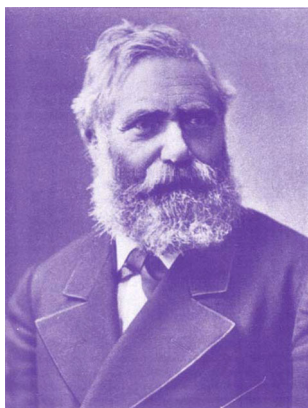


## Max Pettenkofer – Untersuchungen zur Luftqualität

Max Pettenkofer initiierte Mitte des 19. Jahrhunderts mit seinen experimentellen Untersuchungen zur Luftqualität 20 Jahre vor Rietschel die Verwissenschaftlichung des Fachgebietes Heizungs- und Lüftungstechnik und eine einflussreiche hygienische Bewegung. Diese Entwicklung beschreibt der in den GG | Nachrichten 04-2008 veröffentlichte auf Originalschriften Pettenkofers basierende vielfach nachgefragte Fachbeitrag von Prof. Rainer Lochau, Berlin: *Max Pettenkofer – Pionier der Hygiene und Gesundheitstechnik*.

Vor dem Hintergrund der aktuell wie nie in den Fokus gerückten Lüftung von Räumen und den unverändert bemerkenswert richtigen Aussagen von Pettenkofer wird dieser Fachbeitrag – in gekürzter bearbeiteter Fassung – erneut publiziert.



Max Pettenkofer

- 1818**    **Geburt**
- 1843**    **Approbation zum Arzt und Apotheker**
- 1847**    **Professor für medizinische Chemie**
- 1865**    **Ordentlicher Professor für Hygiene in München**
- 1879**    **Errichtung des Hygiene Institutes in München nach seinen Plänen**
- 1892**    **In einem Selbstversuch trinkt er mit Cholera-Bazillen verseuchtes Wasser**
- 1901**    **Stirbt durch Suicid**

### Stadtluft macht frei

Die Industrialisierung führte im 19. Jahrhundert zu einem starken Anwachsen der Städte. Wegen der dichten Bebauung, fehlender Abwasser- und Trinkwassersysteme und nicht vorhandener Müllentsorgung kam es immer wieder zu Seuchen und anderen Krankheiten. Das Sprichwort „Stadtluft macht frei“ (oder auch „reich“) verwandelte sich zumindest für die arme Bevölkerung in „Stadtluft macht krank“.

### Bauen nach Erfahrungswerten

Der Bau von „Mietskasernen“ war in Berlin für Architekten nicht interessant. Sie wurden von Maurerbetrieben nach Erfahrungswerten gebaut. Auch für den Bau von Heizungs- und Lüftungsanlagen existierten keine wissenschaftlich fundierten Berechnungsverfahren. Die Auslegung erfolgte ebenfalls nach Erfahrungswerten.

Da in Berlin vom Staat viele Krankenhäuser, Schulen, Theater, Kasernen und Regierungsgebäude gebaut wurden, trat das Ministerium für geistliche-, Unterrichts- und Medizinalangelegenheiten an die Königlich Technische Hochschule zu Berlin mit dem Wunsch heran, Hermann Rietschel auf den bisher nicht besetzten Lehrstuhl für Ventilations- und Heizungswesen zu berufen. Die Abteilung für Bauingenieurwesen reagierte darauf ablehnend. Rietschel fehle die wissenschaftliche Qualifikation für eine Professur. Erst fünf Jahre später, im Juli 1885, wurde Rietschel berufen – in die Abteilung Architektur.

### Hygiene wichtiges Fachgebiet der Medizin

Im Bereich der Medizin wurde die akademische Ausbildung neu geordnet. Durch die experimentelle Medizin entstanden ganz neue Vorstellungen über bakterielle Erkrankungen wie Cholera und Tuberkulose. Max Pettenkofer und Robert Koch entwickelten die Hygiene zu einem wichtigen Fachgebiet der Medizin. Die Erkenntnis, dass die Vorbeugung vor Krankheiten fast noch notwendiger und wichtiger ist, als die Behandlung bereits erkrankter Menschen, ist uralte. Schon Hypokrates kannte den Einfluss von Luft, Wasser und Boden auf die Gesundheit. Der Römer Vitruvius machte sich in seinem Werk „De Architectura“ die hygienischen Lehren der zeitgenössischen Ärzte zunutze. Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts war dieses Wissen in Europa weitgehend verloren gegangen.

