

DIN EN 13129

ICS 45.060.20

Ersatz für
DIN EN 13129-1:2003-01 und
DIN EN 13129-2:2004-10

**Bahnanwendungen –
Luftbehandlung in Schienenfahrzeugen des Fernverkehrs –
Behaglichkeitsparameter und Typprüfungen;
Deutsche Fassung EN 13129:2016**

Railway applications –
Air conditioning for main line rolling stock –
Comfort parameters and type tests;
German version EN 13129:2016

Applications ferroviaires –
Conditionnement de l'air pour matériel roulant grandes lignes –
Paramètres de bien-être et essais de type;
Version allemande EN 13129:2016

Gesamtumfang 82 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 13129:2016) wurde unter Federführung der WG 8 „Klimatisierung, Heizung, Lüftung“ (Vorsitz: Frankreich) innerhalb des SC 3 „Schienenfahrzeuge — Systeme“ (Sekretariat: BSI, Vereinigtes Königreich) innerhalb des CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) erarbeitet.

Das zuständige deutsche Arbeitsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 087-00-07 AA „Heizung, Lüftung, Klima“ des Normenausschusses Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF) im DIN.

Dieses Dokument beruht auf der Grundlage einer englischen Referenzfassung.

Es wird darauf hingewiesen, dass der Text der Referenzfassung in 14.1.3, Absatz 2 missverständlich ist. Der 2. Satz wird entgegen dieser Version übersetzt mit:

Verschlossene Übergänge sind üblicherweise nur durch die Fahrzeugtür abgetrennt. Übergänge ohne Tür oder unverschlossene Übergänge müssen mit einer (provisorischen) Füllung versehen werden, deren k -Wert kleiner ist als $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13129-1:2003-01 und DIN EN 13129-2:2004-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Zusammenlegung der beiden Normungsteile zu einer Norm, womit eine Neustrukturierung des Inhalts einhergeht;
- b) Hinzufügung weiterer Begriffe sowie normativer Verweisungen;
- c) Erweiterung einiger Abschnitte, insbesondere der Abschnitte 9 und 10;
- d) Hinzufügung und Aktualisierung von Bildern und Tabellen;
- e) Hinzufügung von Inhalten in neuem normativen Anhang B;
- f) redaktionelle Aktualisierung im gesamten Dokument.

Frühere Ausgaben

DIN EN 13129-1: 2003-01

DIN EN 13129-2: 2004-10

Deutsche Fassung

**Bahnanwendungen —
Luftbehandlung in Schienenfahrzeugen des Fernverkehrs —
Behaglichkeitsparameter und Typprüfungen**

Railway applications —
Air conditioning for main line rolling stock —
Comfort parameters and type tests

Applications ferroviaires —
Conditionnement de l'air pour matériel
roulant grandes lignes —
Paramètres de bien-être et essais de type

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 19. Mai 2016 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	5
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Übereinstimmung mit der Norm.....	13
5 Behaglichkeitsparameter	13
6 Qualitätsstufen.....	14
7 Betriebszustand.....	15
7.1 Äußere Bedingungen	15
7.1.1 Auslegungsbedingungen.....	15
7.1.2 Extreme Bedingungen	15
7.2 Innenbedingungen.....	16
8 Leistungsfähigkeit der Heiz- und Kühleinrichtungen	16
8.1 Vorheizen.....	16
8.2 Heizen	16
8.3 Vorkühlung.....	17
8.4 Kühlen.....	17
8.5 Stand-by-Betrieb	17
8.6 Türöffnungsfolge.....	17
8.7 Eingeschränkter Betrieb.....	18
9 Regelung.....	18
9.1 Allgemeines.....	18
9.2 Sollwert der Raumtemperatur.....	18
9.3 Regelqualität.....	19
9.3.1 Allgemeines.....	19
9.3.2 Änderung des Sollwerts der Raumtemperatur	19
9.3.3 Änderung von einem oder mehreren Prüfparametern	20
9.3.4 Stabile Zustände	21
10 Für die Behaglichkeit zu beachtende Bedingungen	22
10.1 Parameter im Behaglichkeitsbereich	22
10.1.1 Temperaturen in den Behaglichkeitszonen	22
10.1.2 Oberflächentemperaturen im Behaglichkeitsbereich	24
10.1.3 Luftfeuchte	24
10.1.4 Luftgeschwindigkeit.....	26
10.1.5 Luftqualität.....	27
10.2 Parameter in den Nebenräumen.....	29
10.3 Innenraumparameter in Gastronomiebereichen (Bordküche).....	30
10.4 Temperaturgrenzwerte	31
11 Zusätzliche Anforderungen.....	32
11.1 Wärmedurchgangskoeffizient	32
11.2 Solarfaktor g der Fenster.....	33
11.3 Reinigung der klimatechnischen Einrichtung	33

12	Prüfung der Luftbewegung.....	33
12.1	Prüfung der Luftströmungen im Stillstand	33
12.1.1	Prüfbedingungen	33
12.1.2	Luftvolumenstrom	33
12.1.3	Visualisierung der Luftströmungsrichtung	33
12.2	Prüfung der Luftströmung bei Fahrt	33
12.3	Prüfung der Luftgeschwindigkeiten.....	33
12.3.1	Kritische Luftgeschwindigkeit	33
12.3.2	Messen der Luftgeschwindigkeiten während klimatechnischer Versuche	34
13	Klimatechnische Versuche	34
13.1	Allgemeines	34
13.2	Vorheizversuch	34
13.3	Vorkühlversuch	35
13.4	Regelversuche	35
13.4.1	Stationäre Versuche	35
13.4.2	Instationäre Versuche.....	37
13.4.3	Versuche für typische Tagesprofile	37
13.5	Funktionsprüfungen.....	38
14	Ergänzende Prüfungen	38
14.1	Bestimmen des Wärmedurchgangskoeffizienten.....	38
14.1.1	Zweck der Prüfung.....	38
14.1.2	Berechnung	38
14.1.3	Vorgehensweise	38
14.2	Thermographie	39
15	Messverfahren und Messgeräte.....	39
15.1	Allgemeines	39
15.2	Temperaturen	39
15.2.1	Lufttemperatur	39
15.2.2	Oberflächentemperaturen	39
15.3	Relative Luftfeuchte.....	39
15.4	Luftgeschwindigkeit.....	40
15.5	Luftvolumenstrom	40
15.6	Simulierte Fahrzeuggeschwindigkeit	40
15.7	Gleichwertige Leistung der Sonnenstrahlung.....	40
15.8	Energieverbrauch und elektrische Leistung	40
16	Eigenschaften der Prüfeinrichtungen.....	40
16.1	Allgemeine Erläuterungen	40
16.2	Fahrgastbesetzung.....	40
16.3	Temperatur und Gleichmäßigkeit der Klimakammer	40
16.4	Relative Luftfeuchte.....	41
16.5	Simulation der Windgeschwindigkeit	41
16.6	Gleichwertige Leistung der Sonnenstrahlung.....	41
17	Verteilung der Messpunkte.....	41
17.1	Verteilung der Fühler im Fahrzeug	41
17.1.1	Messpunkte für Temperaturen im Behaglichkeitsbereich.....	41
17.1.2	Messpunkte für Oberflächentemperaturen.....	41
17.1.3	Messpunkte für die Temperatur an den Einblasöffnungen.....	42
17.1.4	Messpunkte für Luftgeschwindigkeiten im Behaglichkeitsbereich.....	42
17.1.5	Messpunkte für die relative Luftfeuchte im Behaglichkeitsbereich.....	42
17.2	Verteilung der Fühler in der Klimakammer	42
Anhang A (informativ)	Zuordnung der Länder zu Klimazonen	43
Anhang B (normativ)	Rechenverfahren für Gesamtkonformitätsniveau CL	44

