



Ueber die vermeintliche

# Ausathmung organischer Substanzen durch den Menschen.

Ein Beitrag zur Ventilationsfrage.

Aus dem hygienischen Institute zu Amsterdam.

## Inaugural-Dissertation

zur

### Erlangung der medicinischen Doctorwürde

der

Grossherzoglich Badischen Ruprecht-Carolinischen Universität Heidelberg im Januar 1883

vorgelegt von

**J. Th. H. Hermans,**

prakt. Arzt zu Amsterdam, geboren zu St. Odilienberg.

Gedruckt mit Genehmigung der medicinischen Facultät in Heidelberg.

Referent: Professor Dr. **W. Kühne.** Decan: Professor Dr. **C. Gegenbauer.**

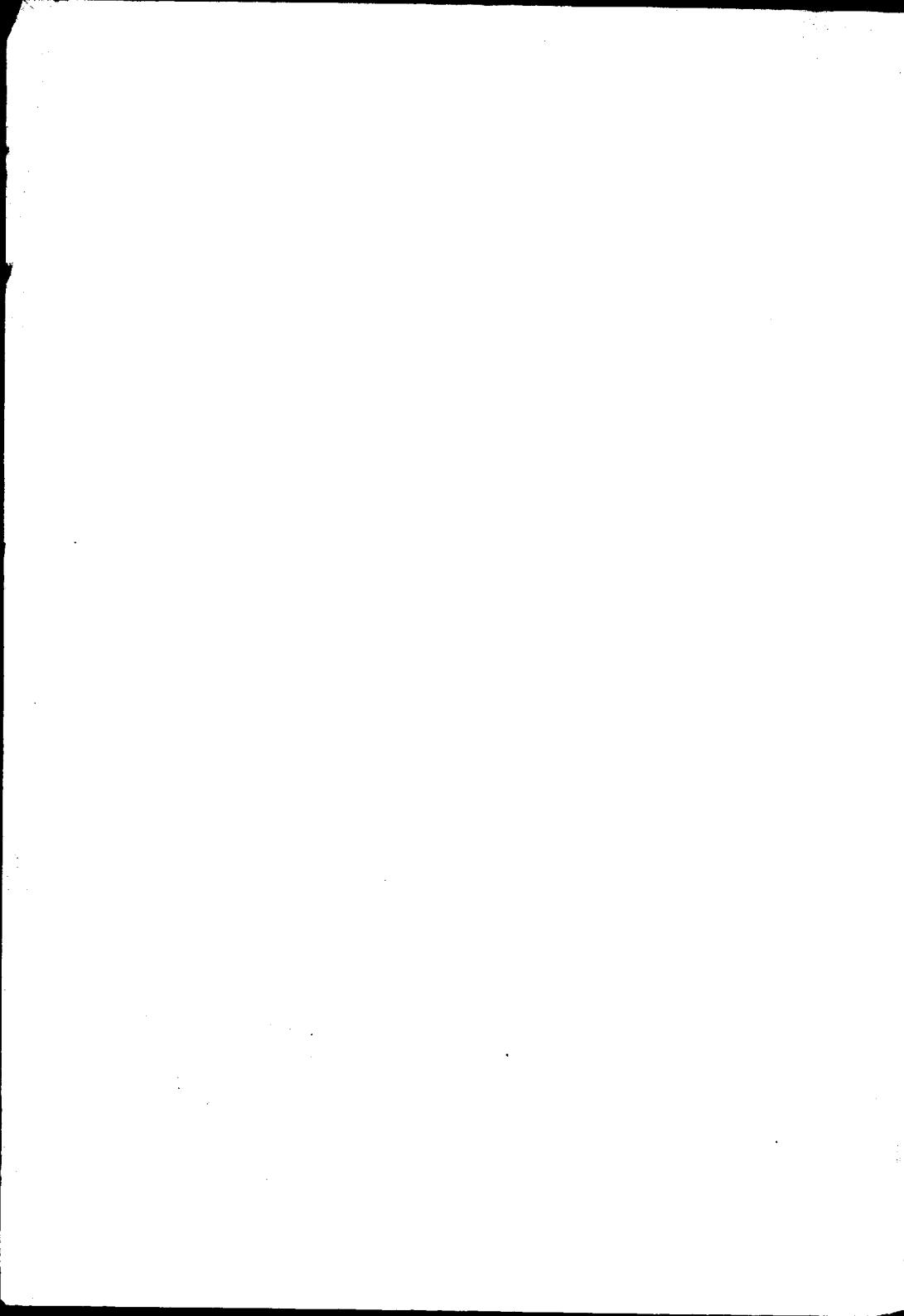
Separatabdruck aus „Archiv für Hygiene“. I. Band.



München.

Druck von R. Oldenbourg.

1883.



Ueber die vermeintliche  
**Ausathmung organischer Substanzen**  
durch den Menschen.

Ein Beitrag zur Ventilationsfrage.

Aus dem hygienischen Institute zu Amsterdam.

**Inaugural-Dissertation**  
zur  
**Erlangung der medicinischen Doctorwürde**  
der

Grossherzoglich Badischen Ruprecht-Carolinischen Universität Heidelberg im Januar 1883



vorgelegt von

**J. Th. H. Hermans,**

Medizinal-Arzt zu Amsterdam, geboren zu St. Odiliënberg.



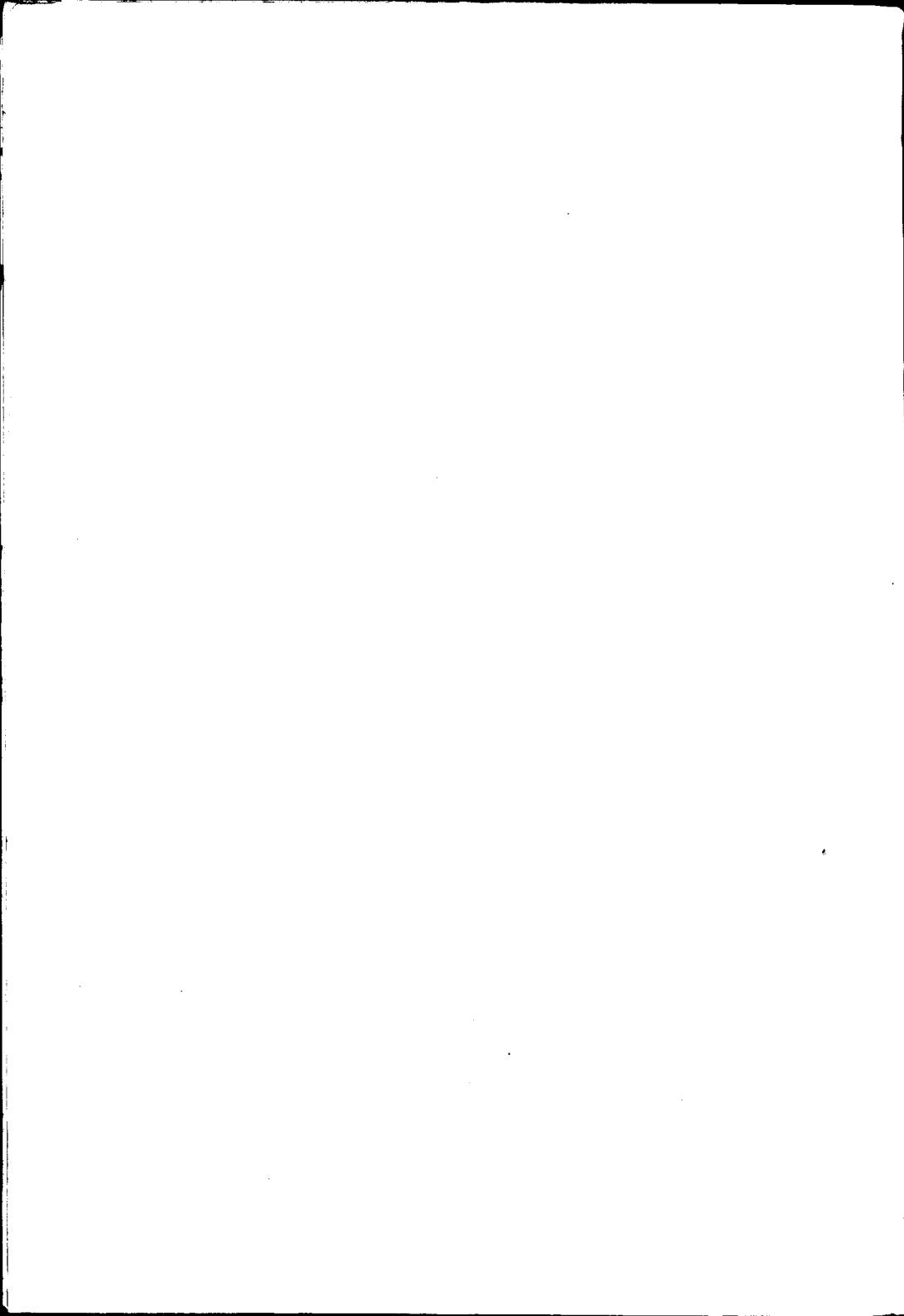
Gedruckt mit Genehmigung der medicinischen Facultät in Heidelberg.

Referent: Professor Dr. W. Kühne. Decan: Professor Dr. C. Gegenbauer.

Separatabdruck aus „Archiv für Hygiene“. I. Band.

München.  
Druck von R. Oldenbourg.  
1883.





In dem Momente, in welchem die vorliegende Dissertation veröffentlicht wird, drängt es mich, den Herren Professoren der medicinischen Facultät an der Universität Amsterdam für den von ihnen genossenen Unterricht meinen Dank auszusprechen.

Besonderen Ausdruck dankbarer Gesinnung wünsche ich meinem verehrten Lehrer Professor *Förster* zu geben, der mir durch seine Anleitung und Unterstützung die Ausführung der nachfolgend geschilderten Experimente in seinem Laboratorium ermöglichte.

Der freundlichen Hülfe, welche ich während der Versuche durch die Herren *Rijnders* und *Vrijheid*, Assistenten am hygienischen Institute zu Amsterdam, erfahren habe, werde ich stets eingedenk sein.

Endlich sei es mir gestattet, Herrn Geheimerath Professor Dr. *J.W. Kühne* in Heidelberg für die wohlwollende Beurtheilung der Dissertation zu danken.

AMSTERDAM, im Januar 1883.

J. Th. H. Hermans,  
prakt. Arzt zu Amsterdam.



# **Ueber die vermeintliche Ausathmung organischer Substanzen durch den Menschen. Ein Beitrag zur Ventilationsfrage.**

Von

**J. Th. H. Hermans.**

(Aus dem hygienischen Institute zu Amsterdam.)

Man hat bekanntlich die Beobachtung gemacht, dass Menschen, welche in überfüllten Räumen leben oder längere Zeit sich daselbst aufzuhalten müssen, mehr als andere und leichter Störungen ihrer Gesundheit unterworfen sind, und dass im Allgemeinen die Lebensdauer solcher Menschen eine relativ niedrige ist. Es lag nahe, die Ursache hiervon besonders in schädlichen Einflüssen zu suchen, welche die Beschaffenheit der in jenen Räumen von den Menschen eingeathmeten Luft ausüben sollte. In der That scheint dieser Schluss insoferne gerechtfertigt zu sein, als man andererseits vielfach die Erfahrung machen konnte, dass mit der Einführung einer Ventilation solcher Räume Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Inwohner verbessert wurden.

Man hat sich selbstverständlich alsbald auch die Frage gestellt, worin eine solche schädliche Veränderung der Luft, abgesehen von den Erfahrungen der Neuzeit über die Anwesenheit von Mikroorganismen, liegen könne. Dort, wo es sich namentlich bei gewerblichen und industriellen Anlagen u. s. w. um die Gegenwart grosser Mengen von Staubbestandtheilen oder um die Anhäufung von schädlichen, der Atmosphäre fremden Gasen handelte, konnte die Frage einfach genug beantwortet werden. Dagegen war es weniger einfach, eine Einsicht in den Vorgang der sog. Luftverderbniss zu gewinnen dort, wo eine solche dem Anscheine nach allein unter dem Einflusse der Re- und Perspiration des Menschen stattfinden konnte. Da die physikalischen Zustände der Luft in

Wohn- und Arbeitsräumen (durch die reichlichere Anwesenheit von Wasserdampf etc. bewirkte Temperaturverhältnisse u. dgl.) durch den Aufenthalt des Menschen allein meist nicht so bedeutende Veränderungen zu erfahren schienen, dass man diese vorzüglich für schädlich erachten konnte, so lag es nahe, in den durch die Gegenwart des Menschen hervorgerufenen chemischen Veränderungen die Ursache der übeln Einflüsse einer sog. verdorbenen Luft zu suchen. Da man nun seit Lavoisier's Untersuchungen wusste, dass der Mensch bei der Athmung Sauerstoff verbraucht und Kohlensäure producirt, war es natürlich, dass man zuerst die angenommene Luftverderbniss in den von Menschen bewohnten Räumen als durch Sauerstoffverarmung und Kohlensäureanhäufung hervorgerufen ansah.

