

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 65 (1947)
Heft: 8

Artikel: Behaglichkeits-Masstäbe
Autor: Hottinger, M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-55835>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 03.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

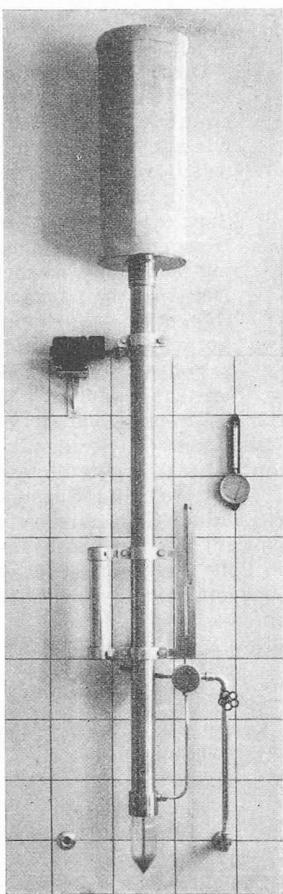


Bild 2. Windsichter Pearson & Sligh, Bauart Holderbank

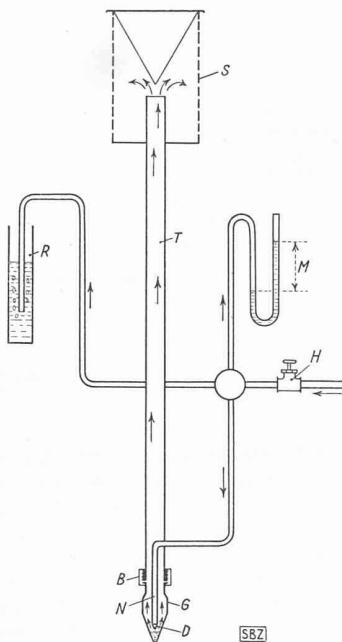


Bild 3. Schema zu Bild 2.
Bezeichnungen im Text

Anteil an Körnchen einer bestimmten Grösse zu ermitteln, um nachher die Feinheit des gesamten Musters genau festlegen zu können.

Der Aufbau des Windsichters (Flurometer) ist einfach (Bild 2). In einem senkrechten Rohr wird ein aufsteigender, gleichmässiger Luftstrom erzeugt, dessen Geschwindigkeit so gehalten wird,

dass theoretisch alle Teilchen, deren Durchmesser unter einem bestimmten Grenzwert x liegen, in der Schwebewelle gehalten werden. Hierzu wird das Zementmuster am untern Ende des Rohres eingeführt und die Luft durch eine Düse dicht darüber eingeblasen, wodurch alle Zementteilchen aufgewirbelt werden. Diejenigen Teilchen, deren Durchmesser kleiner ist als x und deren Fallgeschwindigkeit infolgedessen geringer ist als die Geschwindigkeit des bestehenden Luftstromes, bewegen sich im Sichtrohr nach oben. Die Teilchen hingegen, deren Durchmesser grösser ist, als der Grenzwert x , bleiben im Glasbehälter am Boden des Rohres zurück

Die für die Windsichtung gewählte Grenzkorngrösse beträgt 30μ ; sie entspricht ungefähr der mittleren Korngrösse eines Portlandzementes von normaler Mahlfeinheit.

In der Schweiz verwendet man den Windsichter von Pearson & Sligh, der in der Zementfabrik Holderbank-Widlegg A.-G. auf vollständig automatischen Betrieb ausgebaut worden ist. Wie aus Bild 3 ersichtlich, besteht dieser Apparat aus einem 1,5 m langen Messingrohr T von 55 mm Durchmesser, dessen Innenwände glatt poliert sind. An seinem unteren Ende wird mit einem Bronzering B ein zylindrischer Glasbehälter G mit konischem Abschluss befestigt.

Die Luft strömt unter leichtem Überdruck durch ein Messingröhren N, das vom untern Ende des grossen Rohres T in den Glasbehälter hineinreicht; sie tritt dort durch eine sorgfältig bearbeitete Düse D von 2 mm Durchmesser dicht über dem Boden von G aus, verteilt sich gleichmässig über den ganzen Querschnitt und strömt langsam durch das Rohr T nach oben.

Zur Regelung der Luftströmung dient ein Drosselschieber H und ein besonderer Druckregler R. Dieser besteht lediglich aus einem mit Wasser gefüllten Gefäß, in das ein mit der Luftleitung verbundenes Glasrohr auf eine bestimmte, dem gewünschten Druck entsprechende Tiefe eintaucht. Der eingestellte Druck wird an einem Manometer M gemessen (U-Rohr mit Wasser) und für die Dauer der Messung konstant gehalten. Ein kleiner Ventilator, wie er für die gewöhnlichen Staubsauger verwendet wird, liefert die Druckluft.

Zwei automatische Hämmer, die durch einen kleinen Motor angetrieben werden und fortwährend an das Sichtungsrohr klopfen, verhindern das Anhaften von feinsten Staubteilchen an den Innenwänden des Rohres. Am oberen Ende des Apparates hält ein mit Flanell überzogener Filter S den Zementstaub zurück.

Die Feinheitsbestimmung mit diesem Apparat geht folgendermassen vor sich:

Man wiegt 5 gr gut getrockneten Zement ab, füllt diese Menge in den Glasbehälter ein und befestigt diesen am Apparat. Nun setzt man den Ventilator in Gang, öffnet den Regulierhahn H bis das Manometer den vor der Messung festgelegten Druck anzeigt und sorgt dafür, dass während der ganzen, 25 Minuten dauernden Messung im Druckregler R ständig Luftblasen aufsteigen.

