

Inhaltsverzeichnis

	Vorwort	5
	+ Hinweise zu digitalen Arbeitshilfen	6
1	Grundlagen	13
1.1	Definition von Wärmebrücken	13
1.2	Kennwerte von Wärmebrücken und die Berücksichtigung in der Energiebilanz	16
1.2.1	Oberflächentemperaturen	17
1.2.2	Schimmelpilzfreiheit	23
1.2.3	Temperaturfaktor f, f_{Rsi}	25
1.2.4	Wärmeverluste an Wärmebrücken	29
1.3	Innenmaßbezug und Außenmaßbezug an Wärmebrücken ..	32
1.4	Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2	39
1.5	Berücksichtigung von Wärmebrücken in der Energiebilanz ..	43
1.5.1	Energieeinsparverordnung (EnEV)	43
1.5.2	DIN V 4108-6	44
1.5.3	DIN V 18599-2	45
1.6	Berücksichtigung der Wärmebrücken nach den Vorgaben der KfW	45
1.7	Berücksichtigung der Wärmebrücken bei Passivhäusern ...	48
2	Randbedingungen für die Berechnungen	51
2.1	Oberflächentemperaturen an Wärmebrücken	51
2.1.1	Wärmebrücken gegen Erdreich	53
2.1.2	Sockeldetail mit unbeheiztem Keller	56
2.2	Wärmeverluste an Wärmebrücken nach DIN 4108 Beiblatt 2	58
2.2.1	Wärmebrücken gegen Erdreich	61
2.2.2	Sockeldetail mit unbeheiztem Keller	65
2.2.3	Fensteranschluss	66
2.3	Randbedingungen nach DIN EN ISO 10211	66
2.3.1	Festlegung der Schnittebenen für ein zweidimensionales geometrisches Modell	67
2.3.2	Wärmebrücken gegen Erdreich	69
2.3.3	Materialeigenschaften und Wärmeübergangswiderstände ..	69
2.3.4	Wärmebrücken bei Fachwerkbauteilen	70
2.3.5	Wärmebrücken mit 2 unterschiedlichen Temperaturrand- bedingungen	70

3	Einfluss von Wärmebrücken auf die Energiebilanz	73
3.1	Einfluss des Wärmebrückenfaktors ΔU_{WB} auf die Wanddicke	73
3.2	Einfluss des Wärmebrückenfaktors ΔU_{WB} bei einem Einfamilienhaus.	74
3.3	Einfluss des Wärmebrückenfaktors ΔU_{WB} bei einer Doppelhaushälfte.	75
3.4	Einfluss des Wärmebrückenfaktors ΔU_{WB} bei einem Geschosswohnungsbau	76
4	Beispiele für Optimierungsmöglichkeiten von Wärmebrücken	79
4.1	Anschluss Bodenplatte/Kellerwand	79
4.2	Sockel Kellerdecke/Außenwand	81
4.3	Ausragende Balkonplatte	84
4.4	Attika	86
4.5	Fensteranschlüsse	88
5	Thermografie – typische Wärmebrücken im Bestand	93
5.1	Erkennen von Wärmebrücken mittels Thermokamera	93
5.1.1	Thermografische Grundlagen	93
5.1.2	Strahlungsphysik	94
5.1.3	Mögliche Fehlerquellen in der Bauthermografie	97
5.2	Erkennen von Wärmebrücken mithilfe der Thermografie und Blower Door	99
5.3	Beispiele von Wärmebrücken	101
5.3.1	Statische Wärmebrücken (Außenthermografie)	101
5.3.2	Statische Wärmebrücken (Innenthermografie)	104
5.3.3	Dynamische Wärmebrücken (Innenthermografie)	106
5.4	Anforderungen an einen thermografischen Bericht	110
6	Gleichwertigkeitsnachweis	113
6.1	DIN 4108 Beiblatt 2	113
6.2	Nachweisverfahren	114
6.3	Sonderregelung nach Energieeinsparverordnung (EnEV)	119
6.4	Sonderregelung nach KfW für Energieeffizienzhäuser.	120
6.4.1	‡ Formblatt A – Gleichwertigkeitsnachweis.	121
6.4.2	Gleichwertigkeitsnachweis nach den KfW-Wärmebrückempfehlungen.	123
6.4.3	Formblatt B – erweiterter Gleichwertigkeitsnachweis (Bestandsgebäude).	125

