

Ersetzt Norm SIA 180:1999

Protection thermique, protection contre l'humidité et climat intérieur dans les bâtiments

Isolamento termico, protezione contro l'umidità e clima interno degli edifici

Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden

0
8
1**Bitte beachten Sie die Korrigenda im Anhang.**Referenznummer
SN 520180:2014 de

Gültig ab: 2014-07-01

Herausgeber
Schweizerischer Ingenieur-
und Architektenverein
Postfach, CH-8027 Zürich



Bitte beachten Sie die Korrigenda im Anhang.

Allfällige Korrekturen und Kommentare zur vorliegenden Publikation sind zu finden unter www.sia.ch/korrigenda.

Der SIA haftet nicht für Schäden, die durch die Anwendung der vorliegenden Publikation entstehen können.

2014-05 1. Auflage

INHALTSVERZEICHNIS



| | Seite |
|---|-------|
| Vorwort | 4 |
| 0 Geltungsbereich | 5 |
| 0.1 Abgrenzung | 5 |
| 0.2 Normative Verweisungen | 5 |
| 0.3 Abweichungen | 7 |
| 1 Verständigung | 8 |
| 1.1 Begriffe | 8 |
| 1.2 Begriffe, Symbole und Einheiten | 17 |
| 1.3 Indizes | 21 |
| 2 Thermische Behaglichkeit | 22 |
| 2.1 Generelle Bedingungen | 22 |
| 2.2 Anforderungen an Räume mit natürlicher Lüftung, während diese weder beheizt noch gekühlt sind | 24 |
| 2.3 Anforderungen an Räume, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet sind | 24 |
| 2.4 Berechnungsmethode | 26 |
| 2.5 Nachweise | 29 |
| 2.6 Messmethoden | 29 |
| 3 Raumluftqualität und Luftdichtheit der Gebäudehülle | 30 |
| 3.1 Raumluftqualität | 30 |
| 3.2 Lüftungskonzept | 30 |
| 3.3 Reduktion der Luftemissionsquellen... | 31 |
| 3.4 Luftschadstoffe in der Nähe ihrer Quellen abführen | 31 |
| 3.5 Minimal notwendiger Aussenluft-Volumenstrom | 31 |
| 3.6 Luftdichtheit der Hüllfläche | 34 |
| 4 Wärmeschutz im Winter | 37 |
| 4.1 Anforderungen | 37 |
| 4.2 Berechnungsmethoden | 38 |
| 4.3 Messmethoden | 39 |
| 5 Wärmeschutz im Sommer | 40 |
| 5.1 Anforderungen | 40 |
| 5.2 Nachweise durch Berechnung | 40 |
| 5.3 Nachweis durch Messung | 44 |

| | Seite |
|--|-------|
| 6 Feuchteschutz | 45 |
| 6.1 Generelle Anforderungen | 45 |
| 6.2 Vermeidung von Oberflächenkondensat und Schimmelpilzbefall an Oberflächen | 45 |
| 6.3 Verhinderung von unzulässiger Feuchte in Bauteilen durch Diffusions- und Kapillarprozesse | 48 |
| 6.4 Verhindern von zu grossen Formänderungen organischer Materialien infolge zu langer Feuchte- oder Trockenperioden | 49 |

Anhang

| | |
|---|----|
| A (normativ) Wasserdampf | 50 |
| B (normativ) Berechnungen zur thermischen Behaglichkeit | 53 |
| C (normativ) Randbedingungen für Simulationsrechnungen im Nachweisverfahren | 58 |
| D (normativ) Berechnung der Wärmespeicherfähigkeit eines Raumes | 62 |
| E (normativ) Nachweisverfahren für den Feuchteschutz | 64 |
| F (informativ) Oberflächentemperaturfaktoren | 66 |
| G (informativ) Werte für Luftschadstoffe | 68 |
| H Publikationen | 69 |

VORWORT

Zweck dieser Norm ist die Sicherstellung eines behaglichen Raumklimas und die Vermeidung von Bauschäden.

Die Norm beschreibt Konzepte und Anforderungen, mit denen diese Ziele bei üblichem Gebrauch und normaler Instandhaltung des Gebäudes erreicht werden können.

Ein behagliches Raumklima muss in erster Linie mit verschiedenen konstruktiven Massnahmen sichergestellt werden. Mit ausgeschalteten technischen Installationen soll das Gebäude thermisch mindestens so behaglich sein wie der Aussenraum. Ein Lüftungskonzept zeigt auf, wie eine gute Luftqualität sichergestellt wird. Ebenso wird dargestellt, wie Bauschäden infolge von Feuchte- und Temperatureinflüssen vermieden werden können. Die Anforderungen an die Wärmedämmung, insbesondere auch an die Wärmebrücken, zur Vermeidung von Kondensat und Schimmelpilz werden beschrieben.

Die Norm geht von durchschnittlichen Behaglichkeitsanforderungen der Benutzer aus und setzt eine vereinbarungsgemässe Nutzung und ein entsprechendes Verhalten voraus. Werden während der Nutzungszeit die festgelegten Nutzungsbedingungen stark verändert, kann anhand der Norm gezeigt werden, ob die Behaglichkeitsanforderungen noch erfüllt werden; der Planer kann jedoch für Schäden, die aus solchen Nutzungsänderungen resultieren, nicht verantwortlich gemacht werden.

Es werden sowohl einfache Nachweisverfahren wie auch komplexere Nachweise, die spezialisiertes Wissen erfordern, beschrieben. Die Messverfahren erlauben zu kontrollieren, ob die gewünschten Zielsetzungen erreicht werden.

Die grundsätzlichen Änderungen gegenüber der Ausgabe 1999 sind die folgenden:

- Anpassungen an die Europäischen Normen betreffend das Raumklima.
- Übernahme der generellen Anforderungen an die thermische Behaglichkeit und die Raumluftqualität, die in SIA 382/1:2007 enthalten waren, aber für alle Gebäude gelten.
- Präzisierung der Annahmen zum Verhalten des Bauherrn und der Benutzer, die der Projektierung zu Grunde liegen.
- Änderung der Anforderungen an die thermische Behaglichkeit durch Differenzierung der Behaglichkeitsbedingungen an Räume mit technischen Installationen in Betrieb und an Räume mit ausgeschalteten Installationen oder ohne Installationen. Diese Bedingungen sind für den Aufenthaltsbereich anzuwenden.
- Informationen über mangelnde Behaglichkeit, die sich aus den Temperaturgradienten ergibt.
- Besondere Beachtung der Luftqualität. Neue Anforderung in der Beschreibung des Lüftungskonzepts.
- Neue Informationen in Bezug auf Zugluft.
- Der Referenzdruck für die Luftdurchlässigkeit liegt nicht mehr bei 4 Pa, sondern neu bei 50 Pa; die Ermittlung des Grenzwertes für die Luftdurchlässigkeit ist geändert worden.
- Es wird grösseres Gewicht auf den Wärmeschutz im Sommer gelegt.
- Neuer Anhang über Randbedingungen für Simulationsrechnungen im Nachweisverfahren.

Kommission SIA 180

0 GELTUNGSBEREICH

0.1 Abgrenzung

- 0.1.1 Die vorliegende Norm gilt für alle Gebäude, bei denen sich infolge des geforderten Raumklimas bauphysikalische Anforderungen an die Gebäudehülle ergeben. Sie betreffen den Schutz gegen Wärme, Kälte und Feuchte sowie die Luftqualität.
- 0.1.2 Die vorliegende Norm gilt für Neubauten und für massgebliche Umbauten an der Gebäudehülle sowie für Umnutzungen der Gebäude.
- 0.1.3 Massgebliche Umbauten sind z.B. Ersatz der Fenster, Fassadenerneuerungen (Wärmedämmung, neuer Putz, neue Bekleidung), Dacherneuerung.
- 0.1.4 Die Norm geht von einem Raumklima aus, das von der Mehrzahl der Benutzer als behaglich empfunden wird.
- 0.1.5 Diese Norm beruht auf einem üblichen Verhalten der Benutzer, der Eigentümer und der Hausverwaltung. Diese Bedingungen sind im Folgenden beschrieben.
- 0.1.6 Die Norm geht davon aus, dass, basierend auf einer Nutzungsvereinbarung,
- die Räume entsprechend der Projektierung genutzt werden;
 - die Bekleidung der Personen der Saison und der Aktivität angepasst ist;
 - die beweglichen Sonnenschutzvorrichtungen korrekt betätigt werden;
 - die gebäudetechnischen Systeme den Anweisungen gemäss bedient werden;
 - die Türen zwischen Räumen mit unterschiedlichen Solltemperaturen und/oder unterschiedlicher Luftqualität geschlossen sind;
 - die technischen Installationen nicht benutzt werden, um Temperaturen ausserhalb des Behaglichkeitsbereichs zu erzwingen;
 - die Belüftung den Feuchteverhältnissen so angepasst ist, dass die relative Luftfeuchte innerhalb der Grenzen von 3.5.1.3 und 3.5.1.4 liegt und die Grenzwerte von 6.2.1.4 im Tagesmittel nicht überschritten werden;
 - genügend gelüftet oder die Lüftungsanlage fachgerecht eingesetzt wird;
 - das Gebäude und die technischen Einrichtungen instand gehalten sind, insbesondere
 - die Heizungsanlage und, wenn vorhanden, die Lüftungs- oder Klimaanlage, inklusive Luftleitungen und Luftdurchlässe;
 - die beweglichen Sonnenschutzvorrichtungen;
 - die Steuerungs- und Regelungsanlagen.



0.2 Normative Verweisungen

Im Text dieser Norm wird auf die nachfolgend aufgeführten Publikationen verwiesen, die im Sinne der Verweisungen ganz oder teilweise mitgelten. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe (einschliesslich aller Änderungen), bei datierten Verweisungen die entsprechende Ausgabe der Publikation.

0.2.1 Publikationen des SIA

| | |
|----------------|--|
| Norm SIA 279 | Wärmedämmende Baustoffe – Allgemeine Anforderungen und wärmetechnische Bemessungswerte |
| Norm SIA 342 | Sonnen- und Wetterschutzanlagen |
| Norm SIA 382/1 | Lüftungs- und Klimaanlage – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen |
| Norm SIA 416 | Flächen und Volumen von Gebäuden |
| Norm SIA 416/1 | Kennzahlen für die Gebäudetechnik |
| Norm SIA 493 | Deklaration ökologischer Merkmale von Bauprodukten |

| | |
|--------------------|--|
| Merkblatt SIA 2001 | Wärmedämmende Baustoffe – Deklarierte Werte der Wärmeleitfähigkeit |
| Merkblatt SIA 2023 | Lüftung in Wohnbauten |
| Merkblatt SIA 2024 | Standard-Nutzungsbedingungen für die Energie- und Gebäudetechnik |
| Merkblatt SIA 2028 | Klimadaten für Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik |

0.2.2 Internationale Normen

| | |
|--------------------------|--|
| SN EN 410 | Glas im Bauwesen – Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrössen von Verglasungen |
| SN EN 673 | Glas im Bauwesen – Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (<i>U</i> -Wert) – Berechnungsverfahren |
| SN EN 1745 | Mauerwerk und Mauerwerksprodukte – Verfahren zur Bestimmung von wärmeschutztechnischen Eigenschaften |
| SN EN ISO 6946 | Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren |
| SN EN ISO 7726 | Umgebungsclima – Instrumente zur Messung physikalischer Grössen |
| SN EN ISO 7730 | Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit |
| SN EN ISO 8990 | Wärmeschutz – Bestimmung der Wärmedurchgangseigenschaften im stationären Zustand – Verfahren mit dem kalibrierten und dem geregelten Heizkasten |
| SN EN ISO 9972 | Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren |
| SN EN ISO 10077-1 und -2 | Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 1: Allgemeines; Teil 2: Numerisches Verfahren für Rahmen |
| SN EN ISO 10211 | Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Detaillierte Berechnungen |
| SN EN ISO 10456 | Baustoffe und Bauprodukte – Wärme- und feuchtetechnische Eigenschaften – Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte |
| SN EN 12152 | Vorhangfassaden – Luftdurchlässigkeit – Leistungsanforderungen und Klassifizierung |
| SN EN 12207 | Fenster und Türen – Luftdurchlässigkeit – Klassifizierung |
| SN EN 12426 | Tore – Luftdurchlässigkeit – Klassifizierung |
| SN EN ISO 12569 | Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden und Werkstoffen – Bestimmung des spezifischen Luftvolumenstroms in Gebäuden – Indikatorgasverfahren |
| SN EN ISO 12631 | Wärmetechnisches Verhalten von Vorhangfassaden – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten |
| SN EN 13125 | Abschlüsse – Zusätzlicher Wärmedurchlasswiderstand – Zuordnung einer Luftdurchlässigkeitsklasse zu einem Produkt |
| SN EN 13182 | Lüftung von Gebäuden – Gerätetechnische Anforderungen für Messungen der Luftgeschwindigkeit in belüfteten Räumen |
| SN EN 13363-1 | Sonnenschutzeinrichtungen in Kombination mit Verglasungen – Berechnung der Solarstrahlung und des Lichttransmissionsgrades – Teil 1: Vereinfachtes Verfahren |
| ISO/TS 13732-2:2001 | Ergonomics of the thermal environment – Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces – Part 2: Human contact with surfaces at moderate temperature |

| | |
|------------------|---|
| SN EN 13779:2007 | Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme |
| SN EN ISO 13786 | Wärmetechnisches Verhalten von Bauteilen – Dynamisch-thermische Kenngrößen – Berechnungsverfahren |
| SN EN ISO 13788 | Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren – Berechnungsverfahren |
| SN EN ISO 13791 | Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik – Allgemeine Kriterien und Validierungsverfahren |
| SN EN ISO 13792 | Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung von sommerlichen Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik – Vereinfachtes Berechnungsverfahren |
| SN EN ISO 14683 | Wärmebrücken im Hochbau – Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient – Vereinfachte Verfahren und Anhaltswerte |
| SN EN 15026 | Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation |
| SN EN 15251:2007 | Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik |

0.3 Abweichungen

- 0.3.1 Abweichungen von der vorliegenden Norm sind nur zulässig, wenn sie durch Theorie oder Versuche ausreichend begründet werden oder wenn neue Entwicklungen und Erkenntnisse dies rechtfertigen.
- 0.3.2 Alle Abweichungen müssen verständlich und ausreichend begründet in der Dokumentation zum Bauwerk aufgeführt werden.
- 0.3.3 Gebäude für spezielle Nutzungen (z.B. Industriehallen, Zivilschutzbauten) dürfen in einzelnen Punkten von der vorliegenden Norm abweichen, sofern die Abweichungen keine Risiken für die Gesundheit der Benutzer und keine Schäden am Gebäude zur Folge haben.

1 VERSTÄNDIGUNG

1.1 Begriffe

1.1.1 Allgemeine Begriffe

- 1.1.1.1 Raum mit Personenbelegung
Espace occupé
Raum oder Bereich innerhalb von Gebäuden, der für einen längeren Aufenthalt von Personen bestimmt oder geeignet ist. Als Räume mit Personenbelegung gelten insbesondere die Hauptnutzflächen gemäss SIA 416.
- 1.1.1.2 Natürliche Lüftung
Ventilation naturelle
Luftaustausch, angetrieben von Wind- und/oder thermischen Kräften.
- 1.1.1.3 Mechanische Lüftung
Ventilation mécanique
Luftaustausch, angetrieben von einem oder mehreren Ventilatoren.
- 1.1.1.4 Raum mit natürlicher Lüftung
Espace avec ventilation naturelle
Raum, in dem der Luftaustausch hauptsächlich über die natürliche Lüftung erfolgt.
- 1.1.1.5 Raum mit mechanischer Lüftung
Espace avec ventilation mécanique
Raum, in dem der Luftaustausch durch eine mechanische Lüftungsanlage erfolgt und kontrolliert wird.

1.1.2 Thermische Behaglichkeit

- 1.1.2.1 Aussenlufttemperatur
Température de l'air extérieur
 $\theta_{a,e}$
°C
Trockentemperatur der Aussenluft, gemessen ohne Strahlungseinfluss und ausserhalb von lokalen Temperatureinflüssen.
Die Aussenlufttemperatur von MeteoSchweiz (Merkblatt SIA 2028) wird mit mechanisch belüftetem Trockenthermometer 2 m über der Bodenoberfläche (gemähte Wiese) im freien Feld gemessen.
- 1.1.2.2 Lufttemperatur
Température de l'air
 θ_a
°C
Temperatur der Luft am betrachteten Ort.
- 1.1.2.3 Raumlufthtemperatur
Température de l'air intérieur
 $\theta_{a,i}$
°C
Temperatur der Raumlufthtemperatur in der Raummitte, gemessen 1 m über Boden.
- 1.1.2.4 Innere Oberflächentemperatur
Température superficielle interne
 θ_{si}
°C
Temperatur der Oberfläche auf der Innenseite eines Bauteils.
- 1.1.2.5 Mittlere Strahlungstemperatur eines Raumes
Température radiante moyenne d'un local
 $\theta_{r,i}$
°C
Oberflächentemperatur eines geschlossenen isothermen Raumes, in welchem für eine definierte Aufenthaltsposition die thermische Strahlung gleich der von den verschiedenen raumumschliessenden Flächen A_j empfangenen Strahlung ist. In erster Näherung ist sie gleich der flächengewichteten inneren Oberflächentemperatur der raumumschliessenden Flächen.



$$\theta_{r,i} = \frac{\sum A_j \cdot \theta_{si}}{\sum A_j}$$

| | | |
|----------|--|---|
| 1.1.2.6 | Asymmetrie der Strahlungstemperatur <i>Asymétrie de température radiante</i> $\Delta\theta_r$ K | Differenz der mittleren Strahlungstemperaturen zweier durch eine gedankliche Ebene horizontal oder vertikal getrennter Halbräume. |
| 1.1.2.7 | Empfundene Temperatur <i>Température opérative</i> θ_o °C | <p>Für die thermische Behaglichkeit des Menschen massgebende Temperatur unter Berücksichtigung der Lufttemperatur am betrachteten Ort im Raum und der Strahlungstemperatur der Umgebungsflächen.</p> <p>Sie ist gleich der theoretisch gleichmässigen Oberflächentemperatur eines abgeschlossenen Raumes, in dem ein Nutzer die gleiche Wärmemenge durch Strahlung und Konvektion wie im tatsächlichen ungleichmässigen Raum abgeben oder aufnehmen würde. Wird auch als operative Temperatur bezeichnet.</p> <p>In geschlossenen Räumen mit kleiner Luftgeschwindigkeit ($\leq 0,2$ m/s) wird die empfundene Temperatur dem arithmetischen Mittel zwischen der Lufttemperatur und der mittleren Strahlungstemperatur gleichgesetzt.</p> <p>Für andere Fälle siehe SN EN ISO 7726, Anhang G.</p> |
| 1.1.2.8 | Luftgeschwindigkeit <i>Vitesse de l'air</i> v_a m/s | Mass der Luftbewegung in einer gegebenen Richtung, gemessen als Strecke je Zeiteinheit. Bei Komfortbetrachtungen gilt der Medianwert der Luftgeschwindigkeit $v_{50\%}$ für eine definierte Aufenthaltsposition. |
| 1.1.2.9 | Turbulenzgrad <i>Intensité de turbulence</i> Tu | <p>Verhältnis der Standardabweichung der Luftgeschwindigkeit zur mittleren Luftgeschwindigkeit an der Messstelle. Eine laminare Strömung ist turbulenzfrei ($Tu \approx 0$), während eine stark turbulente Strömung einen Turbulenzgrad von 1 oder mehr aufweisen kann.</p> $Tu = \frac{\sigma(v_a)}{\bar{v}_a}$ <p>Messmethode gemäss SN EN ISO 7726.</p> |
| 1.1.2.10 | Aktivitätsgrad, metabolische Aktivität <i>Activité métabolique</i> M W/m ² oder met | Wärmeabgabeleistung einer Person bei einer bestimmten körperlichen Tätigkeit, bezogen auf die Körperoberfläche. 1 met (= 58 W/m ²) entspricht der Wärmeabgabe einer ruhig sitzenden Person. |
| 1.1.2.11 | Wärmedämmwert der Bekleidung <i>Résistance thermique de l'habillement</i> I_{cl} m ² ·K/W oder clo | <p>Der durch die Bekleidung hervorgerufene Wärmedämmwiderstand sensibler Wärme. Er wird angegeben als der thermische Widerstand zwischen Haut und Kleidungsoberfläche unter Ausschluss der Widerstandes, der sich aus der Luftschicht ergibt, die den bekleideten Körper umgibt.</p> <p>1 clo = 0,155 m²·K/W; entspricht einer üblichen Hausbekleidung im Winter.</p> |

| | |
|--|--|
| <p>1.1.2.12 Erwartete durchschnittliche Bewertung der thermischen Behaglichkeit <i>Vote moyen prévisible pour le confort thermique</i> <i>PMV</i></p> | <p>Vorausgesagte durchschnittliche Beurteilung der thermischen Behaglichkeit einer grossen Anzahl von Personen anhand einer von -3 (kalt) über 0 (neutral) bis +3 (heiss) abgestuften Skala. Ausgehend von objektiven physikalischen Grössen wie Tätigkeit und Bekleidung der Personen, Temperatur, Feuchte, Geschwindigkeit der Luft und der mittleren Strahlungstemperatur lässt sich der <i>PMV</i>-Wert mit der Fanger-Gleichung in konditionierten Räumen berechnen (siehe SN EN ISO 7730).</p> <p>Mit dem <i>PMV</i> nicht erfasst wird die lokale Unbehaglichkeit, hervorgerufen durch Zugluft, hohe vertikale Temperaturunterschiede zwischen Kopf und Fussgelenken, zu warme oder zu kalte Fussböden sowie zu hohe Asymmetrie der Strahlungstemperatur.</p> |
| <p>1.1.2.13 Erwarteter Anteil mit der thermischen Behaglichkeit unzufriedener Personen <i>Pourcentage prévisible d'insatisfaits du confort thermique</i> <i>PPD</i> %</p> | <p>Erwarteter prozentualer Anteil der Personen, die mit der thermischen Behaglichkeit nicht zufrieden sind und sich also ausserhalb des Behaglichkeitsbereichs (<i>PMV</i> unter -1 oder über +1) befinden. Dieser Anteil kann anhand des <i>PMV</i>-Wertes berechnet werden.</p> |
| <p>1.1.2.14 Erwarteter Anteil mit der lokalen thermischen Behaglichkeit unzufriedener Personen <i>Pourcentage prévisible d'insatisfaits du confort thermique local</i> <i>PD</i> %</p> | <p>Erwarteter prozentualer Anteil der Personen, die mit der lokalen thermischen Behaglichkeit nicht zufrieden sind; unterschieden werden folgende Fälle:</p> <ul style="list-style-type: none"> - vertikaler Temperaturunterschied, - warme oder kalte Fussböden, - Asymmetrie der Strahlungstemperatur (Decke, Wände). |
| <p>1.1.2.15 Unbehaglichkeit infolge Zugluft <i>Inconfort causé par courant d'air</i> <i>DR</i> %</p> | <p>Vorausgesagter Prozentsatz von Personen, die sich für gegebene Werte der Raumluftgeschwindigkeit und des Turbulenzgrades unbehaglich fühlen.</p> <p>Wird auch als Zugluftisiko bezeichnet.</p> |
| <p>1.1.2.16 Aufenthaltsbereich <i>Zone de séjour</i></p> | <p>In einem Raum das Volumen, in dem sich die Personen oft aufhalten. Die Behaglichkeitsanforderungen gelten für den ganzen Aufenthaltsbereich. Diese Definition wird in 2.1.2 präzisiert.</p> |
| <p> 1.1.2.17 Gleitender Mittelwert der Aussen-temperatur <i>Température extérieure moyenne glissante</i> θ_{rm} °C</p> | <p>Mittelwert der stündlichen Aussenlufttemperaturen der vorangehenden Stunden.</p> $\theta_{rm} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{H-N}^H \theta_{e,Hj}$ <p>θ_{rm} gleitender Mittelwert der Aussentemperatur für die Stunde H</p> <p>$\theta_{e,Hj}$ Aussenlufttemperatur der Stunde H_j</p> <p>N Anzahl in den Mittelwert einbezogener Stunden</p> <p>In dieser Norm werden für den Mittelwert die 48 vorangehenden Stunden betrachtet.</p> |

1.1.3 Lüftung, Luftdurchlässigkeit

| | | |
|---------|--|---|
| 1.1.3.1 | Hüllfläche für Luftdichtheit <i>Surface perméable de l'enveloppe</i> A_{inf} m ² | Gesamtfläche aller Böden, Wände und Decken, die das untersuchte Volumen umschliessen. Flächen gegen Erdreich sind eingeschlossen. Für die Bestimmung der Hüllfläche müssen Innenmasse herangezogen werden. Die Stirnflächen der an die untersuchte Gebäudehülle angrenzenden Innenwände, Decken oder Böden werden nicht abgezogen. Sie wird zur Bestimmung der Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle bei 50 Pa (q_{a50}) verwendet. |
| 1.1.3.2 | Aussenluft-Volumenstrom <i>Débit d'air neuf</i> $q_{v,a,e}$ m ³ /h | Luftvolumenstrom, der von aussen durch eine Leitung, eine Öffnung oder durch Undichtheit in den Raum eindringt. |
| 1.1.3.3 | Leckagestrom <i>Débit de fuite</i> q_{pr} m ³ /h | Luftvolumenstrom, der bei einer über die ganze Gebäudehülle gleichen Bezugsdruckdifferenz Δp_r durch die Gebäudehülle dringt. |
| 1.1.3.4 | Bezugsdruckdifferenz <i>Pression différentielle de référence</i> Δp_r Pa | Druckdifferenz zwischen zwei Zonen, zum Beispiel zwischen der Umgebung und dem Innern eines Gebäudes, die zur Messung des Leckagestroms verwendet wird. |
| 1.1.3.5 | Leckagekoeffizient <i>Coefficient de débit</i> C_L m ³ /(h·Pa ⁿ) | Koeffizient in der Gleichung zur Darstellung des Luftleckagestromes: $q_{pr} = C_L \cdot (\Delta p_r)^n$ Der Leckagekoeffizient C_L wird bei Standardbedingungen 20±1 °C und 101'300 Pa ermittelt. |
| 1.1.3.6 | Leckageexponent <i>Exposant de débit</i> n | Exponent der Druckdifferenz in der Gleichung zur Darstellung des Luftleckagestromes. n liegt zwischen 0,5 (turbulente Strömung) und 1 (laminare Strömung). |
| 1.1.3.7 | Leckagestrom bei 50 Pa <i>Débit de fuite sous 50 Pa</i> q_{50} m ³ /h | Luftvolumenstrom, der bei einer über die ganze Gebäudehülle festgelegten Druckdifferenz Δp_r von 50 Pa durch die Gebäudehülle dringt. |
| 1.1.3.8 | Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle bei 50 Pa <i>Perméabilité à l'air de l'enveloppe sous 50 Pa</i> q_{a50} m ³ /(h·m ²) oder m/h | Luftleckagestrom bei Normalbedingungen und 50 Pa Bezugsdruckdifferenz bezogen auf die Hüllfläche für Luftdichtheit: $q_{a50} = \frac{q_{50}}{A_{inf}}$ |
| 1.1.3.9 | Schadstoff <i>Polluant</i> | Gas, Flüssigkeit oder Feststoff, die für die Gesundheit der Benutzer schädlich sein können. In dieser Norm werden jedoch nur Feuchte (als mögliche Ursache für Schimmelpilze), Radon, von den Benutzern produziertes Kohlendioxid und unangenehme Gerüche behandelt. |



| | | |
|----------|---|--|
| 1.1.3.10 | Schadstoffemissionsrate <i>Taux d'émission de polluants</i> G g/h, l/s, olf usw. | Menge des pro Zeiteinheit in einem gegebenen Raum emittierten Schadstoffs. |
| 1.1.3.11 | Schadstoffkonzentration <i>Concentration de polluants</i> C | Verhältnis der Schadstoffmenge zur gesamten Luftmenge. C_{max} ist die maximal zulässige Schadstoffkonzentration im Raum. Sie kann in verschiedenen Einheiten angegeben werden. |
| 1.1.3.12 | Geruchsproduktionsrate <i>Intensité d'émission d'odeurs</i> G_o olf | Quellstärke für die von Menschen durchschnittlich pro Zeiteinheit abgesonderten Gerüche. In Erweiterung des Begriffs: Quellstärke für unangenehme Materialgerüche, welche bei in den Raum eintretenden Personen dieselbe Geruchsbelästigung hervorrufen, bei gleichem Zustrom sauberer Luft. |
| 1.1.3.13 | Geruchskonzentration <i>Concentration en odeurs</i> C pol | Konzentration menschlicher Gerüche in einem sauberen Raum, in welchem die von einer Person durchschnittlich abgegebene Geruchsmenge in 1 Liter sauberer Luft pro Sekunde verdünnt wird. In Erweiterung des Begriffs: Konzentration unangenehmer Gerüche, welche einen gleichen Prozentsatz in den Raum eintretender Personen belästigt wie die durch 1 pol verursachte Belästigung. |

1.1.4 Wärmeübertragung und Wärmedurchgang

| | | |
|---------|---|--|
| 1.1.4.1 | Aussentemperatur <i>Température extérieure</i> θ_e °C | Temperatur der Aussenluft unter der Annahme, dass die Strahlungstemperatur der Aussenumgebung nahezu gleich der Aussenlufttemperatur ist (zulässige Vereinfachung bei Berechnungen von Wärmetransfers): $\theta_e = \theta_{a,e}$. Für eine detaillierte Betrachtung ist die Berücksichtigung der Strahlungstemperatur und der Wärmeübergangskoeffizienten durch Strahlung und Konvektion nach SN EN ISO 6946 erforderlich: $\theta_e = \frac{h_{cv,e} \cdot \theta_{a,e} + h_{r,e} \cdot \theta_{r,e}}{h_{cv,e} + h_{r,e}}$ $\theta_{a,e}$ Aussenlufttemperatur $\theta_{r,e}$ Strahlungstemperatur der Aussenumgebung $h_{cv,e}$ konvektiver Wärmeübergangskoeffizient aussen $h_{r,e}$ Strahlungs-Wärmeübergangskoeffizient aussen Standardwerte bei $v = 4$ m/s und $\theta_{a,e} = 10$ °C: $h_{cv,e} = 20$ W/(m ² ·K), $h_{r,e} = 5$ W/(m ² ·K) |
|---------|---|--|

| | |
|--|--|
| <p>1.1.4.2 Raumtemperatur <i>Température intérieure</i> θ_i °C</p> | <p>Temperatur der Innenumgebung. Näherungsweise ist sie gleich dem arithmetischen Mittel der Raumlufttemperatur und der mittleren Strahlungstemperatur des Raumes (zulässige Vereinfachung bei der Beurteilung der thermischen Behaglichkeit und bei Berechnungen von Wärmetransfers): $\theta_i = (\theta_{a,i} + \theta_{r,i})/2$.</p> <p>Für eine detaillierte Betrachtung ist die Berücksichtigung der Strahlungstemperatur und der Wärmeübergangskoeffizienten durch Strahlung und Konvektion erforderlich:</p> $\theta_i = \frac{h_{cv,i} \cdot \theta_{a,i} + h_{r,i} \cdot \theta_{r,i}}{h_{cv,i} + h_{r,i}}$ <p>$\theta_{a,i}$ Raumlufttemperatur $\theta_{r,i}$ mittlere Strahlungstemperatur</p> <p>Die Bestimmung der mittleren Strahlungstemperatur erfolgt bei der thermischen Behaglichkeit nach SN EN ISO 7726, beim Wärmetransfer an Bauteilen nach SN EN ISO 8990.</p> <p>$h_{cv,i}$ konvektiver Wärmeübergangskoeffizient innen $h_{r,i}$ Strahlungs-Wärmeübergangskoeffizient innen</p> <p>Die Bestimmung der Wärmeübergangskoeffizienten erfolgt bei der thermischen Behaglichkeit nach SN EN ISO 7730, beim Wärmetransfer an Bauteilen nach SN EN ISO 6946.</p> <p>Standardwerte für Wärmetransfer an Bauteilen bei $v < 0,2$ m/s und $\theta_{a,i} = 20$ °C: $h_{cv,i} = 2,3$ W/(m²·K), $h_{r,i} = 5,7$ W/(m²·K).</p> |
| <p>1.1.4.3 Wärmestrom <i>Flux thermique</i> Φ W</p> | <p>Pro Zeiteinheit aufgenommene, abgegebene bzw. transportierte Wärmemenge.</p> |
| <p>1.1.4.4 Wärmestromdichte <i>Densité de flux thermique</i> q W/m²</p> | <p>Durch die Flächeneinheit durchtretender Wärmestrom.</p> |
| <p>1.1.4.5 Wärmeleitfähigkeit <i>Conductivité thermique</i> λ W/(m·K)</p> | <p>Wärmestromdichte in einem homogenen Stoff bei einem Temperaturgefälle von einem Kelvin pro Meter unter stationären Verhältnissen.</p> <p>Tabellierte Bemessungswerte sind den Normen SIA 279, SN EN ISO 10456 und dem Merkblatt SIA 2001 zu entnehmen.</p> |
| <p>1.1.4.6 Wärmeübergangskoeffizient, flächenbezogen <i>Coefficient de transfert thermique superficiel spécifique</i> h W/(m²·K)</p> | <p>Dichte des Wärmestroms, der beim stationären Wärmeaustausch mit der angrenzenden Luft (h_{cv}) bzw. Strahlungsaustausch (h_r) durch die Bauteiloberfläche fließt, im Verhältnis zur Differenz der Bauteiloberflächentemperatur zur angrenzenden Luft- bzw. Strahlungstemperatur, bezogen auf die Bauteilfläche.</p> <p>h_i Wärmeübergangskoeffizient an der inneren Oberfläche h_e Wärmeübergangskoeffizient an der äusseren Oberfläche</p> |

1.1.4.7 Wärmedurchlasswiderstand

Résistance thermique

R

$\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$

Verhältnis der Temperaturdifferenz zwischen den beiden Seiten einer ebenen Bauteilschicht zur Dichte des Wärmestroms, welcher diese Schicht im stationären Zustand durchquert. Für eine planparallele homogene Schicht j gleich dem Quotienten aus Schichtdicke d_j und Wärmeleitfähigkeit λ_j .

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j}$$

1.1.4.8 Wärmeübergangswiderstand

Résistance thermique superficielle

R_s, R_{si}, R_{se}

$\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$

Kehrwert des Wärmeübergangskoeffizienten. Man unterscheidet den Wärmeübergangswiderstand an der Innenseite (R_{si}) und der Aussenseite (R_{se}) eines Bauteils.

$$R_s = \frac{1}{h}, R_{si} = \frac{1}{h_i}, R_{se} = \frac{1}{h_e}$$



1.1.4.9 Wärmedurchgangskoeffizient

Coefficient de transmission thermique

U

$\text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Verhältnis der Dichte des Wärmestroms, der im stationären Zustand durch das Bauelement fließt, zur Differenz der beiden angrenzenden Umgebungstemperaturen (Aussentemperatur, Raumtemperatur). Kehrwert des Gesamtdurchlasswiderstandes R_t .

$$U = \frac{q}{\theta_i - \theta_e} = \frac{1}{R_t}$$

$$R_t = R_{si} = \sum R_j + R_{se}$$

1.1.4.10 Dynamischer Wärmedurchgangskoeffizient

Coefficient de transmission thermique dynamique

U_{24}

$\text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Verhältnis der Amplitude der Schwingung des Wärmestromes auf der Innenseite eines Bauteils, der einer sinusförmigen Tagestemperaturschwankung ausgesetzt ist, zur Temperaturamplitude auf der äusseren Seite dieses Bauteils. Dieser Wert wird nach SN EN ISO 13786 berechnet.

1.1.5 Interne Wärmeeinträge

1.1.5.1 Interne Wärmeeinträge

Apports de chaleur internes

Q_i

kWh

Wärme, die während des Berechnungsschritts im Raum bzw. innerhalb der thermischen Gebäudehülle durch andere Quellen als die gebäudetechnische Anlage, insbesondere durch Personen (sensible Wärme), Beleuchtung und Betriebseinrichtungen, abgegeben wird.

1.1.5.2 Nettogeschossfläche

Surface de plancher nette (ASN)

A_{NGF}

m^2

Teil der Geschossfläche zwischen den umschliessenden oder innenliegenden Konstruktionsbauteilen.