Am Schluss der Messung verbleibt im Glasbehälter ein Rückstand, der sich aus Teilchen mit einem Durchmesser von mehr als 30μ zusammensetzt. Das Gewicht dieses Rückstandes, in Prozenten ausgedrückt, gibt Aufschluss über die Feinheit des Zementmusters; man bezeichnet diese Zahl als «Flurometrie» des betreffenden Zementes.

Zur Bestimmung des für die Windsichtung notwendigen Luftdruckes, der sich nach dem Feuchtigkeitsgehalt und der Temperatur der Luft richtet, verwendet man ein Eichmehl, dessen «Flurometrie» zuvor mit dem Mikroskop ermittelt wurde. Dieses Kontrollmehl besteht aus Flusspat, einem Material, das weder durch die Feuchtigkeit noch durch die Kohlensäure der Luft beeinflusst wird und dessen spezifisches Gewicht demjenigen von Portlandzement gleich.

Der Windsichter von Pearson & Sligh, Bauart Holderbank, wird in verschiedenen Zementfabriken und Laboratorien regelmässig verwendet und arbeitet in vollständig befeindigender Weise. Er ist daher durch den Verein Schweizerischer Zement-, Kalk- und Gipsfabrikanten zur Aufnahme in die Schweizer Normen zur Prüfung von Portlandzement angenommen, vorläufig aber noch nicht als obligatorisch erklärt worden.

Literatur-Verzeichnis

- [1] Verein Schweiz. Zement-, Kalk- und Gipsfabrikanten, Jahresbericht 1943.
- [2] Verein Schweiz. Zement-, Kalk- und Gipsfabrikanten, Jahresbericht 1937.
- [3] Gessner, H.: Die Schlamm-Analyse, S. 9 und 151.
- [4] Copyrighted Proceedings of the American Society for Testing Materials Philadelphia P. A. Band 33, erster Teil 1933.
- [5] Technologic Papers of the Bureau of Standard Nr. 48, 1915.
- [6] Zement, 3. August 1933, S. 127.

Behaglichkeit-Masstäbe

Von Ing. M. HOTTINGER, Zürich

1. Grundsätzliches

DK:628.8.0014

In bewohnten Räumen verlangte man früher von den Heizanlagen das Aufrechterhalten einer bestimmten «behaglichen» Temperatur, meist von 18°C , während die Lüftungsanlagen z. B. in Versammlungsräumen, Theatern usw. dafür zu sorgen hatten, dass die Luft genügend rein sei und ihre Temperatur infolge der Wärmeabgabe der Menschen nicht zu hoch anstieg. Die Temperatur wurde dabei in der Regel 1,5 m (in Kopfhöhe) über Boden in Raummitte oder an einer Innenwand gemessen, sofern der Nachbarraum ebenfalls geheizt war. Der Reinheitsgrad der Luft wurde nach Pettenkofer, meist nach dem Verfahren von Lunge-Zeckendorf, an Hand des Kohlensäuremasstabes festgestellt. Das geschah jedoch nicht der ausgeatmeten Kohlensäure wegen, die erst bei hoher Konzentration (über etwa 2,5 %) schädlich oder (bei 8 %) gar tödlich wirkt, sondern weil der Mensch beim Atmen, sowie infolge der Hauttätigkeit gleichzeitig andere Stoffe (Riech-, Duft- und Ekelstoffe) produziert, die weder definier- noch messbar sind. Hat nun die Kohlensäureanreicherung in der Raumluft infolge der Atmung eine gewisse Höhe erreicht, so gilt sie wegen der übrigen Produkte qualitativ als ungenügend. In solchen Fällen zeigen Kohlensäuregehalte zwischen 1 und 2 % in geschlossenen Räumen meist eine Luftbeschaffenheit an, die sich schon weit von derjenigen reiner Außenluft entfernt. Diese Theorie ist jedoch als veraltet zu bezeichnen, weil die Erzeugung der «Riechstoffe» nicht proportional zu der von CO_2 und zudem in hohem Masse durch die Reinlichkeit der in Frage kommenden Personen bedingt ist.

Man sprach auch von einem Menschengift (Kenotoxin), das bei der Einatmung schädlich wirken sollte. Heute steht man jedoch in dieser Hinsicht ebenfalls auf einem andern Standpunkt. Unser bekannter Zürcher Hygieniker Prof. Dr. W. v. Gonzenbach äussert sich hierzu folgendermassen¹⁾:

«Man sprach von Ermüdungsstoffen, ja Ermüdungsgiften, Kenotoxinen, die aber kein Mensch jemals mit Sicherheit nachgewiesen hat — bis dann durch Flüsse und seine Schule der Beweis erbracht wurde, dass es nicht Atemgifte bzw. die Luft als Atmungsstoff ist, die dieses bekannte Unbehagen in überfüllten Räumen auslöst, sondern dass dasselbe zusammenhängt mit einem behinderten Wärmetausch mit der Umgebung.

Versuchspersonen, die in einem engen, abgeschlossenen Raum arbeiteten aber die zu ihrer Atmung notwendige Luft aus dem Freien durch eine besondere Schlauchleitung zugeführt bekamen, erfuhren nach kurzer Zeit dieses Unbehagens, während die zweite Gruppe von Versuchspersonen, die in einem gut gelüfteten Raum arbeiteten, ihre Atmungsluft aber aus der engen Kammer der ersten Gruppe bezogen, also deren «Kenotoxine» einzutragen gezwungen waren, keinerlei Beschwerden verspürten.

Damit wurde mit einem das Problem der Lüftung zu einem Problem des körperlichen Wärmeaushaltes oder besser gesagt, des Temperaturausgleichs von Körper und Umgebungsluft im geschlossenen Raum, also aus dem Atmungs- wurde ein Problem des Innenklimas.»