Allein was den Sauerstoff anlangt, so sah man baldigst, dass bei dem grossen Sauerstoffvorrath in der Luft und bei dem relativ geringen Sauerstoffverbrauche durch den Menschen unter den gewöhnlichen Lebensbedingungen, selbst in überfüllten Räumen, an eine so hervorragende Sauerstoffverarmung der Luft nicht wohl zu denken war, dass üble oder physiologisch erkennbare Wirkungen durch das fernere Einathmen derselben hervorgerufen würden. In der That zeigten experimentelle Beobachtungen von Regnault und Reiset<sup>1)</sup>, dass Thiere erst bei einem Gehalte der Athemluft von 10 % Sauerstoff anfingen schneller zu respiriren, dass aber erst bei 4—5 % Erstickungserscheinungen eintraten.

W. Müller<sup>2)</sup> sah ebenso, dass seine Thiere erst bei 5—7½ % Sauerstoff in der Athemluft beschwerlich zu respiriren begannen, während bei 15 % noch keine Veränderung in der Athmung oder sonstige besondere Erscheinungen wahrgenommen wurden.

Friedländer und Herter<sup>3)</sup>, welche diese Versuche jüngst wiederholten, haben in Uebereinstimmung damit gefunden, dass

1) Regnault u. Reiset, Rec. chim. de la respiration des animaux. Ann. de chim. et de phys., t. XXVII. p. 32.

2) W. Müller, Zur Theorie der Respiration; Liebig's Annalen (1858) Bd. 108 S. 257.

3) Friedländer u. Herter, Ueber die Wirkung des Sauerstoffmangels auf den thierischen Organismus. Ztschr. f. physiol. Chemie Bd. 3 (1879) S. 19.

zwar eine Einwirkung auf den Athmungsrythmus sich bei 15% Sauerstoff in der eingathmeten Luft eben erkennen liess, dass aber eine Dyspnoe der Versuchstiere erst bemerkbar wurde bei 7%, und dass sie erst bei 2,1—3,8% Sauerstoff succumbirten. Auch die Sauerstoffaufnahme und damit die Energie des Stoffwechsels im Thierkörper wird durch den Mindergehalt der Einathmungsluft an Sauerstoff verringert. Nach Versuchen von P. Bert<sup>1)</sup>, Speck<sup>2)</sup> und Kempner<sup>3)</sup> wäre dies schon der Fall, wenn die Sauerstoffmenge der Athemluft nur um wenig herabgesetzt ist. Doch sind die Resultate dieser Versuche bei der kurzen Dauer derselben allzusehr beeinflusst durch die in den Lungen enthaltene Residualluft. Ist jedoch einmal der Sauerstoffgehalt der Einathmungsluft um 4—7% herabgesetzt und dauert der Aufenthalt in solcher Luft einige Zeit, so findet, wie Friedländer und Hertter<sup>4)</sup> und namentlich Kempner und Hertter<sup>5)</sup> nachwiesen, eine Verminderung der oxydativen Processe im menschlichen oder thierischen Körper statt, die jedoch durch die Erhöhung der Respirationsthätigkeit<sup>6)</sup> compensirt werden kann oder muss.

Allein so beträchtliche Verringerungen des Sauerstoffgehaltes kommen nur unter ganz besonderen und seltenen Bedingungen zur Beobachtung in Räumen, wo Menschen verbleiben. Schon Leblanc<sup>7)</sup> hat denn auch gezeigt, dass unter Bedingungen, unter welchen der Kohlensäuregehalt der Luft beträchtlich steigt, z. B. in Hörsälen, Theatern u. s. w., die Sauerstoffverringerung nur sehr unbedeutend ist und nur selten auf wenig unter 20% herabfällt.

1) P. Bert, *La pression barometrique* (Paris 1878) p. 671.

2) Speck, *Untersuchungen über die Wirkung des veränderten Luftdruckes auf den Athemprocess* (Cassel 1878).

3) Kempner, *Ztschr. f. klin. Medic.* Bd. 4 (1882).

4) a. a. O.

5) Kempner, *Virchow's Arch. f. pathol. Anatomie* Bd. 89 (1882) S. 290.

6) Bei dauerndem Aufenthalte auch durch andere Einrichtungen, z. B. durch die Erhöhung der Hämoglobinmenge im Blute, vgl. P. Bert, *Comptes rendus* t. 94 (1882) p. 805.

7) Leblanc, *Annales de chimie et de physique*. 3. Série t. 5 p. 248. — S. auch Roth u. Lex, *Handbuch der Militärgegenheitspflege* S. 169 etc.

Aehnlich verhält es sich aber auch mit der Kohlensäure. Wohl hat man sich daran gewöhnt, auf Grund der eingehenden Untersuchungen Pettenkofer's<sup>1)</sup> die Kohlensäure als Maassstab für den Grad der Luftverunreinigung zu wählen, aber man legt hierauf allein Werth als auf ein indirectes Kriterium der Güte der Luft, indem man bekanntlich annimmt, dass in einer Luft, wo Menschen athmen, die Zunahme der Kohlensäure proportional mit anderen nachtheiligen Luftveränderungen einhergeht, und, da die quantitative Bestimmung der Kohlensäure nach der von Pettenkofer angegebenen Methode verhältnissmässig leicht auszuführen ist, eine Zimmerluft etc. so leicht controlirt werden kann.

Was die experimentellen Beobachtungen über den Einfluss der Kohlensäure in verdünntem Zustande betrifft, so müssen auch hier, wie es scheint, ziemlich beträchtliche Mengen in der Athemluft zugegen sein, bis eine Wirkung derselben auf den thierischen Organismus auftritt. So weiss man bekanntlich seit den Versuchen von Regnault und Reiset (a. a. O.), sowie von Legallois, dass Thiere bei hinreichender Sauerstoffzufuhr in einer sehr kohlensäurerichen Atmosphäre leben können; nach der Angabe von Demarquay<sup>2)</sup> kann ein Thier selbst längere Zeit ohne Beschwerden eine Mischung von  $\frac{1}{3}$  % Kohlensäure und  $\frac{2}{3}$  atmosphärischer Luft einathmen.

W. Müller<sup>3)</sup>, welcher Thiere in mit Sauerstoff gefüllten Räumen respiriren liess, bis sie endlich starben, fand dann am Ende der Versuche von 20—68 % Kohlensäure.

Eulenborg<sup>4)</sup> konnte an einer Taube erst bei 8 % Kohlensäure beschleunigtes Athmen constatiren, während bei Kaninchen, bei Einathmung von 12 % Kohlensäure erst allmälig Dyspnoe auftrat.

1) Pettenkofer, Abhandl. der naturwissensch. Commission der bayer. Akademie Bd. 2 (1858).

2) Demarquay, Versuch einer medic. Pneumatologie; deutsch von Reyher (1867) S. 233.

3) W. Müller, Zur Theorie der Respiration. Sitz.-Ber. d. Wiener Akad. Bd. 33 (1858) Separatabdruck S. 43.

4) Eulenborg, Giftige Gase S. 58.

Friedländer und Herter<sup>1)</sup>) kommen bei ihren Versuchen zu dem Resultate, dass, bei Einathmung von 20 % Kohlensäure, während der Dauer einer Stunde, keine eigentlich giftige Wirkung auftrete, sondern allein dabei eine Reizung der Athemcentralorgane und eine Steigerung der Arbeit des Herzens hervorgerufen werde. Erst wenn Gasgemische von 30 % oder mehr Kohlensäure eingeatmet werden, fügen sich hierzu Depressionserscheinungen.

Indess haben diese und ähnliche Beobachtungen vom hygienischen Standpunkte aus nur ein untergeordnetes Interesse, da sie eigentlich allein zum Ziele hatten, zu erforschen, ob Reizungs- oder Depressionserscheinungen Ursache des Todes bei der Kohlensäurevergiftung wären, und daher nur die Wirkungen einer kurze Zeit dauernden Einathmung kohlensäurereicher Luft zeigen. Immerhin wäre es nicht undenkbar, dass schon eine Athemluft mit niedrigem Kohlensäuregehalte auf den Menschen, und namentlich, wie auch Friedländer und Herter vermuthen, bei lange Zeit fortgesetztem Verbrauche derselben, ähnliche Wirkungen ausüben, die mit der Zeit durch Summirung üble Folgen nach sich zögen. In der That meinte auch Dr. Angus Smith<sup>2)</sup> durch eine Reihe von Experimenten beweisen zu können, dass die Kohlensäure bereits in sehr starker Verdünnung eingeatmet schädlich wäre. Er glaubte gefunden zu haben, dass der Aufenthalt in einem luftdicht geschlossenen Raume auf einen Menschen schon nach kurzer Zeit einen deutlich nachweisbaren Einfluss ausüben sollte, der vorzüglich auf die Gegenwart geringer Kohlensäuremengen zurückzuführen sei, und dass die objectiv constatirbaren Störungen schon bei 0,25 % Kohlensäure auftreten, subjective Erscheinungen dagegen bei 1 % und selbst erst bei 4 %, wenn die Luft keine andere Veränderung als eine Kohlensäurezunahme erleidet; ja, er meinte annehmen zu dürfen, dass sich proportional mit der Kohlensäurezunahme und, durch diese bewirkt, die Respirationsfrequenz vermehre und die Pulsfrequenz

1) Friedländer u. Herter, Wirkung der Kohlensäure auf den thier. Organismus. Ztschr. f. phys. Chemie Bd. 2 (1878/79) S. 145.

2) Dr. R. A. Smith, Air and Rain p. 215.

vermindere; so finden sich beispielsweise unter den genannten Bedingungen folgende Verhältnisse von ihm angegeben:

	Puls	Respirationsfrequenz	Kohlensäuregehalt der eingeaathmeten Luft
vor dem Versuch . . . . .	73	15,5	0,04 %
nach 1 Stunde . . . . .	68	16	0,48
> 2 " . . . . .	64	19	0,92
> 3 " . . . . .	60	21	1,36
> ca. 4 " . . . . .	57	24	1,73

Bei 3 % Kohlensäure schien grosse Schwäche der Circulation mit Verlangsamung der Herzaction und sehr beschleunigte Respiration aufzutreten.

Diese vereinzelten Beobachtungen, welche übrigens verschiedene Deutungen zulassen, mussten aber gegenüber einer grossen Anzahl von anderen Erfahrungen nur zum Theile auf die Wirkung der Kohlensäureansammlung in dem abgeschlossenen Raume Smith's bezogen werden. Es genüge, an einige solcher anderen Wahrnehmungen zu erinnern, welche alle an Menschen gemacht und bereits von Roth und Lex<sup>1)</sup> angegeben worden sind. Die Luft im Sooldunstbade zu Oeynhausen enthält mehrere Procante Kohlensäure wie Helfft und Braun angeben. Doch wird diese Luft ohne die geringsten Beschwerden 30—60 Minuten lang eingeaathmet. Lewy fand in Guadeloupe bei einem Erdbrand in der freien Luft, die ohne Beschwerden geatmet wurde, 22,1—33 pro Mille Kohlensäure. A. Smith fand als Mittelzahl aus einer Reihe von Beobachtungen in der Luft in Bergwerken 8 pro Mille Kohlensäure. Er gibt dabei selbst an, dass sich erst dann Athembeschwerden einstellten, wenn die Lampen anfingen trüb zu brennen, was nach Taylor einen Kohlensäuregehalt der Luft von mehr als 10 % bedeute. Bei seinen Untersuchungen über den Zusammenhang der Luft im Boden und Wohnung konnte Prof. Forster<sup>2)</sup>, einige Zeit ohne die mindesten Beschwerden in der Luft eines Gärkellers thätig sein, welche 1,8—4,3 % Kohlensäure enthielt. Das Gleiche wurde von Aubry<sup>3)</sup> u. A. erfahren. In Wirklichkeit

1) Roth u. Lex, Handbuch d. Hyg. (1872) S. 176.

2) Forster, Ztschr. f. Biol. Bd. 11 (1875) S. 400.