Max Pettenkofer untersuchte den Einfluss aller äußeren Momente wie Luft, Wasser, Boden, Kleidung, Wohnung auf den allgemeinen Gesundheitszustand wie auch auf den des einzelnen Individuums auf das Gründlichste und plädierte basierend auf seiner Bodentheorie für die Reinhaltung von Boden, Wasser und Luft. Ein entscheidender Faktor in der Seuchenprophylaxe ist für ihn sauberes Trinkwasser, denn vor allem große Städte wurden häufig von Cholera-Epidemien heimgesucht (1836, 1854, 1873, 1892):

... *„Es sollte im 19. Jahrhundert ein überwundener Standpunkt sein, dass man die Menschen zur Reinlichkeit nicht durch die Furcht vor ganz spezifischen Krankheiten treiben muß. Man würde den Werth von reinem Boden, reinem Wasser, reiner Luft usw. viel zu gering schätzen, wenn man annähme, daß diese Dinge nur bei einzelnen, zeitweise auftretenden Krankheiten von Werth sind.“*

### Über den Luftwechsel in Wohngebäuden

Für die Heizungs- und Lüftungstechnik waren die Arbeiten Pettenkofers über den Luftwechsel und die Entwicklung eines Messverfahrens zur Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Luft besonders bedeutsam. In seiner Veröffentlichung *Über den Luftwechsel in Wohngebäuden* schrieb er 1858:

... *„Ich hatte mir die Aufgabe gestellt, den Luftwechsel in unseren Wohnräumen einem genaueren Studium zu unterwerfen, als es bisher geschehen ist. Ich glaubte denselben am sichersten danach bemessen zu können, in welcher Zeit und in welchem Maße der Kohlensäuregehalt in Zimmern ab oder zunimmt. Meine Methode beruht, wie alle übrigen, auf der Absorption der Kohlensäure durch ätzende Alkalien und setzt voraus,*

dass in der Luft keine andere freie Säure in bestimmbarer Menge zugegen ist. Die wesentlichen Ausscheidungsstoffe unserer Lungen und unserer Haut, soweit sie in die Luft übergehen, sind Kohlensäure und Wasser. Gleichzeitig mit diesen gehen stets noch geringere Mengen flüchtiger organischer Stoffe in die Luft über, die sich bei einiger Anhäufung durch den Geruch bemerkbar machen.“

... „Der Kohlensäuregehalt allein macht die Luftverderbnis nicht aus, wir benützen ihn bloß als Maßstab, wonach wir auch noch auf den größern oder geringeren Gehalt an andern Stoffen schließen, welche zur Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure sich proportional verhalten.“

### Berechnung des Außenluftvolumenstroms

Pettenkofer berechnet den Luftwechsel oder besser den erforderlichen Außenluftvolumenstrom pro Person mit folgenden Annahmen:

- CO<sub>2</sub>-Gehalt der ausgeatmeten Luft: 40 ‰
- Atemluftvolumenstrom: 300 l/h
- CO<sub>2</sub>-Gehalt der Außenluft: k<sub>A</sub> = 0,5 ‰
- Maximal zulässiger CO<sub>2</sub>-Gehalt der Raumluft: k<sub>zul</sub> = 0,7 ‰

Der Außenluftvolumenstrom lässt sich nach Gleichung (1) berechnen:

$$\dot{V}_A = \dot{K} / (k_{zul} - k_A) \quad (1)$$

Mit den angenommenen Werten erhält man eine CO<sub>2</sub>-Zufuhr von

$$\dot{K} = 300 \text{ l/h} \times 0,04 = 12 \text{ l/h bzw. } 0,012 \text{ m}^3 / \text{h} \quad (2)$$

