

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur dritten Auflage	5
1 Grundlagen	13
1.1 Definition von Wärmebrücken	13
1.2 Kennwerte von Wärmebrücken	16
1.2.1 Oberflächentemperaturen	17
1.2.1.1 Berechnung von Oberflächentemperaturen	17
1.2.1.2 Bestimmung der Schimmelpilzfreiheit	22
1.2.1.3 Temperaturfaktor f_{Rsi}	26
1.2.2 Wärmeverluste an Wärmebrücken	30
1.2.2.1 Berechnung von Wärmeverlusten an Wärmebrücken	31
1.2.2.2 Berechnung der zusätzlichen Wärmeverluste an einer Wärmebrücke (ψ -Wert)	32
1.2.2.3 Einfluss der Systemlinie auf den ψ -Wert	33
1.2.2.4 Innen- und außenmaßbezogener ψ -Wert	35
1.3 Mindestwärmeschutz	42
1.3.1 Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2	42
1.3.2 Einfluss des Mindestwärmeschutzes auf die Schimmel-pilzfreiheit bei Bestandssanierungen	46
1.4 Berücksichtigung von Wärmebrücken in der Energiebilanz	48
1.4.1 Berücksichtigung nach Gebäudeenergiegesetz (GEG)	48
1.4.2 Berücksichtigung nach DIN V 18599-2	48
1.4.3 Berücksichtigung nach den Vorgaben der KfW	49
1.4.4 Berücksichtigung bei Passivhäusern	50
2 Randbedingungen für die Berechnungen	53
2.1 Oberflächentemperaturen an Wärmebrücken	53
2.1.1 Einfluss der Wärmeübergangswiderstände auf die Oberflächentemperaturen	55
2.1.2 Wärmebrücken gegen Erdreich	56
2.1.3 Sockeldetail mit unbeheiztem Keller	60
2.1.4 Anschlüsse von Bauelementen	61
2.2 Wärmeverluste an Wärmebrücken nach DIN 4108 Beiblatt 2	63
2.2.1 Wärmebrücken gegen Erdreich	67
2.2.2 Sockeldetail mit unbeheiztem Keller	71
2.2.3 Anschlüsse von Bauelementen	71

2.3	Randbedingungen nach DIN EN ISO 10211	72
2.3.1	Festlegung der Schnittebenen für ein zweidimensionales geometrisches Modell	72
2.3.2	Wärmebrücken gegen Erdreich	75
2.3.3	Materialeigenschaften und Wärmeübergangswiderstände ..	75
2.3.4	Wärmebrücken bei Fachwerkbauteilen	77
3	Einfluss von Wärmebrücken auf die Energiebilanz	79
3.1	Einfluss des Wärmebrückenfaktors ΔU_{WB}	79
3.2	Einfluss des Wärmebrückenfaktors ΔU_{WB} bei einem Einfamilienhaus	81
3.3	Einfluss des Wärmebrückenfaktors ΔU_{WB} bei einer Doppelhaushälfte	82
3.4	Einfluss des Wärmebrückenfaktors ΔU_{WB} bei einem Geschosswohnungsbau	83
3.5	Einfluss des Wärmebrückenfaktors ΔU_{WB} bei einem Nichtwohngebäude	84
4	Beispiele für Optimierungsmöglichkeiten von Wärmebrücken ..	85
4.1	Anschluss Bodenplatte/Kellerwand	85
4.2	Sockel Kellerdecke/Außenwand	87
4.3	Auskragende Balkonplatte	90
4.4	Attika	92
4.5	Fensteranschlüsse	94
5	Thermografie – typische Wärmebrücken im Bestand	99
5.1	Erkennen von Wärmebrücken mittels Thermokamera	99
5.1.1	Thermografische Grundlagen	99
5.1.2	Strahlungsphysik	100
5.1.3	Mögliche Fehlerquellen in der Bauthermografie	103
5.2	Erkennen von Wärmebrücken mithilfe der Thermografie und Blower Door	105
5.3	Beispiele von Wärmebrücken	107
5.3.1	Statische Wärmebrücken (Außenthermografie)	107
5.3.2	Statische Wärmebrücken (Innenthaltermografie)	110
5.3.3	Dynamische Wärmebrücken (Innenthaltermografie)	112
5.4	Anforderungen an einen thermografischen Bericht	116