Anhang C (normativ) Versuchsprogramme zum Nachweis der Behaglichkeitsanforderungen	47
Anhang D (normativ) Gleichwertige Leistung der Sonnenstrahlung (Simulation der Sonnenstrahlung).....	56
Anhang E (normativ) Anordnung der Messpunkte zur Ermittlung der mittleren Raumtemperatur (T_{im}) im Behaglichkeitsbereich, horizontaler Bereich der extremen Raumlufttemperaturen und Anordnung der Messpunkte in den Nebenräumen.....	57
Anhang F (normativ) Anordnung der Messpunkte zur Bestimmung der vertikalen Bereiche der extremen Raumlufttemperaturen und der relativen Luftfeuchte im Behaglichkeitsbereich	59
Anhang G (normativ) Anordnung der Messpunkte zur Bestimmung der Abweichungen der Raumtemperatur im Behaglichkeitsbereich.....	61
Anhang H (informativ) Anordnung der Fühler in der Klimakammer.....	63
Anhang I (normativ) Typische Tagesverläufe	64
Anhang J (normativ) Wärmeabgabe je Person	74
Anhang K (informativ) Abkürzungen.....	76
K.1 Oberflächentemperaturen: $T_{S_Bereich_betroffene\ Oberfläche}$	76
K.2 Luftstrom: $\dot{V}_{Art\ des\ Luftstroms}$	76
K.3 Temperaturbereich: $\Delta T_{Betriebsart_Stelle}$	76
K.4 Gradienten: $\Delta T_{Art\ des\ Gradienten_Bereich_Stelle}$	77
K.5 Weitere	77
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2008/57/EG.....	78
Literaturhinweise	80

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 13129:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Februar 2017, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Februar 2017 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 13129-1:2002 und EN 13129-2:2004.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 2008/57/EG.

Zum Zusammenhang mit der EU-Richtlinie 2008/57/EG siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Behaglichkeitsparameter von Klimaanlage für Fahrgastabteile oder Großräume von Schienenfahrzeugen (ein- oder doppelstöckig) fest. Diese Behaglichkeitsparameter gelten sinngemäß für Räume, die für das Zugbegleitpersonal bestimmt sind.

Die Europäische Norm legt ebenfalls Bedingungen, Leistungswerte und Messverfahren zum Nachweis der Behaglichkeitsparameter für Abteile und Großräume fest.

Diese Europäische Norm gilt für Schienenfahrzeuge des Fernverkehrs. Sie ist nicht gültig für Vorortbahnen, U-Bahnen, Straßenbahnen und Führerräume.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN ISO 7726:2001, *Umgebungsklima — Instrumente zur Messung physikalischer Größen (ISO 7726:1998)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Behaglichkeit

angenehmes Empfinden eines Menschen bezüglich seiner klimatischen Umgebung

3.2

klimatechnische Einrichtung

Anlage zum Lüften und/oder Heizen und/oder Kühlen und/oder Filtern der Luft

3.3

Zwangsbelüftung

mechanisch erzeugte Luftbewegung

3.4

natürliche Belüftung

nicht mechanisch erzeugte Luftbewegung

3.5

Vorheizen

Vorgang zum Anheben der Raumtemperaturen ohne Anwesenheit von Fahrgästen

3.6

Vorkühlen

Vorgang zum Absenken der Raumtemperaturen ohne Anwesenheit von Fahrgästen

3.7

Heizung

Vorgang zum Anheben oder Aufrechterhalten der Raumtemperaturen

3.8

Kühlung

Vorgang zum Absenken oder Aufrechterhalten der Raumtemperaturen

3.9

Entfeuchtung

Vorgang zum Vermindern des Wassergehalts der Raumluft

3.10

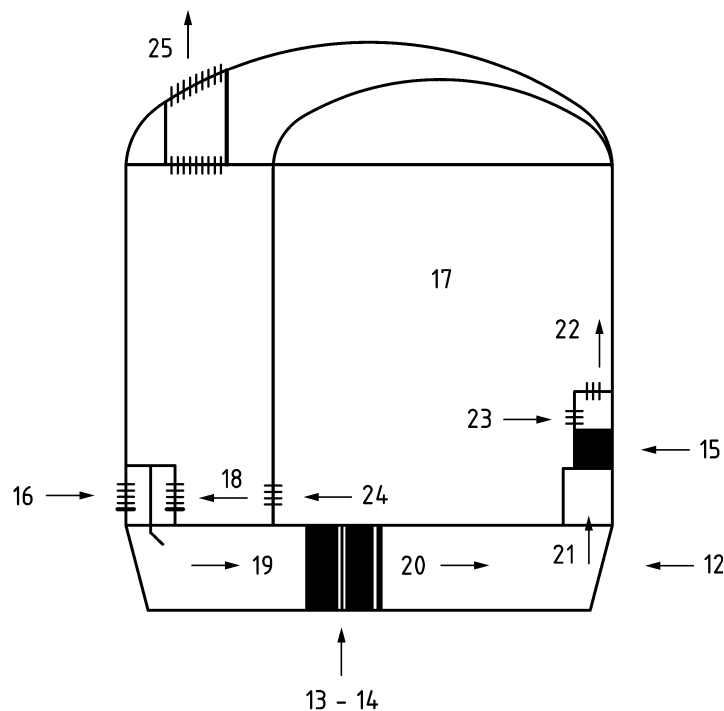
Klimagerät

Gerät zum Lüften, Heizen, Kühlen und/oder Entfeuchten

3.11

Heizungs- und Lüftungsanlage

Gerät zum Lüften und Heizen



ANMERKUNG Die Zahlen entsprechen den Nummern zu folgenden Definitionen.