3) Beilage z. Jahresberichte 1876/77 der bayer. Centrallandwirtschaftsschule Weihenstephan.

nun findet man aber in den von Menschen bewohnten und selbst überfüllten Räumen wohl nie solche Mengen von Kohlensäure angehäuft, wie sie hier zur Beobachtung kamen. Bei den Wahrnehmungen von Leblanc, Pettenkofer, Oertel, de Chaumont u. A., welche man in den Handbüchern der Hygiene vermeldet findet, kommen selten Fälle vor, wo der Kohlensäuregehalt der Zimmerluft 1 % überschreitet, obschon dabei die am meisten überfüllten Räume zur Untersuchung ausgewählt waren. Es schien nun so deutlich geworden zu sein, dass die quantitative Veränderung der normalen Luftbestandtheile nicht gross genug wäre, um einen üblichen Einfluss der Luft in Wohnräumen zu erklären. Man stellte sich daher die Frage, ob nicht durch die Re- und Perspiration des Menschen noch andere, etwa flüchtige organische Stoffe geliefert würden, deren Gegenwart in der Zimmerluft man die supponirte Schädlichkeit einer mehrfach eingeatmeten Luft zuschreiben könnte, und zögerte nicht, diese Frage in bejahendem Sinne zu beantworten, namentlich im Hinblicke auf die bekannten Versuche an Vögeln, in welchen Cl. Bernard die Athmung im abgeschlossenen Raume (unter Glasglocken) studirt hatte. Dies musste um so plausibler erscheinen, als die Luft in bewohnten Räumen nicht selten unangenehm riechend befunden wurde, und dieser Geruch dem Anscheine nach kaum auf etwas Anderes, als auf Rechnung organischer Ausathmungsstoffe gebracht werden konnte.

In der neueren Zeit galt es sonach fast allgemein als feststehend, dass der Mensch ausser der Kohlensäure noch gasförmige Stoffe ausscheide, welche bereits in sehr geringen Mengen in seiner Athemluft enthalten, und wieder eingeatmet, nach kürzerer oder längerer Dauer eine Art von giftiger Wirkung auf ihn ausübt.

Auch Angus Smith, welcher den Einfluss der sogenannten verdorbenen Luft vorwiegend auf Rechnung der Kohlensäure zu schieben scheint, machte sich keineswegs von der Idee los, dass eine Anhäufung organischer Stoffe, die vom Menschen exhalirt würden, besonders nachtheilig wäre. Wenn es auch manche Schwierigkeiten darbot, eine Erklärungsweise hierfür zu finden, so machte man sich doch namentlich auf Grund der scharfsinnigen Aus-

einandersetzungen Pettenkofer's<sup>1)</sup> bestimmte Vorstellungen über die Art der Einwirkung des flüchtigen schädlichen Agens, das Du Bois-Reymond<sup>2)</sup> witzig als »Anthropotoxin mili« bezeichnete. Indess fehlte bisher trotz einiger, übrigens vielseitig zu deutender Thierversuche der Physiologen der wirkliche Nachweis einer giftigen, flüchtigen Substanz in den insensibeln Ausscheidungen des Menschen.

Wohl hatten Pettenkofer und Voit<sup>3)</sup> bei ihren Versuchen an Thieren geringe Mengen von Sumpfgas im Respirationskasten, in welchem diese längere Zeit verweilten, gefunden. Ebenso nahmen Colasanti und Finkler<sup>4)</sup> bei Meerschweinchen eine geringe Ausscheidung von Wasserstoff und Sumpfgas wahr. Auch Erismann<sup>5)</sup> wies in der Luft eines Raumes, in welchem er eine Anzahl von Menschen eingeschlossen hatte, durch Glühen der Luft über Kupferoxyd die Gegenwart gasförmiger, Kohlenstoff- und Wasserstoff haltenden Substanzen nach. Allein damit war zunächst nicht dargebracht, dass schädliche resp. giftige, oder überhaupt gasförmige Substanzen organischer Natur vom normalen Menschen producirt wurden, da namentlich Erismann's Versuche in einem Luftraume, welcher vorher schon organische Gase enthielt, und absichtlich an Menschen angestellt waren, die nicht besonders reinlich und mit mehr oder weniger unsauberen Kleidern versehen waren, die riechende Stoffe in die Luft abgeben konnten.

In der allerletzten Zeit nun sind durch Seegen und Nowak<sup>6)</sup> Versuche mitgetheilt worden, die als Beweis citirt werden, dass in der That von Thieren bei der Athmung organische und zwar durch Kali nicht absorbibare Stoffe, welche nach der Wieder-einathmung giftige Wirkungen ausüben, geliefert würden. So sagt Nowak in seinem Lehrbuch der Hygiene<sup>7)</sup>: »Wir wissen also

1) Pettenkofer, Populäre Vorträge. Beziehungen der Luft zu Kleidung, Wohnung und Boden (1872).

2) Du Bois-Reymond, Ueber die Uebung (Berlin 1881) S. 20.

3) Vgl. z. B. Annal. der Chemie und Phys. II. Suppl.-Bd. S. 70. -- Sitz.-Ber. d. bayer. Akad. Mai 1863.

4) Pflüger's Archiv Bd. 14 (1876).

5) Erismann, Ztschr. für Biologie Bd. 12 (1876) S. 315.

6) Seegen u. Nowak, Pflüger's Archiv Bd. 19 (1879) S. 347.

7) Nowak, Lehrbuch der Hygiene (Wien 1881) S. 148.

jetzt bestimmt, dass in einer verathmeten Luft wirklich schädlich wirkende giftige Substanzen vorkommen. Ihre Menge, ihre Natur, ihre Eigenschaften aber kennen wir nicht.«

Bei den Versuchen, auf welche sich diese Aussage stützt, liessen Seegen und Nowak Thiere in vollkommen abgeschlossenen Räumen respiriren, führten fortwährend Sauerstoff in einer nach dem Verbrauche berechneten Menge zu, während die ausgeatmte Kohlensäure zu gleicher Zeit fortwährend absorbiert wurde. Dabei wurden die Thiere nach einiger Zeit krank. »Wir beobachteten constant«, wird mitgetheilt, »dass die Thiere, wenn der Raum des Versuchsapparats circa das fünfzehnfache des Körpervolums betrug, während der ersten 16 Stunden sich noch anscheinend wohl befanden; sobald sie aber über 24 Stunden im Apparate verweilten mussten, wurde an ihnen in der Mehrzahl der Fälle ein deutliches Unwohlsein bemerkt. Einzelne Male waren die Thiere auch nach 24 Stunden noch munter. »Wir beschlossen deshalb«, sagen die Autoren weiter, »die Luft des Apparates durch eine mit Kupferoxyd gefüllte glühende Glasröhre zu treiben, und die Zersetzungspredkte zu absorbiren. Die Versuchsthiere blieben bei all' unseren späteren Versuchen gesund.« Sie geben dabei an, dass sie bei ihren ersten Versuchen nicht unbeträchtliche Mengen von Sumpfgas, und meist nur Spuren von Wasserstoff gefunden haben, deren Einathmung neben Sauerstoff jedoch bekanntlich keine nachtheiligen Folgen nach sich zieht.

Gegen die Deutung dieser Versuche, dass verbrennbare organische Exhalationsprodukte der Thiere die an diesen beobachteten Erscheinungen hervorgerufen hätten, haben sich nun Pettenkofer und Voit<sup>1)</sup> gewendet.

Da Regnault und Reiset dieselben Thierversuche angestellt hatten, wie Seegen und Nowak, ohne ein Unwohlsein bei ihren Thieren wahrgenommen zu haben, so bleibe nichts anderes übrig als die Krankheitsursache in einer Verunreinigung des Sauerstoffs zu suchen, welchen Seegen und Nowak in den von ihnen gebrauchten Respirationsapparat einführten.

1) Pettenkofer u. Voit, Ztschr. f. Biologie Bd. 16 (1880) S. 508.

Regnault und Reiset haben zwar den Sauerstoff auf die gleiche Weise wie Seegen und Nowak bereitet, aber ihm erst sorgfältig mit Aetzkali in Berührung gebracht, ehe er über Chlorcalciumlösung aufgefangen wurde, während die Wiener Autoren ihn nur oberflächlich mit Kalilauge wuschen, ehe er in den Gasometer und von da in den Thierkäfig gelangte.

Es wäre darum nicht unwahrscheinlich, dass der von Seegen und Nowak angewendete Sauerstoff Chlorgas enthielt, auf dessen Einathmung die wahrgenommenen Erscheinungen an den Versuchstieren zurückzuführen wären. In der That enthielt Sauerstoff, der auf gleiche Weise, wie durch Seegen und Nowak, bereitet wurde, 0,26 Volumprocents Chlor.

Allein diese Annahme dürfte noch nicht hinreichend sein, um die Schlüsse Nowaks's zu widerlegen. Es ist nämlich kaum zu bezweifeln, dass, wenn auch in den abgeschlossenen Respirationsraum bei den Versuchen von Seegen und Nowak chlorhaltiger Sauerstoff eingeleitet wurde, die ohnehin nur sehr geringe Menge des Chlors alsbald, und zwar noch rascher als die von den Thieren producire Kohlensäure, beim Durchströmen durch die, Kalilösung enthaltenden, Absorptionsröhren ganz oder theilweise aus der Athemluft entfernt wurde. Um uns hierüber einigermaassen zu vergewissern, erwärmten wir Aqua chlorata (Pharmacopœa Neerlandica) in einem Kolben zum Verdampfen und leiteten die Chlordämpfe erst über eine mit Kalilösung gefüllte Pettenkofer'sche Absorptions- (Baryt-) röhre, von etwa 50 cm Länge und sodann durch befeuchtetes Lackmuspapier. Ob nun die chlorhaltigen Dämpfe in Blasen durch die Kalilösung, oder — bei horizontaler Stellung der zur Hälfte gefüllten Röhre — über die Oberfläche der Absorptionsflüssigkeit mit ziemlicher Geschwindigkeit hinstrich, niemals wurde durch die aus der Röhre in continuirlichem Strome aspirirte Luft eine Entfärbung des Lackmuspapiere bewirkt, oder konnten wir in derselben einen Chlorgeruch wahrnehmen.

Bekanntlich wirken nun erst gewisse grössere Quantitäten von Chlor in der Luft, welche eingethat wird, in kurzer Zeit bereits nachtheilig. Ich habe in meiner Armenpraxis täglich die

Gelegenheit zu beobachten, dass ähnlich wie bei den früheren Chlorräucherungen geringe Mengen Chlor in der Athemluft, die jedoch durch den Geruch deutlich zu erkennen sind, ohne etwa Intoxications- oder andere acute Erscheinungen hervorzurufen, vom Menschen eingethmet werden können. Dies geschieht nämlich fortwährend in den Zimmern und Stuben von armen Leuten, in welchen die ohnehin auf engen Raum zusammengedrängten Bewohner noch ihre mit Waschpulver gereinigte und gebleichte Wäsche zum Trocknen aufhängen. Man darf daher wohl annehmen, dass auch in den Versuchen von Seegen und Nowak Chlor kaum in solcher Menge vorhanden sein konnte, dass daselbe alsbald erkennbaren Einfluss auf die Versuchsthiere ausübte.

Da man nun auf der einen Seite, gestützt auf Versuche an Thieren<sup>1)</sup>, berechtigt zu sein glaubt, in der Athemluft das Auftreten eines organischen Giftes anzunehmen, andererseits aber bisher in der Luft ungenügend ventilirter Räume, in welchen Menschen sich aufzuhalten, ein solches Gift nicht nachgewiesen worden ist, so habe ich, im Auftrage und unter Leitung von Prof. Forster, im hygienischen Laboratorium zu Amsterdam einige Versuche unternommen, welche in das streitige Gebiet, das für die Auffassung mancher Ventilationsfragen von Wichtigkeit sein muss, einiges Licht zu bringen hätten.

Es erscheint hierbei zunächst nothwendig zwei Fragen zu beantworten und zwar:

1. ob in der Luft der von Menschen bewohnten und benutzten Räume, zu irgend einer Zeit, eine ähnliche Anhäufung von verbrennlichen Stoffen, wie sie bei den Versuchen von Seegen und Nowak beobachtet wurde, in der Weise vorkommen kann, dass sie zu gleichen übeln Folgen, wie dort gefunden, Veranlassung gäbe, und

2. ob in der That vom Menschen durch seine normale Respiration und Perspiration gasförmige organische Stoffe geliefert würden,

---

1) Nach den in der neuesten Zeit von Guldensteeden-Egeling gemachten Beobachtungen (Ueber die Bildung von Cyanwasserstoffsäure bei einem Myriapoden. Pflüger's Archiv Bd. 28 [1882] S. 576) könnte man an die Möglichkeit denken, dass von niederen Thieren Blausäure producirt würde.

deren Wiedereinathmung eventuell zu einer Gesundheitsschädlichkeit werden könnte.