7	Detaillierte Berechnung des Wärmebrückenfaktors ΔU_{WB}	133
7.1	Kennzeichnung der Wärmebrückendetails in den Plänen . . .	133
7.2	Darstellung der Wärmebrückendetails	134
7.3	Bestimmung der U -Werte für die Außenbauteile	134
7.4	+ Berechnung der ψ -Werte mit dem Programm Therm . .	134
7.5	Bestimmung des Wärmebrückenfaktors ΔU_{WB}	137
7.6	+ Detaillierter Wärmebrückennachweis nach Formblatt C der KfW-Wärmebrückenbewertung	137
7.7	Wärmebrückenkurzverfahren nach Formblatt D der KfW-Wärmebrückenbewertung	139
8	+ Anwendung des Isothermen-Programms Therm zur Berechnung von Oberflächentemperaturen und ψ-Werten	145
8.1	Vorbereitungen mit dem Programm Therm	145
8.2	Zeichnen von Details (Menüpunkt Draw)	148
8.2.1	Unterlegen einer Zeichnung	148
8.2.2	Ablauf des Zeichnens	149
8.2.3	Bearbeiten der gezeichneten Flächen	150
8.3	Zuordnen von Materialien	152
8.4	Eingabe der Randbedingungen	154
8.5	Oberflächentemperaturen	156
8.5.1	Einstellen der Randbedingungen	156
8.5.2	Berechnung der Oberflächentemperaturen	157
8.6	ψ -Wert	160
8.6.1	Einstellen der Randbedingungen	160
8.6.2	Berechnung des ψ -Werts	165
8.7	+ Anwendung der Excel-Berechnungshilfen	177
9	+ Beispiel 1: Einfamilienhaus als Holztafelbau	179
9.1	Detaillierte Berechnung des Wärmebrückenfaktors ΔU_{WB} . .	179
9.1.1	Kennzeichnung der Wärmebrückendetails in den Plänen . .	179
9.1.2	Bestimmung der U -Werte für die Außenbauteile	183
9.1.3	Berechnung der ψ -Werte	184
9.1.3.1	Wärmebrückendetails der Bodenplatte	185
9.1.3.2	Wärmebrückendetails der Außenwand	191
9.1.3.3	Wärmebrückendetails der Geschossdecke	201
9.1.3.4	Wärmebrückendetails der obersten Geschossdecke	211
9.1.3.5	Wärmebrückendetails Fenster (unterer Anschluss)	216
9.1.3.6	Wärmebrückendetails Fenster (oberer Anschluss)	223
9.1.3.7	Wärmebrückendetails Fenster (seitlicher Anschluss)	226
9.1.4	Berechnung des Wärmebrückenfaktors ΔU_{WB}	229

