicheren Seite. Sie können deshalb auch dann verwendet werden, wenn die Bauteilflächen nach den früheren Maßbezügen der DIN V 4108-6 bestimmt wurden, z.B. bis zur Unterkante der Perimeterdämmung unter der Bodenplatte oder bis zur Unterseite der Wärmedämmung unter der Kellerdecke.

Die Ψ -Werte aus dem KS-Wärmebrückenatolog können auch – zusammen mit den Bauteilflächen nach den Maßbezügen des Passivhaus-Projektierungspakets (PHPP) – im Berechnungsverfahren des PHPP verwendet werden. Die Wärmeverluste für den unteren oder oberen Gebäudeabschluss werden dabei leicht überschätzt und liegen somit auf der sicheren Seite.

Die Fenstergröße wird aus dem Rohbaumaß bestimmt, und zwar mit dem lichten Mauerwerksmaß, in das der Blendrahmen von innen gesehen – ohne Putzschichten und ohne Verkleidungen – eingesetzt wird. Ein eventuell vorhandener Außenanschlag, auch gemauert, oder eine Rahmenüberdämmung beeinflussen die Fensterfläche nicht, vgl. DIN 4108-2.

Alle Ψ -Werte für Fensteranschlüsse mit Rolladen- oder Raffstorekästen im KS-Wärmebrückenatolog unterstellen, dass der Kasten der Wandfläche zugeschlagen wird.

II.2 Hinweise zum Aufsuchen und Ablesen des entsprechenden Ψ -Werts im KS-Wärmebrückenatolog

- Ψ -Werte für Zwischenwerte der Dämmschichtdicken dürfen linear interpoliert werden. Die Interpolation kann mit dem KS-Wärmebrückenatolog online „automatisch“ durchgeführt werden
- Ein Wärmebrückenatolog kann nicht alle in der Praxis auftretenden Anschlussausführungen, Material- und Dickenkombinationen enthalten. Bei Unterschieden zwischen dem geplanten Detail und dem im KS-Wärmebrückenatolog gerechneten Detail kann wie folgt verfahren werden:
 - Kleine Unterschiede (z.B. andere Wärmeleitfähigkeiten, andere Schichtdicken): Aus Vereinfachungsgründen und mit einer ausreichenden Gesamtgenauigkeit der Summe aller Wärmebrückeneinflüsse relativ zum gesamten Transmissions-Wärmetransfer können Katalogwerte häufig trotzdem verwendet werden. Genauer ist den Angaben des KS-Wärmebrückenatolog zu seinem Gültigkeitsbereich oder den Hinweisen bei den einzelnen Details zu entnehmen.
 - Andere bzw. große Unterschiede, d.h. das geplante Detail kann keinem der Details im Wärmebrückenatolog zugeordnet werden bzw. sieht deutlich anders aus als im Katalog: In diesem Fall ist das geplante Detail zweidimensional zu berechnen, sofern nicht in einer anderen Quelle, z.B. einem anderen Wärmebrückenatolog, ein Ψ -Wert für das Detail gefunden werden kann. Auf keinen Fall darf das Detail bei der Berechnung von $\Delta U_{WB, vorh}$ weggelassen werden.

II.3 Hinweise zum Rechengang

Bei der Multiplikation in Schritt 4 kommen für alle Wärmebrücken aus dem KS-Wärmebrückenatolog, inklusive derer am unteren Gebäudeabschluss, die Temperaturkorrekturfaktoren (F_x -Faktoren) nach dem vereinfachten Verfahren der DIN V 4108-6 bzw. der DIN V 18599-2 nicht zum Ansatz. F_x wird für alle Ψ -Werte aus dem KS-Wärmebrückenatolog gleich 1,0 gesetzt. Dies gilt auch dann, wenn für die erdberührten Bauteilflächen mit U-Werten nach DIN EN ISO 6946 und den F_x -Werten gearbeitet wird.

Begründung: Die Wärmedämmwirkung des vorgelagerten Erdreichs bzw. des vorgelagerten unbeheizten Kellers bzw. Dachbodens ist in den Ψ -Werten des KS-Wärmebrückenatolog bereits eingerechnet und darf deshalb nicht noch einmal berücksichtigt werden, so wie es die Multiplikation mit F_x unzutreffenderweise täte. Die Ψ -Werte des KS-Wärmebrückenatolog sind somit Ψ - und nicht Ψ_{F_x} -Werte im Sinne von DIN 4108 Beiblatt 2 Anhang D.

Wenn für die erdberührten Bauteile U-Werte nach DIN EN ISO 13370 verwendet werden, ist F_x ohnehin obsolet (dies entspricht $F_x = 1$), weil U-Werte nach DIN EN ISO 13370 die Dämmwirkung des vorgelagerten Erdreichs bereits enthalten.

INFO

Alle Details im KS-Wärmebrückenatolog sind gleichwertig zu Kategorie A oder B von DIN 4108 Beiblatt 2, häufig sogar deutlich besser. Vereinzelt zahlenmäßige Überschreitungen des Referenzwerts von DIN 4108 Beiblatt 2 am unteren Gebäudeabschluss liegen am alternativen Berechnungsverfahren nach DIN EN ISO 13370 und zeigen keine Ungleichwertigkeit an.

Anstelle des pauschalen ΔU_{WB} -Zuschlags von 0,03 bzw. 0,05 bzw. 0,10 bzw. 0,15 W/(m²·K) oder eines kombinierten Zuschlags kann der oben bestimmte, projektbezogene (detaillierte) Wärmebrückenzuschlag $\Delta U_{WB, vorh}$ im energiesparrechtlichen Nachweis eingesetzt werden. Der projektbezogene Wärmebrückenzuschlag ist häufig vorteilhaft, weil er mitunter deutlich unter den Pauschalwerten liegt. Dadurch gewinnt man wertvollen Spielraum für den energiesparrechtlichen Nachweis.

Sowohl der kombinierte als auch der projektbezogene Wärmebrückenzuschlag können gut mit dem KS-Wärmebrückenatolog berechnet werden; die dort erstellten Formblätter dienen gleichzeitig als Wärmebrücken-Dokumentation für den energiesparrechtlichen Nachweis.

Bei Außenecken und sehr gut gedämmten Wärmebrücken kann der Außenmaßbezug den Wärmebrückeneinfluss bereits überkompensieren. Die zweidimensionale Wärmebrückenberechnung liefert dann einen negativen Ψ -Wert, der das Überkompensieren wieder ausgleicht.

Nur bei der detaillierten Wärmebrückenberechnung ist es möglich und sehr empfehlenswert, die eigentlich vernachlässigbaren Anschlüsse zwischen gleichartigen Bauteilen, wie z.B.

Außenecken, mit zu berücksichtigen, da dort häufig negative Ψ -Werte vorliegen. Diese negativen Ψ -Werte reduzieren richtigerweise den projektbezogenen Zuschlag, der dadurch mitunter deutlich niedriger als die Pauschalwerte ausfallen kann.

II.4 Zusammenfassende Hinweise zur Nutzung des KS-Wärmebrückenkatalogs online

- KS-Detaillösungen mit zahlreichen Varianten für die Verminderung von Wärmebrücken im Kalksandstein-Mauerwerk finden sich im KS-Wärmebrückenkatalog. Dieser ist unter www.ks-waermebruecken.de abrufbar. Dort ist sowohl eine pauschale als auch eine detaillierte Berechnung des Wärmebrückenzuschlags ΔU_{WB} möglich.
- Der längenbezogene Wärmedurchgangskoeffizient Ψ gibt den Wärmedurchgang pro laufenden Meter Länge der Wärmebrücke und pro Grad Temperaturdifferenz an, der nicht bereits in den U-Werten und Bauteilflächen enthalten ist. Der Ψ -Wert für linienförmige Bauteilanschlüsse ist das Pendant zum U-Wert für flächige Bauteile.
- Der detaillierte Wärmebrückenansatz führt häufig zu einem individuellen Wärmebrückenzuschlag $\Delta U_{WB, vorh}$, der deutlich unter dem (bereits reduzierten) Pauschalwert von $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ liegt. Dadurch gewinnt man wertvollen Spielraum für den energiesparrechtlichen Nachweis.
- Bei Außenecken und sehr gut gedämmten Außenbauteilen kann der Außenmaßbezug den Wärmebrückeneinfluss bereits überkompensieren. Die zweidimensionale Wärmebrückenberechnung liefert dann einen negativen Ψ -Wert, der das Überkompensieren wieder ausgleicht.
- Bei der detaillierten Wärmebrückenberechnung ist es sinnvoll, die eigentlich vernachlässigbaren Anschlüsse zwischen gleichartigen Bauteilen, z.B. Außenecken, mit zu berücksichtigen, da dort häufig negative Ψ -Werte vorliegen, die den WB-Zuschlag (ΔU_{WB}) reduzieren.
- Alle Details im KS-Wärmebrückenkatalog sind gleichwertig zu DIN 4108 Beiblatt 2, häufig sogar deutlich besser. Vereinzelt zahlenmäßige Überschreitungen des Referenzwerts der DIN 4108 Beiblatt 2 am unteren Gebäudeabschluss liegen am alternativen Berechnungsverfahren und zeigen keine Ungleichwertigkeit an.
- Die Werte im KS-Wärmebrückenkatalog sind mit den Bezugsmaßen nach DIN V 18599 berechnet und liegen damit auf der sicheren Seite. Sie können für Bilanzierungen nach DIN V 18599, DIN V 4108-6 und PHPP verwendet werden.
- U-Werte erdberührter Bauteile nach DIN EN ISO 13370 beinhalten die Dämmwirkung des vorgelagerten Erdreichs. Sie sind damit kleiner als die U-Werte nach DIN EN ISO 6946, die die Dämmwirkung des Erdreichs nicht enthalten.
- U-Werte nach DIN EN ISO 13370, Ψ -Werte nach DIN EN ISO 10211 und DIN EN ISO 13370 und die Ψ -Werte des KS-Wärmebrückenkatalogs online dürfen im energiesparrechtlichen Nachweis nicht mit den Temperaturkorrekturfaktoren F_x multipliziert werden, weil die Wirkung des Erdreichs sonst zweimal berücksichtigt würde.
- Der Ψ -Wert der Laibungen bei Fenstern, Fenstertüren und Terrassentüren hängt in erster Linie von der Dicke des Fensterrahmens ab.

