



Physiologische Grundlagen

Raumlufttechnische Anlagen (RLT-Anlagen) für Aufenthaltsbereiche von Personen sollen ein behagliches Raumklima schaffen. Innerhalb der Gesundheitsvorsorge und -erhaltung sollen Sie als Aufgabe der Hygiene das physische und psychische Wohlempfinden der Personen fördern. Für Planung und Ausführung von RLT-Anlagen mit entsprechenden thermodynamischen Behandlungsstufen sowie Luftreinigungseinrichtungen sind die Behaglichkeitskriterien der DIN 1946, Teil 2, wie nachfolgend beschreiben, von äußerster Bedeutung für die Wahl des richtigen Luftführungssysteme wie auch der geeigneten Luftdurchlässe.

Behaglichkeitskriterien

Die thermische Behaglichkeit und die Luftqualität in Räumen werden beeinflusst durch:

A. die Personen in Abhängigkeit von

- Tätigkeit
- Bekleidung
- Aufenthaltsdauer
- Belegung

Neben diesen klassischen Einflussgrößen zeigen neueste Untersuchungen, dass luftgetragene Gefahrenstoffe wie

- Feststoffe, z. B. Staubteilchen als Träger für Keime und Pilzsporen
- gasförmige Schadstoffe, wie z. B.. Schwefeldioxid (SO_2), Stickoxide (NO_x), Ozon und aromatische Kohlenwasserstoffe, vorrangig hierbei Benzol
- Geruchsstoffe
- Rauch
- feste und gasförmige Stoffe als Allergene und Allergenträger

eine erhebliche Beeinträchtigung des Behaglichkeitsempfindens und somit auch der Gesundheit des Menschen darstellen.

B. den Raum in Abhängigkeit von

- Temperatur der Oberflächen
- Temperaturverteilung
- Wärmequellen und Stoffquellen

C. die RLT-Anlage in Abhängigkeit von

- Lufttemperatur, Luftgeschwindigkeit und Luftfeuchte
- Luftaustausch
- Reinheit der Luft
- System und

Thermische Behaglichkeit

(Auszug aus der DIN 1946, Teil 2)



Mit RLT-Anlagen können direkt die Lufttemperatur, Luftgeschwindigkeit, Luftfeuchte und die Luftqualität des Raumes beeinflusst werden.

Thermische Behaglichkeit ist gegeben, wenn der Mensch mit der Temperatur, Feuchte und Luftbewegungen seiner Umwelt zufrieden ist und weder wärmere noch kältere. Weder trockenere noch feuchtere Raumluft wünscht.

Wesentlicher Einfluss auf das Behaglichkeitsempfinden übt hierbei der Mensch aus durch seine Tätigkeit und durch die Art seiner Bekleidung.

Umfeldgrößen wie. z. B. *Raumtemperaturen, Lufttemperatur-Schichten, Raumluftgeschwindigkeiten* und

Tätigkeit

Die Wärmeabgabe von Personen wird von ihrer Tätigkeit beeinflusst. Die nachstehenden Anhaltswerte beziehen sich auf

- Wärmeabgabe durch Strahlung und Konvektion bei einer Raumtemperatur von ca. 22 °C
- 1 metabolische Einheit des Ruheenergieumsatzes in sitzender Position mit 1 met = 58 W/m²,
- wobei für eine Person etwa 1,7 m² zugrunde gelegt werden.

Die Aktivitätsstufe I entspricht 1 met.

Wärmeabgabe je Person in Abhängigkeit von der Tätigkeit

Tätigkeit	Aktivitäts-Stufe	Wärmeabgabe pro Person in W
Sitzende Tätigkeit wie Lesen und Schreiben	I	100
Leichte Tätigkeit im Stehen, Labortätigkeit, Maschinenschreiben	II	150
Mäßig schwere körperliche Tätigkeit	III	200
Schwere körperliche Arbeit	IV	über 250

Bekleidung

Die Abgabe von Wärme ist beeinflussbar durch die Art der Bekleidung und dem hieraus resultierenden Wärmeleitwiderstandes R.

