

DK 628.862 : 331.422

VORNORM 1. Feb. 1982



# Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung

Klimaermittlung (Grundlagen)

## ÖNORM A 8070

*Climate at the working place and its environment;  
evaluation of climate (principles)*

**Auch Normengruppe A 4**

### Vorbemerkung

Die ÖNORMEN dieser Serie, die sich mit den Auswirkungen der klimatischen Belastung befassen, werden als Vornorm herausgegeben werden, da die Erkenntnisse in bezug auf den Menschen noch nicht abgeschlossen sind. Es wird daher gebeten, praktische Erfahrungen in den Betrieben zu sammeln und Vorschläge schriftlich dem Österreichischen Normungsinstitut mitzuteilen.

Die einzelnen ÖNORMEN dieser Serie sollen dem für die Arbeitsgestaltung verantwortlichen Personenkreis Informationen über klimatische Grundgrößen, deren Ermittlung und über die Auswirkungen der klimatischen Belastung auf den Menschen geben.

Bei der Erstellung der ÖNORMEN dieser Serie muß berücksichtigt werden, daß der klimatische Bereich, in dem sich der Mensch behaglich fühlt, sehr begrenzt ist. Der Mensch ist nicht nur von den einzelnen Klimafaktoren, sondern auch von der Arbeitsschwere sowie der Art der Bekleidung und individuell von Alter und Geschlecht beeinflusst.

Das dringende Bedürfnis der Praxis nach Informationen hat dazu geführt, daß diese Normungsarbeit durchgeführt wird. Dadurch soll eine Überforderung des Menschen im Klimabereich möglichst ausgeschlossen werden.

### Inhaltsverzeichnis

- 1 Anwendungsbereich
- 2 Zweck
- 3 Klimagrundgrößen
- 4 Messen der Grundgrößen
  - 4.1 Lufttemperatur (Trockentemperatur)
  - 4.2 Luftfeuchtigkeit
    - 4.2.1 Relative Luftfeuchtigkeit
    - 4.2.2 Feuchtthermometertemperatur
    - 4.2.3 Wassergehalt der Luft
  - 4.3 Luftgeschwindigkeit
  - 4.4 Wärmestrahlung
    - 4.4.1 Effektive Bestrahlungsstärke (Wärmestromdichte)
    - 4.4.2 Globe-Temperatur
    - 4.4.3 Mittlere Strahlungstemperatur
    - 4.4.4 Oberflächentemperatur der Strahlungsquelle
  - 4.5 Luftdruck
  - 4.6 Klimasummenmaß
- 5 Meßprotokoll
- 6 Zitierte Normen
- 7 Hinweis auf andere Normen und gesetzliche Vorschriften
- 8 Anhang

Textstellen in Kursivschrift, ausgenommen Formelzeichen, sind nicht Normtext.

Fortsetzung Seiten 2 bis 12

Fachnormenausschuß  
160  
Ergonomie

### **1 Anwendungsbereich**

Diese ÖNORM ist für die Ermittlung von Klimazuständen anzuwenden, die im Bereich über 0 °C Lufttemperatur am Arbeitsplatz liegen und deren Kenntnis sowohl für die Gestaltung des Klimas als auch für die Maßnahmen zum Schutz der Arbeitnehmer nach arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen notwendig ist.

### **2 Zweck**

Zweck dieser ÖNORM ist es, Grundlagen für die Ermittlung von Klimazuständen am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung festzulegen.

### **3 Klimagrundgrößen**

Das Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung ist im wesentlichen durch fünf unabhängige physikalische Meßgrößen gekennzeichnet, diese sind:

- die Lufttemperatur
- die Luftfeuchtigkeit
- die Luftgeschwindigkeit
- die Wärmestrahlung
- der Luftdruck

Die Werte mehrerer Klimafaktoren ergeben in ihrem Zusammenwirken einen bestimmten Klimazustand (Klimasummenmaß).

## 4 Messen der Grundgrößen

	Meßgrößen zur Klimaermittlung	Formelzeichen	Einheit	Meßbereiche (mindestens)	Fehlergrenzen <sup>1)</sup>
				in der angegebenen Einheit	
4.1	Lufttemperatur (Trockentemperatur)	$t_l, (t_t)$	°C	0 bis 100	± 0,5 %
4.2	Luftfeuchtigkeit				
4.2.1	relative Luftfeuchtigkeit	$\varphi$ (phi)	%	0 bis 95	± 5 % bei $t > 10$ °C ± 10 % bei $t$ 0 °C bis 10 °C
4.2.2	Feuchtthermometer-temperatur (Feuchttemperatur)	$t_F$	°C	0 bis 60	± 0,5 %
4.2.3	Wassergehalt der Luft	x	g Wasser pro kg Trockenluft	0 bis 15 > 15	± 1 % ± 1,5 %
4.3	Luftgeschwindigkeit	v	m/s	0,05 bis 0,5 > 0,5 bis 5 > 5 bis 20	± 0,03 % ± 0,1 % ± 0,5 %
4.4	Wärmestrahlung				
4.4.1	Effektive Bestrahlungsstärke (Wärmestromdichte)	q	W/m <sup>2</sup> <sup>2)</sup> (kcal/m <sup>2</sup> h)	0 bis 100 > 100 bis 1000 > 1000 bis 2500	± 5 % ± 10 % ± 15 %
4.4.2	Globe-Temperatur	$t_G$	°C	0 bis 100 > 100 bis 250	± 1 % ± 2,5 %
4.4.3	Mittlere Strahlungstemperatur	$\bar{t}_S$ ( $\bar{t}_R$ )	K (°C)	273 bis 350 (0 bis 80) > 350 bis 450 (> 80 bis 180)	± 2,5 % ± 5 %
4.4.4	Oberflächentemperatur der Strahlungsquelle	$t_0$ ( $t_A$ )	°C	0 bis 100 > 100 bis 500 > 500 bis 2000	± 1 % ± 5 % ± 10 %
4.5	Luftdruck	p	mbar	800 bis 1200	± 10 %