Was zunächst die erste Frage anlangt, so ist zu betrachten, unter welchen Verhältnissen dann eine den eben erwähnten Versuchen entsprechende Wirkung zu erwarten wäre, wenn statt eines Thieres ein Mensch sich unter den gleichen Bedingungen befände, in welche von Seegen und Nowak die Versuchsthiere gesetzt waren. In Bezug auf die verfügbare Luftmenge müsste hierzu ein erwachsener Mensch in einen luftdichten Raum von etwa 1<sup>cbm</sup> eingeschlossen sein. Bei Absorption der exhalirten Kohlensäure und unter Ersatz des verbrauchten Sauerstoffes würden hierbei nicht vor etwa 24 Stunden die ersten, den an den Versuchsthieren beobachteten ähnlichen Erscheinungen einer Vergiftung auftreten, welche durch die Wiedereinathmung von gasförmigen, durch Kali nicht zu absorbirenden Substanzen hervorgerufen würden. Eine kurze Ueberlegung aber ergibt, dass solche Verhältnisse, bei welchen ein Mensch auf ein Luftquantum von 1<sup>cbm</sup> Inhalt für längere Zeit angewiesen ist, und wobei eine schädliche Ansammlung organischer Exhalationsproducte zu erwarten wäre, von ganz aussergewöhnlichen Umständen abgeschen, in Wirklichkeit nicht vorkommen.

Würden sie aber auch einmal zur Beobachtung gelangen, so müsste lange vor dem Auftreten einer Wirkung von Seite unbekannter verbrennlicher Stoffe der Einfluss der angesammelten Kohlensäure und des Sauerstoffmangels sich in schädlicher, ja vernichtender Weise geltend machen, da im gewöhnlichen Leben nicht an eine Entfernung der gebildeten Kohlensäure, oder Ersatz des verbrauchten Sauerstoffs, im Sinne der erwähnten Versuche, die Rede sein kann. Angenommen nämlich, dass ein Erwachsener in 24 Stunden 500 Liter Sauerstoff verbraucht, und in der gleichen Zeit etwa dieselbe Menge CO<sub>2</sub> producirt, so würde in dem oben genannten Raume von 1<sup>cbm</sup> Inhalt bereits nach ein paar Stunden die Luft, durch die hiermit einhergehende Veränderung derselben irrespirabel geworden sein, ohne dass nur irgend ein Einfluss anderer Gasarten in Rechnung gebracht werden muss. Werden daher vom Menschen nur soviel organische Exhalationsproducte

geliefert, als Seegen und Nowak in ihren Versuchen beim Thiere gefunden zu haben glauben, so ist es undenkbar, dass diese einen schädlichen oder überhaupt einen Einfluss bei der Wiedereinathmung auf den Menschen üben können. Denn lange bevor sie letzteren durch ihre Gegenwart in der Athemluft zu entfalten im Stande wären, müsste eine Erstickung durch Kohlensäureanhäufung und Sauerstoffmangel erfolgt sein. Es wird aber in Wohnräumen, Schulen, Fabriklocalen etc., wo viele Menschen zusammen mehr oder weniger abgeschlossen auch längere Zeit hindurch sich aufhalten, niemals, wie bereits oben erwähnt, eine nur einigermaassen beträchtlich zu nennende Anhäufung der leicht nachweisbaren Kohlensäure beobachtet. Sonach kann für gewöhnliche Verhältnisse, wenn man die von Seegen und Nowak am Thiere gefundenen Zahlen proportional der Körperverschiedenheit auf den Menschen überträgt, eine Anhäufung organischer Athemproducte hierbei — bis zur Erzeugung einer physiologischen oder pathologischen Wirkung — gleichfalls nicht, beziehungsweise noch weniger statthaben als eine stärkere Erhöhung des Kohlensäuregehaltes.

Die Versuche von Seegen und Nowak beweisen sonach keineswegs den von Nowak<sup>1)</sup> aufgestellten Satz, es sei nunmehr dargethan, dass der Mensch in geringen Quantitäten wirksame, giftige Ausscheidungsproducte von flüchtiger und verbrennlicher Natur liefere, die seine Athemluft verderben.

Es wäre indess einmal immer noch die Möglichkeit vorhanden, dass vom Menschen, dessen Hautthätigkeit wohl beträchtlicher ist, als die der gewöhnlich zu Versuchen verwendeten Thiere (Kaninchen, Hunde), eine im Vergleiche zur Kohlensäure grössere Quantität flüchtiger organischer Substanzen, welche zu einer raschen Ansammlung derselben in der Wohnluft etc. führte, producirt würde, als von Thieren. Oder man könnte zweitens sich vorstellen, dass zwar vom Menschen Kohlensäure und organische flüchtige Stoffe etwa in dem gleichen Verhältnisse ausgeatmet würden, als das bei jenen Thieren anscheinend der Fall gewesen

---

1) Nowak, Lehrbuch der Hygiene a. a. O.

wäre, dass aber eine Anhäufung dieser Substanzen in den bewohnten Räumen deshalb vor einer reichlichen Kohlensäureansammlung eintrete, weil erstere weniger rasch aus den abgeschlossenen, aber mit permeablen Wänden umgebenen Aufenthaltslocalen des Menschen nach aussen diffundiren.

Abgesehen noch von dem Umstände, dass man es hier mit der unbekannten Diffusion von hypothetischen Substanzen zu thun hat, muss man aber annehmen<sup>1)</sup>, dass auch bei der natürlichen Ventilation von Wohnräumen, welche bekanntlich, wie Pettenkofer gezeigt hat, eine Ueberladung der Zimmerluft etc. an Kohlensäure auch noch unter ziemlich ungünstigen Umständen verhindern kann, die von den Menschen exhalirten Gase nicht oder nur wenig auf dem Wege der Diffusion aus den Zimmern etc. entfernt werden, sondern vorzüglich durch Luftströmungen, welche, sehr schwachen Winden zu vergleichen, die Luft in allen ihren zusammensetzenden Theilen mehr oder weniger gleichmässig fortbewegen. Aus diesem Grunde kann auch bei ungleichem Diffusionsvermögen einzelner Luftbestandtheile in der Luft eines Wohn- oder Arbeitsraumes bei einer gleichmässigen Entwicklung derselben eine einseitige Ansammlung einer Luftart bekanntlich nicht statthaben.

Sonach bleibt nur noch die Möglichkeit, dass die Menschen mehr als die behaarten Thiere organische Gase exhaliren oder exspiriren. Damit sind wir denn gleichzeitig zu der oben von uns gestellten Frage gekommen, welche nur durch das Experiment zu beantworten ist, und zu deren Lösung wir in nachstehenden Zeilen einen kleinen Beitrag zu liefern wünschen, nämlich zu der Frage, ob in der That unter den normalen Respirationsproducten des Menschen flüchtige organische Stoffe sich befinden, deren Anhäufung in den menschlichen Wohnungen etc. durch einen geeigneten Luftwechsel verhindert werden muss.

Es ist selbstverständlich, dass eine Anzahl von Bedingungen existiren können, unter welchen ein in einem abgeschlossenen Raume befindlicher Mensch an dessen Luft gasförmige organische

---

1) Vgl. z. B. Forster, Ztschr. f. Biologie Bd. 11 (1875) S. 403 und Forster u. E. Voit, ebendaselbst Bd. 13 (1877) S. 306.

Substanzen abgeben kann. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn an dessen Körperoberfläche oder in dessen Kleidern leicht zersetzbare Substanzen sich befinden (so z. B. bei unreinen Individuen, bei Hautkranken oder mit schlechten Zähnen, Fussschweissen u. dgl. behafteten Personen), oder es schliesst sich die Production der genannten Gase an eine umzweckmässige Ernährungsweise an, welche in bemerklicher Weise zu Fäulniss- und Gärungsvorgängen im Darme, und damit zu dem Auftreten und der Ausscheidung mehr oder weniger reichlicher Darmgase leitet<sup>1)</sup>.

Mit Rücksicht jedoch auf hygienische Zwecke und vor allem auf die Erhaltung einer reinen Zimmerluft fällt die durch solche Verhältnisse veranlasste Luftverschlechterung in das Bereich derjenigen Ursachen der Luftveränderungen in bewohnten Räumen, welche weniger oder nicht durch einen Wechsel der Luft, sondern durch die Fernehaltung der Production der fremden Gase selbst zu beseitigen sind. Es verhalten sich diese Verunreinigungen, welche eine Verschlechterung der zu atmenden Luft hervorrufen, eben gleich allen anderen Anhäufungen von Schmutz, Unrat u. dgl. in den Wohnungen, wogegen nach Pettenkofer<sup>2)</sup> nicht eine Ventilation, sondern Wasser, Besen und ähnliches anzuwenden sind.

Zur Beantwortung der obigen Frage wurden nun eine Anzahl von Beobachtungen ausgeführt, zu welchen meist ich selbst unter Beobachtung der sorgfältigsten Reinlichkeit an Körper und Kleidung als Versuchsobject diente.

Zum Zwecke derselben liess Prof. Förster einen Kasten aus Eisenblech fertigen, der 1,80<sup>m</sup> hoch, 0,75<sup>m</sup> breit und 1,20<sup>m</sup> tief ist, und somit einen Inhalt von ungefähr 1,6<sup>cubic m</sup> besitzt. Der Raum war demnach so gross, dass ein Mensch darin bequem stehen oder sitzen konnte. Fussboden und Decke, sowie Rückwand und die eine Seitenwand waren vollkommen aus Eisenblech gemacht. Die andere Seitenwand bestand zur einen Hälfte aus durch Glas abgeschlossenen Fenstern, während die Vorderwand, ebenfalls mit Glasfenstern verschlossen, als eine von innen und aussen ver-

---

1) Vgl. z. B. schon Bidder u. Schmidt, die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel S. 103 u. 218 (1852) u. A. m.

2) Pettenkofer, Beziehung d. Luft zu Kleidung, Wohnung u. Boden S. 57.

schliessbare Thüre diente. Die Verbindungsstellen der Eisenblechplatten wie der Fenstergläser waren sorgfältigst gedichtet, und die Thüre wurde jedesmal bei den Versuchen von aussen rundum mit dicker Leinmehlspappe oder Wachs verstrichen. An der Rückwand befanden sich 10<sup>cm</sup> über dem Fussboden, bzw. unter der Decke, zwei runde Oeffnungen (Durchmesser 3<sup>cm</sup>) mit nach aussen zu angebrachten Ansatzstutzen. Von dem oberen Stutzen leitete eine luftdicht mit ihm verbundene Röhre von gleichem Durchmesser nach der Aspirationsöffnung einer Gasuhr, sowie dieselbe bei dem durch Voit<sup>1)</sup> beschriebenen kleinen Respirationsapparate zur Ventilation des Respirationskasten verwendet wurde. Die einzige Luftaustrittsöffnung der sonst geschlossenen Gasuhr wurde durch gleiche Röhren wie oben in luftdichte Verbindung mit der unten in den Kasten mündenden Oeffnung gebracht. Die Trommel der Gasuhr konnte, beziehungsweise kann durch ein oberschlächtiges Wasserrad in Bewegung gesetzt werden. Geschieht dies, so wird bei der obigen Einrichtung die Luft aus den oberen Theilen des geschlossenen Kastens aspirirt und nach dem Durchtritt durch die Trommel der Gasuhr in den unteren Theil des Kastens wieder eingeführt, und somit die Luft des Kastens in einer beständigen circulirenden Bewegung erhalten. Da mit unserer Gasuhr etwa 45 Liter Luft in der Minute auf solche Weise fortbewegt werden konnten, so war in etwa 40 Minuten die in dem Kasten enthaltene Luftmenge einmal durch die Gasuhr hindurchgetreten. In die Verbindungsrohren der Gasuhr mit dem Kasten konnten durch eine einfache Vorrichtung, die wir der Beschreibung der erwähnten Versuche von Seegen und Nowak entnahmen, grosse Flaschen mit Absorptionsmitteln eingeschaltet werden, wobei die durch letztere tretende Luft stets den Weg durch die ganze Flasche hindurchnehmen musste. Nach Belieben war es uns sonach möglich die Luft durch Absorptionsmittel streichen zu lassen oder nicht.

An der fensterlosen Seitenwand des Kastens befanden sich ausserdem vier in der senkrechten Mittellinie der Wand ange-

1) Voit, Ztschr. f. Biologie Bd. 11 (1875) S. 546.

brachte Oeffnungen von  $1\frac{1}{2}$  cm Durchmesser, von denen die erste in einer Höhe von 10 cm, die zweite von 60, die dritte von 120 und die vierte von 170 cm vom Fussboden entfernt lag. Nach aussen zu waren auch diese Oeffnungen mit Ansatzstückchen versehen, welche das Einbringen eines Stopfens zum Verschliessen oder eines durchbohrten, eine Glasröhre tragenden Korkes gestatteten. Aus verschiedenen Höhen des Kastens konnten somit, durch Hilfe von Aspiratoren, beliebige Luftmengen zur Untersuchung gezogen werden.