Daraus resultiert ein Außenluftvolumenstrom von

$$\dot{V}_A = 0,012 \text{ m}^3 / \text{h} / (0,0007 - 0,0005) = 60 \text{ m}^3 / \text{h} \quad (3)$$

Pettenkofer schreibt dazu:

... „Wenn ein Mensch oder eine Anzahl von Menschen in einem geschlossenen Raume athmen, so müssen wir in diesem Raume das 200fache Volumen der ausgeathmeten Luft an frischer Luft in jedem Zeitmomente zuführen, wenn die Luft im Raum stets gut bleiben soll. Wenn hienach ein Mensch stündlich 300 l Luft in ein Zimmer ausathmet, so müssen demselben 60 000 l frische Luft zugeführt werden. So enorm diese Menge erscheint, so hat sie sich in der Praxis als unumgänglich nothwendig und als richtig erwiesen.“

Pettenkofer legt später für normale Aufenthaltsräume die zulässige CO<sub>2</sub>-Konzentration auf 1‰ bzw. 1000 ppm fest. Dieser Wert wird in der Lüftungs- und Klimatechnik noch immer als Pettenkofermaßstab bezeichnet.

### Untersuchung von Ventilationsapparaten

1857 erhält Pettenkofer von der königlichen Commission für Ventilation der Spitäler in München den Auftrag, die Ventilationsapparate in einigen Krankenhäusern zu untersuchen:

Neues Gebärdhaus, München; Allgemeines Krankenhaus, München; Drei Pavillons der weiblichen Abteilung des Spitäles „La Riboisière“, Paris; Drei Pavillons der männlichen Abteilung des Spitäles „La Riboisière“, Paris; Pavillon Nr. 4 des Spitäles Beaujon, Paris. Ziel der Untersuchungen war es, die Zusammenhänge zwischen Gesundheit, Gebäude, Ventilations- und Heizungsanlage aufzuklären. Auszüge aus seinem Bericht an die Königliche Commission vermitteln die Arbeitsweise und die Erkenntnisse von Pettenkofer.

... Während der Untersuchungen in Paris fährt er nach London und lernt dort ein Verfahren zur Sichtbarmachung von Raumströmung kennen. *„...hat die Strömungen in einem mit einem welschem Kamine geheizten Saale dadurch sichtbar gemacht, dass er an zahlreichen Punkten der Decke sehr dünne Stränge von Flockenseide befestigte, ebenso an Stangen mit Querarmen. Die strahlende Wärme des Kamins wirkte weit heraus in den Saal und verursachte einen lebhaften aufsteigenden Strom, der an den Wänden wieder herabfloß.“*

... Zu der neuen Anlage in dem Gebärdhaus in München stellte er fest: *„Nach diesem Resultat muß die Ventilation des neuen Gebärdhauses als unbrauchbar erklärt werden, denn nicht nur, dass bloß 58 mal in 100 Fällen der Strom der Luft in die Richtung die sie haben sollte, ging, sondern die Luft bewegte sich bei 100 Fällen 17 mal gerade in umgekehrter Richtung.“*

... Beobachtungen zu Raumströmungen: *„...ist jeder Mensch als warmer Körper ein Motor, um die Mischung der Luftschichten zu begünstigen, denn an jedem menschlichen Körper bildet sich ein aufsteigender Luftstrom, der selbst mit einem Anemometer messbar ist und an fast allen Wänden ein absteigender Strom.“*

... Über die Kalibrierung von Luftgeschwindigkeitsgeräten: *„Diese Anemometer sind höchst empfindliche Windflügel, deren Umdrehungen durch ein Uhrwerk gezählt werden, um aus der Zahl der Umdrehungen auf die Geschwindigkeit des bewegenden Windes zu schließen. Jedes Instrument wird dadurch titirt, dass man es mit bekannter Geschwindigkeit in einer ruhenden Luft bewegt. Die Geräte sind bereits anwendbar bei einer Luftgeschwindigkeit von 1/5 Meter pro Sekunde (0,2 m/s).“*

