

## Über die Ausdünstung

<sup>1</sup>EWA DOBROWOLSKA, <sup>2</sup>PETER NIEMZ

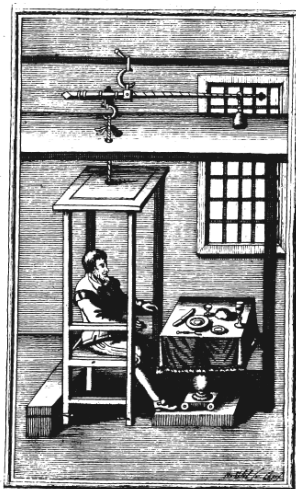
<sup>1</sup> Warschauer Naturwissenschaftliche Universität – SGGW, Fakultät für Holztechnologie

<sup>2</sup> Institute for Building Materials, Wood Physics,

**Abstract:** *Über die Ausdünstung.* In dem Artikel zitieren die Verfasser eins (von sieben) Kapiteln eines im Jahre 1736 in deutscher Sprache erschienenen Buches über die Ausdünstungen des menschlichen Körpers, d. h. über eine Grösse, die bis heute ein bedeutendes Parameter bei der Berechnung von wichtigen klimatischen Grössen ist. Die Verfasser besprechen auch gegenwärtig gültige Standarddaten.

*Schlüsselwörter:* Ausdünstung Klima, historische Literatur

Ausdünstung nennt man in der Physiologie und Medizin die unsichtbare Ausscheidung von Wasser und anderen flüchtigen oder gasförmigen Stoffen durch Haut und Lungen. Haut und Lungen gleichen sich darin, daß beide bedeutende Mengen Wasser in Form von Dampf und außerdem Kohlesäure an die Luft abgeben. Die Menge dieses unsichtbar ausgeschiedenen Wassers beläuft sich in 24 Stunden auf reichlich 2 Pfd., wovon man etwa zwei Drittel auf die Haut und ein Drittel auf die Lungen rechnen kann, schreibt im Jahre 1864 die Allgemeine Deutsche Encyclopädie für die gebildeten Stände.



Erklärung des Kupfer- Blats nach Sanctorio a Sanctorio, Timme Johann 1736

Das im Jahre 1736 erschienene Tractat von der unempfindlichen Ausdünstung (aus dem Lateinischen ins Teutsche übersetzt und durchgehends mit Anmerkungen vermehret und erläutert; von SANCTORIO á SANCTORIO und TIMME JOHANN) befasst sich sehr ausführlich mit der Transpiration in 7 Kapiteln und 199 Seiten.

Im folgenden Artikel wird versucht, den heutigen Leser mit den interessantesten Thesen des Autors aus dem Kapitel „Von der Wiegung dessen, so durch die unempfindliche Ausdünstung aus dem menschlichen Leibe hinweg gehet“ bekannt zu machen.

Die Wahrheit dieser kurtzen und gründlichen Lehr-Sätze wird durch den Gebrauch des in vorgegebener Figur beschriebenen Sessels und Waagschale deutlich erklärt.

Woraus zwey grosse Vortheile gezogen werden. Erstlich: Wie viel wir täglich durch die Schweiß-Löcher oder subtile Röhren unseres Leibes ausdünsten: Dann durch eine verhinderte und gar zu starcke Ausdünstung, werden fast alle Kranckheiten unseres Leibes verursacht.

Zweitens: Durch das Sitzen auf dieser Waagschale oder Stuhl, kann man leicht innen werden, wann man zu einer gehörigen Quantität des Essens und Trinckens gekommen sey.

Diese Waagschale wird, wie wir aus der Figur ersehen, über dem Getäffel des Zimmers, damit selbiges seinen Zierath nicht verlieren möge, befestiget; Der Sessel ist ungefehr einen Finger breit von dem Boden des Zimmers entfernt, und vom hin- und her- schütteln befreyet.

