



Doctoral Thesis

Die hygienischen Grundlagen der Lüftungstechnik mit spezieller Berücksichtigung der Kata-Thermometrie zur Bestimmung der Entwärmungsverhältnisse

Author(s):

Weiss, Paul

Publication Date:

1924

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000092308> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Die hygienischen Grundlagen der Lüftungstechnik mit spezieller Berücksichtigung der Kata-Thermometrie zur Bestimmung der Entwärmungsverhältnisse

Von der
Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich
zur Erlangung der
Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften
genehmigte
Promotionsarbeit
vorgelegt von
Dipl.-Ing. PAUL WEISS
aus Zürich und Hausen a/A.

Nr. 379.

Referent: Herr Prof. Dr. W. v. Gonzenbach
Korreferent: Herr Prof. Dr. W. P. Debye

Dezember 1924
Druck von R. Oldenbourg in München

Ist t_f also 21° und höher, so sind die thermischen Verhältnisse annehmbar, wenn die psychrometrische Differenz ($t_t - t_f$) mindestens $3,5^\circ$,

- noch drückend zwischen ($t_t - t_f$) = $2,3 + 3,5$,
- drückend „ = $1,2 + 2,3$,
- sehr drückend „ = kleiner $1,2$.

Ich habe zwar im II. Kapitel gezeigt, daß der Abkühlungseffekt am feuchten Katathermometer, und deshalb der der Haut, nicht allein von der Temperatur des feuchten Thermometers abhängt, und es wäre vielleicht richtiger, den Gesamtwärmeinhalt oder die Äquivalenztemperatur als Maßstab zugrunde zu legen. Es wird jedoch weiteren Versuchen vorbehalten bleiben, die genauen Zusammenhänge zu klären.

In feuchter bewegter Luft liegt es nahe, das feuchte Katathermometer zur Messung der Entwärmungsverhältnisse heranzuziehen. Tatsächlich gibt es für den nackten Körper nach Feststellungen Vernons ausgezeichnete Werte und ist deshalb in Bergwerken und anderen Betrieben, wo die Arbeiter mit entblößtem Oberkörper unter sehr schwierigen Verhältnissen in thermischer Hinsicht arbeiten müssen, als Meßinstrument am Platze. Für den bekleideten Körper müßte eine analoge Beziehung zwischen feuchtem Kata-Index, Lufttemperatur und Feuchtigkeit sowie Windgeschwindigkeit, wie für das trockene Katathermometer, durch den Versuch gefunden werden. Doch wird bei der Durchführung dieser Versuche sehr darauf zu achten sein, Akklimatisationserscheinungen auszuschließen, indem die Versuche nicht in gedrängter Reihenfolge gemacht werden.

5. Zusammenfassung und praktischer Ausblick.

a) Die Forschungen der Hygiene haben gezeigt, daß das körperliche Wohlbefinden und damit die geistige und körperliche Leistungsfähigkeit des Menschen in erster Linie davon abhängt, in welchem Maß der Körper seine Wärme der Umgebungsluft mitteilen kann. Danach hat die Raumlüftung vor allem für günstigste Entwärmungsbedingungen zu sorgen.

b) Zur Messung der kombinierten thermischen Wirkung der klimatischen Faktoren hat Leonhard Hill das Katathermometer eingeführt, das im trockenen Kata-Index die beiden Komponenten Temperatur und Windgeschwindigkeit, im feuchten Index Temperatur, Wind und Feuchtigkeit vereinigt, und zwar gilt für das trockene Katathermometer:

$$H = (0,14 + 0,49 \cdot \sqrt{v}) (36,5 - t) \text{ cal } 1000 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$$

für das feuchte Katathermometer:

$$H' = (0,18 + 1,24 \cdot v^{0,4}) (33 - t) \text{ cal } 1000 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$$

Eine wichtige Verwendungsmöglichkeit des Katathermometers liegt außerdem darin, daß es beliebig gerichtete Luftströme bis zu sehr kleinen Geschwindigkeiten zu messen gestattet.

c) Systematisch durchgeführte Versuche ergaben eine Beziehung, die jeder Temperatur die günstigste Luftgeschwindigkeit zuordnet, so, daß

der ruhende Körper unter diesen Verhältnissen ungefähr entwärmt wird, wie in einer ruhenden Luft von 18° C. Eine ähnliche Beziehung besteht zwischen Lufttemperatur und Kata-Index, so daß für jede Lufttemperatur der Kata-Index gegeben ist, der den günstigsten Entwärmungsbedingungen entspricht.

$$\underline{H = 0,38 \cdot t - 1,8} \quad 18^\circ < t < 30^\circ$$

d) Analoge Versuche zur Feststellung einer Beziehung in feuchter Luft scheiterten daran, daß zwar das feuchte Katathermometer auf Feuchtigkeitsänderungen reagiert, aber die Hauttemperatur nicht in zuverlässig meßbarer Weise.