1.1.5.3 Spezifische interne Wärmeeinträge

Apports de chaleur internes spécifiques

Q_i

Wh / m^2

Interne Wärmeeinträge des Raumes bezogen auf seine Nettogeschossfläche.

| | | |
|--------------|--|---|
| 1.1.6 | Solare Wärmeeinträge | |
| 1.1.6.1 | Gesamtenergiedurchlassgrad <i>Facteur de transmission totale d'énergie</i> g | Verhältnis des durch die transparenten Bauteile durchgelassenen Wärmestroms (inkl. sekundäre Wärmeübertragung) zur einfallenden Gesamtstrahlung der Sonne. Die Norm SN EN 410 legt eine Rechenmethode für den Gesamtenergiedurchlassgrad von Gläsern fest und SN EN 13363-1 für Fenster mit und ohne Sonnenschutzeinrichtung. g_{tot} Gesamtenergiedurchlassgrad mit Sonnenschutz-einrichtung |
| 1.1.6.2 | Glasanteil <i>Taux de surface vitrée</i> f_g | Verhältnis der Summe der lichtdurchlässigen Glasflächen zur betreffenden Fassadenfläche. Bei der Bestimmung des Glasanteils pro Raum wird die Glasfläche des betreffenden Raumes durch die Fassadenfläche des Raumes geteilt. Der Glasanteil einer Dachfläche ist gleich der Summe der lichtdurchlässigen Glasflächen geteilt durch die Geschossfläche. |
| 1.1.6.3 | Solare Wärmeeinträge <i>Apports de chaleur solaire</i> Q_s kWh | Wärme aus Sonneneinstrahlung, die direkt oder indirekt durch die Gebäudehülle ins Gebäude eintritt. Es wird unterschieden zwischen solaren Wärmeeinträgen durch transparente Bauteile und durch opake Bauteile. |
| 1.1.7 | Wärmespeicherfähigkeit | |
| 1.1.7.1 | Wärmespeicherfähigkeit <i>Capacité thermique</i> C kWh/K | Wärmemenge, die ein Bauteil speichert und wieder abgibt, wenn es mit einer bestimmten Periodenlänge der Wärmeschwankungen um 1 K erwärmt bzw. abgekühlt wird. |
| 1.1.7.2 | Wärmespeicherfähigkeit eines Raumes <i>Capacité thermique d'un local</i> C_R Wh/(m ² ·K) | Mit der Fläche der Bauteile gewichtete Summe der Wärmespeicherfähigkeit aller dem Raum zugewandten Bauteile; bezogen auf die Nettogeschossfläche. |
| 1.1.7.3 | Flächenbezogene Wärmespeicherfähigkeit <i>Capacité thermique surfacique</i> κ_i Wh/(m ² ·K) | Verhältnis von Wärmespeicherfähigkeit zu Bauteilfläche, berechnet nach SN EN ISO 13786 mit Berücksichtigung der Wärmeübergangswiderstände. |
| 1.1.8 | Feuchte | |
| 1.1.8.1 | Volumenbezogene Luftfeuchte <i>Humidité volumique de l'air</i> v kg/m ³ oder g/m ³ | Wasserdampfmenge je Volumeneinheit des Gasgemisches. |
| 1.1.8.2 | Massebezogene Luftfeuchte <i>Humidité spécifique de l'air</i> x g/kg | Verhältnis zwischen den Massenanteilen Wasserdampf und trockene Luft bei konstanter Temperatur. Wird auch als Mischungsverhältnis bezeichnet. |



| | | |
|----------|--|---|
| 1.1.8.3 | Wasserdampfdruck <i>Pression de vapeur d'eau</i> p_v Pa | Der vom Wasserdampf durch Molekularbewegungen auf die Umfassungsflächen ausgeübte Partialdruck (Teil des gesamten Luftdrucks). $p_v = v \cdot R_v \cdot T = \frac{M_a \cdot p_a}{M_e} \cdot \frac{x}{1-x} = 1,608 \cdot p_a \cdot \frac{x}{1-x}$ $R_v = 462 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/(\text{K}\cdot\text{kg})$ $T = \theta + 273,15 \text{ K}$ $M_a = 0,0289645 \text{ kg/mol}$, mittlere Molekularmasse der trockenen Luft $M_e = 0,01801628 \text{ kg/mol}$ Molekularmasse von Wasser p_a Luftdruck (101'300 Pa auf Meereshöhe) |
| 1.1.8.4 | Wasserdampf-Sättigungsdruck <i>Pression de vapeur d'eau saturante</i> $p_{v,sat}$ Pa | Maximaler Wasserdampfdruck bei einer gegebenen Temperatur. Die Sättigungsmenge und damit auch der Wasserdampf-Sättigungsdruck sind von der Temperatur abhängig. |
| 1.1.8.5 | Relative Luftfeuchte <i>Humidité relative de l'air</i> φ % | Verhältnis des effektiven Wasserdampfdrucks zum Sättigungsdampfdruck bei gleicher Temperatur. $\varphi = 100 \cdot \frac{p_v}{p_{v,sat}}, \text{ in \%}$ |
| 1.1.8.6 | Raumluftfeuchte <i>Humidité de l'air intérieur</i> v_i g/m^3 | Feuchte der Raumluft. Sie kann auch als relative Feuchte in % angegeben werden. |
| 1.1.8.7 | Maximal zulässiger Wasserdampfdruck in der Raumluft <i>Pression de vapeur maximale admissible dans l'air intérieur</i> $p_{v,i,max}$ oder $p^+_{v,i,max}$ Pa | In der Raumluft maximal zulässiger Wasserdampfdruck, der auf einem gegebenen Bauteil weder Kondensation noch Schimmelbildung verursacht. $p^+_{v,i,max}$ enthält einen Sicherheitsfaktor für die Berechnung des minimalen Oberflächentemperaturfaktors $f_{Rsi,min}$. |
| 1.1.8.8 | Relative Oberflächenfeuchte <i>Humidité relative en surface</i> φ_s % | Relative Feuchte der oberflächennahen Luftschicht an der raumseitigen Oberfläche von Aussenbauteilen. Sie wird anhand des Verhältnisses des Wasserdampfdrucks der Raumluft zum Sättigungsdruck bei der Temperatur der betrachteten Oberfläche berechnet. |
| 1.1.8.9 | Taupunkttemperatur <i>Température du point de rosée</i> θ_{DP} °C | Temperatur eines Gemisches aus Luft und Wasserdampf, bei der eine weitere Abkühlung oder ein weiterer Zusatz von Wasserdampf zu einer Kondensation des Wasserdampfs aus der Luft führt. |
| 1.1.8.10 | Oberflächentemperaturfaktor <i>Facteur de température superficielle</i> f_{Rsi} | Verhältnis der Differenz der inneren Oberflächentemperatur eines Aussenbauteils und der Aussenlufttemperatur zur Differenz der Innen- und Aussenlufttemperaturen bei vorgegebenem innerem Wärmeübergangswiderstand R_{si} . $f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_{a,e}}{\theta_{a,i} - \theta_{a,e}}$ |
| 1.1.8.11 | Wasserdampfleitfähigkeit <i>Perméabilité à la vapeur d'eau</i> δ $\text{mg}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{Pa})$ | Menge des Wasserdampfs, welcher im stationären Zustand pro Zeiteinheit durch einen homogenen Stoff diffundiert, wenn das Wasserdampfgefälle 1 Pa/m beträgt. |

| | | |
|----------|--|---|
| 1.1.8.12 | Wasserdampf-Diffusionswiderstand <i>Résistance à la diffusion de vapeur d'eau</i> Z_p $m^2 \cdot h \cdot Pa/mg$ | Verhältnis der Differenz der Dampfteildrücke der Umgebung zur Feuchtestromdichte senkrecht zu den Flächen einer Schicht. |
| 1.1.8.13 | Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl <i>Facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau</i> μ | Kennwert der Dampfdurchlässigkeit von Baustoffen, der angibt, um wievielfach grösser der Diffusionswiderstand einer Stoffschicht ist als derjenige einer gleich dicken Luftschicht bei gleicher Temperatur. $\mu = \frac{\delta_a}{\delta}$ δ_a ist die Wasserdampfleitfähigkeit der ruhenden Luft; sie ist abhängig von Temperatur und Luftdruck; vereinbarungsgemäss verwendet man $\delta_a = 0,72 \text{ mg}/(m \cdot h \cdot Pa)$. |
| 1.1.8.14 | Wasserdampf-diffusionsäquivalente Luftschichtdicke <i>Épaisseur d'air équivalente pour la diffusion de vapeur d'eau</i> s_d m | Dicke einer ruhenden Luftschicht, die den gleichen Wasserdampf-Diffusionswiderstand hat wie die gegebene Stoffschicht. $s_d = \mu \cdot d = \frac{d}{\delta} \delta_a$ |
| 1.1.8.15 | Dampfbremse <i>Pare-vapeur</i> | Bauteilschicht, welche die Wasserdampfdiffusion durch diesen Bauteil verringert. Sie wird gekennzeichnet durch ihren Diffusionswiderstand Z_p oder durch ihre diffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d . |

1.2 Begriffe, Symbole und Einheiten

1.2.1 Begriffe in alphabetischer Reihenfolge

| Begriff | Symbol | Einheit | Ziffer |
|---|----------------|-------------------------------|----------|
| Aktivitätsgrad, metabolische Aktivität | M | W/m^2 ; met | 1.1.2.10 |
| Aufenthaltsbereich | – | – | 1.1.2.16 |
| Aussenluft-Volumenstrom | $q_{v,a,e}$ | m^3/h | 1.1.3.2 |
| Aussenlufttemperatur | $\theta_{a,e}$ | $^{\circ}C$ | 1.1.2.1 |
| Aussentemperatur | θ_e | $^{\circ}C$ | 1.1.4.1 |
| Aussentemperatur, gleitender Mittelwert | θ_{rm} | $^{\circ}C$ | 1.1.2.17 |
| Behaglichkeit, erwartete durchschnittliche Bewertung der thermischen Behaglichkeit | PMV | – | 1.1.2.12 |
| Behaglichkeit, erwarteter Anteil mit der thermischen Behaglichkeit unzufriedener Personen | PPD | % | 1.1.2.13 |
| Behaglichkeit, erwarteter Anteil mit der lokalen thermischen Behaglichkeit unzufriedener Personen | PD | % | 1.1.2.14 |
| Bezugsdruckdifferenz | Δp_r | Pa | 1.1.3.4 |
| Dampfbremse | – | – | 1.1.8.15 |
| Diffusionswiderstand (Wasserdampf-) | Z_p | $m^2 \cdot h \cdot Pa/mg$ | 1.1.8.12 |
| Fläche | A | m^2 | |
| Gaskonstante für Wasserdampf | R_V | $Pa \cdot m^3 / (kg \cdot K)$ | |
| Geruchskonzentration | C | pol | 1.1.3.13 |
| Geruchsproduktionsrate | G_o | olf | 1.1.3.12 |
| Gesamtenergiedurchlassgrad | g | – | 1.1.6.1 |
| Gesamtenergiedurchlassgrad mit Sonnenschutz-einrichtung | g_{tot} | – | 1.1.6.1 |

| Begriff | Symbol | Einheit | Ziffer |
|--|------------------|--------------------------------------|----------|
| Gewichtungsfaktor | α | – | |
| Glasanteil | f_g | – | 1.1.6.2 |
| Globalstrahlungsintensität | I | W/m ² | |
| Hüllfläche für Luftdichtheit | A_{inf} | m ² | 1.1.3.1 |
| Kondensatwassermenge | g_C | g/m ² | |
| Leckageexponent | n | – | 1.1.3.6 |
| Leckagekoeffizient | C_L | m ³ /(h·Pa ⁿ) | 1.1.3.5 |
| Leckagestrom | q_{pr} | m ³ /h | 1.1.3.3 |
| Leckagestrom bei 50 Pa | q_{50} | m ³ /h | 1.1.3.7 |
| Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle bei 50 Pa | q_{a50} | m ³ /(h·m ²) | 1.1.3.8 |
| Luftfeuchte, massebezogene | x | g/kg | 1.1.8.2 |
| Luftfeuchte, relative | φ | % | 1.1.8.5 |
| Luftfeuchte, volumenbezogene | v | kg/m ³ ; g/m ³ | 1.1.8.1 |
| Luftgeschwindigkeit | v_a | m/s | 1.1.2.8 |
| Lufttemperatur | θ_a | °C | 1.1.2.2 |
| Lüftung, mechanische | – | – | 1.1.1.3 |
| Lüftung, natürliche | – | – | 1.1.1.2 |
| Mischungsverhältnis | x | g/kg | 1.1.8.2 |
| Nettogeschossfläche | A_{NGF} | m ² | 1.1.5.2 |
| Oberflächenfeuchte, relative | φ_s | % | 1.1.8.8 |
| Oberflächentemperatur, innere | θ_{si} | °C | 1.1.2.4 |
| Oberflächentemperaturfaktor | f_{Rsi} | – | 1.1.8.10 |
| Raum mit mechanischer Lüftung | – | – | 1.1.1.5 |
| Raum mit natürlicher Lüftung | – | – | 1.1.1.4 |
| Raum mit Personenbelegung | – | – | 1.1.1.1 |
| Raumluftfeuchte | v_i | g/m ³ | 1.1.8.6 |
| Raumlufttemperatur | $\theta_{a,i}$ | °C | 1.1.2.3 |
| Raumtemperatur | θ_i | °C | 1.1.4.2 |
| Schadstoff | – | – | 1.1.3.9 |
| Schadstoffkonzentration | C | – | 1.1.3.11 |
| Schadstoffemissionsrate | G | g/h, l/s, olf usw. | 1.1.3.10 |
| Strahlungsenergie, solare | H_t | kWh/m ² | |
| Strahlungstemperatur, Asymmetrie | $\Delta\theta_r$ | K | 1.1.2.6 |
| Strahlungstemperatur, mittlere | $\theta_{r,i}$ | °C | 1.1.2.5 |
| Stunde | H | h | |
| Taupunkttemperatur | θ_{DP} | °C | 1.1.8.9 |
| Temperatur, absolute | T | K | |
| Temperatur, empfundene | θ_o | °C | 1.1.2.7 |
| Turbulenzgrad | Tu | – | 1.1.2.9 |
| Unbehaglichkeit infolge Zugluft | DR | % | 1.1.2.15 |
| Wärmeabgabe | M | W/m ² ; met | 1.1.2.10 |
| Wärmedämmwert der Bekleidung | I_{cl} | m ² ·K/W; clo | 1.1.2.11 |
| Wärmedurchgangskoeffizient | U | W/(m ² ·K) | 1.1.4.9 |
| Wärmedurchgangskoeffizient, dynamischer | U_{24} | W/(m ² ·K) | 1.1.4.10 |
| Wärmedurchlasswiderstand | R | m ² ·K/W | 1.1.4.7 |
| Wärmeeinträge, interne | Q_i | kWh | 1.1.5.1 |
| Wärmeeinträge, solare | Q_s | kWh | 1.1.6.3 |



| Begriff | Symbol | Einheit | Ziffer |
|--|---------------|-------------------------|----------|
| Wärmeeinträge, spezifische interne | Q_i | Wh/m ² | 1.1.5.3 |
| Wärmeleitfähigkeit | λ | W/(m·K) | 1.1.4.5 |
| Wärmespeicherfähigkeit | C | kWh/K | 1.1.7.1 |
| Wärmespeicherfähigkeit eines Raumes | C_R | Wh/(m ² ·K) | 1.1.7.2 |
| Wärmespeicherfähigkeit, flächenbezogen | κ_i | Wh/(m ² ·K) | 1.1.7.3 |
| Wärmestrom | Φ | W | 1.1.4.3 |
| Wärmestromdichte | q | W/m ² | 1.1.4.4 |
| Wärmeübergangskoeffizient, flächenbezogen | h | W/(m ² ·K) | 1.1.4.6 |
| Wärmeübergangswiderstand | R_s | m ² ·K/W | 1.1.4.8 |
| Wasserdampf-diffusionsäquivalente Luftschichtdicke | s_d | m | 1.1.8.14 |
| Wasserdampf-Diffusionswiderstand | Z_p | m ² ·h·Pa/mg | 1.1.8.12 |
| Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl | μ | – | 1.1.8.13 |
| Wasserdampfdruck | p_v | Pa | 1.1.8.3 |
| Wasserdampfdruck, in der Raumluft maximal zulässiger | $p_{v,i,max}$ | Pa | 1.1.8.7 |
| Wasserdampfleitfähigkeit | δ | mg/(m·h·Pa) | 1.1.8.11 |
| Wasserdampf-Sättigungsdruck | $p_{v,sat}$ | Pa | 1.1.8.4 |
| Zahl, ganze | N | – | |
| Zugluftrisiko | DR | % | 1.1.2.15 |

1.2.2 Symbole in alphabetischer Reihenfolge

| Symbol | Begriff | Einheit |
|-----------|--|--------------------------------------|
| A | Fläche | m ² |
| A_{inf} | Hüllfläche für Luftdichtheit | m ² |
| A_{NGF} | Nettogeschossfläche | m ² |
| C | Geruchskonzentration | pol |
| C | Schadstoffkonzentration | – |
| C | Wärmespeicherfähigkeit | kWh/K |
| C_L | Leckagekoeffizient | m ³ /(h·Pa ⁿ) |
| C_R | Wärmespeicherfähigkeit eines Raumes | Wh/(m ² ·K) |
| DR | Unbehaglichkeit infolge Zugluft, Zugluftrisiko | % |
| G | Schadstoffemissionsrate | g/h, l/s, olf usw. |
| G_o | Geruchsproduktionsrate | olf |
| H | Stunde | h |
| H_t | solare Strahlungsenergie | kWh/m ² |
| I | Globalstrahlungsintensität | W/m ² |
| I_{cl} | Wärmedämmwert der Bekleidung | m ² ·K/W; clo |
| M | Aktivitätsgrad, metabolische Aktivität, Wärmeabgabe | W/m ² ; met |
| N | ganze Zahl | – |
| PD | erwarteter Anteil mit der lokalen thermischen Behaglichkeit unzufriedener Personen | % |
| PMV | erwartete durchschnittliche Bewertung der thermischen Behaglichkeit | – |
| PPD | erwarteter Anteil mit der thermischen Behaglichkeit unzufriedener Personen | % |
| Q_i | interne Wärmeeinträge | kWh |
| Q_i | spezifische interne Wärmeeinträge | kWh/m ² |





| Symbol | Begriff | Einheit |
|-------------------|---|-------------------------------|
| Q_s | solare Wärmeeinträge | kWh |
| R | Wärmedurchlasswiderstand | $m^2 \cdot K/W$ |
| R_s | Wärmeübergangswiderstand (R_{se} äusserer, R_{si} innerer) | $m^2 \cdot K/W$ |
| R_V | Gaskonstante für Wasserdampf | $Pa \cdot m^3 / (kg \cdot K)$ |
| T | absolute Temperatur | K |
| T_u | Turbulenzgrad | – |
| U | Wärmedurchgangskoeffizient | $W / (m^2 \cdot K)$ |
| U_{24} | dynamischer Wärmedurchgangskoeffizient | $W / (m^2 \cdot K)$ |
| V_i | Innenvolumen | m^3 |
| Z_p | Wasserdampf-Diffusionswiderstand | $m^2 \cdot h \cdot Pa / mg$ |
| f_g | Glasanteil | – |
| f_{Rsi} | Oberflächentemperaturfaktor | – |
| g | Gesamtenergiedurchlassgrad | – |
| g_c | Kondensatwassermenge | g/m^2 |
| g_{tot} | Gesamtenergiedurchlassgrad mit Sonnenschutzeinrichtung | – |
| h | flächenbezogener Wärmeübergangskoeffizient | $W / (m^2 \cdot K)$ |
| n | Leckageexponent | – |
| p_v | Wasserdampfdruck | Pa |
| $p_{v,i,max}$ | maximal zulässiger Wasserdampfdruck in der Raumluft | Pa |
| $p_{v,sat}$ | Wasserdampf-Sättigungsdruck | Pa |
| q | Wärmestromdichte | W/m^2 |
| q_{50} | Leckagestrom bei 50 Pa | m^3/h |
| q_{a50} | Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle bei 50 Pa | $m^3 / (h \cdot m^2)$ |
| q_{pr} | Leckagestrom | m^3/h |
| $q_{v,a,e}$ | Aussenluft-Volumenstrom | m^3/h |
| s_d | Wasserdampf-diffusionsäquivalente Luftschichtdicke | m |
| v_a | Luftgeschwindigkeit | m/s |
| x | massebezogene Luftfeuchte, Mischungsverhältnis | g/kg |
| α | Gewichtungsfaktor | – |
| Δp_r | Bezugsdruckdifferenz | Pa |
| $\Delta \theta_r$ | Asymmetrie der Strahlungstemperatur | K |
| δ | Wasserdampfleitfähigkeit | $mg / (m \cdot h \cdot Pa)$ |
| θ_a | Lufttemperatur | $^{\circ}C$ |
| $\theta_{a,e}$ | Aussenlufttemperatur | $^{\circ}C$ |
| $\theta_{a,i}$ | Raumlufttemperatur | $^{\circ}C$ |
| θ_{DP} | Taupunkttemperatur | $^{\circ}C$ |
| θ_e | Aussentemperatur | $^{\circ}C$ |
| θ_i | Raumtemperatur | $^{\circ}C$ |
| θ_o | empfundene Temperatur | $^{\circ}C$ |
| $\theta_{r,i}$ | mittlere Strahlungstemperatur | $^{\circ}C$ |
| θ_{rm} | gleitender Mittelwert der Aussentemperatur | $^{\circ}C$ |
| θ_{si} | innere Oberflächentemperatur | $^{\circ}C$ |
| κ_i | flächenbezogene Wärmespeicherefähigkeit | $Wh / (m^2 \cdot K)$ |
| λ | Wärmeleitfähigkeit | $W / (m \cdot K)$ |
| μ | Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl | – |

| Symbol | Begriff | Einheit |
|-------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| v | volumenbezogene Luftfeuchte | kg/m ³ ; g/m ³ |
| v_i | Raumluftfeuchte | g/m ³ |
| Φ | Wärmestrom | W |
| φ | relative Luftfeuchte | % |
| φ_s | relative Oberflächenfeuchte | % |

1.3 Indizes

Die Indizes richten sich im Allgemeinen – wie in den Europäischen Normen – nach der englischen Sprache.

| | Deutsch | Englisch | Französisch |
|--------|------------------------------------|----------------------------------|--|
| E | Energiebezugs~ | energy reference area | de référence énergétique |
| NGF | Nettogeschossfläche | floor net area | surface de plancher nette (SN) |
| V | in Verbindung mit Luftvolumenstrom | linked to air flow rate | lié au débit d'air |
| a | Luft | air | air |
| c | Kondensat | condensed | condensat |
| cv | Konvektion | convection | convection |
| e | aussen | external | extérieur |
| env | Gebäudehülle | envelope | enveloppe |
| eq | gleichwertig | equivalent | équivalent |
| ev | ausgetrocknet | evaporated | évaporé |
| g | verglasst | glazed | vitré |
| h | Stundenwert | hourly | valeur horaire |
| i | innen | internal | intérieur |
| inf | Infiltration | infiltration | infiltration |
| j, k | Hilfsindizes | dummy indices | indices auxiliaires |
| li | Grenzwert | limit value | valeur limite |
| m | mittel | mean | moyen |
| max | Maximum, maximal | maximum | maximum |
| min | Minimum, minimal | minimum | minimum |
| o | empfunden | operative | opératif, ambiant |
| r | in Verbindung mit Strahlung | radiant | radiant, lié au rayonnement |
| rm | gleitender Mittelwert | running mean | moyenne courante |
| s | in Verbindung mit Oberfläche | areal | de surface |
| sat | Sättigungs~ | saturated | saturant |
| se | äussere Oberfläche | external surface | surface extérieure |
| si | innere Oberfläche | internal surface | surface intérieure |
| ta | Zielwert | target | valeur cible |
| tot | total | total | total |
| y | jährlich | yearly | annuel |
| 24 | für 24 Stunden | for 24 hours | pour 24 heures |
| 50 | bei 50 Pascal Differenzdruck | at 50 Pascal pressure difference | à 50 Pascal de pression différentielle |



2 THERMISCHE BEHAGLICHKEIT

2.1 Generelle Bedingungen

2.1.1 Allgemeine Anforderungen

Die thermische Behaglichkeit im Aufenthaltsbereich gemäss 2.1.2 muss in allen Jahreszeiten während der Nutzungszeit sichergestellt werden, wenn

- die Aussenklimabedingungen den Auslegungsbedingungen entsprechen,
- die Nutzung der Projektierung entspricht,
- der Betrieb der gebäudetechnischen Anlagen gemäss Projektierung erfolgt,
- die Bekleidung gemäss 2.1.3 der Aussentemperatur angepasst wird.

2.1.2 Aufenthaltsbereich

2.1.2.1 Der Aufenthaltsbereich ist in Figur 1 und Tabelle 1 definiert.

Figur 1 Aufenthaltsbereich (links Grundriss, rechts Schnitt)

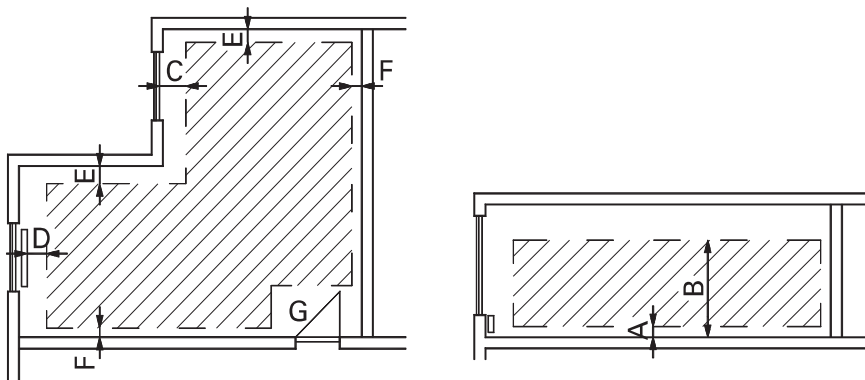


Tabelle 1 Masse A bis G zur Definition des Aufenthaltsbereichs

| Distanz von der inneren Oberfläche | Distanz |
|---------------------------------------|--|
| A von Böden (untere Begrenzung) | 0,05 m |
| B von Böden (obere Begrenzung) | vorwiegend sitzende Tätigkeit vorwiegend stehende Tätigkeit |
| C von Aussenfenstern und -türen | 1,0 m |
| D von Heizkörpern oder Klimageräten | 0,6 m |
| E von Aussenwänden | 0,5 m |
| F von Innenwänden | 0,5 m |
| G von Türen, Durchgangsbereichen usw. | Ziffer 2.1.2.4 |

2.1.2.2 Die Oberflächentemperatur des Bodens (Fussbodentemperatur) muss die Anforderungen gemäss 2.4.2.4 erfüllen.

2.1.2.3 Bei Wänden mit Fenstern oder Heizkörpern ist jenes Bauelement bestimmend, welches den kleinsten Aufenthaltsbereich zur Folge hat.

- 2.1.2.4 In den nachfolgend aufgelisteten Zonen ist die Einhaltung der Komfortanforderungen, insbesondere bezüglich Zugluft und Temperatur, aufwendig bzw. nicht möglich (Bereich G in Figur 1 bzw. Tabelle 1):
- a) Durchgangszonen,
 - b) Zonen in der Nähe von Türen, die mehr als ein Drittel der Nutzungszeit geöffnet sind,
 - c) Zonen im Nahbereich von Zuluftdurchlässen (z.B. bei Bodendurchlässen) oder Aussenluftdurchlässen (Nachströmöffnungen),
 - d) Zonen in der Nähe von Geräten mit grossen Wärmeeinträgen oder grosser Luftumwälzung (z.B. Drucker, Kopiergerät, Computer).

Bei den Zonen c) und d) ist die massgebende Grenzdistanz festzulegen; ohne besondere Abmachungen gilt ein Wert von 0,5 m.

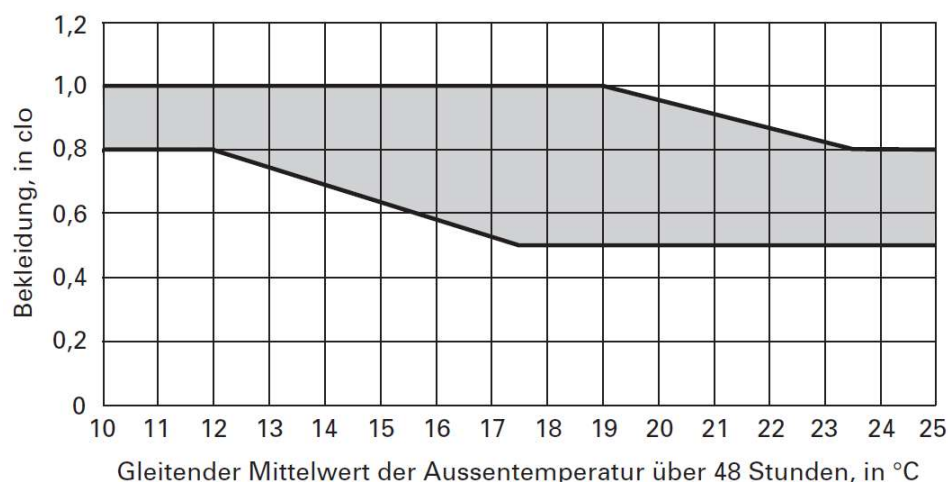
- 2.1.2.5 Wenn es sich als notwendig erweist, sind vertiefte analytische Komfortstudien für kritische Orte innerhalb des Aufenthaltsbereichs durchzuführen. Die Messorte sind in SN EN ISO 7726 festgelegt (vgl. 2.6.3).

- 2.1.2.6 Bei Abweichungen für spezielle Räume sind die Empfehlungen der Norm SN EN 13779:2007, Ziffer 7.2, zu beachten.

2.1.3 Bekleidung

- 2.1.3.1 Bei einer Tätigkeit mit 1,2 met wird für die Auslegung der Heizung eine Bekleidung der Personen mit 1 clo, für die Auslegung der Kühlung eine im Tagesverlauf angepasste Kleidung mit 0,5 bis 0,8 clo angenommen. Im Jahresverlauf wird eine Bekleidungsvariation nach dem gleitenden Mittelwert der Aussentemperatur nach Figur 2 angenommen. Unter 10 °C Aussentemperatur wird eine Kleidung mit 0,8 bis 1,0 clo angenommen, über 25 °C eine solche mit 0,5 bis 0,8 clo.

Figur 2 Bereich der clo-Werte je nach dem gleitenden Mittelwert der Aussentemperatur



- 2.1.3.2 Für andere Tätigkeiten wird eine der Saison und Aktivität angepasste Kleidung angenommen.

2.1.4 Benutzereingriffe

- 2.1.4.1 Die Zufriedenheit der Benutzer in Bezug auf die Behaglichkeit ist wesentlich besser, wenn folgende Möglichkeiten zur Verfügung stehen:

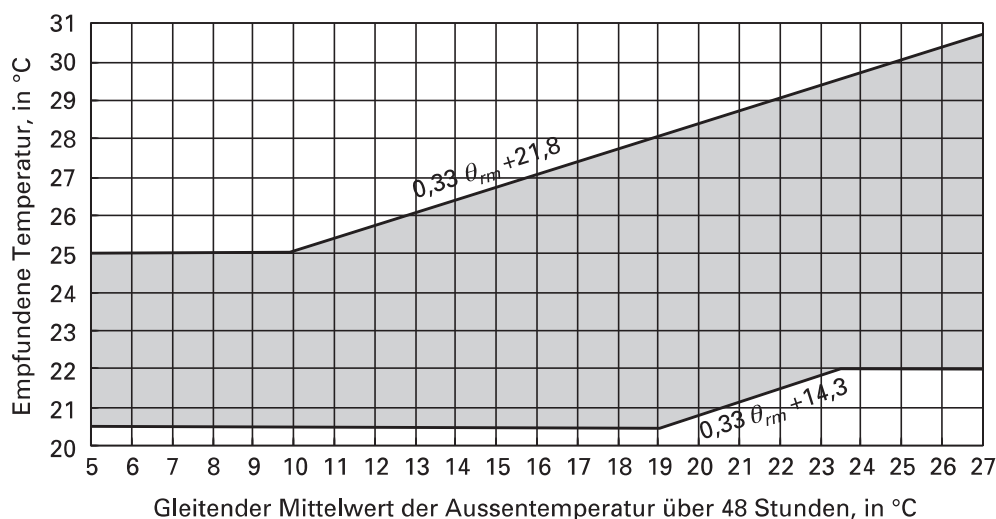
- Einstellen der Solltemperaturen für Heiz- und Kühlbetrieb,
- Beeinflussung der Stellung des beweglichen Sonnenschutzes,
- Öffnen von Fenstern oder Lüftungsflügeln,
- Beeinflussung der Betriebsstufe von mechanischen Lüftungen.

- 2.1.4.2 Die freie Beeinflussung ist dann einzuschränken, wenn die thermische Behaglichkeit, der Feuchteschutz oder der Energieverbrauch negativ beeinflusst werden.

2.2 Anforderungen an Räume mit natürlicher Lüftung, während diese weder beheizt noch gekühlt sind

In Räumen mit natürlicher Lüftung, in denen die Fenster geöffnet werden können und die Personen ihre Bekleidung saisonal gemäss 2.1.3 anpassen, ist der zulässige Bereich der empfundenen Temperatur für die Zeit, in der die Räume weder beheizt noch gekühlt sind, in Bezug zum gleitenden Mittelwert der Aussentemperatur aus Figur 3 ersichtlich.

Figur 3 Zulässiger Bereich der empfundenen Temperatur in Räumen mit natürlicher Lüftung, während diese weder beheizt noch gekühlt sind, je nach dem gleitenden Mittelwert der Aussentemperatur



2.3 Anforderungen an Räume, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet sind

2.3.1 Allgemein

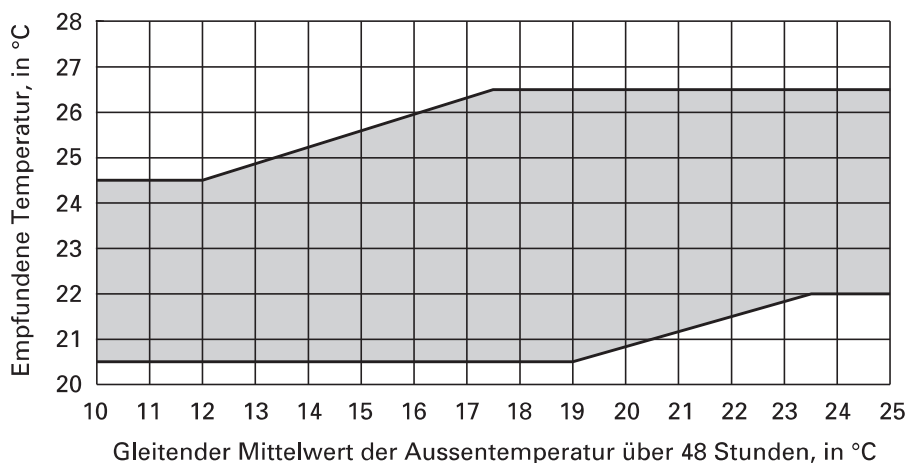
2.3.1.1 Während Räume beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet sind, müssen die folgenden Bedingungen zur thermischen Behaglichkeit während der ganzen Nutzungszeit eingehalten werden. Diese Bedingungen entsprechen zum grössten Teil der Kategorie B der Norm SN EN ISO 7730, Anhang A.

- erwarteter Anteil mit der thermischen Behaglichkeit unzufriedener Personen (*PPD*) < 10 %
- erwartete durchschnittliche Bewertung der thermischen Behaglichkeit (*PMV*) zwischen -0,5 und +0,5
- prozentualer Anteil zusätzlicher Unzufriedener wegen Zugluft
 - natürliche Lüftung < 20 %
 - mechanische Lüftung < 15 %
- prozentualer Anteil zusätzlicher Unzufriedener wegen Temperaturdifferenz zwischen Kopf und Knöcheln < 5 %
- prozentualer Anteil zusätzlicher Unzufriedener wegen Fussbodentemperatur < 10 %
- prozentualer Anteil zusätzlicher Unzufriedener wegen Asymmetrie der Strahlungstemperatur < 5 %

2.3.2 Empfundene Temperatur

Mit der saisonalen Variation der Bekleidung gemäss Figur 2 muss die empfundene Temperatur in den Wohn- und Büroräumen, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet sind, im Bereich der Figur 4 liegen.

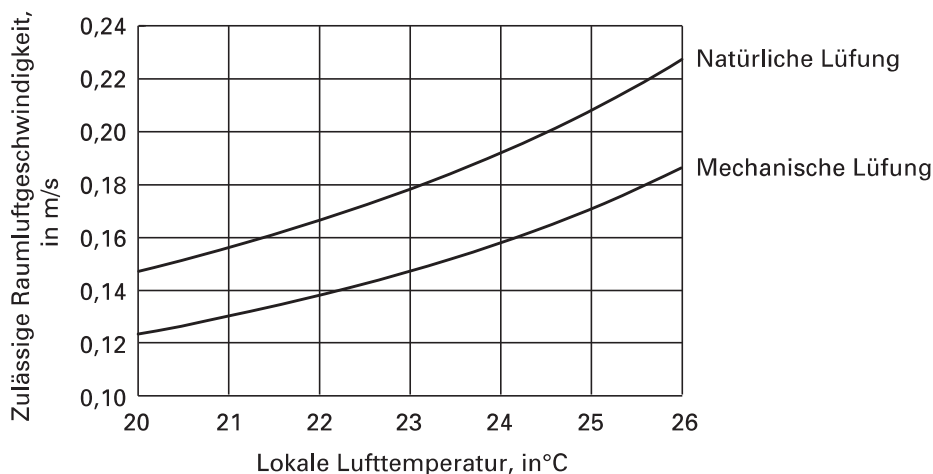
Figur 4 Zulässiger Bereich der empfundenen Temperatur in Wohn- und Büroräumen, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet sind, je nach gleitendem Mittelwert der Aussentemperatur



2.3.3 Zugluft

Unter Annahme eines Turbulenzgrads von 50 % ist die zulässige lokale Luftgeschwindigkeit gemäss Figur 5 abhängig von der lokalen Lufttemperatur.

Figur 5 Zulässige mittlere lokale Luftgeschwindigkeit am Aufenthaltsort in Abhängigkeit von der lokalen Lufttemperatur, bei einem Turbulenzgrad von 50 % für Räume mit mechanischer ($DR = 15\%$) und natürlicher Lüftung ($DR = 20\%$) nach SN EN ISO 7730



2.3.4 Temperaturdifferenz zwischen Kopf und Knöcheln

Die maximal zulässige Temperaturdifferenz zwischen Kopf (1,1 m) und Knöcheln (0,1 m) beträgt 3,3 K.

2.3.5 Fussbodentemperatur

Der zulässige Bereich der Fussbodentemperatur beträgt 19 °C bis 28 °C.

2.3.6 Asymmetrie der Strahlungstemperatur

Die maximal zulässige Asymmetrie der Strahlungstemperatur beträgt:

- 4,5 K für eine warme Decke,
- 14 K für eine kühle Decke,
- 23 K für eine warme Wand,
- 10 K für eine kühle Wand.