Wann man dann durch das, was man geneust, zum gehörigen Gewichte gekommen, wird der äusserste Theil der Waagschale ein wenig in die Höhe gezogen, und der Stuhl gehet alsdann zugleich ein wenig hinunter, woraus man abnimmt, daß man so viel Essen und Trincken als vonnöthen, genossen habe.

Aber, wie viel gesunde Nahrung oder schwere in einem jeden erfordert werde, und wie starck die unsichtbare Ausdünstung in einem jeden Körper seyn müsse, solches wird aus dem, sohierin verhandelt wird, gar leicht abzunehmen seyn. Nemlich

1. Von der unsichtbaren Ausdünstungen des Leibes.
2. Von der Luft und dem Wasser.
3. Vom Essen und Trincken.
4. Vom Schlafen und Wachen.
5. Von der Arbeit und Ruhe.
6. Vom Beyschlaff.
7. Von dem Gemüths-Bewegungen

Von der Wiegung dessen so durch die unempfindliche Ausdünstung aus dem menschlichen Leibe hinweg gehet:

Aphorism I. Wann man das ermangelnde täglich in gehöriger Menge und Beschaffenheit ersetzete, und das überflüssige aus dem Wege räumete, würde die vorlohrne Gesundheit wiederum hergestellt, und das gegenwärtige erhalten.

II. Wann einem Medico, dem andere Leute ihre Gesundheit anvertrauen, nur dasjenige, was ihren Leibern mercklicher Weise hinbey gefüget und abgezogen wird, bekannt ist, und er hingegen nicht weiß, wie starck ihre Ausdünstung täglich sey, so betrügt er sie, und geneset sie nicht. Viele unter den Medicis bemühen sich zur Genesung der Kranckheiten, und Erhaltung der Gesundheit, nur die in die äussere Sinne laufende Feuchtigkeiten und Unreinigkeiten, wann sie ihrer Meinung nach überflüßig, durch medicamenten abzuführen daher ist bey ihnen des purgierens, vomierens, aderlassens etc. kein Ende. Sie wissen aber nicht, daß die verhinderte Ausdünstung unserer Gesundheit den grösten Schaden zu Wege bringe: Daher wird diese von ihnen hindangesetzt, und die Kranckheiten unterhalten: Das hinbeyfügen, worunter Essen und Trincken zu verstehen, wird oft gar zu starck beobachtet: Indem der Mensch, obschon er einen Tag ohne Essen und Trincken zubrächte, dadurch keinen Schaden an seiner Gesundheit leiden würde: Dahingegen die vermittelst der Erkaltung verhinderte Ausdünstung, gar bald Fieber, Flüsse, Verstopffungen und mehr andere Plagen verursachen.

III. Derjenige allein, der da weiß wie viel und zu welcher Zeit der Leib unempfindlicher Weise mehr oder weniger ausdünste, wird auch ergründen, wie viel und zu welcher Zeit man zur Erhaltung und Herstellung der Gesundheit, etwas zu sich nehmen und ausleeren müsse. Hier lehret er, wessen sich ein rechtschaffener Medicus am meisten zu befließigen habe, nemlich die unsichtbare Ausdünstung wohl zu ergründen.

IV. Die unempfindliche Ausdünstung pflegt allein weit stärker zu seyn, als alle in die Sinnen fallende Ausleerungen zusammen gerechnet. Dies wird manche fremd vorkommen, aber in folgendem, beweiset er zur Genüge.

V. Die unempfindliche Ausdünstung geschiehet entweder durch die Schweiß – Löcher des Leibes, als welcher gantz durchlöchert, und mit der an allen Oertern wie ein Fischer-Netz mit Löchern versehenen Haut umgeben ist; Oder durch die Ein- und Ausathmung, so mit dem Munde geschiehet, welche sich in einem Tage ungefähr auf eine halb Pfund beläuft, und an den Tropffen, die sich am Spiegel setzen, wann man ihn vor den Mund hält, zu erkennen ist. Die Ausdünstung geschiehet durch alle Gefässe des Leibes, die zu solchen Ende mit unzehligen Löchern versehen sind.

VI. Wer in einem Tage acht Pfund an Speisen und Tranck zu sich nimmt, der verlieret ungefehr fünff Pfund durch die Ausdünstung.

