

Die Luftfeuchtigkeit

Von *Etienne Grandjean*

Begriffe und Maße

Die atmosphärische Luft enthält stets eine gewisse Menge an gasförmigem, unsichtbarem Wasserdampf, die innerhalb und außerhalb von Gebäulichkeiten starken Schwankungen unterliegt. Für die Kennzeichnung des Wasserdampfgehaltes der Luft sind folgende Begriffe und Meßgrößen gebräuchlich:

a) *Die absolute Feuchtigkeit* ist die in der Luft vorhandene Wasserdampfmenge. Sie wird meistens in g Wasser/m³ Luft oder als Partialdruck in mmHg ausgedrückt.

b) *Die maximale Feuchtigkeit* ist die größtmögliche Wasserdampfmenge, die die Luft bei einer gegebenen Temperatur aufzunehmen vermag. Sie wird erreicht, wenn die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist. Wie aus *Abbildung 1* ersichtlich, nimmt dieser Sättigungsgehalt mit steigender Temperatur stark zu. Je wärmer die Luft, um so größer ist ihr Aufnahmevermögen für Wasserdampf. Wird gesättigter Luft noch mehr Wasserdampf zugeführt oder wird ihre Temperatur erniedrigt, dann wird die überschüssige Feuchtigkeit ausgeschieden, und es kommt zu Kondensation oder – in der freien Atmosphäre – zu Wolken- oder Nebelbildung.

c) *Die relative Feuchtigkeit* ist das prozentuale Verhältnis der absoluten zur maximalen Feuchtigkeit. Eine Luft mit einer relativen Feuchtigkeit von 70% enthält 70% der bei dieser Temperatur größtmöglichen Wasserdampfmenge. Mit Wasserdampf gesättigte Luft hat somit immer eine relative Feuchtigkeit von 100%.

d) *Der Taupunkt* ist diejenige Temperatur, bei der unter gegebenen Feuchtigkeitsbedingungen die Sättigung erreicht wird, bei der somit die absolute zur maximalen Feuchtigkeit wird. Wird der Taupunkt unterschritten, dann kommt es zur Kondensation von Wasser.

Für die Messung der relativen Feuchtigkeit werden meistens Haarhygrometern oder Hygrometer verwendet. Für die Bestimmung der einzelnen Feuchtigkeitsgrößen werden allerdings heute fast immer Psychrometer verwendet, von denen das Schleuderpsychrometer das einfachste Gerät ist. Dieses besteht aus zwei Quecksilberthermometern, von denen das eine mit einem benetzten

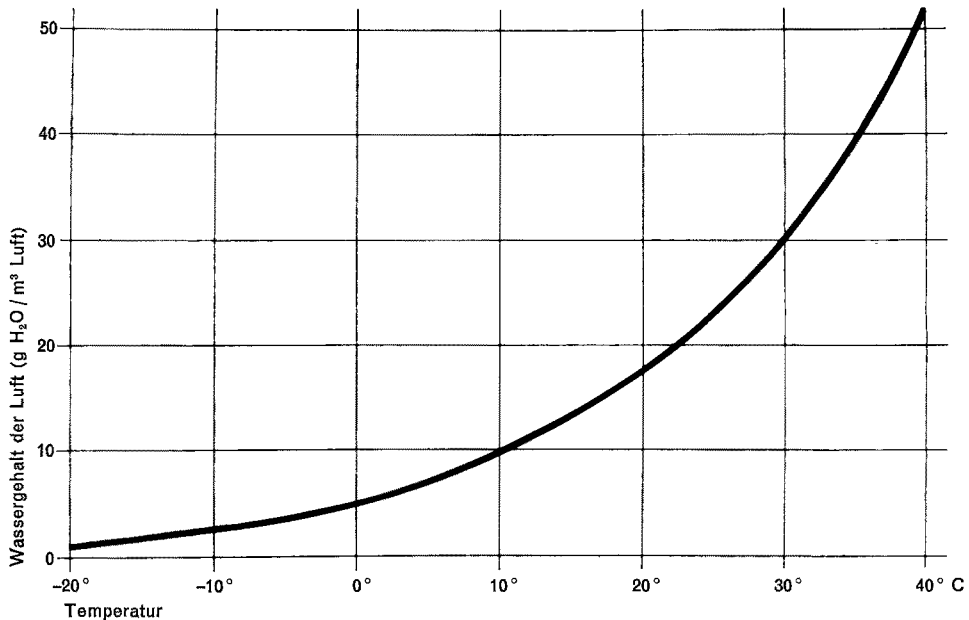


Abbildung 1 Die maximale Feuchtigkeit der Luft in Abhängigkeit der Temperatur.

Stoff umhüllt (feuchtes Thermometer) und das andere trocken gehalten wird (trockenes Thermometer). Das Gerät wird während 4 Minuten um seine Achse geschwungen; dabei wird der feuchten Thermometerkugel durch die Verdunstung im benetzten Stoff Wärme entzogen, bis sich wieder ein Gleichgewicht mit der Wärmezufuhr aus der Luft herstellt. Aus der Differenz der Werte zwischen feuchtem Thermometer und trockenem Thermometer kann die relative und die absolute Feuchtigkeit berechnet beziehungsweise aus einer Psychrometertafel herausgelesen werden. Heute operieren sowohl die Physiologen als auch die Klimatechniker immer mit diesen beiden Feucht- und Trockenthermometerwerten, da man aus ihnen alle wichtigen Maßstäbe für Temperatur und Feuchtigkeit der Luft ableiten kann.

Der Wärmehaushalt des Menschen

Die in Form von Nahrung aufgenommene chemische Energie wird im Organismus in Wärme und in mechanische Energie umgewandelt. Dieser Vorgang geht unter gleichzeitigem Verbrauch von Sauerstoff vor allem in den innern Organen und der Muskulatur vor sich. Weitaus der größte Teil der Energie (70–100 %) wird in Wärme umgewandelt, wobei das Blut als Wärmetransportmittel dient und eine relativ gleichmäßige Verteilung der Temperatur im Körper sichert.