<sup>1)</sup> Diese Fehlergrenzen sind im Betriebszustand nur bei sachgemäßer Handhabung und Beachtung der Gebrauchsanleitung der entsprechenden Meßgeräte gewährleistet.

<sup>2)</sup> 1 W/m<sup>2</sup> = 0,859 kcal/m<sup>2</sup> h  
1 kcal/m<sup>2</sup> h = 1,164 W/m<sup>2</sup>

#### 4.1 Lufttemperatur (Trockentemperatur)

Die Messung der Trockentemperatur ( $t_L$ ) kann mit Flüssigkeitsthermometern, mit elektrischen Geräten auf der Basis Bi-Metall und Halbleiterprinzip erfolgen. Unbelüftete Flüssigkeitsthermometer müssen einige Minuten der zu messenden Temperatur ausgesetzt sein, bevor abgelesen werden darf. Bei Meßgeräten mit elektrischen Temperaturfühlern ist eine wesentlich kürzere Einstellzeit gegeben. Die Angaben der Gerätehersteller hinsichtlich der erforderlichen Einstellzeit sind zu beachten.

Beim Messen der Trockentemperatur muß der Einfluß von Wärmestrahlung auf das Thermometer ausgeschaltet werden, da diese zu einer Verfälschung des Meßergebnisses führt.

#### 4.2 Luftfeuchtigkeit

Die absolute Feuchtigkeit ( $g/m^3$ ) ist der Quotient Masse Wasserdampf/Volumen.

Die relative Feuchtigkeit (%) gibt den auf die vollständig gesättigte Luft (100 %) bezogenen Wasserdampfgehalt an.

Der Taupunkt ( $^{\circ}C$ ) ist jene Temperatur, bei der eine Sättigung der Luft mit Wasserdampf vorliegt.

##### 4.2.1 Relative Luftfeuchtigkeit

Die relative Luftfeuchtigkeit ( $\varphi$ ;  $\phi$ ) wird mittels Haar-Hygrometer oder mit Hilfe elektronischer Meßgeräte direkt gemessen. Die Haar-Hygrometer erfordern eine merklich längere Einstellzeit als die elektronischen Meßgeräte. Bei beiden Meßgerätearten kann nur dann ausreichend genau gemessen werden, wenn die Meßgeräte laufend gewartet und nachgeeicht werden. Bei den elektronischen Meßgeräten ist insbesondere darauf zu achten, daß die Meßzellen durch aggressive Gase oder Dämpfe beschädigt werden können. Bezüglich der erforderlichen Einstellzeiten, Eichvorgänge und der Verwendung in speziellen Atmosphären sind die Hinweise der Hersteller zu beachten. Zur Ermittlung der relativen Luftfeuchtigkeit aus der Feuchttemperatur oder umgekehrt siehe Bild 1.

##### 4.2.2 Feuchtthermometertemperatur

Die relative Luftfeuchtigkeit ( $\varphi$ ;  $\phi$ ) kann auch indirekt aus der Trockenthermometertemperatur ( $t_L$ ; Lufttemperatur) und der Feuchtthermometertemperatur ( $t_F$ ) mittels eines Psychrometers bestimmt werden. Die Feuchtthermometertemperatur wird mit einem Thermometer, dessen Flüssigkeitsgefäß mit einem stark saugfähigen feuchten Strumpf überzogen ist, gemessen. Wenn der feuchte Strumpf nicht von einem kräftigen Luftstrom umspült wird, ist mit mehreren Minuten Einstellzeit zu rechnen. (Elektronische Geräte reagieren entsprechend schneller.)

Zum Befeuchten des Strumpfes ist destilliertes Wasser zu verwenden.

##### 4.2.3 Wassergehalt der Luft

Der Wassergehalt der Luft ( $x$ ) ist gemäß Abschnitt 4.2.2 durch Ermittlung der Trockenthermometertemperatur ( $t_L$ ; Lufttemperatur) und der Feuchtthermometertemperatur ( $t_F$ ) mittels eines Psychrometers unter Zuhilfenahme des  $h_x$ -Diagramms (Bild 2) zu bestimmen.

#### 4.3 Luftgeschwindigkeit

Die Luftgeschwindigkeit ( $v$ ) kann mit mechanischen Anemometern (Schalenkreuz, Flügelrad) oder mit elektrischen Anemometern (Hitzedrahtanemometer) oder Differenzdrucksonden (Prantl'sches Staurohr) gemessen werden. Für die Messung geringer Luftgeschwindigkeiten ( $v < 0,5 \text{ m/s}$ ) sind die mechanischen Anemometer oder Differenzdrucksonden nicht geeignet.