Weil einige Speisen und Geträncke aus dichtern Theilen zusammen gesetzt sind als andere, die meisten Körper aber sehr voneinander unterschieden sind, also kann hievon überhaupt kein richtiger Schluss gemachet werden: Indessen wird es mehrentheils eintreffen.

VII. Die Vielheit desjenigen, so durch die unempfindliche Ausdünstung verlohren gehet, wird dieweilen durch die verschiedene Beschaffenheit der Natur, Zeit, Kranckheiten, Essen und Trincken, Gelegenheit der Länder, und anderer nicht natürlichen Dinge, verändert.

VIII. Wann man seinen Leib des Morgens, vor und nach der natürlichen Entlastung wieget, so kann man leicht wissen, wie viel die Nacht über durch die Ausdünstung und in die Sinne fallende Ausleerungen verlohren worden. Braucht weiter keiner Erläuterung.

IX. Wann das Gewicht des Leibes ungewöhnlich zunimmt, unerachtet der Mensch nicht mehr wie sonst isset und trincket, die merkliche Ausleerungen auch nicht verstopfet sind, ist es ein Zeichen der verhinderten Ausdünstung, weil durch die unsichtbare Transpiration eine so grosse Menge ausdünstender Materie ausgeleeret wird, wie aus vorigen erhellet, so muß ja nothwendig folgen, dass sie in ihrer Würckung gehemmet werde, wann der Leib wieder die Gewohnheit in seiner Schwere zunimmt, ob schon der Mensch nichts mehr als gewöhnlich isset und trincket, und die sichtbare *Excrementen* nicht verhalten werden.

X. Der Leib bleibt in einerley Zustand der Gesundheit, wann er, ohne eine ungewöhnliche sichtbare Ausleerung gehabt zu haben, sein voriges Gewicht wiederum bekommt; Geschiehet solches aber durch ungewöhnlich starcke Ausleerung des Stuhlgangs und Urins, so fängt die Gesundheit an zu wancken.

XI. Wann man durchs Wiegen befindet, daß die Ausdünstung gehemmet worden, so findet sich in folgenden Tagen entweder eine stärkere Ausdünstung, oder eine ungewöhnlich starcke sichtbare Ausleerung, auch wohl die Merkmale der Cachexie,\* oder ein Fieber ein. Das letztere wird durch die Erfahrung bekräftiget; Dann wir sehen gemeiniglich, daß Leute, die sehr plötzlich an Schwere des Leibes zunehmen, unerachtet die sichtbare Ausleerungen bey ihnen nicht aufhören, entweder wassersüchtig werden, oder wenigstens eine sehr böse

Beschaffenheit des Leibes erlangen, aus welcher diese Kranckheit gar leicht entspringen kann.\* Cachexie, ist ein solcher Zustand des Leibes, da derselbe überall anschwellet, eine garstige Farbe bekommt, und sehr weich wird.

XII. Heftig ausdünsten und zugleich häufige und ungewöhnlich starcke sichtbare Ausleerungen haben, kann nicht wohl zusammen seyn.

Weil die feuchten Theile des menschlichen Leibes, den größten Theil der unempfindlicher Weise ausdünstender Materie ausmachen, so können diese unmöglich in grosser Menge ausgeleeret werden. Weil jene sichtbarer Weise aus dem Leibe kommen.

XIII. Hat jemand über die massen starcke sichtbare Ausleerungen, so dünstet er zu wenig aus.

XIV. Dicker Stuhlgang und dabey ungewöhnlich viel harnen oder schwitzen mit weniger Ausdünstung ist schädlich.

XV. Wann der Leib täglich wiederum zu seinem gewöhnlichen Gewicht kommt, und sich in der Ausdünstung keine Veränderung äussert, bedarff er keiner crisis\* und bleibt gesund. \* Crisis ist eine schleunige Veränderung im menschlichen Leibe, worauf entweder die Gesundheit, oder der Tod erfolgt, und gemeinlich durch Nasen-Bluten, häufigen Stuhlgang, Schwitzen, oder eine Geschwulst zum Vorschein kommt.