Eine weitere Einheit des Wärmeleitwiderstandes der Bekleidung ist die Einheit **clo**:
1 clo = 0,155m² K/W

Wärmeleitwiderstand der Bekleidung:



Bekleidung	Wärmeleitwiderstand	
	R im m ² K/W	clo in m ² K/W
Ohne Kleidung	0	0
Leichte Sommerkleidung	0,08	0,5
Mittlere Kleidung	0,16	1,0
Warme Kleidung	0,24	2,0

Raumtemperaturen

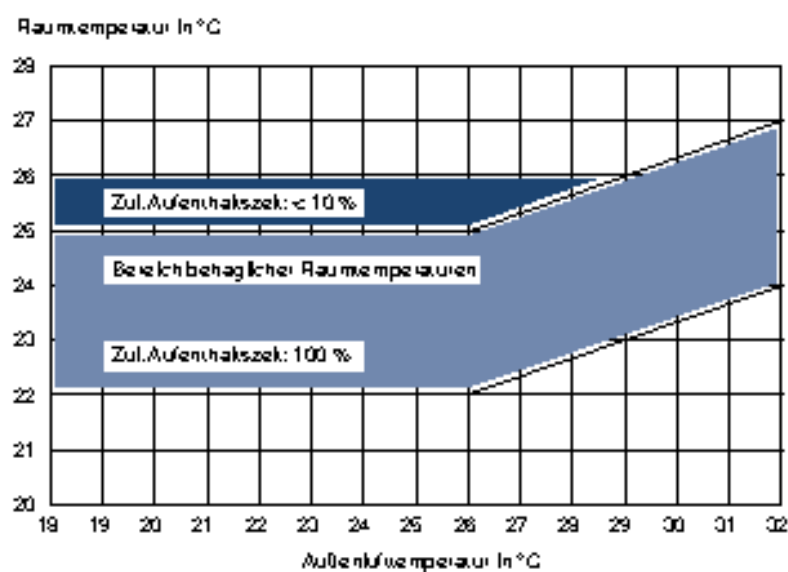
Das Temperaturempfinden von Personen im Aufenthaltsbereich ist abhängig von der örtlichen Raumtemperatur – ein Zusammenwirken von Lufttemperatur und Strahlungstemperatur der Umgebungsflächen nach der Beziehung:

$$t = 0,5 (t_L + t_S)$$

mit t = örtliche Raumtemperatur in °C
 t_L = örtliche Lufttemperatur in °C
 t_S = örtliche Strahlungstemperatur in °C

Diese Beziehung gilt unter folgenden Voraussetzungen:

- Aktivitätsstufe I und II
- Leichte bis mittlere Bekleidung
- Raumluftgeschwindigkeit und Turbulenzgrad im zulässigen Bereich
- Emissionsverhältnis der Oberflächen von $E = 0,9$





Lufttemperatur-Schichtungen

Bei der Lufttemperatur ist neben dem Niveau auch der vertikale Temperaturanstieg in der Aufenthaltszone für das Behaglichkeitsempfinden von Bedeutung:

Ein Temperaturanstieg von ca. 2 K je Meter Raumhöhe darf zugelassen werden.

Empfohlen wird ein vertikaler Temperaturanstieg von $\leftarrow 1,5$ K ab 0,1 m über Fußboden mit einer minimalen Lufttemperatur von 21 °C.

Raumluftgeschwindigkeit

Das thermische Behaglichkeitsempfinden des Menschen wird in besonderem Maße von der Luftbewegung im Aufenthaltsbereich mitgeprägt. Hierbei ist die zulässige Luftgeschwindigkeit abhängig von der Temperatur und dem Turbulenzgrad der Strömung, wie im nachfolgenden Bild dargestellt.

Die Werte gelten für Aktivitätsstufe I und einem Wärmeleitwiderstand von $R = 0,13$ m² K/W.

Eine Erhöhung auf $R = 0,032$ m² K/W oder eine Aktivitätssteigerung um 10 W entspricht einer Anhebung der zulässigen Raumluftgeschwindigkeit bei einer um etwa 1 K erhöhten zugeordneten Lufttemperatur.