III. Anwendungsbeispiel

III.1 Beispielgebäude und Bauteile

Die Anwendung des KS-Wärmebrückenatlas wird am Beispiel eines frei stehenden, unterkellerten Einfamilienhauses mit funktionsgetrennter Kalksandstein-Bauweise gezeigt (Bild 1). Der Keller ist vollständig beheizt, der Dachraum im Bereich des Spitzbodens unbeheizt. Das beheizte Volumen wird von den Außenbauteilen Wand, Fenster, Bodenplatte und Dachschräge bzw. Kehlbalkendecke umschlossen (Tafel 1).

III.2 Berechnung von $\Delta U_{WB,vorh}$

Die Längen der relevanten Wärmebrücken, die zugehörigen Ψ -Werte aus dem KS-Wärmebrückenatlas sowie deren Produkt sind in Tafel 2 aufgelistet. Die Aufsummierung dieser Produkte ergibt den gesamten spezifischen Transmissionswärmefluss durch die Wärmebrücken. Dieser wiederum geteilt durch die Hüllfläche A des Gebäudes ist der tatsächlich vorhandene, detaillierte Wärmebrückenzuschlag $\Delta U_{WB,vorh}$.

III.3 Vorteile der detaillierten Wärmebrückenberücksichtigung

Dass sich die detaillierte Wärmebrückenberücksichtigung hinsichtlich des Gesamtenergiebedarfs lohnt, zeigt unser Beispiel: Der pauschale (verminderte) Wärmebrückenzuschlag würde $0,03 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ betragen, der tatsächliche in unserem Beispiel beträgt nur $0,014 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Der Wärmebrückeneinfluss im energiesparrechtlichen Nachweis wird dadurch mehr als halbiert. Der berechnete Jahresheizenergiebedarf reduziert sich dadurch um 5 % gegenüber dem pauschalen Ansatz der $0,03 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Die so gewonnene Reserve im Nachweis erlaubt es z.B., die gesetzliche Anforderung weiter zu unterschreiten, eine von der Investition her günstigere Anlagentechnik einzusetzen oder an anderer Stelle den Herstellungsaufwand des Gebäudes zu reduzieren (Tafel 3).

Tafel 1 Bauteilaufbauten (wärmetechnisch relevante Angaben) und Angaben zum Beispielgebäude

Bauteil	Aufbau, Hinweise
Außenwände	17,5 cm KS-Funktionswand RDK 2,0 mit 14 cm WDVS 032
erdberührte Außenwände	30 cm KS-Kellerwand RDK 1,4 mit 12 cm Perimeterdämmung 035
Innenwände	17,5 cm KS-Mauerwerk RDK 2,0 Der Wärmebrückeneinfluss der Innenwandverbindungen in Außenwände kann bei WDVS und Kerndämmung vernachlässigt werden, nicht aber die Einbindung in den oberseitig gedämmten UG-Fußboden.
Fenster und Fenstertüren (inkl. Kellerfenster)	Kunststofffenster mit $d_f = 82 \text{ mm}$, Fenstereinbau in der Dämmebene
Haustüre	Ψ -Werte werden vernachlässigt
Kehlbalkenlage	20 cm Wärmedämmung 035 zwischen den Balken inkl. 4 cm Untersparrendämmung
Gedämmte Dachschräge	20 cm Zwischensparrendämmung 035 inkl. 4 cm Untersparrendämmung 035
Erdberührter Kellerfußboden	Stahlbetonbodenplatte, unterseitig 8 cm Wärmedämmung 035 und oberseitig 4 cm Trittschalldämmung 040 (zusammen 12 cm)
Geschossdecke EG zu OG	unerheblich, da im beheizten Bereich und gleichmäßig durchlaufende Dämmung, Ψ -Wert wird vernachlässigt
Keller	beheizt
Hüllfläche	452,62 m ²
Anlagentechnik	Brennwertkessel und solar unterstützte Trinkwassererwärmung

Tafel 3 Einsparung beim Jahres-Heizenergiebedarf

ΔU_{WB} Wärmebrückenzuschlag [W/(m ² ·K)]	H'_T Spezifischer Transmissions- wärmefluss [W/(m ² ·K)]	Q'_p Jahres-Primärenergiebedarf [kWh/(m ² ·a)]	Q''_h Jahres-Heizwärmebedarf [kWh/(m ² ·a)]	Einsparung [%]
0,100	0,37	46,87	53,37	–
0,050	0,32	42,98	46,17	13
0,030	0,30	41,44	43,32	18
0,014	0,29	40,22	41,06	23
0,000	0,27	39,16	39,09	26

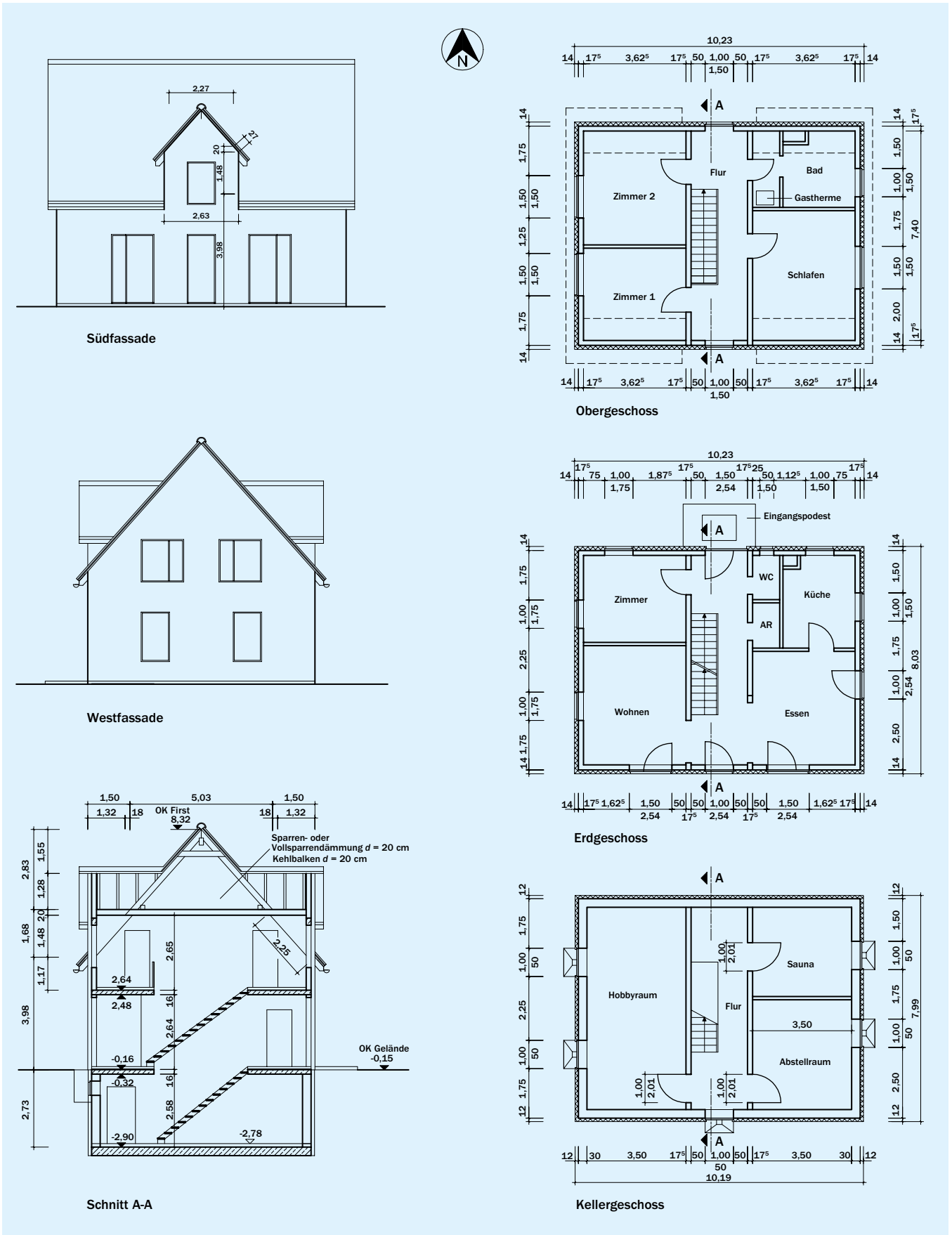
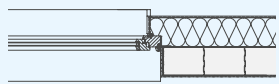
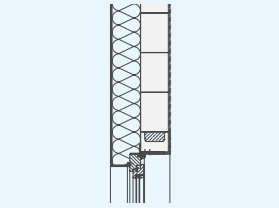
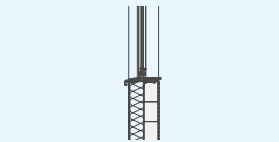
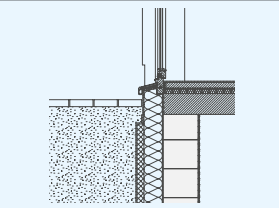
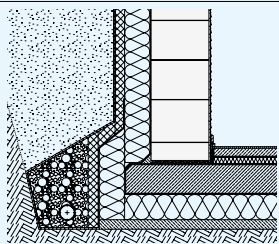
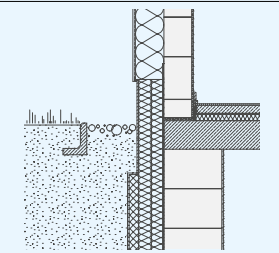
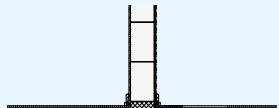
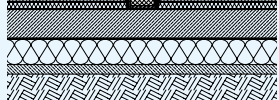
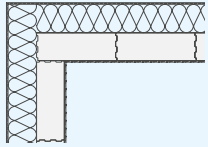
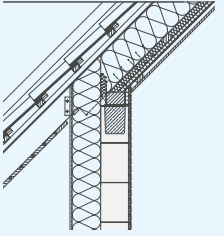
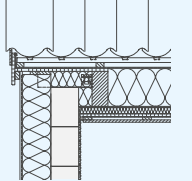
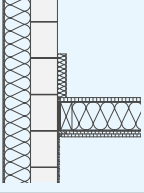