2.4 Berechnungsmethode

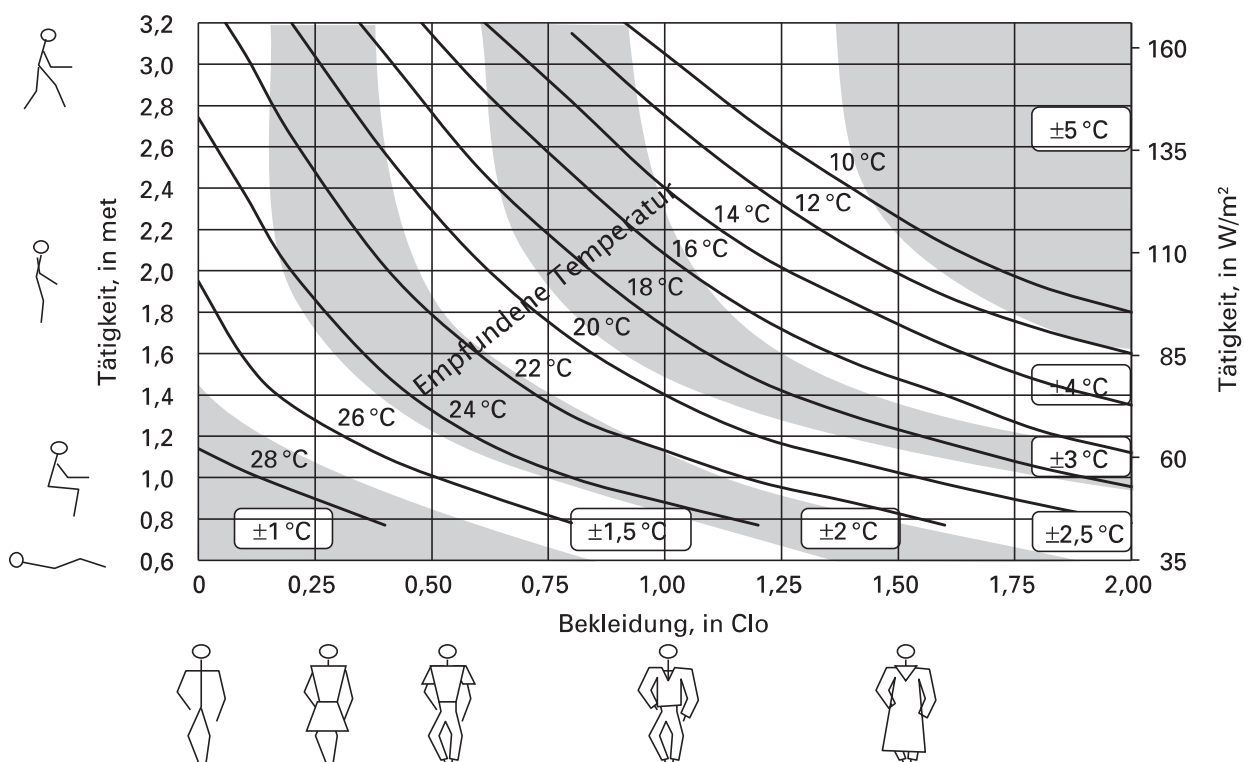
2.4.1 Optimale empfundene Temperatur in Räumen, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet sind, und Anteil unzufriedener Personen

2.4.1.1 Für die thermische Behaglichkeit ist die empfundene Temperatur θ_o am Aufenthaltsort massgebend.

2.4.1.2 Die Berechnung der optimalen empfundenen Temperatur in Räumen, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet sind, und des voraussichtlichen Anteils unzufriedener Personen erfolgt gemäss SN EN ISO 7730. Einige Gleichungen aus dieser Norm, die für die Figuren unter 2.4 verwendet werden, sind in Anhang B aufgeführt.

2.4.1.3 Der Figur 6 ist der Bereich der empfundenen Temperatur für Räume, die beheizt oder gekühlt sind, abhängig von Tätigkeit und Bekleidung, zu entnehmen. Die Figur wurde mit einer relativen Luftfeuchte von 50 % und einer Luftgeschwindigkeit von weniger als 0,1 m/s im Aufenthaltsbereich berechnet. Sie gilt auch für eine relative Luftfeuchte zwischen 30 % und 70 %. Die weissen und schraffierten Bereiche geben Temperaturtoleranzen gemäss 2.3.1 an (max. 10 % Unzufriedene).

Figur 6 Optimale empfundene Temperatur θ_o in Abhängigkeit von Tätigkeit und Bekleidung.
Quelle: SN EN ISO 7730

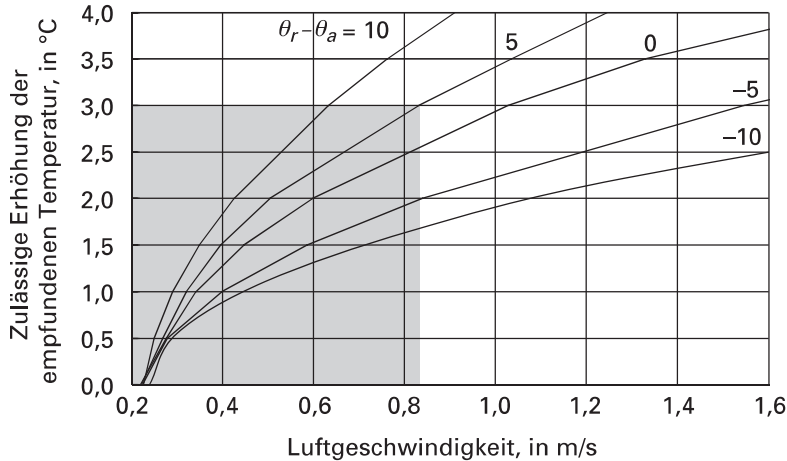


Beispiel: Bei leichter, sitzend ausgeführter Büroarbeit (spez. Wärmeeinträge 70 W/m^2 oder 1,2 met) und mit winterlicher Bürobekleidung (Wärmedurchlasswiderstand $0,155 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ oder 1 clo) liegt die optimale empfundene Temperatur bei $21,5^\circ\text{C}$ mit einem Toleranzbereich von $\pm 2,5^\circ\text{C}$.

2.4.1.4 Die in der warmen Jahreszeit zulässigen maximalen empfundenen Temperaturen sind höher, wenn die Person die Luftgeschwindigkeit an ihre Bedürfnisse anpassen kann. Die in der warmen

Jahreszeit zulässige Erhöhung der empfundenen Temperatur hängt von der Luftgeschwindigkeit und von der Differenz zwischen der mittleren Strahlungstemperatur und der Lufttemperatur gemäss Figur 7 ab. In dieser Figur gibt der graue Bereich die Grenzwerte für eine leichte sitzende Tätigkeit an. Ohne spezielle Angaben über die Strahlungstemperatur muss die Kurve genommen werden, die der Differenz Null entspricht.

Figur 7 In der warmen Jahreszeit in Funktion der lokalen Luftgeschwindigkeit zulässige Erhöhung der empfundenen Temperatur; der Parameter ist die Differenz zwischen der mittleren Strahlungstemperatur θ_r und der Lufttemperatur θ_a ; der graue Bereich gibt den Grenzwert für eine leichte sitzende Tätigkeit an, nach SN EN ISO 7730



2.4.2 Prozentualer Anteil der Personen, die wegen lokaler zusätzlicher Unbehaglichkeitsquellen unzufrieden sind

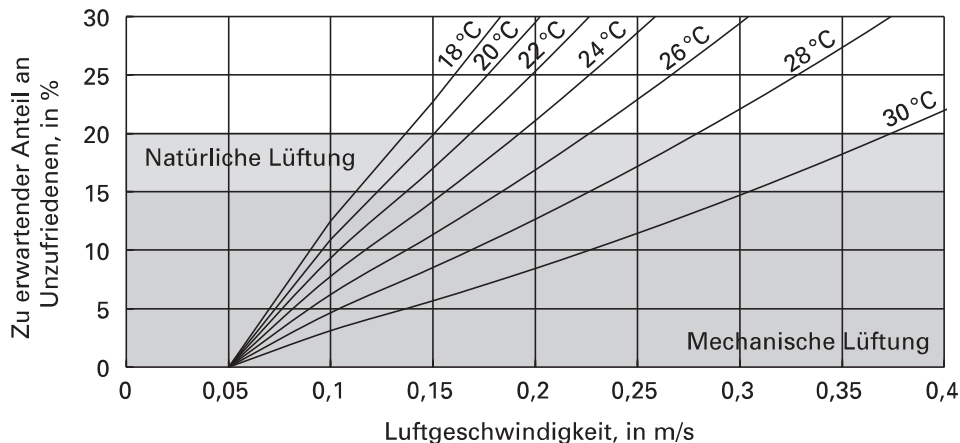
2.4.2.1 Allgemeines

Selbst wenn die optimale empfundene Temperatur gemäss 2.4.1 erreicht wird, können lokale zusätzliche Unbehaglichkeitsquellen, zum Beispiel Zugluft oder ungleichmässige Temperaturen, den Anteil der unzufriedenen Personen erhöhen. Für eine leichte sitzende Tätigkeit werden diese zusätzlichen prozentualen Anteile mit Hilfe der nachstehenden Diagramme abgeschätzt oder mit den Berechnungsmethoden gemäss Anhang B berechnet.

2.4.2.2 Unzufriedenheit wegen Zugluft

Der zu erwartende Anteil an Unzufriedenen, die sich trotz optimaler empfundener Temperatur über Zugluft beklagen, ist in Figur 8 dargestellt und die zulässige lokale Luftgeschwindigkeit in Figur 5.

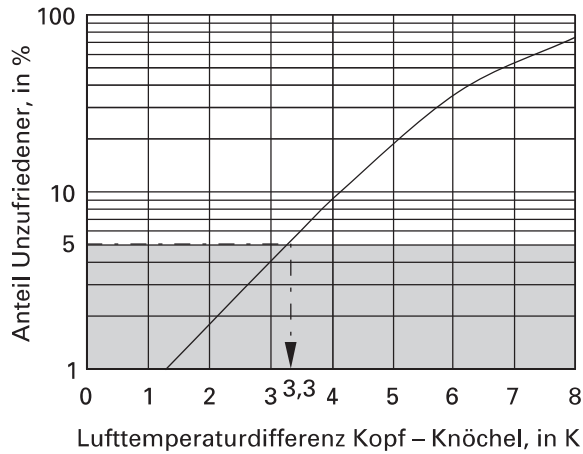
Figur 8 Anteil an Unzufriedenen wegen Zugluft in Funktion der mittleren lokalen Luftgeschwindigkeit für verschiedene lokale Lufttemperaturen und für einen Turbulenzgrad von 50 % (nach SN EN ISO 7730); grau unterlegt sind die zulässigen Bereiche in Räumen mit natürlicher bzw. mechanischer Lüftung



2.4.2.3 Vertikaler Temperaturgradient

Der Anteil der wegen einer zu hohen Temperaturdifferenz zwischen dem Kopf und den Knöcheln Unzufriedenen ist in Figur 9 dargestellt.

Figur 9 Anteil an Unzufriedenen infolge einer zu hohen Lufttemperaturdifferenz zwischen Kopf (1,1 m) und Knöcheln (0,1 m); der zulässige Bereich ist grau unterlegt

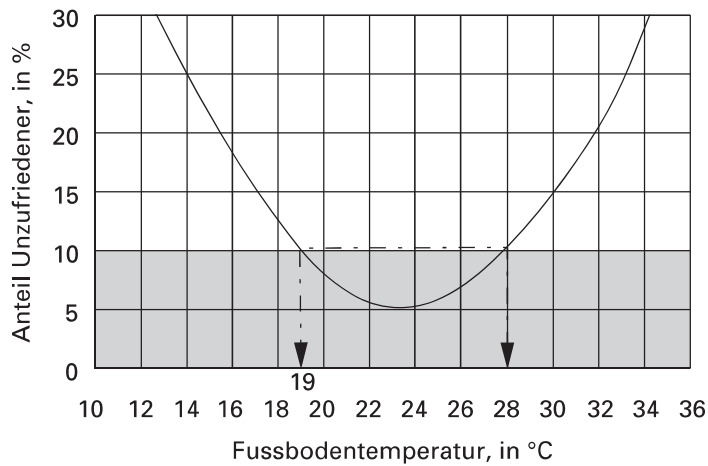


2.4.2.4 Fussbodentemperatur

Der Prozentsatz von Personen in leichten Hausschuhen, die mit der Fussbodentemperatur unzufrieden sind, ist in Figur 10 dargestellt.

Für Räume, in denen sich Personen barfuss aufhalten, siehe ISO/TS 13732-2.

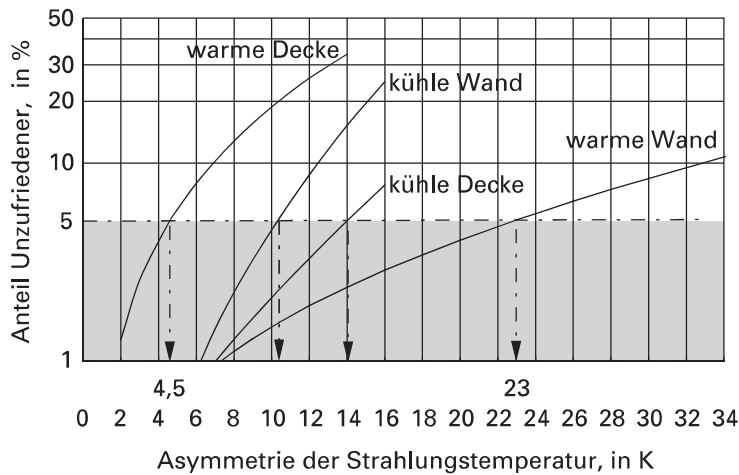
Figur 10 Anteil an Unzufriedenen infolge einer unangemessenen Fussbodentemperatur; der zulässige Bereich ist grau unterlegt



2.4.2.5 Asymmetrie der Strahlungstemperatur

Der Anteil der wegen einer übermässigen Asymmetrie der Strahlungstemperatur Unzufriedenen ist in Figur 11 dargestellt.

Figur 11 Anteil an Unzufriedeneten infolge Asymmetrie der Strahlungstemperatur; der zulässige Bereich ist grau unterlegt



2.5 Nachweise

Die vorliegende Norm erlaubt drei Möglichkeiten für den Nachweis, dass die Anforderungen gemäss 2.1 erfüllt sind:

- durch die Nachweise des winterlichen und sommerlichen Wärmeschutzes nach 4.2 und 5.2, unter Annahme von Heizungs- und Klimaanlage, welche die Einhaltung der zulässigen empfundenen Temperatur sicherstellen;
- für Räume mit natürlicher Lüftung, während diese weder beheizt noch gekühlt sind, durch die Bestimmung der notwendigen Temperaturen (empfundene Temperatur, Temperatur der Oberflächen, Lufttemperatur) mittels Simulationen gemäss Anhang C.2 und Verifizierung, dass die gestellten Anforderungen erfüllt werden;
- bei bestehenden Gebäuden durch Messungen gemäss 2.6.

Die Nachweise für Räume, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet sind, sind in SIA 382/1 zu finden.



2.6 Messmethoden

2.6.1 Die Eigenschaften der für die Messung physikalischer Grössen (Temperaturen, Feuchte, Luftgeschwindigkeit usw.) zu verwendenden Instrumente sind in SN EN ISO 7726 festgelegt.

2.6.2 Bei der messtechnischen Bestimmung der Raumluftgeschwindigkeit und des Turbulenzgrades sind die Anforderungen nach SN EN 13182 einzuhalten.

2.6.3 *PPD* und *PMV* können mit thermischen Behaglichkeitsmessgeräten gemessen werden. Alternativ können auch die Temperaturen der Raumluft und der Oberflächen, die Geschwindigkeit und Feuchte der Raumluft sowie die mittlere Strahlungstemperatur $\theta_{r,m}$ nach SN EN ISO 7726 gemessen und dann *PPD* oder *PMV* für einen konditionierten Raum mit der Fanger-Gleichung berechnet werden (Anhang B und SN EN ISO 7730). Die Messwertaufnehmer sind nach Tabelle 2 anzuordnen.



Tabelle 2 Anordnung der Messwertaufnehmer bei Messung der Klimagrössen gemäss SN EN ISO 7726

| Ort der Messwertaufnehmer | Empfohlene Höhe (Anhaltswerte) | |
|---------------------------|--------------------------------|---------|
| | Sitzend | Stehend |
| Kopfhöhe | 1,1 m | 1,7 m |
| Unterleibshöhe | 0,6 m | 1,1 m |
| Knöchelhöhe | 0,1 m | 0,1 m |

3 RAUMLUFTQUALITÄT UND LUFTDICHTHEIT DER GEBÄUDEHÜLLE

3.1 Raumlufqualität

- 3.1.1 Die Raumlufqualität in einem genutzten Gebäude muss so sein, dass sie keine Belästigung und kein Gesundheitsrisiko für die Benutzer darstellt und das Gebäude nicht schädigt. Insbesondere darf die Konzentration der Schadstoffe die gesetzlichen Grenzwerte über die maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen, die Werte für Radon in der Strahlenschutzverordnung [12] und die Richtwerte gemäss Tabelle 4 in Räumen mit Personenbelegung nicht übersteigen. Die Grenz- und Richtwerte sind als Momentanwerte, Mittelwerte über eine bestimmte Periode oder als kumulierte Werte über eine bestimmte Periode festgelegt. Sind mehrere Grenz- oder Richtwerte festgelegt, darf keiner überschritten werden.
- 3.1.2 Dies wird erreicht, wenn die folgenden Grundsätze in der angegebenen Reihenfolge beachtet werden:
- Luftverunreinigungsquellen im Innern des Gebäudes reduzieren (3.3).
 - Luftverunreinigungen möglichst nahe der Quelle erfassen und direkt nach aussen abführen (3.4).
 - Den personenbelegten Bereichen Luft in der notwendigen Qualität und mit genügendem Luftvolumenstrom zuführen, um die unvermeidlichen Emissionen abzuführen (3.5).

3.2 Lüftungskonzept

- 3.2.1 Im Vorprojekt ist ein Lüftungskonzept entsprechend den Anforderungen zu erstellen. Mögliche Lüftungsprinzipien sind:
- natürliche Lüftung, manuell oder automatisch gesteuert,
 - einfache Abluftanlage (mit geplanter Nachströmung),
 - mechanische Zu-/Abluftanlage, und ihre Kombinationen.
- 3.2.2 Zum Lüftungskonzept gehören insbesondere die Anordnung der Luftdurchlässe sowie die Betriebsart.
- 3.2.3 Das Lüftungsprinzip muss den Benutzern erlauben, den notwendigen Luftvolumenstrom zu erhalten, sei es durch Lüftungsöffnungen für natürliche Lüftung oder mit mechanischer Lüftung.
- 3.2.4 In Räumen mit Personenbelegung ohne Fenster ist eine natürliche oder mechanische Lüftung erforderlich. Dies gilt auch für Räume, in denen vorhandene Fenster (z.B. aus Sicherheitsgründen, wegen Lärm- oder Schadstoffbelastung) nicht geöffnet werden können.
- 3.2.5 Wird die Lüftung so geplant, dass ausschliesslich die Bewohner durch manuelle Bedienung die Frischluftzufuhr bzw. die Raumlufqualität sicherstellen müssen, so ist dies bereits in der Dokumentation zum Bauwerk deutlich zu vermerken und es ist auf mögliche Probleme hinzuweisen.
- 3.2.6 Verlangt die Steuerung der Luftfeuchte mittels Belüftung besondere Kenntnisse, müssen entsprechende Instruktionen in allgemein verständlicher Weise schriftlich festgehalten werden. Diese Instruktionen sind Teil der Dokumentation zum Bauwerk.
- 3.2.7 Ein Lüftungsprinzip, das während der Heizperiode eine permanente teilweise Öffnung der Fenster erfordert, ist nicht zulässig.
- 3.2.8 Die Baumaterialien sind so zu wählen, dass sie auch ohne Luftbefeuchtung keinen Schaden nehmen.

3.3 Reduktion der Luftemissionsquellen

- 3.3.1 Es sind Baumaterialien¹ zu wählen, die keine oder nur sehr geringe Schadstoffe in die Raumluft von Nutzungszonen abgeben. Informationen geben z.B. die Bauproduktdeklarationen nach SIA 493 oder Umweltproduktdeklarationen (Environmental Product Declaration EPD).
- 3.3.2 Die erdberührten Teile der Gebäudehülle von Räumen mit Personenbelegung müssen genügend dicht sein, um den Eintritt von Wasser, Wasserdampf und Radon in das Gebäude zu verhindern.
- 3.3.3 Bei Neubauten mit erdberührenden Wohnräumen oder einem Naturkeller müssen präventiv bauliche Massnahmen getroffen werden, die es bei Bedarf erlauben, nachträglich die Radonkonzentration in den Wohnräumen zu senken.
- 3.3.4 Wände, Böden und Decken, welche die Räume mit Luftverunreinigungsquellen oder Feuchtequellen (z.B. Garagen, Keller, Räume mit hoher Radonbelastung) von den Räumen mit Personenbelegung trennen, müssen möglichst luftdicht sein. Türen und Durchführungen zwischen diesen Zonen müssen so ausgeführt sein, dass der Luftvolumenstrom bei 50 Pa Druckdifferenz dividiert durch die Gesamtfläche der Trennwände unter $2 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ liegt.

3.4 Luftschadstoffe in der Nähe ihrer Quellen abführen

- 3.4.1 Dunstabzughauben müssen in der Nähe der festen Quellen (Kochherd, Schadstoffe abgebende Maschinen) angeordnet sein. Für eine einwandfreie Systemfunktion sind Nachströmöffnungen zu konzipieren, die beim Abstellen des Abluftventilators selbsttätig schliessen.
- 3.4.2 Für Räume mit Luftverunreinigungsquellen (z.B. Garagen) ohne Personenbelegung ist eine genügende Lüftung im Sinne von 3.1.1 sicherzustellen, wenn eine Verbindung zu Räumen mit Personenbelegung besteht.
- 3.4.3 Bei allen Räumen in Neubauten, die für den dauernden Aufenthalt von Menschen genutzt werden oder werden könnten, müssen bauliche Massnahmen getroffen werden, die dauerhaft verhindern, dass schädliche Stoffe in die Räume eindringen können. Dasselbe gilt für die Umnutzung bestehender unbewohnter Räume in Räume für den dauernden Aufenthalt von Menschen.

3.5 Minimal notwendiger Aussenluft-Volumenstrom

3.5.1 Grundsatz und Richtwerte

- 3.5.1.1 Die Aussenluft-Volumenströme sind so zu wählen, dass die Schadstoffkonzentrationen und die Feuchte im Raum die maximal zulässigen Werte für die geplante Nutzungsart des Raumes nicht übersteigen.
- 3.5.1.2 Um Feuchteschäden zu vermeiden, darf die Raumluftfeuchte den Grenzwert gemäss 6.2.1.4 im Tagesmittel nicht überschreiten.
- 3.5.1.3 In beheizten oder mechanisch belüfteten Räumen darf in Höhenlagen bis 800 m ü.M. die relative Raumluftfeuchte eine Grenze von 30 % während maximal 10 % der jährlichen Nutzungszeit unterschreiten. Bei Lagen über 800 m ü.M. reduziert sich die Feuchtegrenze um 1 % r.F. pro 100 m Höhenzunahme. Bei 1800 m ü.M. gilt z.B. eine Grenze von 20 % r.F. Die Feuchtegrenze gilt beim Auslegungswert für die Raumlufttemperatur im Winter.²

¹ Alle Konstruktionsmaterialien, inklusive Bekleidungen, Beschichtungen, Putz usw.

² Für normale Wohn- und Büronutzung liegt der Auslegungswert für die Raumlufttemperatur im Winter bei 21 °C. Bei einer relativen Raumluftfeuchte von 30 % liegt die korrespondierende Grenze der volumenbezogenen Raumluftfeuchte bei $5,5 \text{ g/m}^3$. Bei Raumlufttemperaturen, die vom Auslegungswert abweichen, ist die volumenbezogene Raumluftfeuchte zu betrachten oder die relative Raumluftfeuchte ist auf den Auslegungswert der Raumlufttemperatur von 21 °C umzurechnen.

Bei anderen Nutzungen ist analog vorzugehen. Es sind die entsprechenden Auslegungswerte für die Raumlufttemperaturen und die dabei mit einer relativen Raumluftfeuchte von 30 % korrespondierenden Grenzen der volumenbezogenen Raumluftfeuchte oder die umgerechneten relativen Raumluftfeuchten zu verwenden.

Diese Anforderung muss ohne aktive Befeuchtung eingehalten werden. Ausnahmen sind nur zulässig, wenn die volumenbezogene Luftfeuchte trotz Einhaltung der nachfolgenden Massnahmen zu tief ist:

- Bedarfsgerechte und bei tiefen Aussentemperaturen reduzierte Lüftung. Bei mechanischen Lüftungen ist der Aussenluft-Volumenstrom nach SIA 382/1, Ziffer 2.2.6.5, zu reduzieren.
- Bedarfsgerechte Heizung mit Raumlufttemperatur-Sollwert im Winter gemäss SIA 2024.
- Wärmerückgewinnung mit Feuchteübertragung.
- Erhöhung der Feuchtequellen im Raum.

Eine Beheizung auf zu hohe Raumlufttemperaturen erhöht den Energieverbrauch und reduziert die relative Raumluftfeuchte. Zu hohe Raumlufttemperaturen in der Heizperiode sind deshalb zu vermeiden.

- 3.5.1.4 In gekühlten oder mechanisch belüfteten Räumen darf die volumenbezogene Raumluftfeuchte von $15,2 \text{ g/m}^3$ während maximal 10 % der jährlichen Nutzungszeit überschritten werden.

Diese Anforderung muss ohne aktive Entfeuchtung eingehalten werden. Ausnahmen sind nur zulässig, wenn die volumenbezogene Luftfeuchte trotz Einhaltung der nachfolgenden Massnahmen zu hoch ist:

- Bedarfsgerechte und bei hohen Aussentemperaturen reduzierte Lüftung. Bei mechanischen Lüftungen ohne Kühlung ist der Aussenluft-Volumenstrom nach SIA 382/1, Ziffer 2.2.6.5, zu reduzieren.
- Bedarfsgerechte Kühlung mit Raumlufttemperatur-Sollwert im Sommer gemäss SIA 2024.
- Reduktion der Feuchtequellen im Raum.

Eine Kühlung auf zu tiefe Raumlufttemperaturen erhöht den Energieverbrauch und die relative Raumluftfeuchte. Zu tiefe Raumlufttemperaturen in der Kühlperiode sind deshalb zu vermeiden.

- 3.5.1.5 Richtwerte zur Beurteilung der von Personen verursachten Emissionen sind in der letzten Zeile der Tabelle 4 angegeben. Für Richtwerte anderer Schadstoffe siehe Anhang G.

- 3.5.1.6 Bei Abwesenheit von Personen ist keine Lüftung notwendig, ausser wenn sie für den Schutz von materiellen Werten oder gegen Schimmelbildung erforderlich ist. Vor oder bei Ankunft von Personen muss der Raum belüftet werden.

3.5.2 **Aussenluft-Volumenstrom pro Person**

Wenn die Massnahmen zur Reduktion der Luftverunreinigungen gemäss 3.3 und 3.4 ergriffen wurden und wenn keine ausserordentlichen Feuchtequellen vorhanden sind, kann der minimal notwendige Aussenluft-Volumenstrom auf Grund der Aussenluftfraten pro Person bestimmt werden.

3.5.3 **Berechnungsmethoden**

- 3.5.3.1 Bei einer gegebenen Verunreinigung berechnet sich der Aussenluft-Volumenstrom unter Einhaltung von 3.5.1.1 im stationären Zustand wie folgt:

$$q_v = \frac{G}{C_{max} - C_e}$$

q_v Aussenluft-Volumenstrom in m^3/h

G Schadstoffemissionsrate im Raum in kg/h , l/h oder m^3/h (Gase), olf (Gerüche)

C_{max} maximal zulässige Schadstoffkonzentration in kg/m^3 , ppm (Gase), pol (Gerüche)

C_e Schadstoffkonzentration der Aussenluft in kg/m^3 , ppm (Gase), pol (Gerüche)

Spezielle Massnahmen sind nötig, wenn $C_e > C_{max}$ ist.

Die Einheiten sind gemäss Tabelle 3 der Art des Schadstoffs anzupassen.

3 Bei einer Raumlufttemperatur von 24°C entspricht dies einer relativen Feuchte von 70 %, bei 26°C sind es 62 %. Im Schweizer Mittelland entspricht dies einer massebezogenen Raumluftfeuchte von $13,7 \text{ g}/\text{kg}$ (siehe Anhang A.1).

Tabelle 3 Umrechnung verschiedener Einheiten; ρ_{air} ist die Rohdichte der Raumluft

| | Quellstärke | Konzentration | erhaltene Einheit für den Volumenstrom | für den Volumenstrom in m ³ /h ist die erhaltene Einheit zu multiplizieren mit |
|-------------|----------------------------|-----------------------------------|--|---|
| Gerüche | olf olf | pol dezipol | l/s da l/s | 36 3,6 |
| Gase | kg/s cm ³ /h | kg/kg ppm | kg/s m ³ /h | $3600/\rho_{air}$ 1 |
| Wasserdampf | kg/s g/h g/h | kg/kg g/m ³ g/kg | kg/s m ³ /h kg/h | $3600/\rho_{air}$ 1 $1/\rho_{air}$ |

3.5.3.2 Sind mehrere Schadstoffquellen vorhanden, wird diejenige Quelle berücksichtigt, für welche sich die grösste Luftmenge berechnet.

3.5.3.3 Die Tabelle 4 zeigt die Emissionen der wichtigsten Luftschadstoffe und die Wärmeabgabe durch eine Person.

Tabelle 4 Emissionen einer Person und Grenzwerte im Aufenthaltsbereich

| | Gerüche | CO ₂ | Wasserdampf | Sensible Wärme |
|---|-------------|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| Tätigkeit | Olf | l/h | g/h | W |
| Ruhig liegend, schlafend | 0,7 | 12 | 45 | 55 |
| Ruhig sitzend | 0,8 | 16 | 60 | 70 |
| Sitzende Tätigkeit (Büro, Schule, Labor), ruhig stehend | 1 | 18 | 70 | 75 |
| Leichte Tätigkeit, stehend (Laden, Werkbankarbeit, Labor) | 1,3 | 24 | 95 | 85 |
| Mittelschwere Tätigkeit, stehend (Haushalt, Werkstatt) | 1,7 | 30 | 115 | 105 |
| Richtwerte* | 0,1–0,5 pol | 1000–2000 ppm | gemäss 3.5.1.3, 3.5.1.4 und 6.2.1.4 | Temperaturen gemäss Kapitel 2 |

* Für Räume mit Lüftungs- und Klimaanlage gelten die Vorgaben nach SIA 382/1

3.5.3.4 Die Reduktion der Radonkonzentration muss durch Reduktion der Infiltrationen und eine zweckmässige Kontrolle der Druckverhältnisse im Gebäude erzielt werden, und nicht durch eine Erhöhung des Aussenluft-Volumenstroms.

3.5.3.5 Eine instationäre Zustandsbetrachtung ist erforderlich zur Beurteilung von kurzfristigen Ereignissen (z.B. Feuchteproduktion in einem Badezimmer) und zur Beurteilung der Wirksamkeit von kurzfristigen Lüftungsmassnahmen (z.B. Stosslüftung).

3.5.3.6 Die massgebende Feuchteproduktion zur Bestimmung der Anforderungen gemäss 3.5.1.3 und 3.5.1.4 ist diejenige der Personen, welche die Räume benutzen (Tabelle 4), und die übliche Feuchteproduktion gemäss SIA 2024. Bei Simulationsrechnungen sind die Randbedingungen gemäss C.3 zu verwenden.

3.5.4 Messmethode

Der Aussenluft-Volumenstrom in einem Raum kann gemäss SN EN ISO 12569 gemessen werden, und für Lüftungsanlagen gemäss SIA 382/1.

3.6 Luftdichtheit der Hüllfläche

3.6.1 Anforderungen

3.6.1.1 Die Anforderungen an die Luftdichtheit betreffen nicht nur die thermische Gebäudehülle, sondern situationsbedingt auch Trennwände innerhalb eines Gebäudes (Wohnungstrennwände, unterschiedliche Nutzungszonen in Gewerbehäusern usw.). Welche Zonen eines Gebäudes den Luftdichtheitsanforderungen genügen müssen, hat der Planer festzulegen.

3.6.1.2 Für die Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle oder für andere Messzonen gilt der Kennwert $q_{a,50}$. Er wird mit dem Leckvolumenstrom q_{50} auf die Hüllfläche A_{inf} der Messzone bezogen, bei Referenzbedingungen und 50 Pa Druckdifferenz:

$$q_{a50} = \frac{q_{50}}{A_{inf}} \text{ in } \text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$$

q_{50} Volumenstrom bei 50 Pa Druckdifferenz in m^3/h für Normbedingungen (101'325 Pa und 20 °C) und geschlossene Lüftungsöffnungen
 A_{inf} Hüllfläche der Messzone für Luftdichtheit

3.6.1.3 Die Grenz- und Zielwerte der Luftdurchlässigkeit der Hüllfläche sind in Tabelle 5 angegeben.

Tabelle 5 Grenz- und Zielwerte der Luftdurchlässigkeit der Hüllfläche

| | Grenzwert | | Zielwert generell $q_{a50,ta}$ $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ |
|------------------------|--|---|--|
| | für natürliche Lüftung $q_{a50,li}$ $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ | für mechanische Lüftung $q_{a50,li}$ $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ | |
| Neubauten | 2,4 | 1,6 | 0,6 |
| Umbauten, Erneuerungen | 3,6 | 2,4 | 1,2 |

3.6.1.4 Einzelleckagen dürfen auch bei erfüllttem Grenzwert weder zu Schäden am Gebäude noch zur Verminderung der Behaglichkeit führen (z.B. infolge Zugluft, Geruch, Schall). Für sogenannte kritische Bauteile bezüglich Luftleckagen sind die Anforderungen an die Luftdichtheit speziell festzulegen oder es sind Luftdurchlässigkeitsklassen gemäss den Bauteilnormen (SN EN 12152, SN EN 12207, SN EN 12426, SN EN 13125) vorzugeben.

3.6.1.5 Bei Nicht-Wohnbauten und grossen Gebäuden werden oft sogenannte kritische Bauteile bezüglich Luftleckagen (z.B. Roll-, Schiebe-, Falttore, Karusselltüren, Lifttüren, Rauch- und Wärmeabzugs-Flügel) eingesetzt. Zudem sind Messungen analog den Wohnbauten oft nicht möglich. Die zu erfüllenden Anforderungen und Grenzwerte sind deshalb bei solchen Gebäuden im Luftdichtheitskonzept speziell zu vereinbaren.

3.6.1.6 Die Lage und der Verlauf der Luftdichtung in der Fläche, bei den An- und Abschlüssen sowie bei Durchdringungen müssen im Luftdichtheitskonzept festgelegt werden.

3.6.1.7 Die Luftdichtung ist in der Regel warmseitig der Wärmedämmung anzubringen. Ist dies nicht der Fall, muss das Kondensationsrisiko gemäss 6.3.4 überprüft werden. Hohlräume zwischen Luftdichtung und Wärmedämmung, die eine Konvektion ermöglichen, sind nicht zulässig.

3.6.1.8 Die Luftdichtung kann auch die Funktion der Dampfbremse übernehmen.

3.6.2 Feuerungsanlagen innerhalb der thermischen Gebäudehülle

- 3.6.2.1 In Neubauten muss die gesamte Verbrennungsluft über Leitungen direkt der Feuerung zugeführt werden.
- 3.6.2.2 Beim Ersatz oder bei der Neuinstallation von Feuerungsanlagen in bestehenden Gebäuden muss die Zufuhr der Verbrennungsluft direkt von aussen gewährleistet sein.
- 3.6.2.3 Die Abgase sind über Leitungen ins Freie zu führen.

3.6.3 Massnahmen und Kontrollen zur Sicherstellung der Luftdichtheit

Die Luftdichtheit der Gebäudehülle und weiterer Zonen mit Anforderungen an die Luftdichtheit kann durch die Massnahmen gemäss Tabelle 6 sichergestellt werden.