6	Gleichwertigkeitsnachweis	119
6.1	DIN 4108 Beiblatt 2	119
6.2	Wärmebrückenkategorien zum Nachweis der Gleichwertigkeit	119
6.2.1	Kategorie A und B nach DIN 4108 Beiblatt 2	119
6.2.2	Keine eindeutige Zuordnung zu einer Kategorie	120
6.3	Nachweisverfahren	121
6.3.1	Nachzuweisende Wärmebrücken	121
6.3.2	Bildlicher Gleichwertigkeitsnachweis	122
6.3.3	Rechnerischer Gleichwertigkeitsnachweis	125
6.4	Berücksichtigung von Bauelementen	127
6.4.1	Berücksichtigung von Bauelementen über ein Ersatzmodell	128
6.4.2	Detaillierte Berücksichtigung von Bauelementen	131
6.5	Formblatt für die Darstellung der Gleichwertigkeit	131
6.6	Sonderregelung nach KfW für Energieeffizienzhäuser	131
6.7	Führung eines Gleichwertigkeitsnachweises am Beispiel von 3 Details	132
7	Detaillierte Berechnung des Wärmebrückenfaktors ΔU_{WB}	137
7.1	Kennzeichnung der Wärmebrückendetails in den Plänen	137
7.2	Darstellung der Wärmebrückendetails	137
7.3	Berechnung der ψ -Werte nach DIN 4108 Beiblatt 2	138
7.3.1	Anzusetzende Temperaturkorrekturfaktoren F_x	138
7.3.2	Maßbezüge für den eindimensionalen Wärmestrom L_0	138
7.4	Berechnung der ψ -Werte für Wärmebrückendetails mit Bauelementen	139
7.4.1	Berücksichtigung von Korrekturwerten bei der Verwendung eines Ersatzmodells	139
7.4.2	ψ -Wert-Berechnung für einen Fensterrahmenanschluss	140
7.4.3	ψ -Wert-Berechnung für einen Dachfensterrahmenanschluss	144
7.4.4	ψ -Wert-Berechnung für weitere Bauelemente	148
8	Beispiel 1: Einfamilienhaus als Holztafelbau – detaillierte Berechnung des Wärmebrückenfaktors ΔU_{WB}	149
8.1	Kennzeichnung der Wärmebrückendetails in den Plänen	149
8.2	Bestimmung der U -Werte für die Außenbauteile	153
8.3	Berechnung der ψ -Werte	154
8.3.1	Wärmebrückendetails der Bodenplatte	155
8.3.2	Wärmebrückendetails der Außenwand	160
8.3.3	Wärmebrückendetails der Geschossdecke	171
8.3.4	Wärmebrückendetails der obersten Geschossdecke	180
8.3.5	Wärmebrückendetails Fenster (unterer Anschluss)	185

8.3.6	Wärmebrückendetails Fenster (oberer Anschluss)	189
8.3.7	Wärmebrückendetails Fenster (seitlicher Anschluss)	195
8.4	Berechnung des Wärmebrückenfaktors ΔU_{WB}	199
9	Beispiel 2: Einfamilienhaus als Massivbau – detaillierte Berechnung des Wärmebrückenfaktors ΔU_{WB}	203
9.1	Kennzeichnung der Wärmebrückendetails in den Plänen ..	203
9.2	Bestimmung der U-Werte für die Außenbauteile	207
9.3	Berechnung der ψ -Werte	209
9.3.1	Wärmebrückendetails der Bodenplatte	209
9.3.2	Wärmebrückendetails der Außenwand	214
9.3.3	Wärmebrückendetails der Geschossdecke	225
9.3.4	Wärmebrückendetails der obersten Geschossdecke	234
9.3.5	Wärmebrückendetails Fenster (unterer Anschluss)	238
9.3.6	Wärmebrückendetails Fenster (oberer Anschluss)	243
9.3.7	Wärmebrückendetails Fenster (seitlicher Anschluss)	247
9.4	Berechnung des Wärmebrückenfaktors ΔU_{WB}	250
10	Beispiel 3: Bestandsgebäude mit Wärmedämm-Verbundsystem	253
10.1	Detaillierte Berechnung des Wärmebrückenfaktors ΔU_{WB} ..	253
10.1.1	Kennzeichnung der Wärmebrückendetails in den Plänen ..	253
10.1.2	Bestimmung der U-Werte für die Außenbauteile	257
10.1.3	Berechnung der ψ -Werte	259
10.1.3.1	Wärmebrückendetails der Kellerbodenplatte	259
10.1.3.2	Wärmebrückendetails der Kellerwände	262
10.1.3.3	Wärmebrückendetails der Kellerdecke	267
10.1.3.4	Wärmebrückendetails der Außenwand	276
10.1.3.5	Wärmebrückendetails der Geschossdecke	279
10.1.3.6	Wärmebrückendetails der obersten Geschossdecke	280
10.1.3.7	Wärmebrückendetails Fenster (unterer Anschluss)	285
10.1.3.8	Wärmebrückendetails Fenster (oberer Anschluss)	290
10.1.3.9	Wärmebrückendetails Fenster (seitlicher Anschluss)	296
10.1.4	Berechnung des Wärmebrückenfaktors ΔU_{WB}	297
10.2	Gleichwertigkeitsnachweis	299
10.2.1	Auflistung der nachzuweisenden Details	299
10.2.2	Kennzeichnung der Wärmebrückendetails in den Plänen ..	301
10.2.3	Überprüfung der nachzuweisenden Details	301
10.2.3.1	Wärmebrückendetails der Kellerbodenplatte	301
10.2.3.2	Wärmebrückendetails der Kellerwände	303
10.2.3.3	Wärmebrückendetails der Kellerdecke	306
10.2.3.4	Wärmebrückendetails der Außenwand	312
10.2.3.5	Wärmebrückendetails der Geschossdecke	313
10.2.3.6	Wärmebrückendetails der obersten Geschossdecke	314
10.2.3.7	Wärmebrückendetails Fenster (unterer Anschluss)	317
10.2.3.8	Wärmebrückendetails Fenster (oberer Anschluss)	320
10.2.3.9	Wärmebrückendetails Fenster (seitlicher Anschluss)	324

10.2.4	Gleichwertigkeitsnachweis nach DIN 4108 Beiblatt 2, Anhang A (Formblatt)	325
10.2.5	Berücksichtigung zusätzlicher Wärmeströme $H_{T,WB}$	327
10.2.6	Anzusetzender Wärmebrückenfaktor ΔU_{WB}	327
11	Anhang	329
11.1	Software zur Wärmebrückeberechnung	329
11.2	Kenngrößen und Indizes	330
11.3	Normenverzeichnis	331
11.4	Literaturverzeichnis	332
11.5	Stichwortverzeichnis	333