Bild 1 Beispielgebäude: Ansichten, Schnitt, Grundrisse

Tafel 2 Beispielgebäude: Berechnung von $\Delta U_{WB,vorh}$

1	2	3	4	5	6	7	8
Nr. i	Bauteilanschluss bzw. Wärmebrücke	Anzahl · Einzellängen [m]	Länge l_i [m]	Detail Nr.	Längenbezogener Wärmedurchgangs- koeffizient ψ_i [W/(m·K)]	Produkt $l_i \cdot \psi_i$ [W/K]	Beispielbild und Hinweise
1	Fensterlaibung (seitlich)	18 · 1,50 + 6 · 1,75 + 8 · 2,54 + 10 · 0,50	62,82	2.6.1	0,002	0,126	
2	Fenstersturz	10 · 1,00 + 5 · 1,50 + 1 · 0,50 + 5 · 1,00	23,00	2.6.2.2	0,002	0,046	
3	Fensterbrüstung	8 · 1,00 + 3 · 1,50 + 1 · 0,50 + 5 · 1,00	18,00	2.6.3.1	0,100	1,800	
4	Bodenschwelle Terrassentür	2 · 1,00 + 2 · 1,50	5,00	2.6.3.4	-0,003	-0,015	
5	Haustüre (Laibung, Sturz, Schwelle)	–	–	–	–	–	kann vernachlässigt werden
6	Fundamentanschluss UG-Fußboden	2 · 10,19 + 2 · 7,99	36,36	1.1.2	0,043	1,563	
7	Sockelanschluss UG/EG	2 · 10,23 + 2 · 8,03 - 2 · 1,50 - 2 · 1,00	31,52	2.2.1	0,064	2,017	
8	Geschossdeckenanschluss EG/OG	–	–	–	–	–	kann vernachlässigt werden (WDVS mit $R \geq 2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)
9a	Innenwand 17,5 cm UG auf UG-Boden	2 · 7,99 - 3 · 1,00	12,98	4.1.3	0,016	1,208	
9b	Innenwand 11,5 cm UG auf UG-Boden	1 · 4,10	4,10	4.1.3	0,008	0,033	

Fortsetzung Tafel 2 Beispielgebäude: Berechnung von $\Delta U_{WB,vorh}$

1	2	3	4	5	6	7	8
Nr. i	Bauteilanschluss bzw. Wärmebrücke	Anzahl · Einzellängen [m]	Länge l_i [m]	Detail Nr.	Längenbezogener Wärmedurchgangs- koeffizient Ψ_i [W/(m·K)]	Produkt $l_i \cdot \Psi_i$ [W/K]	Beispielbild und Hinweise
10	Innenwandinbindungen in Außenwände UG, EG, OG	–	–	–	–	–	kann vernachlässigt werden (WDVS mit $R \geq 2,5 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$)
11	Außenecke Mauerwerk, Außenecke Gauben	$4 \cdot 3,98 +$ $4 \cdot 1,48$	21,84	2.5.1	-0,058	-1,267	
12	Außenecke erdberührte Kellerwände	–	–	–	–	–	kann vernachlässigt werden (es existieren keine eindeutigen Regeln für die Berechnung dieser Wärmebrücke)
13	Traufe, Traufe Gauben	$2 \cdot 7,60 +$ $4 \cdot 1,32$	20,48	2.8.1	-0,010	-0,205	
14	Ortgang, Ortgang Gauben	$4 \cdot 2,25 +$ $4 \cdot 0,27$	10,08	2.8.3	0,019	0,192	
15	Übergang Kehlbalkendecke an Dach	–	–	–	–	–	kann vernachlässigt werden (gleicher Bauteilaufbau)
16	Kehlbalkendecke an Giebel- wand, Kehlbalkendecke an Giebelwand Gauben	$2 \cdot 5,03 +$ $2 \cdot 2,27$	14,60	2.4.4	0,115	1,679	
–	Aufsummation				$\Sigma(l_i \cdot \Psi_i) \text{ [W/K]} =$	6,177	
–	Hüllfläche				Hüllfläche $A \text{ [m}^2\text{]} =$	452,62	
–	Detaillierter vorhandener Wärmebrückenzuschlag				$\Delta U_{WB,vorh} =$ $\Sigma(l_i \cdot \Psi_i) / A$ [W/(m ² ·K)]	0,014	

IV. Gleichwertigkeit zu DIN 4108 Beiblatt 2

Alle Details im KS-Wärmebrückenatlas sind gleichwertig zu den in DIN 4108 Beiblatt 2 angegebenen Konstruktionsdetails. Bei der detaillierten Wärmebrückenberücksichtigung mittels Ψ -Werten und $\Delta U_{WB, vorh}$ ist die Gleichwertigkeit überhaupt nicht erforderlich, wohl aber, wenn der reduzierte Pauschalwert von 0,05 bzw. 0,03 W/(m²·K) oder der kombinierte Zuschlag für ΔU_{WB} verwendet werden soll.

IV.1 Gleichwertigkeitsnachweis

Der Gleichwertigkeitsnachweis kann entweder bildlich oder rechnerisch erfolgen. Beide Wege sind gleichberechtigt, der Planer kann hier für jede einzelne Wärmebrücke die Nachweiswege frei wählen. Solange eines der beiden Nachweisverfahren eingehalten ist, ist die Gleichwertigkeit des individuellen Details gegeben. Keineswegs ist der rechnerische Nachweis der höherwertige in dem Sinne, dass er der entscheidende wäre. Sinnvoll ist eher die umgekehrte Reihenfolge: Ist mit dem bildlichen Verfahren keine Übereinstimmung zu erzielen, wird die Gleichwertigkeit mit einem Wärmebrückenatlas oder einer individuellen Wärmebrückenberechnung nachgewiesen.

IV.2 Der bildliche Gleichwertigkeitsnachweis

Dafür sind die Beispielzeichnungen in der dritten Spalte der Tabelle 5ff. im sogenannten Wärmebrückenbeiblatt der DIN 4108 Beiblatt 2 gedacht. Die geplanten Details werden visuell mit den Beispielzeichnungen verglichen. Dabei ist zu prüfen, ob

- das konstruktive Grundprinzip der Wärmebrückenvermeidung und
- die Schichtdicken bzw. Wärmedurchlasswiderstände der dafür wichtigen Baustoffschichten (Dämmstoffe, Massivbaustoffe) eingehalten sind. DIN 4108 Beiblatt 2:2019-06 ist auf aktuelle Dämmdicken abgestimmt und enthält überwiegend keine oberen Dickenbegrenzungen für Dämmschichten mehr. Der bildliche Gleichwertigkeitsnachweis gilt daher auch für große Dämmschichtdicken.