Tabelle 6 Massnahmen und Kontrollen zur Sicherstellung einer luftdichten Gebäudehülle und einer guten Raumluftqualität

| Phase | 1) | 2) | Massnahmen und Kontrollen |
|--------------------------|----|--------|---|
| Projektierung | x | x | <ul style="list-style-type: none"> – Abklärung der Schadstoffsituation mit verfügbaren Daten – Messungen zur Abklärung der Schadstoffsituation – konzeptionelles Vorgehen (Luftdichtheits-, Lüftungskonzept) – Festlegen der Nutzungszonen mit Anforderungen an die Luftdichtheit – Detailstudien (An- und Abschlüsse, Durchdringungen usw.) – klare Darstellung in Plänen und Ausschreibung – Abklärung der nötigen Vorsorgemassnahmen zum Radonschutz – Planung der Gasdichtheit gegenüber Bodenluft sowie Planung der optionalen Radondrainage – Festlegen der Anforderungen mit allen Beteiligten – Radonmessung vor Umbauten |
| | x | | |
| | x | | |
| | x | | |
| | x | | |
| | x | | |
| | x | | |
| | x | | |
| | x | | |
| | x | | |
| Ausführung | x | x | <ul style="list-style-type: none"> – Kontrolle von Materialien und Ausführungsqualität durch die Bauleitung vor Ort während aller Bauphasen – Dichtheitstest während/nach der Ausführung der Luftdichtheitsebene, Leckageortung und Nachbesserung der Fehlstellen |
| Inbetriebnahme | | x x | <ul style="list-style-type: none"> – Abnahmemessung für die Luftdichtheit – evtl. Leckageortung und Abdichtung mit dem Ziel, die unter 3.6.1 aufgeführten Anforderungen zu erfüllen |
| Bewirtschaftung, Betrieb | x | x | <ul style="list-style-type: none"> – bei Bedarf: detaillierte Messung der Luftdurchlässigkeit verbunden mit Leckageortung und weiteren Messverfahren in den Bereichen thermische Behaglichkeit und Energie – anerkannte Radonmessung nach Strahlenschutzverordnung anlässlich der nächsten Heizperiode, wenn das Gebäude durch Erdregister belüftet wird, oder wenn erdberührende Räume als permanente Wohn- oder Arbeitsräume genutzt oder umgenutzt werden, sowie bei energetischen oder thermischen Sanierungen |
| | | x | <ul style="list-style-type: none"> – bei Verdacht auf zu hohe Schadstoffkonzentrationen: Messungen vornehmen |

1) Grundleistung

2) Besonders zu vereinbarende Leistung

3.6.4 **Nachweis durch Messung**

- 3.6.4.1 Die Messung erfolgt bei geschlossenen Lüftungsöffnungen.
- 3.6.4.2 Die Messung der Luftdurchlässigkeit ist bei Neubauten in der Regel als vorgezogene Messung am Ende der Ausbauphase durchzuführen, wenn alle wesentlichen Arbeiten, die zur Dichtheit beitragen, abgeschlossen sind. Sie kann aber auch nach Abschluss der Bauarbeiten oder im Nutzungszustand durchgeführt werden.
- 3.6.4.3 Die Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle wird nach der in SN EN ISO 9972 beschriebenen Methode bestimmt.
- 3.6.4.4 Bei der Messung gilt Messverfahren B nach SN EN ISO 9972:2006, Ziffer 5.2; d.h. bei einer Messung sind alle absichtlich vorhandenen Öffnungen geschlossen und Lüftungsdurchlässe abgedichtet.
- 3.6.4.5 Als Mess-Referenzwert wird der Mittelwert der Gesamt-Luftdurchlässigkeit aus einer Über- und einer Unterdruckmessung festgelegt.
- 3.6.4.6 Andere geeignete Methoden zur Abschätzung der Durchlässigkeit der Gebäudehülle können angewendet werden, wobei im Zweifelsfall SN EN ISO 9972 als Basis gilt.
- 3.6.4.7 Damit eine Messung nachvollziehbar und repetierbar wird, sind weitere verfahrenstechnische Bestimmungen notwendig. Praxisorientierte Vorgaben dazu finden sich z.B. in der Messrichtlinie [17], siehe Anhang H.6.

4 WÄRMESCHUTZ IM WINTER

4.1 Anforderungen

4.1.1 Allgemeine Anforderungen

- 4.1.1.1 Die Wärmedämmung der Gebäudehülle muss durchgehend ausreichend sein, um eine Einschränkung der Behaglichkeit sowie Kondensationsrisiken und Schimmelpilzbefall zu verhindern.
- 4.1.1.2 Alle beheizten Räume müssen innerhalb der thermischen Gebäudehülle liegen (siehe SIA 416/1, Ziffer 2.2.1).
- 4.1.1.3 Das Gebäude ist im Detail so zu projektieren, dass Wärmebrücken bestmöglich vermieden werden. Unvermeidbare Wärmebrücken müssen minimiert werden; sie dürfen keine Schäden zur Folge haben (siehe 6.1 und 6.2.1).
- 4.1.1.4 Spezielle Räume, die eine vom bewohnten Raum abweichende Temperatur verlangen (wie Kühlräume, Sauna), müssen eine Wärmedämmung haben, die sie vollständig umschliesst.



4.1.2 Wärmedurchgangskoeffizient der Bauteile

- 4.1.2.1 In Tabelle 7 sind die maximal zulässigen Wärmedurchgangskoeffizienten für Bauteile der thermischen Gebäudehülle angegeben. Unter normalen Nutzungsbedingungen sind damit die Anforderungen an Behaglichkeit und Oberflächenkondensatfreiheit erfüllt.

Tabelle 7 Maximal zulässige Wärmedurchgangskoeffizienten U_{max} für Behaglichkeit und Feuchteschutz, in $W/(m^2 \cdot K)$

| Bauteil | Bauteil gegen | Aussenklima oder im Erdreich bis 2 m | unbeheizte Räume | mehr als 2 m im Erdreich ¹⁾ |
|------------------------------------|---------------|--------------------------------------|------------------|--|
| Dach | | 0,4 ²⁾ | 0,5 | 0,6 |
| Wand | | 0,4 ³⁾ | 0,6 | 0,6 |
| Fenster, Fenstertüren, Türen, Tore | | 2,4 ³⁾ | 2,4 | – |
| Rollladenkasten | | 2,0 | 2,0 | – |
| Boden | | 0,3 ⁴⁾ | 0,6 | 0,6 |



¹⁾ Höhere Werte sind zulässig, wenn mittels Berechnung der Wärmeströme und Oberflächentemperaturen nach SN EN ISO 10211 belegt wird, dass die Behaglichkeit gesichert ist und keine Gefahr von Oberflächenkondensation und Schimmelbildung besteht.

²⁾ Unter Vorbehalt von 5.2.2.1

³⁾ Unter Vorbehalt von 4.1.3

⁴⁾ 0,4 bei Boden auf Erdreich

- 4.1.2.2 Anforderungen an Wärmebrücken richten sich nach 6.1, 6.2.1 und 6.3.1.
- 4.1.2.3 Ausserordentliche klimatische Verhältnisse (innen oder aussen) können zur Vermeidung von Oberflächenkondensation tiefere U -Werte erfordern (siehe 6.2).

4.1.3 Zugluft infolge Kaltluftabfall⁴

- 4.1.3.1 Bei hohen Glasflächen (speziell in den Eckräumen) oder bei sehr hohen Bauteilen ist dem Problem des Kaltluftabfalls mit geeigneten Massnahmen zu begegnen. Solche Massnahmen sind:
- Reduktion der Höhe des Bauteils,
 - eine bessere Wärmedämmung,
 - örtliche Heizkörper oder Warmluftauslässe,
 - niedriger Turbulenzgrad,
 - geringe interne Wärmelasten,
 - die Anordnung des Mobiliars,
 - eine Einschränkung des Aufenthaltsbereichs.
- 4.1.3.2 Die maximal zulässigen Wärmedurchgangskoeffizienten von Bauteilen in Abhängigkeit von der Bauteilhöhe und von der Aussentemperatur werden gemäss Anhang B.4 berechnet.

4.2 Berechnungsmethoden

4.2.1 Wärmedurchgangskoeffizient U

Der Wärmedurchgangskoeffizient von Bauelementen ist gemäss den folgenden Normen zu berechnen:

- SN EN ISO 6946 für ebene, aus parallelen homogenen Schichten zusammengesetzte Bauteile, und innerhalb gewisser Grenzen für nicht homogene Schichten,
- SN EN 1745 für Mauerwerk,
- SN EN 673 für Einfachverglasungen und Isoliergläser,
- SN EN ISO 10077-1 und 10077-2 für Fenster und Türen,
- SN EN ISO 12631 für Vorhangfassaden.

4.2.2 Rechenwerte

Die für Berechnungen einzusetzenden Werte für die Wärmeleitfähigkeit der Baumaterialien sind (in der Reihenfolge ihrer Bedeutung):

- für wärmedämmende Baustoffe gemäss Norm SIA 279: anerkannte produktspezifische oder tabellierte Bemessungswerte gemäss Merkblatt SIA 2001 bzw. Norm SIA 279;
- für weitere Baustoffe auf der Grundlage einer Europäischen Norm oder technischen Zulassung: Nennwerte gemäss Norm oder Zulassung, an die realen Bedingungen angepasst durch Umrechnung gemäss SN EN ISO 10456, wo relevant;
- für sonstige Baustoffe: in SN EN ISO 10456 aufgeführte Werte.

4.2.3 Wärmeübergangskoeffizienten

4.2.3.1 Für den Nachweis von U_{max} für energetische Berechnungen und für dynamische Berechnungen nach SN EN ISO 13786 werden folgende Wärmeübergangswiderstände eingesetzt:

- raumseitige Oberfläche $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
- aussenseitige Oberfläche $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
- Oberfläche gegen Erdreich $R_{se} = 0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

4.2.3.2 In 6.2.3 und 6.3.4 finden sich die für den rechnerischen Nachweis bei Feuchteproblemen einzusetzenden Werte.

⁴ Das Merkblatt SIA 2021 enthält einfache Regeln, wie thermische Behaglichkeitsprobleme bei Bauten mit hohem Glasanteil vermieden werden können.

4.3 Messmethoden

Die nachstehend aufgeführten internationalen Normen beschreiben die für den winterlichen Wärmeschutz anwendbaren Messmethoden.

4.3.1 Wärmedurchgangskoeffizient *U*

| | |
|--------------------------|---|
| SN EN 674 | Glas im Bauwesen – Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) – Verfahren mit dem Plattengerät |
| SN EN 675 | Glas im Bauwesen – Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) – Wärmestrommesser-Verfahren |
| SN EN 1934 | Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Messung des Wärmedurchlasswiderstandes durch Heizkastenverfahren mit dem Wärmestrommesser – Mauerwerk |
| SN EN ISO 8990 | Wärmeschutz – Bestimmung der Wärmedurchgangseigenschaften im stationären Zustand – Verfahren mit dem kalibrierten und dem geregelten Heizkasten |
| SN EN 12412-2 und -4 | Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten mittels des Heizkastenverfahrens – Teil 2: Rahmen; Teil 4: Rollladenkästen |
| SN EN ISO 12567-1 und -2 | Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern und Türen – Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten mittels des Heizkastenverfahrens – Teil 1: Komplette Fenster und Türen; Teil 2: Dachflächenfenster und andere auskragende Fenster |

4.3.2 Nachweis von Unregelmässigkeiten in der Wärmedämmung der Gebäudehülle

| | |
|-------------|--|
| SN EN 13187 | Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Qualitativer Nachweis von Wärmebrücken in Gebäudehüllen – Infrarot-Verfahren |
|-------------|--|

Diese Norm beschreibt die richtige Anwendung der Infrarotkamera.

5 WÄRMESCHUTZ IM SOMMER

5.1 Anforderungen

5.1.1 Das Gebäude ist so zu projektieren und auszuführen, dass bei Nutzungen mit mässigen internen spezifischen Wärmeeinträgen die Behaglichkeitsanforderungen gemäss 2.2 bei bestimmungsgemässer Bedienung der beweglichen Sonnenschutzeinrichtungen und bei bedarfsgerechter natürlicher Lüftung ohne aktive Kühlung erfüllt sind.

Als aktive Kühlung gilt jede Form der Kühlung, die mit zusätzlichem Stromverbrauch verbunden ist (inkl. Kühlung mit Grundwasser, Oberflächenwasser oder Erdwärmesonden).

5.1.2 Die Anforderungen unter 5.1.1 gelten auch für Gebäude mit aktiver Kühlung.

5.1.3 Die Anforderungen unter 5.1.1 gelten nicht für Hallenbäder sowie für Räume, welche nicht dem längeren Aufenthalt von Personen dienen (unter einer Stunde pro Tag).

5.2 Nachweise durch Berechnung

5.2.1 Drei Nachweisverfahren⁵

Die Erfüllung der grundsätzlichen Anforderungen nach 5.1 wird mit einem der drei folgenden Verfahren nachgewiesen.

Verfahren 1: Einhalten der unter 5.2.2 aufgeführten einfachen Kriterien und Nachweis gemäss 5.2.3, dass eine effiziente Nachtauskühlung möglich ist.

Verfahren 2: Nachweis gemäss 5.2.3, dass eine effiziente Nachtauskühlung möglich ist und Nachweis gemäss 5.2.4, dass die Sonnenschutzeinrichtungen genügend sind, sowie Nachweis gemäss 5.2.5, dass die Wärmedämmung und die Wärmespeicherfähigkeit ausreichend sind.

Verfahren 3: Nachweis durch Simulation gemäss 5.2.6, dass die Behaglichkeitsanforderungen gemäss 2.2 erfüllt sind.

5.2.2 Einfache Kriterien (Verfahren 1)

5.2.2.1 Allgemeine Bedingungen

Alle Räume müssen folgende Bedingungen erfüllen:

- Transparente oder lichtdurchlässige Dachflächenfenster oder Oberlichter haben einen Sonnenschutz und eine Fläche von weniger als 5 % der Nettogeschossfläche des betrachteten Raumes.
- Der Wärmedurchgangskoeffizient des Daches beträgt maximal $U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
- Bei allen Fenstern ist ein aussen liegender beweglicher Sonnenschutz mit Windwiderstandsklasse 6 gemäss SIA 342, Anhang B.2, vorhanden. Der Gesamtenergiedurchlassgrad g_{tot} des Fensters (Verglasung und Sonnenschutz) beträgt maximal 0,10.⁶
- Die Raumtiefe beträgt bei jedem Fenster mindestens 3,5 m. Gegenüberliegende Fenster müssen einen Abstand von mindestens 7 m aufweisen.

5.2.2.2 Wärmespeicherfähigkeit des Raumes

Die Wärmespeicherfähigkeit jedes Raumes muss mindestens mittel sein. Der Wärmedurchlasswiderstand einer raumseitigen Oberflächen-Deckschicht (Beplankung, Wandbekleidung, Bodenbelag usw.) darf maximal $0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ betragen.

⁵ Diese drei Verfahren werden vorgeschlagen, um je nach Gebäude einen möglichst einfachen Nachweis zu erbringen. Verfahren 3 ist für alle Fälle anwendbar, erfordert aber mehr Aufwand als Verfahren 1, das jedoch nur für bestimmte Fälle anwendbar ist. Verfahren 2 liegt dazwischen.

⁶ Dies setzt voraus, dass der äussere Sonnenschutz genügend hinterlüftet ist.

Räume von ca. 4 m × 4 m × 2,5 m haben mit folgenden Konstruktionen eine mittlere Wärmespeicherfähigkeit:

- Wände aus Mauerwerk oder Holz, Boden mit Zementestrich von mindestens 6 cm Dicke oder Calciumsulfatestrich von mindestens 5 cm Dicke, belegt mit Platten oder einem Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit.
- Massivholzkonstruktion (Wände, Böden, Decken) mit mindestens 10 cm Dicke.

Räume von ca. 10 m × 8 m × 3,5 m haben mit folgenden Konstruktionen eine mittlere Wärmespeicherfähigkeit:

- Wände aus Mauerwerk, Betondecke, Boden mit Zementestrich von mindestens 6 cm Dicke, belegt mit Holz oder Platten mit hoher Wärmeleitfähigkeit.
- Wände aus Mauerwerk, Betondecke, Holzparkett.

Räume mit folgenden Konstruktionen haben eine hohe Wärmespeicherfähigkeit:

- Boden oder Decke in Beton und Wände in Beton oder Normalbackstein, die zusammen eine freie Fläche aufweisen, welche mindestens 80 % der Nettogeschossfläche des Raumes entspricht (für abgehängte Decken vgl. Anhang D).

Räume mit folgenden Konstruktionen haben eine niedrige Wärmespeicherfähigkeit (was die Anwendung des Verfahrens 1 ausschliesst):

- Leichtbauweise in Holz oder Metall, ohne schwere Schichten.

5.2.2.3 Maximaler Glasanteil

Die maximalen Glasanteile jedes Raumes mit Personenbelegung liegen nicht über den Werten der Tabelle 8.

Tabelle 8 Maximale Glasanteile für einen einfachen Nachweis des Wärmeschutzes in der warmen Jahreszeit

| Raumkategorie | Fenster an | Glasanteil für Sonnenschutz mit Bedienung | |
|---|-------------------|---|-------------|
| | | manuell | automatisch |
| Wohnen hohe Wärmespeicherfähigkeit | einer Fassade | 50 % | 70 % |
| | mehreren Fassaden | 30 % | 50 % |
| Wohnen mittlere Wärmespeicherfähigkeit | einer Fassade | 40 % | 60 % |
| | mehreren Fassaden | 30 % | 40 % |
| Büro, Versammlungsraum, Schule mittlere Wärmespeicherfähigkeit | einer Fassade | | 30 % |
| | mehreren Fassaden | | 30 % |
| Büro, Versammlungsraum, Schule hohe Wärmespeicherfähigkeit | einer Fassade | | 40 % |
| | mehreren Fassaden | | 30 % |

Für Orientierungen zwischen Südsüdost und Südsüdwest wird der maximale Glasanteil mit 1,2 multipliziert, wenn das Fenster durch ein Vordach oder einen Balkon beschattet wird, deren Auskragung mindestens der halben Fensterhöhe entspricht.

5.2.3 Nachweis der Nachtauskühlung (Verfahren 1 und 2)

5.2.3.1 Eine effiziente Nachtauskühlung der Gebäudemasse durch natürliche Lüftung braucht einen Ausenluft-Volumenstrom pro Nettogeschossfläche von mindestens 10 m³/(h·m²). Dieser Wert kann mit den Massnahmen gemäss 5.2.3.2 bis 5.2.3.4 oder einer entsprechend dimensionierten mechanischen Lüftung erreicht werden.

5.2.3.2 An geeigneten Stellen sind grosse Lüftungsöffnungen vorzusehen, die nachts offen bleiben können und die auch bei Windstille zu einer für die Auskühlung des Raumes ausreichenden Belüftung führen. Dafür können Fenster und Dachöffnungen verwendet werden.

5.2.3.3 Eine Abluftöffnung ist an höchstmöglicher Stelle im Raum zu platzieren, um alle warme Luft abzuführen.



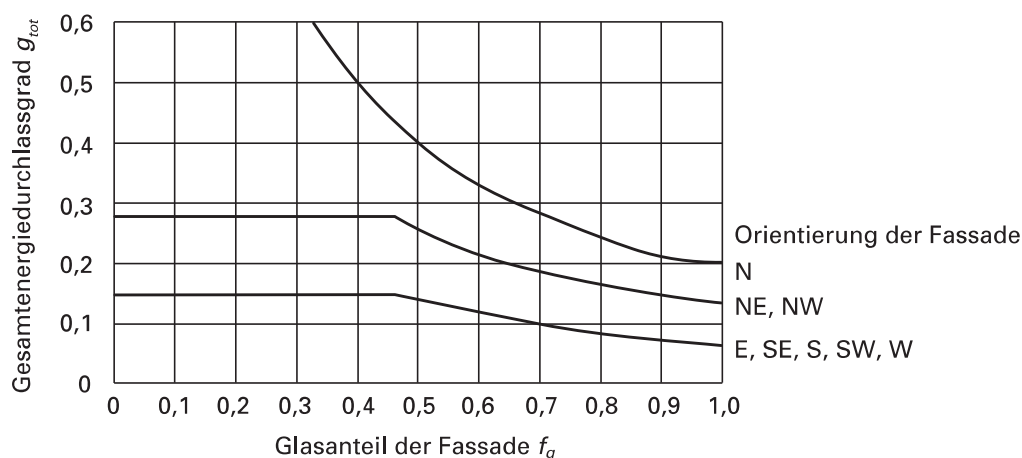
5.2.3.4 Die Querschnittsfläche der Öffnungen muss mindestens 5% der Nettogeschossfläche des Raumes betragen. Bei Räumen mit einer Raumtiefe bis zur 2,5-fachen Raumhöhe genügen Fenster auf einer Fassadenseite, bei Raumtiefen von 2,5- bis 5,0-facher Raumhöhe sollen Fenster auf zwei Fassadenseiten (gegenüberliegend oder über Eck) vorhanden sein.

5.2.4 Nachweis für den Sonnenschutz (Verfahren 2)

5.2.4.1 Fassadenfenster müssen je nach Orientierung und Glasanteil f_g der Fassade zusammen mit dem beweglichen heruntergelassenen Sonnenschutz die folgenden Anforderungen an den Gesamtenergiedurchlassgrad g_{tot} erfüllen (siehe Figur 12):

- N-Fassade $g_{tot} \leq 0,20/f_g$, aber maximal 1,00
- NE- und NW-Fassade $g_{tot} \leq 0,13/f_g$, aber maximal 0,28
- E-, SE-, S-, SW- und W-Fassade $g_{tot} \leq 0,07/f_g$, aber maximal 0,15

Figur 12 Anforderungen an den Gesamtenergiedurchlassgrad g_{tot} von Fassadenfenstern (Verglasung und Sonnenschutz) je nach Glasanteil der Fassade und ihrer Orientierung



5.2.4.2 Zwischenorientierungen werden linear interpoliert. Wenn bei N-, NE- oder NW-Fassaden mit wesentlichen Reflexionen von Nachbarfassaden zu rechnen ist, sind die Anforderungen für Süd-Fassaden anzuwenden.

5.2.4.3 Bei feststehenden Beschattungen kann die Anforderung an den beweglichen Sonnenschutz so weit reduziert werden, dass die Summe der externen Wärmeeinträge an einem schönen Tag im Herbst (um den 21. September herum) nicht grösser ist als ohne feststehende Beschattung und unter Einhaltung der Anforderungen gemäss 5.2.4.1. Diese Betrachtung muss raumweise erfolgen. Die Beschattung durch umliegende Gebäude kann berücksichtigt werden.

5.2.4.4 Die Sonnenschutzeinrichtungen müssen eine der Tätigkeit der Benutzer entsprechende natürliche Raumbelichtung erlauben.

5.2.4.5 Der bewegliche Sonnenschutz muss die empfohlene Windwiderstandsklasse gemäss Norm SIA 342, Anhang B.2, einhalten.

5.2.4.6 Bei Eckräumen muss jede Fassade mindestens die Anforderung gemäss 5.2.4.1 erfüllen. Zusätzlich erfolgt eine kombinierte Betrachtung, ausgehend von der Fassade mit der grössten Glasfläche (Hauptfassade). Zur Glasfläche dieser Fassade werden die übrigen Glasflächen der Fassadenfenster bis zu einer Fassadenlänge von 5 m unter Berücksichtigung der Gewichtungen in Tabelle 9 addiert, und damit wird der massgebende Glasanteil der Fassade gebildet. Der zu verwendende Glasanteil beträgt maximal 100%. Die resultierende Anforderung gilt für alle Fassadenfenster des betrachteten Raumes.

Die Berechnung erfolgt in zwei Schritten:

1. Schritt: Bestimmung des massgebenden Glasanteils der Hauptfassade f_g^+ :

$$f_g^+ = \min [f_{gH} + \min (5 / l_z; 1) \cdot A_{gz} / A_H \cdot \alpha_z; 1]$$

f_{gH} Glasanteil der Hauptfassade = A_{gH} / A_H

l_z Gesamtlänge der zusätzlichen Fassade, in m

A_{gz} gesamte Glasfläche der zusätzlichen Fassade, in m²

A_H Gesamtfläche der Hauptfassade, in m²

α_z Gewichtungsfaktor der zusätzlichen Fassade gemäss Tabelle 9

Tabelle 9 Gewichtungsfaktoren α_z der zusätzlichen Fassade von Eckräumen

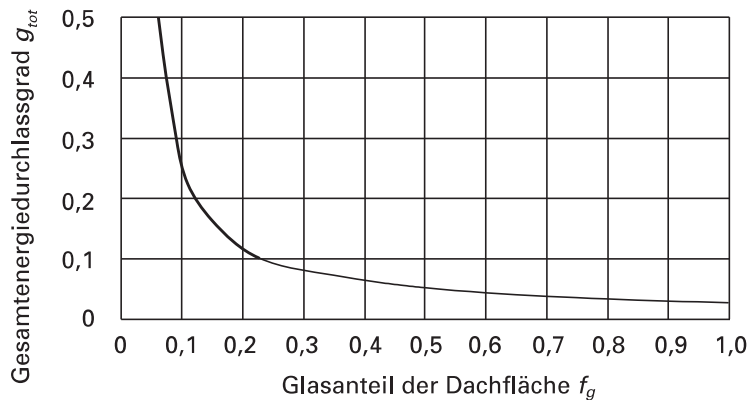
| Orientierung der Hauptfassade | Orientierung der zusätzlichen Fassade | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|--------|-----------------|
| | N | NE, NW | E, SE, S, SW, W |
| N | 1,00 | 1,54 | 2,86 |
| NE, NW | 0,65 | 1,00 | 1,86 |
| E, SE, S, SW, W | 0,35 | 0,54 | 1,00 |

2. Schritt: Berechnung des Grenzwerts für den Gesamtenergiedurchlassgrad g gemäss 5.2.4.1 unter Verwendung des massgebenden Glasanteils f_g^+ .

5.2.4.7 Dachflächenfenster und Oberlichter müssen zusammen mit dem Sonnenschutz die folgenden Anforderungen an den Gesamtenergiedurchlassgrad erfüllen (siehe auch Figur 13): $g \leq \min [0,025 / f_g; 1,00]$.

5.2.4.8 Die Betrachtung erfolgt für die Summe aller Dachflächenfenster und Oberlichter des betrachteten Raumes. Bei grossem Glasanteil der Dachfläche ($f_g > 0,25$) können diese Anforderungen mit einer konventionellen Beschattung eventuell nicht erfüllt werden. In diesem Fall ist die Wärme über eine Entlüftung abzuführen.

Figur 13 Anforderungen an den Gesamtenergiedurchlassgrad g_{tot} von Dachflächenfenstern und Oberlichtern (Verglasung und Sonnenschutz) je nach Glasanteil



- 5.2.4.9 Die innere Oberflächentemperatur in der Mitte der Glasfläche des Fensters oder eines allfälligen innen liegenden Sonnenschutzes darf mit bedientem Sonnenschutz nie mehr als 5 K über der Raumlufttemperatur liegen. Die Oberflächentemperatur θ_{si} der Verglasung kann mit folgender Gleichung bestimmt werden:

$$\theta_{si} = \theta_i + R_{si} \{q_i \cdot I_s - U_g \cdot (\theta_i - \theta_e)\}$$

θ_i Raumtemperatur, in °C

R_{si} Wärmeübergangswiderstand der Verglasung innen, in $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$; ein konventioneller Wert ist $0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$

q_i sekundärer Wärmeabgabegrad der Verglasung nach innen mit Sonnenschutz, dimensionslos

I_s Globalstrahlungsintensität in der Fassadenebene, in W/m^2 ; ein konventioneller Wert ist $900 \text{ W}/\text{m}^2$

U_g Wärmedurchgangskoeffizient in der Mitte der Verglasung, in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

θ_e Aussentemperatur, in °C, gemäss SIA 2028, Tabelle 5, Sommertemperatur



- 5.2.4.10 Bei klimatisierten Gebäuden wird der Sonnenschutz automatisch gesteuert, unter Berücksichtigung von 2.1.4. Der Sonnenschutz von Fenstern auf verschiedenen Fassaden und von Oberlichtern wird separat gesteuert.

5.2.5 Wärmedämmung und Wärmespeicherfähigkeit (Verfahren 2)

- 5.2.5.1 Dachkonstruktionen über bewohnten Dachräumen müssen einen dynamischen Wärmedurchgangskoeffizienten U_{24} von maximal $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ aufweisen. Dachkonstruktionen mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten $U \leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ erfüllen diese Anforderung.

- 5.2.5.2 Die auf die Nettogeschossfläche bezogene Wärmespeicherfähigkeit C_R/A_{NGF} eines Raumes muss mindestens $45 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ betragen. Die Berechnung der Wärmespeicherfähigkeit der Bauteile erfolgt nach SN EN ISO 13786 für eine Periode von 24 Stunden unter Berücksichtigung der Wärmeübergangswiderstände. Weitere Angaben finden sich in Anhang D.

- 5.2.5.3 Abgehängte Decken sind für die Berechnung der Wärmespeicherfähigkeit C_R als komplett geschlossenen anzunehmen und als zusätzlicher thermischer Widerstand zu betrachten. Die Randeffekte und die Hinterlüftung von partiell abgehängten Decken sind gemäss dem in Anhang D beschriebenen Verfahren zu berücksichtigen.

5.2.6 Simulation (Verfahren 3)

- 5.2.6.1 Für dieses Verfahren ist jedes dynamische Rechenverfahren zur Darstellung des Temperaturverlaufs im Sommer zulässig, sofern es die folgenden Kriterien erfüllt:

- alle Wärmeeinträge, sowohl sensible interne wie solare, werden erfasst,
- die in den Bauteilen gespeicherte oder von ihnen abgegebene Wärmemenge ist auszuweisen,
- die durch natürliche oder mechanische Lüftung zu- oder abgeführten Wärmemengen sind anzugeben,
- es ist nach der in SN EN ISO 13791 oder SN EN ISO 13792 enthaltenen Methode validiert.

- 5.2.6.2 Bei der Simulation sind die Randbedingungen von Anhang C.1 einzuhalten. Es ist nachzuweisen, dass die Berechnungsannahmen umgesetzt werden können. Abweichungen sind zu begründen.

- 5.2.6.3 Der Nachweis ist erfüllt, wenn in der Beobachtungsperiode alle berechneten empfundenen Temperaturen unter der oberen Grenzkurve von Figur 3 liegen.



5.3 Nachweis durch Messung



- 5.3.1 Durch Messungen ist die Erreichung der Behaglichkeitsanforderungen gemäss 5.1 nachzuweisen.

- 5.3.2 Die Eigenschaften der Instrumente zur Messung von physikalischen Grössen wie Temperatur, Feuchte, Luftgeschwindigkeit müssen SN EN ISO 7726 entsprechen.

6 FEUCHTESCHUTZ

6.1 Generelle Anforderungen

- 6.1.1 Die lokale Anhäufung von Wasser in Spalten, Poren und an Trennflächen in Quantitäten, die Schäden verursachen oder das Schimmelwachstum begünstigen können, ist nicht zulässig.
- 6.1.2 Der Wärmedurchlasswiderstand eines Bauteils darf sich durch Feuchteinfluss nicht irreversibel verschlechtern.

6.2 Vermeidung von Oberflächenkondensat und Schimmelpilzbefall an Oberflächen

6.2.1 Anforderungen

- 6.2.1.1 Das Gebäude ist im Detail so zu projektieren und auszuführen, dass im bewohnten Raum
- an keiner Stelle Oberflächenkondensat auftritt,
 - an keiner Stelle die Gefahr von Schimmelpilzbefall besteht.
- 6.2.1.2 Kurzfristiges Auftreten von Kondenswasser an der Oberfläche ist dann zulässig, wenn dies nicht zu Schäden führt.
- 6.2.1.3 Um das Schimmelpilzrisiko zu vermeiden, darf die Oberflächenfeuchte (relative Feuchte der oberflächennahen Luftschicht) den Wert von 80 % nicht während mehr als zweier aufeinander folgender Wochen pro Jahr übersteigen.
- 6.2.1.4 Um Feuchteschäden zu vermeiden, darf die relative Luftfeuchte in den Räumen mit Personenbelegung die Grenzen gemäss Figur 14 oder Tabelle 10 im Tagesmittel nicht überschreiten. Die Gleichung zu dieser Figur ist unter 6.2.1.5 angegeben; der Oberflächentemperaturfaktor f_{Rsi} wurde auf 0,75 festgelegt und $p_e = (0,75 - 0,0025 \cdot \theta_e) \cdot p_{sat}(\theta_e)$.



Figur 14 Maximal zulässige relative Feuchte der Raumluft zur Bestimmung des Aussenluft-Volumenstroms (Tagesmittelwerte)

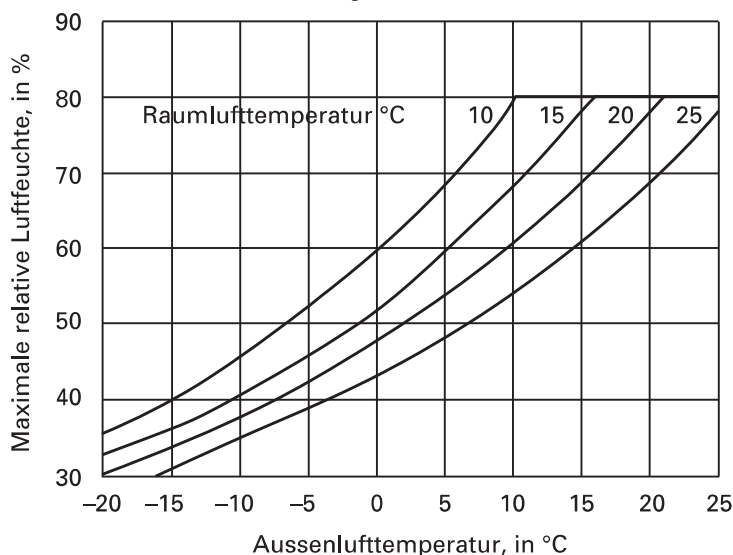




Tabelle 10 Maximal zulässiges Tagesmittel der Raumluftfeuchte für eine Raumlufttemperatur von 20 °C

| Aussenlufttemperatur °C | 20 | 15 | 10 | 5 | 0 | -5 | -10 | -15 | -20 |
|--|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| $p_{v,i,max}$, in Pa | 1823 | 1605 | 1418 | 1255 | 1114 | 988 | 880 | 786 | 703 |
| $V_{i,max}$, in g/m ³ | 13,5 | 11,9 | 10,5 | 9,3 | 8,2 | 7,3 | 6,5 | 5,8 | 5,2 |
| $\varphi_{i,max}$, in % bei $\theta_i = 20\text{ °C}$ | 78 | 69 | 61 | 54 | 48 | 42 | 38 | 34 | 30 |
| Taupunkt $\theta_{i,D,max}$, in °C | 16,0 | 14,1 | 12,2 | 10,3 | 8,6 | 6,8 | 5,1 | 3,5 | 1,9 |



6.2.1.5 Bei abweichenden Nutzungsbedingungen (Raumlufttemperaturen $\neq 20\text{ °C}$) und in Räumen mit unvermeidbaren Wärmebrücken mit einem Oberflächentemperaturfaktor unter 0,75 ist eine Berechnung der maximal zulässigen relativen Raumluftfeuchte $\varphi_{i,max}$ mit folgender Gleichung notwendig:⁷

$$\varphi_{i,max} = \frac{p_{v,i,max}}{p_{v,sat}(\theta_i)} \text{ in \%}$$

$p_{v,i,max}$ maximal zulässiger Wasserdampfdruck in der Raumluft, in Pa

$$p_{v,i,max} = 0,2 \cdot p_{v,e} + 0,8 \cdot Z \cdot p_{v,sat}(\theta_{si}), \text{ mit Sicherheitsfaktor } Z = 0,8$$

$p_{v,sat}$ Wasserdampf-sättigungsdruck bei der angegebenen Temperatur (Anhang A), in Pa

$p_{v,e}$ Wasserdampfdruck der Aussenluft, in Pa

$$p_{v,e} = (0,75 - 0,0025 \cdot \theta_{a,e}) \cdot p_{v,sat}(\theta_{a,e})$$

θ_{si} Oberflächentemperatur, in °C

$$\theta_{si} = \theta_{a,e} + f_{Rsi} \cdot (\theta_{a,i} - \theta_{a,e})$$

f_{Rsi} tiefster Oberflächentemperaturfaktor der Wärmebrücken in Kontakt mit der Raumluft, mit Ausnahme von Glas und Rahmen der Fenster

$\theta_{a,e}$ Aussenlufttemperatur, in °C

$\theta_{a,i}$ Raumlufttemperatur, in °C

6.2.1.6 Für das Risiko von Oberflächenkondensat ist die momentane Raumluftfeuchte massgebend. Der minimale Aussenluft-Volumenstrom $q_{v,min}$, um kurzfristiges Oberflächenkondensat während Zeiten starker Feuchtebelastung zu vermeiden, ergibt sich aus 3.5.3.1 auf Grund der Momentanwerte für die Feuchteproduktion. Die maximal zulässige volumenbezogene Raumluftfeuchte $v_{i,li}$ ist damit aus dem Oberflächentemperaturfaktor f_{Rsi} des kritischen Bauteils bestimmt.

6.2.1.7 In Räumen, die Stellen aufweisen, an denen die Oberflächentemperatur dauerhaft im Taupunkt der Aussenluft oder darunter liegt, müssen für die Nutzung spezielle Massnahmen getroffen werden (z.B. Verzicht auf Lüftung, Belüftung reduzieren, Entfeuchtung, Heizung entsprechend der Nutzung der Räume).

6.2.2 Vereinfachter Nachweis

6.2.2.1 Sofern die maximal zulässige Raumluftfeuchte gemäss Figur 14 nicht überschritten wird, sind die Anforderungen gemäss 6.2.1 erfüllt, wenn

- für flächige Bauteile die maximalen U -Werte gemäss 4.1.2 eingehalten sind,
- für konstruktive Wärmebrücken bei Bauteilen, ausgenommen Fenster und Türen, der Oberflächentemperaturfaktor f_{Rsi} grösser oder gleich dem Grenzwert nach Anhang F für den entsprechenden Standort ist.

6.2.2.2 Der Oberflächentemperaturfaktor wird gemäss SN EN ISO 10211 ausgehend von den Oberflächentemperaturen berechnet, die durch numerische Simulation des Bauteils erhalten wurden.

⁷ Die Figur 14 wurde mit dieser Gleichung berechnet, mit einem üblichen Oberflächentemperaturfaktor und einer üblichen Aussenluftfeuchte.



6.2.3 Nachweis durch Berechnung

6.2.3.1 Ein rechnerischer Nachweis ist insbesondere notwendig, wenn auf Grund spezieller Nutzungsbedingungen die maximal zulässigen Raumlufffeuchten gemäss 6.2.1.4 überschritten werden. Ein rechnerischer Nachweis ist auch bei erheblichen Wärmebrücken ($f_{Rsi} < 0,75$) erforderlich, selbst wenn die effektiven Raumlufffeuchten nachweislich wesentlich tiefer sind als die maximal zulässigen. Bei Simulationsrechnungen sind die Randbedingungen gemäss C.4 zu verwenden.