Im Innern des Körpers schwankt die Temperatur in engen Grenzen um 37° C.

Unter der Haut und in den Gliedmaßen sind die Temperaturschwankungen größer, wobei sie in einem gewissen Ausmaß der Außentemperatur folgen. Die Einhaltung einer konstanten «Kerntemperatur» von 37°C ist eine für die Erhaltung des Lebens wichtige Voraussetzung. Kleinere Abweichungen nach unten oder nach oben können nur für kurze Zeitspannen ertragen werden und sind in der Regel von starken Beeinträchtigungen der Leistungsfähigkeit und des Wohlbefindens begleitet. Wärmestauungen, die $39\text{--}40^{\circ}\text{C}$ übersteigen, oder Abkühlungen, die den Grenzwert von 30°C unterschreiten, können tödlich sein.

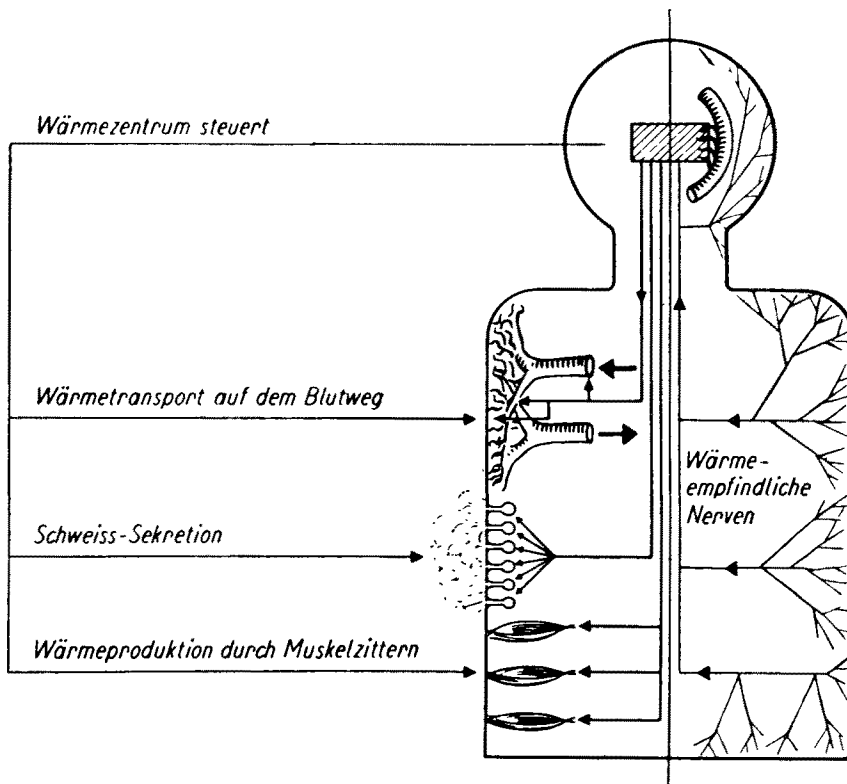


Abbildung 2 Schematische Darstellung der physiologischen Steuerung des Wärmehaushaltes.

Um trotz aller variabler äußern und innern Einflüsse eine konstante Temperatur im Innern des Körpers aufrechterhalten zu können, verfügt der Organismus über eine wärmerregulierende Zentralstelle, die analog dem Thermoregulator einer Klimaanlage funktioniert. Der Thermoregulator des Menschen ist das im Zwischenhirn eingebaute Wärmezentrum, das das übergeordnete Steuerungsorgan des Wärmehaushaltes ist.

Das Wärmezentrum wird zum Teil direkt durch das Blut, zum Teil indirekt durch die temperaturempfindlichen Hautnerven über die Körpertemperaturen

informiert. Auf Grund dieser «Informationen» steuert das Wärmezentrum dauernd den Wärmetransport von innen nach außen, wozu ihm in erster Linie die vasomotorische Regulation der Durchblutung der Haut zur Verfügung steht. Ferner ist ihm auch die Absonderung des Schweißes unterstellt, durch dessen Verdampfung die Wärmeabgabe reguliert wird. Eine dritte, wenig wirksame Regulationsmöglichkeit ist die Erhöhung der Wärmeproduktion, die durch die Muskelarbeit des Kältezittern erzielt werden kann. In *Abbildung 2* sind die wichtigsten Vorgänge des Wärmehaushaltes schematisch dargestellt.

Luftfeuchtigkeit und Wärmeaustausch des Menschen

Wärmeabgabe und Wärmeaufnahme des Körpers hängen nicht nur von den physiologischen Regulationen des Wärmehaushaltes ab, sondern auch von den klimatischen Umgebungsbedingungen. Dieser Wärmeaustausch zwischen der Körperoberfläche und seiner Umgebung gehorcht physikalischen Gesetzmäßigkeiten und kann im wesentlichen auf drei Wegen vor sich gehen:

1. durch Wärmekonvektion,
2. durch Wärmestrahlung,
3. durch Schweißverdunstung.

