

Paukenhöhle, wenn das Trommelfell sehr nach innen eingezogen, ist eine Verletzung der anderen Paukenhöhlengebilde dabei eher zu fürchten; auch der Schmerz, wenn man an dieser Stelle in's Trommelfell sticht, ebenso wie die Blutung sind dann meist bedeutender. —

### XIII.

## Ueber die hygienische Bedeutung des Wassergehaltes der Atmosphäre.

Von Dr. Friedrich Falk in Berlin.

Der nachtheilige Einfluss, welchen der Aufenthalt in überfüllten Räumen auf das leibliche und psychische Befinden auszuüben vermag, ist allbekannt; fraglich dürfte nur sein, welches das gesundheitswidrige Princip ist, da die Luft in derartigen Räumen in Folge der Respirations- und Perspirationsthätigkeit der Bewohner zugleich mit Wasserdampf, Kohlensäure und organischen Substanzen überladen sein kann. Aus Thierversuchen, in welchen zuvor die  $\text{CO}_2$  und der Wasserdampf aus solcher Atmosphäre entfernt worden, sollen Gavarret <sup>1)</sup> und Hammond <sup>2)</sup> „die Giftigkeit der lediglich durch den Aufenthalt vieler Menschen in die Luft gelangten organischen Substanzen exact erwiesen haben“, indem sie bei solchen Versuchen kleine Säugethiere schon nach 45 Minuten verenden sahen. Ich begegnete dieser Angabe nach einander bei Parkes <sup>3)</sup>, in wörtlicher Wiedergabe bei Roth und Lex <sup>4)</sup>, weiterhin bei Haehner <sup>5)</sup>, endlich noch jüngst bei Cameron <sup>6)</sup>.

<sup>1)</sup> In dessen Hauptwerk: „Physique médicale“ konnte ich keine dahingehende Angabe auffinden.

<sup>2)</sup> Dessen mehrfach citirtes Buch: Treatise on hygiene ist mir zu erlangen nicht möglich gewesen.

<sup>3)</sup> A manual of practical hygiene. 1863. p. 103.

<sup>4)</sup> Handbuch der Militair-Gesundheitspflege. Bd. 1. S. 185.

<sup>5)</sup> Ueber den schädlichen Einfluss feuchter Wohnungen. Diss. med. Berol. 1873. S. 17.

<sup>6)</sup> Half yearly Report on health in Dubl. journ. of medic. sciences. 1873. 11. p. 412.

Die kurze Darstellung und die Deutung des erwähnten Experimentes erweckten in mir Bedenken und es drängte sich mir die Vermuthung auf, dass die blosse Entziehung von Wasser aus der Inspirationsluft nicht ohne Gefahr für die kleinen Versuchsthiere sein möchte; die Erfahrungen über die schnell deletären Folgen solcher Wasserentziehung bei Pflanzen liessen jene aprioristischen Bedenken nicht ganz unstatthaft erscheinen.

In Anbetracht der hygienischen Wichtigkeit des Experimentes beschloss ich demselben zuvörderst in der Weise näher zu treten, dass ich prüfte, ob ein längerer Aufenthalt in gewöhnlicher Athmungsluft, welcher der Wasserdampf, in zweiter Reihe auch die  $\text{CO}_2$ , entzogen, kleineren Versuchsthiere ebenfalls schädlich sei. Waren Gesundheitsstörungen hier ersichtlich, so war zunächst die Deutung jenes erwähnten Experimentes im Sinne von Hammond und Parkes nicht mehr gerechtfertigt; ausserdem lohnte es sich, die etwaigen Krankheitserscheinungen der Thiere genauer zu analysiren.