6.2.3.2 Der Temperaturverlauf in Wärmebrücken, bei denen keine Erfahrungen in Bezug auf Kondensations- und Schimmelpilzrisiko vorliegen, muss mit geeigneten und SN EN ISO 10211 oder SN EN ISO 10077-2 entsprechenden Programmen berechnet werden, um den Punkt mit dem tiefsten Oberflächentemperaturfaktor zu bestimmen.

6.2.3.3 Die Norm SN EN ISO 10211 behandelt die Berechnung der Wärmeströme und Oberflächentemperaturen von Bauteilen.

6.2.3.4 Die Norm SN EN ISO 14683 zeigt anhand vereinfachter Verfahren und gebräuchlicher Rechenwerte, wie zahlreiche typische Wärmebrücken zu berücksichtigen sind.

6.2.3.5 Die anhand bewährter Rechenverfahren erstellten Wärmebrückenkataloge können in gleicher Weise wie die oben erwähnten Normen verwendet werden.

6.2.3.6 Bei der Berechnung der Oberflächentemperaturen sind die folgenden Wärmeübergangswiderstände gemäss SN EN ISO 13788 einzusetzen:

- an der äusseren Oberfläche:
 - gegen Aussenklima $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
 - im Erdreich $R_{se} = 0,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
- an der inneren Oberfläche:
 - an Fenstern und Türen $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
 - an allen anderen Flächen $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Der hohe Wert des inneren Wärmeübergangswiderstands trägt der Auswirkung von Gebäudekanten Rechnung.

Verdeckte Orte (z.B. Wandflächen hinter anliegenden Möbeln ohne Luftzirkulation oder hinter Vorhängen) weisen noch höhere Wärmeübergangswiderstände auf. Diese Fälle sind gegebenenfalls speziell zu prüfen.

6.2.3.7 Das Nachweisverfahren für die Oberflächenkondensatfreiheit und für die Schimmelpilzfreiheit ist in Anhang E.1 beschrieben.

6.2.4 Nachweis durch Messung

6.2.4.1 Raumlufffeuchte

Die Aufzeichnung der Innen- und Aussentemperaturen sowie der relativen Feuchte der Raumluff bietet die Möglichkeit zu überprüfen, ob die Bedingungen gemäss 6.2.1.4 erfüllt werden. Die minimale Aufzeichnungsdauer beträgt eine Woche in der Heizperiode.

6.2.4.2 Oberflächentemperaturfaktor

Der Oberflächentemperaturfaktor berechnet sich aus den gemessenen Werten der Raumlufftemperatur $\theta_{a, i}$, der Aussenlufttemperatur $\theta_{a, e}$ und der inneren Oberflächentemperatur θ_{si} .

Dieser Faktor bezieht sich auf einen stationären Zustand, der jedoch praktisch nie erreicht wird. Deshalb muss eine Messung unter möglichst stabilen Temperaturbedingungen und ohne Sonneneinstrahlung auf das gemessene Bauteil über eine längere Messdauer durchgeführt werden, worauf der tatsächliche Wert des Oberflächentemperaturfaktors aus dem Mittelwert der Temperaturmessungen bestimmt wird.

Die Anzahl der Messungen und das Messintervall hängen von der Art des gemessenen Bauteils ab. Die Tabelle 11 enthält entsprechende Angaben.

Tabelle 11 Werte für die minimalen Messintervalle und -dauern für verschiedene Bauteile

| Bauart | Messintervall | Dauer der Messung |
|---|---------------|-------------------|
| Leichte Bauteile (Holzkonstruktion oder Leichtbauplatten) | 5 Minuten | 1 bis 2 Tage |
| Schwere Bauteile (Mauerwerk) mit stabiler Raumtemperatur | 15 Minuten | 2 bis 5 Tage |
| Schwere Bauteile mit instabiler Raumtemperatur | 30 Minuten | 4 bis 10 Tage |

6.3 Verhinderung von unzulässiger Feuchte in Bauteilen durch Diffusions- und Kapillarprozesse

6.3.1 Anforderungen

- 6.3.1.1 Es darf keine schädliche Anreicherung von Feuchte in der Konstruktion auftreten.
- 6.3.1.2 Die Risikobewertung muss den Feuchtetransport berücksichtigen
- durch konvektive Luftströme,
 - durch Kapillarleitung,
 - durch Wasserdampfdiffusion.
- 6.3.1.3 Für die Wasserdampf-Diffusionsvorgänge gibt es Nachweisverfahren (vgl. 6.3.4). Die Berücksichtigung aller drei oben genannten Arten des Feuchtetransports erfordert eine spezifische Beurteilung im Einzelfall.
- 6.3.1.4 Die Anforderungen an die Luftdichtheit der Gebäudehülle gemäss 3.6.1 tragen dazu bei, einen konvektiven Feuchteeintrag in die Konstruktion zu verhindern.

6.3.2 Konstruktive Massnahmen

- 6.3.2.1 Der Bauablauf ist so zu gestalten, dass vor dem Bezug eine Austrocknung der Konstruktion erfolgen kann.
- 6.3.2.2 Die Bauteile sind so zu gestalten, dass ihre eigene Baufeuchte nicht auf andere Bauteile schädigend übertragen wird. Feuchtewanderungen von Bauteil zu Bauteil (z.B. zwischen Wand und Decke) sind zu unterbinden.
- 6.3.2.3 Kaltseitig der Dämmebene angeordnete, nicht belüftete Hohlräume erfordern eine kritische Prüfung, da bei extremen Temperaturstürzen Kondenswasserprobleme auftreten könnten.
- 6.3.2.4 Flächen, die Wärme gegen den Nachthimmel abstrahlen und als äusserste Schicht der Konstruktion nur wenig Masse aufweisen, müssen so beschaffen sein, dass das anfallende Kondenswasser weder ein Algenwachstum fördert noch zu einer verstärkten Anhaftung von Feinstaub an diesen Flächen führt. Durch geeignete Massnahmen wie sorptionsfähige Oberflächen, Vordächer usw. können diese Oberflächen-Kondensatmengen minimiert werden. Aus ökologischen Überlegungen ist vom Einsatz von Bioziden abzusehen.

6.3.3 Vereinfachter Nachweis

Bei normaler Wohn- und Arbeitsnutzung (ohne besondere Klimatisierung) sind die Anforderungen gemäss 6.3.1 für folgende Wand- bzw. Dachkonstruktionen erfüllt:

- Aussenwärmedämmung mit dampfdurchlässigem Aussenputz,
- homogen gedämmte Wand mit dampfdurchlässiger äusserer Bekleidung,
- Dämmung mit äusserer hinterlüfteter Bekleidung (Wand oder Dach),
- Umkehrdach mit dafür geeigneter Wärmedämmung und dampfdurchlässiger Abdeckung.

6.3.4 **Nachweis durch Berechnung**

6.3.4.1 Verhinderung von unzulässiger Feuchte in Bauteilen durch Diffusionsprozesse, Glaserverfahren

Das Glaserverfahren gemäss SN EN ISO 13788 kann als Nachweisverfahren für die meisten Konstruktionen dienen, um zu beurteilen, ob sich im Laufe der Zeit durch Diffusionsprozesse eine unzulässige Anreicherung der Feuchte ergibt.

Für Konstruktionen mit diffusionsdichter Aussenschicht oder Baustoffen, deren Dampfdurchlässigkeit sich entsprechend der Raumluftfeuchte stark ändert, ist das Glaserverfahren gemäss SN EN ISO 13788 als Nachweisverfahren jedoch nicht zulässig. Dieser Nachweis muss unter Berücksichtigung der dynamischen Effekte gemäss SN EN 15026 erfolgen und mindestens die Angaben zum Kondensatrisiko innerhalb der Konstruktion und zu den zu erwartenden Feuchteänderungen der verschiedenen Schichten enthalten.

Die Bedingungen für den Diffusionsnachweis mit dem Glaserverfahren sind in Anhang E.2 beschrieben.

Der Diffusionsnachweis gilt als erbracht, wenn

- es am Ende des Sommers kein Kondensationswasser im Bauteil gibt,
- die in der Kondensationsperiode aufsummierte Kondensatwassermenge folgende Werte in den angrenzenden Schichten nicht überschreitet:

| | |
|---|------------------------|
| – Holz und Holzwerkstoffe | 3% der Schichtmasse |
| – Wärmedämmstoffe | 1% des Schichtvolumens |
| – poröse Baustoffe mit kapillarer Feuchtetransportfähigkeit | 800 g/m ² |

6.3.4.2 Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation

Durch numerische Simulation können instationäre Wärme- und Feuchteübertragungsvorgänge innerhalb von Konstruktionen abgebildet werden. Die Berechnungen haben nach SN EN 15026 zu erfolgen. Die Berechnungsvoraussetzungen bei der Simulation sind in Anhang C.5 beschrieben.

Die Simulation gemäss SN EN 15026 darf nicht angewendet werden, wenn

- die Konvektion durch Öffnungen und Risse erfolgt,
- zweidimensionale Effekte eine bedeutende Rolle spielen (z.B. aufsteigende Feuchte, Bedingungen im Bereich von Wärmebrücken, Wirkung von Gravitationskräften),
- hydraulische, osmotische, elektrophoretische Kräfte vorhanden sind,
- die mittleren Tagesemperaturen im Bauteil 50 °C überschreiten.

6.3.5 **Nachweis durch Messungen**

Mit der Entnahme von Proben und der Darrtrocknungsmethode wird der Feuchtegehalt von Baustoffen mit hoher Genauigkeit festgestellt. Nicht zerstörende Methoden durch Messung der elektrischen Kapazität oder des elektrischen Widerstands benötigen für jedes Material eine Eichung.

6.4 **Verhindern von zu grossen Formänderungen organischer Materialien infolge zu langer Feuchte- oder Trockenperioden**

6.4.1 Zum Schutz organischer Materialien vor zu grossen Formänderungen sollen die Tagesmittelwerte der relativen Raumluftfeuchte bei Höhenlagen bis 800 m ü.M. im Allgemeinen zwischen 30 % und 70 % liegen.

6.4.2 In Höhenlagen über 800 m ü.M. reduzieren sich die Untergrenze und die Obergrenze um 1 % r.F. pro 100 m. Auf einer Höhe von 1800 m ü.M. liegt der Bereich z.B. zwischen 20 % und 60 % r.F.

6.4.3 Die Untergrenze der relativen Raumluftfeuchte darf pro Monat an maximal 5 aufeinanderfolgenden Tagen unterschritten, die Obergrenze pro Monat an maximal 5 aufeinanderfolgenden Tagen überschritten werden.

6.4.4 Der zulässige Bereich der relativen Raumluftfeuchte ist ohne aktive Befeuchtung und ohne Entfeuchtung einzuhalten, ausser wenn die in 3.5.1.3 und 3.5.1.4 aufgeführten Massnahmen nicht ausreichen.

Anhang A (normativ) Wasserdampf

A.1 Wasserdampf-Sättigungsdruck $p_{v,sat}$ in Pa, maximale volumenbezogene Luftfeuchte v_{sat} sowie maximale massebezogene Luftfeuchte x_{sat} für einen Luftdruck von 96'600 Pa (400 m ü.M.)

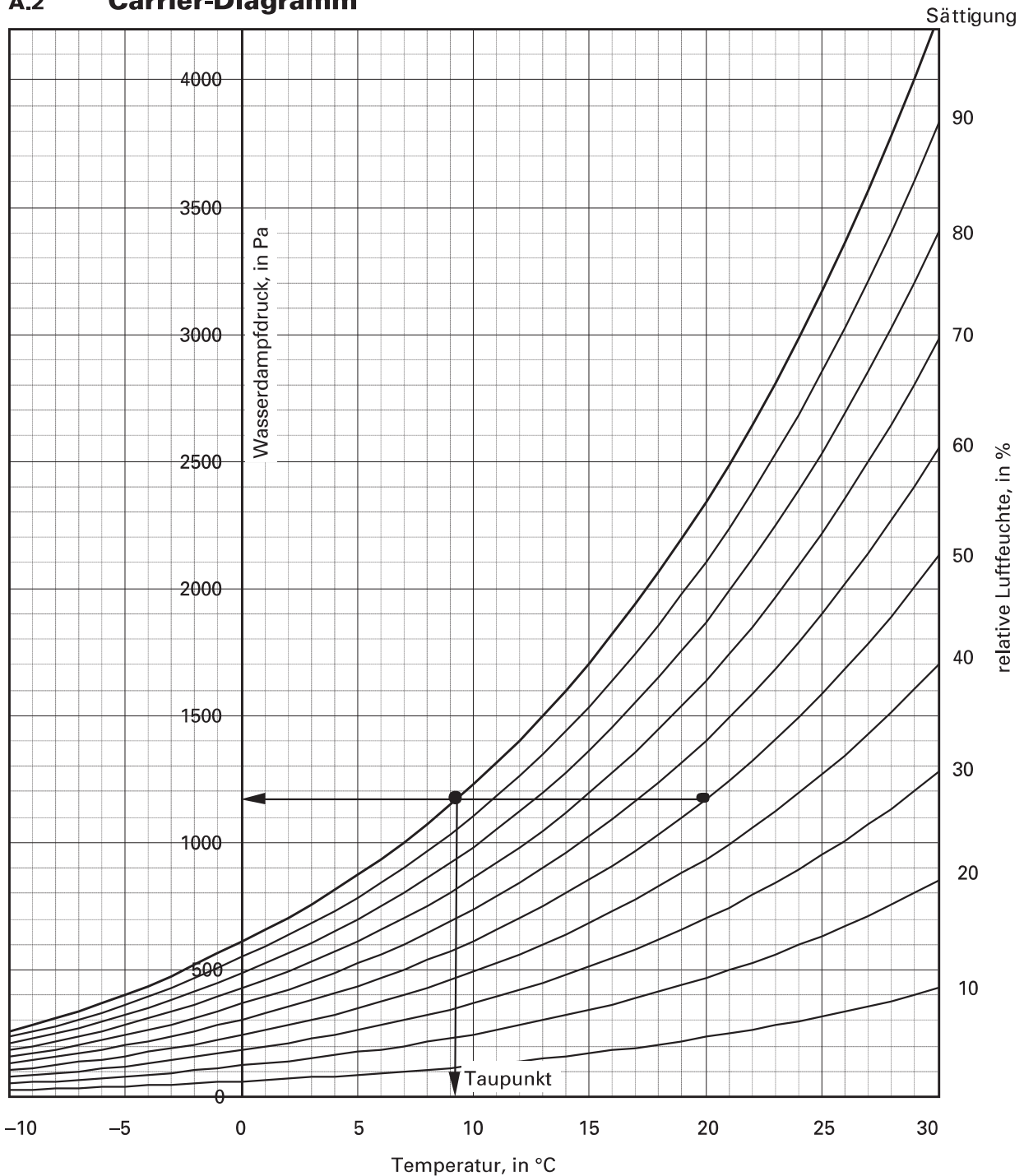
| °C | ..,0 | ..,1 | ..,2 | ..,3 | ..,4 | ..,5 | ..,6 | ..,7 | ..,8 | ..,9 | v_{sat} | x_{sat} |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------|-----------|
| | Pa | Pa | Pa | Pa | Pa | Pa | Pa | Pa | Pa | Pa | g/m ³ | g/kg |
| 30 | 4241 | 4265 | 4289 | 4314 | 4339 | 4364 | 4389 | 4414 | 4439 | 4464 | 30,28 | 28,07 |
| 29 | 4003 | 4026 | 4050 | 4073 | 4097 | 4120 | 4144 | 4168 | 4192 | 4216 | 28,68 | 26,46 |
| 28 | 3778 | 3800 | 3822 | 3844 | 3867 | 3889 | 3912 | 3934 | 3957 | 3980 | 27,15 | 24,93 |
| 27 | 3563 | 3584 | 3605 | 3626 | 3648 | 3669 | 3691 | 3712 | 3734 | 3756 | 25,69 | 23,48 |
| 26 | 3359 | 3379 | 3399 | 3419 | 3440 | 3460 | 3480 | 3501 | 3522 | 3542 | 24,31 | 22,11 |
| 25 | 3166 | 3185 | 3204 | 3223 | 3242 | 3261 | 3281 | 3300 | 3320 | 3340 | 22,98 | 20,81 |
| 24 | 2982 | 3000 | 3018 | 3036 | 3055 | 3073 | 3091 | 3110 | 3128 | 3147 | 21,72 | 19,58 |
| 23 | 2808 | 2825 | 2842 | 2859 | 2876 | 2894 | 2911 | 2929 | 2947 | 2964 | 20,52 | 18,41 |
| 22 | 2642 | 2659 | 2675 | 2691 | 2708 | 2724 | 2741 | 2757 | 2774 | 2791 | 19,38 | 17,31 |
| 21 | 2486 | 2501 | 2516 | 2532 | 2547 | 2563 | 2579 | 2594 | 2610 | 2626 | 18,29 | 16,27 |
| 20 | 2337 | 2351 | 2366 | 2381 | 2395 | 2410 | 2425 | 2440 | 2455 | 2470 | 17,25 | 15,28 |
| 19 | 2196 | 2210 | 2224 | 2238 | 2252 | 2266 | 2280 | 2294 | 2308 | 2323 | 16,27 | 14,34 |
| 18 | 2063 | 2076 | 2089 | 2102 | 2115 | 2129 | 2142 | 2155 | 2169 | 2182 | 15,34 | 13,46 |
| 17 | 1937 | 1949 | 1961 | 1974 | 1986 | 1999 | 2012 | 2024 | 2037 | 2050 | 14,45 | 12,63 |
| 16 | 1817 | 1829 | 1841 | 1852 | 1864 | 1876 | 1888 | 1900 | 1912 | 1924 | 13,60 | 11,84 |
| 15 | 1704 | 1715 | 1726 | 1738 | 1749 | 1760 | 1771 | 1783 | 1794 | 1806 | 12,80 | 11,10 |
| 14 | 1598 | 1608 | 1619 | 1629 | 1640 | 1650 | 1661 | 1672 | 1683 | 1693 | 12,04 | 10,40 |
| 13 | 1497 | 1507 | 1517 | 1527 | 1537 | 1547 | 1557 | 1567 | 1577 | 1587 | 11,32 | 9,73 |
| 12 | 1402 | 1411 | 1420 | 1430 | 1439 | 1449 | 1458 | 1468 | 1477 | 1487 | 10,64 | 9,11 |
| 11 | 1312 | 1321 | 1330 | 1338 | 1347 | 1356 | 1365 | 1374 | 1383 | 1393 | 9,99 | 8,52 |
| 10 | 1227 | 1236 | 1244 | 1252 | 1261 | 1269 | 1278 | 1286 | 1295 | 1303 | 9,38 | 7,97 |
| 9 | 1147 | 1155 | 1163 | 1171 | 1179 | 1187 | 1195 | 1203 | 1211 | 1219 | 8,80 | 7,44 |
| 8 | 1072 | 1080 | 1087 | 1094 | 1102 | 1109 | 1117 | 1124 | 1132 | 1140 | 8,25 | 6,95 |
| 7 | 1001 | 1008 | 1015 | 1022 | 1029 | 1036 | 1043 | 1050 | 1058 | 1065 | 7,74 | 6,49 |
| 6 | 935 | 941 | 948 | 954 | 961 | 967 | 974 | 981 | 988 | 994 | 7,25 | 6,05 |
| 5 | 872 | 878 | 884 | 890 | 897 | 903 | 909 | 915 | 922 | 928 | 6,78 | 5,65 |
| 4 | 813 | 819 | 824 | 830 | 836 | 842 | 848 | 854 | 860 | 866 | 6,35 | 5,26 |
| 3 | 757 | 763 | 768 | 774 | 779 | 785 | 790 | 796 | 801 | 807 | 5,94 | 4,90 |
| 2 | 705 | 710 | 715 | 721 | 726 | 731 | 736 | 741 | 747 | 752 | 5,55 | 4,56 |
| 1 | 656 | 661 | 666 | 671 | 676 | 680 | 685 | 690 | 695 | 700 | 5,18 | 4,24 |
| 0 | 611 | 615 | 619 | 624 | 629 | 633 | 638 | 642 | 647 | 652 | 4,84 | 3,95 |

| °C | ..,0 | ..,1 | ..,2 | ..,3 | ..,4 | ..,5 | ..,6 | ..,7 | ..,8 | ..,9 | v_{sat} | x_{sat} |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------|-----------|
| | Pa | Pa | Pa | Pa | Pa | Pa | Pa | Pa | Pa | Pa | g/m ³ | g/kg |
| 0 | 611 | 615 | 619 | 624 | 629 | 633 | 638 | 642 | 647 | 652 | 4,84 | 3,95 |
| -0 | 610 | 605 | 601 | 596 | 591 | 586 | 581 | 576 | 571 | 567 | 4,84 | 3,95 |
| -1 | 562 | 557 | 553 | 548 | 544 | 539 | 535 | 530 | 526 | 521 | 4,47 | 3,63 |
| -2 | 517 | 513 | 509 | 504 | 500 | 496 | 492 | 488 | 484 | 479 | 4,13 | 3,34 |
| -3 | 475 | 471 | 468 | 464 | 460 | 456 | 452 | 448 | 444 | 441 | 3,81 | 3,07 |
| -4 | 437 | 433 | 430 | 426 | 422 | 419 | 415 | 412 | 408 | 405 | 3,51 | 2,82 |
| -5 | 401 | 398 | 394 | 391 | 388 | 384 | 381 | 378 | 375 | 371 | 3,24 | 2,59 |
| -6 | 368 | 365 | 362 | 359 | 356 | 353 | 350 | 347 | 344 | 341 | 2,98 | 2,38 |
| -7 | 338 | 335 | 332 | 329 | 326 | 323 | 320 | 318 | 315 | 312 | 2,75 | 2,18 |
| -8 | 309 | 307 | 304 | 301 | 299 | 296 | 294 | 291 | 288 | 286 | 2,53 | 2,00 |
| -9 | 283 | 281 | 278 | 276 | 274 | 271 | 269 | 266 | 264 | 262 | 2,32 | 1,83 |
| -10 | 259 | 257 | 255 | 252 | 250 | 248 | 246 | 244 | 241 | 239 | 2,13 | 1,67 |
| -11 | 237 | 235 | 233 | 231 | 229 | 227 | 225 | 223 | 221 | 219 | 1,96 | 1,53 |
| -12 | 217 | 215 | 213 | 211 | 209 | 207 | 205 | 203 | 202 | 200 | 1,80 | 1,40 |
| -13 | 198 | 196 | 194 | 193 | 191 | 189 | 187 | 186 | 184 | 182 | 1,65 | 1,28 |
| -14 | 181 | 179 | 177 | 176 | 174 | 173 | 171 | 169 | 168 | 166 | 1,51 | 1,16 |
| -15 | 165 | 163 | 162 | 160 | 159 | 157 | 156 | 154 | 153 | 152 | 1,38 | 1,06 |
| -16 | 150 | 149 | 147 | 146 | 145 | 143 | 142 | 141 | 139 | 138 | 1,26 | 0,97 |
| -17 | 137 | 135 | 134 | 133 | 132 | 130 | 129 | 128 | 127 | 126 | 1,16 | 0,88 |
| -18 | 124 | 123 | 122 | 121 | 120 | 119 | 117 | 116 | 115 | 114 | 1,06 | 0,80 |
| -19 | 113 | 112 | 111 | 110 | 109 | 108 | 107 | 106 | 105 | 104 | 0,96 | 0,73 |
| -20 | 103 | 102 | 101 | 100 | 99 | 98 | 97 | 96 | 95 | 94 | 0,88 | 0,66 |
| -21 | 93 | 92 | 91 | 91 | 90 | 89 | 88 | 87 | 86 | 85 | 0,80 | 0,60 |
| -22 | 85 | 84 | 83 | 82 | 81 | 81 | 80 | 79 | 78 | 77 | 0,73 | 0,55 |
| -23 | 77 | 76 | 75 | 74 | 74 | 73 | 72 | 72 | 71 | 70 | 0,66 | 0,49 |
| -24 | 69 | 69 | 68 | 67 | 67 | 66 | 65 | 65 | 64 | 63 | 0,60 | 0,45 |
| -25 | 63 | 62 | 62 | 61 | 60 | 60 | 59 | 59 | 58 | 57 | 0,55 | 0,40 |

Die Tabelle wurde anhand folgender Gleichungen berechnet (SN EN ISO 13788):

für 0°C und darüber: $p_{v,sat} = 610,5 \exp\left(\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}\right)$ unter 0°C: $p_{v,sat} = 610,5 \exp\left(\frac{21,875 \cdot \theta}{265,5 + \theta}\right)$

A.2 Carrier-Diagramm



Beispiel:

Luft von 20°C und 50% relativer Feuchte weist einen Wasserdampfdruck von ca. 1168 Pa auf; der Taupunkt ist 9,3°C.

In Tabelle A.1 ist die maximale massebezogene Luftfeuchte x_{sat} für einen Druck von 96'600 Pa angegeben. Für andere Drücke gilt:

$$x(p, \theta) = \frac{M_e \cdot p_e}{M_a \cdot p_a - M_e \cdot p_e}$$

$M_a = 0,0289645$ kg und $M_e = 0,01801628$ kg sind die molaren Massen von Luft bzw. Wasser

p_e Wasserdampfdruck

p_a Luftdruck

Der Sättigungsdampfdruck $p_{v,sat}$ und der Sättigungswassergehalt v_{sat} hängen nur von der Temperatur ab.



Anhang B (normativ)

Berechnungen zur thermischen Behaglichkeit

Die folgenden Gleichungen werden zur Berechnung des *PMV* und des Anteils Unzufriedener verwendet.⁸

B.1 Massstab für die Beurteilung der thermischen Behaglichkeit (*PMV*)

Die Bewertung der thermischen Behaglichkeit durch die Benutzer erhält man, indem sie ihren Eindruck (der thermischen Behaglichkeit) nach dem folgenden Massstab notieren:

| | |
|----|------------|
| -3 | kalt |
| -2 | kühl |
| -1 | etwas kühl |
| 0 | neutral |
| +1 | etwas warm |
| +2 | warm |
| +3 | heiss |

B.2 Gleichung von Fanger

Mit den Eingaben

| | | |
|--|-----------|-----------------------|
| Lufttemperatur | T_a | K |
| mittlere Strahlungstemperatur | T_r | K |
| relative Luftgeschwindigkeit | v_a | m/s |
| Teildampfdruck | p_v | Pa |
| metabolische Aktivität der Person | M | W |
| gelieferte mechanische Arbeit | W | W |
| Körperoberfläche | A | m ² |
| Energieumsatz der Person | $m = M/A$ | W/m ² |
| wirksame mechanische Leistung der Person | $w = W/A$ | W/m ² |
| konvektiver Wärmeübergangskoeffizient | h | W/(m ² ·K) |
| Wärmeübergangswiderstand der Bekleidung | R | m ² ·K/W |
| Anteil der bekleideten Körperoberfläche | f_{clo} | |

kann die erwartete durchschnittliche Bewertung (*PMV*) durch Auflösung der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$PMV = [0,303 \cdot \exp(-0,036 \cdot m) + 0,028] \cdot [m - w - 0,00305 \cdot (5733 - 6,99 \cdot (m - w) - p_v) - 0,42 \cdot (m - w - 58,15) - 0,000017 \cdot m \cdot (5867 - p_v) - 0,0014 \cdot m \cdot (34 - T_a) - F]$$

Die Funktion der Bekleidung *F* ist:

$$F = 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{clo} \cdot (T_{clo}^4 - T_r^4) + f_{clo} \cdot h \cdot (T_{clo} - T_a), \text{ wobei } h = \max [2,38 \cdot (T_{clo} - T_a)^{1/4}; 12,1 \sqrt{v_a}]$$

Die (absolute) Temperatur der Kleider T_{clo} erhält man durch Auflösung der Gleichung:

$$T_{clo} = 308,9 - 0,028 \cdot (m - w) - R \cdot F$$

Der Anteil der bekleideten Körperoberfläche f_{clo} kann wie folgt abgeschätzt werden:

$$f_{clo} = 1,00 + 1,290 R \quad \text{wenn } R \leq 0,078 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

$$f_{clo} = 1,05 + 0,645 R \quad \text{wenn } R > 0,078 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

⁸ B.1 und B.2 sind Auszüge aus SN EN ISO 7730. Die Gleichungen in B.3.4 stammen nicht aus SN EN ISO 7730, die falsch sind. Die in SN EN ISO 7730 angegebenen Gleichungen geben nicht die Diagramme in SN EN ISO 7730 wieder.

Der berechnete *PMV*-Index sollte nur für Werte von -2 bis $+2$ angewendet werden und nur, wenn die sechs Hauptparameter innerhalb folgender Grenzen liegen:

| | |
|-------|---|
| m | 46 W/m ² bis 232 W/m ² (0,8 met bis 4 met) |
| R | 0 m ² ·K/W bis 0,310 m ² ·K/W (0 clo bis 2 clo) |
| T_a | 283 K bis 303 K (10°C bis 30°C) |
| T_r | 283 K bis 313 K (10°C bis 40°C) |
| v_a | 0 m/s bis 1 m/s |
| p_v | 0 Pa bis 2700 Pa |

Tabelle 12 gibt die Wärmeeinträge (Wärmeabgabe) des Körpers (fühlbare und latente) bei verschiedenen Tätigkeiten an. Der Tabelle 13 kann der Wärmedämmwert der Bekleidung entnommen werden. Ausführlichere Tabellen sind in SN EN ISO 7730 zu finden.

Tabelle 12 Wärmeeinträge

| Tätigkeit | Spezifische Wärmeeinträge | | Wärmeeinträge W/Person** | | | Behagliche Hauttemperatur °C |
|---|---------------------------|--------------------|--------------------------|----------|--------|------------------------------|
| | met | W/m ² * | total | sensibel | latent | |
| Ruhig liegend, schlafend | 0,8 | 46 | 80 | 55 | 25 | 34,4 |
| Ruhig sitzend | 1 | 58 | 100 | 70 | 30 | 34,1 |
| Sitzende Tätigkeit (Büro, Schule, Labor), ruhig stehend | 1,2 | 70 | 125 | 75 | 50 | 33,8 |
| Leichte Tätigkeit, stehend (Laden, Werkbankarbeit, Labor) | 1,6 | 93 | 170 | 85 | 85 | 33,1 |
| Mittelschwere Tätigkeit, stehend (Haushalt, Werkstatt) | 2 | 116 | 210 | 105 | 105 | 32,5 |
| Gehen in der Ebene (2 km/h) | 1,9 | 110 | 200 | 100 | 100 | 32,7 |
| Gehen in der Ebene (3 km/h) | 2,4 | 139 | 250 | 105 | 145 | 31,9 |
| Gehen in der Ebene (4 km/h) | 2,8 | 162 | 300 | 110 | 190 | 31,2 |
| Gehen in der Ebene (5 km/h) | 3,4 | 200 | 360 | 120 | 240 | 30,3 |

* bezogen auf die Körperoberfläche

** gerundete Werte für eine Person von 1,8 m² Körperoberfläche (z.B. Grösse 1,7 m, Gewicht 69 kg)

Tabelle 13 Bekleidung

| Art der Bekleidung | clo | m ² ·K/W |
|---|-----|---------------------|
| Nackt, stehend | 0,0 | 0,0 |
| Shorts, Badeanzug | 0,1 | 0,015 |
| Typische Tropenbekleidung: Slip, kurzärmeliges Hemd/Bluse mit offenem Kragen, Shorts, leichte Socken und Sandalen | 0,3 | 0,045 |
| Leichte Sommerbekleidung: Slip, kurzärmeliges Hemd/Bluse mit offenem Kragen, leichte lange Hose oder Jupe, leichte Socken und Schuhe | 0,5 | 0,08 |
| Leichte Arbeitsbekleidung: leichte Unterwäsche, kurzärmeliges Hemd/Bluse mit offenem Kragen, Arbeitshose, Socken und Schuhe | 0,7 | 0,11 |
| Hausbekleidung im Winter: Unterwäsche, langärmeliges Hemd/Bluse, Pullover mit langen Ärmeln, Hose oder Jupe, dicke Socken und Schuhe | 1,0 | 0,155 |
| Winterbekleidung: Unterwäsche mit langen Ärmeln und Beinen, langärmeliges Hemd, Anzug mit Hose, Gilet und Weste oder Kleid, dicke Socken und Schuhe | 1,5 | 0,23 |
| Warme Winterbekleidung | 3,0 | 0,45 |

B.3 Lokale Unbehaglichkeitsquellen⁹

Wenn die empfundene Temperatur optimal ist, berechnet sich der Anteil Unzufriedener PD , der aus lokalen Quellen von thermischem Unbehagen stammt, mit folgenden Gleichungen, gültig in den angegebenen Anwendungsbereichen.

B.3.1 Zugluft:

$$DR = (\theta_p - \theta_{a,l}) \cdot (v_{a,l} - 0,05)^{0,62} \cdot (37 \cdot v_{a,l} \cdot T_u + 3,14) \text{ in } \%$$

für $v_{a,l} < 0,05$ m/s ist $v_{a,l} = 0,05$ m/s

für $DR > 100\%$ ist $DR = 100\%$

θ_p Oberflächentemperatur der Haut (34°C für sitzende Person, ideale Behaglichkeit)

$\theta_{a,l}$ lokale Lufttemperatur, in °C, 20°C bis 26°C

$v_{a,l}$ lokale mittlere Luftgeschwindigkeit, in m/s, < 0,5 m/s

T_u lokaler Turbulenzgrad, 10% bis 60%, ohne andere Angaben ist $T_u = 50\%$

B.3.2 Zu hoher Temperaturunterschied zwischen dem Kopf und den Knöcheln:

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(5,76 - 0,856 \cdot \Delta\theta)} \text{ in } \%$$

$\Delta\theta$ (< 8 K) Temperaturunterschied zwischen dem Kopf (1,1 m, sitzend) und den Knöcheln (0,1 m)

B.3.3 Prozentsatz an Unzufriedenen als Funktion der Fussbodentemperatur (an leichte, für Innenräume geeignete Hausschuhe angepasst):

$$PD = 100 - 94 \exp(-1,387 + 0,118 \cdot \theta_f - 0,0025 \cdot \theta_f^2) \text{ in } \%$$

θ_f Fussbodentemperatur, in °C

B.3.4 Übermässige Asymmetrie der Strahlungstemperatur:

$$\text{Warme Decke: } PD = \frac{100}{1 + \exp(3 - 0,19 \cdot \Delta\theta_r)} - 5,5 \text{ in } \%, \text{ gültig für } \Delta\theta_r < 23^\circ\text{C}$$

$$\text{Kalte Decke: } PD = \frac{100}{1 + \exp(5,9 - 0,215 \cdot \Delta\theta_r)} - 0,25 \text{ in } \%, \text{ gültig für } \Delta\theta_r < 15^\circ\text{C}$$

$\Delta\theta_r$ Asymmetrie der Strahlungstemperatur zwischen Decke und Boden

$$\text{Kalte Wand: } PD = \frac{100}{1 + \exp(6 - 0,31 \cdot \Delta\theta_r)} - 0,8 \text{ in } \%, \text{ gültig für } \Delta\theta_r < 15^\circ\text{C}$$

$$\text{Warme Wand: } PD = \frac{100}{1 + \exp(3,95 - 0,059 \cdot \Delta\theta_r)} - 1,9 \text{ in } \%, \text{ gültig für } \Delta\theta_r < 35^\circ\text{C}$$

$\Delta\theta_r$ Asymmetrie der Strahlungstemperatur zwischen dem übrigen Raum und der Wand

⁹ Die Untersuchungen basieren auf einer kleinen Anzahl junger Versuchspersonen (19 bis 25 Jahre), die sitzend und normal gekleidet waren (0,6 clo).

B.4 Berechnung des maximal zulässigen U -Werts bei Kaltluftabfall

Die Bestimmung des maximal zulässigen U -Werts eines Bauteils erfolgt in folgenden 4 Schritten:

B.4.1 Wahl der Klimarandbedingungen

- Aussentemperatur θ_e und Globalstrahlungsintensität I_s
- Raumtemperatur θ_i bzw. lokale Raumlufttemperatur $\theta_{a,l}$

B.4.2 Wahl der Komfortanforderung bezüglich Zugluft (DR)

Die maximal zulässige lokale mittlere Raumluftgeschwindigkeit $v_{a,l}$ ist nach der Art der Lüftung (natürlich oder mechanisch) gemäss Figur 8 oder mit der Gleichung in B.3.1 zu bestimmen.