Die Resultate unter a, b und c geben für die Bedürfnisse der Raumlüftung eine umfassende Lösung des Entwärmungsproblems. Halten wir die Bedingungsgleichung unter c ein, so verhindern wir auch in sehr feuchter Luft gesundheitliche Beschwerden. Die Frage ist nun aber die, inwieweit diese Erkenntnisse praktisch zu verwerten sind. Dem Konstrukteur, man sei sich dessen voll bewußt, sind hier Probleme gestellt, die zähe Arbeit verlangen, bis eine einwandfreie brauchbare Lösung gefunden ist. Man hat, wie schon früher bemerkt, bis heute ängstlich darauf geachtet, Luftbewegungen in gelüfteten Räumen zu vermeiden und nur die Temperatur durch Einführen kühlerer Luftmassen in annehmbaren Grenzen zu halten getrachtet. Und es ist auch ganz richtig, in erster Linie angenehme Temperaturverhältnisse anzustreben. Aber wo diese Bemühungen ins Übertriebene führen oder überhaupt nicht mehr zum Ziele kommen, da ist wohl am Platze, die Entwärmungsverhältnisse durch mäßiges Bewegen der Raumluft zu verbessern.

Die Schwierigkeiten des Problems liegen aber offenbar darin, diese Luftbewegung so zu gestalten, daß sie im ganzen Raum die Luftmasse in gleicher Stärke beherrscht, so daß sie die maximale Geschwindigkeit nirgends überschreitet oder einseitig lokal auftritt. Eine solche Luftbewegung kann man z. B. so auslösen, daß man ganze Luftschichten in Bewegung setzt, indem man kühlere Luft fein verteilt über eine möglichst große horizontale Fläche durch den Raum hinunter sinken läßt und diese Fallgeschwindigkeit durch Regulieren der Frischluft-Eintrittstemperatur reguliert. Für diese Lösung kommt also lediglich eine Lüftung von oben nach unten in Frage.

Es würde hier zu weit führen, auf alle praktischen Fragen noch einzutreten. Es sei nur noch kurz darauf hingewiesen, daß mit einer Lösung dieses Problems nicht nur praktische, sondern auch ökonomische Vorteile verbunden sind, da der Luftwechsel in gewissen Grenzen kleiner gehalten werden darf, als bei rücksichtslosem Einhalten bestimmter Temperaturgrenzen.

Was das reine Entwärmungsproblem anbetrifft, so ist mit den Resultaten unter c nur der Fall des ruhenden Körpers gelöst. Mit gesteigerter Muskeltätigkeit wächst die Wärmeproduktion und der an die Umgebung

abzuleitende Wärmeüberschuß. Damit verschieben sich die Entwärmungsbedürfnisse ganz erheblich.

Es wird jedoch immer schwieriger werden, Gesetzmäßigkeiten von einzelnen Versuchspersonen abzuleiten; denn je komplizierter die Zusammenhänge in physiologischer Hinsicht werden, um so größer ist die Rolle, die die körperliche Eignung, das Training und die Akklimatisationsfähigkeit spielen. Die Versuche sind hier, wie das Hill (16, 16a) und Vernon (16a Part. III) bereits getan haben, den einzelnen Berufsschichten anzupassen und für jeden Beruf von Fall zu Fall die Grenzen des zulässigen Kata-Index zu bestimmen. Mit dem Laboratoriumsversuch sind lediglich die Richtlinien zu erfahren.

Weitere Versuche müssen noch lehren, ob das trockene Katathermometer, wie ich vermute, für alle Fälle der Praxis genügen wird, so, daß das feuchte Katathermometer überhaupt ausgeschaltet oder nur in Fällen wie sie unter 4 am Schluß angeführt sind, Verwendung finden wird. Dies stütze ich auf die Beobachtung, daß die Windgeschwindigkeit, also die Konvektion, auf die das trockene Katathermometer sehr empfindlich reagiert, für die Entwärmung die weit größere Rolle spielt als die Luftfeuchtigkeit, sowie auf die Feststellung, daß an feuchte Luft sehr weitgehende Akklimatisation möglich ist.

Anhang.

Eichwerte des Versuchsinstrumentes.

Tabelle I.

t°	T	Θ	F	H	$F = 510$
10	72,2	26,5	516	7,15	7,07
10,25	73,0	26,25	518	7,10	6,99
10,5	73,4	26,0	515	7,03	6,95
10,6	72,4	25,9	507	7,00	7,05
17,6	97,7	18,9	500	5,10	5,22
21,6	125,2	14,9	506	4,03	4,07
22,3	132,0	14,2	506	3,84	3,86
22,4	133,2	14,1	508	3,81	3,83
24,0	149,4	12,5	505	3,38	3,41
25	164,1	11,5	511	3,11	3,10
27	195	9,5	500	2,56	2,62
28,2	232,2	8,3	520	2,24	2,20
28,8	250,6	7,7	522	2,08	2,03
29,4	256,6	7,1	512	1,91	1,91

$$7146 : 14 = \text{rund } 510$$