Beim Messen der Luftgeschwindigkeit ist besonders darauf zu achten, daß viele auf dem Markt befindliche Geräte strömungsrichtungsabhängig sind. Weiters ist darauf zu achten, daß die Geräte hinsichtlich der Lufttemperatur und des Wasserdampfgehaltes entsprechende Kompensationseinrichtungen haben, bei denen entsprechende Korrekturen vorgenommen werden müssen.

Die Angabe der mittleren Luftgeschwindigkeit ist in der Regel für die Beurteilung der Wirkung auf den Menschen nicht immer ausreichend. Es sollte daher neben der mittleren Luftgeschwindigkeit auch ein Maß für deren zeitliche Schwankungen (bevorzugt ihre Standardabweichung  $\sigma$ ) angegeben werden.

#### 4.4 Wärmestrahlung

Für die Hitzeeinwirkung am Arbeitsplatz ist der auf den menschlichen Körper bezogene, durch Wärmestrahlung bedingte Wärmestrom ( $W/m^2$ ) maßgebend.

Die Wärmestrahlung auf den Menschen kann auch aus der Kenntnis (Messung) der effektiven Bestrahlungsstärke ( $q$ ), der mittleren Strahlungstemperatur ( $t_s$ ) oder der Globe-Temperatur ( $t_G$ ; Schwarzkugeltemperatur) beurteilt werden.

##### 4.4.1 Effektive Bestrahlungsstärke (Wärmestromdichte)

Durch Wärmestrahlung nimmt der Mensch aus seiner Umgebung Wärme auf und gibt gleichzeitig Wärme ab. Die Differenz zwischen zu- und abgeführtem Wärmestrom wird als effektive Bestrahlungsstärke ( $q$ ) bezeichnet. Sie wird aus Gründen einer einheitlichen Bezugsbasis auf eine Haut- oder Oberflächentemperatur des Menschen von  $32\text{ °C}$  (entspricht  $0\text{ W/m}^2$ ) bezogen. Sie stellt damit den auf diese Basis bezogenen, aus Wärmestrahlung resultierenden Wärmestrom pro Fläche dar (siehe Bild 3; Plöger-Diagramm).

Die effektive Bestrahlungsstärke ( $q$ ) kann direkt mit geeigneten Meßgeräten gemessen werden. Es muß nur bei der Bewertung darauf geachtet werden, ob das Meßgerät auf Basis Mensch ( $32\text{ °C}$  entspricht  $0\text{ W/m}^2$ ) oder auf den absoluten Strahlungsnullpunkt  $0\text{ K}$  ( $0\text{ Kelvin}$  entspricht  $-273\text{ °C}$ ) geeicht ist.

Dabei ist zu beachten, daß bei der Messung der gesamte Raumwinkel, aus dem Wärmestrahlung einfällt, erfaßt wird.

##### 4.4.2 Globe-Temperatur

Die Globe-Temperatur ( $t_G$ ) ist die Temperatur eines Sensors in der Mitte einer geschwärzten Hohlkugel, die aus einem dünnen, gut wärmeleitenden Metall besteht. Diese „Schwarzkugel“ erwärmt sich durch Absorption von Wärmestrahlung in Abhängigkeit von

der Wärmestrahlung

der Lufttemperatur

der Luftgeschwindigkeit

dem Durchmesser der Kugel (150 mm)

dem Absorptionsvermögen der Kugeloberfläche (Farbe: schwarz-matt); Emissionsgrad  $\varepsilon = 0,95$ .

Bei der Messung ist zu beachten, daß die Einstellzeit des Globe-Thermometers bis zu 30 Minuten beträgt (Temperatur in  $^{\circ}\text{C}$ ) und somit zur Messung von sporadischer Wärmestrahlung (z. B. beim Öffnen eines Glühofens) nur bedingt geeignet ist.

##### 4.4.3 Mittlere Strahlungstemperatur

Die mittlere Strahlungstemperatur ( $\bar{t}_s$  oder  $\bar{t}_R$ ; mean radiation) ist eine Größe, die auch zur Bezeichnung der Wärmestrahlung benutzt werden kann.

Sie ist die äquivalent einwirkende Strahlungstemperatur der umschließenden Flächen auf einen Empfänger unter Berücksichtigung der Raumwinkel und des Emissionsvermögens in einer temperierten Umgebung.

Die mittlere Strahlungstemperatur wird aus der Lufttemperatur ( $t_L$ ), der Luftgeschwindigkeit ( $v$ ) und der Globe-Temperatur ( $t_G$ ) nach folgender Näherungsformel berechnet:

$$\bar{t}_s (\bar{t}_R) = \sqrt[4]{(t_G + 273)^4 + 2,8 \cdot 10^8 \cdot (t_G - t_L) \cdot \sqrt{v}} - 273 \text{ in } ^{\circ}\text{C}$$

Wenn die Luftbewegung gering ist, kann auch die Formel

$$\bar{t}_s = 2 \cdot t_G - t_L \text{ in } ^{\circ}\text{C}$$

angewendet werden, wobei aus dem Diagramm (Bild 4) der Wärmestrom abgelesen werden kann.