Konstruktive Grundprinzipien können zum Beispiel sein:

- das Überdämmen gut wärmeleitender Bauteile,
- das Überdämmen der Stirnseite einbindender Decken und Innenwände,
- das Herunterziehen des Wärmedämm-Verbundsystems auf die Außenseite der Kelleraußenwand bis unterhalb der einbindenden Decke zum unbeheizten Keller,
- der Einbau von KS-Wärmedämmsteinen bei einbindenden Bauteilen und Wechsel der Dämmebene,
- eine umlaufende Wärmedämmung auf allen Seiten auskragender Bauteile (z.B. Attika).

Es geht dabei vor allem um die lückenlose Behinderung des Wärmestroms auf allen möglichen Wegen vom beheizten Innenraum zum kalten Außenraum. Bildlich gesprochen geht man die möglichen Wege der Wärme von innen nach außen ab und kontrolliert, ob die Wärme auf diesen Wegen mindestens so viel Wärmedurchlasswiderstand in Form von Dämmschichten oder dämmenden Baustoffen überwinden muss, wie in der Skizze des Wärmebrückenbeiblatts dargestellt, und es keine Abkürzungen für die Wärme gibt. Trifft dies zu, ist der Gleichwertigkeitsnachweis erbracht.

Sind das konstruktive Grundprinzip und/oder die Wärmedurchlasswiderstände der Schichten nicht eingehalten oder sieht die Detailplanung völlig anders aus als das Beispielbild, so muss ein rechnerischer Nachweis erfolgen. Alternativ kann ein entsprechendes Detail aus dem KS-Wärmebrückenatlas herangezogen werden.

IV.3 Der rechnerische Gleichwertigkeitsnachweis

Für den rechnerischen Nachweis sind die Referenzwerte im Wärmebrückenbeiblatt angegeben. Der individuell berechnete Ψ -Wert des geplanten Details oder der Ψ -Wert laut Wärmebrückenatlas darf, bei gleichen Randbedingungen, nicht größer sein als der jeweilige Referenzwert.

Ψ -Werte, die nach anderen Ansätzen berechnet sind als in DIN 4108 Beiblatt 2, z.B. die am unteren Gebäudeabschluss im KS-Wärmebrückenatlas, können von vornherein größer sein als die Referenzwerte des Beiblatts, auch wenn die Wärmebrücke dem Beiblatt entspricht oder besser ist. Sie sind dann nicht direkt mit den Referenzwerten vergleichbar. Um einen vergleichbaren Wert zu erhalten, müsste die Berechnung mit den Ansätzen des Beiblatts wiederholt werden. Bei Berechnung nach den Ansätzen des Beiblatts halten alle Wärmebrücken des KS-Wärmebrückenatlas die Beiblattanforderung ein. Hierzu sind einige Hintergründe im Kapitel „Wärmebrücken am unteren Gebäudeabschluss“ genauer erläutert.

INFO

Alle Details im KS-Wärmebrückenatlas sind gleichwertig zu DIN 4108 Beiblatt 2 Kategorie B oder A, häufig sogar deutlich besser. Vereinzelt zahlenmäßige Überschreitungen des Referenzwerts der DIN 4108 Beiblatt 2 am unteren Gebäudeabschluss liegen am alternativen Berechnungsverfahren und zeigen keine Ungleichwertigkeit an.

IV.4 Gleichwertigkeitsnachweis bei Bauelementen

Mit DIN 4108 Beiblatt 2:2019-06 haben sich die Ansätze zur Bewertung von Bauelementen (z.B. Fenster, Türen, Rolllädenkästen etc.) sowie die Beurteilung der Gleichwertigkeit grundlegend geändert.

Ausführliche Informationen hierzu finden sich im Kapitel „Bauelemente“.

V. Wärmebrücken am unteren Gebäudeabschluss

Für Bauteile gegen Erdreich existieren verschiedene Vorgehensweisen, wie sie im Gesamtenergiebedarf berücksichtigt werden können. Dies hat u.a. Folgen für die Ψ -Werte von Wärmebrücken in diesen Bereichen. Im Einzelnen liegen die Verfahrensunterschiede in:

- den Bezugsmaßen am unteren Gebäudeabschluss, auch Flächenbezüge, Systemgrenzen, Systemlinien oder Zonengrenzen genannt,
- der Art und Weise, wie und an welcher Stelle des Rechengangs die Dämmwirkung des vorgelagerten Erdreichs berücksichtigt wird,
- der Modellgröße für die numerische Wärmebrückenberechnung.

Die drei genannten Verfahrensunterschiede können in unterschiedlichen Kombinationen auftreten. Ihre Auswirkungen werden im Folgenden dargestellt.

Es sei darauf hingewiesen, dass die Ausführungen in diesem Kapitel nur Bauteile und Wärmebrücken bei erdberührten Bauteilen betreffen. Bei Bauteilen gegen Außenluft gibt es solche Unklarheiten nicht; ihre Behandlung ist eindeutig, bei allen Bilanzierungsverfahren gleich und seit Jahren unverändert.

V.1 Bezugsmaße

DIN V 18599, DIN V 4108-6 und das Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP) des Passivhaus-Instituts verwenden im Grundriss identische horizontale Flächenbezüge, allerdings gibt es bei den vertikalen Flächenbezügen im Gebäudeschnitt Unterschiede (Tafel 1). Die durch die Bezugsmaße definierten Bauteilflächen bilden die Wärme tauschende Hüllfläche. Das durch

diese Flächen eingeschlossene Volumen ist das beheizte Bruttovolumen des Gebäudes bzw. der Zone.

■ DIN V 18599-1

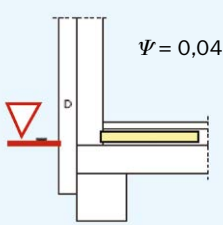
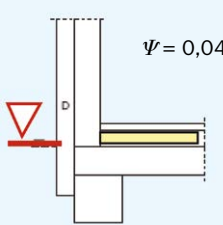
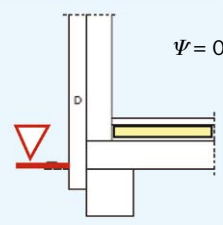
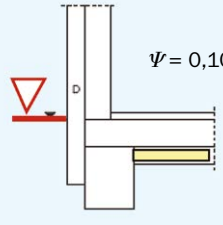
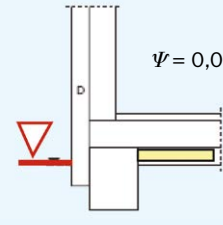
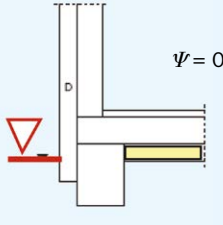
Im Gebäudeschnitt werden Längen und Flächen am unteren Gebäudeabschluss immer und grundsätzlich von Oberkante Rohdecke bis zur Oberkante Rohdecke des Stockwerks darüber gemessen, unabhängig von der Lage der Dämmschicht. D.h. die Wandfläche wird erst ab der Oberkante des Rohfußbodens bzw. der Rohdecke nach oben gemessen. Die Dicke der Perimeterdämmung unter der Bodenplatte und die Dicke der Bodenplatte selbst tauchen weder in der Wandfläche noch in der Wärmebrückenlänge auf. Vorteile sind, dass damit die Lage des Flächenbezugs und die Höhe der senkrecht aufgehenden Wand unabhängig von der Anordnung der Dämmschicht in Decke bzw. Boden ist, und dass die anzusetzende Wandhöhe einfach als Stockwerkshöhe (Rastermaß) aus den Entwurfsplänen bestimmt werden kann.

■ DIN V 4108-6 gibt keine Bezugsmaße vor.

Es wurde früher immer bis zur Außenkante der Wärmedämmung gemessen, beim beheizten Keller oder beheizten Räumen über Durchfahrten und Tiefgaragen mindestens bis zur Unterkante der Betonbodenplatte. Je nach Lage der Dämmschicht in Decke bzw. Boden ändert sich die Höhe der aufgehenden Wand, und damit ihre Größe. Seit Einführung der EnEV 2014 sind allerdings die Maßbezüge nach DIN V 18599-1 verbindlich vorgeschrieben.

- Bei Berechnungen nach dem Passivhaus-Projektierungspaket wird üblicherweise die Stockwerkshöhe bis zur Unterkante der Betondecke gemessen, und damit eben auch die Wandhöhe, bei Wärmedämmung unter der Decke bzw. der Bodenplatte bis zur Unterkante der Wärmedämmung. Auch hier ändert sich die Höhe bzw. die Größe der aufgehenden Wand je nach Lage der Dämmschicht in Decke bzw. Boden.