Diese Vorgänge sind in *Abbildung 3* schematisch dargestellt. Bei einer Raumtemperatur von 20° C werden rund 20–30% der überschüssigen Körperwärme durch die Verdampfung des Schweißes auf der Hautoberfläche abgegeben. Mit

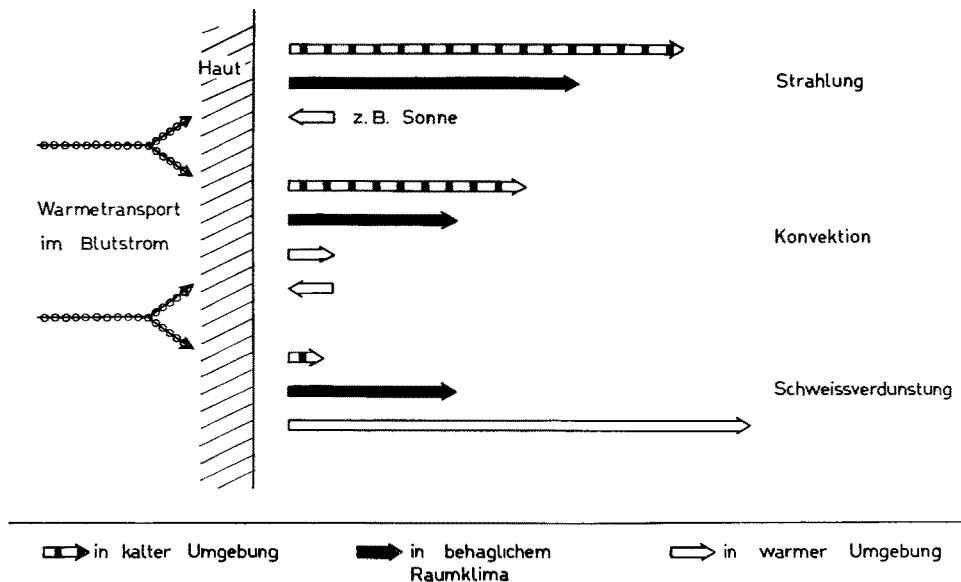


Abbildung 3 Schema des Wärmeaustausches zwischen dem menschlichen Körper und seiner Umgebung. Die Länge der Pfeile entspricht ungefähr dem prozentualen Anteil der überschüssigen Körperwärme, die auf jedem der drei Wege abgegeben wird.

steigender Temperatur wird die Wärmeabgabe durch die Schweißverdampfung erhöht, bis sie schließlich die ganze Wärmeabgabe des Körpers allein zu bewältigen hat. Dieser Punkt wird erreicht, wenn die Temperatur der Luft und der Umschließungsflächen die Höhe der Hauttemperatur (etwa 34° C) erreicht hat.

Die Wärmeabgabe durch Schweißverdampfung beruht auf der Bindung von Wärme, die der Haut entzogen wird. Die dabei entstehende Wärmeabgabe beträgt

0,58 kcal/g verdampften Schweißes

Unter normalen klimatischen Bedingungen gibt der Mensch pro Tag ungefähr 1 Liter Wasser durch Schweißverdunstung ab. Diese Schweißabsonderung ist so gering, daß er sie selbst nicht wahrnimmt; man nennt sie deshalb auch *perspiratio insensibilis*. Der Verdunstung von 1 Liter Schweiß entspricht ein Wärmeentzug von rund 580 kcal. Unter normalen klimatischen Bedingungen (Außentemperatur 15–25° C) beträgt somit der Wärmeentzug durch Perspiratio insensibilis ungefähr $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{4}$ der gesamten Wärmeabgabe.

Steigt die Außentemperatur, so werden von der erwärmten Haut Reflexe ausgelöst, welche über das Wärmezentrum eine massive Schweißbildung bewirken. Diese sichtbare Schweißabsonderung wird als Schwitzen bezeichnet. Sie kann eine stündliche Wärmeabgabe von über 2000 kcal ermöglichen.

Der Schweiß wird durch $2\frac{1}{2}$ Millionen Schweißdrüsen, die überall in der Haut eingelagert sind, abgesondert. Er enthält in wechselnden Mengen Kochsalz, wobei die Konzentrationen in der Regel zwischen 0,3 und 0,6% schwanken. *Das Ausmaß der Wärmeabgabe durch Schweißverdampfung hängt in allererster Linie vom Feuchtigkeitsgehalt der Luft ab.*

Für eine Hautfläche von 1 cm² beträgt die Wärmeabgabe

$$W = a (P_{\text{Haut}} - P_{\text{Luft}}),$$

wobei

W = Wärmeabgabe in cal je cm² und min,

a = Verdunstungszahl (von 0,013 bis $0,046 \times$ Luftbewegung),

P_{Haut} = Wasserdampfdruck auf der Haut,

P_{Luft} = Wasserdampfdruck in der Luft.

Aus dieser Formel ist ersichtlich, daß das Gefälle des Wasserdampfdruckes unmittelbar auf der Haut zu demjenigen in der Luft für die Wärmeabgabe entscheidend ist, während die Luftbewegung nur eine untergeordnete Rolle spielt. Da beim Schwitzen der Wasserdampfdruck auf der Haut den Sättigungsdruck, also die maximale Feuchtigkeit erreicht, bleibt für die Wärmeabgabe die relative Feuchtigkeit der Luft als entscheidender Faktor übrig. *Je niedriger die relative Feuchtigkeit der Luft, um so größer die Wärmeabgabe durch Schweißverdunstung.* Deshalb empfinden wir in der warmen Jahreszeit eine feuchte Luft als schwül und drückend.

Die relative Feuchtigkeit der Luft spielt somit für den Wärmehaushalt des Menschen eine wesentliche Rolle. Eine niedrige relative Feuchtigkeit wirkt sich im Sommer günstig aus, da in dieser Jahreszeit die Wärmeabgabe durch Schweißverdampfung ausschlaggebend ist für das Gleichgewicht des Wärmehaushaltes. Im Winter dagegen ist eine niedrige relative Feuchtigkeit nicht günstig, da sie den Wärmehaushalt im Sinne einer vermehrten Wärmeabgabe beeinflusst.

Behagliches Raumklima

Die Empfindung der klimatisch bedingten «Unbehaglichkeit» ist ein Schutzmechanismus des Körpers, der diesen vor unnötigen, unter Umständen sogar gefährlichen Beanspruchungen bewahren soll. Die Gestaltung eines behaglichen Raumklimas ist somit ein wichtiges Postulat der Hygiene, dessen Erfüllung wesentlich zum allgemeinen Wohlbefinden und zur Erhaltung der Leistungsfähigkeit beitragen kann.