Bild 1 — Skizze zur Erläuterung bestimmter bahnspezifischer Begriffe

Anmerkung 1 zum Begriff: Die gewählte Darstellung ist nur beispielhaft und hat keinen Einfluss auf die Ausführung einer Anlage.

3.12

Luftbehandlungsgerät

Baugruppe zum Transportieren, Filtern und/oder Mischen sowie zum Heizen und/oder Kühlen von Luft

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1, Nr. 12.

3.13

Kälteaggregat

zentral und/oder dezentral angeordnete Baugruppe für die Funktion Kühlen

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1, Nr. 13.

3.14

Haupt-Heizaggregat

Haupt-Heizregister

zentral und/oder dezentral angeordnete Baugruppe aus Heizelementen für die Funktion Heizen

Anmerkung 1 zum Begriff: Es ist möglich, dass die Heizelemente entweder mit Zwangsbelüftung verbunden sind oder nicht.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 1, Nr. 14.

3.15

Zusatzheizer

dezentral vom Klimagerät angeordneter Heizkörper zum örtlichen Einbringen von Wärme

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1, Nr. 15.

3.16

Frischluf

aus der Umgebung außerhalb des Fahrzeugs entnommene Luft

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1, Nr. 16.

3.17

Raumluft

Luft in einem bestimmten Raum

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1, Nr. 17.

3.18

Umluft

aus einem Raum zum Wiederverwenden entnommene Luft

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1, Nr. 18.

3.19

Mischluft

Gemisch aus Frischluft und Umluft

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1, Nr. 19.

3.20

behandelte Luft

Luft, die gefiltert worden ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Es ist möglich, dass die Luft einen Energieaustausch erfahren hat, nachdem sie ein Behandlungsgerät durchströmt hat.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 1, Nr. 20.

3.21

Zuluft

behandelte Luft, die den Kanälen zugeführt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1, Nr. 21.

3.22

Einluft

behandelte Luft, die in einen bestimmten Raum eingebracht wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die behandelte Luft kann mit einem Beiluftanteil kombiniert werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 1, Nr. 22.

3.23

Beiluft

örtlich entnommene und ohne zusätzliche Aufbereitung wiederverwendete Raumluft

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1, Nr. 23.

3.24

Abluft

einen bestimmten Raum verlassende Luft

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1, Nr. 24.

3.25

Fortluft

ein Fahrzeug verlassende Luft

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1, Nr. 25.

3.26

Sollwert der Raumtemperatur

T_{ic}

vorgegebene Temperatur eines Raumes, die erreicht werden soll

3.27

mittlere Raumtemperatur

T_{im}

arithmetisches Mittel der Raumlufttemperatur in 1,1 m Höhe über dem Fußboden, sofern nicht anders angegeben

Anmerkung 1 zum Begriff: Nach normativem Anhang E.

3.28

Mittelwert der Außentemperatur

T_{em}

arithmetisches Mittel der Außenlufttemperatur mindestens 0,1 m vom Wagenkasten entfernt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe 17.2.

3.29

Einschwingzeit

t_{cs}

maximal erlaubte Zeit bis zum Erreichen des stabilen Zustands nach Änderung der Sollwerttemperatur T_{ic}

3.30

Einregelzeit

t_{rs}

maximal erlaubte Zeit bis zum Erreichen des stabilen Zustands nach Änderung eines Parameters

BEISPIEL T_{em} , Windgeschwindigkeit, Strahlungsleistung der Sonne, Fahrgastbesetzung.

3.31

Behaglichkeitsbereich

Bereiche in Abteilen oder Großräumen, in denen sich regelmäßig Fahrgäste aufhalten, einschließlich Speisewagen und Gänge

3.32

Behaglichkeitszone

Teilbereich des Behaglichkeitsbereichs, wie Abteile und andere Bereiche

3.33

horizontaler Bereich der Extremwerte der Raumlufthemperaturen

absolute Differenz der Extremwerte der Raumlufthemperaturen, gemessen in 1,1 m Höhe über dem Fußboden

Anmerkung 1 zum Begriff: Nach normativem Anhang E.

3.34

vertikaler Bereich der Extremwerte der Raumlufthemperaturen

absolute Differenz der Extremwerte der Raumlufthemperaturen in vertikaler Ebene in unterschiedlichen Höhen

Anmerkung 1 zum Begriff: Nach normativem Anhang F und normativem Anhang G.

3.35

Nebenraum

Bereich, in dem sich Fahrgäste vorübergehend aufhalten

BEISPIEL Seitengänge, Einstiegsbereiche, Waschräume, WCs, Wickelraum, Durchgänge.

3.36

Gastronomiepersonalbereich

Bereich oder Raum für ausgebildetes Personal, das Speisen oder Getränke zubereitet und/oder verkauft

3.37

Wärmedurchgangskoeffizient

k

Quotient aus dem Wärmestrom je Flächeneinheit und der Differenz der Bezugstemperaturen (T_{im} und T_{em}) jener Bereiche des Fahrzeugs, die durch die betreffenden Wandflächen getrennt sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Koeffizient k berücksichtigt die Wirksamkeit der Wärmedämmung der Außenflächen und den Einfluss des Eindringens von Luft infolge von Undichtigkeiten des Fahrzeugs bei Fahrt (Türen, Fenster, verschiedene Öffnungen) und bezieht sich auf das gesamte Fahrzeug oder auf Teile eines solchen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Dieser Wert wird in $W/(m^2 \cdot K)$ ausgedrückt.

3.38

Gesamtenergietransmissionsfaktor

Solarfaktor

g

Verhältnis des durch die Fensterscheibe in das Fahrzeuginnere durchgelassenen solaren Energiestromes zum auftreffenden Energiestrom

3.39

gleichwertige Strahlungsleistung der Sonne

gesamte Strahlungsleistung, bezogen auf eine normal zur Einstrahlungsrichtung liegende Fläche von 1 m^2

Anmerkung 1 zum Begriff: Nach dem normativen Anhang D wird die Strahlung von einer Lichtquelle (gleichwertig der natürlichen Sonnenstrahlung) in einem Winkel von 30° zur Horizontalen abgegeben.

3.40

Wärmeabgabe je Person

von einer sitzenden normal gekleideten Person abgegebenen Wärme, unterschieden in latente (q_{lat}) und sensible (q_{sens}) Wärmeabgabe

Anmerkung 1 zum Begriff: Werte nach normativem Anhang J.

3.41

stabiler Betrieb

Beharrungszustand

Betrieb nach Einschwingzeit t_{CS} oder Einregelzeit t_{rs}

Anmerkung 1 zum Begriff: Nach 9.3.2 und 9.3.3.

3.42

stabiler Zustand

Zustand, der erreicht ist, wenn der Unterschied zwischen den höchsten und niedrigsten Werten für die mittlere Raumtemperatur T_{im} innerhalb festgelegter Grenzen eingehalten wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Nach 9.3.4.