##### 4.4.4 Oberflächentemperatur der Strahlungsquelle

Die indirekte Bestimmung der effektiven Bestrahlungsstärke kann aus der Oberflächentemperatur der Strahlungsquelle ( $t_0$  oder  $t_A$ ) nach Bild 3 erfolgen, wobei neben der Oberflächentemperatur der Strahlungsquelle deren Fläche  $A_2$ , deren Emissionsgrad  $\varepsilon$  und ihr Abstand  $s$  bekannt sein müssen (Bild 5).

#### 4.5 Luftdruck

Die Kenntnis des Luftdruckes ( $p$ ) ist vor allem in vollklimatisierten Arbeitsräumen von Bedeutung. (Druckunterschiede zwischen Arbeitsraum und Außenwelt können möglich sein.)

Der Luftdruck ( $p$ ) kann mit einem Membran-, Spiralfeder- oder Quecksilbersäulenbarometer bestimmt werden. Bei der Kalibrierung dieser Barometer ist die vorhandene Lufttemperatur ( $t_L$ ) zu berücksichtigen sowie die Höhe über NN (Höhe über dem Meeresspiegel) in die Kalibrierung einzubeziehen.

#### 4.6 Klimasummenmaß<sup>1)</sup>

Der Mensch am Arbeitsplatz empfindet das Zusammenwirken mehrerer Klimafaktoren als Summe, als einen Klimazustand. Er nimmt sie nur bei starken Abweichungen von seinem Empfinden des Klimazustandes einzeln zur Kenntnis.

Dem wird bei der Bewertung von Klimazuständen Rechnung getragen, wobei neben den physikalischen Klimafaktoren auch Parameter des Aktivitätsniveaus und der Bekleidungsart berücksichtigt werden.

*Die gebräuchlichsten Verfahren für die Ermittlung der Klimasummenmaße sind:*

- Effektivtemperatur nach YAGLOU (Bild 1)
- W.B.G.T. (wet-bulb-globe-temperature) nach YAGLOU und MINARD

### 5 Meßprotokoll

Die Meßpunkte müssen so ausgewählt werden, daß möglichst die Punkte, an denen Menschen am Arbeitsplatz tätig sind, in die Messungen einbezogen werden.

Protokolle von Klimamessungen sollen außer den eigentlichen Meßergebnissen folgende Angaben enthalten:

- Meßpunkt (ggf. Skizze), Meßzeit (Datum, Uhrzeit, Dauer)
- Meßgeräte (z. B. Hersteller, Typ, Baujahr, Meßbereich)
- Betriebsbedingungen, insbesondere solche, die auf das Klima Einfluß haben, wie Wärmequellen, Luftströmungen, Beleuchtung, Lastzustände von Maschinen, Anlagen u. a.
- Außenklimabedingungen
- bei Heizungs-, Lüftungs-, Klimaanlage, deren Auslegungs- und Betriebsdaten

### 6 Zitierte Normen

ÖNORM A 8071 (in Vorbereitung) „Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung; Einwirkung des Klimas auf den Menschen“

### 7 Hinweis auf andere Normen und gesetzliche Vorschriften

ÖNORM A 8000 „Gestaltung von Arbeitssystemen nach arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen; Begriffe und allgemeine Leitsätze“

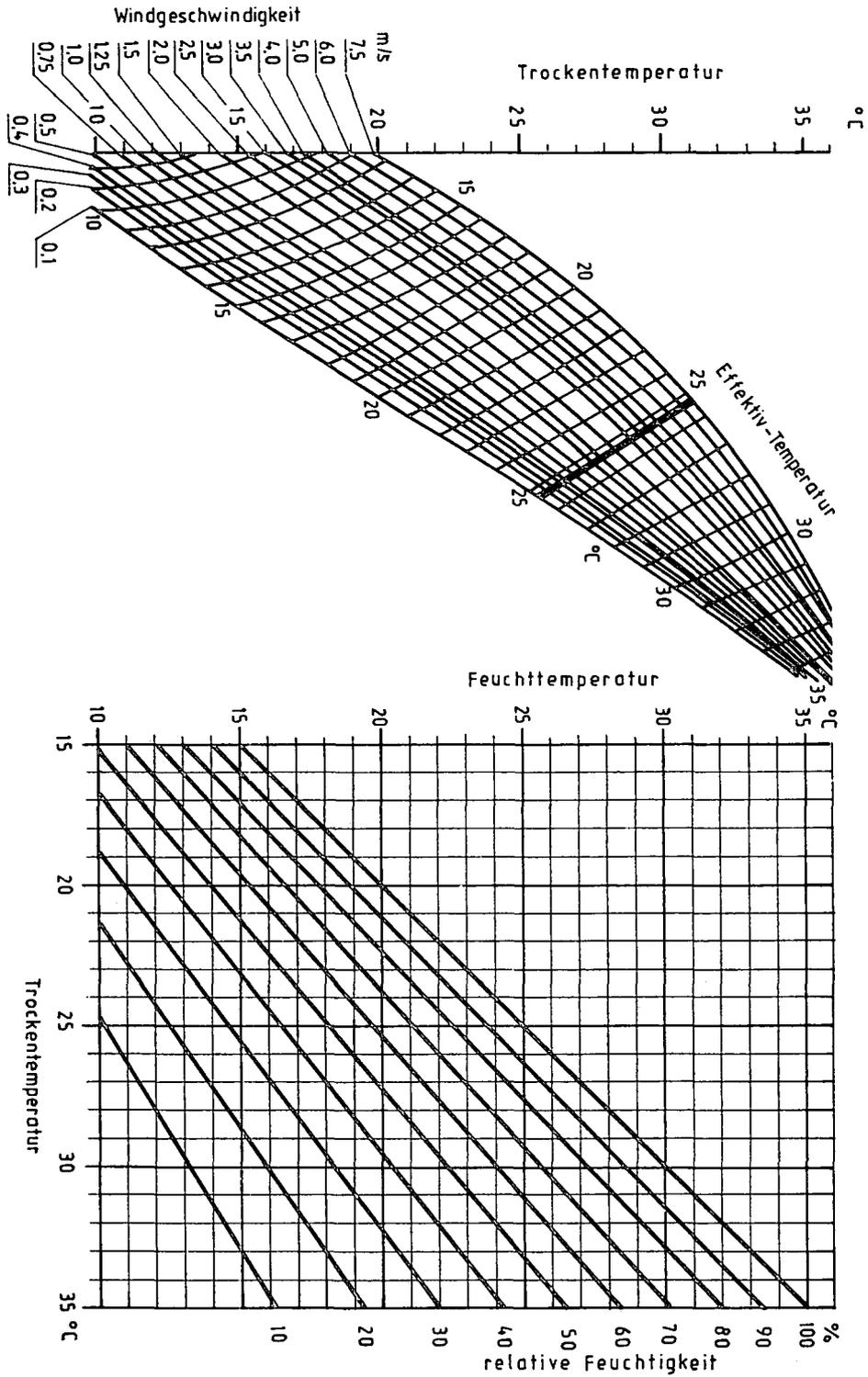
Verordnung vom 10. November 1951, BGBl. Nr. 265, über allgemeine Vorschriften zum Schutz des Lebens und der Gesundheit der Dienstnehmer (Allgemeine Dienstnehmerschutzverordnung) in geltender Fassung.