XVI. Die böse Beschaffenheiten zeigen sich alsdann, wann der Leib sein Gewicht verändert. Weil alsdann nothwendig, entweder in die flüssigen oder festen Theilen unseres Leibes eine Veränderung vorfallen muß, welche, wann sie plötzlich geschiehet, allzeit gefährlich ist.

XVIII. Vom Überfluß der Säfte entspringen die böse Beschaffenheiten des Leibes; Aber von solcher üblen Beschaffenheit kommt kein Überfluß. Weil die zur unsichtbaren Ausdünstung gehörige feste Theile, dadurch besetzt und ihnen also der Weg versperrt wird, welches aus Mangel der Feuchtigkeit, nicht geschehen kann. Die kleingedruckten Commentare stammen vom deutschen Übersetzer Joh. Timme. Auf die weiteren sechs Kapitel der Arbeit von Santorio wurde verzichtet, da sie den Umfang des Beitrags gesprengt hätten.

Im Jahre 1959 schreiben Reckangel und Sprenger folgendes: Über die Höhe der gesamten äußeren Wärmeabgabe des menschlichen Körpers lagen früher weit voneinander abweichende Werte vor, genauere Untersuchungen wurden erstmalig von der ASHVE (American Society of Heating and Ventilations Engineers) durchgeführt und ergeben die in Bild und Tafel dargestellten Werte, die sich auf den normal bekleideten, sitzenden Menschen ohne körperliche Anstrengung und auf praktisch ruhige Luft beziehen, also Verhältnisse, wie sie in Versammlungsräumen, Theatern usw. allgemein vorhanden sind. (Recknagel-Sprenger. Taschenbuch für Heizung, Lüftung und Klimatechnik. R. Oldenbourg München 1959)

Wärmeabgabe und Wasserdampfabgabe des Menschen (normal bekleideter sitzender Mann bei leichter Beschäftigung und ruhiger Luft. Luftfeuchte 30...70%) Recknagel-Sprenger. 1959

Lufttemperatur in °C	Fühlbare Wärme kcal/h	Latente Wärme (Wasserdampf) in kcal/h	Gesamt-wärmeabgabe in kcal/h	Wasser-dampf-abgabe in G/h
10	117	18	135	30
12	108	18	126	30
14	99	18	117	30
16	91	18	109	30
18	84	20	104	33
20	79	23	102	38
22	73	28	101	47
24	66	35	101	58
26	59	42	101	70
28	50	51	101	85
30	40	59	99	48
32	28	70	98	116

Es zeigt sich als besonders bemerkenswert, daß von etwa 18°C an, die Gesamtwärmeabgabe nahezu unveränderlich rund 100 kcal/h beträgt, während der Wert bei niedrigeren Temperaturen ansteigt. Der Anteil der fühlbaren, durch Konvektion und Strahlung abgeführten und der latenten, durch Verdunstung abgeführten Wärme an der Gesamtwärme ist jedoch wesentlichen Änderungen unterworfen, indem von etwa 10°C an der Verlust durch Feuchtigkeitsabgabe ziemlich gleichmäßig ansteigt, um bei einer der Körpertemperatur entsprechenden Raumtemperatur den Maximalwert von etwa 160 g/h zu erreichen. Bei dieser Temperatur findet also Wärmeabgabe nur noch durch Verdunstung statt.

Im Bereich der üblichen Raumtemperaturen gibt der körperlich nicht tätige Mensch bei ruhender oder nur leicht bewegter Luft stündlich rd. 100 kcal ab. Davon entfallen je nach der Lufttemperatur etwa 60 bis 80% auf trockene und der Rest auf feuchte Wärme. Der Anteil der feuchten Wärme wird mit zunehmender Lufttemperatur höher. Zur einwandfreien Entwärmung der Rauminassens ist es daher wünschenswert, mit steigender Lufttemperatur die Luftfeuchte abzusenken oder zum mindesten bestimmte Grenzwerte der Luftfeuchte nicht zu überschreiten.