Wenn auch bei der oben geschilderten Einrichtung die in dem Versuchsraume enthaltene Luft nicht vollkommen dicht von der Zimmerluft abgeschlossen war, so erschien diese Abschliessung doch, wie einige besondere Versuche darthaten, für unsere Zwecke hinreichend. So liessen wir innerhalb des auf solche Weise gedichteten Kastens, mit und ohne Circulation der Kastenluft, fünf Stearinkerzen brennen, bis dieselben von selbst ausgingen<sup>1)</sup>. Eine Stunde, nachdem die letzte der Flammen ausgelöscht und der Kasteninhalt auf die Zimmertemperatur abgekühlt war, enthielt dessen Luft eine Menge von 27 pro Mille Kohlensäure, nach der bekannten

---

1) Dies geschieht bekanntlich leicht bei Sauerstoffmangel und steht nicht so sehr in Beziehung zu dem Kohlensäuregehalte der Luft. Wir haben uns hiervon auch mittels unseres Apparates öfter überzeugen können. Um ein Beispiel anzuführen, so liessen wir einmal in dem abgeschlossenen Kasten 6 Stearinkerzen, die in mittlerer Höhe des letzteren aufgestellt waren, während die Luft durch die Gasuhr in Bewegung erhalten und so beständig gemischt wurde, so lange brennen, bis fünf davon ausgelöscht waren und die letzte Kerze eben noch eine schwache Flamme zeigte. Nun wurden aus einem Gasbehälter etwa 50 Liter reinen Sauerstoffgases in den Kasten von 1600 Liter eingeleitet. Dadurch wurde allerdings der Kohlensäuregehalt der Kastenluft etwas erniedrigt, allein wie eine einfache Rechnung ergibt, nur unbedeutend; dagegen stieg natürlich der procentische Sauerstoffgehalt erheblich an. Jetzt aber begann die sechste Flamme sofort frisch aufzufackern und brannte ruhig und in normaler Höhe mehrere Stunden weiter. Aus demselben Grunde löschte in den unten angegebenen Versuchen eine in den Kasten am Schlusse der Versuche eingebauchte Flamme sofort aus und konnten im Innern desselben Zündhölzchen nicht entzündet werden, wenn der Sauerstoffgehalt der Luft etwa unter 14 % gesunken war. Dies geschah auch dann, wenn die in den Versuchen producirete Kohlensäure absorbiert wurde. Bei einem etwas höheren Sauerstoffgehalte brannte die im Kasten entzündete Kerzenflamme zwar, aber sie verlängerte sich, wie die Messungen der Flammenhöhe ergaben, erheblich gerade wie in verdünnter Luft.

Pettenkofer'schen Methode bestimmt. Nach fünf Stunden, der mittleren Dauer unserer späteren Versuche, betrug der Kohlensäuregehalt 25,5 p. M., nach 24 Stunden war derselbe 18,3 p. M. und erst nach 48 Stunden unter dem Einflusse der mit der Tageszeit wechselnden Temperaturen und der damit einhergehenden Condensationen von Wasserdampf, auf 7 p. M. (in Volum) gesunken.

Es hat sonach bei der von uns geübten Abschliessung des Versuchsraumes ein Entweichen der im Kasten befindlichen Luftbestandtheile, oder eine Veränderung derselben durch Diffusion erst nach längerem Zeitverlaufe in nennenswerthem Grade stattgefunden. Bei mehreren auf gleiche Weise angestellten Versuchen dieser Art wurde immer ein ähnliches Resultat erhalten. Das gleiche lässt sich auch ableiten aus der Zusammensetzung der Luft des Versuchskastens, wie sie in den nachstehenden Tabellen aufgezeichnet ist. Nachdem wir auf solche Weise uns von der für unsere Zwecke mehr als hinreichenden Dichtheit unseres Respirationskastens überzeugt hatten, wurden die eigentlichen Versuche ausgeführt, in welchen die Versuchsperson, resp. Personen, eine von 2 bis  $8\frac{1}{2}$  Stunden dauernde Zeit in dem Kasten eingeschlossen sich aufhielten. Dabei wurde die Luft innerhalb des Versuchsraumes mit Hilfe der Gasuhr stets in beständiger Circulation erhalten, und da die Luft oben aus dem Kasten aspirirt und unten wieder in letzteren zurückgeleitet wurde, stets gleichmässig gemischt erhalten<sup>1)</sup>.

In der einen Reihe der Versuche geschah die Circulation einfach durch die Röhren, ohne Einschaltung des Absorptions-

1) Bei mehreren der später zu beschreibenden Versuche wurden zu gleicher Zeit auf verschiedenen Höhen und Tiefen unseres Versuchsraumes Luftproben auf ihren Gehalt an Kohlensäure untersucht, während bei bestehender Circulation die Versuchsperson in dem Kasten sich befand. So wurden z. B. bei Versuch 7 (s. Tabelle) gleiche Quantitäten Luft, in demselben Zeitraum (von 3 Uhr 30 Minuten bis 4 Uhr), aus den oberen und unteren Luftschichten des Kastens aspirirt und resp. 26 und 24 Volum p. M. Kohlensäure gefunden. Die Mischung der Kastenluft durch unsere Vorrichtung findet sonach in rascher Weise und ausgiebig statt, was bei der für den kleinen Raum immerhin beträchtlichen Luftströmung übrigens leicht erklärliegt. Damit im Zusammenhang stehen auch die verhältnismässig geringen Temperaturdifferenzen in dem oberen und unteren Theile des Kastens.

apparates; in einer anderen wurden ein oder zwei achtliterige Absorptionsflaschen, mit gereinigten, geglühten und mit concentrirter Kali resp. Natronlösung getränkten, kleinen Bimsteinstückchen gefüllt, in die Röhren eingeschalten, wodurch die während des Aufenthaltes der Versuchsperson mit Kohlensäure überladene Luft von letzterer befreit werden sollte.

Einige Male wurde auch versucht, durch Einschaltung von grossen Chlorcalciumröhren den gebildeten Wasserdampf, der sich meist unter den gegebenen Versuchsbedingungen an der Decke und den Wänden des Kastens ziemlich beträchtlich niederschlug, zu absorbiren. Dies gelang uns aber keineswegs und bald war auch hier die Luft, wie bei all' unseren Versuchen völlig mit Wasserdampf gesättigt. Von der in dem Kasten befindlichen Person wurden, von Zeit zu Zeit, Bestimmungen der Körper temperatur (in der Achselhöhle) gemacht und die Pulsfrequenz gemessen.

Durch eine zweite Person, welche sich ausserhalb des Kastens im Zimmer, in welchem dieser aufgestellt war, befand, wurde die Atemfrequenz aufgenommen, ohne dass diese Aufnahme von der Versuchsperson bemerkt werden konnte. Ich glaube, dass ich auf solche Weise einen Fehler vermieden habe, welchen A. Smith<sup>1)</sup> bei der Beobachtung der Atemfrequenz seiner Versuchspersonen, unter ähnlichen Bedingungen begangen zu haben scheint, da nämlich bekanntlich der Atemrythmus einer Person sich meist sofort ändert, wenn dieselbe beobachtet wird. Von der im Kasten befindlichen Person wurde ausserdem noch der Feuchtigkeitsgehalt der Luft mit Hilfe von Klinkerfuess'schen Hygrometern auf verschiedenen Punkten des Kastenquerschnittes bestimmt und ebenso an den gleichen Stellen wiederholte Temperaturbestimmungen der Luft vorgenommen. Ausserdem wurde bei einer Anzahl von Versuchen je eine Luftprobe im Eudiometer über Quecksilber, und zwar meist gegen Ende des Versuches, aufgefangen, in welcher späterhin die Menge des Sauerstoffs mit Hilfe von alkalischer Pyrogalluslösung bestimmt wurde, ein Verfahren, das für unsere Zwecke hinreichend genau erschien.

1) a. a. o.

Dauer des Versuchs	Temperatur variiert			Aussen- Temperatur variiert zwischen	Körper- temperatur variiert zwischen		
	Oben	Mitten	Unten				

## I. Versuche ohne

## A. Eine Person

1	1 <sup>h</sup> 30 — 5 <sup>h</sup>	20	— 22½	19	— 22	18	— 20	17	36,5 — 36,8
2	1 — 4 30	22	— 23	20	— 22	19	— 21	17	37,3 — 37,5
3	1 — 6	19	— 21	17,5	— 21	15,5	— 18	14	— 16
4	11 50 — 5	20,5	— 22,5	19	— 22	17,5	— 20	18	36,4 — 36,7

## B. Zwei Personen

5	11 <sup>h</sup> 30 — 1 <sup>h</sup> 30	17,5	— 24,5	16	— 24	15	— 20	15	— 16
									36,8 — 36,8
									37,3 — 37,6

## II. Versuche mit

## A. Mittels

6	1 <sup>h</sup> — 5 <sup>h</sup>	16	— 19,5	16	— 19	13	— 15	12	— 15
7	1 30 — 5 45	18	— 20	17	— 19	16	— 17	16	— 17

## B. Mittels

## a) Eine Person

8	1 <sup>h</sup> 30 — 3 <sup>h</sup> 30	16	— 18	15	— 17	14	— 16	12	—
9	1 30 — 3 30	18	— 19,5	16	— 19	13	— 15	12	— 15
10	1 — 4	15	— 17	13,5	— 16	12	— 14	10	—
11	1 40 — 4 40	20	— 24	19	— 22	14	— 18	14	— 19,5
12	1 — 4	23	— 28	21	— 27	16	— 22	22	— 26
13	2 — 5	21	— 26	18	— 23	14	— 18	19	— 24
14	11 — 2	17	— 24	15	— 22	10	— 15	15	— 22
15	12 — 3	21	— 23,5	18	— 22	15	— 18,5	18,5	— 20
16	12 30 — 4 30	21	— 23	20	— 22	16	— 18	16	— 20
17	10 — 2	15	— 23,5	14	— 23	11	— 20	11	— 20,5
18	11 — 3	17	— 20	16	— 18,5	12,5	— 15	13	— 16,5
19	11 — 5	23	— 29	19	— 21	16	— 23	20	— 24
20	11 30 — 8	24	— 26	21	— 25	18	— 22	20	— 22
									36,8 — 36,7

## b) Zwei Personen

21	2 <sup>h</sup> — 4 <sup>h</sup>	23	— 25	23	— 25	20	— 23	15	{ 37
									{ 37,2
22	1 — 4 30	24,5	— 27	24	— 27	20	— 25	19	{ 37,3 — 37,5
									{ 37
23	1 — 4	24,5	— 27	22	— 26	19	— 23	18	{ 37
									{ 37,2
24	1 15 — 5	24	— 27	22	— 25,5	20	— 21,5	18,25	{ 36,8
									{ 37
25	1 15 — 4 30	23	— 24	20	— 23	18	— 21	17	{ 37
									{ 37,2

Pulsfrequenz variirt	Kohlensäurebestimmung			% Sauer- stoff	Höchste gefundene Respira- tions- frequenz
	durch Aspiration	mit der Pettenko- fer'schen Flasche	Zeit der Aspiration		

## Kohlensäureabsorption.

## im Kasten.

72	—	—	5 <sup>h</sup>	3,63	—
72	4 <sup>h</sup>	— 4 <sup>h</sup> 30	3,3	—	—
70 — 72	—	—	6	4,07	12,7
72 — 75	—	—	5	4,5	13,2

## im Kasten.

80 — 84	—	—	1 <sup>h</sup> 30	5,32	34
68 — 72	1 <sup>h</sup>	— 1 <sup>h</sup> 30	5,13	—	36

## Kohlensäureabsorption.

## Kalkstücken.

72 — 74	3 <sup>h</sup> 25 — 3 <sup>h</sup> 50	1,93	—	—	—
72	4 — 4 30	3,05	—	—	—

## Natronhydrat.

## im Kasten.

—	3 <sup>h</sup>	— 3 <sup>h</sup> 30	0,68	—	—
—	3	— 4	0,97	—	—
—	3	— 4	1,73	—	—
—	4	— 5	1,52	—	—
—	1	— 2	1,04	—	—
75 — 80	3 30 — 4 30	1,91	—	—	16 — 18
75 — 72	4 — 4 50	0,87	—	—	16 — 18
75	—	—	3	2,8	14 18 — 20
75	—	—	5	2,2	13,7 18 — 20
75	—	—	8	2,96	10 18 — 20

## im Kasten.

70	—	—	4 <sup>h</sup>	1,58	14 18 — 20
88	—	—	—	—	—
68 — 72	3 <sup>h</sup> 45 — 4 <sup>h</sup> 30	1,83	—	—	10 18 — 20
80 — 84	—	—	—	—	—
70	—	—	4	2,8	— 18 — 20
84	—	—	—	—	—
72 — 78	—	—	5	1,8	— 18 — 20
80 — 84	—	—	—	—	—
75	—	—	4 30	2,4	— 18 — 20
80	—	—	—	—	—

Zur Bestimmung der Kohlensäure wurde mittels eines Wasser-aspirators die Kastenluft durch Röhren, welche mit titrirter Barytlösung gefüllt waren, aspirirt; die Menge der aspirirten Luft durch Wägung des aus dem Aspirator abgeflossenen Wassers und die Kohlensäure durch Titriren des Barytwassers in der Röhre, mittels der bekannten Pettenkofer'schen Oxalsäurelösung bestimmt. Den Nachweis flüchtiger organischer Substanzen suchten wir nach verschiedenen Weisen zu führen, welche später angegeben werden sollen.