3.43

Stand-by-Betrieb

Betriebsart, bei der ein vorbestimmter Bereich der Raumtemperatur eingehalten wird, währenddessen sich das Fahrzeug nicht im Fahrbetrieb befindet

3.44

maximale Fahrgastbesetzung

Fahrgastbesetzung, bei der alle Sitze einschließlich Klappsitze und Rollstuhlbereiche in den Behaglichkeitszonen besetzt sind

3.45

Einzelergebnis

X_{ijk}

an einer einzelnen Messstelle k gemessener Wert oder der aus allen einzelnen Messstellen der Gruppe k berechnete Wert, bezogen jeweils auf eine spezielle mittlere Raumtemperatur T_{im} eines einzelnen Versuchs i und auf einen einzelnen Behaglichkeitsparameter j ohne Beachtung der Messtoleranzen

Anmerkung 1 zum Begriff: Messtoleranzen nach Abschnitt 15.

3.46

Qualitätsstufe

q1

Soll-Qualitätsstufe, die eine 100 % Übereinstimmung ergibt, wenn sie erfüllt wird

3.47

Qualitätsstufe

q2

Qualitätsstufe, die erfüllt werden muss

3.48

Gewichtsfaktor

w_{ijk}

Faktor, der die Wichtigkeit verschiedener Messstellen und Parameter angibt

3.49

einzelnes Konformitätsniveau

Y_{ijk}

Konformitätsniveau für einen Behaglichkeitsparameter j eines speziellen Versuchs i für eine Messstelle k oder für die Gruppe der Messstellen k, bezogen auf die entsprechenden Qualitätsstufen q1 und q2

3.50

spezifisches Konformitätsniveau

$Y_{ij,s}$

gewichteter arithmetischer Mittelwert aller einzelnen Konformitätsniveaus Y_{ijk} in einer Zone s für einen Behaglichkeitsparameter j in einem speziellen Versuch i

3.51

Konformitätsniveau CL_i eines einzelnen Versuchs

gewichteter arithmetischer Mittelwert aller relevanten speziellen Konformitätsniveaus $Y_{ij,s}$ für einen Versuch i

3.52

Konformitätsniveau CL_{SS} , CL_{Int} und CL_{TDP}

arithmetischer Mittelwert aller relevanten speziellen Konformitätsniveaus CL_i für stationäre Versuche CL_{SS} , instationäre Versuche im CL_{Int} und Versuche mit typischen Tagesprofilen CL_{TDP}

3.53

Gesamtkonformitätsniveau

CL

Summe der gewichteten Konformitätsniveaus

Anmerkung 1 zum Begriff: In dieser Norm wird das Gesamtkonformitätsniveau nach dem normativen Anhang B berechnet.

3.54

eingeschränkter Betrieb

Betrieb der klimatechnischen Einrichtung mit definierten Leistungseinschränkungen

3.55

technische Spezifikation

Dokument, das zusätzlich zu den Anforderungen dieser Norm bestimmte Parameter und/oder Produktanforderungen beschreibt

3.56

Klimazone

klimatische Bedingungen, die für die Auslegung der climatechnischen Einrichtung verwendet werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die Festlegung der Auslegung und für die extremen Bedingungen wird auf 7.1.1 und 7.1.2 dieser Norm verwiesen.

4 Übereinstimmung mit der Norm

Die zur Berechnung des generellen Konformitätsniveaus zu berücksichtigenden gemessenen Parameter sind in 9.3 und 10.1.1 bis 10.1.4 festgelegt. Das Berechnungsverfahren ist im normativen Anhang B festgelegt.

Das Gesamtkonformitätsniveau wird folgendermaßen bestimmt:

- Niveau A: $97\% \leq CL \leq 100\%$
- Niveau B: $93\% \leq CL < 97\%$
- Niveau C: $85\% \leq CL < 93\%$
- Unterhalb von 85 % oder falls ein Parameter die q2-Stufe nicht erreicht, wird der Norm nicht entsprochen.

Das anzuwendende mindeste Gesamtkonformitätsniveau sollte in der Technischen Spezifikation definiert sein. Falls solch eine Definition fehlt, muss mindestens Niveau C erreicht werden.

5 Behaglichkeitsparameter

Im normalen Fahrgastbetrieb wird die Behaglichkeit wie folgt bewertet:

- a) auf Grundlage der folgenden klimatischen Bedingungen im Fahrzeug:
 - i) Lufttemperatur;
 - ii) Luftgeschwindigkeit;
 - iii) relative Luftfeuchte;
 - iv) Oberflächentemperaturen.
- b) als Funktion des Wärmeaustausches zwischen dem normal bekleideten, ruhend sitzenden Menschen und seiner Umgebung in Übereinstimmung mit Bild J.1.
- c) als Funktion der klimatischen Bedingungen außerhalb des Fahrzeugs, die einen indirekten Einfluss haben.

Die Bewertung muss in Übereinstimmung mit dem normativen Anhang B ausgeführt werden und muss sich auf folgende 7 Behaglichkeitsparameter stützen:

- 1) Bereich der mittleren Raumtemperatur T_{im} bezüglich dem Sollwert der Raumtemperatur T_{ic} ,
- 2) horizontaler Bereich der Extremwerte der Raumlufthtemperaturen;
- 3) vertikaler Bereich der Extremwerte der Raumlufthtemperaturen für sitzende und stehende Fahrgäste;

- 4) Oberflächentemperaturen;
- 5) Luftfeuchte;
- 6) Luftgeschwindigkeit;
- 7) Regelgüte.

6 Qualitätsstufen

Jedes einzelne Land muss den Klimazonen für Winter und Sommer zugeteilt werden.

ANMERKUNG 1 Wenn Informationen bezüglich der Klassifizierung in der technischen Spezifikation erforderlich sind, siehe hierfür den informativen Anhang A.

Die Bewertung der Behaglichkeitsparameter muss durch Qualitätsstufen q1 und q2 durchgeführt werden.

Die Qualitätsstufen q1 und q2 des erweiterten Bereichs müssen ebenfalls für alle Bedingungen von instationären Versuchen anwendbar sein, unabhängig von der Außentemperatur.

ANMERKUNG 2 Diese Qualitätsstufen sind in Abhängigkeit von der Außentemperatur für einen normalen und erweiterten Bereich definiert.

ANMERKUNG 3 Der normale Bereich repräsentiert den für gewöhnlich auftretenden Außentemperaturbereich und ist daher höchst wichtig für die Behaglichkeitsqualität. Der erweiterte Bereich ist für extreme Bedingungen gültig, bei denen eine leichte Absenkung des thermischen Komforts akzeptabel ist.

Die Qualitätsstufen (normal oder erweitert) müssen als Funktion der mittleren Außentemperatur (T_{em}) in Übereinstimmung mit Tabelle 1 und Tabelle 2 festgelegt werden.