Nun gibt es allerdings auch Fälle, bei denen das Atmungsproblem ebenfalls eine Rolle spielt, z.B. wenn es sich um fensterlose unter der Erde oder ganz im Hausinnern liegende Räume oder gar um hermetisch abgedichtete Luftschräume handelt. Bei starker Besetzung und längerer Benutzungsdauer muss solchen Räumen selbstverständlich frische Luft, nicht nur der sonst zu hoch ansteigenden Temperatur und Feuchtigkeit, sondern auch der Atmung wegen, zugeführt werden. Und ähnlich liegen die Verhältnisse in Räumen, in denen geraucht wird, sowie in manchen gewerblichen und industriellen Betrieben, wo die Luft infolge der Herstellungsprozesse durch Staub, Gase, Dämpfe u. dgl. verunreinigt wird. Hierauf wird unter Abschnitt 4 kurz eingetreten; vorerst soll jedoch ausschliesslich von der Behaglichkeit infolge sachgemässer Entwärmung des Körpers die Rede sein.

2. Die Wärme- und Wasserdampfabgabe des menschlichen Körpers

Die Entwärmung des menschlichen Körpers erfolgt, abgesehen von der geringen durch die Exkremente abgegebenen Wärme, durch Leitung und Konvektion (rd. 26 %), Strahlung (rd. 42 %), Feuchtigkeitsabgabe (Lunge rd. 3,6 %, Hautoberfläche rd. 26,4 %) und die fühlbare Atemwärme (rd. 2 %).

Den eingeklammerten Prozentsätzen liegen Berechnungen von Rubner und Büttner zu Grunde. Die Ergebnisse anderer Forscher weichen teilweise davon ab. Immerhin kann nach Liese (vgl. Fußnote 2 sowie F. Bradtke, u. W. Liese: Hilfsbuch für raum- und aussenklimatische Messungen, Verlag Julius Springer, Berlin 1937) als Richtlinie gelten, dass in ruhender Luft nahezu die Hälfte der gesamten Energieausfuhr durch Abstrahlung vor sich geht. Von diesem Wert beträgt der durch Leitung und Strömung abfließende Anteil nur etwa die Hälfte, wobei die Strömungsvorgänge den bei weitem grössten Teil bewältigen. Beachtlich ist auch, dass nach Süpfle²⁾ der Leitungs-, Strömungs- und Strahlungsanteil bei starker Durchblutung der Haut sogar auf 80 und 90 % der Gesamtwärmeabgabe ansteigen kann und dass Schweißabsonderung nicht nur durch den Entzug der Verdunstungswärme, sondern auch deshalb zu einer höhern Entwärmung des Körpers führt, weil die Haut infolge der Durchfeuchtung gegenüber dem trockenen Zustand eine um mehrere 100 % gesteigerte Wärmeleitfähigkeit annimmt.

Natürlich ist der auf Leitung und Konvektion entfallende Anteil auch umso grösser, je kälter und bewegter die Luft ist, während die Wärmeabgabe durch Strahlung mit der Temperaturstrahlung, z. B. bei kälteren Raumwänden und der Wärmeentzug durch Feuchtigkeitsabgabe mit steigender Verdunstung, z. B. infolge sehr trockener Luft, ansteigt.

Die Grösse der normalen Wärme- und Wasserdampfabgabe des menschlichen Körpers in der Zeiteinheit hängt von mancherlei Faktoren ab. Tabelle 1 bezieht sich auf verschiedene Personen, Tabelle 2 auf ein- und dieselbe Person bei

¹⁾ W. v. Gonzenbach, W.: Die physiologischen Grundlagen der Lüftung und Heizung. Schweiz. Blätter für Heizung und Lüftung. Bd. 6 (1939), LA-Sondernummer, S. 20/32.

²⁾ Süpfle, K.: Der Einfluss des künstlichen Klimas auf den Menschen. Bericht über den XV. Kongress für Heizung und Lüftung, S. 49/56. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1939. Vgl. hierzu auch: Brezina, E. u. W. Schmidt: Das künstliche Klima in der Umgebung des Menschen. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag 1937.

Tabelle 1. Durchschnittliche stündliche Wärme- und Wasserdampfabgabe verschiedener Personen. (Nach Bürgers, Rietschels Leitfaden der Heiz- und Lüftungstechnik, 9. Aufl. 1930)

	Wärmeabgabe kcal/h	Wasser- dampfabgabe g/h
Säugling	26	15
Knabe	52	20
Jüngling	90	40
Mann, ruhend	130	60
Mann, arbeitend	200	130

Tabelle 2. Gesamtwärmeabgabe (einschl. Verdunstungswärme) des menschlichen Körpers bei verschiedenen Betätigungs-Zuständen. (Nach Benedict, Heat. a. Vent. Bd. 31, 1934)

Zustand	Wärmeabgabe kcal/h
Im Bett liegend	60
Sitzend	63
Stehend	66
Lebhaft gehend	180
Bei höchster körperlicher Anstrengung	660

Tabelle 3. Gesamtwärmeabgabe Erwachsener bei verschiedener Tätigkeit. (Nach Rybka, Klimatechnik, 1938, S. 27)

Tätigkeit	kcal/h
Ruhig sitzend	96
Ruhig stehend	108
Gehend, 3 km je Stunde	190
, 5 " "	262
, 6,5 " "	347
, 8 " "	632
Langsam laufend	571
Ausserst anstreng. Leibesübung	641
Höchstanstrengung	833 bis 1190
Schneider	120
Buchbinder	156
Schuhmacher	165
Tischler	190 bis 240
Metallarbeiter	215
Möbelanstreicher	219
Maurer	372
Holzhacker	449