Tafel 1 Unterschiedliche Systemgrenzen (Flächenbezüge) am unteren Gebäudeabschluss bei verschiedenen Bilanzierungsverfahren führen zu unterschiedlichen Ψ -Werten für eine identische Wärmebrücke. Beispiele: Bodenplattenanschluss mit Wärmedämmung oberhalb bzw. unterhalb der Bodenplatte

	DIN V 18599	DIN V 4108-6	PHPP
Dämmung oberhalb der Bodenplatte	 $\Psi = 0,042$	 $\Psi = 0,042$	 $\Psi = 0,023$
Dämmung unterhalb der Bodenplatte	 $\Psi = 0,107$	 $\Psi = 0,076$	 $\Psi = 0,076$

Der Gesamtwärmeverlust aus der numerischen Wärmebrückenberechnung ist in allen drei Fällen natürlich identisch. Die Wärmeverluste werden aber unterschiedlich zwischen der Wärmebrücke und den beiden angrenzenden Bauteilen aufgeteilt: Je kleiner die Wandfläche angesetzt wird, umso größer wird der Anteil des Gesamtwärmeverlusts, der für Ψ übrigbleibt. Damit wird der Zahlenwert für Ψ größer, ohne dass die Wärmebrücke schlechter geworden wäre. Die gleiche Wärmebrücke sieht je nach Flächenkonvention damit sehr unterschiedlich aus. Weil die Festlegung der DIN V 18599 die kleinste Flächenabmessung der drei Verfahren liefert, ergeben sich hier die höchsten Ψ -Werte.

INFO

Die Werte im KS-Wärmebrückenatlas sind mit den Bezugsmaßen nach DIN V 18599 berechnet und liegen damit auf der sicheren Seite. Sie können für Bilanzierungen nach DIN V 18599, DIN V 4108-6 und PHPP verwendet werden.

V.2 Unterschiedliche Modellgrößen

DIN EN ISO 10211 für numerische Berechnungen legt andere Modellgrenzen im Erdreich fest als DIN 4108 Beiblatt 2: In DIN EN ISO 10211 wird ein großer Ausschnitt des Erdreichs modelliert; DIN 4108 Beiblatt 2 schneidet das Erdreich ab und verwendet Temperaturkorrekturfaktoren F_x , um die thermische Erdreichssituation anzunähern, analog zu den F_x -Faktoren der DIN V 4108-6 und der DIN V 18599-2 im sogenannten vereinfachten Verfahren für die Wärmeverluste erdberührter Bauteile. Je nach Modellierungsansatz ergeben sich unterschiedliche numerische Gesamtwärmeverluste, und damit unterschiedliche Ψ -Werte.

V.3 Berücksichtigung des Erdreichs im U-Wert

Zusätzlich zur unterschiedlichen Modellgröße werden bei einer Berechnung nach DIN EN ISO 10211 auch die U-Werte der erdberührten Bauteile anders bestimmt, nämlich nach DIN EN ISO 13370. Dort wird die Dämmwirkung des vorgelagerten Erdreichs als dämmmäßig wirksame Dicke des Erdreichs in den U-Wert eingerechnet. Der U-Wert wird damit niedriger als bei der Berechnung nach DIN 4108 Beiblatt 2, wo das Erdreich nicht im U-Wert enthalten ist, sondern später in der Gebäudebilanzierung mittels der F_x -Werte berücksichtigt wird. Neben den unterschiedlichen Modellabmessungen aus Kapitel 2 führen auch die unterschiedlichen U-Werte zu einem weiteren Unterschied bei den Ψ -Werten.

INFO

U-Werte erdberührter Bauteile nach DIN EN ISO 13370 beinhalten die Dämmwirkung des vorgelagerten Erdreichs. Sie sind damit kleiner als die U-Werte nach DIN EN ISO 6946, die die Dämmwirkung des Erdreichs nicht enthalten.

Eine ebenfalls denkbare Kombination aus Modellbildung nach DIN EN ISO 10211, U-Werten erdberührter Bauteile nach

DIN EN ISO 6946 und F_x -Faktoren für die Wärmebrückenberechnung stellt eine Mischung nicht aufeinander abgestimmter Verfahren dar und wird hier nicht weiter behandelt.

INFO

U-Werte nach DIN EN ISO 13370 und Ψ -Werte nach DIN EN ISO 10211 und DIN EN ISO 13370 dürfen im energiesparrechtlichen Nachweis nicht mit den Temperaturkorrekturfaktoren F_x multipliziert werden, weil die Wirkung des Erdreichs sonst zweimal berücksichtigt würde (Tafel 2).

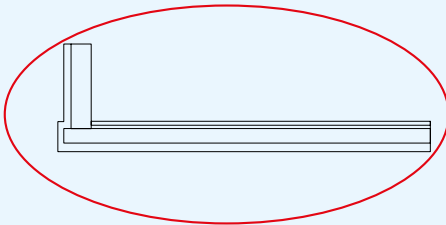
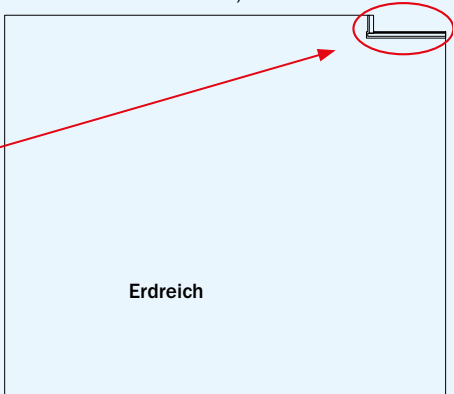
Anmerkung: Aus Sicht der DIN 4108 Beiblatt 2:2019-06 dürfen die Festlegungen im Beiblatt hinsichtlich Bezugsmaßen, Modellgröße und Bauteiloberflächen- F_x -Faktoren sowohl für den Gleichwertigkeitsnachweis als auch für die Berechnung des individuellen ΔU_{WB} in der Gebäudebilanzierung verwendet werden.

V.4 Erdberührte Bauteile und Wärmebrücken im KS-Wärmebrückenatlas

Im KS-Wärmebrückenatlas werden – dem internationalen Normenwerk entsprechend – die U-Werte erdberührter Bauteile nach DIN EN ISO 13370 mit einem charakteristischen Bodenplattenmaß B' von 8 m berechnet. Die Modellbildung erfolgt nach DIN EN ISO 10211; die Bezugsmaße werden nach DIN V 18599 festgelegt. Zusammengenommen führt dies dazu, dass die Ψ -Werte erdberührter Wärmebrücken im KS-Wärmebrückenatlas – bei gleicher oder besserer Wärmebrückenausführung – tendenziell größer sind als in Wärmebrückenatlasen, die mit konstruktiven U-Werten (und ggf. mit F_x -Werten) berechnet sind. Letzteres trifft auch auf die Referenzwerte nach DIN 4108 Beiblatt 2 zu. Deswegen liegen teilweise die Ψ -Werte erdberührter Wärmebrücken im KS-Wärmebrückenatlas zahlenmäßig über den Referenzwerten aus dem Beiblatt, trotz gleichwertiger oder besserer Ausführung. Bei Berechnung nach den Vorgaben des Beiblatts halten alle Wärmebrücken des KS-Wärmebrückenatlas die Beiblattanforderung ein. Alle Details im KS-Wärmebrückenatlas sind gleichwertig zu DIN 4108 Beiblatt 2 Kategorie B oder A, häufig sogar deutlich besser. Vereinzelt zahlenmäßige Überschreitungen des Referenzwerts der DIN 4108 Beiblatt 2 liegen am geänderten Berechnungsverfahren und zeigen keine Ungleichwertigkeit an. Wärmebrücken zwischen Bauteilen, die vollständig im Gebäudeinneren liegen und dem unteren Gebäudeabschluss (z.B. Innenwände auf Bodenplatte im beheizten Keller), wurden vereinfachend mit repräsentativen F_x -Faktoren berechnet. Sie gelten vereinfacht für alle F_x -Faktoren der angrenzenden Bauteile. Alle Ψ -Werte des KS-Wärmebrückenatlas werden im energiesparrechtlichen Nachweis NICHT mit F_x -Faktoren beaufschlagt. Auch dann nicht, wenn die angrenzenden flächigen Bauteile mit dem vereinfachten Ansatz über Temperaturkorrekturfaktoren in der Bilanzierung angesetzt werden (Tafel 2). Die Ψ -Werte des KS-Wärmebrückenatlas können vereinfachend für alle Kellerabmessungen verwendet werden, sowohl für freistehende Gebäude als auch für seitlich angebaute Gebäude bzw. Kellergeschosse.

Die Ψ -Werte des KS-Wärmebrückenatlas eignen sich für Bilanzierungen nach DIN V 18599 (auch nach Abschnitt 6.2.1.3), nach DIN V 4108-6 und nach PHPP.

Tafel 2 Bei erdreichberührten Details sind die unterschiedlichen Modellgrenzen und U-Wert-Berechnungsweisen in den F_x -Faktoren berücksichtigt: Ansatz der F_x -Faktoren im energiesparrechtlichen Nachweis für die ψ -Werte des KS-Wärmebrückenkatalogs.