Tabelle 1 — Qualitätsstufen für Klimazonen im Winter

Zone (Winter)	Normalbereich für q1, q2 °C	Erweiterter Bereich für q1, q2 °C
I	$T_{em} \geq 0$	$-10 \leq T_{em} < 0$
II	$T_{em} \geq -10$	$-20 \leq T_{em} < -10$
III	$T_{em} \geq -20$	$-40 \leq T_{em} < -20$

Tabelle 2 — Qualitätsstufen für Klimazonen im Sommer

Zone (Sommer)	Normalbereich für q1, q2 °C	Erweiterter Bereich für q1, q2 °C
I	$T_{em} \leq +35$	$+35 < T_{em} \leq +40$
II	$T_{em} \leq +28$	$+28 < T_{em} \leq +35$
III	$T_{em} \leq +22$	$+22 < T_{em} \leq +28$

7 Betriebszustand

7.1 Äußere Bedingungen

7.1.1 Auslegungsbedingungen

Die Behaglichkeitsbedingungen müssen innerhalb der in Tabelle 3 angegebenen Grenzen für die äußeren Bedingungen der relevanten Klimazonen erfüllt werden; sofern es in den technischen Spezifikationen nicht anders angegeben wird (beispielsweise bei Tunnelfahrten). Jedes einzelne Land muss den Klimazonen für Winter und Sommer zugeteilt werden.

ANMERKUNG Wenn Informationen bezüglich der Klassifizierung in der technischen Spezifikation erforderlich sind, siehe hierfür den informativen Anhang A.

Tabelle 3 — Festlegung der Auslegungsbedingungen

Zone	Winter	Sommer		
	niedrigste Außentemperaturen °C	höchste Außentemperaturen °C	relative Feuchte %	gleichwertige Strahlungsleistung der Sonne (En) W/m ²
I	-10	+40	40	800
II	-20	+35	50	700
III	-40	+28	45	600

7.1.2 Extreme Bedingungen

Für extreme Bedingungen brauchen die Innenbedingungen 8.2, 8.4 und Abschnitt 10 nicht entsprechen. Die klimatechnische Einrichtung muss nach Tabelle 4 unter Extremtemperaturen mit voller Leistung arbeiten können.

Jedes einzelne Land muss den Klimazonen für Winter und Sommer zugeteilt werden.

ANMERKUNG 1 Wenn Informationen bezüglich der Klassifizierung in der technischen Spezifikation erforderlich sind, siehe hierfür den informativen Anhang A.

Tabelle 4 — Festlegung der Extrembedingungen

Zone	Winter	Sommer		
	niedrigste Außentemperaturen °C	höchste Außentemperaturen °C	relative Feuchte %	gleichwertige Strahlungsleistung der Sonne (En) W/m ²
I	-15	+45	30	800
II	-25	+40	40	700
III	-45	+33	30	600

Die klimatechnische Einrichtung muss ebenfalls im (reduzierten) Kühlbetrieb bis zu den in Tabelle 5 angegebenen Temperaturen weiterarbeiten. Jedes einzelne Land wird den Klimazonen für Winter und Sommer zugeteilt.

ANMERKUNG 2 Wenn Informationen bezüglich der Klassifizierung in der technischen Spezifikation erforderlich sind, siehe hierfür den informativen Anhang A.

Tabelle 5 — Festlegung der Betriebsgrenzen

Zone	Sommer		
	höchste Außentemperaturen °C	relative Feuchte %	gleichwertige Strahlungs- leistung der Sonne (E _n) W/m ²
I	+50	25	800
II	+45	30	700
III	+38	25	600

7.2 Innenbedingungen

Der betriebliche Einfluss auf die thermische Behaglichkeit muss für jede eingebaute Anlage berücksichtigt werden. Diese betrieblichen Bedingungen müssen in den technischen Spezifikationen festgelegt sein. Die thermische Behaglichkeit muss auf Grundlage einer gleichmäßigen Fahrgastverteilung (z. B. über die Sitze) beurteilt werden.

BEISPIEL Beispiele für eingebaute Anlagen sind z. B. Bewirtungseinrichtung und elektrischer Schaltschränke.

8 Leistungsfähigkeit der Heiz- und Kühleinrichtungen

8.1 Vorheizen

Die Bedingungen für das Vorheizen und die Leistung müssen in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

ANMERKUNG 1 Bedingungen für das Vorheizen und die Leistung sind: elektrischer Leistungsverbrauch und Spannung, Anhebung der Raumtemperatur und Zeit usw.

ANMERKUNG 2 Wenn vorstehend genannte Angaben fehlen, ist die Vorheizzeit, bis die mittlere Raumtemperatur $T_{im} \geq 18 \text{ °C}$ erreicht ist, abhängig von der in 8.2 definierten Leistung.

8.2 Heizen

Die installierte Heizleistung muss sicherstellen, dass die mittlere Raumtemperatur (T_{im}) im Behaglichkeitsbereich mindestens 21 °C beträgt, außer wenn in der technischen Spezifikation ein anderer Wert festgelegt ist:

- bei Auslegungsbedingungen nach 7.1.1;
- bei der höchsten Betriebsgeschwindigkeit des Fahrzeugs;
- ohne Strahlungsleistung der Sonne;
- unter Berücksichtigung des kritischsten Betriebsfalls für die Auslegung (z. B. Fahrgastbesetzung und entsprechende minimale Frischluftmenge in Übereinstimmung mit Tabelle 11 und Tabelle 12).

8.3 Vorkühlung

Die Bedingungen für das Vorkühlen und die Leistung müssen in der technischen Spezifikation festgelegt werden.

ANMERKUNG 1 Bedingungen für das Vorkühlen und die Leistung sind: elektrischer Leistungsverbrauch und Spannung, Absenkung der Raumtemperatur und Zeit usw.

ANMERKUNG 2 Wenn vorstehend genannte Angaben fehlen, ist die Vorkühlzeit abhängig von der in 8.4 definierten Leistung.

Am Ende der Vorkühlphase darf die Raumlufttemperatur höchstens 2 K über T_{ic} liegen.

8.4 Kühlen

Die installierte Kühlleistung muss die Möglichkeit sicherstellen, im Behaglichkeitsbereich die in der nachstehenden Tabelle 6 festgelegte mittlere Raumtemperatur T_{im} zu erreichen:

- bei Auslegungsbedingungen nach 7.1.1;
- unter Berücksichtigung der höchsten Fahrgastbesetzung (siehe Bild J.1 für Wärme abgebende sitzende Person) und der entsprechenden minimalen Frischluftzufuhr in Übereinstimmung mit Tabelle 11;
- unter Berücksichtigung von zusätzlichen inneren Wärmelasten und relevanten äußeren Wärmelasten (z. B. durch Bauteile abgegebene Wärme).