Tabelle 4. Wärme- und Wasserdampfabgabe des normal bekleideten Mannes bei leichter, sitzender Beschäftigung, ruhender Luft und verschiedenen Raumtemperaturen. (Nach Berestneff)

Raum- tempe- ratur °C	Wärmeabgabe durch		Total kcal/h	Wasserdampf- abgabe bei einer relativen Feuchte der Raumluft von 30 bis 70 % g/h
	Leitung, Strömung und Strahlung (fühlbare oder trockene Wärme) kcal/h	Wasser- verdunstung (feuchte Wärme) kcal/h		
10	117	18	135	31
12	108	18	126	31
14	99	18	117	31
16	91	18	109	31
18	84	20	104	34
20	79	23	102	40
22	73	28	101	48
24	66	35	101	60
26	59	42	101	73
28	50	51	101	88
30	40	59	99	102

verschiedenen Betätigungs-Zuständen. Diese Feststellungen von Benedict (Carnegie-Institut) wurden zwölf Stunden nach der letzten Nahrungsauflnahme gemacht, sodass alle hierdurch bedingten Änderungen mit Sicherheit ausgeschlossen sind.

Unmittelbar nach den Mahlzeiten kann die Wärmeabgabe bis zu 40 % höher sein³⁾. Die Werte der Tabellen 1 und 2 umfassen Leitung, Konvektion, Strahlung und Wärmeentzug infolge Wasserverdunstung.

Für praktische Verhältnisse gibt Rybka (Klimatechnik, R. Oldenbourg, München u. Berlin, 1938, S. 27) die in Tabelle 3 aufgeführten Werte an.

Selbstverständlich beeinflusst auch die Raumtemperatur die Art der Wärme- sowie die Höhe der Wasserdampfabgabe. Tabelle 4 enthält hierüber Angaben nach Berestneff, auf Grund von im Forschungsinstitut der amerikanischen Heizungs- und Lüftungingenieure durchgeföhrten Versuchen. Sie beziehen sich auf die stündliche Wärme- und Wasserdampfabgabe des normal bekleideten Mannes bei leichter sitzender Beschäftigung in ruhender Luft.

Auf Grund dieser Untersuchungsergebnisse sind bei der Planung von Behaglichkeits-Klimaanlagen die in Tabelle 5 zusammengestellten, abgerundeten Zahlen über die Wärme- und Wasserdampfabgabe des Menschen bei verschiedenen Raumtemperaturen anzunehmen. Dabei ist aber nicht zu übersehen, dass sich diese Zahlen auf Versammlungssäle, d. h. auf ruhig sitzende Menschen beziehen, während die rd. 100 kcal/h betragende Gesamtwärmeverluste (trockene plus feuchte Wärme) bei mässiger körperlicher Arbeitsleistung auf rd. das 2- bis 2,5 fache, bei starker sogar auf das 5- und noch mehrfache ansteigen.

Tabelle 5. Für Klimaanlagen zugrunde zu legende Wärme- und Wasserdampfabgaben der Menschen. (Nach den Regeln zur Lüftung von Versammlungsräumen. VDI-Verlag G. m. b. H. Berlin NW7, 1937)

Innentemperatur °C	20	21,5	22	25	27
Wärmeabgabe durch Leitung, Konvektion und Strahlung kcal/h	80	75	70	65	55
Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung kcal/h	20	25	30	35	45
Gesamtwärmeverluste kcal/h	100	100	100	100	100
Wasserdampfabgabe g/h	35	45	50	60	80

3. Messgeräte und Schaubilder zur Beurteilung des Luftzustandes

Die Behaglichkeitsanforderungen verlangen in erster Linie, dass der Wärmehaushalt des menschlichen Körpers nicht gestört wird und da seine Wärmeabgabe durch Leitung, Konvektion, Strahlung und Wasserdampfabgabe erfolgt, so ist es erforderlich Formeln oder Diagramme aufzustellen, die auf diese Einflüsse Rücksicht nehmen. Je nach den Ansprüchen sind dabei folgende Unterschiede zu machen:

a) Temperaturmessung

Begnügt man sich mit der Temperaturmessung allein, so muss diese wenigstens richtig vorgenommen werden. Dazu soll das Thermometer nicht an einer kalten Aussenmauer oder über einem Heizkörper, in Tür- oder Fensternähe, sondern, wie schon unter Abschnitt 1 erwähnt, etwa 1,5 m über Boden inmitten des Raumes oder an einer nach einem ebenfalls geheizten Raum zu liegenden Innenwand angebracht werden. Zweckmäßig werden geeichte, strahlungsgeschützte Thermometer mit möglichst kleinen Quecksilberbehältern benutzt.

Im allgemeinen sind im Winter in Wohnräumen für volle Behaglichkeit 18° C, in neuzeitlichen Häusern mit grossen Fensterflächen und daher grösseren Strahlungsverlusten des Körpers, 20° C erforderlich. In andern Fällen, z. B. in Werkstätten, in denen die Arbeiter erhebliche Muskelarbeit zu verrichten haben, genügen indessen 12°. Ebenso sind für Schlafzimmer 12 bis 14° ausreichend, während für Badezimmer meist 22°, für Operationsräume 25° und mehr gefordert werden. Diese Angaben beziehen sich auf Heizkörperheizung. Bei Decken-, Wand- und Fußbodenheizung sind, der geringeren Strahlungsverluste des Körpers wegen, tiefe Temperaturen zulässig (vgl. Abschnitt 3 d). Auch bei Fußbankheizung in Kirchen genügen Temperaturen von etwa 12°, weil hier die Wärme an den Füßen frei wird, wo man sie in erster Linie benötigt, die erwärmte Luft am Körper hochsteigt und die Kirchenbesucher im Winter warm angezogen sind.