Verordnung vom 25. Juli 1973, BGBl. Nr. 501, über den Schutz des Lebens und der Gesundheit der Arbeitnehmer bei Arbeiten in Druckluft sowie bei Taucherarbeiten (Druckluft- und Taucherarbeiten-Verordnung).

Bundesgesetz vom 30. Mai 1972, BGBl. Nr. 234, über den Schutz des Lebens, der Gesundheit und der Sittlichkeit der Arbeitnehmer (Arbeitnehmerschutzgesetz) in geltender Fassung.

<sup>1)</sup> ÖNORM A 8071 (in Vorbereitung) „Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung; Einwirkung des Klimas auf den Menschen“.

8 Anhang



Nomogramm zur Festlegung der Klimasummenwirkung (Erlaß des Bundesministeriums für soziale Verwaltung, Zentral-Arbeitsinspektorat vom 13. März 1974, Zahl 61.021/10-L/1974, und vom 19. Juni 1975, Zahl 61.710/5-4/1975.

Bild 1

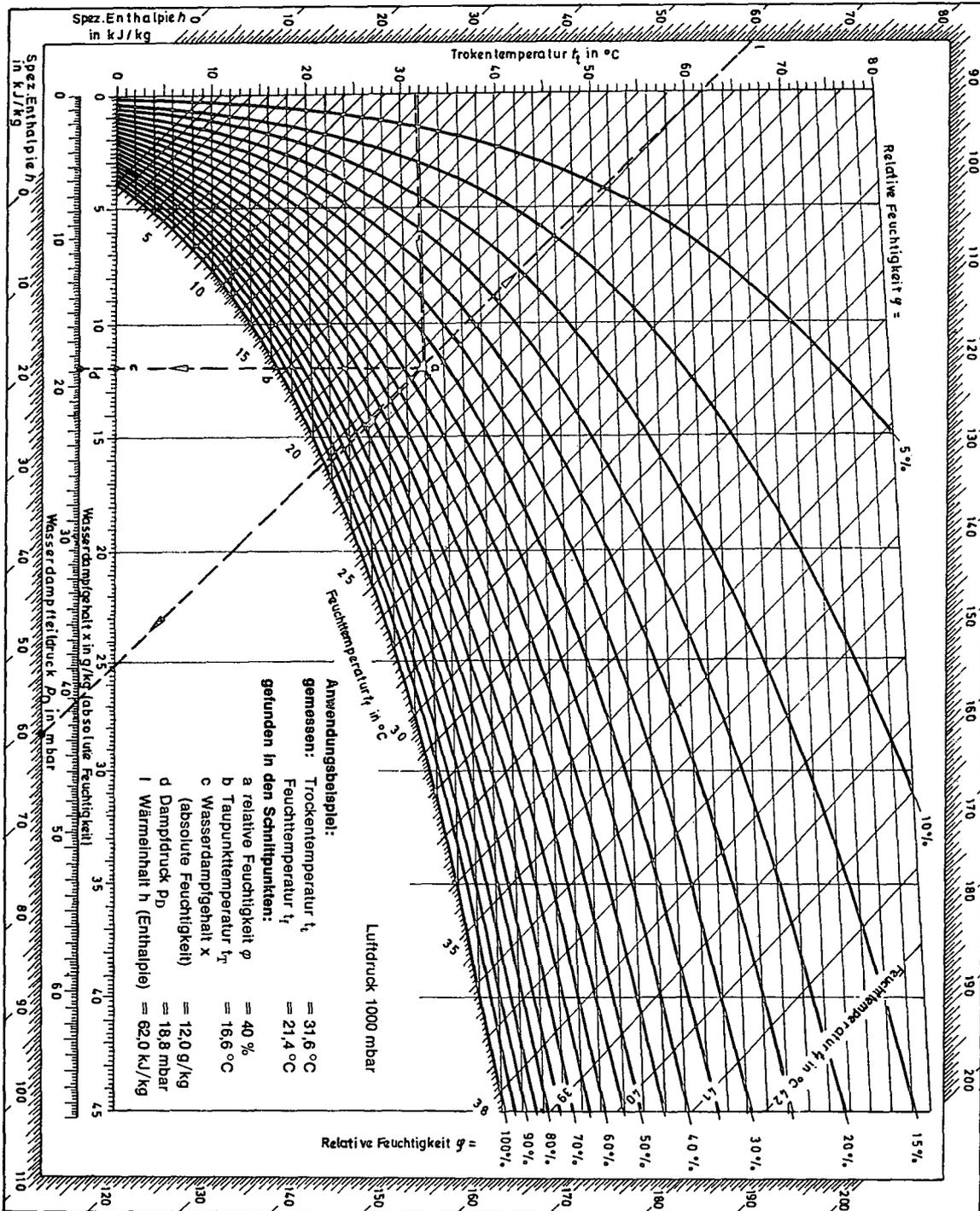
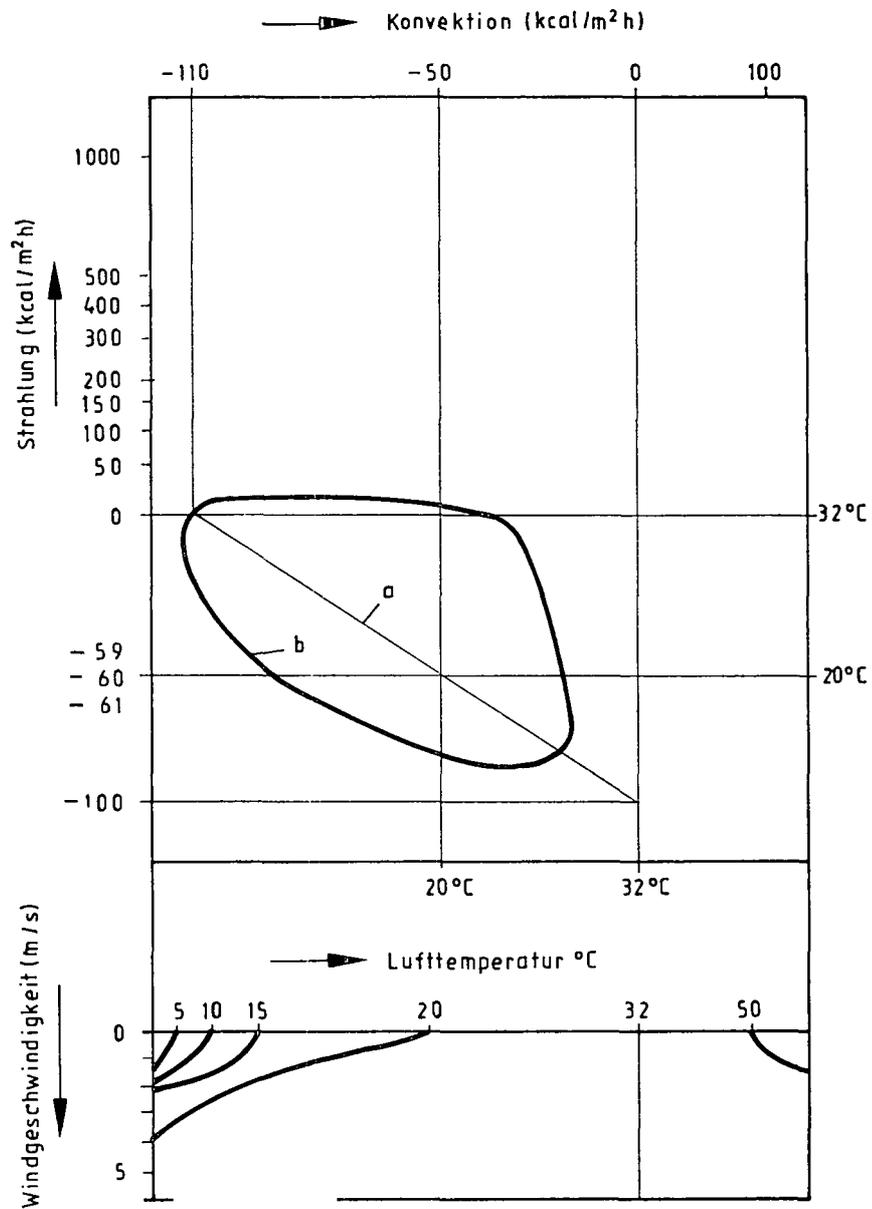


Bild 2:  $h_x$ -Diagramm für feuchte Luft



**Bild 3:** Schaubild für die analytische Klimabewertung nach U. Plöger

**Bezugstemperatur**

Die Abgabe dieser Wärmeleistung geht von einer physiologisch vorgegebenen Bezugstemperatur aus. Zahlreiche, auf internationaler Basis beruhende Untersuchungen legen hierfür die mittlere Hauttemperatur des Menschen von 32 °C zu Grunde.