Tabelle 6 — Höchste mittlere Raumtemperatur bei Auslegungsbedingung

Sommerzone	Mittlere Raumtemperatur °C
I	+27
II	+27
III	+25
ANMERKUNG Wenn für Sommerzonen eine beliebige Bedingung hinsichtlich der technischen Spezifikation erforderlich ist, siehe hierfür den informativen Anhang A.	

8.5 Stand-by-Betrieb

Fehlen in der technischen Spezifikation Hinweise hinsichtlich des Stand-by-Betriebs und der Leistung, muss die Anlage in der Lage sein, die mittlere Raumtemperatur T_{im} oberhalb von +3 °C im Winter und unterhalb von +30 °C im Sommer aufrechtzuerhalten.

ANMERKUNG Leistungen sind elektrischer Leistungsverbrauch und Spannung, Sollwerttemperatur und Zeit bis zum Erreichen der Sollwerttemperatur.

8.6 Türöffnungsfolge

Während einer Abfolge von 3 Türöffnungen und Türschließungen muss die mittlere Raumtemperatur (T_{im}) beobachtet werden. Vor Beginn der nächsten Abfolge muss T_{im} bezüglich T_{ic} innerhalb des Bereichs der Qualitätsstufe q2, die in 10.1.1 festgelegt ist, liegen. Fehlen Einzelheiten in der technischen Spezifikation, ist eine Abfolge durch einen 20-minütigen Betrieb mit 19 min Schließzeit und 1 min Öffnungszeit der Türen festgelegt.

8.7 Eingeschränkter Betrieb

Der eingeschränkte Betrieb, die Randbedingungen, die zu erreichenden Leistungen und die Prüfungen für den eingeschränkten Betrieb sollten in der technischen Spezifikation festgelegt sein.

9 Regelung

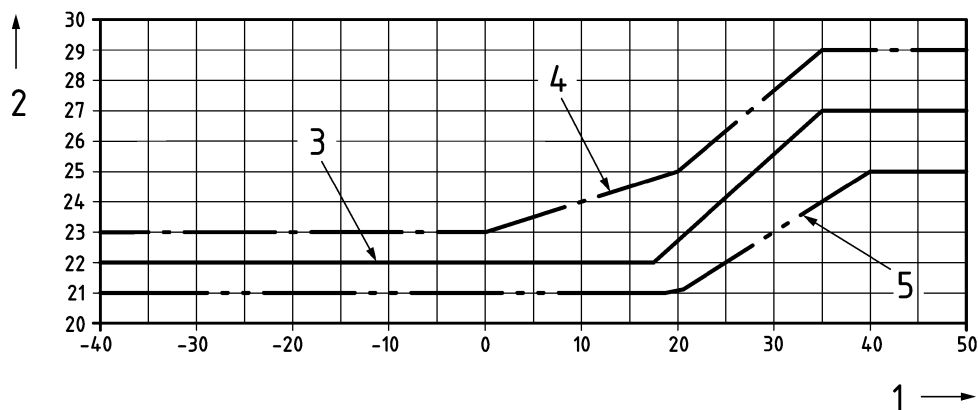
9.1 Allgemeines

Jedes Fahrzeug ist mit einer Einrichtung zum Regeln auszustatten, die es ermöglicht, dass die in dieser Europäischen Norm festgelegten Behaglichkeitsparameter eingehalten werden.

9.2 Sollwert der Raumtemperatur

In der technischen Spezifikation sollte eine Regelkurve für den Sollwert der Raumtemperatur (T_{ic}) festgelegt werden, wobei das Steuergerät in mittlerer Position eingestellt ist. Die Kurve muss sich innerhalb der in Bild 2 angegebenen Grenzen befinden.

Fehlen solche Angaben, muss die in Bild 2 vorgeschlagene Kurve 3 verwendet werden.



Legende

- | | | | |
|---|--|---|---------------|
| 1 | Mittelwert der Außentemperatur (T_{em}), in °C | 4 | obere Grenze |
| 2 | Sollwert der Raumtemperatur (T_{ic}), in °C | 5 | untere Grenze |
| 3 | vorgeschlagene Kurve | | |

Bild 2 — Vorgeschlagene Regelkurve und Grenzen für die Raumtemperatur

ANMERKUNG Formeln zur vorgeschlagenen Regelkurve:

$$T_{em} \leq 17,5 \text{ °C:} \quad T_{ic} = 22 \text{ °C} \quad (1)$$

$$17,5 < T_{em} < 35 \text{ °C:} \quad T_{ic} = 22 + 2/7 (T_{em} - 17,5) \text{ °C} \quad (2)$$

$$T_{em} \geq 35 \text{ °C:} \quad T_{ic} = 27 \text{ °C} \quad (3)$$

Unter Berücksichtigung der in 8.2 und 8.4 definierten Leistungsgrenzen muss der Sollwert der Temperatur in jeder Behaglichkeitszone unabhängig von den anderen Bereichen durch eine Stelleinrichtung mit einem Stellbereich von mindestens $\pm 2 \text{ K}$ (+2 K und -4 K für Liege- und Schlafwagen) verändert werden können.

Außerhalb dieser Leistungsgrenzen sind Temperaturabweichungen zulässig.

Bei stufenweiser Änderung durch die Stelleinrichtung darf die einstellbare Temperaturdifferenz von einer Stellung zur nächsten nicht größer als 1 K sein.

Bei jeder Inbetriebnahme des Fahrzeugs oder bei Stand-by-Betrieb sollte T_{ic} auf den Wert in der mittleren Position zurückgesetzt werden. Während des Vorkühl- und Vorheizbetriebs sollte eine Änderung von T_{ic} ignoriert werden.

In Fahrzeugen mit mehr als einer Behaglichkeitszone muss beim Verstellen einer oder mehrerer Stelleinrichtungen die mittlere Raumtemperatur der übrigen Behaglichkeitszone innerhalb ihres Toleranzbereichs bleiben (siehe 10.1.1). Mit Zustimmung des Betreibers ist es zulässig, getrennte Behaglichkeitszonen regelungstechnisch als Einheit anzusehen.

9.3 Regelqualität

9.3.1 Allgemeines

Die Kriterien in den folgenden Unterabschnitten sind für jeden Unterabschnitt unabhängig voneinander zu beurteilen. Die Beurteilung von Behaglichkeit durch gleichzeitige Kombination von 9.3.2 und 9.3.3 ist nicht anwendbar. Die Beurteilung von Behaglichkeit, wie in 9.3.4 festgelegt, muss nach Abschluss von 9.3.2 oder 9.3.3 durchgeführt werden. Die Beurteilung von Behaglichkeit im Beharrungszustand darf nur für stationäre Versuche angewendet werden.