Experimente haben gezeigt, daß der Mensch ein Raumklima als behaglich empfindet, wenn sein Wärmehaushalt im Gleichgewicht ist und wenn sich dabei die Hautdurchblutung innerhalb einer normalen und durchschnittlichen Schwankungsbreite bewegt.

In einem Raum wird der Wärmehaushalt durch die Temperatur, die Feuchtigkeit und die Bewegung der Luft sowie durch die Temperaturen der Umschließungsflächen beeinflusst. Deshalb sind auch diese vier Faktoren entscheidend für die Behaglichkeit, wobei es auf ihre Summation ankommt.

Damit ein Raumklima behaglich empfunden wird, muß man sich an folgende Regeln halten:

1. Wenn die Temperatur der Luft sinkt, muß die relative Feuchtigkeit erhöht werden. Für die Schweiz dürften folgende Wechselbeziehungen einem optimal behaglichen Raumklima am nächsten kommen:

40% relative Feuchtigkeit und 21,5° C,

50% relative Feuchtigkeit und 21,0° C,

60% relative Feuchtigkeit und 20,5° C.

2. Die Luftbewegung soll 0,2 m/s nicht übersteigen; bei heiklen, sitzend ausgeführten Arbeiten sollte sogar ein Wert von 0,1 m/s angestrebt werden.

3. Die durchschnittlichen Temperaturen der Umschließungsflächen (Wände, Boden, Decke usw.) sollten möglichst gleiche Werte aufweisen wie die Lufttemperaturen.

Eigene Erhebungen über die Luftfeuchtigkeit

Im Rahmen einer größeren Untersuchung über das Raumklima in Holzbauten [1] maßen wir in insgesamt 53 Räumen (Büros, Schulzimmer und Wohnräume) die Feucht- und Trockentemperaturen während der Heizperiode und bestimmten

daraus die relative Feuchtigkeit. Gleichzeitig befragten wir 55 Personen, die diese Räume täglich benutzten, über ihre Erfahrungen und subjektiven Empfindungen bezüglich der Luftfeuchtigkeit.

Die Resultate der Messungen der relativen Feuchtigkeit sind in *Abbildung 4* in Form einer Häufigkeitsverteilung dargestellt. Daraus ist ersichtlich, daß in der überwiegenden Mehrheit der untersuchten Räume (72%) relative Luftfeuchtigkeiten von weniger als 40% gemessen wurden. In 5 Räumen wurden sogar Werte von weniger als 30% erhoben. Der Gesamtdurchschnitt betrug 35,6%. In den gleichen Räumen wurden in der überwiegenden Mehrzahl Lufttemperaturen zwischen 20 und 24° C gemessen, mit einem Gesamtdurchschnitt von 21,6° C.

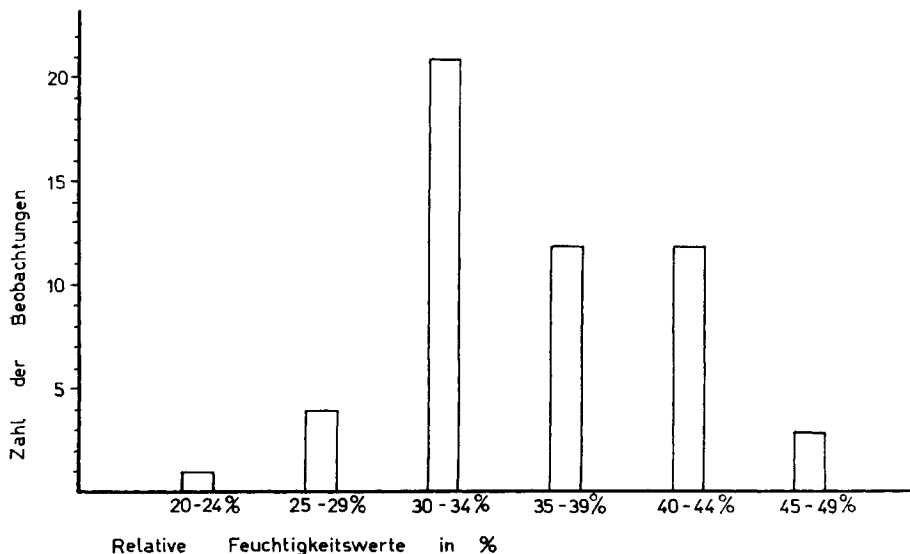


Abbildung 4 Die relative Feuchtigkeit der Luft in 53 Räumen während der Heizperiode.

Nach den Untersuchungen von *Haller* [2] weisen Holzhäuser relative Feuchtigkeiten auf, die im Durchschnitt um etwa 11–17% niedriger sind als in Häusern aus Mauerwerk. Dies könnte teilweise die sehr niedrigen Werte, die wir erhoben, erklären.

Die Hauptursache der niedrigen relativen Feuchtigkeiten ist jedoch bestimmt nicht im Holzbau zu suchen, sondern vielmehr in der physikalischen Gesetzmäßigkeit, wonach eine Lufterwärmung bei gleichbleibendem Wasserdampfgehalt immer von einem Abfall der relativen Feuchtigkeit begleitet wird.

Wenn im Winter die kalte Außenluft mit ihrer verhältnismäßig niedrigen absoluten Feuchtigkeit im Innern der Gebäude um 10–20° C erwärmt wird,

ohne daß dabei der Luft mehr Feuchtigkeit zugeführt wird, dann muß notgedrungen die relative Feuchtigkeit erheblich sinken, da ja mit steigender Temperatur die Differenz zwischen absoluter und maximaler Feuchtigkeit stark ansteigt (siehe Abbildung 1). Ein Beispiel möge dies erläutern: Nehmen wir an, die Außenluft habe eine Temperatur von 0° C und eine relative Feuchtigkeit von 80% (= absolute Feuchtigkeit von 3 g/m³). Durch den normalen Luftwechsel gelangt diese Luft ins Innere eines Gebäudes, das eine Lufttemperatur von 20° C aufweist. Die Aufwärmung der Luft um 20° C bewirkt – bei gleichbleibendem absolutem Feuchtigkeitsgehalt – eine Erniedrigung der relativen Feuchtigkeit von 80 auf 20%. Diese physikalischen Gesetzmäßigkeiten sind der Hauptgrund der niedrigen relativen Feuchtigkeit, die man im Winter in Wohn- und Arbeitsräumen zu finden pflegt.