³⁾ Vgl. hierzu Liese, W.: «Gute Luft» als raumhygienische Forderung in Arbeitsräumen. Gesundh.-Ing. Bd. 60 (1937). H. 24, S. 374/380.

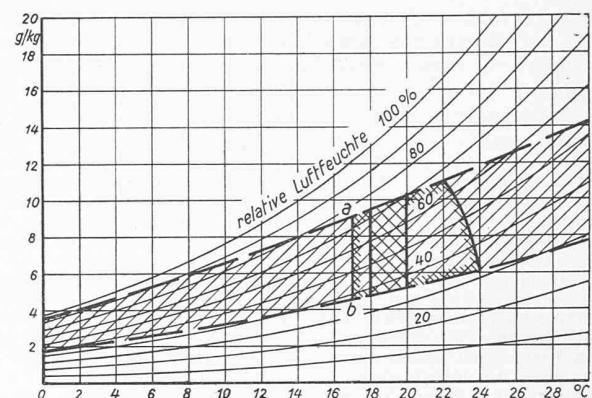


Bild 1. Absolute Feuchte in gr pro kg Trockenluft bei verschiedenen Temperaturen und relativen Feuchten der Luft. Gestrichelt: obere und untere Grenze der Behaglichkeit in Räumen und im Freien bei nahezu ruhender Luft

Die angegebenen Temperaturen sind naturgemäß nur als ungefähre Maßstab zu bewerten; dabei ist nicht zu übersehen, dass alte oder kranke Menschen höhere Temperaturen benötigen. Zudem spielt die Art der Bekleidung eine grosse Rolle (vgl. hierzu z. B. Hottinger, M.: Wirtschaftliche Raumheizung in Beispielen. Rascher-Verlag, Zürich 1945, Zahlen-tafel 21, S. 137).

Im Sommer sind wegen der leichteren Bekleidung höhere Raumtemperaturen als im Winter erwünscht, weil sonst die Unterschiede zwischen aussen und innen zu gross ausfallen. Tabelle 6 zeigt, wie die bei der Erstellung von Klimaanlagen zu gewährleistenden Raumtemperaturen mit den Aussentemperaturen ansteigen sollen. Diese Zahlen gelten für das mittel-europäische Klima. In den Tropen setzt man die einzuhal-tenden Raumtemperaturen noch höher an.

Beiläufig sei erwähnt, dass das Trockenthermometer nicht nur zur Bestimmung der Lufttemperatur, sondern auch zur Beurteilung der von der Sonne, von warmen Wänden, heissen Oefen u. dgl. ausgehenden Temperaturstrahlung benutzt werden kann. Hierzu verwendet man zwei gleiche Thermometer von denen das eine die Temperaturstrahlen bestmöglich reflektiert, das andere sie dagegen absorbiert (Schwarzkugelthermometer). Der Unterschied in den Anzeigen lässt dann den Einfluss der Strahlung erkennen (Aktinometer nach Arago-Davy, siehe hierzu auch Fussnote 6).

b) Temperatur- und Feuchtigkeitsmessung

Schon ein etwas zuverlässigeres Urteil über ein in Frage stehendes Aussen- oder Innenklima ergibt sich, wenn außer der Temperatur auch die relative Luftfeuchte gemessen wird. Dazu stehen Haarhygrometer sowie Psychrometer (Trocken- und Feuchtthermometer) verschiedener Art zur Verfügung und zur Überprüfung der Verhältnisse dient die Psychrometertafel.

Die Grenzen der relativen Feuchte in Prozenten, die in bezug auf das Wohlbefinden sowohl im Freien als in den Räumen bei nahezu ruhender Luft nicht wesentlich über-noch unterschritten werden sollten, sind in Bild 1 durch gestrichelte Kurven angegeben. Ueberschreitet die Feuchte die obere Grenzkurve a, so wird die Luft von der Mehrzahl der Menschen als zu feucht, unterschreitet sie die untere Grenzkurve b, als zu trocken empfunden. Immerhin sind die ein-

Tabelle 6. Von Klimaanlagen zu gewährleistende Innentemperaturen und relative Feuchten. (Nach den Regeln zur Lüftung von Versammlungsräumen. VDI-Verlag G. m. b. H. Berlin NW7, 1937)*

	Winter					Sommer				
	—	20	25	30	35	—	20	25	30	35
Innentemperatur °C	20	21,5	22	25	27	20	21,5	22	25	27
Untere Grenze der relativen Feuchte %	35					35				
Obere Grenze der relativen Feuchte %	70	70	70	60	60	70	70	70	60	60

*) Die Werte gelten unabhängig vom Wetter sowie von der Stärke der Raumbesetzung; jedoch ist mit Rücksicht auf örtliche Verschiedenheiten und zeitliche Schwankungen bezüglich der Temperatur eine Abweichung von ± 2° zuzulassen.