In der Tabelle (Seite 24 u. 25) sind nun die Resultate unserer Versuche aufgezeichnet, welche wir (stets nach einem kärglichen Frühstücke und vor der Zeit des Mittagessens, 5.-6 Uhr Nachmittags nach hiesiger Sitte) vom August 1881 bis August 1882, und zwar im Winter wie im Sommer, angestellt haben. — Wir glauben auf die Versuchsbedingung besonders aufmerksam machen zu müssen, dass die Personen den Apparat nahezu nüchtern betraten, und hierdurch die Bedingungen von Gasbildungen und Zersetzung innerhalb des Darmapparates auf ein Minimum herabgedrückt sein mussten. Ebenso wiederholen wir, dass stets auf die möglichste Reinheit von Körper und Kleidung geachtet worden war.

Zu den Tabellen nun bemerken wir zunächst, dass wir anfänglich versuchten, möglichst lange Zeit in dem Respirationskasten zu bleiben, ohne dass die circulirende Luft desselben mit einer Absorptionsflüssigkeit in Berührung kam; wir wünschten hierbei eben die immerhin mögliche Aufnahme flüchtiger organischer Substanzen, welche eventuell ausgeschieden würden, durch jene zu vermeiden. Doch traten, wie das bei einem längeren Aufenthalt in einem kleinen abgeschlossenen Raum selbstverständlich ist, und wie es auch aus den Aufzeichnungen in der Tabelle hervorgeht, nach einiger Zeit bei dieser Art von Versuchen die bekannten Veränderungen in dem Verhalten der Versuchsperson auf, welche sich zunächst neben einigen Erregungerscheinungen insbesondere durch eine Steigerung der Atemfrequenz äusserten. Doch bemerken wir, dass nur in wenigen Fällen eine wirkliche Dyspnoe auftrat, eigentlich allein in Versuch Nr. 5, wo zwei

Personen ohne Einschaltung von Absorptionsmitteln in dem Kasten sich befanden.

Das Auftreten dieser Erscheinungen muss natürlich zunächst auf die Vermehrung des Kohlensäuregehaltes, könnte aber auch auf die Verminderung des Sauerstoffs, oder eventuell auch auf die Ansammlung anderer flüchtiger Bestandtheile im Kasten zurückgeführt werden, da von einem derartigen Einflusse der Temperatur oder der Feuchtigkeit der Luft nicht wohl die Rede sein kann. In der That verschwanden auch die beobachteten Beschwerden in den Versuchen, in welchen die Luft durch alkalische Absorptionsmittel circulirte.

Bemerkenswerth ist dabei, dass die Einschaltung von Flaschen in den Luftstrom, welche mit gröberen oder kleineren, ja staubförmigen Stückchen von Aetzkalk gefüllt waren, nicht zu einer genügenden Absorption der gebildeten Kohlensäure führten, und dass erst dann, als Natronhydratlösung in Bimstein zur Absorption angewendet wurde, ein länger dauernder Aufenthalt in dem Kasten ohne das Auftreten subjectiv oder objectiv wahrnehmbarer Veränderungen in dem Verhalten der Versuchsperson möglich war. Wir erwähnen hierbei noch, dass wir keine vollkommene Kohlensäureabsorption erzielten, aber auch nicht bewerkstelligen wollten<sup>1)</sup>. Für uns handelte es sich allein darum, soviel Kohlensäure zu entfernen, dass ein mehrere Stunden dauernder Aufenthalt in dem Kasten möglich wurde, während dessen eine Anhäufung der hypothetischen organischen Exhalationsproducte geschehen konnte.

---

1) Wir bemerken hierzu, dass zu der von uns erreichten Verminderung des Kohlensäuregehaltes der Luft im Versuchsräume nicht unbeträchtliche Mengen von Natronhydrat erforderlich waren. Wie daher Dr. Richard Neale (British Medical Journal 1882) mit seinem »chemical lung« und einem Verbrauche von 2--3 Gallonen einer schwachen Natron- oder Kali-Lösung die Luft in Eisenbahntunnels, Krankensälen etc. dauernd zu säubern im Stande sein will, ist uns nicht recht fasslich geworden. Abgesehen von der Frage, welchen quantitativen Erfolg das Anbringen eines mit Natronlösung getränkten Schwebapparates in Bezug auf eine wirkliche »Reinigung« rauchhaltiger etc. Luft überhaupt haben kann, wäre nach unserer Erfahrung zu einer bemerkbaren Absorption saurer Gase ein grosser Ueberschuss resp. Vorrath der alkalischen Lösung nötig, dessen Anbringung allein schon grosse, mit dem Erfolge kaum im Verhältnisse stehende Schwierigkeiten darbieten dürfte.

Die Analysen der Luft in den verschiedenen Versuchen ergaben dabei das beachtenswerthe Resultat, dass nur dann die ersten bemerkbaren Erscheinungen der Dyspnœe erfolgten, wenn der Kohlensäuregehalt der Kastenluft mindestens 3 Volumprocents betrug. Dabei war es vollkommen gleichgültig, bis zu welchem Procentsatz der Sauerstoffgehalt vermindert wurde, so zwar, dass bei einem Gehalte der Luft von 10 % Sauerstoff (Versuche Nr. 20 und Nr. 22) durchaus keine unangenehmen oder übeln Empfindungen wahrgenommen wurden, so lange eben keine 3 % Kohlensäure anwesend waren. Unsere Beobachtungen stehen damit ziemlich im Einklange mit den Wahrnehmungen Anderer, von denen oben die Rede war.

Indem sich die Versuchspersonen auch nach stundenlangem Athmen in dem kleinen und nahezu luftdicht schliessenden Kasten von 1,6 cm<sup>3</sup> Inhalt völlig wohl und ohne Athembeschwerden befanden, soferne nur die Kohlensäure aus der immer wieder eingearbeiteten Luft entfernt wurde, erschien es kaum wahrscheinlich, dass, ausser den durch Alkalien absorbibaren Stoffen, noch andere Gase in der Luft des Versuchsraumes sich angesammelt halten. Dessen ungeachtet versäumten wir nicht, nach der Gegenwart von solchen Stoffen zu suchen.

Zunächst ergab sich nun, dass in der Luft des Kastens niemals durch verdünnte Säure absorbirbare Gase (Ammoniak) enthalten waren; wenn auch, am Ende der Versuche, mehrere Liter Luft aus dem Kasten durch eine 0,3 oder 0,03 proc. Schwefelsäure von genau bekannten Säuregehalt aspirirt wurden, niemals konnte eine Veränderung des Titers derselben wahrgenommen werden. Aber es fanden sich in der Kastenluft auch keine verbrennbaren Gase, die weder durch Säuren noch durch Alkalien absorbit werden. Bei der grösseren Anzahl der Versuche, besonders aber bei denen, bei welchen zwei Personen in dem Kasten sich befanden und ihre Athemprodukte in den von diesem umschlossenen Raum lieferten, wurden jedesmal gegen das Ende der Versuchsperiode 3 bis 4 Liter Luft, welche nach steter Beraubung der Kohlensäure wiederholt und zwar vier- bis fünfmal zur Athmung gedient hatte, durch — mit Kupferoxyd gefüllte und auf Glühhitze

erhaltene — Röhren aspirirt, ohne dass ein anderer Kohlensäure- oder Wassergehalt nach dem Durchtreten durch das glühende Kupferoxyd gefunden wurde, als in der umgeglühten Luft. Wurde die mit Kupferoxyd zu glühende Luft ferner, vor ihrem Eintritte in die Verbrennungsröhre, durch Fläschchen mit Aetznatron und durch Kölbchen, die mit kleinen, durch concentrirte Schwefelsäure durchtränkten Bimsteinstücken gefüllt waren<sup>1)</sup>, hindurchgeleitet und so von Kohlensäure und Wasserdampf befreit, so konnte nach dem Durchtritte durch die glühende Verbrennungsröhre in der nunmehr mit Kupferoxyd geglühten Luft, keine Kohlensäure und kein Wasserdampf (bestimmt in Liebig's Kaliapparat und Chlorealziumröhren und in den obigen Schwefelsäurekölbchen, welche alle auf einer empfindlichen chemischen Wage gewogen wurden) nachgewiesen werden. Die Gewichtsdifferenzen, welche die Absorptionsapparate für die gegläutete und nicht gegläutete Luft ergaben, bewegten sich in Gränzen, welche Zehntel von Milligrammen nicht überschritten. Stets wurde dabei noch gesorgt, dass die Luft nur im langsamen Strome durch das glühende Kupferoxyd trat<sup>2)</sup>.

Aber auch auf andere, mehr qualitative Weise liess sich die Gegenwart organischer Gase in der Kastenluft in bestimmbarer Menge nicht darthun. So wurde eine mit trocknem Quecksilber gefüllte Woulff'sche Flasche, in deren einer Oeffnung in durchbohrten Korken erst eine am Boden der Flasche mündende Trichterröhre, und in deren anderer Oeffnung sodann eine von oben ausgehende rechtwinklig gebogene Röhre luftdicht befestigt war, bei einer Anzahl der Versuche im Kasten bewahrt, am Ende des Versuches

1) Pettenkofer's Schwefelsäurekölbchen, modifizirt nach C. u. E. Voit u. J. Förster, *Ztschr. f. Biologie* Bd. 11 (1875) S. 157.

2) Dies und der Umstand, dass wir die Luftproben erst gegen das Ende der Versuche entnahmen, also dann wenn sich eine Ansammlung eventuell produzierter organischer Gase in höherem Grade bemerkbar machen musste, ist der Grund, weshalb wir meist nicht mehr als etwa 4 Liter Luft zur Untersuchung verwendeten. Diese 4 Liter betragen aber immerhin bereits den 400<sup>sten</sup> Theil der gesammelten Kastenluft und sonach relativ soviel und mehr, als die Bruchtheile, welche bei andern Luftuntersuchungen (z. B. Erismann, a. a. O.) gebraucht wurden.

das Quecksilber in eine Schale ausgegossen und somit die Flasche mit der Kastenluft gefüllt. Die in der Woulff'schen Flasche nunmehr befindliche Luft wurde jetzt, mittels Eingiessen des Quecksilbers in die Trichterröhre, durch die rechtwinklig abgegebene Röhre verdrängt. Diese letztere verließ durch eine der kleineren seitlichen Oeffnungen des Kastens nach aussen, war hier nach abwärts abgebogen und tauchte daselbst in eine in einem Kolben befindliche, zum Kochen erhitzte, saure (einzelne Male auch alkalische) titirte Chamäleonlösung von gleicher Art und Menge, wie sie zu der Oxydation von organischen Stoffen im Trinkwasser (nach Kubel) benutzt wird. Durch wiederholtes Füllen und Ausgiessen des Quecksilbers wurden reichliche Luftmengen auf solche Weise aus dem Kasten durch die kochende Chamäleonlösung getrieben. Keineswegs jedoch änderte sich hierbei, wenn die Luft auch in noch so langsamem Strome hindurchtrat, der Titer der Chamäleonlösung. Auch kochendes, destillirtes Wasser, das mit Schwefelsäure und einigen Tropfen der Chamäleonlösung eben deutlich röthlich gefärbt war, veränderte diese Farbe bei gleichem Hindurchtreiben der Kastenluft nicht.

Auf Grund beider Bestimmungsarten sind wir sonach berechtigt anzunehmen, dass in der Luft eines Kastens, in welchem sich ein oder zwei Personen bis zu 8 Stunden lang aufgehalten haben, keine verbrennlichen Gase in bestimmbarer Menge enthalten sind, bzw. sich in demselben angesammelt haben.