9.3.2 Änderung des Sollwerts der Raumtemperatur

Bei Änderung des Sollwerts für die Raumtemperatur (T_{ic}) um ΔT_{ic} innerhalb der Einschwingzeit (t_{cs}) muss T_{im} innerhalb von $T_{im}(0) + \Delta T_{ic}/2 \pm (q_i + |\Delta T_{ic}|/2)$ bleiben. Nach der t_{cs} muss $T_{im}(1)$ innerhalb von $T_{im}(0) + \Delta T_{ic} \pm q_i$ liegen.

— Qualitätsstufe q1: 1 K

— Qualitätsstufe q2: 2 K

t_{cs} muss berechnet werden als (Zeitangaben in min)

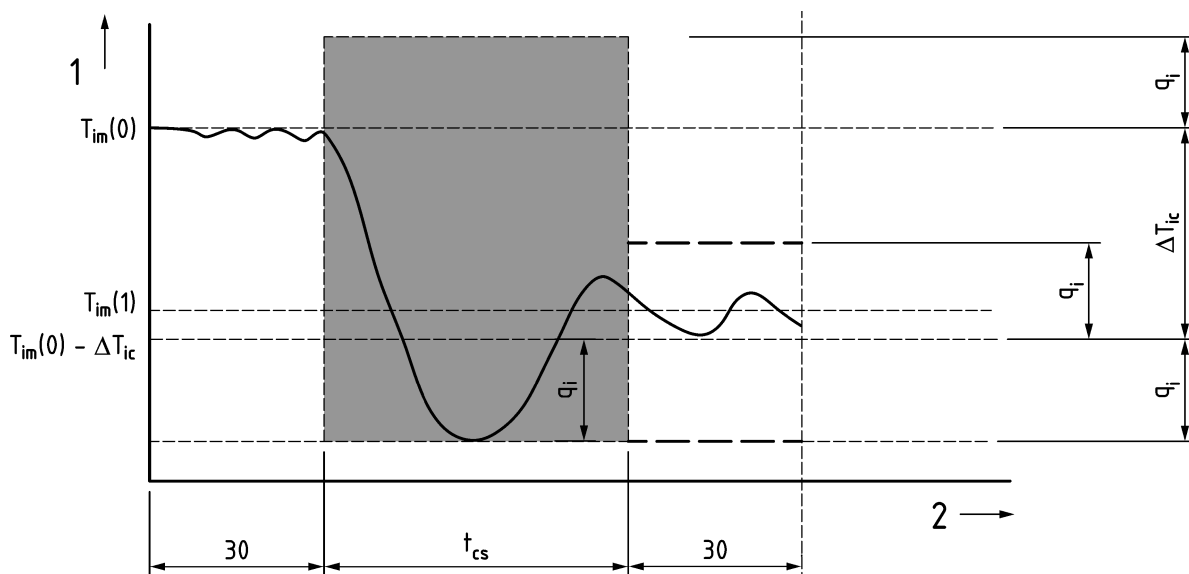
$$t_{cs} = |\Delta T_{ic}| \cdot 15 + 5 \quad (4)$$

Die Anfangsbedingung $T_{im}(0)$ entspricht dem Mittelwert der Raumtemperatur (T_{im}) während der letzten 30 min. $T_{im}(1)$ ist die mittlere Raumtemperatur T_{im} nach der Einschwingzeit t_{cs} , gemittelt über eine Dauer von 30 min.

Für die Bewertung ist die stärkste Abweichung der zwei Kriterien zu berücksichtigen.

Die vorstehende Anforderung gilt innerhalb der Grenze der Leistungsfähigkeit nach 8.2 und 8.4.

Nach der Einschwingzeit (t_{cs}) muss die mittlere Raumtemperatur T_{im} den Anforderungen in 9.3.4 und 10.1.1 entsprechen.



Legende

1	mittlere Raumtemperatur T_{im} , in °C	ΔT_{ic}	Veränderung von T_{ic} , in K
2	Zeit, in min	q_i	Qualitätsstufe, in K
$T_{im}(0)$	Mittelwert der mittleren Raumtemperatur vor Änderung der Sollwerttemperatur, in °C	t_{cs}	Einschwingzeit, in min
$T_{im}(1)$	Mittelwert der mittleren Raumtemperatur nach t_{cs} , in °C		

Bild 3 — Grenzen bei Änderung der Raumtemperatur (T_{ic})

9.3.3 Änderung von einem oder mehreren Prüfparametern

Bei Änderung eines einzelnen Prüfparameters darf innerhalb einer Einregelzeit (t_{rs}) von 35 min die Differenz zwischen den höchsten und niedrigsten Werten der mittleren Raumtemperatur T_{im} die folgenden Werte nicht überschreiten:

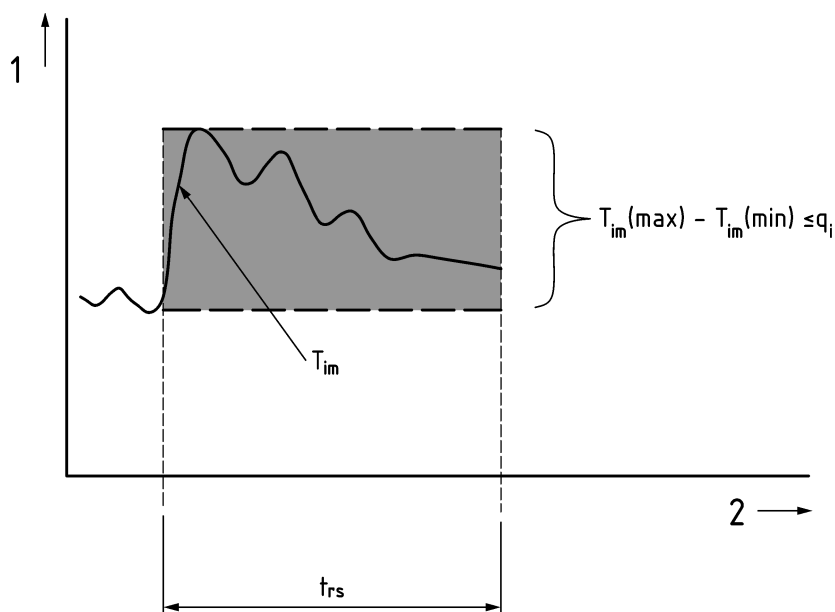
- für Qualitätsstufe q1: 1,5 K
- für Qualitätsstufe q2: 2,5 K

BEISPIEL Prüfparameter können umfassen: T_{em} , Windgeschwindigkeit, Strahlungsleistung der Sonne, Fahrgastbesetzung.