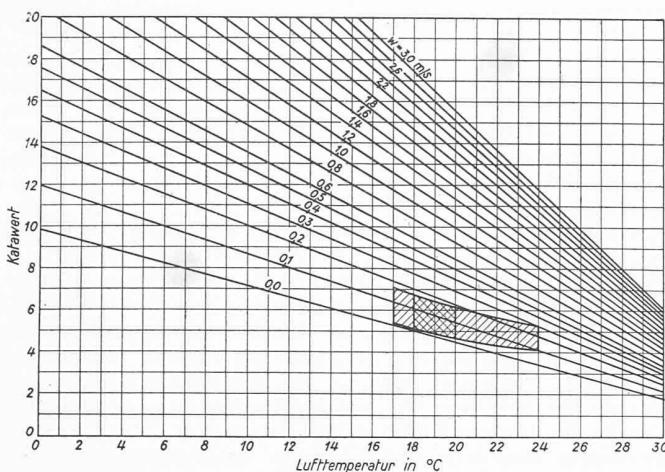


Bild 3. Katadiagramm

gezeichneten Grenzen nur als ungefähre Anhaltspunkte zu bewerten. Ob innerhalb des Behaglichkeitsbereiches Feuchtegrade, die der oberen oder der unteren Grenze näher liegen, als angenehmer empfunden werden, hängt von verschiedenen Umständen so z. B. von der Beschäftigungsart ab. Während man bei sitzender Beschäftigung Luftzustände, die der Kurve a nahekommen, als angenehm empfindet, ist es bei der Ausübung schwerer Körperarbeit, insbesondere bei höheren Temperaturen, zur Vermeidung starker Schweißbildung angenehmer, wenn sich die Luftzustände der Kurve b nähern. Nach K. Hartmann⁴⁾ sind vom hygienischen Standpunkt aus für starkes Arbeiten bei bewegter Luft und einer Temperatur von

15 bis 18°C	bis 70%
18 „ 20°C	etwa 60%
21 „ 23°C	, 50%
und bei 24°C	, 40%

relative Feuchte, bei sehr starker Arbeit dagegen niedrigere Feuchtigkeitsgehalte am günstigsten. Ferner geht aus Tabelle 6 hervor, dass bei der Erstellung von Klimaanlagen der Feuchtigkeitsgehalt in Versammlungsräumen im Winter bei 20° Raumtemperatur 35% nicht unter-, 70% nicht überschreiten soll und man auch im Sommer bis zu 22° Raumtemperatur nicht über 70%, bei höheren Temperaturen nicht über 60% relative Feuchtigkeit hinausgehen soll. Bild 1 ist damit, wie man sieht, in guter Uebereinstimmung.

Das sich auf den Sommer beziehende Gebiet von 17 bis 24°C ist durch Einrandung und darin das die Heizzeit betreffende von 18 bis 20°C durch Kreuzschraffur hervorgehoben. Die Umrandungslinie rechts verläuft von 24°C auf der untern Grenzkurve nach der 22°-Linie auf der oberen Grenzkurve, weil sich zur Erlangung optimaler Behaglichkeit die relative Feuchte bei der Temperaturzunahme von 22 auf 24°C der untern Grenzkurve nähern soll.

c) Berücksichtigung von Temperatur, Feuchte und Luftbewegung (effektive oder wirksame Temperatur)

Je schneller die Luft am Körper vorbeistreicht, umso höher muss die Lufttemperatur sein, weil der Wärmeentzug durch gesteigerte Konvektion oder aufgewogene Bewegung der Luft zunimmt. Diese Forderung führte vor nahezu 25 Jahren auf Grund umfangreicher, von der American Society of Heating and Ventilating Engineers (A. S. H. V. E.) über die «Komfort-Zone» durchgeführte Untersuchungen in Amerika zur Einführung des Begriffes der effektiven oder wirksamen Temperatur. Man versteht darunter die Temperatur einer 100% (bzw. nach neueren Vorschlägen von Crowder und Bedford 50%) gesättigten ruhenden Luft, die die gleiche Wärmeempfindung auslöst wie der Luftzustand, dessen Behaglichkeit beurteilt werden soll.

Bekanntlich misst man grössere Luftgeschwindigkeiten in bequemer Weise mit dem Anemometer. Es gibt Ausführungen, mit denen man Geschwindig-

keiten bis hinunter zu etwa 0,25 m/s unmittelbar und mit genügender Genauigkeit ablesen kann. Für noch kleinere Luftbewegungen, wie sie in Aufenthaltsräumen vorkommen, eignen sich Hitzdrahtgeräte oder besser Katathermometer, Bild 2⁵⁾, mit dem sich selbst Geschwindigkeiten von unter 0,1 m/s noch einwandfrei feststellen lassen.

Zum Messen taucht man zunächst den untern, mit gefärbtem Alkohol gefüllten Behälter des Thermometers für kurze Zeit in warmes Wasser von 45 bis 60°C ein (z.B. unter Benutzung einer Thermosflasche), trocknet das Thermometer darauf sorgfältig ab, hängt es am Ort, wo der Luftzustand ermittelt werden soll, auf und misst mit der Stoppuhr die Zeit, während der sinkende Alkoholfaden die Strecke zwischen den auf dem Thermometerstiel angegebenen Marken 38 und 35°C zurücklegt⁶⁾. Hierauf wird der auf jedem Instrument vermerkte, auf Grund der Eichung festgestellte Gerätewert (das ist die bei der erwähnten Abkühlung auftretende Wärmeabgabe in Millikalorien pro cm² Oberfläche) durch die festgestellte Abkühlungszeit dividiert und dadurch der Katawert erhalten. Gleichzeitig ist bei dieser Messung die Lufttemperatur an der betreffenden Stelle zu ermitteln, worauf sich aus dem Katadiagramm (Bild 3), die Geschwindigkeit ergibt. Die Tafel ist aufgezeichnet nach den von L. Hill angegebenen empirischen Formeln zur Ermittlung der Katawerte A, die lauten:

$$A = (0,20 + 0,40 \sqrt{w}) \cdot (36,5 - t_l) \text{ für } w \leq 1$$

$$A = (0,13 + 0,47 \sqrt{w}) \cdot (36,5 - t_l) \text{ für } w \geq 1$$

Darin bedeuten: w die Luftgeschwindigkeit in m/s
 t_l die Lufttemperatur in °C.