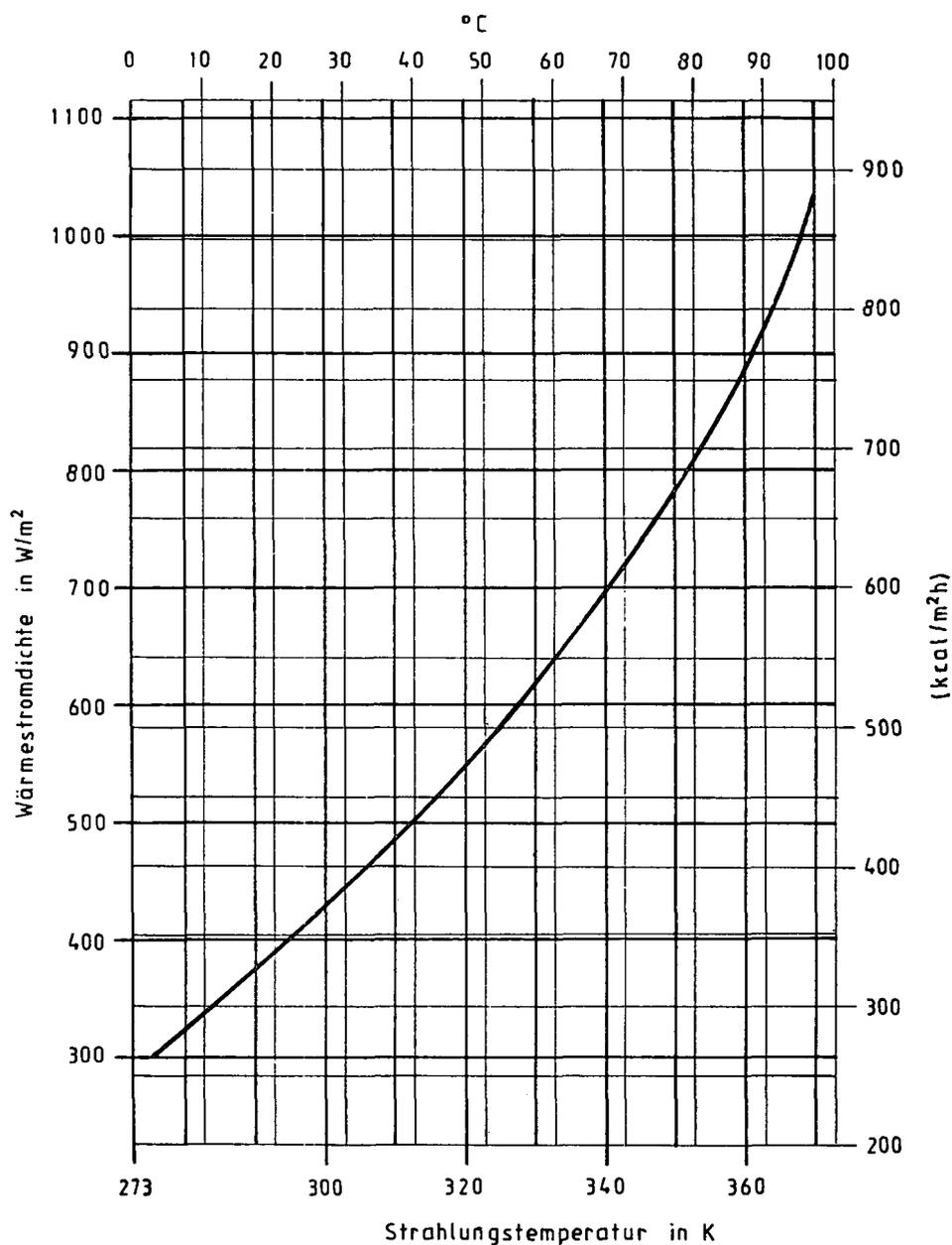
**Spezifische Wärmeleistung**

Davon ausgehend, daß nicht ausschließlich die Lufttemperatur, sondern die spezifische Wärmeleistung als Folge der Wärmestrahlung und der Lufttemperatur für die Behaglichkeit des Menschen maßgebend ist, hat U. Plöger zur analytischen Klimabewertung ein Bild (Bild 3) entwickelt, dessen Koordinaten aus Wärmestrahlung und Konvektion gebildet werden. Ein zusätzliches Hilfsschaubild ermöglicht die direkte Ablesung der Konvektion in der gleichen Dimension wie die Wärmestrahlung, wenn der Schnittpunkt der Windgeschwindigkeit (m/s) mit der Lufttemperatur (°C) senkrecht nach oben projiziert wird.

Unter Zugrundelegung der physiologisch vorgegebenen Bezugstemperatur von 32 °C findet bei einer Umgebungstemperatur von ebenfalls 32 °C kein Wärmeaustausch zwischen dem Menschen und seiner Umgebung statt, d. h. der Nullpunkt der beiden Koordinaten muß in diesem Bild bei 32 °C liegen.