Der Turbulenzgrad wird wie folgt definiert:

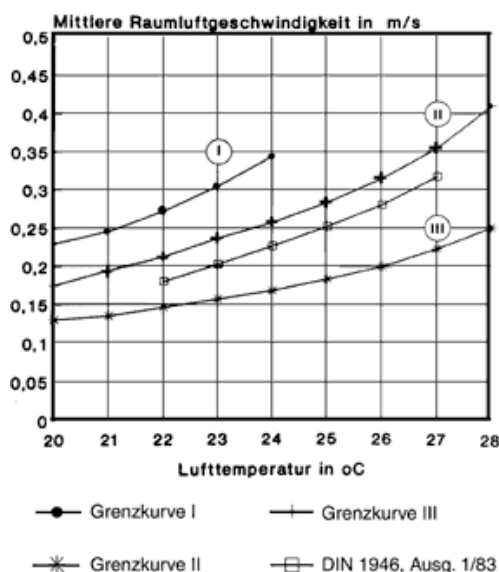
$$\text{Turbulenzgrad: } T_u = \frac{S_v}{v} \cdot 100$$

Hierin bedeuten:

T_u = Turbulenzgrad in %

S_v = Standardabweichung der Momentanwerte der Geschwindigkeit

v = mittlere Luftgeschwindigkeit (50 % - Wert)



Zulässige Luftgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von Temperatur und Turbulenzgrad der Luft.



Raumluftfeuchte

Für die Behaglichkeit liegt die obere Grenze der absoluten Feuchte bei $x = 11,5 \text{ g H}_2\text{O pro kg trockene Luft}$ bzw. einer relativen Feuchte von $j = 65 \%$.

Als untere Behaglichkeitsgrenze der rel. Feuchte wird – weitgehend unabhängig von der Lufttemperatur – $j_{\min} = 30 \%$ empfohlen; gelegentliche Unterschreitungen von bis 20% sind noch vertretbar.

Raumluftqualität

Die Qualität der Raumluft wird einerseits durch die Qualität der Zuluft und andererseits durch raumbedingte Verunreinigungen bestimmt.

Verunreinigungen der Luft können sein:

A) Unbelebte Verunreinigungen wie

- **Gase** (z. B. CO, CO₂, SO₂, NO_x, O₃, Radon, Formaldehyd, Kohlenwasserstoffe)
- **Aerosole** (z. B. anorganische Stäube wie Fasern und Schwermetall sowie organische Stäube wie Kohlenwasserstoffverbindungen und Pollen)
- **Gerüche** (z. B. mikrobielle Abbauprodukte von organischem Material, durch Fäulnisbakterien, menschliche tierische und pflanzliche Geruchsstoffe sowie Ausdünstungen, die von Baumaterialien und Arbeitsprozessen herrühren)

B) Belebte Verunreinigungen wie

- **Viren**
- **Bakterien und ihre Sporen** (Legionellen, Gasbranderreger)
- **Pilze und Pilzsporen** (z. B. Erreger des Befechterfiebers und Erreger des Aspergillose)

Als Maßstab für die Behaglichkeit in Bezug auf die o.a. Luftverunreinigung wird der Geruch eingeführt, der von einem Menschen ausgeht. Andere Geruchsquellen (z. B. durch Rauchen oder aus Teppichen etc.) werden hierauf bezogen.

Als Maßeinheit für die Stärke der Geruchsquelle hat Fanger eingeführt

1 olf= Geruch eines Menschen mit den Standardeigenschaften:
1,8 m² Hautoberfläche, sitzende Tätigkeit
0,7 x geduscht pro Tag, täglich frische Wäsche

Physikalische Messgeräte für Gerüche gibt es im Gegensatz zu Licht und Geräusch bisher nicht; man muss sich mit der subjektiven Aussage einer größeren Anzahl von Personen begnügen.

Auszug aus dem „Technischen Handbuch“ der HTH-Gruppe.

Das technische Handbuch mit allen gängigen Formeln und Berechnungen steht Kunden der HTH-Gruppe zur Verfügung.