Beispiel: Beträgt der auf dem Katathermometer angegebene Gerätewert 400, die festgestellte Abkühlungszeit 70 s, so ist der Katawert $400/70 = 5,7$, somit, wenn gleichzeitig

⁵⁾ Das Katathermometer wurde im Jahre 1916 vom englischen Hygieniker Leonhard Hill erfunden. Vgl.: The Kata-Thermometer in Studies of Body Heat and Efficiency. London: His Majesty's Stationery Office 1923. Ferner Weiss P.: Die hygienischen Grundlagen der Lüftungstechnik mit spezieller Berücksichtigung der Kata-Thermometrie zur Bestimmung der Entwärmungsverhältnisse. Diss. Eidgen. Techn. Hochschule Nr. 379. Zürich 1924.

Der Name Katathermometer ist auf das griechische Wort Kata «abwärts kommen» zurückzuführen.

⁶⁾ Die Temperaturmarken 38 und 35°C wurden von Hill mit Rücksicht auf die Körpertemperatur von 37°C gewählt. Hierzu ist allerdings zu bemerken, dass die mittlere Oberflächentemperatur des normal bekleideten Menschen nach vielen Messungen von Bedford nur gefunden worden ist zu

$$t_m = 12,5 + 0,67 \cdot t_l \text{ °C},$$

wenn t_l die Lufttemperatur bedeutet (Vgl. Med. Res. Counc. Ind. Health Res. Board. Bd. 1936, Nr. 76, London). Aus diesem Grund werden bisweilen auch Katathermometer mit niedriger angesetzten Temperaturmarken benutzt.

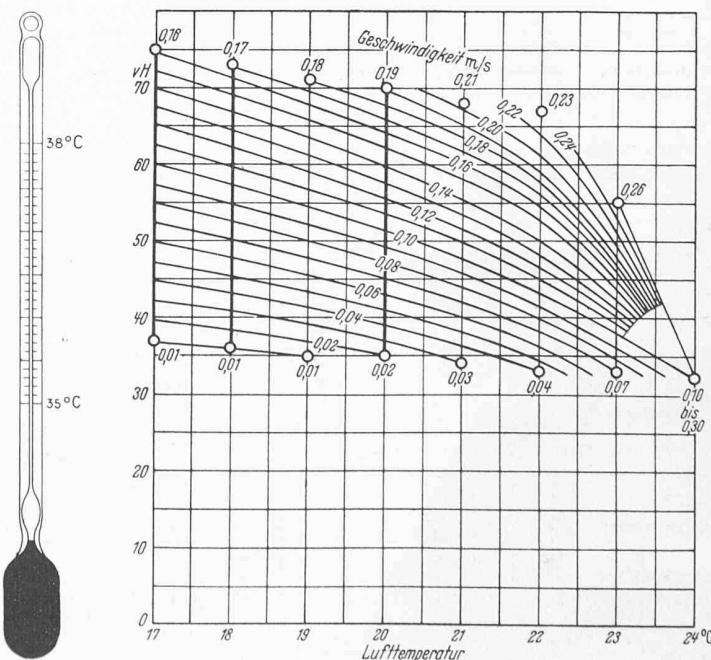
Bild 2.
Kata-thermometer

Bild 4. Behaglichkeitsdiagramm für sitzende Beschäftigung bei den Temperaturen entsprechender Bekleidung sowie nicht stark von der Raumtemperatur abweichenden Wandtemperatur (Nach Hottinger)

⁴⁾ Hartmann K.: Reine Luft in Arbeitsräumen. Bericht über den XII. Kongress für Heizung und Lüftung, S. 6/47. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin, 1927.

eine Lufttemperatur von $19,0^{\circ}\text{C}$ gemessen wurde, die Luftgeschwindigkeit nach Bild 3 0,1 m/s.

Es ist zu beachten, dass die in den Räumen auftretenden Luftgeschwindigkeiten sehr klein sein müssen, wenn sie nicht als lästige Zugerscheinungen verspürt werden sollen. In geschlossenen Räumen mit massiven Mauern und Fenstern gewöhnlicher Grösse liegen sie im Sommer, d. h. bei kleinen Temperaturunterschieden zwischen innen und aussen (sogar bei offenen Fenstern) fast ausschliesslich unter 0,1 m/s und bei einer gewissen Luftbewegung, hervorgerufen durch Umhergehen und häufiges Auf- und Zumachen der Türen, sowie bei sachgemäss arbeitenden Lüftungsanlagen zwischen etwa 0,1 und 0,25 m/s. Zahlreiche Messungen, u. a. von H. Roose⁷⁾, führen zur Erkenntnis, dass bei künstlicher Lüftung der Räume vorsichtshalber etwa 0,20 bis höchstens 0,25 m/s Luftgeschwindigkeit in den Aufenthaltszonen der Menschen (ausser bei sehr warmen Temperaturen, beispielsweise in vollbesetzten Lichtspieltheatern) nicht überschritten werden dürfen. Dabei sollte die Temperatur der Zuluft höher oder zum mindesten nicht wesentlich niedriger als diejenige der Raumluft sein. Geschwindigkeiten von 0,3 m/s liegen schon an der Grenze des Zulässigen und solche von 0,5 m/s sind übermassig hoch (im Gegensatz zum Freien, wo man Geschwindigkeiten bis 0,5 m/s als «Windstille» bezeichnet). Wird die Luft wesentlich kühler als mit Raumtemperatur in die Räume eingeblasen, so ist beste Führung derart, dass im Bereich der Besucher keine scharfen Luftströmungen auftreten unerlässlich (Anwendung von Anemostaten, Luftfächern usw.). Die in der Aufenthaltszone auftretenden Geschwindigkeiten sollten sogar 0,1 bis 0,15 m/s nicht übersteigen. Solch kleine Geschwindigkeiten wirken angenehm, weil durch sie die Entwärmung des Körpers günstig beeinflusst und die den Körper-

per umgebende stagnierende Luft, die sog. «Eigenatmosphäre» bestätigt wird.