9.2	Gleichwertigkeitsnachweis	231
9.2.1	Auflistung der nachzuweisenden Details	231
9.2.2	Kennzeichnung der Wärmebrückendetails in den Plänen	234
9.2.3	Überprüfung der nachzuweisenden Details	234
9.2.3.1	Wärmebrückendetails der Bodenplatte	234
9.2.3.2	Wärmebrückendetails der Außenwand	236
9.2.3.3	Wärmebrückendetails der Geschossdecke	238
9.2.3.4	Wärmebrückendetails der obersten Geschossdecke	241
9.2.3.5	Wärmebrückendetails Fenster (unterer Anschluss)	245
9.2.3.6	Wärmebrückendetails Fenster (oberer Anschluss)	246
9.2.3.7	Wärmebrückendetails Fenster (seitlicher Anschluss)	247
9.2.4	Gleichwertigkeitsnachweis nach Formblatt A der KfW-Wärmebrückenbewertung	247
10	+ Beispiel 2: Einfamilienhaus als Massivbau	251
10.1	Detaillierte Berechnung des Wärmebrückenfaktors ΔU_{WB}	251
10.1.1	Kennzeichnung der Wärmebrückendetails in den Plänen	251
10.1.2	Bestimmung der U -Werte für die Außenbauteile	255
10.1.3	Berechnung der ψ -Werte	256
10.1.3.1	Wärmebrückendetails der Bodenplatte	257
10.1.3.2	Wärmebrückendetails der Außenwand	263
10.1.3.3	Wärmebrückendetails der Geschossdecke	274
10.1.3.4	Wärmebrückendetails der obersten Geschossdecke	284
10.1.3.5	Wärmebrückendetails Fenster (unterer Anschluss)	290
10.1.3.6	Wärmebrückendetails Fenster (oberer Anschluss)	297
10.1.3.7	Wärmebrückendetails Fenster (seitlicher Anschluss)	300
10.1.4	Berechnung des Wärmebrückenfaktors ΔU_{WB}	303
10.2	Gleichwertigkeitsnachweis	305
10.2.1	Auflistung der nachzuweisenden Details	305
10.2.2	Kennzeichnung der Wärmebrückendetails in den Plänen	308
10.2.3	Überprüfung der nachzuweisenden Details	308
10.2.3.1	Wärmebrückendetails der Bodenplatte	308
10.2.3.2	Wärmebrückendetails der Außenwand	310
10.2.3.3	Wärmebrückendetails der Geschossdecke	313
10.2.3.4	Wärmebrückendetails der obersten Geschossdecke	315
10.2.3.5	Wärmebrückendetails Fenster (unterer Anschluss)	317
10.2.3.6	Wärmebrückendetails Fenster (oberer Anschluss)	319
10.2.3.7	Wärmebrückendetails Fenster (seitlicher Anschluss)	320
10.2.4	Gleichwertigkeitsnachweis nach Formblatt A der KfW-Wärmebrückenbewertung	321
11	+ Beispiel 3: Bestandsgebäude mit Wärmedämm- Verbundsystem	323
11.1	Detaillierte Berechnung des Wärmebrückenfaktors ΔU_{WB}	323
11.1.1	Kennzeichnung der Wärmebrückendetails in den Plänen	323
11.1.2	Bestimmung der U -Werte für die Außenbauteile	327
11.1.3	Berechnung der ψ -Werte	329
11.1.3.1	Wärmebrückendetails der Kellerbodenplatte	329

11.1.3.2	Wärmebrückendetails der Kellerwände	332
11.1.3.3	Wärmebrückendetails der Kellerdecke	336
11.1.3.4	Wärmebrückendetails der Außenwand	347
11.1.3.5	Wärmebrückendetails der Geschossdecke	350
11.1.3.6	Wärmebrückendetails der obersten Geschossdecke	351
11.1.3.7	Wärmebrückendetails Fenster (unterer Anschluss)	359
11.1.3.8	Wärmebrückendetails Fenster (oberer Anschluss)	365
11.1.3.9	Wärmebrückendetails Fenster (seitlicher Anschluss)	374
11.1.4	Berechnung des Wärmebrückenfaktors ΔU_{WB}	375
11.2	Gleichwertigkeitsnachweis	379
11.2.1	Auflistung der nachzuweisenden Details	379
11.2.2	Kennzeichnung der Wärmebrückendetails in den Plänen ...	382
11.2.3	Überprüfung der nachzuweisenden Details	382
11.2.3.1	Wärmebrückendetails der Kellerbodenplatte	382
11.2.3.2	Wärmebrückendetails der Kellerwände	384
11.2.3.3	Wärmebrückendetails der Kellerdecke	386
11.2.3.4	Wärmebrückendetails der Außenwand	393
11.2.3.5	Wärmebrückendetails der Geschossdecke	394
11.2.3.6	Wärmebrückendetails der obersten Geschossdecke	394
11.2.3.7	Wärmebrückendetails Fenster (unterer Anschluss)	397
11.2.3.8	Wärmebrückendetails Fenster (oberer Anschluss)	401
11.2.3.9	Wärmebrückendetails Fenster (seitlicher Anschluss)	405
11.2.4	Gleichwertigkeitsnachweis nach Formblatt A der KfW-Wärmebrückenbewertung	406
11.2.5	Erweiterter Gleichwertigkeitsnachweis nach Formblatt B der KfW-Wärmebrückenbewertung	408
12	Anhang	411
12.1	Software zur Wärmebrückenberechnung	411
12.2	Kenngößen und Indizes	412
12.3	Normenverzeichnis	413
12.4	Literaturverzeichnis	414
12.5	Stichwortverzeichnis	415