

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Überblick	1
2	Einführung Wärmebrücken	3
2.1	Definition „Wärmebrücke“	3
2.2	Arten von Wärmebrücken	5
2.2.1	Geometrische Wärmebrücken	5
2.2.2	Konstruktive Wärmebrücken	6
2.2.3	Mischformen	6
2.2.4	Lüftungsbedingte Wärmebrücken	7
2.3	Auswirkungen von Wärmebrücken	8
2.3.1	Erhöhte Wärmeverluste	8
2.3.2	Schimmelpilzbildung und Tauwasserausfall.....	10
2.4	Kennwerte für Wärmebrücken	11
2.4.1	Thermischer Leitwert.....	11
2.4.2	Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient.....	12
2.4.3	Punktbezogener Wärmedurchgangskoeffizient.....	17
3	Mindestwärmeschutz	19
3.1	Historische Entwicklung	19
3.2	Tauwasserbildung und Schimmelpilzwachstum.....	22
3.2.1	Taupunkttemperatur.....	22
3.2.2	Schimmelpilzgrenztemperatur – 80%-Kriterium.....	24
3.2.3	Schimmelpilzgrenztemperatur – Isoplethenmodell.....	24
3.2.4	Grundsätzliche Ursachen für Tauwasserausfall/Schimmelpilzbildung	25
3.2.5	Relevanz der Betrachtung von Wärmebrücken.....	28
3.3	Mindestwärmeschutz gemäß DIN 4108-2	29
3.3.1	Anforderungen an schwere Bauteile	29
3.3.2	Anforderungen an leichte Bauteile	32
3.3.3	Anforderungen im Bereich von Wärmebrücken	32
3.4	Mindestwärmeschutz gemäß DIN EN ISO 13788	34
3.5	Mindestwärmeschutz bei Abhängungen und anderen Lufträumen.....	34

4	Energetische Relevanz	35
4.1	Berücksichtigung von Wärmebrücken im EnEV-Nachweis	35
4.1.1	Einordnung in die Anforderungssystematik	35
4.1.2	Berücksichtigung von Wärmebrücken im U-Wert	35
4.1.3	Berücksichtigung durch pauschale Zuschläge auf den U-Wert	37
4.1.4	Berücksichtigung durch detaillierte Berechnung	38
4.1.5	Hybrider Zuschlag	39
4.2	Wärmebrückenfreies Konstruieren	40
4.2.1	Flachdachattika	40
4.2.2	Gebäudesockel	41
4.2.3	Innenwand	41
4.2.4	Fensterlaibung	42
4.2.5	Fenstersturz	42
4.2.6	Auskragungen	43
5	Berechnungsrandbedingungen	45
5.1	Maßbezugssysteme	45
5.1.1	Maßbezugssysteme gemäß DIN EN ISO 13789	45
5.1.2	Exkurs: Neutrale Bauteilachse	46
5.2	Modellgeometrie	49
5.2.1	Vorgaben gemäß DIN EN ISO 10211	49
5.2.2	Exkurs: Modellbildung für Fensteranschlüsse	57
5.3	Materialkenngrößen	60
5.3.1	Wärmeleitfähigkeit	60
5.3.2	Rohdichte	63
5.3.3	Spezifische Wärmekapazität	63
5.4	Außenklima	64
5.4.1	Reales Umgebungsklima	64
5.4.2	Außenlufttemperatur	67
5.4.3	Solare Einstrahlung	80
5.4.4	Wärmeübergangskoeffizient	81
5.5	Erdreichtemperatur	84
5.5.1	Temperaturverteilung im ungestörten Erdreich	84
5.5.2	Niederschlag	87

5.5.3 Grundwasser.....	87
5.5.4 Schnee.....	89
5.5.5 Frost.....	89
5.5.6 Wärmeleitfähigkeit des Erdreiches.....	90
5.5.7 Wärmeübergangskoeffizient an der Erdoberfläche	91
5.5.8 Erdreichtemperatur in der Wärmebrückenberechnung	91
5.6 Raumklima.....	95
5.6.1 Raumlufthtemperatur	95
5.6.2 Wärmeübergangskoeffizient	100
5.7 Weitere Parameter	104
5.8 Beispiele zur Modellbildung.....	107
6 Auswertung der 3D-Berechnungen	113
6.1 Umfang der Berechnungen	113
6.2 Einfluss der Nachtabenkung.....	116
6.3 Einfluss der Solarstrahlung	118
6.4 Einfluss des Klimadatensatzes.....	120
6.4.1 Visualisierung der grundsätzlichen Auswirkungen	120
6.4.2 Auswertung über alle Berechnungen	121
6.5 Einfluss der Dämmqualität.....	123
6.5.1 Visualisierung der grundsätzlichen Auswirkungen	123
6.5.2 Auswertung über alle Berechnungen	124
6.6 Einfluss der Masse	126
6.7 Einfluss der Wanddicke.....	128
6.8 Zusammenhang zwischen Eck- und Kantentemperatur.....	129
7 Konsequenzen für den Mindestwärmeschutz	131
7.1 Einordnung des aktuellen Mindestwärmeschutzes	131
7.2 Ableitung neuer Nachweisrandbedingungen	132
7.2.1 Erläuterung der Vorgehensweise.....	132
7.2.2 Nachweis der Anwendbarkeit.....	135
7.3 Festlegung des Anforderungsniveaus.....	140
7.4 Ableitung erforderlicher Bauteilqualitäten	141
7.4.1 Diskussion des Ansatzes gemäß DIN 4108-2.....	141

7.4.2	Einfluss der Eckausführung auf den Mindest-Wärmedurchlasswiderstand	146
7.4.3	Ergebnis und Ausblick.....	151
7.4.4	Zusammenfassung.....	153
8	Berechnungsergebnisse	155
9	Klimazeitreihen der 15 Repräsentanzstandorte	297
10	Wärmebrückenberechnung mit ANSYS.....	303
10.1	Beispiel: APDL-Eingabedatei für Modell 1.1 gemäß Abschnitt 8.....	303
10.2	Auszug aus der Klimadatei „TRY1_w_temp“	313
11	Literaturverzeichnis.....	315
11.1	Verordnungen und Veröffentlichungen.....	315
11.2	Normen und Richtlinien.....	319