Relative Feuchtigkeit der Luft %	Art der Antworten		«neutral»
	«zu trocken»	«trocken»	
21–25			1
26–30	1		4
31–35	7	2	12
36–40	4	4	10
41–45	1	1	2
46–50		1	1
51–55			2
56–60			1
61–65			–
66–70			1
Total	13	8	34

Tabelle 1 Das Trockenheitsempfinden der 55 befragten Personen. – Die Zahlen geben an, wie viele der befragten Personen die jeweiligen Antworten gaben.

Von den in unserer Untersuchung befragten 55 Personen fanden 13 die Luft «zu trocken», 8 bezeichneten sie als «trocken» und 34 blieben der Frage indifferent gegenüber. Die Beziehung der Antworten zu den erhobenen Meßwerten sind aus *Tabelle 1* ersichtlich. Daraus geht hervor, daß die Luft von mehr als einem Drittel der Befragten als «trocken» oder «zu trocken» bezeichnet wurde. Die überwiegende Mehrzahl dieser Angaben wurden bei relativen Feuchtigkeiten von weniger als 40% erhoben. Dieser Befund bestätigt die Richtigkeit der Forderung der Wohnphysiologie, wonach die relative Feuchtigkeit der Luft nicht unter 40% liegen sollte.

Die Bedeutung der Luftfeuchtigkeit in der Hitze

Wie bereits dargelegt worden ist, kann der Körper unter Hitzebedingungen die überschüssige Wärme einzig und allein durch die Absonderung und Verdampfung des Schweißes loswerden. Da die relative Feuchtigkeit der Luft für die Verdampfung ausschlaggebend ist, kommt diesem Klimafaktor die größte Bedeutung in der Hitze zu.

Die Resistenz des Menschen gegen Hitze wird limitiert durch die Erhöhung der Kerntemperatur, die von einer Steigerung der Herzfrequenz begleitet wird. Dauert die Hitzebelastung an, so kann es infolge der Schweißverluste zu einer allgemeinen Deshydratation und zu Salzangelzuständen kommen.

Als Faustregel kann man sich merken, daß bei der Arbeit die Herzfrequenz 125 Schläge pro Minute nicht überschreiten,

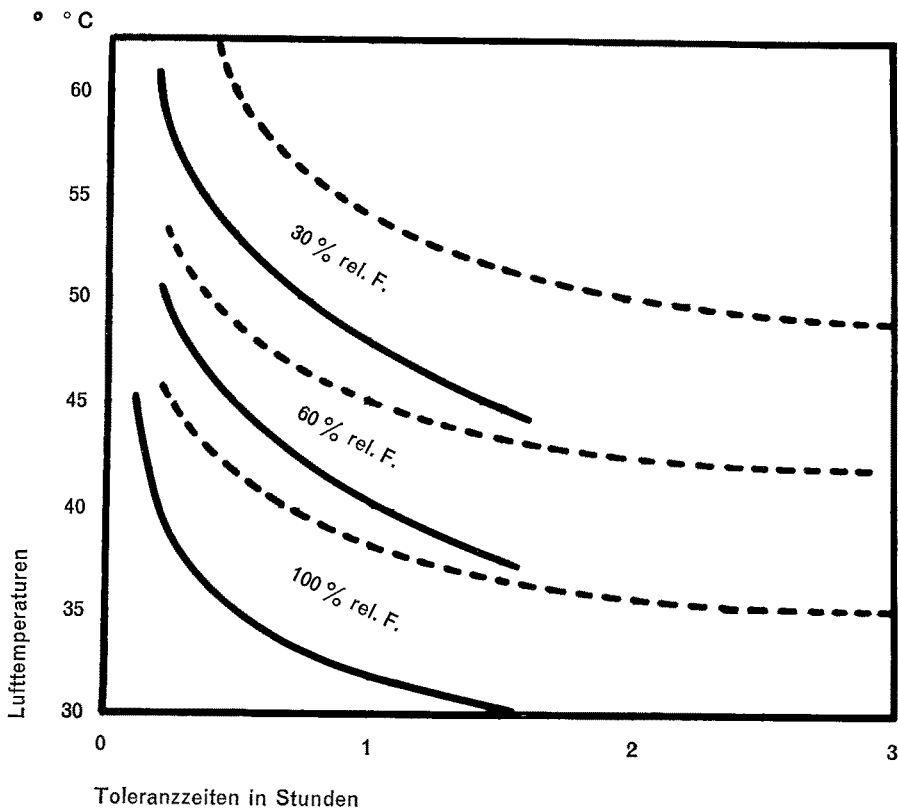


Abbildung 5 Toleranzzeiten in der Hitze. – Die gestrichelten Kurven entsprechen den Toleranzbedingungen für sitzende Personen, die ausgezogenen Kurven denjenigen für körperlich arbeitende (240 kcal/h). Jedes Kurvenpaar umgrenzt einen Toleranzbereich für die drei Stufen von 30, 60 und 100% relativer Feuchtigkeit.

die Entwässerung nicht mehr als 1% des Körpergewichtes betragen und die Rektaltemperatur 38° C nicht übersteigen sollte.

Einzig bei sehr intensiver körperlicher Arbeit können Rektaltemperaturen von 39° C auch noch toleriert werden.