Für mehrere Parameteränderungen darf innerhalb einer Einregelzeit (t_{rs}) von 45 min die Differenz zwischen den höchsten und niedrigsten Werten der mittleren Raumtemperatur T_{im} die folgenden Werte nicht überschreiten:

- für Qualitätsstufe q1: 2 K
- für Qualitätsstufe q2: 3 K

Nach der Einregelzeit (t_{rs}) muss die mittlere Raumtemperatur T_{im} den Anforderungen von 9.3.4 und 10.1 entsprechen.



Legende

1	Temperatur T_{im} , in °C	T_{im}	mittlere Raumtemperatur, in °C
2	Zeit, in min	$T_{im(max)}$	höchster Wert von T_{im} innerhalb von t_{rs} , in °C
q_i	Qualitätsstufe, in K	$T_{im(min)}$	niedrigster Wert von T_{im} innerhalb von t_{rs} , in °C
t_{rs}	Einregelzeit, in min		

Bild 4 — Grenzen bei Änderung der Prüfparameter

9.3.4 Stabile Zustände

Innerhalb jedes Zeitfensters von 10 min oder 30 min (im Folgenden beschrieben) darf die Differenz zwischen den höchsten und niedrigsten Werten der mittleren Raumtemperatur T_{im} folgende Werte nicht überschreiten:

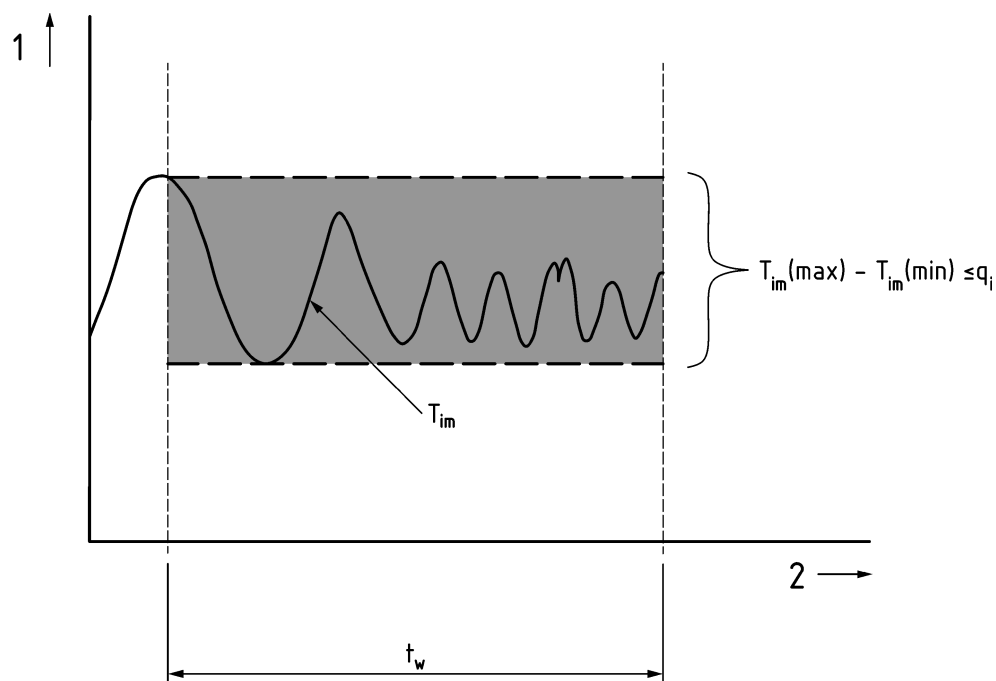
a) 10 min Zeitfenster:

- 1) Qualitätsstufe q_1 : 1 K
- 2) Qualitätsstufe q_2 : 1,4 K

b) 30 min Zeitfenster:

- 1) Qualitätsstufe q_1 : 1,5 K
- 2) Qualitätsstufe q_2 : 2 K

Für die Bewertung muss die stärkste Abweichung beider Kriterien verwendet werden.



Legende

1	Temperatur T_{im} , in °C	$T_{im}(\min)$	niedrigster Wert von T_{im} innerhalb des Zeitfensters t_w
2	Zeit, in min	q_i	Qualitätsstufe, in K
T_{im}	mittlere Raumtemperatur, in °C	t_w	Zeitfenster, in min
$T_{im}(\max)$	höchster Wert von T_{im} innerhalb des Zeitfensters t_w		

Bild 5 — Stabile Zustände

10 Für die Behaglichkeit zu beachtende Bedingungen

10.1 Parameter im Behaglichkeitsbereich

10.1.1 Temperaturen in den Behaglichkeitszonen

Die Temperaturen in den Behaglichkeitszonen müssen mit Tabelle 7 übereinstimmen.

ANMERKUNG Die für die verschiedenen Parameter verwendeten Abkürzungen sind im informativen Anhang K angegeben.

Tabelle 7 — Temperaturen in den Behaglichkeitszonen

Parameter		Normaler Bereich		Erweiterter Bereich		Erläuterungen
Bereich der mittleren Raumtemperatur (T_{im}) bezüglich dem Sollwert der Raumtemperatur (T_{ic}) (ΔT_{NR_ComZon} oder ΔT_{ExR_ComZon})	q1	1 K		1 K		
	q2	1,5 K		2 K		
horizontaler Bereich der Extremwerte der Raumlufttemperaturen ($\Delta T_{H_NR_ComZon}$ oder $\Delta T_{H_ExR_ComZon}$)	q1	2 K		2 K		
	q2	2,8 K		3,5 K		
vertikaler Bereich der Extremwerte der Raumlufttemperaturen für sitzende Fahrgäste ($\Delta T_{V_NR_Seat}$ oder $\Delta T_{V_ExR_Seat}$)	q1	3 K		3 K		q1: Prüfen, ob die Werte aller Fühler je Sitz innerhalb des zulässigen Bereichs von 3 K liegen q2: Eine Temperaturdifferenz von 5 K bzw. 8 K ist zulässig, wenn die wärmste Stelle in Fußhöhe liegt, andernfalls ist ein Temperaturunterschied von 3,5 K bzw. 4,5 K erlaubt
	q2	3,5 K	5,0 K	4,5 K	8,0 K	
vertikaler Bereich der Extremwerte der Raumlufttemperatur für stehende Fahrgäste im Bereich der Speisewagen und in den Gängen der Großraumwagen ($\Delta T_{V_NR_Stand}$ oder $\Delta T_{V_ExR_Stand}$)	q1	3,5 K		3,5 K		q1: Prüfen, ob die Werte der beiden Fühler nicht weiter als 3,5 K auseinander liegen q2: Eine Temperaturdifferenz von 6 K bzw. 9 K ist zulässig, wenn die wärmste Stelle in Fußhöhe liegt, andernfalls ist eine Temperaturdifferenz von 4 K bzw. 5 K erlaubt
	q2	4 K	6 K	5 K	9 K	