Auf Grund dieser Feststellungen ist, ähnlich wie in Bild 1 auch in Bild 3, das sich auf den Sommer beziehende Gebiet von 17 bis 24°C durch einfache Schraffur und darin das die Heizzeit betreffende von 18 bis 20°C durch kreuzweise Schraffur hervorgehoben. Dadurch sind die Behaglichkeitszustände in bezug auf Temperatur, Feuchte und Luftbewegung festgelegt. Hieraus ergaben sich Tabelle 7, sowie das Behaglichkeitsdiagramm Bild 4. Dieses ist so zu stande gekommen, dass zu den auf der Abszissenaxe vermerkten Temperaturen je die tiefsten und höchsten zulässigen Feuchtegehalte aus Bild 1 übertragen und zu diesen Punkten die kleinste bzw. grösste an Hand von Bild 3 festgestellte zulässige Geschwindigkeit eingetragen wurde. Durch proportionale Aufteilung sind die Zwischenpunkte und durch Verbinden derselben die entsprechenden Geschwindigkeitskurven entstanden. Dabei wurde von der Voraussetzung ausgegangen, dass es bei den in Frage kommenden Raumtemperaturen zwecks sachgemässer Entwärmung des Körpers angezeigt ist, wenn den höhern Feuchtegehalten der Luft die grösseren Geschwindigkeiten entsprechen.

Das Diagramm ist so zu verstehen, dass z. B. bei 19°C Raumtemperatur die Luftfeuchte, wie ersichtlich, zwischen 35 und 71 %, die Luftgeschwindigkeit zwischen 0,01 und 0,18 m/s liegen soll, dass sich aber optimale Verhältnisse ergeben, wenn beispielsweise bei 50 % Feuchte die Luftgeschwindigkeit 0,08 m/s beträgt. Wird die Lufttemperatur zu 20°C , die relative Feuchte zu 60 % gemessen, so wird der optimale Zustand bei 0,14 m/s Luftgeschwindigkeit erreicht usw. In bezug auf die Winterverhältnisse in Wohnräumen, Versammlungssälen, Büros usw. ist allerdings zu bemerken, dass bei Raumtemperaturen von etwa 18 bis 20°C die Höhe der relativen Feuchte innerhalb der angegebenen Grenzen hinsichtlich des Wärme- und damit Behaglichkeitsgefühls nicht von wesentlicher Bedeutung ist. Dies ist erst bei höheren Temperaturen der Fall. Als extreme Fälle sind bekanntlich sehr unangenehm: Hohe Temperatur und gleichzeitig Feuchte bei stagnierender Luft (Treibhausluft) und im Gegensatz dazu grosse Feuchte (Nebel) bei grosser Kälte und zudem noch Wind.

(Schluss folgt)

Tabelle 7. Behaglichkeitsbereich in Aufenthaltsräumen, deren Wandtemperaturen von den Lufttemperaturen nicht stark abweichen

Raumtemperatur °C	Grenzen der relativen Feuchte		Luftgeschwindigkeit m/s
	%		
17	37—75		0,01—0,16
18	36—73		0,01—0,17
19	35—71		0,01—0,18
20	35—70		0,02—0,19
21	34—68		0,03—0,21
22	33—67		0,04—0,23
23	33—65		0,07—0,26
24	32		0,10—0,30

⁷⁾ Roose, H.: Neue elektro-thermische Messmethoden zur Kennzeichnung eines Raumklimas und deren Anwendung zum Vergleich von Radiatoren-, Fußboden- und Deckenheizung. Diss. Eidgen. Techn. Hochschule Zürich 1937.

Mehrfamilienhaus in Goldbach am Zürichsee

Arch. W. J. TOBLER, Küsnacht-Zürich

DK: 728.3 (494 84)

Dieses Renditenhaus liegt etwa 12 m über dem Seespiegel auf einer nach Südwest fallenden Böschung. Seine Seefront ist, den Gegebenheiten des Bauplatzes und der Besonning folgend, leicht gekrümmt, wodurch Blickfeld und Selbständigkeit der auskragenden Veranden erweitert werden. An der Seeseite ist auf Höhe Tiefparterre ein Vorhof zur Haustüre und den Garagen angeordnet (Richtung Bahn- und Schiffstation sowie Seestrasse); der Weg zwischen Wohnungen und



Bild 1. Treppenhaus



Bild 2. Küche

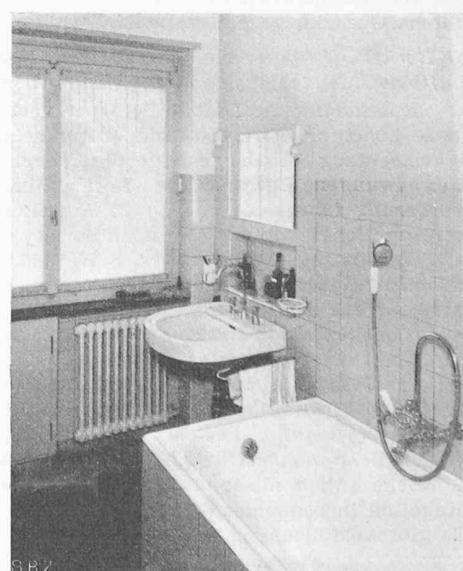


Bild 3. Badezimmer