Die klimatischen Bedingungen, oberhalb welcher lebensgefährliche Wärmestauungen auftreten können, werden als obere Grenze der Hitzeerträglichkeit oder als Hitzetoleranz bezeichnet. Zahlreiche Untersuchungen haben zur Erkenntnis geführt, daß die Temperaturgrenzen der Hitzetoleranz in erster Linie von der relativen Feuchtigkeit der Luft und von der Wärmeproduktion, die im Innern des Körpers durch die Muskelarbeit entsteht, abhängig ist. Demnach wird die Toleranz durch die Wechselwirkungen von Temperatur, relativer Feuchtigkeit, Dauer und Intensität der körperlichen Arbeit bestimmt. In *Abbildung 5* sind die von der *American Public Health Association* [3] empfohlenen Toleranzwerte für den Aufenthalt und die Arbeit in der Hitze graphisch dargestellt. Die angegebenen Toleranzzeiten beruhen auf experimentellen Untersuchungen, bei denen die Herzfrequenz von 125 Schlägen/min und die Rektaltemperatur von 38° C als Maßstäbe für die Hitzetoleranz verwendet wurden.

In den letzten Jahren sind die Beziehungen zwischen Feuchtigkeit, Temperatur und Hitzetoleranz von *Lind* [4] sowie von *Provins* [5] und seinen Mitarbeitern erneut untersucht worden. Sie fanden eine gute Übereinstimmung zwischen klimatischen Bedingungen und Toleranzzeiten, wenn sie als Klimamaßstab einen Wert berücksichtigten, der aus der Addition des Feuchtthermometerwertes $\times 0,85$ und des Trockenthermometerwertes $\times 0,15$ berechnet wurde. Zwischen diesem korrigierten Temperaturwert und der Toleranzzeit fanden sie folgende Beziehungen:

20 min bei Werten von 46 bis 53,

22 bis 55 min bei Werten von 44 bis 40,

55 bis 130 min bei Werten von 40 bis 38.

Unter Berücksichtigung eines angemessenen Zuschlages für die individuelle Streuung empfehlen diese Autoren für einen Arbeitstag von 8 Stunden einen Grenzwert von 36, der sich aus dem Feuchtthermometerwert $\times 0,85$ und dem Trockenthermometerwert $\times 0,15$ zusammensetzt.

Die Bedeutung der Luftfeuchtigkeit für die Atmungsorgane

Das Innere der Nase, die Atemwege und die Lungen bis in ihre feinsten Endorgane, den Alveolen, sind mit Schleimhäuten ausgekleidet, die ständig einen flüssigen Schleim absondern. Ein Teil dieser Schleimhäute weisen haarartige Fortsätze, das sogenannte Flimmerepithel, auf. Im Mikroskop sieht die ständige Bewegung des Flimmerepithels wie ein wogendes Kornfeld aus.

Nase, Rachen und Luftröhre funktionieren wie eine Klimaanlage, indem sie die eingeatmete Luft reinigen, erwärmen und anfeuchten. Durch die Wirbel-

bildungen und die Zentrifugalkraft der eingeatmeten Luft wird ein großer Teil des Staubes gegen die Schleimhäute geschleudert, von wo er hernach durch die Bewegungen des Flimmerepithels mit Schleimmassen vermengt weggeschafft wird. Nase und Luftröhre sind somit eine Filteranlage, die sich fortlaufend selbst reinigt. Die starke Durchblutung und die dauernde Benetzung der Schleimhäute bringen die Einatemluft auf Körpertemperatur und erhöhen die Feuchtigkeit bis nahe an die Sättigung.

Wird während längerer Zeit Luft mit sehr niedriger relativer Feuchtigkeit eingeatmet, so kann es in den Schleimhäuten der Atemwege zu ungünstigen Austrocknungserscheinungen kommen. Die ersten Symptome sind unangenehme Empfindungen von Trockenheit im Nasen-Rachen-Raum, die sich bis zu schmerzhaften Reizen steigern können. Vielfach wird das Sprechen und gelegentlich auch das Schlucken erschwert. Die Trockenheit beeinträchtigt die Flimmerhaare in ihrer Funktion, der Schleim wird eingedickt und bleibt als klebrige Masse an den Schleimhäuten haften. Das ganze Selbstreinigungssystem wird ungenügend, so daß die Bakterien ein günstiges Milieu zur Entwicklung finden. Sie dringen in die ausgetrocknete Schleimhaut leicht ein und lösen hier die entzündlichen Erscheinungen aus, welche alle Arten von Erkältungskrankheiten und die Grippe begleiten.

So erklärt man sich die bekannte erhöhte Anfälligkeit für Erkältungskrankheiten, die infolge der Lufttrockenheit während der Heizperiode aufzutreten pflegt. Auf diesen Zusammenhang weisen zahlreiche Ärzte hin und fordern als Präventivmaßnahme eine erhöhte Feuchtigkeit der Raumluft in Schulen, Büros und Wohnhäusern während der Heizperiode [6].

Relative Feuchtigkeit und Infektionskrankheiten

Es ist bekannt, daß die Erkrankungen an Grippe und andern Infektionskrankheiten typische saisonbedingte Gipfel aufweisen. Das gleichzeitige Auftreten dieser Gipfel mit der trockenen Luft der Heizperioden veranlaßte mehrere Autoren, die Auswirkungen verschiedener Feuchtigkeitszustände der Luft auf die Zahl der überlebenden und somit noch virulenten Bakterien der Raumluft experimentell zu untersuchen. Von diesen neuesten Arbeiten seien hier die wichtigsten kurz erwähnt.

Dunklin und *Puck* [7] zerstäubten Bakterienkulturen (Pneumokokken, Staphylokokken und Streptokokken) in Bouillon oder Speichelflüssigkeit in die Luft eines Experimentierraumes und bestimmten hernach die Überlebensdauer der Keime. Sie fanden einen sehr hohen Gipfel der Absterbeziffern der Bakterien bei relativen Luftfeuchtigkeiten um 50%, wobei sich die Pneumokokken (die Erreger verschiedener Arten von Erkältungskrankheiten) besonders anfällig zeigten. Bei relativen Feuchtigkeiten unter 40% und über 60% nahm die Absterberate der Pneumokokken stark ab. Die Autoren konnten den Nachweis

erbringen, daß es sich dabei um ein Absterben der Keime handelte und nicht etwa um eine beschleunigte Sedimentation der schwebenden Tröpfchen. Sie zogen aus den Experimenten den Schluß, daß eine relative Feuchtigkeit von 50% für die Pneumokokken besonders kritisch sei und daß dem Einhalten einer solchen Luftfeuchtigkeit ein gewisser prophylaktischer Wert zugeschrieben werden könne.