B.4.3 Berechnung der maximalen Luftgeschwindigkeit v_{max} infolge Kaltluftabfall an einer vertikalen Fläche

Die maximale Luftgeschwindigkeit in einem Abstand x von einer vertikalen kalten Oberfläche und 0,1 m über Boden kann mit folgender Näherungsformel bestimmt werden:

$$v_{max} = k \cdot \sqrt{\Delta\theta \cdot H} \quad \text{in m/s}$$

k Regressionskoeffizient aus Messungen oder Rechnungen, in $m^{0,5} \cdot K^{-0,5} \cdot s^{-1}$

$\Delta\theta$ Temperaturdifferenz zwischen lokaler Raumluft und kalter Oberfläche, in K

H Höhe des Bauteils, in m

Tabelle 14 Regressionskoeffizient k in $m^{0,5} \cdot K^{-0,5} \cdot s^{-1}$

| Abstand von der Wand | Raum ohne Wärmelasten ¹⁾ | Raum mit Wärmelasten ²⁾ |
|---------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| $x < 0,4$ m | 0,055 | 0,083 |
| $0,4$ m $\leq x \leq 2$ m | $0,095 / (x + 1,32)$ | $0,143 / (x + 1,32)$ |
| $x > 2$ m | 0,028 | 0,043 |

¹⁾ Heiselberg P., Draught Risk from Cold Vertical Surfaces, Building and Environment 29 (1994), 297–301

²⁾ Manz H., Frank Th., Analysis of Thermal Comfort near Cold Vertical Surfaces by Means of Computational Fluid Dynamics, Indoor and Built Environment 13 (2004), 233–242

B.4.4 Bestimmung des maximal zulässigen U -Werts

Die Temperaturdifferenz $\Delta\theta$ zwischen der lokalen Raumluft und der kalten Wandoberfläche kann für ebene Bauteile mit folgender Gleichung ermittelt werden:

$$\Delta\theta = \frac{U \cdot (\theta_i - \theta_e)}{h_i} - \frac{q_i \cdot I_s}{h_i} \quad \text{in K}$$

U Wärmedurchgangskoeffizient, in $W/(m^2 \cdot K)$

θ_i Raumtemperatur, in $^{\circ}C$

θ_e Aussentemperatur, in $^{\circ}C$

h_i Wärmeübergangskoeffizient innen, in $W/(m^2 \cdot K)$

q_i sekundärer Wärmeabgabegrad, dimensionslos

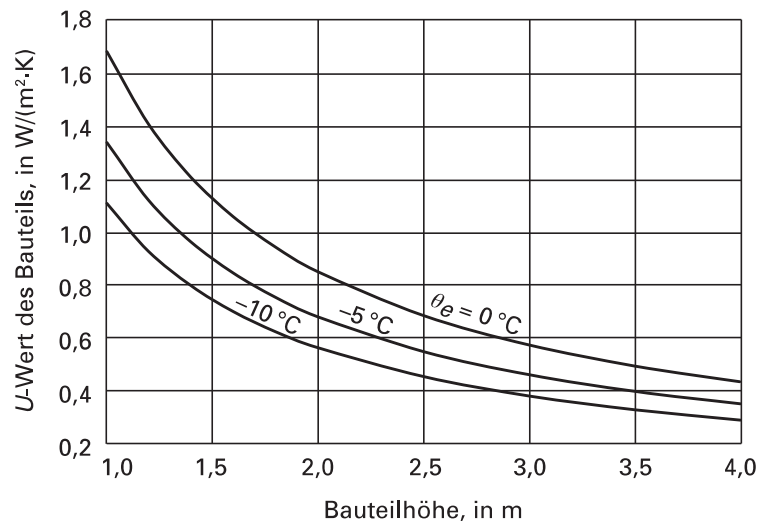
I_s Globalstrahlungsintensität, in W/m^2

Um die Komfortanforderungen bezüglich Zugluft erfüllen zu können, darf die maximal zulässige Luftgeschwindigkeit v_{max} infolge Kaltluftabfall die lokale mittlere Luftgeschwindigkeit $v_{a,l}$ nicht überschreiten. Hieraus kann der maximal zulässige U -Wert des Bauteils U_{max} bei beliebigen Randbedingungen ermittelt werden:

$$U_{max} \leq \frac{\left(\frac{v_{max}^2 \cdot h_i}{k^2 \cdot H} \right) + q_i \cdot I_s}{(\theta_i - \theta_e)} \quad \text{in } W/(m^2 \cdot K)$$

Weitere Massnahmen gemäss 4.1.3.1 erlauben höhere Wärmedurchgangskoeffizienten.

Figur 15 Beispiel maximal zulässiger Wärmedurchgangskoeffizienten U_{max} eines Bauteils in Abhängigkeit der Bauteilhöhe H zur Vermeidung von Behaglichkeitsproblemen durch Kaltluftabfall ohne weitere Massnahmen; für einen Raum mit internen Wärmelasten; nicht gültig für über Eck verglaste Räume.
 Randbedingungen: $\theta_i = 21^\circ\text{C}$, $I_s = 0 \text{ W/m}^2$, $D_R = 15\%$, $T_u = 50\%$, Abstand 1 m



Anhang C (normativ)

Randbedingungen für Simulationsrechnungen im Nachweisverfahren

Bei der Simulation im Nachweisverfahren sind die folgenden Randbedingungen einzuhalten und im Rechenbericht für die eingesetzten Modelle zu dokumentieren. Die Voraussetzungen hängen von der Fragestellung ab.

c.1 Sommerlicher Wärmeschutz

| | |
|--------------------------------|--|
| Fragestellung | Erfüllt der geplante bzw. bestehende sommerliche Wärmeschutz die Anforderungen? SIA 180, Verfahren 3, Ziffer 5.2.6 |
| Kriterium, Messgrösse | Empfundene Temperatur in Raummitte 1 m über Boden. In diesem Nachweis kann die Raumlufttemperatur an Stelle der empfundenen Temperatur eingesetzt werden, wenn die mittlere Strahlungstemperatur nahezu gleich der Raumlufttemperatur ist. |
| Anforderung, Beurteilung | Die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz sind erfüllt, wenn alle berechneten Stundenmittelwerte der empfundenen Temperatur in der Beobachtungsperiode unter der oberen Grenzkurve von Figur 3 liegen. Die untere Grenzkurve von Figur 3 darf dabei nicht unterschritten werden. |
| Berechnungsmodell, Zeitschritt | Berechnungsverfahren, welches die Anforderungen gemäss Ziffer 5.2.6.1 erfüllt. Zeitschritt 1 Stunde oder kleiner. |
| Klimadaten | Normales Design Reference Year (DRY) nach SIA 2028; Station, die das Klima am Gebäudestandort am besten repräsentiert. |
| Beobachtungsperiode | 16. April – 15. Oktober 2011. Das Jahr dient zur Festlegung der Wochen- und Feiertage, der 1. Januar ist ein Samstag. |
| Sonnenschutz | Kennwerte des geplanten bzw. bestehenden Sonnenschutzes. Der Sonnenschutz ist geschlossen, wenn die Sonnenstrahlung an der Fassade grösser als 200 W/m ² ist und die empfundene Temperatur im Raum behaglich oder zu warm ist. Berücksichtigung der Windfestigkeit unter der Annahme, dass die Windgeschwindigkeit am Sonnenschutz der Windgeschwindigkeit im freien Windprofil 1 m über Dach entspricht. |
| Externe Wärmeeinträge | 10 % der externen Wärmeeinträge (Solarstrahlung) fallen als konvektive Wärme an (falls diese Annahme im verwendeten Berechnungsmodell erforderlich ist). |
| Interne Wärmeeinträge | Interne Wärmeeinträge von 120 Wh/m ² als Summe über 24 Stunden, gleichmässig verteilt über die 24 Stunden. Anteil Konvektion = 50 %, Anteil Strahlung = 50 %. |
| Aussenluft-Volumenstrom | Aussenluft-Volumenstrom 3 m ³ /(h·m ²); erhöhter Aussenluft-Volumenstrom 10 m ³ /(h·m ²), falls die empfundene Temperatur im Raum über einer festgelegten Grenztemperatur liegt und die Aussenlufttemperatur tiefer liegt als die Raumlufttemperatur. Annahme, dass die Zulufttemperatur der Aussenlufttemperatur entspricht (keine Wärmerückgewinnung). |

c.2 Sommerliche empfundene Temperatur in Räumen mit natürlicher Lüftung

| | |
|---|--|
| Fragestellung | Liegt in Räumen mit natürlicher Lüftung die sommerliche empfundene Temperatur im Raum bei den vereinbarten Nutzungsbedingungen ohne Kühlung im Behaglichkeitsbereich? SIA 180, Ziffer 2.2 |
| Kriterium, Messgrösse | wie C.1 Bestehen infolge der Strahlungssituation speziell kritische Orte innerhalb des Aufenthaltsbereiches, sind diese gesondert zu untersuchen. |
| Anforderung, Beurteilung | Die Anforderungen sind erfüllt, wenn in den Zeiten mit Personenbelegung alle berechneten Stundenwerte der empfundenen Temperatur im Aufenthaltsbereich in der Beobachtungsperiode innerhalb der Grenzkurven von Figur 3 liegen. |
| Berechnungsmodell, Zeitschritt | wie C.1 |
| Klimadaten | wie C.1 |
| Beobachtungsperiode | wie C.1 |
| Sonnenschutz | Kennwerte und Steuerungsstrategie des geplanten bzw. bestehenden Sonnenschutzes. Berücksichtigung der Windfestigkeit unter der Annahme, dass die Windgeschwindigkeit am Sonnenschutz der Windgeschwindigkeit im freien Windprofil 1 m über Dach entspricht. Voraussetzung ist, dass der sommerliche Wärmeschutz die Anforderungen nach SIA 180, Kapitel 5, erfüllt. |
| Externe Wärmeeinträge | wie C.1 |
| Interne Wärmeeinträge | Gemäss vereinbarten Nutzungsbedingungen. Wenn keine Werte vereinbart wurden, sind die Standard-Nutzungsbedingungen gemäss SIA 2024 zu verwenden. – Personen Gemäss vereinbarten Nutzungsbedingungen oder SIA 2024, Standardwerte. Anteil Konvektion = 50 %, Anteil Strahlung = 50 %; massgebend ist nur der sensible Teil der Wärmeeinträge der Personen. – Beleuchtung Gemäss vereinbarten Nutzungsbedingungen oder SIA 2024, Standardwerte. Tageslichtabhängige Steuerung mit Berücksichtigung der konkreten Situation inkl. Kennwerten des Sonnenschutzes. Mögliche Vereinfachung: In 5 m tiefen fensternahen Zonen keine Beleuchtung zu Zeiten mit Tageslicht. Anteil Konvektion = 30 %, Anteil Strahlung = 70 %. – Geräte Gemäss vereinbarten Nutzungsbedingungen oder SIA 2024, Standardwerte. Anteil Konvektion = 80 %, Anteil Strahlung = 20 %. |
| Berechnungsmodell natürliche Lüftung | Es ist ein dynamisches Modell zur Bestimmung der Aussenluftstraten mit natürlicher Lüftung zu verwenden (ohne Windeinfluss). |
| Aussenluft-Volumenstrom mit natürlicher Lüftung | Aussenluft-Volumenstrom gemäss Berechnungsmodell, falls die Aussenlufttemperatur tiefer liegt als die Raumlufttemperatur. Sonst nur hygienisch erforderliche Aussenluftstraten pro Person (Personenbelegung gemäss vereinbarten Nutzungsbedingungen bzw. Standard-Nutzungsbedingungen gemäss SIA 2024). |



C.3 Raumlufffeuchte und Behaglichkeit

| | |
|--|---|
| Fragestellung | Liegt die volumenbezogene Raumlufffeuchte im Behaglichkeitsbereich? |
| Kriterium, Messgrösse | Volumenbezogene Raumlufffeuchte. |
| Anforderung, Beurteilung | Die Raumlufffeuchte muss die in SIA 180, Ziffern 3.5.1.3 und 3.5.1.4, festgelegten Anforderungen unter Berücksichtigung der zu treffenden Massnahmen erfüllen. |
| Berechnungsmodell, Zeitschritt | Das Berechnungsmodell muss erlauben, die Raumlufffeuchte zu berechnen unter Berücksichtigung des Aussenklimas, der inneren und äusseren Wärmeeinträge, der internen Feuchtequellen (Personen, Aktivitäten, Produktion, Pflanzen usw.) und, falls zutreffend, der technischen Daten der Lüftungs- oder Klimaanlage. Zeitschritt 1 Stunde oder kleiner. |
| Raumklima | Berechnete empfundene Temperatur. Feuchte resultierend aus internen Einträgen gemäss SIA 2024 (Standardwerte), Aussenklima und Luftvolumenstrom, unter Berücksichtigung, falls zutreffend, einer Wärme- und Feuchterückgewinnung aus der Abluft. |
| Beobachtungsperiode | 1. Januar – 31. Dezember 2011. Das Jahr dient zur Festlegung der Wochen- und Feiertage, der 1. Januar ist ein Samstag. |
| Sonnenschutz | Winter (16. Oktober – 15. April): Sonnenschutz geschlossen, wenn die empfundene Temperatur grösser als 24,5°C ist. Berücksichtigung der Windfestigkeit unter der Annahme, dass die Windgeschwindigkeit am Sonnenschutz der Windgeschwindigkeit im freien Windprofil 1 m über Dach entspricht. Sommer (16. April – 15. Oktober) wie C.2. |
| Externe Wärmeeinträge | wie C.1 |
| Interne Wärme- und Feuchteinträge | Wärmeeinträge wie C.2. Feuchteinträge (Standardwerte) und Nutzungszeit gemäss SIA 2024. |
| Berechnungsmodell natürliche Lüftung | Es ist ein dynamisches Modell zur Bestimmung der Aussenluftstraten mit natürlicher Lüftung zu verwenden (ohne Windeinfluss). |
| Aussenluft-Volumenstrom mit natürlicher Lüftung | Hygienisch erforderliche Aussenluftstrate pro Person (Personenbelegung gemäss vereinbarten Nutzungsbedingungen bzw. Standard-Nutzungsbedingungen gemäss SIA 2024). Ausserhalb der Nutzungszeit konstanter Aussenluft-Volumenstrom von 0,3 m ³ /h pro m ² Nettogeschossfläche. Wenn eine Auskühlung gemäss 5.2.3 erforderlich ist, ist der Aussenluft-Volumenstrom mit einem dynamischen Berechnungsmodell zu bestimmen, falls die Aussenlufttemperatur tiefer liegt als die Raumlufftemperatur. |
| Aussenluft-Volumenstrom mit mechanischer Lüftung während der Betriebszeit | Aussenluft-Volumenstrom der Anlage im Normalbetrieb unter Berücksichtigung der hygienisch erforderlichen Aussenluftstraten gemäss SIA 382/1, Ziffer 2.2.6, und der Bemessung der Anlage. |
| Aussenluft-Volumenstrom mit mechanischer Lüftung ausserhalb der Betriebszeit | Aussenluft-Volumenstrom wie während Betriebszeit bzw. erhöht (soweit möglich, maximal um einen Faktor 2), falls $(\theta_{a,i} - \theta_{a,e}) > 4 \text{ K}$ und $\theta_{a,i} > 24^\circ\text{C}$. Sonst Anlage AUS und Aussenluft-Volumenstrom von 0,3 m ³ /(h·m ²). |
| Betriebszeit der mechanischen Lüftungsanlage | Die Anlage wird am Morgen 1 Stunde vor Nutzungsbeginn in Betrieb genommen und läuft am Abend 1 Stunde nach. In der Mittagspause läuft die Anlage durch. |

c.4 Raumlufffeuchte; Oberflächenkondensat, Schimmelpilz-gefährdung und Formänderung organischer Materialien

| | |
|--------------------------|--|
| Fragestellung | Liegt die relative Feuchte im Raum im zulässigen Bereich, um Oberflächenkondensat, Schimmelpilzbefall und zu grosse Formänderungen organischer Materialien zu vermeiden? SIA 180, Ziffern 6.2.3.1 und 6.4 |
| Kriterium, Messgrösse | Relative Raumlufffeuchte. |
| Anforderung, Beurteilung | Relative Raumlufffeuchte gemäss SIA 180, Ziffern 6.2 und 6.4. |
| Alle übrigen Bedingungen | wie C.3 |

c.5 Feuchtetransport in Bauteilen

| | |
|--------------------------------|--|
| Fragestellung | Bleibt der Feuchtegehalt in einem Bauteil im zulässigen Bereich? Kann ein feuchtes Bauteil in einer angemessenen Zeit austrocknen? SIA 180, Ziffer 6.3.4.2 |
| Kriterium, Messgrösse | Menge flüssigen Wassers in einem Teil (Schicht) eines Bauteils. |
| Anforderung, Beurteilung | Die Anforderungen von SIA 180, Ziffer 6.3, müssen eingehalten werden. |
| Berechnungsmodell, Zeitschritt | Das Berechnungsmodell muss mit SN EN 15026 konform sein, Zeitschritt 1 Stunde oder kleiner. |
| Raumklima | Durch Simulation gemäss C.3 erhaltene Werte. |
| Beobachtungsperiode | Simulation über 10 Jahre. |
| Alle übrigen Bedingungen | wie C.3 |

Anhang D (normativ)

Berechnung der Wärmespeicherfähigkeit eines Raumes

D.1 Berechnung

D.1.1 Für die Berechnung der Wärmespeicherfähigkeit C_R eines Raumes wird neben den Innenflächen A_i aller Bauteile auch deren flächenbezogene Wärmespeicherfähigkeit κ_i benötigt. Die Berechnung von κ_i muss mit dem detaillierten Verfahren nach SN EN ISO 13786:2007 mit Berücksichtigung der Übergangswiderstände erfolgen. Für die Berechnung steht unter www.energytools.ch eine Rechenhilfe zur Verfügung.

D.1.2 Die Wärmespeicherfähigkeit C_R wird nach folgender Gleichung berechnet und für den Vergleich mit dem Grenzwert durch die Nettogeschossfläche dividiert.

$$C_R = \sum A_i \cdot \kappa_i$$

C_R Wärmespeicherfähigkeit des Raumes, in Wh/K

A_i Nettofläche des Bauteils i , in m^2

κ_i flächenbezogene Wärmespeicherfähigkeit des Bauteils i , in Wh/($m^2 \cdot K$)

C_R/A_{NGF} für die Beurteilung massgebende Wärmespeicherfähigkeit des Raumes, bezogen auf die Nettogeschossfläche, in Wh/($m^2 \cdot K$)

A_{NGF} Nettogeschossfläche des Raumes, in m^2

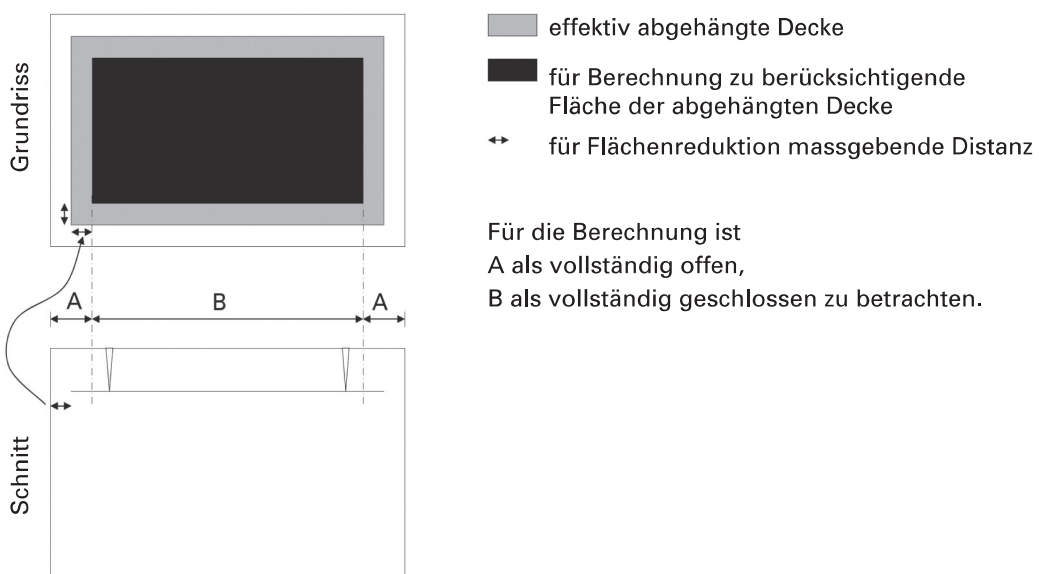
D.2 Berücksichtigung von abgehängten Decken, Reduktion der abgekoppelten Fläche

D.2.1 Die thermisch abgekoppelte Fläche kann gegenüber der Fläche der abgehängten Decke für die Berechnung um eine Randzone reduziert werden, deren Breite dem kleinsten der drei folgenden Werte entspricht:

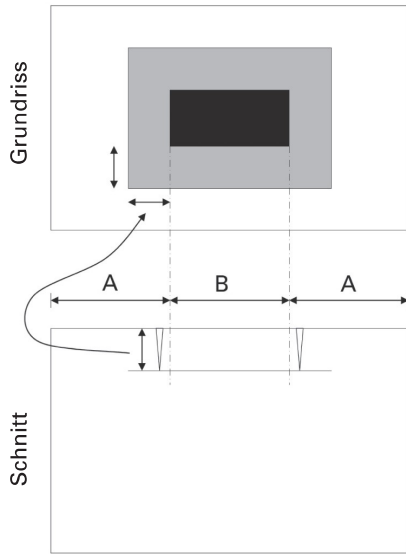
- Abstand zwischen den Deckenelementen und der Raumwand (Figur 16),
- Abstand der abgehängten Decke zur massiven Decke (Figur 17),
- Abstand zwischen den einzelnen abgehängten Deckenelementen (Figur 18).

D.2.2 Die Figuren 16 bis 18 dienen zur Illustration der Berechnung der Reduktionsfläche.

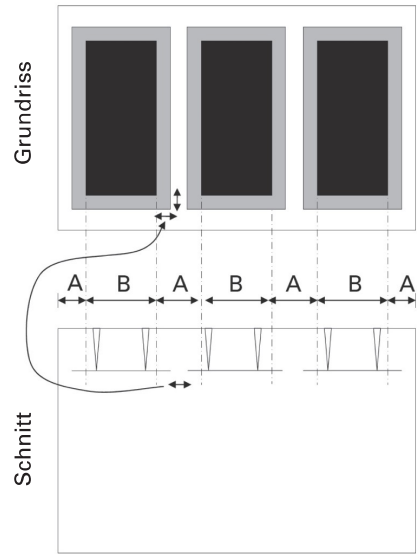
Figur 16 Abstand zwischen den Deckenelementen und der Raumwand als massgebende Grösse



Figur 17 Abstand der abgehängten Decke zur massiven Decke als massgebende Grösse



Figur 18 Abstand zwischen den einzelnen abgehängten Deckenelementen als massgebende Grösse



Anhang E (normativ)

Nachweisverfahren für den Feuchteschutz



E.1 Oberflächenkondensatfreiheit und Schimmelpilzfreiheit

Der Nachweis erfolgt in den folgenden Schritten separat für die Oberflächenkondensatfreiheit und für die Schimmelpilzfreiheit. Bei Simulationsrechnungen zum effektiven Raumklima sind die Randbedingungen gemäss C.4 zu verwenden.



E.1.1 Wahl des zutreffenden Aussenklimas (siehe SIA 2028)

Aussenlufttemperatur:

- für die Oberflächenkondensatfreiheit: tiefste Aussenlufttemperatur $\theta_{a,e,min}$
- für die Schimmelpilzfreiheit: monatliche Mittelwerte der Aussenlufttemperatur $\theta_{a,e,m}$

Aussenluftfeuchte:

- die zu $\theta_{a,e,min}$ bzw. $\theta_{a,e,m}$ gehörende Feuchte $v_{e,min}$ bzw. $v_{e,m}$ der Aussenluft

$$p_{e,min} = v_{e,min} \cdot R_v \cdot (\theta_{e,min} + 273 \text{ K}) \quad \text{bzw.} \quad p_{e,m} = v_{e,m} \cdot R_v \cdot (\theta_{e,m} + 273 \text{ K})$$

R_v Gaskonstante für Wasserdampf = 462 Ws/(kg·K)

Falls $v_{e,min}$ bzw. $v_{e,m}$ der Aussenluft nicht bekannt sind, können folgende Näherungen verwendet werden:

$$p_{e,min} = (0,75 - 0,0025 \theta_{a,e,min}) \cdot p_{v,sat}(\theta_{a,e,min})$$

$$p_{e,m} = (0,75 - 0,0025 \theta_{a,e,m}) \cdot p_{v,sat}(\theta_{a,e,m})$$

Erdreich:

- Bei Tiefen von 3 m und mehr wird die Erdreichtemperatur gleich der Jahresmitteltemperatur $\theta_{e,y}$ angenommen.
- Zwischen der Erdoberfläche und einer Tiefe von 3 m erfolgt eine lineare Interpolation zwischen der massgebenden Aussenlufttemperatur $\theta_{a,e,min}$ bzw. $\theta_{a,e,m}$ und der Jahresmitteltemperatur $\theta_{e,y}$.
- 100 % relative Feuchte



E.1.2 Wahl des zutreffenden Raumklimas (θ_i , $p_{v,i,max}$ oder φ_i)

Raumlufttemperatur $\theta_{a,i}$ für Wohnräume, Büros, Schulen, Hotels und ähnliche Räume gemäss:

$$\theta_{a,i} = \min[\theta_{i,b}; \theta_{i,0} + 0,33 \theta_{e,m}]$$

wobei die Temperaturen $\theta_{i,b}$ 20 °C und $\theta_{i,0}$ 15,8 °C sind.

Für andere Räume gemäss den speziellen Nutzungsbedingungen.

Raumluftfeuchte:

- Räume ohne Kontrolle der Raumluftfeuchte: $p_{v,i,max}$ gemäss 6.2.1.4 für Räume mit Personenbelegung bzw. bei speziellen Nutzungsbedingungen die diesen entsprechenden Werte.
- Räume mit kontrollierter Temperatur und Raumluftfeuchte: Sollwert der Raumtemperatur θ_i und der relativen Feuchte φ_i .
- Andere Räume: Die Raumluftfeuchte ist bestimmt aufgrund der Feuchteproduktion, des Klimas und des Aussenluft-Volumenstroms. Für die Feuchteproduktion werden die dem Raum entsprechenden Maximalwerte gemäss SIA 2024 verwendet.

Für die Bestimmung der kritischen Oberflächenfeuchte ist ein Sicherheitszuschlag notwendig:

- in Räumen ohne Kontrolle der Raumluftfeuchte:

$$p_{v,i,max}^+ = p_e + 1,25 (p_{v,i,max} - p_e) = 1,25 p_{v,i,max} - 0,25 p_e$$

wobei $p_e = p_{e,min}$ für Oberflächenkondensatfreiheit gültig ist oder $p_e = p_{e,m}$ für Schimmelpilzfreiheit

- in Räumen mit kontrollierter Raumluftfeuchte:

$$\varphi_i^+ = \varphi_i + 5\% \quad p_{v,i,max}^+ = \varphi_i^+ \cdot p_{sat}(\theta_i)$$

E.1.3 Berechnung der minimal zulässigen Innenoberflächentemperatur $\theta_{si,min}$

- für die Oberflächenkondensation: $\theta_{si,min} = \theta_{DP}$ (Taupunkttemperatur zugehörig zu $p_{v,i,max}^+$)
- für die Schimmelpilzfreiheit: $\theta_{si,min} = \theta_{DP}$ (zugehörig zu $1,25 \cdot p_{v,i,max}^+$)

E.1.4 Bestimmung des minimal zulässigen Oberflächentemperaturfaktors $f_{Rsi,min}$

$$f_{Rsi,min} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_{a,e,min}}{\theta_i - \theta_{a,e,min}} \text{ für Kondensationsfreiheit und}$$

$$f_{Rsi,min} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_{a,e,m}}{\theta_i - \theta_{a,e,m}} \text{ für Schimmelpilzfreiheit}$$



E.1.5 Berechnung des Oberflächentemperaturfaktors f_{Rsi} an den kritischen Stellen

Im Allgemeinen sind die Wärmebrücken die kritischen Stellen. Ihre minimalen Oberflächentemperaturen θ_{si} sind mit den entsprechenden Verfahren zu berechnen (vgl. 6.2.3). Daraus ergibt sich f_{Rsi} .

E.1.6 Kontrolle, ob $f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$

E.2 Glaserverfahren gemäss SN EN ISO 13788

E.2.1 Das Glaserverfahren vernachlässigt den kapillaren Transport von Wasser in den Baustoffen, deren Sorptionsfähigkeit sowie den Feuchtetransport durch konvektive Luftströme. Das Verfahren gilt deshalb nur, solange ein maximaler baustoffabhängiger Feuchtegehalt nicht überschritten wird und keine Luftströmungen beteiligt sind. Unter diesen Bedingungen sind die Ergebnisse aufgrund der Erfahrungen im Allgemeinen auf der sicheren Seite.

Für den Diffusionsnachweis mit dem Glaserverfahren gelten die folgenden Bedingungen.

E.2.2 Aussenklima:

- Aussenlufttemperaturen als mittlere Monatstemperaturen $\theta_{a,e,m}$ für die ganze Jahresperiode Oktober bis September.
- Die zu $\theta_{a,e,m}$ gehörende absolute Feuchte $v_{e,m}$; daraus wird der Dampfdruck $p_{e,m}$ der Aussenluft berechnet.
- Im Erdreich wird 100% relative Feuchte angenommen.

Klimadaten sind in SIA 2028 zu finden.

E.2.3 Raumklima:

- Für konditionierte Räume die Sollwerte für Temperatur und Luftfeuchte.
- Für spezielle Räume mit hoher Feuchte und/oder Temperatur (wie Hallenbäder usw.) die entsprechenden, vom Lüftungskonzept abhängigen Raumluftbedingungen.
- Für Wohnräume, Büros, Schulen, Hotels und ähnliche Räume:
 - Raumlufttemperatur $\theta_{a,i} = 20^\circ\text{C}$
 - Dampfdruck der Raumluft $p_{v,i,max}$ gemäss 6.2.1.4 in Funktion der Aussenlufttemperatur



E.2.4 Wärmeübergangswiderstände:

- an der äusseren Oberfläche $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$
- an Bauteilaussenflächen gegen Erdreich $R_{se} = 0,0 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$
- an der inneren Oberfläche $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$

E.2.5 Wasserdampf-Diffusionswiderstand oder Wasserdampf-diffusionsäquivalente Luftschichtdicke:

- Herstellerangaben.
- Angaben in SN EN ISO 10456.
- Für feuchteadaptive Dampfbremsen ist der Wert unter Annahme ungünstiger Bedingungen einzusetzen, siehe auch 6.3.4.1.

E.2.6 Ein belüfteter Hohlraum auf der kalten Seite der Wärmedämmung ermöglicht eine Beseitigung des Kondenswassers. Für die Berechnung wird er als Aussenluft betrachtet, mit einem Wärmeübergangswiderstand an der äusseren Oberfläche $R_{se} = 0,10 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$.

Wenn hingegen der Hohlraum nicht oder nur schwach belüftet ist (Öffnung von 1500 mm² pro Laufmeter oder weniger), ist er integrierender Bestandteil der Wand wie die äusseren Materialien des Hohlraums.



Anhang F (informativ) Oberflächentemperaturfaktoren

Die in der nachstehenden Tabelle enthaltenen Oberflächentemperaturfaktoren sind nach Anhang E so berechnet worden, dass beim Klima der genannten Station in keinem Zeitpunkt die Gefahr von Schimmelpilzbefall oder Oberflächenkondensat auftritt – unter der Bedingung, dass die relative Luftfeuchte im Raum die in 6.2.1.4 angegebenen Werte im Tagesmittel nicht übersteigt.

| Raumluftfeuchte | | Unkontrollierte Raumluftfeuchte Sicherheitszuschlag 1,25 | | Konstante Raumluftfeuchte 50 % Sicherheitszuschlag 5 % | | | |
|-----------------------|----------------|---|---------------------|---|-------------------------|---------------------|---------------------------|
| Vermeidung von | | Schimmelpilzbefall | | Oberflächen- kondensat | Schimmelpilz- befall | | Oberflächen- kondensat |
| Stationsname | Höhe m ü.M. | $f_{Rsi,min}$ | Kritischer Monat | $f_{Rsi,min}$ | $f_{Rsi,min}$ | Kritischer Monat | $f_{Rsi,min}$ |
| Adelboden | 1320 | 0,73 | Mai | 0,61 | 0,72 | Januar | 0,74 |
| Aigle | 381 | 0,73 | April | 0,60 | 0,68 | Januar | 0,71 |
| Altdorf | 449 | 0,75 | April | 0,60 | 0,68 | Januar | 0,70 |
| Basel-Binningen | 316 | 0,74 | April | 0,60 | 0,67 | Januar | 0,72 |
| Bern-Liebefeld | 565 | 0,73 | Mai | 0,60 | 0,70 | Januar | 0,73 |
| Buchs-Aarau | 387 | 0,73 | April | 0,61 | 0,69 | Januar | 0,73 |
| Chur | 555 | 0,76 | April | 0,61 | 0,69 | Januar | 0,74 |
| Davos | 1590 | 0,74 | Juli | 0,62 | 0,76 | Januar | 0,76 |
| Disentis | 1190 | 0,76 | Juni | 0,61 | 0,72 | Januar | 0,74 |
| Engelberg | 1035 | 0,73 | Mai | 0,62 | 0,73 | Januar | 0,76 |
| Genève-Cointrin | 420 | 0,75 | April | 0,59 | 0,67 | Januar | 0,70 |
| Glarus | 515 | 0,75 | Mai | 0,61 | 0,71 | Januar | 0,73 |
| Grand-St-Bernard | 2472 | 0,73 | August | 0,63 | 0,78 | Februar | 0,78 |
| Güttingen | 440 | 0,73 | April | 0,61 | 0,70 | Januar | 0,73 |
| Interlaken | 580 | 0,74 | Mai | 0,60 | 0,71 | Januar | 0,72 |
| La Chaux-de-Fonds | 1019 | 0,73 | Juni | 0,61 | 0,72 | Januar | 0,75 |
| La Frétaz | 1202 | 0,72 | Juni | 0,68 | 0,72 | Januar | 0,83 |
| Locarno-Monti | 366 | 0,80 | April | 0,59 | 0,64 | Januar | 0,64 |
| Lugano | 273 | 0,77 | April | 0,58 | 0,64 | Januar | 0,63 |
| Luzern | 456 | 0,74 | April | 0,60 | 0,69 | Januar | 0,72 |
| Magadino | 197 | 0,77 | April | 0,58 | 0,68 | Januar | 0,65 |
| Montana | 1508 | 0,76 | Juni | 0,61 | 0,73 | Januar | 0,74 |
| Neuchâtel | 485 | 0,75 | April | 0,59 | 0,68 | Januar | 0,70 |
| Payerne | 490 | 0,73 | April | 0,60 | 0,70 | Januar | 0,71 |
| Piotta | 1007 | 0,77 | Mai | 0,61 | 0,72 | Januar | 0,72 |
| Pully | 461 | 0,75 | April | 0,59 | 0,66 | Januar | 0,68 |
| Robbia | 1078 | 0,74 | Mai | 0,60 | 0,73 | Januar | 0,72 |
| Rünenberg | 610 | 0,75 | Mai | 0,61 | 0,70 | Januar | 0,73 |
| Samedan | 1705 | 0,75 | Juli | 0,64 | 0,80 | Januar | 0,78 |
| San Bernardino | 1639 | 0,75 | Juli | 0,63 | 0,75 | Januar | 0,76 |
| St. Gallen | 779 | 0,74 | Mai | 0,61 | 0,71 | Januar | 0,74 |
| Schaffhausen | 437 | 0,74 | April | 0,61 | 0,70 | Januar | 0,73 |
| Scuol | 1298 | 0,78 | Juni | 0,62 | 0,75 | Januar | 0,75 |
| Sion | 482 | 0,77 | April | 0,60 | 0,70 | Januar | 0,71 |
| Ulrichen | 1345 | 0,76 | Juni | 0,64 | 0,78 | Januar | 0,78 |
| Vaduz | 460 | 0,76 | April | 0,61 | 0,69 | Januar | 0,73 |
| Wynau | 422 | 0,72 | April | 0,61 | 0,70 | Januar | 0,73 |
| Zermatt | 1638 | 0,78 | Juli | 0,62 | 0,75 | Januar | 0,75 |
| Zürich-Kloten | 425 | 0,74 | April | 0,61 | 0,70 | Januar | 0,74 |
| Zürich-MeteoSchweiz | 556 | 0,73 | April | 0,60 | 0,70 | Januar | 0,73 |
| Grösster Wert Schweiz | | 0,80 | | 0,68 | 0,80 | | 0,83 |

Voraussetzungen:

- Referenzzeitraum: ganzes Jahr, 12 Monate
- Grenzwert Oberflächenfeuchte (relative Feuchte der oberflächennahen Luftschicht):
für Schimmelpilzrisiko 80 %, für Oberflächenkondensat 100 %
- Sicherheitszuschlag:
 - Unkontrollierte Raumluchtfeuchte: Die Feuchtedifferenz zwischen Raum und aussen ist mit 1,25 multipliziert.
 - Kontrollierte Raumluchtfeuchte: Zuschlag von 5 % auf Raumluchtfeuchte.
- Raumklima: nach 6.2.1.4, Tabelle 10, wobei $\theta_i = 20^\circ\text{C}$ ist; wenn $\theta_e > 12,7^\circ\text{C}$, dann: $\theta_i = 0,33 \theta_e + 15,8^\circ\text{C}$
(Raumlufttemperatur nach SN EN 15251:2007, Anhang A, Kategorie II, untere Grenze)



Anhang G (informativ)

Werte für Luftschadstoffe

Für Arbeitsräume sind, basierend auf der Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (VUV, SR 832.30), Grenzwerte festgelegt (maximale Arbeitsplatzkonzentrationen, MAK-Werte). Sie werden von der Suva regelmässig aktualisiert und publiziert.¹⁰ Die MAK-Werte sind typischerweise auf Situationen mit hohen Belastungen durch einige bestimmte Schadstoffe ausgerichtet. Sie gelten für gesunde Erwachsene und eine Belastungsdauer von 40 Stunden pro Woche.

Für die Beurteilung der Raumluftqualität in genutzten Räumen wie Wohn- und Aufenthaltsräumen, aber auch in Arbeitsräumen ohne spezifische Arbeitsplatzbelastungen (z.B. Büro), sind strengere Massstäbe anzulegen, da auch empfindliche Personengruppen berücksichtigt werden müssen und die Aufenthaltszeiten gegen 24 Stunden während 7 Tagen pro Woche betragen können.

In der Schweiz gibt es mit Ausnahme von Radon keine verbindlichen Werte für Schadstoffe in der Luft von Wohn- und Aufenthaltsräumen. Der Bund kann aber gestützt auf Artikel 29 des Chemikaliengesetzes (ChemG, SR 813.1) Empfehlungen zur Begrenzung gesundheitsgefährdender Expositionen abgeben. Diese Empfehlungen können auch bei der Beurteilung von Arbeitsräumen im Hinblick auf die Gesundheitsvorsorge (Verordnung 3 zum Arbeitsgesetz, ArG V3, SR 822.113) herangezogen werden.