Wohl konnte man sich mit Recht dahin aussprechen, dass die hygienische Bedeutung des Wassergehalts der Atmosphäre noch wenig aufgeklärt sei <sup>1)</sup>. Freilich hat man in ätiologischen Forschungen der Luftfeuchtigkeit Aufmerksamkeit zugewendet und vielfache pathogenetische Bedeutung beigelegt; für trockenere Orte und Zeiten galt lange das Hippokratische Wort: *κατα το μεν ολον οι ανημοι των επομβριων εισιν υγιεινότεροι και ησσον θανατωδες* <sup>2)</sup>; schien es doch noch in neuerer Zeit durch die Erfahrungen aus Tropengegenden bestätigt <sup>3)</sup> und lehrte doch die geographische Pathologie, dass ein sehr trocknes Klima u. d. günstig dem Fernbleiben mehrerer Lungenaffectionen sei <sup>4)</sup>, die Intensität der Gelbfieber-Ursache <sup>5)</sup> zu schwächen und Malaria zu mässigen vermag.

Indessen entging doch schon Hippokrates <sup>6)</sup> nicht die von neueren wieder dargethane Schädlichkeit trockener Luftbeschaffenheit

<sup>1)</sup> Roth und Lex. S. 177.

<sup>2)</sup> Aphorismen. Edit. Littré. VI. 15. p. 493.

<sup>3)</sup> Lind, Krankheiten der Europäer in heissen Klimaten. Aus dem Englischen. Barbier, Hygiène appliquée à la thérapeutique. S. 136.

<sup>4)</sup> Hirsch, Handbuch der historisch-geographischen Pathologie. Bd. II. — Parkes p. 465.

<sup>5)</sup> Griesinger, Infections-Krankheiten. S. 62.

<sup>6)</sup> loc. citat. 16.

für andere ernste Krankheitsprozesse und in neuester Zeit wurde z. B. hervorgehoben, wie Jahren mit wenig Feuchtigkeit eine grosse Typhus-Morbilität entspricht.

Indessen muss man sich bei allen diesen Angaben, abgesehen davon, dass sie nur auf nicht durchweg untrüglichen, statistischem, Wege gesammelt worden sind, wohl vergegenwärtigen, dass der Gegensatz von trockenen und feuchten Klimaten im Wesentlichen weder auf die Dampfspannung noch auf die Dampfsättigung <sup>1)</sup>, sondern auf die Menge der meteorischen Niederschläge und den Grundwasserstand bezogen worden ist. Da hierbei ausser den atmosphärischen Factoren Bodenverhältnisse: Gestaltung, Porosität, Verdunstungsfähigkeit, wesentlich mitbedingend sind, so ist der ätiologische Einfluss der Niederschläge ein complicirter und dem Thierversuche nicht recht zugänglich. Einfacher, directer erscheint aber die im Folgenden beleuchtete Einwirkung des atmosphärischen Wasserdampfes. Ueber diese liegen jetzt u. a. Erfahrungen aus Nord-Amerika vor, in welchem, Dank namentlich den dort vorherrschenden, über einen grossen Continent hinwegwehenden Süd-Ostwinden, die Luft trocken bleibt, während die jährliche Regenmenge nicht geringer als in Europa ist. Aufmerksamen Beobachtern ist dort der Einfluss der Lufttrockenheit auf unbelebte Gegenstände, auf Thiere und Menschen östlich von der Sierra Nevada und dem Cascada-Gebirge nicht entgangen <sup>2)</sup>; ja es hat sich die hohe Bedeutung ergeben, welche der Wassergehalt der Atmosphäre auf die Eigenart einer Bevölkerung ausübt. Für die volkwirthschaftlich wie sanitäts-polizeilich hochwichtige Frage der Auswanderung <sup>3)</sup> hat sich das bedeutsame Facit ergeben, dass Europäer, welche längere Zeit in Amerika wohnen, ihr Leben etwas verkürzen; auch bei den gebornen Amerikanern zeigt sich die mehrfache Einwirkung der trocknen Luft u. a. auf die Stimm- und Athmungsorgane; ausserdem tritt aber eine Eigenthümlichkeit der nervösen Sphäre, eine „fieberhafte Eile“ und „instinctive“ Beweglichkeit, eine „nervöse

<sup>1)</sup> Schmid, Grundriss der Meteorologie. S. 196.