Raiß, Wilhelm. 1960: H. Rietschels Lehrbuch der Heiz- und Lüftungstechnik, Vierzehnte verbesserte Auflage. Springer-Verlag. Berlin/Göttingen/Heidelberg, Im Kapitel: Die feuchte Wärmeabgabe in der Form des Wasserdampfgewichtes schreibt man folgendes: Bei der Berechnung von Klimaanlage an der Hand des h-x Bildes von Mollier ist es zweckmäßig, an Stelle der feuchten Wärmeabgabe  $Q_f$  in kcal-h unmittelbar mit dem entsprechenden Anfall an Wasserdampfgewicht in g/h zu rechnen nach der Beziehung:

$$G = \left( \frac{Q_f}{R} \right) \cdot 1000 \text{ [g/h]}$$

R – ist die Verdampfungswärme in kcal/kg. Sie ergibt sich aus der Gleichung:

$$R = 595 - 0,54 \cdot t$$

Bei einer mittleren Oberflächentemperatur t der bekleideten und unbedeckten Körperpartien zwischen 23 und 33°C ist R = 580 kcal/kg. Damit erhält man für eine körperlich nicht

arbeitende Person bei ruhiger Luft und einer relativen Feuchte zwischen 30 und 70%, in Abhängigkeit von der Lufttemperatur  $t_L$  folgende Werte.

Lufttemperatur $t_L$ °C	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Wasserdampfabgabe G g/h	31	31	31	31	34	40	48	69	73	88	102

Andrew Ure schreibt im Jahre 1837 folgendes: Die Wirkung einer künstlich getrockneten Luft auf den thierischen Organismus ist ungefähr folgende. Der lebende Körper dünstet beständig aus, und der Betrag dieser Ausdünstung beläuft sich an einem Erwachsenen unter gewöhnlichen Umständen im Durchschnitte auf 20 Unzen in 24 Stunden. In einer sehr trockenen Luft wird diese Ausdünstung nothwendig erhöht, und die Folge davon ist, wie bei jeder Verdunstung die Erzeugung von Kälte, die sich am auffallendsten an den Extremitäten, als an den vom Herzen am weitesten entfernten Theilen, zeigen wird. Das Gehirn, welches durch den Schädel vor dieser Verdunstung geschützt ist, wird dagegen eine verhältnißmäßig hohe Temperatur behalten, und daher mit jenen Flüssigkeiten überladen werden, die durch die Kälte und die daraus entspringende Contraction der Blutgefäße aus den Extremitäten zurückgetrieben werden, so daß also nothwendig die angegebenen Erscheinungen von Blutandrang nach dem Kopfe eintreten müssen.

Andrew Ure (\* 18. Mai 1778 in Glasgow; † 2. Januar 1857 in London) war ein britischer Mediziner und Professor für Naturgeschichte und Chemie. Andrew Ure erhielt seine Erziehung auf dem Gymnasium in Glasgow.<sup>[1]</sup> Anschließend studierte er an der dortigen Universität Chemie und in Edinburgh Medizin. 1800 „hatte er die medizinische Doctorwürde“ erworben und ließ sich in Glasgow als Arzt nieder. Im Jahr 1805 berief man ihn zum Professor der Naturgeschichte und Chemie an der *Andersonian Institution*. Ure beschäftigte sich einige Jahre mit astronomischen Untersuchungen und gilt als Gründer der 1808 eröffneten Sternwarte. Dann widmete er sich hauptsächlich physikalischen Arbeiten und der Anwendung chemischer Prozesse in der Industrie/auf das Manufakturwesen und veröffentlichte seine Erkenntnisse. Seine Schwerpunkte waren Forschungen über die Elastizität und die latente Wärme der Dämpfe verschiedener Flüssigkeiten.