Eine Zusammenstellung der verfügbaren Empfehlungen des BAG findet sich unter folgender Adresse:
www.bag.admin.ch/themen/chemikalien/00238/01355

Für die Radonkonzentrationen in Innenräumen gelten die Grenzwerte der Strahlenschutzverordnung [12]. Auf Grund der neuen Normen der Weltgesundheitsorganisation WHO und der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) empfiehlt das BAG, den Wert von 300 Bq/m³ in Wohn- und Aufenthaltsräumen nicht zu überschreiten und bei Sanierungen, Renovationen sowie in Neubauten ein möglichst tiefes Niveau anzustreben.¹¹

Massnahmen zur Einhaltung von Richt- und Grenzwerten für die Innenraumluft setzen stets an der Quelle an (Eliminierung der Quelle, Abtrennen der Quelle, Quellen-Absaugung). Nur für Belastungen in der Raumluft, welche mit diesen Massnahmen nicht weiter reduziert werden können, ist eine entsprechende Verdünnung und Abführung durch eine zusätzliche Lüftung bzw. Erhöhung der Luftvolumenströme vorzusehen.

¹⁰ Die aktuelle Liste kann bei der Suva heruntergeladen oder bestellt werden: www.suva.ch/waswo/1903.d

¹¹ www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00046/00158/10954

Anhang H

Publikationen

Die folgenden Publikationen können bei der Anwendung der vorliegenden Norm nützlich sein.

H.1 Bauphysik, generelle Übersicht

- [1] Zürcher, Ch., Frank, T., *Bauphysik, Bau und Energie*, vdf Hochschulverlag Zürich, 2010
- [2] Keller, B., Rutz, S., *Pinpoint – Fakten der Bauphysik zu nachhaltigem Bauen*, vdf Hochschulverlag Zürich, 2011
- [3] Roulet, C.-A., *Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments*, PPUR, Lausanne, 2008
- [4] Hegger, M., Stark, T., Fuchs, M., Zeumer, M., *Construction et énergie – Architecture et développement durable*, PPUR, Lausanne, 2011

H.2 Wärmedämmung

- [5] VSZ, *Element 29, Wärmeschutz im Hochbau*, Verband Schweizerische Ziegelindustrie, Bern, 2010
- [6] *Bauteilkatalog, neue Gebäude*, 2002, www.bfe.admin.ch
- [7] *Bauteilkatalog, Erneuerung*, 2004, www.bfe.admin.ch

H.3 Sommerlicher Wärmeschutz

- [8] Merkblatt SIA 2021 (2003), *Gebäude mit hohem Glasanteil – Behaglichkeit und Energieeffizienz*
- [9] Minergie, *Sommerlicher Wärmeschutz für Wohnbauten*, 2010, www.minergie.ch

H.4 Schadstoffe, Luftqualität

- [10] Dokumentation SIA D 093 (2000), *Deklaration ökologischer Merkmale von Bauprodukten nach SIA 493 – Erläuterungen und Interpretationen*
- [11] Publikationen des Bundesamts für Gesundheit (www.bag.admin.ch):
 - *Achtung Schimmel!*
 - *Schimmel in Wohnräumen*, BBL 311.311.d, BAG VS 8.10
 - *Radon: BAG-Empfehlungen: bauliche Massnahmen für Neubauten*
 - *Radon: BAG-Empfehlungen: bauliche Massnahmen bei Renovationen und energetische Sanierungen*
 - *Radon: Vorsorgemassnahmen bei Neubauten*
 - *Radon: Radon-Sanierungsmassnahmen bei bestehenden Gebäuden*
 - *Radon: Rechtliche Informationen für Immobilien- und Baufachleute*
 - *Radonhandbuch Schweiz, Technische Dokumentation*, BBL/EDMZ, Art.-Nr. 311.346.d
- [12] *Strahlenschutzverordnung StSV*, SR 814.501, speziell Kapitel 8, Abschnitt 3: Erhöhte Radonkonzentrationen, Artikel 110 bis 118, www.admin.ch
- [13] Coutalides, R. (Hrsg.), *Innenraumklima – Wege zu gesunden Bauten*, Werd-Verlag, Einsiedeln, 2009
- [14] Coutalides, R., Heinss, U., Thalmann, P., *Ein neues Schweizer Label für die Zertifizierung des Innenraumklimas, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 67 (2007) Nr. 3*
- [15] WHO, *Air quality guidelines for Europe*, World Health Organisation, Genf, 2000, update 2005

H.5 WTA-Merkblätter

- [16] 6-1-01/D, *Leitfaden für hygrothermische Simulationsberechnung*
 - 6-2-01/D, *Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse*
 - 6-3-05/D, *Rechnerische Prognose des Schimmelpilzwachstumsrisikos*
 - 6-4-09/D, *Innendämmung nach WTA I: Planungsleitfaden*
 - 6-8/D, *Hygrothermische Bemessung von Holzkonstruktionen*
- Vertrieb: WTA, Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege, www.wta.de

H.6 Messmethoden

- [17] *Richtlinie für Luftdurchlässigkeitsmessungen bei Minergie-Bauten*, Verein Minergie, Muttenz, 2011, www.minergie.ch/tl_files/download/Messanleitung_2011.pdf

In der Kommission SIA 180 vertretene Organisationen

| | |
|--------|--|
| BFE | Bundesamt für Energie |
| EPFL | École Polytechnique Fédérale Lausanne |
| HES-SO | Haute École Spécialisée de Suisse Occidentale |
| SIA KH | SIA-Kommission für Hochbaunormen |
| ZHAW | Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften |

Kommission SIA180

| | | | Vertreter von |
|---------------|--|--|---|
| Präsident | Claude-Alain Roulet, Dr. sc., Phys. SIA | Lausanne | EPFL |
| Vizepräsident | Thomas Frank, Bau-Ing. SIA | Uster | SIA 382 |
| Mitglieder | Martin Bohnenblust, Ing. HTL Stéphane Citherlet, Dr. sc., Phys. Raphaël Compagnon, Dr. sc. techn. Andreas Eggenberger, Masch.-Ing. HTL Hans D. Halter, Arch. SIA Antje Horvath, Dipl.-Ing. Arch., lic. rer. reg. Olivier Meile, Ing. HES Christophe Mercier, Arch. SIA Urs Steinemann, dipl. Ing. FH/SIA Michael Walk, Phys. SIA, Bauphysiker | Langnau Les Sciernes Fribourg Burgdorf Windisch Zürich Bern Epalinges Wollerau Winterthur | Industrie HES-SO HES-SO Bauphysik Planer, SIA KH Kant. Energiefachstellen BFE SIA SIA 382 ZHAW, Fachplaner |

Genehmigung und Gültigkeit

Die Zentralkommission für Normen des SIA hat die vorliegende Norm SIA 180 am 19. November 2013 genehmigt.

Sie ist gültig ab 1. Juli 2014.

Sie ersetzt die Norm SIA 180 *Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau*, Ausgabe 1999.

Copyright © 2014 by SIA Zurich

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdrucks, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe (Fotokopie, Mikrokopie, CD-ROM usw.), der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und das der Übersetzung, sind vorbehalten.

Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden – Korrigenda C1 zur Norm SIA 180:2014

Referenznummer
SN 520180-C1:2015 de

Gültig ab: 2015-03-01

Herausgeber
Schweizerischer Ingenieur- und
Architektenverein
Zürich

SIA 180-C1:2015

Die vorliegende Korrigenda SIA 180-C1:2015 zur Norm SIA 180:2014 wurde von der SIA-Kommission für Hochbaunormen am 19. Februar 2015 genehmigt.

Sie ist gültig ab 1. März 2015.

Sie steht unter www.sia.ch/korrigenda > SIA 180 zur Verfügung.

Korrigenda C1 zur Norm SIA 180:2014 de (1. Auflage 2014-05)

| Seite | Ziffer | bisher | Korrektur |
|-------|--------------------|--|---|
| 3 | Inhaltsverzeichnis | Die Fehler sind fett und durchgestrichen markiert | Die Korrekturen sind fett und kursiv markiert |
| 5 | 5.3 | Nachweis durch Messung | Überprüfung durch Messung |
| 8 | 0.2.1 | Norm SIA 416/4 Kennzahlen für die Gebäudetechnik | Norm SIA 380 Grundlagen für energetische Berechnungen von Gebäuden |
| 8 | 1.1.2.5 | $\theta_{r,i} = \frac{\sum A_j \cdot \theta_{si}}{\sum A_j}$ | $\theta_{r,i} = \frac{\sum A_j \cdot \theta_{si,j}}{\sum A_j}$ |
| 10 | 1.1.2.17 | Mittelwert der stündlichen Aussenlufttemperaturen der vorangehenden Stunden $\theta_{m,H} = \frac{1}{N} \sum_{H-N}^H \theta_{e,Hj}$ $\theta_{m,H}$ gleitender Mittelwert der Aussenlufttemperatur für die Stunde H $\theta_{e,Hj}$ Aussenlufttemperatur der Stunde Hj N Anzahl in den Mittelwert einbezogener Stunden In dieser Norm werden für den Mittelwert die 48 vorangehenden Stunden betrachtet. | Mittelwert der stündlichen Aussenlufttemperaturen über eine Zeitreihe von N Stunden den $\theta_{m,t} = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} \theta_e(t-j)$ $\theta_{m,t}$ gleitender Mittelwert der Aussenlufttemperatur für die Stunde t $\theta_e(t-j)$ Aussenlufttemperatur der Stunde t-j N Anzahl in den Mittelwert einbezogener Stunden In dieser Norm werden für den Mittelwert 48 Stunden betrachtet. |
| 11 | 1.1.3.5 | Der Leckagekoeffizient C_L wird bei Standardbedingungen 20 ± 1 °C und $101'300$ Pa ermittelt. | Der Leckagekoeffizient C_L wird bei Standardbedingungen 20 ± 1 °C und $101'325$ Pa ermittelt. |
| 14 | 1.1.4.9 | $R_t = R_{si} = \sum R_j + R_{se}$ | $R_t = R_{si} + \sum R_j + R_{se}$ |
| 16 | 1.1.8.3 | $M_e = 0,01801628$ kg/mol Molekularmasse von Wasser p_a Luftdruck ($101'300$ Pa auf Meereshöhe) | $M_e = 0,01801528$ kg/mol, Molekularmasse von Wasser p_a Luftdruck ($101'325$ Pa auf Meereshöhe) |
| 18 | 1.2.1 | Stunde H h | Stunde t h |
| 19 | 1.2.2 | H Stunde h | t Stunde h |

| | | | |
|-------|--------|---|--|
| Seite | Ziffer | bisher Die Fehler sind fett und durchgestrichen markiert | Korrektur Die Korrekturen sind fett und kursiv markiert |
| 20 | 1.2.2 | V_i Innenvolumen m^3 | — |
| 21 | 1.3 | (neu) | <i>l</i> lokal local local |
| 21 | 1.3 | (neu) | DP Taupunkt dewpoint <i>point de rosée</i> |
| 21 | 1.3 | E energy reference area | E energy reference |
| 29 | 2.5 | <p>Die vorliegende Norm erlaubt drei Möglichkeiten für den Nachweis, dass die Anforderungen gemäss 2.1 erfüllt sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> — durch die Nachweise des winterlichen und sommerlichen Wärmeschutzes nach 4.2 und 5.2, unter Annahme von Heizungs- und Klimaanlage, welche die Einhaltung der zulässigen empfundenen Temperatur sicherstellen; — für Räume mit natürlicher Lüftung, während diese weder beheizt noch gekühlt sind, durch die Bestimmung der notwendigen Temperaturen (empfundene Temperatur, Temperatur der Oberflächen, Lufttemperatur) mittels Simulationen gemäss Anhang C.2 und Verifizierung, dass die gestellten Anforderungen erfüllt werden; — bei bestehenden Gebäuden durch Messungen gemäss 2.6. <p>Die Nachweise für Räume, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet sind, sind in SIA 382/1 zu finden.</p> | <p>Zur Überprüfung der Anforderungen an die thermische Behaglichkeit enthält diese Norm folgende Nachweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>— für beheizte Räume den Nachweis des winterlichen Wärmeschutzes nach Kapitel 4, unter Annahme von Heizungs- und Klimaanlage, welche die Einhaltung der zulässigen empfundenen Temperatur sicherstellen;</i> <i>— für Räume mit natürlicher Lüftung, während diese weder beheizt noch gekühlt sind, den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach Kapitel 5;</i> <i>— für Räume mit natürlicher Lüftung, während diese weder beheizt noch gekühlt sind und interne Wärmelasten pro Tag von über 120 Wh/m² aufweisen, die Berechnung der resultierenden Temperaturen (empfundene Temperatur, Temperatur der Oberflächen, Lufttemperatur) mittels Simulationen gemäss Anhang C.2 und Verifizierung, dass die gestellten Anforderungen erfüllt werden.</i> <p>Bei bestehenden Gebäuden kann die Einhaltung der Anforderungen durch Messungen gemäss 2.6 und 5.3 überprüft werden. Dabei sind die Randbedingungen während der Messperiode zu erfassen und mit den Vorgaben für die rechnerischen Nachweise zu vergleichen.</p> <p>Für die Beurteilung der Notwendigkeit einer Kühlung ist der Nachweis nach SIA 382/1 zu führen.</p> |
| 29 | 2.6.3 | <p>PPD und PMV können mit thermischen Behaglichkeitsmessgeräten gemessen werden. Alternativ können auch die Temperaturen der Raumluft und der Oberflächen, die Geschwindigkeit und Feuchte der Raumluft sowie die mittlere Strahlungstemperatur $\theta_{r,m}$ nach SN EN ISO 7726 gemessen und dann PPD oder PMV für einen konditionierten Raum mit der Fanger-Gleichung berechnet werden (Anhang B und SN EN ISO 7730). Die Messwertaufnehmer sind nach Tabelle 2 anzuordnen.</p> | <p>PPD und PMV können mit thermischen Behaglichkeitsmessgeräten gemessen werden. Alternativ können auch die Temperaturen der Raumluft und der Oberflächen, die Geschwindigkeit und Feuchte der Raumluft sowie die mittlere Strahlungstemperatur $\theta_{r,m}$ nach SN EN ISO 7726 gemessen und dann PPD oder PMV für einen konditionierten Raum mit der Fanger-Gleichung berechnet werden (Anhang B und SN EN ISO 7730). Die Messwertaufnehmer sind nach Tabelle 2 anzuordnen.</p> |

| Seite | Ziffer | bisher | Korrektur |
|-------|----------|--|--|
| 37 | 4.1.1.2 | Die Fehler sind fett und durchgestrichen markiert | Die Korrekturen sind fett und kursiv markiert |
| 37 | 4.1.2.1 | Alle beheizten Räume müssen innerhalb der thermischen Gebäudehülle liegen (siehe SIA 416/4, Ziffer 2.2.1). | Alle beheizten Räume müssen innerhalb der thermischen Gebäudehülle liegen (siehe SIA 380, Ziffer 2.2.1). |
| 40 | 5.2.2.1 | Bei allen Fenstern ist ein aussen liegender beweglicher Sonnenschutz mit Windwiderstandsklasse 6 gemäss SIA 342, Anhang B.2, vorhanden. | Bei allen Fenstern ist ein aussen liegender beweglicher Sonnenschutz mit Windwiderstandsklasse 6 gemäss SIA 342, Anhang B.1.1, vorhanden. |
| 41 | 5.2.3.1 | Eine effiziente Nachtauskühlung der Gebäudemasse durch natürliche Lüftung braucht einen Aussenluft-Volumenstrom pro Nettogeschossfläche von mindestens $10 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$. Dieser Wert kann mit den Massnahmen gemäss 5.2.3.2 bis 5.2.3.4 oder einer entsprechend-dimensionierten-mechanischen-Lüftung erreicht werden. | Eine effiziente Nachtauskühlung der Gebäudemasse durch natürliche Lüftung braucht einen Aussenluft-Volumenstrom pro Nettogeschossfläche von mindestens $10 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$. Dieser Wert kann mit den Massnahmen gemäss 5.2.3.2 bis 5.2.3.4 erreicht werden. |
| 44 | 5.2.4.10 | Bei klimatisierten-Gebäuden wird der Sonnenschutz automatisch gesteuert, unter Berücksichtigung von 2.1.4. | Bei aktiv gekühlten Räumen wird der Sonnenschutz automatisch gesteuert, unter Berücksichtigung von 2.1.4. |
| 44 | 5.3 | Nachweis durch Messung | Überprüfung durch Messung |
| 44 | 5.3.1 | Durch Messungen ist die Erreichung der Behaglichkeitsanforderungen gemäss 5.1 nachzuweisen . | Mit Messungen kann die Einhaltung der Behaglichkeitsanforderungen gemäss 5.1 überprüft werden. |
| 45 | 6.2.1.3 | Um das Schimmelpilzrisiko zu vermeiden, darf die Oberflächenfeuchte (relative Feuchte der oberflächennahen Luftschicht) den Wert von 80 % nicht während mehr als zweier aufeinander folgender Wochen pro Jahr übersteigen | Die Anforderung in Bezug auf das Schimmelpilzrisiko ist erfüllt wenn die Oberflächenfeuchte (relative Feuchte der oberflächennahen Luftschicht) den Wert von 80% nicht übersteigt. Eine Überschreitung von kurzer Dauer ist möglich je nach Temperatur, Feuchte und Art des Schimmelpilzes und bedarf einer detaillierten Risikoanalyse. ¹ |
| 45 | 6.2.1.4 | Um Feuchteschäden zu vermeiden, darf die relative Luftfeuchte in den Räumen mit Personenbelegung die Grenzen gemäss Figur 14 und Tabelle 10 im Tagesmittel nicht überschreiten. Die Gleichung zu dieser Figur und Tabelle ist unter 6.2.1.5 angegeben; der Oberflächentemperaturfaktor f_{RSi} wurde auf 0,75 festgelegt und $p_e = (0,75 - 0,0025 \cdot \theta_e) \cdot p_{sat}(\theta_e)$. | Um Feuchteschäden zu vermeiden, darf die relative Luftfeuchte in den Räumen mit Personenbelegung die Grenzen gemäss Figur 14 und Tabelle 10 im Tagesmittel nicht überschreiten. Die Gleichung zu dieser Figur und Tabelle ist unter 6.2.1.5 angegeben; der Oberflächentemperaturfaktor f_{RSi} wurde auf 0,70 festgelegt und $p_{v,e} = (0,75 - 0,0025 \cdot \theta_{a,e}) \cdot p_{sat}(\theta_{a,e})$. |

¹ Die Dauer der Sporenauskeimung allgemeiner und besonders kritischer Pilze kann mit dem IBP-Merkblatt 401 ermittelt werden (<http://www.ibp.fraunhofer.de/de/publikationen/IBP-Mitteilungen.html>)

| | | | |
|--------------|---------------|---|--|
| Seite | Ziffer | bisher | Korrektur |
| 46 | 6.2.1.4 | Die Fehler sind fett und durchgestrichen markiert Tabelle 10 Taupunkt $\theta_{i,p,max}$ in °C | Die Korrekturen sind fett und kursiv markiert Tabelle 10 Taupunkt $\theta_{i,p,max}$ in °C |
| 46 | 6.2.1.5 | Bei abweichenden Nutzungsbedingungen (Raumlufftemperaturen $\neq 20^\circ\text{C}$) und in Räumen mit unvermeidbaren Wärmebrücken mit einem Oberflächenkondensaturfaktor unter 0,75 ist eine Berechnung der maximal zulässigen relative Raumlufffeuchte $\varphi_{i,max}$ mit folgender Gleichung notwendig: $\varphi_{i,max} = \frac{p_{v,i,max}}{p_{v,sat}(\theta_i)}$ in % | Bei abweichenden Nutzungsbedingungen (Raumlufftemperaturen $\neq 20^\circ\text{C}$) und in Räumen mit unvermeidbaren Wärmebrücken mit einem Oberflächenkondensaturfaktor unter 0,70 ist eine Berechnung der maximal zulässigen relative Raumlufffeuchte $\varphi_{i,max}$ mit folgender Gleichung notwendig: $\varphi_{i,max} = \frac{p_{v,i,max}}{p_{v,sat}(\theta_{a,i})}$ in % |
| 47 | 6.2.3.1 | Ein rechnerischer Nachweis ist insbesondere notwendig, wenn auf Grund spezieller Nutzungsbedingungen die maximal zulässigen Raumlufffeuchten gemäss 6.1.2.4 überschritten werden. Ein rechnerischer Nachweis ist auch bei erheblichen Wärmebrücken ($f_{Rsi} < 0,75$) erforderlich, selbst wenn die effektiven Raumlufffeuchten nachweislich wesentlich tiefer sind als die maximal zulässigen. Bei Simulationsrechnungen sind die Randbedingungen gemäss C.4 zu verwenden. | Ein rechnerischer Nachweis ist insbesondere notwendig, wenn auf Grund spezieller Nutzungsbedingungen die maximal zulässigen Raumlufffeuchten gemäss 6.1.2.4 überschritten werden. Ein rechnerischer Nachweis ist auch bei erheblichen Wärmebrücken ($f_{Rsi} < \mathbf{Grenzwert\ gemäss\ Anhang\ F}$) erforderlich, selbst wenn die effektiven Raumlufffeuchten nachweislich wesentlich tiefer sind als die maximal zulässigen. Bei Simulationsrechnungen sind die Randbedingungen gemäss C.4 zu verwenden. |
| 52 | A.2 | $M_e = 0,0289645$ kg und $M_e = 0,01801\mathbf{628}$ kg sind die molaren Massen von Luft bzw. Wasser | $M_e = 0,0289645$ kg und $M_e = 0,01801\mathbf{528}$ kg sind die molaren Massen von Luft bzw. Wasser |
| 60 | C.3 | Fehlende Zeile in der Tabelle einfügen (nach Berechnungsmodell, Zeitschritt) | Klimadaten wie C.1 |
| 64 | E.1 | Der Nachweis erfolgt in den folgenden Schritten separat für die Oberflächenkondensaturfreiheit und für die Schimmelpilzfrieheit. Bei Simulationsrechnungen zum effektiven Raumklima sind die Randbedingungen gemäss C.4 zu verwenden. | Der monatliche Nachweis erfolgt in den folgenden Schritten separat für die Oberflächenkondensaturfreiheit und für die Schimmelpilzfrieheit. Bei stündlichen Simulationsrechnungen zum effektiven Raumklima sind die Randbedingungen gemäss C.4 zu verwenden. |
| 64 | E.1.1 | Wahl des zutreffenden Aussenklimas (siehe SIA 2028) Aussenlufttemperatur: – für die Oberflächenkondensaturfreiheit: tiefste Aussenlufttemperatur $\theta_{a,e,min}$ – für die Schimmelpilzfrieheit: monatliche Mittelwerte der Aussenlufttemperatur $\theta_{a,e,m}$ | Wahl des zutreffenden Aussenklimas (siehe SIA 2028) Aussenlufttemperatur: – für die Oberflächenkondensaturfreiheit: tiefste Aussenlufttemperatur $\theta_{a,e,min}$ – für die Schimmelpilzfrieheit: monatliche Mittelwerte der Aussenlufttemperatur $\theta_{a,e,m}$ für die Monate Oktober bis April |

| Seite | Ziffer | bisher | Korrektur |
|-------|----------|--|--|
| 64 | E.1.2 | <p>Die Fehler sind fett und durchgestrichen markiert</p> <p>Wahl des zutreffenden Raumklimas (θ_b, $p_{v,i,max}$ oder φ) Raumlufftemperatur $\theta_{a,i}$ für Wohnräume, Büros, Schulen, Hotels und ähnliche Räume gemäss: $\theta_{a,i} = \min(\theta_{i,b}; \theta_{i,\sigma}; \theta_{i,\sigma}; \theta_{a,mt})$ wobei die Temperaturen $\theta_{i,b}$, 20°C und $\theta_{i,\sigma}$ $15,8^\circ\text{C}$ sind. Für andere Räume gemäss den speziellen Nutzungsbedingungen.</p> | <p>Die Korrekturen sind fett und kursiv markiert</p> <p>Wahl des zutreffenden Raumklimas ($\theta_{a,i}$, $p_{v,i,max}$ oder φ) Raumlufftemperatur $\theta_{a,i} = 20^\circ\text{C}$ für Wohnräume, Büros, Schulen, Hotels und ähnliche Räume. Für andere Räume gemäss den speziellen Nutzungsbedingungen.</p> |
| 65 | E.1.4 | <p>Bestimmung des minimal zulässigen Oberflächentemperaturfaktors $f_{Rsi,min}$</p> $f_{Rsi,min} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_{a,e,min}}{\theta_i - \theta_{a,e,min}}$ <p>für Kondensationsfreiheit und</p> $f_{Rsi,min} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_{a,e,m}}{\theta_i - \theta_{a,e,m}}$ <p>für Schimmelpilzfreiheit</p> | <p>Bestimmung des minimal zulässigen Oberflächentemperaturfaktors $f_{Rsi,min}$</p> $f_{Rsi,min} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_{a,e,min}}{\theta_{a,i} - \theta_{a,e,min}}$ <p>für Kondensationsfreiheit und</p> $f_{Rsi,min} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_{a,e,m}}{\theta_{a,i} - \theta_{a,e,m}}$ <p>für Schimmelpilzfreiheit</p> |
| 65 | E.2.3 | <p>Für konditionierte Räume die Sollwerte für Temperatur und Luftfeuchte.</p> | <p>Für Räume mit geregelter Temperatur und Raumlufffeuchte: Sollwerte für Temperatur und Luftfeuchte.</p> |
| 66 | Anhang F | <p>Tabelle im Anhang F</p> | <p>Neue Tabelle im Anhang F, siehe Seite 7</p> |
| 67 | Anhang F | <p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Referenzzeitraum: ganzes Jahr, 12 Monate Grenzwert Oberflächenfeuchte (relative Feuchte der oberflächennahen Luftschicht): für Schimmelpilzrisiko 80%, für Oberflächenkondensat 100% Sicherheitszuschlag: <ul style="list-style-type: none"> Unkontrollierte Raumlufffeuchte: Die Feuchtedifferenz zwischen Raum und aussen ist mit 1,25 multipliziert. Kontrollierte Raumlufffeuchte: Zuschlag von 5% auf Raumlufffeuchte. Raumklima: nach 6.2.1.4, Tabelle 10, wobei $\theta_i = 20^\circ\text{C}$ ist, wenn $\theta_e \rightarrow 12,7^\circ\text{C}$, dann: $\theta_i = 0,33\theta_e + 15,8^\circ\text{C}$ (Raumlufftemperatur nach SN-EN 15251:2007, Anhang A, Kategorie II, untere Grenze) | <p>Voraussetzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Referenzzeitraum: Wintermonate Oktober bis April Grenzwert Oberflächenfeuchte (relative Feuchte der oberflächennahen Luftschicht): für Schimmelpilzrisiko 80%, für Oberflächenkondensat 100% Sicherheitszuschlag: <ul style="list-style-type: none"> Unkontrollierte Raumlufffeuchte: Die Feuchtedifferenz zwischen Raum und aussen ist mit Faktor 1,25 multipliziert. Kontrollierte Raumlufffeuchte: Zuschlag von 5% auf Raumlufffeuchte. Raumklima: nach 6.2.1.4, Tabelle 10, wobei $\theta_{a,i} = 20^\circ\text{C}$ |

Anhang F (informativ) Oberflächentemperaturfaktoren

Die in der nachstehenden Tabelle enthaltenen Oberflächentemperaturfaktoren sind nach Anhang E so berechnet worden, dass beim Klima der genannten Station in keinem Zeitpunkt die Gefahr von Schimmelpilzbefall oder Oberflächenkondensat auftritt – unter der Bedingung, dass die relative Luftfeuchte im Raum die in 6.2.1.4 angegebenen Werte im Tagesmittel nicht übersteigt.

| Raumlufffeuchte | | Unkontrollierte Raumlufffeuchte Sicherheitsfaktor 1,25 | | | Konstante Raumlufffeuchte 50 % Sicherheitszuschlag 5 % | | |
|---------------------|----------------|---|---------------------|---------------------------|---|---------------------|---------------------------|
| Vermeidung von | | Schimmelpilzbefall | | Oberflächen- kondensat | Schimmelpilzbefall | | Oberflächen- kondensat |
| Stationsname | Höhe m ü.M. | $f_{Rsi,min}$ | Kritischer Monat | $f_{Rsi,min}$ | $f_{Rsi,min}$ | Kritischer Monat | $f_{Rsi,min}$ |
| Adelboden | 1320 | 0,70 | März | 0,61 | 0,72 | Januar | 0,74 |
| Aigle | 381 | 0,70 | April | 0,60 | 0,69 | Januar | 0,72 |
| Altdorf | 449 | 0,72 | April | 0,60 | 0,69 | Januar | 0,70 |
| Basel-Binningen | 316 | 0,71 | April | 0,60 | 0,68 | Januar | 0,73 |
| Bern-Liebefeld | 565 | 0,71 | April | 0,60 | 0,71 | Januar | 0,73 |
| Buchs-Aarau | 387 | 0,70 | April | 0,61 | 0,70 | Januar | 0,73 |
| Chur | 555 | 0,73 | April | 0,61 | 0,70 | Januar | 0,74 |
| Davos | 1590 | 0,70 | April | 0,62 | 0,76 | Januar | 0,76 |
| Disentis | 1190 | 0,71 | April | 0,61 | 0,72 | Januar | 0,75 |
| Engelberg | 1035 | 0,70 | April | 0,62 | 0,73 | Januar | 0,76 |
| Genève-Cointrin | 420 | 0,72 | April | 0,59 | 0,68 | Januar | 0,70 |
| Glarus | 515 | 0,72 | April | 0,61 | 0,71 | Januar | 0,73 |
| Grand-St-Bernard | 2472 | 0,70 | Januar | 0,62 | 0,78 | Februar | 0,78 |
| Güttingen | 440 | 0,70 | April | 0,60 | 0,70 | Januar | 0,73 |
| Interlaken | 580 | 0,71 | April | 0,60 | 0,71 | Januar | 0,72 |
| La Chaux-de-Fonds | 1019 | 0,70 | April | 0,61 | 0,72 | Januar | 0,75 |
| La Frétaz | 1202 | 0,70 | Februar | 0,61 | 0,72 | Januar | 0,75 |
| Locarno-Monti | 366 | 0,76 | April | 0,58 | 0,65 | Januar | 0,64 |
| Lugano | 273 | 0,73 | März | 0,58 | 0,65 | Januar | 0,63 |
| Luzern | 456 | 0,71 | April | 0,60 | 0,70 | Januar | 0,73 |
| Magadino | 197 | 0,73 | April | 0,58 | 0,69 | Januar | 0,66 |
| Montana | 1508 | 0,71 | April | 0,61 | 0,73 | Januar | 0,74 |
| Neuchâtel | 485 | 0,72 | April | 0,59 | 0,68 | Januar | 0,70 |
| Payerne | 490 | 0,70 | April | 0,60 | 0,70 | Januar | 0,71 |
| Piotta | 1007 | 0,72 | April | 0,61 | 0,72 | Januar | 0,72 |
| Pully | 461 | 0,72 | April | 0,59 | 0,67 | Januar | 0,69 |
| Robbia | 1078 | 0,72 | April | 0,60 | 0,73 | Januar | 0,72 |
| Rünenberg | 610 | 0,71 | April | 0,61 | 0,70 | Januar | 0,74 |
| Samedan | 1705 | 0,71 | April | 0,63 | 0,80 | Januar | 0,78 |
| San Bernardino | 1639 | 0,71 | März | 0,62 | 0,75 | Januar | 0,76 |
| St. Gallen | 779 | 0,71 | April | 0,61 | 0,71 | Januar | 0,74 |
| Schaffhausen | 437 | 0,71 | April | 0,61 | 0,70 | Januar | 0,74 |
| Scuol | 1298 | 0,72 | April | 0,61 | 0,76 | Januar | 0,76 |
| Sion | 482 | 0,74 | April | 0,60 | 0,71 | Januar | 0,71 |
| Ulrichen | 1345 | 0,71 | April | 0,62 | 0,78 | Januar | 0,78 |
| Vaduz | 460 | 0,73 | April | 0,61 | 0,69 | Januar | 0,73 |
| Wynau | 422 | 0,70 | April | 0,61 | 0,70 | Januar | 0,74 |
| Zermatt | 1638 | 0,72 | April | 0,62 | 0,75 | Januar | 0,75 |
| Zürich-Kloten | 425 | 0,71 | April | 0,61 | 0,70 | Januar | 0,74 |
| Zürich-MeteoSchweiz | 556 | 0,71 | April | 0,60 | 0,70 | Januar | 0,73 |
| Grösster Wert | | 0,76 | | 0,63 | 0,80 | | 0,78 |

Voraussetzungen:

- Referenzzeitraum: Wintermonate Oktober bis April
- Grenzwert Oberflächenfeuchte (relative Feuchte der oberflächennahen Luftschicht): für Schimmelpilzrisiko 80%, für Oberflächenkondensat 100%
- Sicherheitszuschlag:
 - Unkontrollierte Raumlufffeuchte: Die Feuchtedifferenz zwischen Raum und aussen ist mit Faktor 1,25 multipliziert.
 - Kontrollierte Raumlufffeuchte: Zuschlag von 5% auf Raumlufffeuchte.
- Raumklima: nach 6.2.1.4, Tabelle 10, wobei $\theta_{a,i} = 20 \text{ °C}$

Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raum- klima in Gebäuden – Korrigenda C2 zur Norm SIA 180:2014

Referenznummer
SN 520180/C2:2020 de

Gültig ab: 2020-10-01

Herausgeber
Schweizerischer Ingenieur-
und Architektenverein
Postfach, CH-8027 Zürich

SIA 180-C2:2020

Die vorliegende Korrigenda SIA 180/C2:2020 zur Norm SIA 180:2014 wurde von der SIA-Kommission für Hochbaunormen am 17. August 2020 genehmigt.

Sie ist gültig ab 1. Oktober 2020.

Sie steht unter www.sia.ch/korrigenda > SIA 180 zur Verfügung.