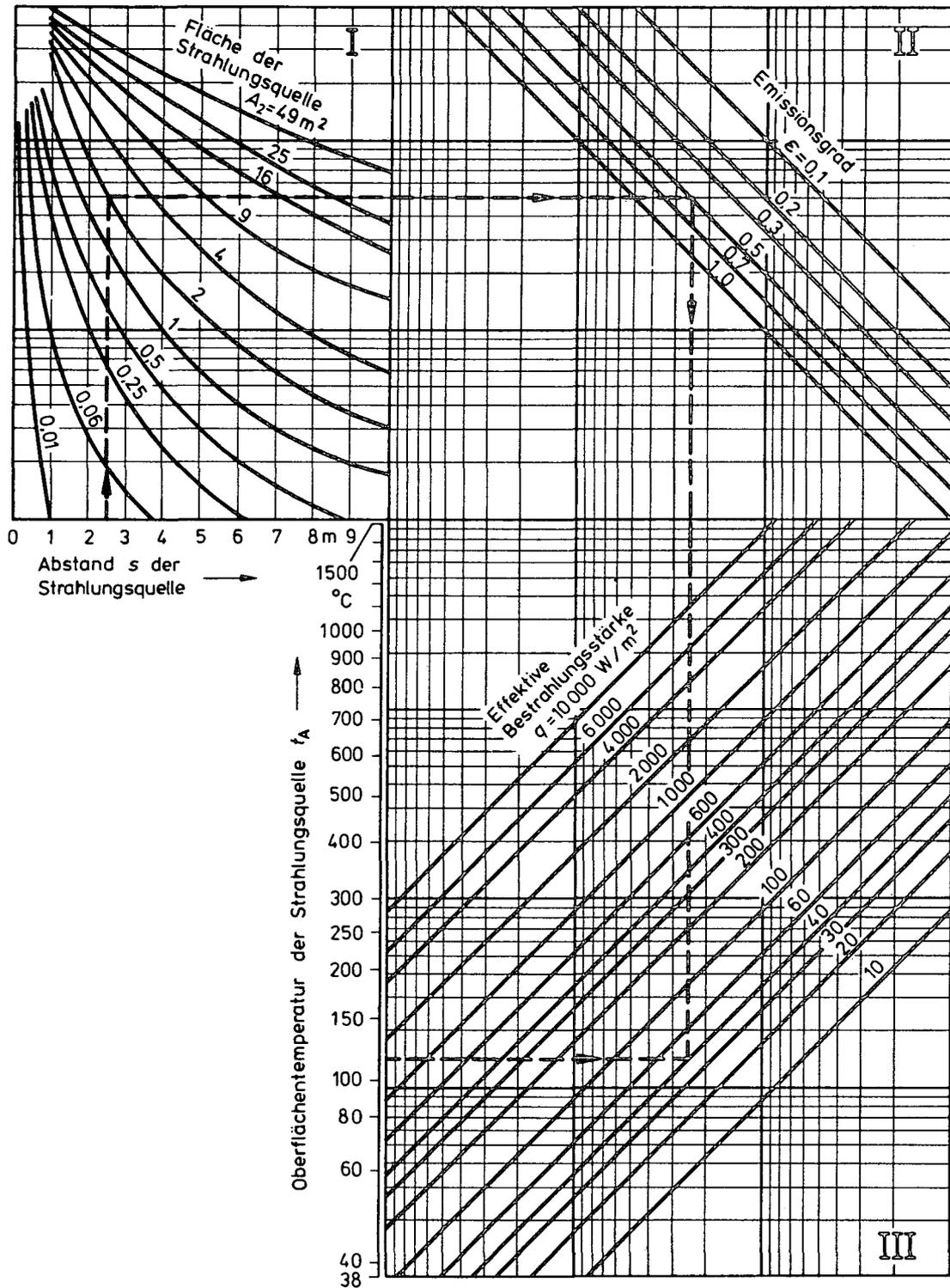
Zahlreiche Messungen haben ergeben, daß allgemein die größte Behaglichkeit besteht, wenn die durch Strahlung und Konvektion abgegebene Wärmeleistung — 110 kcal/m<sup>2</sup> h beträgt. Im Klimazustandschaubild ist dies z. B. bei einer Umgebungstemperatur von 20 °C der Fall, wobei — 60 kcal/m<sup>2</sup> h durch Strahlung und — 50 kcal/m<sup>2</sup> h durch Konvektion abgegeben werden. Hieraus ist der schon eingangs erwähnte, entscheidende Einfluß der Wärmestrahlung auch quantitativ ersichtlich. Im Bereich der Geraden a lassen sich die beiden Klimagrößen ohne nennenswerten Einfluß auf die Behaglichkeit vertauschen, während der Bereich der von Kurve b eingeschlossenen Fläche eine Toleranz berücksichtigt, die den individuellen Eigenschaften des Menschen, seiner Bekleidung und der Art seiner Tätigkeit entspricht. Bei schwerer körperlicher Arbeit liegt die abgegebene Wärmeleistung höher.

Ermittlung der Strahlungstemperatur aus der Wärmestrahlung (und umgekehrt) auf der Basis des Stefan BOLTZMANNschen Gesetzes, nach WENZEL.



Temperaturstrahlung einer Fläche von 1 m<sup>2</sup> mit einem Emissionsvermögen von 95 %.

Bild 4



Nomogramm zur Ermittlung der Wärmeübertragung von einer Fläche einer Strahlungsquelle auf einen Menschen bei bekannter strahlungsempfängender Körperfläche, Temperatur, Emissionsgrad und Abstand der Fläche einer Strahlungsquelle.

Bild 5