Herkunft der ψ -Werte	Vereinfachte Modellierung (z.B. früherer KS-Wärmebrückenkatalog; viele andere Kataloge)	Genauere Modellierung (z.B. KS-Wärmebrückenkatalog)	
Modellbildung nach	DIN 4108 Beiblatt 2 (Erdreichberücksichtigung mittels F_x -Faktoren an den Bauteiloberflächen) 	DIN EN ISO 10211 (Erdreich wird mitmodelliert) 	
Anforderungen an das numerische Verfahren	DIN EN ISO 10211	DIN EN ISO 10211	
U-Werte der nicht-erdberührten Bauteile	DIN EN ISO 6946	DIN EN ISO 6946	
U-Werte der erdberührten Bauteile im energiesparrechtlichen Nachweis	DIN EN ISO 6946	DIN EN ISO 13370	DIN EN ISO 6946
Ansatz F_x -Faktoren im energiesparrechtlichen Nachweis <ul style="list-style-type: none"> ■ bei den flächigen Bauteilen ■ bei den Wärmebrücken 	JA JA	NEIN NEIN	JA NEIN

VI. Bauelemente (Fenster, Fenstertüren, Türen, Rollladenkästen, Dachflächenfenster, Lichtkuppeln, Fassadenprofile)

VI.1 Auswahl der Ψ -Werte bei Fenstern und Fenstertüren

Der Ψ -Wert der Laibung bei Fenstern, Fenstertüren und Terrassentüren hängt von der Bautiefe (Rahmendicke) d_f des Blendrahmens in Wärmestromrichtung von innen nach außen ab.

Ist die Bautiefe des Rahmens nicht bekannt, kann ersatzweise vom U_f -Wert des Rahmens auf die Bautiefe des Rahmens geschlossen werden (Tafel 1). Ist der U_f -Wert des Rahmens seinerseits ebenfalls unbekannt, kann er mit folgender Faustformel aus dem U_w -Wert des Fensters abgeschätzt werden: $U_f \approx U_w + 0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Der U_f -Wert des Fensterrahmens und der U_w -Wert des Fensters spielen für Ψ nur eine untergeordnete Rolle.

VI.2 Berechnung und Gleichwertigkeit von Bauelementanschlüssen

DIN 4108 Beiblatt 2:2019-06 kennt verschiedene Verfahren mit unterschiedlichem Aufwandsgrad für den Gleichwertigkeitsnachweis und/oder die Ψ -Wert-Berechnung für die Anschlüsse von Bauteilen an den umgebenden Baukörper (Bauteile im Sinne des Beiblatts sind Fenster, Fenstertüren, Türen, Rollladenkästen, Dachflächenfenster, Lichtkuppeln, Fassadenprofile):

- Bildlicher Gleichwertigkeitsnachweis: gilt für alle Rahmenstärken, Rahmengenometrien und Rahmenmaterialien
- Rechnerischer Gleichwertigkeitsnachweis mit vereinfachter Modellierung eines Ersatzmodells: Anstelle des Fensters wird ein 70 mm dickes Brett einer Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,13 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ eingesetzt. Kennzeichnung mit Index „Ers“. Vergleich mit Referenzwert $\Psi_{ref,Ers}$; gilt für alle Rahmenstärken, Rahmengenometrien und Rahmenmaterialien.
- Rechnerischer Gleichwertigkeitsnachweis, detaillierte Modellierung von Referenzrahmen des Anhangs F der DIN 4108 Beiblatt 2: detaillierte Geometrien als Referenzrahmen für Holz-, Kunststoff- und Aluminiumfenster, Anschlussprofile und weitere Bauelemente; die Geometrien sind als CAD-Dateien verfügbar. Index det für detaillierte Modellierung. Vergleich mit Referenzwert $\Psi_{ref,det}$; gilt für alle Rahmenstärken, Rahmengenometrien und das jeweilige Rahmenmaterial.

Tafel 1 Typische Zuordnung zwischen Bautiefe und U_f -Werten von Fensterrahmen. Die in der detaillierten Modellierung verwendeten Bautiefen und Rahmengenometrien für die Bautiefe \leq ca. 70 mm entsprechend den Vorgaben von DIN 4018 Beiblatt 2 für den rechnerischen Gleichwertigkeitsnachweis von Fensteranschlüssen.

Bautiefe d_f	\leq ca. 70 mm	ca. 80 mm	\geq ca. 90 mm
Typische U_f -Werte	1,4 oder größer	1,3...1,2	1,1 oder kleiner
Zum Vergleich: verwendete Bautiefe d_f im KS-WBK	■ Holz 76 mm ■ Kunststoff 76 mm	■ Holz 82 mm ■ Kunststoff 82 mm	■ Holz 92 mm ■ Kunststoff 90 mm

- Rechnerischer Gleichwertigkeitsnachweis, detaillierte Modellierung der tatsächlichen Geometrie des konkreten Bauelements. Index „det“ für detaillierte Modellierung. Vergleich mit Referenzwert $\Psi_{ref,det}$; gilt für konkrete Bautiefe, konkrete Rahmengenometrie und konkretes Rahmenmaterial.

Beim rechnerischen Gleichwertigkeitsnachweis mittels Ersatzmodell wird für Fensteranschlüsse ein 70 mm dickes Brett einer Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,13 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ herangezogen, welches innenbündig an derselben Stelle sitzt wie der Blendrahmen und das Fenster repräsentiert. Die damit berechneten Ψ_{Ers} -Werte gelten für alle Fensterbautiefen. Der Index „Ers“ steht für Modellierung mittels Ersatzmodell. Für die Anschlüsse von Dachflächenfenstern, Rollladenkästen, Lichtkuppeln und Pfosten-Riegel-Fassaden finden sich weitere Ersatzmodelle in Abschnitt 6.2 des Beiblatts.

Die Berechnung mit dem Ersatzsystem kann auch näherungsweise den Temperaturfaktor f_{Rsi} liefern, wobei bei Fenster- und Fenstertüranschlüssen (außer dem unteren Fenstertüranschluss) ein Abschlag von der berechneten Oberflächentemperatur zu machen ist, um f_{Rsi} zu bestimmen, siehe DIN 4108 Beiblatt 2:2019-06 Tabelle 1.

Der rechnerische Gleichwertigkeitsnachweis kann mittels detaillierter Modellierung nach DIN EN ISO 10077-2 von repräsentativen Referenzrahmen erfolgen: Dafür bietet Anhang F von DIN 4108 Beiblatt 2 Referenzrahmen für Holz-, Kunststoff- und Aluminiumfensterrahmen sowie Referenz-Anschlussprofile und Referenzgeometrien weiterer Bauelemente an. Die Referenzrah-

Tafel 2 Eignung der Nachweis- und Berechnungsverfahren für Anschlüsse von Fensterrahmen und Bauelementen

Verfahren für Gleichwertigkeit/Berechnung Nachweisart ΔU_{WB}	1 bildlich	2 Ersatzmaske	3 Referenzrahmen	4 Konkreter Fensterrahmen
Pauschal (inkl. Kategorie A und B)	✓	✓ ($\Psi_{ref,Ers}$)	✓ ($\Psi_{ref,det}$)	✓ ($\Psi_{ref,det}$)
Kombiniert	✓ Wenn Fensteranschluss gleichwertig	✓ Wenn Fensteranschluss nicht gleichwertig: $\Psi_{vorb} = \Psi_{vorb,Ers} + (\Psi_{ref,det} - \Psi_{ref,Ers})$	✓	✓
Projektbezogen (detailliert)	X	✓ $\Psi_{vorb} = \Psi_{vorb,Ers} + (\Psi_{ref,det} - \Psi_{ref,Ers})$	✓	✓