2020-09 1. Auflage

2022-01 2. Auflage

Korrigenda C2 zur Norm SIA 180:2014 de (1. Auflage 2014-05)

| Seite | Ziffer | bisher (Die Fehler sind fett und durchgestrichen markiert) | Korrektur (Die Korrekturen sind fett und kursiv markiert) |
|-------|---------|--|--|
| 5 | 0.2.1 | Norm SIA 446/4 Kennzahlen für die Gebäudetechnik | Norm SIA 380 Grundlagen für energetische Berechnungen von Gebäuden |
| 6 | 0.2.2 | SN-EN 13363-1 Sonnenschutzeinrichtungen in Kombination mit Verglasungen—Berechnung der Solarstrahlung und des Lichttransmissionsgrades—Teil 1: Vereinfachtes Verfahren | SN EN ISO 52022-1 Energieeffizienz von Gebäuden - Wärmetechnische, solare und tageslichtbezogene Eigenschaften von Bauteilen und Bauelementen - Teil 1: Vereinfachtes Berechnungsverfahren zur Ermittlung der solaren und tageslichtbezogenen Eigenschaften von Sonnenschutz in Kombination mit Verglasungen (ISO 52022-1:2017) |
| 7 | 0.2.3 | SN-EN 13779 Lüftung von Nichtwohngebäuden—Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlageanlagen | SN EN 16798-3 Energetische Bewertung von Gebäuden - Lüftung von Gebäuden - Teil 3: Lüftung von Nichtwohngebäuden - Leistungsanforderungen an Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme (Module M5-1, M5-4) |
| 7 | 0.2.2 | SN-EN-ISO 13791 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden—Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik—Allgemeine Kriterien und Validierungsverfahren SN-EN-ISO 13792 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden—Berechnung von sommerlichen Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik—Vereinfachtes Berechnungsverfahren | SN EN ISO 52016-1 Energetische Bewertung von Gebäuden – Energiebedarf für Heizung und Kühlung, Innentemperaturen sowie fühlbare und latente Heizlasten – Teil 1: Berechnungsverfahren |
| 15 | 1.1.6.1 | Gesamtenergiedurchlassgrad <i>Facteur de transmission totale d'énergie</i> g Die Norm SN EN 410 legt eine Rechenmethode für den Gesamtenergiedurchlassgrad von Gläsern fest und SN EN 13363-1 für Fenster mit und ohne Sonnenschutzeinrichtung. | Die Norm SN EN 410 legt eine Rechenmethode für den Gesamtenergiedurchlassgrad von Gläsern fest und SN EN ISO 52022-1 für Fenster mit und ohne Sonnenschutzeinrichtung. |

| Seite | Ziffer | bisher (Die Fehler sind fett und durchgestrichen markiert) | Korrektur (Die Korrekturen sind fett und kursiv markiert) |
|-------|---------|--|---|
| 15 | 1.1.7.1 | <p>Wärmespeicherfähigkeit <i>Capacité thermique</i></p> <p>C kWh/K</p> | <p>Flächenbezogene Wärmekapazität eines Bauteils <i>Capacité thermique surfacique d'un élément de construction</i> κ Wh/(m²·K)</p> <p>Wärmemenge, bezogen auf die Bauteilfläche, die ein Bauteil speichert und wieder abgibt, wenn es mit einer bestimmten Periodenlänge der Wärmeschwankungen um 1 K erwärmt bzw. abgekühlt wird.</p> |
| 15 | 1.1.7.2 | <p>Wärmespeicherfähigkeit eines Raumes <i>Capacité thermique d'un local</i> C_R Wh/(m²·K)</p> | <p>Wärmekapazität eines Raumes <i>Capacité thermique d'un local</i> C_R Wh/K</p> <p>Mit der Fläche der Bauteile gewichtete Summe der flächenbezogener Wärmekapazität-aller dem Raum zugewandten Bauteile. $C_R = \sum A_i \cdot \kappa_i$</p> |
| 15 | 1.1.7.3 | <p>Flächenbezogene Wärmespeicherfähigkeit <i>Capacité thermique surfacique</i> κ Wh/(m²·K)</p> | <p>Spezifische Wärmespeicherfähigkeit eines Raumes <i>Capacité thermique spécifique d'un local</i> C_R/A_{ANGF} Wh/(m²·K)</p> <p>Wärmekapazität C_R des Raumes bezogen auf die Nettogeschossfläche A_{ANGF} des Raumes.</p> |
| 23 | 2.1.2.6 | Bei Abweichungen für spezielle Räume sind die Empfehlungen der Norm SN EN 13779:2007, Ziffer 7.2 , zu beachten. | Bei Abweichungen für spezielle Räume sind die Empfehlungen der Norm SN EN 16798-3:2017, Ziffer 8.2 , zu beachten. |
| 24 | 2.2 | <p>Anforderungen an Räume mit natürlicher Lüftung, während diese weder beheizt noch gekühlt sind</p> <p>In Räumen mit natürlicher Lüftung, in denen die Fenster geöffnet werden können und die Personen ihre Bekleidung saisonal gemäss 2.1.3 anpassen, ist der zulässige Bereich der empfundenen Temperatur für die Räume weder beheizt noch gekühlt sind, in Bezug zum gleitenden Mittelwert der Aussentemperatur aus Figur 3 ersichtlich.</p> <p>Figur 3 Zulässiger Bereich der empfundenen Temperatur in Räumen mit natürlicher Lüftung, während diese weder beheizt noch gekühlt sind, je nach dem gleitenden Mittelwert der Aussentemperatur (Figur 3)</p> | <p>Anforderungen an Räume ohne maschinelle Kühllast</p> <p>In Räumen ohne maschinelle Kühllast in denen die thermischen Bedingungen hauptsächlich von den Nutzern durch öffnen und schliessen von Öffnungen (Fenstern) in der Gebäudehülle geregelt werden, und deren Nutzer ihre Aktivität und Bekleidung saisonal gemäss 2.1.3 anpassen, ist der zulässige Bereich der empfundenen Temperatur in Bezug zum gleitenden Mittelwert der Aussentemperatur aus Figur 3 ersichtlich.</p> <p>Figur 3 Zulässiger Bereich der empfundenen Temperatur in Räumen ohne maschinelle Kühllast, je nach dem gleitenden Mittelwert der Aussentemperatur (Figur 3, bleibt unverändert)</p> |

| Seite | Ziffer | bisher (Die Fehler sind fett und durchgestrichen markiert) | Korrektur (Die Korrekturen sind fett und kursiv markiert) |
|-------|--------|--|--|
| 24 | 2.3 | Anforderungen an Räume, während diese beheizt, gekühlt-oder-mechanisch belüftet sind | Anforderungen an Räume <i>mit natürlicher oder mechanischer Lüftung</i> , während diese beheizt <i>oder maschinell gekühlt</i> sind |
| 24 | 2.3.1 | Während Räume beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet sind , müssen die folgenden Bedingungen zur thermischen Behaglichkeit während der ganzen Nutzungszeit eingehalten werden. | <i>In allen anderen Fällen</i> müssen die folgenden Bedingungen zur thermischen Behaglichkeit während der ganzen Nutzungszeit eingehalten werden. |
| 25 | 2.3.2 | Empfundene Temperatur Mit der saisonalen Variation der Bekleidung gemäss Figur 2 muss die empfundene Temperatur in den Wohn- und Büroräumen, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet sind, im Bereich der Figur 4 liegen. Figur 4 Zulässiger Bereich der empfundenen Temperatur in Wohn- und Büroräumen, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet sind, je nach gleitendem Mittelwert der Aussentemperatur (Figur 4) | Empfundene Temperatur Mit der saisonalen Variation der Bekleidung gemäss Figur 2 muss die empfundene Temperatur in den Wohn- und Büroräumen <i>mit natürlicher oder mechanischer Lüftung</i> , während diese beheizt <i>oder maschinell gekühlt</i> sind, im Bereich der Figur 4 liegen. Figur 4 Zulässiger Bereich der empfundenen Temperatur in Wohn- und Büroräumen <i>mit natürlicher oder mechanischer Lüftung</i> , während diese beheizt <i>oder maschinell gekühlt</i> sind, je nach gleitendem Mittelwert der Aussentemperatur (Figur 4, bleibt unverändert) Die Norm SIA 382/1 legt fest für welche Frequenzen der Überschreitung der oberen Grenze der Figur 4 eine Kühlanlage notwendig wird. |

| Seite | Ziffer | bisher (Die Fehler sind fett und durchgestrichen markiert) | Korrektur (Die Korrekturen sind fett und kursiv markiert) |
|-------|--------|---|---|
| 29 | 2.5 | <p>Nachweise (aus Korrigenda C:1:2015)</p> <p>Zur Überprüfung der Anforderungen an die thermische Behaglichkeit enthält diese Norm folgende Nachweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> – für beheizte Räume den Nachweis des winterlichen Wärmeschutzes nach Kapitel 4, unter Annahme von Heizungs- und Klimaanlage, welche die Einhaltung der zulässigen empfundenen Temperatur sicherstellen; – für Räume mit natürlicher Lüftung, während diese weder beheizt noch gekühlt sind, den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach Kapitel 5; – für Räume mit natürlicher Lüftung, während diese weder beheizt noch gekühlt sind und interne Wärmelasten pro Tag von über 120 Wh/m² aufweisen, die Berechnung der resultierenden Temperaturen (empfundene Temperatur, Temperatur der Oberflächen, Lufttemperatur) mittels Simulationen gemäss Anhang C.2 und Verifizierung, dass die gestellten Anforderungen erfüllt werden. <p>Bei bestehenden Gebäuden kann die Einhaltung der Anforderungen durch Messungen gemäss 2.6 und 5.3 überprüft werden. Dabei sind die Randbedingungen während der Messperiode zu erfassen und mit den Vorgaben für die rechnerischen Nachweise zu vergleichen.</p> <p>Für die Beurteilung der Notwendigkeit einer Kühlung ist der Nachweis nach SIA 382/1 zu führen.</p> | <p>Nachweise</p> <p>Zur Überprüfung der Anforderungen an die thermische Behaglichkeit enthält diese Norm folgende Nachweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> – für beheizte Räume den Nachweis des winterlichen Wärmeschutzes nach Kapitel 4, unter Annahme von Heizungs- und Klimaanlage, welche die Einhaltung der zulässigen empfundenen Temperatur sicherstellen; – für Räume mit natürlicher Lüftung, während diese weder beheizt noch maschi-nell gekühlt sind, den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach Kapitel 5; – für Räume mit natürlicher Lüftung, während diese weder beheizt noch maschi-nell gekühlt sind und interne Wärmeeinträge pro Tag von über 120 Wh/m² aufweisen, die Berechnung der resultierenden Temperaturen (empfundene Temperatur, Temperatur der Oberflächen, Lufttemperatur) mittels Simulationen gemäss Anhang C.2 und Verifizierung, dass die gestellten Anforderungen erfüllt werden. <p>Bei bestehenden Gebäuden kann die Einhaltung der Anforderungen durch Messungen gemäss 2.6 und 5.3 überprüft werden. Dabei sind die Randbedingungen während der Messperiode zu erfassen und mit den Vorgaben für die rechnerischen Nachweise zu vergleichen.</p> <p>Für die Beurteilung der Notwendigkeit einer maschinellen Kühlung ist der Nachweis nach SIA 382/1 zu führen.</p> |

| Seite | Ziffer | bisher (Die Fehler sind fett und durchgestrichen markiert) | Korrektur (Die Korrekturen sind fett und kursiv markiert) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|---|--|---------------|--|---|-----------------------|----------------|---------------|--------------------------|------------------------------------|--------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|--|--------------|---------------|--|---|-----------------------|----------------|---------------|-------------------------|------------------------------------|--------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|
| 33 | 3.5.3 | <p>Tabelle 3 Umrechnung verschiedener Einheiten; ρ_{air} ist ist die Rohdichte der Raumluft</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Quellestärke</th> <th>Konzentration</th> <th>erhaltene Einheit für den Volumenstrom</th> <th>für den Volumenstrom in m^3/h ist die erhaltene Einheit zu multiplizieren mit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gerüche olf olf</td> <td>pol dezipol</td> <td>l/s da l/s</td> <td>3,6 3,6</td> </tr> <tr> <td>Gase kg/s cm³/h</td> <td>kg/kg ppm</td> <td>kg/s m³/h</td> <td>3600/ρ_{air} 1</td> </tr> <tr> <td>Wasserdampf kg/s g/h g/h</td> <td>kg/kg g/m³ g/kg</td> <td>kg/s m³/h kg/h</td> <td>3600/ρ_{air} 1 1/ρ_{air}</td> </tr> </tbody> </table> | Quellestärke | Konzentration | erhaltene Einheit für den Volumenstrom | für den Volumenstrom in m^3/h ist die erhaltene Einheit zu multiplizieren mit | Gerüche olf olf | pol dezipol | l/s da l/s | 3,6 3,6 | Gase kg/s cm ³ /h | kg/kg ppm | kg/s m ³ /h | 3600/ ρ_{air} 1 | Wasserdampf kg/s g/h g/h | kg/kg g/m ³ g/kg | kg/s m ³ /h kg/h | 3600/ ρ_{air} 1 1/ ρ_{air} | <p>Tabelle 3 Umrechnung verschiedener Einheiten; ρ_{air} ist ist die Rohdichte der Raumluft</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Quellestärke</th> <th>Konzentration</th> <th>erhaltene Einheit für den Volumenstrom</th> <th>für den Volumenstrom in m^3/h ist die erhaltene Einheit zu multiplizieren mit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gerüche olf olf</td> <td>pol dezipol</td> <td>l/s da l/s</td> <td>3,6 36</td> </tr> <tr> <td>Gase kg/s cm³/h</td> <td>kg/kg ppm</td> <td>kg/s m³/h</td> <td>3600/ρ_{air} 1</td> </tr> <tr> <td>Wasserdampf kg/s g/h g/h</td> <td>kg/kg g/m³ g/kg</td> <td>kg/s m³/h kg/h</td> <td>3600/ρ_{air} 1 1/ρ_{air}</td> </tr> </tbody> </table> | Quellestärke | Konzentration | erhaltene Einheit für den Volumenstrom | für den Volumenstrom in m^3/h ist die erhaltene Einheit zu multiplizieren mit | Gerüche olf olf | pol dezipol | l/s da l/s | 3,6 36 | Gase kg/s cm ³ /h | kg/kg ppm | kg/s m ³ /h | 3600/ ρ_{air} 1 | Wasserdampf kg/s g/h g/h | kg/kg g/m ³ g/kg | kg/s m ³ /h kg/h | 3600/ ρ_{air} 1 1/ ρ_{air} |
| Quellestärke | Konzentration | erhaltene Einheit für den Volumenstrom | für den Volumenstrom in m^3/h ist die erhaltene Einheit zu multiplizieren mit | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gerüche olf olf | pol dezipol | l/s da l/s | 3,6 3,6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gase kg/s cm ³ /h | kg/kg ppm | kg/s m ³ /h | 3600/ ρ_{air} 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wasserdampf kg/s g/h g/h | kg/kg g/m ³ g/kg | kg/s m ³ /h kg/h | 3600/ ρ_{air} 1 1/ ρ_{air} | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quellestärke | Konzentration | erhaltene Einheit für den Volumenstrom | für den Volumenstrom in m^3/h ist die erhaltene Einheit zu multiplizieren mit | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gerüche olf olf | pol dezipol | l/s da l/s | 3,6 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gase kg/s cm ³ /h | kg/kg ppm | kg/s m ³ /h | 3600/ ρ_{air} 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wasserdampf kg/s g/h g/h | kg/kg g/m ³ g/kg | kg/s m ³ /h kg/h | 3600/ ρ_{air} 1 1/ ρ_{air} | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | 4.1.1.2 | Alle beheizten Räume müssen innerhalb der thermischen Gebäudehülle liegen (siehe SIA 446/4 , Ziffer 2.2.1) | Alle beheizten Räume müssen innerhalb der thermischen Gebäudehülle liegen (siehe SIA 380 , Ziffer 2.2.1) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | 4.1.3 | Zugluft infolge Kaltluftabfall ⁴ ⁴ Das Merkblatt SIA 2021 enthält einfache Regeln, wie thermische Behaglichkeitsprobleme bei Bauten mit hohem Glasanteil vermieden werden können. | Die Fussnote 4 ist ersatzlos gestrichen. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | 4.1.3.1 | – geringe interne Wärmelasten , | – geringe interne Wärmeinträge , | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | 5.2.2.1 | Alle Räume müssen folgende Bedingungen erfüllen: – Bei allen Fenstern ist ein aussen liegender beweglicher Sonnenschutz mit Windwiderstandsklasse 6 gemäss SIA 342, Anhang B.2, vorhanden. | Alle Räume müssen folgende Bedingungen erfüllen: – Bei allen Fenstern ist ein aussen liegender beweglicher Sonnenschutz mit Windwiderstandsklasse gemäss SIA 342, Anhang B.2, vorhanden. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Seite | Ziffer | bisher (Die Fehler sind fett und durchgestrichen markiert) | Korrektur (Die Korrekturen sind fett und kursiv markiert) |
|-------|---------|--|--|
| 42 | 5.2.4.3 | Bei feststehenden Beschattungen kann die Anforderung an den beweglichen Sonnenschutz so weit reduziert werden, dass die Summe der externen Wärmeinträge an einem schönen Tag im Herbst (um den 21. September herum) nicht grösser ist als ohne feststehende Beschattung und unter Einhaltung der Anforderungen gemäss 5.2.4.1. Diese Betrachtung muss raumweise erfolgen. Die Beschattung durch umliegende Gebäude kann berücksichtigt werden. | Bei feststehenden Beschattungen kann die Anforderung an den beweglichen Sonnenschutz so weit reduziert werden, dass die Summe der externen Wärmeinträge an einem schönen Tag im Sommer und Herbst (Auslegungstage gemäss SIA 2028:2010, Ziffer 3.7) nicht grösser ist als ohne feststehende Beschattung und unter Einhaltung der Anforderungen gemäss 5.2.4.1. Diese Betrachtung muss raumweise erfolgen. Die Beschattung durch umliegende Gebäude kann berücksichtigt werden. |
| 44 | 5.2.4.9 | Die innere Oberflächentemperatur in der Mitte der Glasfläche des Fensters oder eines allfälligen innen liegenden Sonnenschutzes darf mit bedientem Sonnenschutz nie mehr als 5 K über der Raumlufttemperatur liegen. Die stündliche Oberflächentemperatur θ_{si} der Verglasung kann mit folgender Gleichung bestimmt werden: $\theta_{si} = \theta_i + R_{si} \{ q_i \cdot I_s - U_g \cdot (\theta_i - \theta_e) \}$ θ_i Raumtemperatur, in °C R_{si} Wärmeübergangswiderstand der Verglasung innen, in m ² K/W q_i sekundärer Wärmeabgabegrad der Verglasung nach innen mit Sonnenschutz, dimensionslos I_s Globalstrahlungsintensität in der Fassadenebene, in W/m ² ein konventioneller Wert ist 900 W/m² U_g Wärmedurchgangskoeffizient in der Mitte der Verglasung, in W/(m ² ·K) θ_e Aussentemperatur, in °C gemäss SIA 2028, tabelle 5 | Die innere Oberflächentemperatur in der Mitte der Glasfläche des Fensters oder eines allfälligen innen liegenden Sonnenschutzes darf mit bedientem Sonnenschutz nie mehr als 5 K über der Raumlufttemperatur liegen. Die stündliche Oberflächentemperatur θ_{si} der Verglasung kann mit folgender Gleichung bestimmt werden: $\theta_{si} = \theta_i + R_{si} \{ q_i \cdot I_s - U_g \cdot (\theta_i - \theta_e) \}$ θ_i Raumtemperatur, in °C, konstanter Standardwert im Sommer gemäss SIA 2024 R_{si} Wärmeübergangswiderstand der Verglasung innen, in m ² K/W; ein konventioneller Wert ist 0,13 m ² K/W q_i sekundärer Wärmeabgabegrad der Verglasung nach innen mit Sonnenschutz, dimensionslos I_s Globalstrahlungsintensität in der Fassadenebene, in W/m ² ; Stundenwerte der Auslegungstage gemäss SIA 2028:2010, Ziffer 3.7 U_g Wärmedurchgangskoeffizient in der Mitte der Verglasung, in W/(m ² ·K) θ_e Aussentemperatur, in °C, Stundenwerte der Auslegungstage gemäss SIA 2028 |
| 44 | 5.2.5.2 | Die auf die Nettogeschossfläche bezogene Wärmespeicherfähigkeit $C_{R/AVGF}$ eines Raumes muss mindestens 45 Wh/(m ² ·K) betragen. Die Berechnung der Wärmespeicherfähigkeit der Bauteile erfolgt nach SN EN ISO 13786 für eine Periode von 24 Stunden unter Berücksichtigung der Übergangswiderstände. Weitere Angaben finden sich in Anhang D. | Die spezifische Wärmespeicherfähigkeit $C_{R/AVGF}$ eines Raumes muss mindestens 45 Wh/(m ² ·K) betragen. Die Berechnung der Wärmespeicherfähigkeit der Bauteile erfolgt nach SN EN ISO 13786 für eine Periode von 24 Stunden unter Berücksichtigung der Wärmeübergangswiderstände. Weitere Angaben finden sich in Anhang D. |

| Seite | Ziffer | bisher (Die Fehler sind fett und durchgestrichen markiert) | Korrektur (Die Korrekturen sind fett und kursiv markiert) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|--|---|-------------------------------------|------------------------------------|-------------|-------|-------|---------------------------------|----------------------|----------------------|-----------|-------|-------|---|----------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------|-------|-------|---------------------------------|----------------------|----------------------|-----------|-------|-------|
| 46 | 6.2.1.5 | <p>... $p_{v,i,max}$ maximal zulässiger Wasserdampfdruck in der Raumluft, in Pa $p_{v,i,max} = 0,2 p_{v,e} + 0,8 Z p_{sat}(\theta_{s,i})$ mit Sicherheitsfaktor $Z = 0,8$</p> | <p>... $p_{v,i,max}$ maximal zulässiger Wasserdampfdruck in der Raumluft, in Pa bei Schimmelpilzbefall ab 80% Oberflächenfeuchte mit Sicherheitsfaktor $Z=1,25$: $p_{v,i,max}^* = p_{v,e} + Z \cdot (p_{v,i,max} - p_{v,e}) = 0,8 \cdot p_{v,e} + 0,2 p_{sat}(\theta_{s,i})$, daraus folgt: $p_{v,i,max} = 0,2 p_{v,e} + 0,8 \cdot 0,8 p_{sat}(\theta_{s,i})$</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | A.1 | Tabelle in Ziffer A.1 | Korrigierte Werte in der letzten Spalte, siehe Seite 11. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 52 | A.2 | <p>In Tabelle A.1 ist die maximale massebezogene Luftfeuchte x_{sat} für einen Druck von 96'600 Pa angegeben. Für andere Drücke gilt:</p> $x(p, \theta) = \frac{M_e \cdot p_e}{M_a \cdot p_a - M_e \cdot p_e}$ <p>$M_a = 0,0289645$ kg und $M_e = 0,01801628$ kg sind die molaren Massen von Luft bzw. Wasser p_e Wasserdampfdruck p_a Luftdruck</p> | <p>In Tabelle A.1 ist die maximale massebezogene Luftfeuchte x_{sat} für einen Druck von 96'600 Pa angegeben. Für andere Drücke gilt:</p> $x(p, p_e) = \frac{M_e \cdot p_e}{M_a (p_a - p_e)} = 0,62198 \frac{p_e}{(p_a - p_e)}$ <p>$M_a = 0,0289645$ kg und $M_e = 0,01801628$ kg sind die molaren Massen von Luft bzw. Wasser p_e Wasserdampfdruck p_a Luftdruck</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 55 | B.3.1 | <p>Zugluft: $DR = (\theta_p - \theta_{a,i}) \cdot (v_{a,i} - 0,05)^{0,62} \cdot (37 \cdot v_{a,i} \cdot T_u + 3,14)$ in %</p> | <p>Zugluft: $DR = (\theta_p - \theta_{a,i}) \cdot (v_{a,i} - 0,05)^{0,62} (0,37 \cdot v_{a,i} \cdot T_u + 3,14)$ in %</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 56 | B.4.3 | <p>Berechnung der maximalen Luftgeschwindigkeit v_{max} infolge Kaltluftabfall an einer vertikalen Fläche</p> <p>Die maximale Luftgeschwindigkeit in einem Abstand x von einer vertikalen kalten Oberfläche und 0,1 m über Boden kann mit folgender Näherungsformel bestimmt werden:</p> $v_{max} = k \cdot \sqrt{\Delta\theta \cdot H}$ in m/s | <p>Berechnung der maximalen Luftgeschwindigkeit $v_{a,max}$ infolge Kaltluftabfall an einer vertikalen Fläche</p> <p>Die maximale Luftgeschwindigkeit in einem Abstand x von einer vertikalen kalten Oberfläche und 0,1 m über Boden kann mit folgender Näherungsformel bestimmt werden:</p> $v_{a,max} = k \cdot \sqrt{\Delta\theta \cdot H}$ in m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 56 | B.4.3 | <p>Tabelle 14 Regressionskoeffizient k in $m^{0,5} \cdot K^{-0,5} \cdot s^{-1}$</p> <table border="1" data-bbox="1214 1037 1414 1904"> <thead> <tr> <th>Abstand von der Wand</th> <th>Raum ohne Wärmelasten¹⁾</th> <th>Raum mit Wärmelasten²⁾</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$x < 0,4$ m</td> <td>0,055</td> <td>0,083</td> </tr> <tr> <td>$0,4 \text{ m} \leq x \leq 2$ m</td> <td>$0,095 / (x + 1,32)$</td> <td>$0,143 / (x + 1,32)$</td> </tr> <tr> <td>$x > 2$ m</td> <td>0,028</td> <td>0,043</td> </tr> </tbody> </table> | Abstand von der Wand | Raum ohne Wärmelasten ¹⁾ | Raum mit Wärmelasten ²⁾ | $x < 0,4$ m | 0,055 | 0,083 | $0,4 \text{ m} \leq x \leq 2$ m | $0,095 / (x + 1,32)$ | $0,143 / (x + 1,32)$ | $x > 2$ m | 0,028 | 0,043 | <p>Tabelle 14 Regressionskoeffizient k in $m^{0,5} \cdot K^{-0,5} \cdot s^{-1}$</p> <table border="1" data-bbox="1214 118 1414 1037"> <thead> <tr> <th>Abstand von der Wand</th> <th>Raum ohne Wärmeeinträge¹⁾</th> <th>Raum mit Wärmeeinträge²⁾</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$x < 0,4$ m</td> <td>0,055</td> <td>0,083</td> </tr> <tr> <td>$0,4 \text{ m} \leq x \leq 2$ m</td> <td>$0,095 / (x + 1,32)$</td> <td>$0,143 / (x + 1,32)$</td> </tr> <tr> <td>$x > 2$ m</td> <td>0,028</td> <td>0,043</td> </tr> </tbody> </table> | Abstand von der Wand | Raum ohne Wärmeeinträge ¹⁾ | Raum mit Wärmeeinträge ²⁾ | $x < 0,4$ m | 0,055 | 0,083 | $0,4 \text{ m} \leq x \leq 2$ m | $0,095 / (x + 1,32)$ | $0,143 / (x + 1,32)$ | $x > 2$ m | 0,028 | 0,043 |
| Abstand von der Wand | Raum ohne Wärmelasten ¹⁾ | Raum mit Wärmelasten ²⁾ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $x < 0,4$ m | 0,055 | 0,083 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $0,4 \text{ m} \leq x \leq 2$ m | $0,095 / (x + 1,32)$ | $0,143 / (x + 1,32)$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $x > 2$ m | 0,028 | 0,043 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abstand von der Wand | Raum ohne Wärmeeinträge ¹⁾ | Raum mit Wärmeeinträge ²⁾ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $x < 0,4$ m | 0,055 | 0,083 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $0,4 \text{ m} \leq x \leq 2$ m | $0,095 / (x + 1,32)$ | $0,143 / (x + 1,32)$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $x > 2$ m | 0,028 | 0,043 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Seite | Ziffer | bisher (Die Fehler sind fett und durchgestrichen markiert) | Korrektur (Die Korrekturen sind fett und kursiv markiert) |
|-------|--------|---|---|
| 56 | B.4.4 | <p>Um die Komfortanforderungen bezüglich Zugluft erfüllen zu können, darf die maximal zulässige Luftgeschwindigkeit v_{max} infolge Kaltluftabfall die lokale mittlere Luftgeschwindigkeit $v_{a,l}$ nicht überschreiten. Hieraus kann der maximal zulässige U_{max} bei beliebigen Randbedingungen ermittelt werden:</p> $U_{max} \leq \frac{\left(\frac{v_{max} \cdot h_j}{k^2 \cdot H} + q_j \cdot I_s \right)}{(\theta_i - \theta_e)}$ <p style="text-align: center;">in $W/(m^2 \cdot K)$</p> | <p>Um die Komfortanforderungen bezüglich Zugluft erfüllen zu können, darf die maximal zulässige Luftgeschwindigkeit $v_{a,max}$ infolge Kaltluftabfall die lokale mittlere Luftgeschwindigkeit $v_{a,l}$ nicht überschreiten. Hieraus kann der maximal zulässige U-Wert des Bauteils U_{max} bei beliebigen Randbedingungen ermittelt werden:</p> $U_{max} \leq \frac{v_{a,l}^{hi} + q_j \cdot I_s}{k^2 \cdot H + q_j \cdot I_s}$ <p style="text-align: center;">in $W/(m^2 \cdot K)$</p> <p>$v_{a,l}$ zulässige lokale mittlere Raumlufgeschwindigkeit in Abhängigkeit von Turbulenzgrad, Zugluftrisiko und lokaler Lufttemperatur (siehe 2.3.3, Figur 5 und B.3.1)</p> |
| 57 | B.4.4 | <p>Figur 15 Beispiel maximal zulässiger Wärmedurchgangskoeffizienten U_{max} eines Bauteils in Abhängigkeit der Bauteilhöhe H zur Vermeidung von Behaglichkeitsproblemen durch Kaltluftabfall ohne weitere Massnahmen; für einen Raum mit internen Wärmelasten; nicht gültig für über Eck verglaste Räume.</p> | <p>Figur 15 Beispiel maximal zulässiger Wärmedurchgangskoeffizienten U_{max} eines Bauteils in Abhängigkeit der Bauteilhöhe H zur Vermeidung von Behaglichkeitsproblemen durch Kaltluftabfall ohne weitere Massnahmen; für einen Raum mit internen Wärmeeinträgen; nicht gültig für über Eck verglaste Räume.</p> |
| 59 | C.2 | <p>Sommerliche empfundene Temperatur in Räumen mit natürlicher Lüftung</p> <p>Fragestellung: Liegt in Räumen mit natürlicher Lüftung die sommerliche empfundene Temperatur im Raum bei den vereinbarten Nutzungsbedingungen ohne Kühlung im Behaglichkeitsbereich? SIA 180, Ziffer 2.2</p> | <p>Sommerliche empfundene Temperatur in Räumen mit natürlicher Lüftung, ohne maschinelle Kühlung</p> <p>Fragestellung: Liegt in Räumen mit natürlicher Lüftung die sommerliche empfundene Temperatur im Raum bei den vereinbarten Nutzungsbedingungen ohne maschinelle Kühlung im Behaglichkeitsbereich? SIA 180, Ziffer 2.2</p> |
| 59 | C.2 | <p>Sommerliche empfundene Temperatur in Räumen mit natürlicher Lüftung</p> <p>Fragestellung: Liegt in Räumen mit natürlicher Lüftung die sommerliche empfundene Temperatur im Raum bei den vereinbarten Nutzungsbedingungen ohne Kühlung im Behaglichkeitsbereich? SIA 180, Ziffer 2.2</p> | <p>Sommerliche empfundene Temperatur in Räumen mit natürlicher Lüftung, ohne maschinelle Kühlung</p> <p>Fragestellung: Liegt in Räumen mit natürlicher Lüftung die sommerliche empfundene Temperatur im Raum bei den vereinbarten Nutzungsbedingungen ohne maschinelle Kühlung im Behaglichkeitsbereich? SIA 180, Ziffer 2.2</p> |

Anhang A (normativ) Wasserdampf**A.1 Wasserdampf-Sättigungsdruck $p_{v,sat}$ in Pa, maximale volumenbezogene Luftfeuchte v_{sat} sowie maximale massebezogene Luftfeuchte x_{sat} für einen Luftdruck von 96'600 Pa (400 m ü.M.)**

| °C | ...0 | ...1 | ...2 | ...3 | ...4 | ...5 | ...6 | ...7 | ...8 | ...9 | U_{sat} | X_{sat} |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------|--------------|
| °C | Pa | Pa | Pa | Pa | Pa | Pa | Pa | Pa | Pa | Pa | g/m ³ | g/kg |
| 30 | 4241 | 4265 | 4289 | 4314 | 4339 | 4364 | 4389 | 4414 | 4439 | 4464 | 30,28 | 28.56 |
| 29 | 4003 | 4026 | 4050 | 4073 | 4097 | 4120 | 4144 | 4168 | 4192 | 4216 | 28,68 | 26.89 |
| 28 | 3778 | 3800 | 3822 | 3844 | 3867 | 3889 | 3912 | 3934 | 3957 | 3980 | 27,15 | 25.31 |
| 27 | 3563 | 3584 | 3605 | 3626 | 3648 | 3669 | 3691 | 3712 | 3734 | 3756 | 25,69 | 23.82 |
| 26 | 3359 | 3379 | 3399 | 3419 | 3440 | 3460 | 3480 | 3501 | 3522 | 3542 | 24,31 | 22.41 |
| 25 | 3166 | 3185 | 3204 | 3223 | 3242 | 3261 | 3281 | 3300 | 3320 | 3340 | 22,98 | 21.08 |
| 24 | 2982 | 3000 | 3018 | 3036 | 3055 | 3073 | 3091 | 3110 | 3128 | 3147 | 21,72 | 19.81 |
| 23 | 2808 | 2825 | 2842 | 2859 | 2876 | 2894 | 2911 | 2929 | 2947 | 2964 | 20,52 | 18.62 |
| 22 | 2642 | 2659 | 2675 | 2691 | 2708 | 2724 | 2741 | 2757 | 2774 | 2791 | 19,38 | 17.49 |
| 21 | 2486 | 2501 | 2516 | 2532 | 2547 | 2563 | 2579 | 2594 | 2610 | 2626 | 18,29 | 16.43 |
| 20 | 2337 | 2351 | 2366 | 2381 | 2395 | 2410 | 2425 | 2440 | 2455 | 2470 | 17,25 | 15.42 |
| 19 | 2196 | 2210 | 2224 | 2238 | 2252 | 2266 | 2280 | 2294 | 2308 | 2323 | 16,27 | 14.47 |
| 18 | 2063 | 2076 | 2089 | 2102 | 2115 | 2129 | 2142 | 2155 | 2169 | 2182 | 15,34 | 13.57 |
| 17 | 1937 | 1949 | 1961 | 1974 | 1986 | 1999 | 2012 | 2024 | 2037 | 2050 | 14,45 | 12.73 |
| 16 | 1817 | 1829 | 1841 | 1852 | 1864 | 1876 | 1888 | 1900 | 1912 | 1924 | 13,60 | 11.93 |
| 15 | 1704 | 1715 | 1726 | 1738 | 1749 | 1760 | 1771 | 1783 | 1794 | 1806 | 12,80 | 11.17 |
| 14 | 1598 | 1608 | 1619 | 1629 | 1640 | 1650 | 1661 | 1672 | 1683 | 1693 | 12,04 | 10.46 |
| 13 | 1497 | 1507 | 1517 | 1527 | 1537 | 1547 | 1557 | 1567 | 1577 | 1587 | 11,32 | 9.79 |
| 12 | 1402 | 1411 | 1420 | 1430 | 1439 | 1449 | 1458 | 1468 | 1477 | 1487 | 10,64 | 9.16 |
| 11 | 1312 | 1321 | 1330 | 1338 | 1347 | 1356 | 1365 | 1374 | 1383 | 1393 | 9,99 | 8.56 |
| 10 | 1227 | 1236 | 1244 | 1252 | 1261 | 1269 | 1278 | 1286 | 1295 | 1303 | 9,38 | 8.00 |
| 9 | 1147 | 1155 | 1163 | 1171 | 1179 | 1187 | 1195 | 1203 | 1211 | 1219 | 8,80 | 7.48 |
| 8 | 1072 | 1080 | 1087 | 1094 | 1102 | 1109 | 1117 | 1124 | 1132 | 1140 | 8,25 | 6.98 |
| 7 | 1001 | 1008 | 1015 | 1022 | 1029 | 1036 | 1043 | 1050 | 1058 | 1065 | 7,74 | 6.52 |
| 6 | 935 | 941 | 948 | 954 | 961 | 967 | 974 | 981 | 988 | 994 | 7,25 | 6.08 |
| 5 | 872 | 878 | 884 | 890 | 897 | 903 | 909 | 915 | 922 | 928 | 6,78 | 5.67 |
| 4 | 813 | 819 | 824 | 830 | 836 | 842 | 848 | 854 | 860 | 866 | 6,35 | 5.28 |
| 3 | 757 | 763 | 768 | 774 | 779 | 785 | 790 | 796 | 801 | 807 | 5,94 | 4.92 |
| 2 | 705 | 710 | 715 | 721 | 726 | 731 | 736 | 741 | 747 | 752 | 5,55 | 4.57 |
| 1 | 656 | 661 | 666 | 671 | 676 | 680 | 685 | 690 | 695 | 700 | 5,18 | 4.26 |
| 0 | 611 | 615 | 619 | 624 | 629 | 633 | 638 | 642 | 647 | 652 | 4,84 | 3.96 |
| -0 | 610 | 605 | 601 | 596 | 591 | 586 | 581 | 576 | 571 | 567 | 4,84 | 3.96 |
| -1 | 562 | 557 | 553 | 548 | 544 | 539 | 535 | 530 | 526 | 521 | 4,47 | 3.64 |
| -2 | 517 | 513 | 509 | 504 | 500 | 496 | 492 | 488 | 484 | 479 | 4,13 | 3.35 |
| -3 | 475 | 471 | 468 | 464 | 460 | 456 | 452 | 448 | 444 | 441 | 3,81 | 3.08 |
| -4 | 437 | 433 | 430 | 426 | 422 | 419 | 415 | 412 | 408 | 405 | 3,51 | 2.83 |
| -5 | 401 | 398 | 394 | 391 | 388 | 384 | 381 | 378 | 375 | 371 | 3,24 | 2.59 |
| -6 | 368 | 365 | 362 | 359 | 356 | 353 | 350 | 347 | 344 | 341 | 2,98 | 2.38 |
| -7 | 338 | 335 | 332 | 329 | 326 | 323 | 320 | 318 | 315 | 312 | 2,75 | 2.18 |
| -8 | 309 | 307 | 304 | 301 | 299 | 296 | 294 | 291 | 288 | 286 | 2,53 | 2.00 |
| -9 | 283 | 281 | 278 | 276 | 274 | 271 | 269 | 266 | 264 | 262 | 2,32 | 1.83 |
| -10 | 259 | 257 | 255 | 252 | 250 | 248 | 246 | 244 | 241 | 239 | 2,13 | 1.67 |
| -11 | 237 | 235 | 233 | 231 | 229 | 227 | 225 | 223 | 221 | 219 | 1,96 | 1.53 |
| -12 | 217 | 215 | 213 | 211 | 209 | 207 | 205 | 203 | 202 | 200 | 1,80 | 1.40 |
| -13 | 198 | 196 | 194 | 193 | 191 | 189 | 187 | 186 | 184 | 182 | 1,65 | 1.28 |
| -14 | 181 | 179 | 177 | 176 | 174 | 173 | 171 | 169 | 168 | 166 | 1,51 | 1.17 |
| -15 | 165 | 163 | 162 | 160 | 159 | 157 | 156 | 154 | 153 | 152 | 1,38 | 1.06 |
| -16 | 150 | 149 | 147 | 146 | 145 | 143 | 142 | 141 | 139 | 138 | 1,26 | 0.97 |
| -17 | 137 | 135 | 134 | 133 | 132 | 130 | 129 | 128 | 127 | 126 | 1,16 | 0.88 |
| -18 | 124 | 123 | 122 | 121 | 120 | 119 | 117 | 116 | 115 | 114 | 1,06 | 0.80 |
| -19 | 113 | 112 | 111 | 110 | 109 | 108 | 107 | 106 | 105 | 104 | 0,96 | 0.73 |
| -20 | 103 | 102 | 101 | 100 | 99 | 98 | 97 | 96 | 95 | 94 | 0,88 | 0.66 |
| -21 | 93 | 92 | 91 | 91 | 90 | 89 | 88 | 87 | 86 | 85 | 0,80 | 0.60 |
| -22 | 85 | 84 | 83 | 82 | 81 | 81 | 80 | 79 | 78 | 77 | 0,73 | 0.55 |
| -23 | 77 | 76 | 75 | 74 | 74 | 73 | 72 | 72 | 71 | 70 | 0,66 | 0.49 |
| -24 | 69 | 69 | 68 | 67 | 67 | 66 | 65 | 65 | 64 | 63 | 0,60 | 0.45 |
| -25 | 63 | 62 | 62 | 61 | 60 | 60 | 59 | 59 | 58 | 57 | 0,55 | 0.40 |

Die Tabelle wurde anhand folgender Gleichungen berechnet (SN EN ISO 13788):

$$\text{für } 0 \text{ °C und darüber: } p_{v,sat} = 610,5 \exp\left(\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}\right) \quad \text{unter } 0 \text{ °C: } p_{v,sat} = 610,5 \exp\left(\frac{21,875 \cdot \theta}{265,5 + \theta}\right)$$