Santor(i)o a Santor(i)o, italienischer Mediziner, \* 1561, † 1636, war 1611 – 1624 Professor der praktischen Medizin in Padua, dann Arzt in Venedig. In seiner Schrift *Ars den statica medicina* ( 1614 , deutsch von Johann Timme, 1736) wies er experimentell die von Galen theoretisch angenommene unmerkliche Ausdünstung (*Perspiratio insensibilis*) nach. In seiner Bewertung des messenden Experimentes ist er ein Vorläufer Harveys. Er erfand auch das erste Fieberthermometer, ein Pendel zur Bestimmung der Pulsfrequenz und ein Hygroskop zur Messung der Luftfeuchtigkeit.

Lit: Castiglioni Arturo 1920: *La Vita e l'Opera di Santorio Capodistriano*.

## LITERATURVERZEICHNIS

1. ALLGEMEINE DEUTSCHE REAL – ENCYCLOPEDIA für die gebildeten Stände Conversations-Lexikon. Elfte umgearbeitete verbesserte und vermehrte Auflage. Zweiter Band. Leipzig F.A. Brockhaus.1864
2. CASTIGLIONI ARTURO 1920: La Vita e l'Opera di Santorio Santorio Capodistriano MDLXI-MDCXXXVI.Bologna u.a.; Cappelli; 1920 ; 86 S.: Ill.
3. RAISS, WILHELM. 1960: H. Rietschels Lehrbuch der Heiz- und Lüftungstechnik, Vierzehnte verbesserte Auflage. Springer-Verlag. Berlin/Göttingen/Heidelberg,
4. RECKNAGEL-SPRENGER. 1959:Taschenbuch für Heizung, Lüftung und Klimatechnik. R. Oldenbourg München
5. SANCTORIO á SANCTORIO, TIMME JOHANN 1736: Joh. Timmii Bremensis Med. Doct. & Practici Transpiratio Sanctoriana, Notis & animadversionibus perpetuis, aucta & illustrata. Oder des berühmten Medici Sanctorii à Sanctorio Tractat von der unempfindlichen Ausdünstung: aus dem Lateinischen ins Teutsche übersetzt und durchgehends mit Anmerkungen vermehret und erläutert; Ein, so wohl den Medicis, als einem jeden Menschen seine Gesundheit zu erhalten, und wenn sie verlohren, wiederum zu erlangen, sehr dienliches Werck .Bremen Saueremann Nathanael . Gedruckt bey Hermann Christoph Jani
6. URE, ANDREW. 1837: Über die Heizung und Ventilierung von Gebäuden. Von Dr. Andrew Ure, F. R. S. etc. Im Auszuge aus einem vor der Royal Society gehaltenen Vortrage; auch im Mechanics' Magazine, No. 713 u.s.f. Polytechnisches Journal, 1837, Band 64. Nr. LXXXII. S. 414- 431.

**Streszczenie:** *O odparowywaniu wody przez człowieka.* Autorzy w artykule cytują obszernie rozdział pt.: „O wazeniu tego, co dzięki niewyczuwalnemu odparowaniu opuszcza ciało ludzkie”, będącym jednym z siedmiu rozdziałów wydanej w roku 1736 książki „O odparowywaniu wody przez człowieka” autorstwa Santor(i)o a Santor(i)o, włoskiego medyka (\*1561,†1636\*) w latach 1611 – 1624 profesora medycyny w Padwie i późniejszego lekarza w Wenecji. Santorius stwierdza, że człowiek odparowuje średnio 2 funty wody w czasie 24 godzin, [w przybliżeniu 43 g pary wodnej na godzinę] z czego odparowanie przez skórę stanowi dwie trzecie tej wielkości, a odparowanie przez płuca około jednej trzeciej. Autorzy porównali wyniki Santoriusa ze współczesnymi danymi i stwierdzili ich zgodność.

Corresponding authors:

Ewa Dobrowolska; Warschauer Naturwissenschaftliche Universität – SGGW,  
ul. Nowoursynowska 159,  
02 – 787 Warszawa; Polen;  
ewa\_dobrowolska@sggw.pl;  
Peter Niemz ETH Zurich, Institute for Building Materials, Wood Physics,  
Steffano-Franscini-Platz 3,8093 Zurich, Switzerland