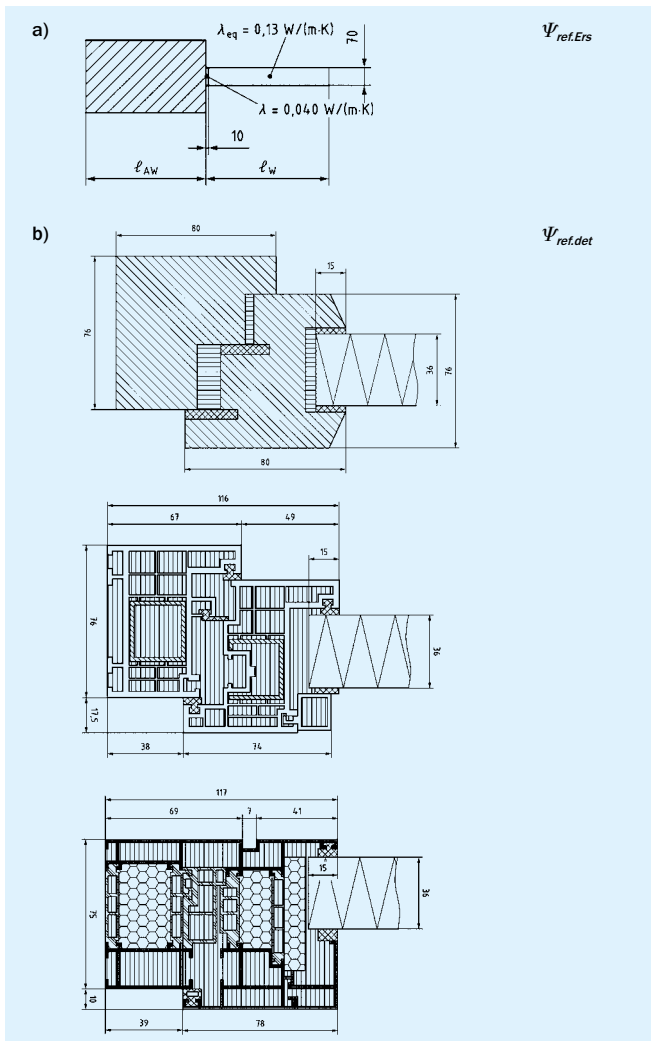


Bild 1 Neues Vorgehen bei der Bewertung von Fensteranschlüssen nach DIN 4108 Beiblatt 2:2019-06
 a) Ψ -Wertberechnung mit homogener Holzersatzmaske, $h = 7$ cm;
 b) Ψ -Wertberechnung mit für den jeweiligen Fenstertyp repräsentativen Referenzrahmen

men stellen detaillierte Rahmenquerschnitte dar, inklusive der typischen Steg- und Kammerausbildung, z.B. bei Kunststoff- und Metallprofilen, sind aber leicht vereinfacht (rechtwinklige Geometrie, einheitliche Stegdicken, keine Krümmungsradien etc.), damit sie einfacher in Wärmebrückenberechnungsprogrammen umgesetzt werden können. Die Bautiefe der Fenster-Referenzrahmen beträgt 76 mm für Holz und Kunststoff und 75 mm für Metall. Die damit berechneten Ψ_{det} -Werte gelten für alle Bautiefen. Der Index „det“ steht für detaillierte Modellierung. Die Geometrien werden als CAD-Dateien auf Datenträger und als Download zur Verfügung gestellt. Die bauliche Anschlussituation selbst wird so modelliert, wie sie tatsächlich ausgeführt werden soll bzw. ausgeführt ist.

Anstelle der Referenzrahmen aus Anhang F des Beiblatts darf auch die tatsächliche Geometrie des geplanten, konkreten Bauelements modelliert werden. Der damit berechnete Ψ_{det} -Wert gilt für das konkrete Bauelement in der konkreten Bautiefe und der konkreten baulichen Anschlussituation. Der Index det steht wiederum für detaillierte Modellierung.

Die vereinfachte Modellierung mit dem Ersatzsystem vernachlässigt verschiedene Einflüsse und ergibt deshalb systematisch abweichende Ergebnisse gegenüber einer detaillierten Modellierung. Deshalb ist in DIN 4108 Beiblatt 2:2019-06 für das Ersatzmodell einerseits und die beiden detaillierten Modellierungen andererseits jeweils ein eigener Referenzwert angegeben, $\Psi_{ref,Ers}$ und $\Psi_{ref,det}$ die sich entsprechend unterscheiden. Die Referenzwerte des Beiblatts wurden berechnet nach DIN EN ISO 10077-2:2012-06, nicht mit dem Radiosity-Modell der aktuellen Ausgabe der ISO 10077-2, sowie für „leicht belüfteten“ Rollraum bei Rollladenkästen. Für den rechnerischen Gleichwertigkeitsnachweis muss analog gerechnet werden, um die Ergebnisse mit dem Referenzwert vergleichen zu können. Wird Ψ hingegen für das Einrechnen in einen individuellen ΔU_{WB} bestimmt, darf nach der aktuellen Fassung der ISO 10077-2 modelliert werden.

Nachdem die Referenzwerte des Beiblatts die Höchstwerte für Ψ im Rahmen der dargestellten Dicken- und Materialspannen der Baustoffe darstellen, kann der Ψ_{ref} -Referenzwert vereinfachend anstelle des tatsächlichen Ψ -Werts verwendet werden, um einen individuellen Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} zu bestimmen. Der Referenzwert liegt im Vergleich zum tatsächlichen Ψ -Wert auf der sicheren Seite. Wird hierbei ein Referenzwert für einen Bauelementanschluss eingerechnet, welcher aus einer vereinfachten Modellierung mit dem Ersatzsystem stammt, ist der mit dem Ersatzmodell berechnete $\Psi_{rechn,Ers}$ -Wert vorher um den Ergebnisunterschied zwischen vereinfachter und detaillierter Modellierung zu erhöhen, $\Psi = \Psi_{rechn,Ers} + (\Psi_{ref,det} - \Psi_{ref,Ers})$, bevor Ψ in ΔU_{WB} eingerechnet wird.

VI.3 Verwendung von Ψ und Ψ_{ref} im individuellen Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB}

Die mit der Referenzgeometrie berechneten Referenzwerte gelten auch für Fenstersysteme mit anderer Bautiefe. Tendenziell wird der Ψ -Wert des Fensteranschlusses mit zunehmender Bautiefe kleiner. Bautiefere Systeme liegen, verglichen mit den 76 mm-Referenzrahmensystemen des Beiblatts, auf der sicheren Seite. Um für den individuellen Wärmebrückenzuschlag im KS-Wärmebrückenatatalog aber nicht viel Luft zu verschenken, wurden zusätzlich zu den 76 mm-Referenzrahmensystemen des Beiblatts jeweils zwei weitere Referenzrahmen aus Holz und Kunststoff mit größeren Bautiefen (Holz: 82 und 92 mm, Kunststoff: 82 und 90 mm) entwickelt und die Ψ -Werte für Anschlüsse dieser Rahmen im Katalog tabelliert, damit sie zum Einrechnen in ΔU_{WB} zur Verfügung stehen.

Alle Bauelementanschlüsse im KS-Wärmebrückenatatalog erfüllen DIN 4108 Beiblatt 2.

Die Gleichwertigkeit zum Beiblatt kann sogar bei Überschreitung des Referenzwerts gegeben sein, nämlich dann, wenn der Anschluss den bildlichen Gleichwertigkeitsnachweis einhält – dies trifft auf alle Bauelementanschlüsse im KS-Wärmebrückenatatalog zu. Nachdem DIN 4108 Beiblatt 2:2019-06 ausdrücklich regelt, dass bei Einhaltung der Gleichwertigkeit (egal ob bildlich und/oder rechnerisch) der Referenzwert anstelle des konkreten Ψ -Werts in ΔU_{WB} eingerechnet werden darf, gilt dies auch für Bauelementanschlüsse, deren individuell berechneter Ψ -Wert über dem Referenzwert liegt. Auch hier darf für ΔU_{WB} der Referenzwert anstelle des individuellen Ψ -Werts herangezogen werden.

VII. Gültigkeitsbereich der Ψ -Werte im KS-Wärmebrückenatlas

Aus Vereinfachungsgründen und mit einer ausreichenden Gesamtgenauigkeit der Summe aller Wärmebrückeneinflüsse auf den Transmissionswärmetransfer können die Ψ -Werte des

KS-Wärmebrückenatlas für alle in der folgenden Tabelle angegebenen Fälle verwendet werden.

Tafel 1 Eigenschaften und Schichtdicken der verwendeten Baustoffe, für welche die Ψ -Werte des KS-Wärmebrückenatlas verwendet werden können.