Dessungeachtet wäre noch die Möglichkeit vorhanden, dass flüchtige organische Stoffe zu den normalen Ausscheidungsproducten des Menschen gehörten. Es könnte nämlich sein, dass dieselben bei unseren Versuchen sich allerdings in der Luft des Respirationskastens befunden hätten, dass sie aber entweder von der von uns verwendeten alkalischen Absorptionsflüssigkeit oder von dem Wasser, welches sich an den Wänden des Kastens stets niederschlug, aufgenommen worden wären. Die erstere Möglichkeit lässt sich indess schon ausschliessen auf Grund der Resultate, welche bei der Durchleitung der Luft durch glühendes Kupferoxyd erhalten wurden. Auch wenn nämlich die zur Untersuchung aspirirten

Luftproben vor ihrem Eintritte in die Kupferröhre nicht durch Absorptionsmittel geleitet wurden, ergab sich ja in denselben der gleiche Gehalt an Kohlensäure und Wasserdampf, wie in der nicht geglühten Luft und zwar auch in denjenigen Versuchen, bei welchen die Gesammtkastenluft nicht durch die grossen Absorptionsflaschen circulirte.

Indess haben wir auch noch die natronhaltigen Bimsteinstücke aus den Absorptionsflaschen, welche bis zu ihrer Sättigung resp. bis zu dem Zeitpunkte, wo sie nicht mehr genügend Kohlensäure absorbierten, zu 3—5 Versuchen gedient hatten, von sämmtlichen Versuchen zusammen vorsichtig mit destillirtem Wasser ausgewaschen, das alkalische Waschwasser eingedampft und in Krystalle und Mutterlauge getrennt. Von beiden letzteren wurden je ein kleinerer Theil nach dem Eintrocknen erhitzt, ohne dass hierbei die leiseste Schwärzung oder Entwicklung von sichtbaren oder riechenden Dämpfen bemerkt werden konnte.

Je die grössere Hälfte ferner wurde im feuchten Zustande in Retorten eingebracht, mit verdünnter Schwefelsäure erst vorsichtig neutralisiert, und dann übersättigt und zum Kochen erwärmt. Die aus der Retorte austretenden Dämpfe neben Condensationswasser, wurden in die obige titirte (saure oder alkalische) kochende Chamäleonlösung geleitet, ohne dass sich jedoch hierbei der Titer derselben veränderte.

Bei einer Anzahl von Versuchen wurde endlich eine U-förmige Glasmöhre von  $2\frac{1}{2}$  cm Durchmesser in die im oberen Theile des Kastens befindliche Oeffnung der zur Gasuhr führenden Röhre eingeschaltet, durch welche sonach bei der Circulation der Luft diese mit den Exhalationsproducten beladen hindurchtreten musste. Brachte man eine Kältemischung um diese U-förmige Röhre, so erhielten wir in einiger Zeit grössere Mengen (25—40 $\text{g}$ ) Condensationswasser, welches, statt destillirtem Wasser zu der kochenden titirten Chamäleonlösung zugesetzt, deren Titer nicht veränderte. Ebensowenig geschah letzteres durch Condensationswasser, welches von den vorher sorgfältig gereinigten Wänden oder Fenstern des Kastens gesammelt wurde.

Die chemischen Methoden, welche wir angewendet haben, lassen natürlich, bei der zur Untersuchung dienenden Luftmenge, welche nicht in zu schnellem Strome durch die gewogenen und titirten Absorptionsmittel durchtreten sollte, immerhin erst gewisse, wenn auch noch minimale Quantitäten fremder Bestandtheile erkennen.

Nun besitzen wir bekanntlich in unserem Geruchsorgan ein Mittel, die Gegenwart riechender, die Luft verunreinigender Stoffe, in ausserordentlicher Verdünnung noch zu erkennen, wenn der Geruch auch über die vorhandene Quantität solcher Stoffe selbstverständlich keinen Aufschluss geben kann.

Wir haben nun nicht versäumt, stets am Ende der Versuche, nachdem die Versuchspersonen eben aus dem Kasten getreten, die Luft in dem Kasten durch andere Personen sowohl als durch die Versuchsperson selbst, nachdem diese etwa 10 Minuten in einem andern Raume oder in der freien Luft sich aufgehalten hatte, durch das Geruchsorgan prüfen zu lassen.

Bemerkenswerth ist nun, dass die mit der Prüfung beauftragten Personen beim Eintreten in den durchwärmten und stark wasserreichen Kasten stets eine Art von unangenehmer Empfindung oder Gefühl hatten, das jedoch alsbald schwand. Allein keine der verschiedenen Personen vermochte je mit Sicherheit zu behaupten, dass dasselbe in einer deutlichen Geruchsempfindung bestanden habe. Bei der Versuchsperson selbst mangelte diese eigenthümliche, nicht näher zu beschreibende und vorübergehende Empfindung beim Betreten des Kastens. Wir sind daher durchaus nicht im Stande, die Ursache hiervon in der Gegenwart einer grösseren Menge fremder Aetherproducte in der Kastenluft zu suchen, sondern müssen sie vielmehr auf Rechnung der erhöhten Temperatur der Kastenluft, auf den Feuchtigkeitsgehalt derselben, insbesondere aber auf den subjectiven, somatischen Zustand schieben, welchem die prüfende Person vorher ausgesetzt war. Namentlich letzterer ist bekanntlich bei der Beurtheilung ähnlicher Verhältnisse zu beachten. Das Urtheil über den Zustand einer Zimmerluft, Schulluft u. s. w. ist bei ein und derselben Person in hohem Grade schwankend mit den äusseren Umständen, unter welchen jene bei einer gleichbleibenden Beschaffenheit derselben beurtheilt wird.

Ein vielleicht nicht uninteressantes Beispiel hiervon hat Prof. Forster bereits vor mehreren Jahren in einem Gutachten, welches derselbe in Verein mit Prof. Ernst Voit an den Münchener Magistrat über einige Heizungsfragen zu richten hatte, angeführt. Derselbe betrat — ein Beispiel aus vielen anderen Beobachtungen — des Mittags 2 Uhr an einem Sommertage ein nach Norden gelegenes Zimmer seiner Wohnung und empfand dabei das Betreten dieses Raumes als Erfrischung und Abkühlung. Die Temperatur der Luft in dem Zimmer war  $21 \frac{1}{2}^{\circ}$  C., der Feuchtigkeitsgehalt desselben betrug 82 %. Nach einer halben Stunde Abwesenheit hatte er mit anderen Personen beim Betreten des gleichen Zimmers die Empfindung, als ob man in einem dumpfen und heißen Raum sich befände, obwohl die Lufttemperatur in ihm nur  $21^{\circ}$  C. betrug und der Feuchtigkeitsgehalt desselben war wie vorher. Der Unterschied zwischen beiden Wahrnehmungen war dadurch bedingt, dass die erste unmittelbar vor dem Ausbrüche eines heftigen Gewitters bei einer Aussentemperatur von  $28^{\circ}$  C. und einem Feuchtigkeitsgehalt der freien Luft von 97 %, die zweite dagegen gemacht wurde, nachdem durch den strömenden Gewitterregen die Aussenluft bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 95 % auf  $15^{\circ}$  C. abgekühlt war.

Wir können somit wohl sagen, dass in unserem Falle auch die subjectiven Wahrnehmungen nicht für eine besondere Anwesenheit fremder Luftarten in dem Kasten sprechen, sondern Contrastempfindungen darstellen, welche bei dem raschen Wechsel der physikalischen Beschaffenheit der Luft auf die Wärme- und Wasserabgabe des Körpers sich im verschärften Sinne geltend machen, und deren Wirkung noch erhöht wird durch das unbehagliche Bewusstsein, in eine Atmosphäre getreten zu sein, die einem Anderen mehrere Male zur Athmung gedient hatte.

Fassen wir nun die obigen Beobachtungen zusammen, so sind wir nicht nur gezwungen, anzunehmen, dass in der Kastenluft bei unseren Versuchen sich keine flüchtigen organischen Stoffe ansammelten, sondern wir können im Allgemeinen behaupten, dass der normale und gesunde Mensch keine nennenswerthen Mengen von flüchtigen verbrennlichen Stoffen an die ihn umgebende Luft abgibt, und dass, wenn

das letztere geschieht, dies zunächst zurückzuführen ist auf die Entwicklung von Gasen, welche bei einer mangel- oder fehlerhaften Verdauung im Darme, hauptsächlich in Folge von unzweckmässiger Ernährung producirt werden, oder welche ihre Entstehungsursache in Zersetzungsvorgängen von Abscheidungsproducten an der Körperfläche, also ausserhalb des Körpers (bei schmutziger Haut, Kleidern etc.) haben.

Wenn sich dies nun so verhält, so könnte man zu der Meinung gelangen, dass in Wohn- und Arbeitsräumen des Menschen nur in den seltensten Fällen eine andere Lufterneuerung stattzufinden habe, als die, welche durch die natürlich gegebenen Verhältnisse der von den Menschen benutzten Gebäude bedingt, geschehe.

Man könnte sich vorstellen, dass eine Ventilation nur dann erforderlich wäre, wenn durch ausserhalb des Menschen gelegene und mehr oder weniger unvermeidbare Ursachen (z. B. in Fabriken, bei Gewerben, in Hospitälern<sup>1)</sup> etc.) der Luft grössere Mengen von fremden Dämpfen oder Staubbestandtheilen (besonders etwa infectöser Natur) mitgetheilt würden.

Allein eine solche Schlussfolgerung würde nicht gerechtfertigt sein. Denn wenn auch nach Obigem in Räumen, in welchen mehrere Menschen sich aufhalten, durch die Athmung der letzteren keine Anhäufung von organischen oder gar in kleinster Menge giftig wirkenden Gasen bewirkt wird, so sind immerhin in solchen Räumen noch Momente genug vorhanden, welche, abgesehen von dem Einflusse der Beleuchtung u. dgl., von mehr oder weniger zufälligen Handlungen der Menschen in den zu ventilirenden Räumen u. s. w. durch den Aufenthalt der Personen selbst künstliche Einrichtungen zum Luftwechsel erfordern, und auf welche die vielfach in der Literatur erwähnten günstigen Einflüsse der Einführung einer Ventilation sehr wohl bezogen werden können.

1) Vgl. besonders Wernich, Ueber verdorbene Luft in Krankenräumen. Volkmann's Sammlung klin. Vorträge (1880) Nr. 179.

Zu solchen Momenten rechnen wir vor allem die Production von Wasserdampf durch den Menschen und die Temperatur- resp. Abkühlungsverhältnisse.

Was die erste anlangt, so ist zwar bekannt, dass in schlecht ventilirten Räumen selten eine vollkommene Sättigung der Luft mit Wasserdampf beobachtet wird. Dies hat nun seinen Grund darin, dass eben meist die Wände und vor allem die tieferen Theile jener Räume und die in ihnen vorhandenen Gegenstände eine wenn auch häufig nur wenig niedrigere Temperatur besitzen als die den Menschen selbst umgebende Luftschiichte. Dadurch tritt unter allen Umständen an den kühleren Theilen eine Condensation von Wasserdampf und Durchfeuchtung auf, deren Intensität sich nothwendig richtet nach der jeweilig producirten Menge des Wasserdampfes, den Differenzen in der Temperatur der Gegenstände und der Möglichkeit, dass letztere das aufgenommene Wasser etwa nach aussen zu abgeben können.

Es ist dabei bemerkenswerth, dass in Räumen, welche mit Wasserdampf nahezu gesättigt sind, auch Kleidungsstücke nicht unbeträchtliche Wassermengen aufnehmen<sup>1)</sup>. Dieses Anschlagen von Wasser oder die Wasseraufnahme von Seite einzelner Theile schlecht ventilirter Locale ist durchaus nicht so gleichgültig, als man auf den ersten Blick meinen könnte, wenn sie auch häufig nur in sehr geringen Quantitäten erfolgt. Es tritt dasselbe in eine

1) Während meiner Versuche habe ich auch mehrere Male kleinere genau gewogene Stücke von Flanell und Leinwand mit in den Kasten genommen, und dieselben sofort nach dem Verlassen des Kastens — in Gläsern eingeschlossen, um die Abgabe von Wasser zu verhüten — gewogen. Dabei zeigte sich, nahe in Uebereinstimmung mit den Resultaten von Pettenkofer und von Klas Linroth (Ztschr. f. Biologie Bd. 17 [1882] S. 184), dass je 100% der Wolle um 13%, der Leinwand um 14% an Gewicht zugenommen hatten. Die Möglichkeit einer so beträchtlichen Wasseraufnahme durch die Kleidung bei einem Aufenthalt in feuchter Luft ist besonders im Auge zu behalten bei dem Uebergange von dieser in trockene oder kalte Luft, da hierbei die Wärmeabgabe der Kleidungsstoffe nach Pettenkofer, Krieger u. A. im durchfeuchteten Zustande wesentlich verändert ist. Das unangenehme Kältegefühl, das man hat, wenn man von feuchter warmer Luft plötzlich in kalte Luft gelangt, ist wahrscheinlich weniger auf die Empfindung der Temperaturdifferenz, als auf die Wirkung der durchfeuchteten Kleider zu schieben.