Zur gleichen Zeit untersuchte *Lester* [8] die Sterblichkeit von Mäusen, die er unter verschiedenen klimatischen Bedingungen zerstäubten Kulturen des Grippe-A-Virus aussetzte. Er fand, daß eine bestimmte Virus-Suspension bei 30 und 80% relativer Feuchtigkeit 100%, bei 50% relativer Feuchtigkeit jedoch nur 22,5% der Mäuse tötete. Dieser Befund stimmte nicht ganz überein mit einer älteren Untersuchung von *Loosli* und seinen Mitarbeitern [9], wonach die Überlebenszeit der Grippe-Viren bei einer relativen Feuchtigkeit von 23% erheblich länger war als bei einer solchen von 48 und 89%. *Lester* erklärt dieses abweichende Resultat mit dem höheren Salzgehalt der von ihm verwendeten und zerstäubten Kulturen.

Vor kurzem stellten *Hemmes* und seine Mitarbeiter [10] einen interessanten Vergleich zwischen ihren Experimenten über die Feuchtigkeitsempfindlichkeit bestimmter Krankheitserreger und den bekannten saisonbedingten Epidemien an. Im Laboratorium hatten sie bei relativen Feuchtigkeiten von weniger als 40% bei Grippe-Viren ein langsames und bei Poliomyelitis-Viren ein rasches Absterben beobachtet. Bei relativen Feuchtigkeiten von mehr als 60% konnten sie genau das Gegenteil feststellen: ein rasches Absterben der Grippe-Viren und ein langsames der Erreger der Poliomyelitis. Die Autoren ziehen den Schluß, daß die trockene Luft während der Heizperiode die Übertragung der Grippe fördere und diejenige der Poliomyelitis beeinträchtige, und vermuten, daß die Gipfel der Grippe im Winter und die Gipfel der Poliomyelitis im Sommer zum Teil durch die verschieden hohen relativen Feuchtigkeiten verursacht werden.

Man kann auf Grund der heutigen Forschungsergebnisse kein abschließendes Urteil über die Bedeutung der Luftfeuchtigkeit für die Ausbreitung von Infektionskrankheiten abgeben. Die bakteriologischen Untersuchungen sind äußerst heikel, die Ergebnisse widersprechen sich zum Teil noch, und die Deutung der Resultate ist schwierig. Dazu kommt, daß wir nicht genau wissen, in welchem Ausmaß die Übertragung von Krankheitserregern auf Niesen, Husten und direktes Ansprechen zurückzuführen ist und in welchem Ausmaß die einfache Einatmung einer Raumluft mit schwebenden Krankheitskeimen infektiös sein kann.

Trotz diesen Einschränkungen bleibt als Tatsache die Feststellung bestehen, daß trockene Raumluft während der Heizperiode die Anfälligkeit für Erkältungskrankheiten durch die Austrocknung der Schleimhäute erheblich steigert. Sehr wahrscheinlich wird dabei die Infektionsgefahr mit bestimmten Erregern noch dadurch erhöht, daß diese in trockener Luft ihre Virulenz länger behalten als in einer Luft mit 50% und mehr relativer Feuchtigkeit.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit behandelt die wichtigsten physiologischen und hygienischen Auswirkungen der Luftfeuchtigkeit. Sie können wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Die relative Feuchtigkeit der Luft beeinflusst die durch Schweißverdampfung ermöglichte Wärmeabgabe des Körpers und spielt deshalb eine entscheidende Rolle für das klimatische Behaglichkeitsgefühl.

2. Ein behagliches Raumklima wird im Winter in der Schweiz erreicht bei
40% relativer Feuchtigkeit und 21,5° C,
50% relativer Feuchtigkeit und 21° C,
60% relativer Feuchtigkeit und 20,5° C.

3. Eigene Untersuchungen bei 55 Personen ergaben, daß relative Feuchtigkeiten der Luft von weniger als 40% Anlaß zu Klagen über Trockenheitsempfindungen geben.

4. In der Hitze bestimmt die relative Feuchtigkeit die obere Grenze der Hitzetoleranz in starkem Maße. Die Hitzetoleranzzeiten in Abhängigkeit von Temperatur, relativer Feuchtigkeit und Arbeitsintensität werden angegeben.

5. Niedrige relative Feuchtigkeiten, wie sie vor allem im Winter in geheizten Räumen vorkommen, trocknen die Schleimhäute der Atmungsorgane aus und vermindern deren Widerstandskraft gegen Infektionen. Dies wird von vielen Klinikern und Epidemiologen als Hauptursache der Häufung von Grippe und Erkältungskrankheiten in den Wintermonaten betrachtet.

6. Die relative Feuchtigkeit der Luft beeinflusst die Lebensdauer zahlreicher, in der Luft schwebender Krankheitserreger. Aus der diesbezüglichen Literatur scheint hervorzugehen, daß die für Erkältungskrankheiten verantwortlichen Keime (Pneumokokken) bei 50% relativer Feuchtigkeit am schnellsten absterben. Für den Grippe-Virus lassen die abweichenden Angaben der einzelnen Autoren noch keine definitiven Schlüsse zu.

Résumé

La présente étude traite des effets physiologiques et hygiéniques de l'humidité de l'air qui peuvent se résumer de la manière suivante:

1. L'humidité de l'air influence la thermorégulation du corps par son action sur l'évaporation de la sueur. Elle joue, par conséquent, un rôle important pour les sensations de confort climatique.