... In allen Krankenhäusern misst Pettenkofer in den Krankensälen die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen. In Paris stellte er eine CO<sub>2</sub>-Konzentration von 2,5 pro mille (2500 ppm) fest und führt dazu aus: *„Ich habe eine Luft, welche als Folge des Athmens von Menschen 2,5 pro mille Kohlensäure enthält stets übel riechend gefunden. Ich werde nachweisen, dass wir kein Recht haben, eine Luft für gut zu erklären, die mehr als 1 pro mille Kohlensäure in Folge von Respiration und Perspiration der Menschen enthält.“*

... Über die Luftqualität in Schulen: „*Ich bin auf das lebendigste überzeugt, dass wir die Gesundheit unserer Jugend wesentlich stärken würden, wenn wir in den Schulhäusern, in denen sie durchschnittlich fast den fünften Teil des Tages verbringt, die Luft stets so gut und rein erhalten würden, dass ihr Kohlensäuregehalt nie über 1 pro mille (1000 ppm) anwachsen könnte. Alle Väter und Mütter wissen, dass die Gesundheit ihrer Kinder durchschnittlich häufige Störungen zu erleiden beginnt, sobald sie anfangen, die öffentlichen Schulen zu besuchen. Wenn sie sich in den Ferien wieder erholt und wieder ein blühendes Aussehen gewonnen haben, so bleichen sie bald wieder ab und kränkeln häufiger, wenn die Schule beginnt.*“ Am 25.01.1858 untersuchte Pettenkofer die Luft eines Schulzimmers. Am Ende des Unterrichtes ermittelte er eine CO<sub>2</sub>-Konzentration von 7 pro mille (7000 ppm). Im Hörsaal von Liebig's chemischen Laboratorium in München, der mit 300 anstatt 250 Personen überbesetzt war, ermittelte er am Ende der Vorlesung eine CO<sub>2</sub>-Konzentration von 3 pro mille (3000 ppm).

### Pettenkofer initiiert einflussreiche Hygiene-Bewegung

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts entstand unter Führung von Pettenkofer eine einflussreiche hygienische Bewegung. Er überzeugte die Regierungen und die Stadtverwaltungen, dass mit Sauberkeit, Hygiene und gesundheitstechnischen Anlagen alle Probleme des öffentlichen und privaten Gesundheitswesens zu lösen seien. Der Staat und die Gemeinden leiteten eine Sanierungspolitik für die Städte ein. Es wurden Trinkwassersysteme errichtet, Abwasserkanäle und Klärwerke gebaut, Straßenreinigung und Müllabfuhr eingerichtet und auf kommunaler Ebene Ingenieure, Architekten und Mediziner eingestellt. Die Amtsärzte bzw. Sanitätsbeamten hatten u. a. die Aufgabe, Schulen, Fabriken, Krankenhäuser und andere öffentliche Einrichtungen zu visitieren.

### Literatur

- [1] Pettenkofer. Über den Luftwechsel in Wohngebäuden. 1858
- [2] Pettenkofer. Beziehungen der Luft zu Kleidung, Wohnung und Boden. 1872
- [3] Rietschel / Raiß. Heiz- und Klimatechnik. 1968
- [4] Usemann. Entwicklung von Heizungs- und Lüftungstechnik zur Wissenschaft. Hermann Rietschel. 1993
- [5] Schott. Die Chronik der Medizin. 2000

### Copyright © 2020

Gesundheitstechnische Gesellschaft e.V. (GG) – Technisch-wissenschaftliche Vereinigung

Prof. Dipl.-Ing. Rainer Lochau, stellvertretender Vorsitzender von 1976 - 1996, ist Ehrenmitglied der Gesundheitstechnischen Gesellschaft e.V. (GG). In Erinnerung an Dipl. Ing. Heribert Schmitz †, Braunfels, sind wir dankbar für die 2008 zur Verfügung gestellten Originalschriften von Max Pettenkofer aus seiner umfassenden Fachgebieten-Bibliothek.

[kontakt@ggberlin.de](mailto:kontakt@ggberlin.de)