Reihe mit den Wirkungen, welche in neuester Zeit Emmerich<sup>1)</sup> von dem Benetzen der Zimmerböden auf deren Fugen und Füllungen so anschaulich beschrieben hat. Bei der unvermeidbaren Gegenwart von Staubbestandtheilen in unseren Wohnungen etc. an und in den Wänden derselben u. s. w., Staub und Schmutz, welcher zum Theil aus organischen, der freiwilligen Zersetzung fähigen und aus organisirten Stoffen besteht<sup>2)</sup>), ist eine kleine Menge von condensirtem Wasser genügend, den niederen parasitären Organismen, besonders den Spalt- und Schimmelpilzen Gelegenheit zur Entwicklung zu geben. Es ist bekanntlich anzunehmen, dass der mehr oder weniger üble, dumpfe Geruch in nicht ventilierten Localen vielfach in diesem Verhalten seine Ursache findet.

In grösserer Maasse kann man bekanntlich das Auftreten von riechenden Stoffen wahrnehmen bei einer sichtbaren Durchfeuchtung einzelner Theile oder Flächen unserer Wohnung (feuchten Wänden, an welchen eine eintretende Condensation von Wasserdampf aus der Luft sofort oder alsbald erkennbar ist, Zwischenböden) oder bei dem Vorhandensein feuchter oder nasser, mit mehr oder weniger Staub beschmutzten Kleidungen, wobei ebenfalls die Production der riechenden Substanzen durch die Thätigkeit zum Leben erwachender Organismen bewirkt werden kann.

Fast allein durch eine richtig geleitete Ventilation ist man, bei der relativ grossen Menge von Wasserdampf, die ein Mensch producirt, im Stande, eine solche Condensation mit ihren möglichen Folgen (Entwicklung gasförmiger Zersetzungspredicte, Vermehrung niederer Organismen u. s. w.) zu beschränken oder zu verhindern.

Was die Temperaturverhältnisse anlangt, so ist auf die Wirkung einer ungenügenden Ventilation in dieser Beziehung von Pettenkofer u. A. öfters aufmerksam gemacht. Hand in Hand mit der Bereicherung der Luft an Wasserdampf verhindert die ebenfalls eintretende Temperaturerhöhung derselben bei längerem Aufenthalte des Menschen selbstverständlich dessen zweckmässige Abkühlung, und zwar um so mehr, je ungünstiger z. B. in stark

1) Emmerich, Zeitschr. f. Biol. (1882) Bd. 18 S. 321 u. 349.

2) Vgl. auch Poincaré, Annales d'Hygiène (Sept. 1882) p. 196. — Miquel, Annal. de Montsouris, 1882 u. 1883.

überfüllten Räumen, wo die Menschen eng aneinandersitzen oder stehen, die Bedingungen für die Wärmeabgabe durch Strahlung sind. Unter solchen Verhältnissen kann die Körpertemperatur des Menschen sich leicht über die normalen Grenzen erhöhen, was namentlich bei längerer Einwirkung, ganz abgesehen von dem Einflusse auf die Stoffzersetzungen, auf die nervösen Centralorgane, besonders die des Gefäßsystems mannigfache Wirkungen ausübt. Es ist wohl sicher, dass Ohnmachtsanfälle u. dgl., welche in ungenügend ventilirten Räumen mitunter beobachtet werden können, nur in ganz bestimmten Fällen auf die Einathmung von nachtheilig wirkenden Gasen beruhen, sondern dass sie vorzüglich eine Folge der ungenügenden Abkühlung sind.

In der That findet, wie wir uns auch überzeugt haben, bei bereits kurzen Aufenthalte in überfüllten und nicht sehr zweckmässig ventilirten Localen eine Erhöhung der Körpertemperatur statt, da hier die seitliche Abkühlung sowie die Fortführung des an der Körperoberfläche gebildeten Wasserdampfes erschwert ist. Diese Erhöhung betrug nach einigen Beobachtungen, die ich während des Aufenthaltes auf den höher gelegenen Galerien von stark besetzten Theatern und Kirchen zu machen die Gelegenheit nahm, an meiner Person  $0,3 - 0,6^{\circ}$  C., wie aus der nachfolgenden Tabelle hervorgeht. In dieser sind die Temperaturen angegeben, welche ich nach einem zweistündigen Aufenthalte (B), sowie jeweilig eine halbe Stunde vor dem Betreten (A) und nach dem Verlassen (C) des betreffenden Locales an mir (in der Achselhöhle) gefunden habe.

#### Verhalten der Körpertemperatur:

A	B	C
36,8	37,3	36,6
37	37,2	36,8
37,1	37,2	36,8
37	37,6	36,9
36,7	37,3	36,9
36,6	37,2	36,5
37	37,5	36,9
37	37,2	36,8

Zu bemerken ist hierbei, dass in den Localen, wo die Wahrnehmungen gemacht wurden, immerhin noch Ventilationsvorrichtungen thätig waren, sodass hierbei von einer sehr stark

»verschlechterten« Luft noch nicht einmal die Rede sein konnte. Beiden, gewissermaassen im gleichen Sinne wirkenden, Einflüssen (der Veränderung der Temperatur sowohl als des Wassergehaltes einer Luft) kann, soweit sie mit dem Aufenthalte von Menschen in Verbindung stehen, hauptsächlich nur durch einen zweckmässigen Luftwechsel begegnet werden.

Die Aufgabe der Ventilation in dieser Beziehung ist gross genug, ohne dass man nöthig hätte, zu ihrer Begründung die Eventualität einer Ansammlung von hypothetischen fremden Luftbestandtheilen herbeizuziehen; ja, man wird um so leichter dieser Aufgabe gerecht werden können, wenn es genau bekannt und scharf umschrieben ist, was mit der Ventilation geleistet werden soll.

Zum Schlusse mögen noch einige Bemerkungen über das Auftreten von riechenden Gasen in den von Menschen besetzten Räumen und die mögliche Vermeidung desselben gestattet sein.

Wir haben nun allerdings schon darauf hingewiesen, dass mehrere Bedingungen vorhanden sind, unter welchen die Abgabe von riechenden Gasen von den Menschen zweifellos vorkommt. Allein wir glauben, dass hier die Aufgabe ist, nicht die bereits gebildeten Gase aus der Umgebung des Menschen durch Ventilation zu entfernen, sondern deren Production soviel wie möglich zu beschränken oder zu verhindern.

Was die Darmgase anlangt, so sind die Umstände, unter welchen diese producirt werden, und ihre Menge unter verschiedenen Verhältnissen einstweilen noch nicht genügend bekannt. Allein wir dürfen wohl behaupten, dass dann, wenn entweder unzweckmässig zusammengesetzte Speisen und Speisengemenge, oder zu viel Material, oder dies in irrationaler Vertheilung der Mahlzeiten genossen werden, Gärungen und ähnliche Processe im Darme leicht auftreten, und dass damit die Veranlassung für Gasentwicklung reichlich geschaffen wird.

Alles sonach, was zur Verbesserung der Ernährungsweise des Menschen führt, dient indirect zum Theile auch zur Erhaltung der Reinheit der Luft in seiner Uingabe.

Was dagegen die Unreinlichkeit an Körper und Kleidung betrifft, welche zu einer Verunreinigung der Luft führen muss,

so ist es begreiflich, dass auch hier das Bestreben sein muss, nicht deren Folgen, wozu eine übel riechende Luft gehört, zu bekämpfen, sondern den Schmutz selbst möglichst ferne zu halten. Was hierbei schon viele Male mit Bezug auf die Ansammlung von riechenden Stoffen, z. B. in Krankenzimmern u. s. w., so namentlich in neuester Zeit von den Fehlböden (Emmerich) ausgesprochen wurde, gilt gerade so gut von dem Schmutze, der sich in den Kleidern und an der Körperoberfläche befinden kann.

Ist es natürlich auch nicht möglich, das Niederschlagen von Staub u. s. w. an unseren Körpern und auf den Kleidern zu verhindern, und sind auch organische, der freiwilligen Zersetzung fähige Stoffe, wenn auch in geringer Menge, so doch stets als Producte der Hautthätigkeit an unserer Körperoberfläche zugegen, so ist eben deren Anhäufung daselbst soviel als möglich zu vermeiden.

Mit der Reinerhaltung des Körpers und der ihm bedeckenden Hüllen erzielen wir, mit Bezug auf die Eigenschaft der Luft, welche wir Reinheit nennen, unter Umständen mindestens so viel, wenn nicht mehr, als mit einer Ventilation. Ja, wir können uns, im Hinblicke auf unsere Experimente, besonders in Localen, in denen eine grössere Menschenzahl sich nur für kürzere Zeit aufhält, und die Wirkungen der Temperatur und Luftfeuchtigkeit sonach in den Hintergrund treten, Fälle denken, in welchen die Beschaffung oder Erhaltung einer reinen, geruchlosen Luft nicht vorzüglich durch Ventilationseinrichtungen zu erreichen gesucht werden muss, sondern wo dazu andere Mittel in Anwendung gebracht werden können. Prof. Forster ist der Meinung, dass es nicht selten, so namentlich für Schulen, zweckmässiger wäre, statt grösserer, eventuell im Bau und Betriebe theurer Ventilationsanlagen, solche Einrichtungen in den Erziehungsinstituten, Schulanstalten u. dgl. zu treffen, welche es gestatten würden, dass sämmtliche auch unbemittelte Kinder einer Schule, und zwar die letzteren erst recht, Jahr aus Jahr ein, auch in den kälteren Jahreszeiten ein oder zwei Bäder in der Woche erhielten. An dieser Stelle ist selbstverständlich nicht weiter auszuführen, dass dies am besten durch die Errichtung von überbauten Bade- und Schwimmhallen

ermöglicht würde. Allein auch mit Hilfe von einfacheren Einrichtungen könnte in dieser Beziehung viel geschehen.

Bei Baderäumen und Douche-Bädern z. B., welche den in den sächsischen Kasernen durch Generalarzt Roth<sup>1)</sup> eingeführten ähnlich sind, dürften die Kosten einer solchen Anlage sowohl wie des Betriebes derselben sogar für öffentliche Schulen nicht allzu erheblich sein. Abgesehen von den wohlthätigen Einflüssen, welche der wiederholte Genuss von Bädern für die Kinder unbestreitbarer Volksklassen in mannigfacher Weise, besonders auch in erziehlicher Hinsicht (Angewöhnung der Reinlichkeit für das spätere Leben u. s. w.), sowie auch in Bezug auf die Beschränkung der Verbreitung von Infectionssstoffen darbieten muss, würde damit in gewissem Sinne auch für die Reinerhaltung der Schulluft in einer Weise gesorgt werden, welche den überreichen Gebrauch von Ventilationsapparaten zu ersparen gestattete.

Dieser Gedanke mag für den ersten Augenblick etwas seltsam erscheinen; seine Durchführung in der Praxis aber scheint uns an vielen Orten nichts weniger als unmöglich zu sein. Würde man ja doch hierbei theilweise nur ein Beispiel nachahmen, das uns bereits von unseren Vorfätern im Mittelalter mit ihren Schul- und Armenbädern gegeben ist<sup>2)</sup>. Es dürfte sich bei einer Einführung von Schulbädern in obigem Sinne ähnlich verhalten, wie mit den sogenannten Feriencolonien für Schulkinder, welche trotz der mannigfachen Schwierigkeiten, die ihnen anfänglich im Wege standen, durch die Energie und Opferfähigkeit Einzelner zum Segen unserer Jugend mehr und mehr Verbreitung finden.

1) Roth, Bericht des Ausschusses über die 6. Versammlung des deutschen Vereins für öffentl. Gesundheitspflege in Dresden 1878 (1879) S. 86. Ferner Tollet, Les bains-douches (Paris 1877). Besonders: Renk, Abschnitt »Öffentliche Bäder« in Ziemssen's und Pettenkofer's Handbuch der Hygiene II. Thl. II. Abthl. (1882) S. 400.

2) Vgl. Marggraff, deutsche Zeit- und Streitfragen Nr. 163 u. 164 (1882). Herausgegeben von Holtzendorff.



132