2. Un climat confortable dans une pièce en hiver en Suisse est assuré lorsqu'il y a une humidité relative de 40% et une température de 21,5° C, ou une humidité relative de 50% et une température de 21° C, ou une humidité relative de 60% et une température de 20,5° C.

3. Une étude chez 55 personnes a révélé qu'une humidité relative inférieure à 40% donnait fréquemment lieu à des plaintes dues à une sensation de sécheresse.

4. Dans la chaleur, l'humidité relative détermine dans une large mesure la limite de tolérance des sujets exposés. Un graphique indique les temps de tolérance à la chaleur en fonction de la température, de l'humidité relative et de l'intensité du travail.

5. Des humidités relatives basses, telles qu'on les observe en hiver dans des pièces chauffées, dessèchent les muqueuses des organes respiratoires et réduisent la résistance contre les infections. Cet effet est considéré par beaucoup de cliniciens et d'épidémiologistes comme la cause principale de la fréquence élevée de cas de grippe et de maladies dues aux refroidissements pendant l'hiver.

6. L'humidité relative de l'air influence la survie des microorganismes pathogènes en suspension dans l'air. Les pneumocoques qui jouent un rôle important dans les maladies infectieuses des voies respiratoires meurent le plus rapidement lorsque l'humidité relative de l'air est de 50%. Quant au virus de la grippe, les résultats à ce sujet sont encore partiellement contradictoires.

Literatur:

- [1] *Grandjean E.*: Wohnphysiologische Untersuchungen in Holzbauten. Schweiz. Z. Forstwesen Nr. 6/7, 358–388 (1959).
- [2] *Haller P.*: Wärme- und Feuchtigkeitswanderung durch Außenwände. Schweiz. Bau-Z. 49, 3–11 (1957).
- [3] *American Public Health Association*: Thermal standards in industry. Amer. J. publ. Hlth. Year Book, 40, 131–140 (1950).
- [4] *Lind A.R.*: The effect of heat on the industrial worker. Ann. occup. Hyg. 2, 190–207 (1960).
- [5] *Provins K.A., Hellon R.F., Bell C.R. and Hiorns R.W.*: Tolerance to heat of subjects engaged in sedentary work. Ergonomics 5, 93–97 (1962).
- [6] *Frischknecht W.*: Chauffage moderne des appartements et infections respiratoires des voies aériennes chez les enfants. Méd. et Hyg. (Genève) 19, 168–169 (1961).
- [7] *Dunklin E.W. and Puck T.T.*: The lethal effect of relative humidity on air-borne bacteria. J. exp. Med. 87, 87–101 (1948).
- [8] *Lester W.*: The influence of relative humidity on the infectivity of air-borne influenza A virus. J. exp. Med. 88, 361–368 (1948).
- [9] *Loosli C.G., Lemon H.M., Robertson O.H. and Appel E.*: Experimental air-borne influenza infection. I. Influence of humidity on survival of virus in air. Proc. Soc. exp. Biol. Med. (N. Y.) 53, 205–206 (1943).
- [10] *Hemmes J.H., Winkler K.C. and Kool S.M.*: Virus survival as a seasonal factor in influenza and poliomyelitis. Nature 188, 430–431 (1960).

Mitteilungen – Communications

Jahresbericht 1961, Gesellschaft für Gesundheitspflege, Basel

Die Veranstaltungen des Berichtsjahres waren sehr gut besucht und fanden bei Publikum und Presse rege Beachtung.

Am 22. Juni 1961 referierte im Albansaal Herr Prof. Dr. A. Rich, Zürich, über «Arbeitszeitverkürzung und Fünftagewoche – Vorteile und Gefahren». Der Wunsch nach kürzerer Arbeitszeit regt sich vor allem in den direkt oder indirekt aus der Industrialisierung hervorgegangenen Erwerbsschichten, also bei den Arbeitern, bei den technischen und kaufmännischen Angestellten, bei den Verkäufern und Verkäuferinnen, beim öffentlichen Personal. Dagegen wird er aus Kreisen der Landwirtschaft und des Gewerbes, soweit sie nicht vom Trend der Industrialisierung erfaßt sind, kaum oder gar nicht laut. Der Referent betonte, daraus dürfe nicht geschlossen werden, daß die erstgenannten Berufsgruppen gegenüber Bauern und Gewerblern ein minder entwickeltes Arbeitsethos hätten. Das Problem ist vielmehr durch die Tendenz bedingt, innert kürzester Zeit oder mit wenigen Arbeitskräften die gleiche oder selbst höhere Leistungen zu erzielen, was eine intensivere Beanspruchung des Menschen im täglichen Arbeitsprozeß bedeutet. Daraus resultiert eine raschere physische und psychische Ermüdung, die als Ausgleich eine vermehrte Freizeit und Erholung rechtfertigt. Andererseits aber ist der Mensch bei der zunehmenden Arbeitsrationalisierung auch mehr als früher in den Arbeitsprozeß eingespannt. Er kann in der Arbeit leicht zum anonymen Funktionär werden, der keine individuelle Beziehung mehr zu ihr findet. Diese «Fremdbestimmung» mag dem Arbeitenden seine Arbeit als ein notwendiges Übel im Interesse der Bestreitung des Lebensunterhaltes erscheinen lassen. In diesem Falle wird die vermehrte Freizeit – vielleicht unbewußt – gefordert, um wieder Mensch zu sein, um sein eigenes Leben leben zu können. Die Lösung des Problems muß in einer ethischen Umorientierung liegen, in deren Zusammenhang dem Menschen wieder Verantwortlichkeit und Mitbestimmung in seiner Arbeit gegeben wird. Erst wenn er verantwortlich in seiner Arbeit lebt, kann er auch die Freizeit verantwortlich fordern.

Über «Der gegenwärtige Stand der Zahnverderbnis in der Schweiz» referierte am 9. November 1961 Herr Dr. med. Adolf Roos, Basel. Wie Erhebungen zeigen, verfügt heute kaum mehr ein Kind über ein kariesfreies Gebiß. Zwar gab es auch früher kranke Zähne,