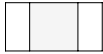
Baustoff	Bauteil	Eigenschaft	Katalogwerte können auch verwendet werden für	Bedingung		
Kalksandstein	KS-Mauerwerk ■ gegen Außenluft ■ im Keller ■ in der Tiefgarage	Rohdichteklasse	$\leq 2,0$	generell		
			alle	bei außenseitig durchgehender bzw. umlaufender Dämmung		
		Dicke	weitere Hinweise siehe bei den einzelnen Details			
			alle	bei außenseitig durchgehender bzw. umlaufender Dämmung		
Beton	Decken, Kelleraußenwände, Tiefgaragenwände	Dicke	$\leq 17,5$ cm (im Keller ≤ 24 bzw. $\leq 36,5$ cm)	mit KS-Wärmedämmsteinen		
			kleiner als im Katalog	–		
		Wärmeleitfähigkeit	weiterer Hinweis siehe bei den einzelnen Details			
			niedriger als im Katalog	–		
Putz	Außenputz	Putzart	alle	–		
		Putzdicke	alle	–		
	Innenputz	Putzart	$\lambda \leq 0,70$ W/(m·K)	Innenputz bis zur Rohdecke heruntergezogen, ggfs. über die Kimmschicht hinüber, bzw. bis zur Mauerkrone geführt oder Innenputz weniger weit geführt		
		Putzdicke	alle	–		
Wärmedämmung (ungestörte Bauteilfläche)	alle	Dicke	kleiner als im Katalog	bei gleicher Wärmeleitfähigkeit wie im Katalog		
		Wärmeleitfähigkeit	größer als im Katalog	bei gleicher Dicke wie im Katalog		
		Wärmedurchlasswiderstand $R = d/\lambda$	$\leq d_{\text{Katalog}}/\lambda_{\text{Katalog}}$	bei anderer Dicke und anderer Wärmeleitfähigkeit als im Katalog		
	Perimeter, Bodenplatte, Kellerdecke, Tiefgaragendecke	WDVS	Kerndämmung	Wärmeleitfähigkeit	$\geq 0,035$	bei gleicher Dicke wie im Katalog
					$\geq 0,032$ W/(m·K)	bei gleicher Dicke wie im Katalog
					$\geq 0,024$ W/(m·K) bzw. $\geq 0,032$ W/(m·K)	bei gleicher Dicke wie im Katalog
					$\geq 0,032$	bei gleicher Dicke wie im Katalog
					$\geq 0,035$	bei gleicher Dicke wie im Katalog
Steildach, oberste Geschossdecke	Flachdach	Trittschalldämmung	$\geq 0,040$	Dicke 4 cm		
			–	–		
Wärmedämmung (Anschlussbereiche)	Anschlussbereiche ■ Sockel ■ Wandfuß ■ Mauerkrone ■ überhöhter Ortsgang etc.	Dicke, Wärmeleitfähigkeit	siehe Hinweise bei den Details			
Erdbe-rührte Bauteile	alle	U-Werte	U-Werte nach DIN EN ISO 13370	F_x -Werte dürfen nicht angewendet werden!		
			U-Werte nach DIN EN ISO 6946, wenn diese gemäß dem vereinfachten Verfahren der DIN V 4108-6 bzw. der DIN V 18599-2 im energiesparrechtlichen Nachweis mit Temperaturkorrekturfaktoren F_x angesetzt werden (F_x wird nur auf die U-Werte angewendet, nicht auf die Ψ -Werte!)	F_x -Werte dürfen nur auf die U-Werte, nicht auf die Ψ -Werte angewendet werden!		
		Flächenabmessungen	nach DIN V 18599-1 bzw. -100	–		
			nach DIN V 4108-6 oder nach PHPP	–		
Sonstige	Folien, Abdichtungen etc.	–	werden bei Wärmebrückenberechnung vernachlässigt			

Tafel 2 Für Berechnungen verwendete Baustoffe/Schichtdicken des KS-Wärmebrückenkatalogs (soweit in Details nicht anders angegeben)

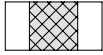
Bauteil	Baustoff	Dicke oder Höhe [cm]	λ [W/(m·K)]
Einschalige Bauweise mit WDVS			
Außenwand	Kalksandstein (Rohdichteklasse 2,0)	17,5	1,1
	Dämmstoff für WDVS	diverse	0,032
	Sockeldämmung	$d_{AW} - 4$	0,035
	Innenputz	1	0,51/0,70
	Außenputz des WDVS	1	1,0
	KS-Wärmedämmstein ¹⁾	11,3	0,33
	Mörtelausgleichsschicht am Wandfuß	2	1,2
Kellerwand, Tiefgaragenwand	Kalksandstein (Rohdichteklasse 2,0)	24	1,1
	Beton	24	2,3
	Perimeterdämmung	diverse	0,035
Fundament	Beton	40 x 80	2,3
Zweischalige Bauweise mit Kerndämmung			
Außenwand	Kalksandstein (Tragschale; Rohdichteklasse 2,0)	17,5	1,1
	Kerndämmung	diverse	0,024/0,032
	Fingerspalt	1	0,067
	Innenputz	1	0,51/0,70
	Vormauerschale	11,5	1,1
	KS-Wärmedämmstein ¹⁾	11,3	0,33
	Mörtelausgleichsschicht am Wandfuß	2	1,2
Kellerwand, Tiefgaragenwand	Kalksandstein (Rohdichteklasse 2,0)	36,5	1,1
	Perimeterdämmung	diverse	0,035
	Beton	25	2,3
Fundament	Beton	50 x 80	2,3
Unterer Gebäudeabschluss			
Kellerbodenplatte, Bodenplatte, Kellerdecke, Tiefgaragendecke	Estrich	5	1,4
	Estrichrandstreifen	1	0,04
	Dämmung auf oder unter der Platte bzw. Decke	diverse	0,035
	Trittschalldämmung	4 ²⁾	0,040
	Beton	18	2,3
Erdreich	Erdreich	diverse	2,0
Dach			
Oberste Geschossdecke (Stahlbetondecke)	Dämmung	diverse	0,032
Flachdach	Flachdachdämmung	diverse	0,035
Flachdach, Decke zur Terrasse	Zwischen-, Unter-, Aufsparrendämmung	diverse	0,032
	Sparren	8	0,13
	Lattenunterkonstruktion (für alle gleich)	4,0 x 2,4	0,13
	Gipskartonplatte/Gipsfaserplatte	1,25	0,35
	Fußpfette	12 x 8	0,13
Fenster			
Fenster	Montageschaum in der Einbaufuge	1	0,04
	Fensterbank innen (Kalkstein extrahart)	2	2,3
	Fensterblech außen und Wetterschutz (Aluminiumblech)	0,25	160
Rollladenkasten	Dämmung zum Innenraum und zum Sturz an den dünnsten Stellen; Rollraum: Restspalt des Panzerauslassschlitzes ≤ 10 mm (leicht belüfteter Hohlraum)	6	0,035
Raffstorekasten/Jalousiekasten	Dämmung ■ zum Sturz ■ zum Innenraum	6 $\geq 17,5$	0,035
Innenbauteile			
Innenwand	Kalksandstein	diverse	1,1
	Innenputz	1	0,51/0,70
Fundament unter Innenwand	Beton	40 x 40	2,3
zweischalige Haustrennwand	Dämmung zwischen den Schalen	4	0,04
Innenwand zum Keller und zur Tiefgarage	Kalksandstein	diverse	1,1
	Dämmschicht	diverse	0,032

¹⁾ wärmetechnisch optimierter Kalksandstein²⁾ Bei Dämmung auf der Decke in d_{BP} bzw. d_{KD} enthalten

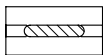
VIII. Legende



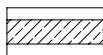
KS-Mauerwerk

KS-Wärmedämmstein
mit $\lambda = 0,33 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ Entwässerungsöffnung
im Verblendmauerwerk

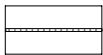
Mauermörtel, Putzmörtel



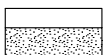
Ansetzmörtel, Ansetzklebemörtel



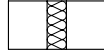
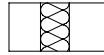
Stahlbeton



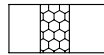
Dichtungsschlämme



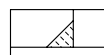
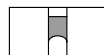
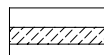
Sand

Wärmedämmstoff, Trittschalldämmstoff,
Perimeterdämmung

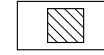
Wärmedämmung

PS-Hartschaum,
streifenförmiger Wärmedämmstoff

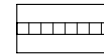
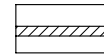
Dränwerkstoff, Sickerplatte

Abdichtung gem. DIN 18195,
Luftdichtung bzw. DampfbremseHohlkehle,
verschiedene MaterialienKunststoff-Weichschaum-Fugenbänder,
imprägniert-vorkomprimiertes Dichtbandunbewehrter Beton, Zementestrich unbewehrt
bzw. mit konstruktiver Bewehrung

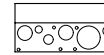
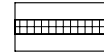
Erdreich, ungestörter gewachsener Grund



Holz, Darstellung in der Schnittfläche

Holzwerkstoffplatte, z.B. Spanplatte,
Bau-Furniersperrholz

Innere Bekleidung, z.B. Gipskartonplatten

Grobkies-Sickerschicht, Füllkies ohne
nennenswerte bindige Bodenbestandteile

Naturstein, Betonwerkstein

Beratung:

**Kalksandstein-Bauberatung
Bayern GmbH**

Rückersdorfer Straße 18
90552 Röthenbach a. d. Pegnitz
Telefon: 09 11/54 07-30
Telefax: 09 11/54 07-310
info@ks-bayern.de
www.ks-bayern.de

Kalksandsteinindustrie Nord e.V.

Lüneburger Schanze 35
21614 Buxtehude
Telefon: 0 41 61/74 33-60
Telefax: 0 41 61/74 33-66
info@ks-nord.de
www.ks-nord.de

Kalksandsteinindustrie Ost e.V.

Veltener Straße 12–13
16515 Oranienburg-Germendorf
Telefon: 0 30/25 79 69-30
Telefax: 0 30/25 79 69-32
info@ks-ost.de
www.ks-ost.de

**Verein Süddeutscher
Kalksandsteinwerke e.V.**

Malscher Straße 17
76448 Durmersheim
Telefon: 0 72 45/806-500
Telefax: 0 72 45/806-501
info@ks-sued.de
www.ks-sued.de

Kalksandsteinindustrie West e.V.

Barbarastraße 70
46282 Dorsten
Telefon: 0 23 62/95 45-0
Telefax: 0 23 62/95 45-25
info@ks-west.de
www.ks-west.de

Bundesverband
KALKSANDSTEIN
Industrie e.V.