<sup>2)</sup> Desor in: Boston medical journal 2250. — Medicinisch-chirurgische Rundschau. 1871. 12. S. 53. — Müller's kosmische Physik. III. Auflage. S. 648.

<sup>3)</sup> Albrecht Böhme, „Veränderung der weissen Race in Amerika“ in: Gegenwart; Wochenschrift für Literatur, Kunst und öffentliches Leben. 1873. No. 17 und 18.

Reizbarkeit“ hervor; endlich wird auf dasselbe ursächliche Moment der schlanke, ätherische Wuchs der menschlichen und vierfüßigen Bewohner des Nord-Amerikanischen Festlandes bezogen. Im Allgemeinen wirkt das dortige Klima aufreibend auf den menschlichen Körper und greift besonders auch die Lunge an. Wir kommen hierauf noch zurück und bemerken nur, dass wir, indem wir experimentell den Einfluss künstlich getrockneter Luft zu erforschen suchten, einen kleinen Beitrag zur Lehre von der Einwirkung physikalischer Agentien auf die Gesundheit zu liefern gedachten; man könnte hierauf die Worte, welche ein Autor <sup>1)</sup> über die Lehre von den Nahrungsmitteln gebraucht hat, ganz gut anwenden: „Der ungemeine Aufschwung, welchen die Chemie in den jüngstverflossenen Decennien nahm, war wohl die Ursache, dass die Lehre von den chemischen Bestandtheilen . . . . . alle Aufmersamkeit absorbirte, und dass nur so nebenbei die physikalische Beschaffenheit (in experimentellen Arbeiten) erwähnt wird“; nur der Temperatur unserer Atmosphäre wurde in Folge der häufigen Fälle von Hitzschlag und Erfrierungen sowie wegen der physiologischen Controversen über die Wärmeregulirung im thierischen Organismus Beachtung gewidmet. Von älteren Autoren sind vor allem W. F. Edwards und sein von französischen Schriftstellern viel citirtes Werk: „De l'influence des agents physiques sur la vie (Paris 1824)“ und danach Lehmann's bekannte „Beiträge zur Kenntniss des Verhaltens der CO<sub>2</sub>-Exhalation unter verschiedenen physiologischen und pathologischen Verhältnissen“ (Leipzig 1846) zu nennen. — — Ausserdem aber glaubte ich auf diesem Wege allein die Folgen eines schnellen Wasserverlustes, einer Eindickung des Blutes, experimentell feststellen zu können. In der Theorie lassen sich dieselben leicht construiren und spielen in der Pathologie eine nicht geringe Rolle bei der Erklärung von Symptomen und Symptomencomplexen. So haben namentlich schon in früheren Choleraepidemien sorgfältige Beobachter die meisten, nicht vom Magen-Darmkanal ausgehenden Symptome von der durch die profusen Ausleerungen herbeigeführten Verminderung und Eindickung des Blutes hergeleitet <sup>2)</sup> und danach therapeutische Maass-

<sup>1)</sup> Krieger, Untersuchungen und Beobachtungen über die Entstehung von entzündlicher und fieberhaften Krankheiten. Zeitschrift für Biologie. 1869. V. S. 498.

<sup>2)</sup> Hammernjk, Die epidemische Cholera. Prag 1850. Güterbock, Deutsche

nahmen empfohlen; bis in die neueste Zeit ist diese Theorie trotz mannichfacher klinischer Bedenken vertheidigt <sup>1)</sup>, und, wiederum vornehmlich auf klinische Thatsachen hin, bekämpft worden <sup>2)</sup>. So dann hatte man auf Grund von Sectionsergebnissen den Tod nach oberflächlichen Hautverbrennungen <sup>3)</sup> lediglich als Consequenz der Bluteindickung in Folge der vesiculösen Exsudationen erklärt, eine Theorie, welche nach Mendel „einer weiteren Beobachtung zur Grundlage dienen könnte <sup>4)</sup>“. Ferner haben, um nur einige namentlich anzuführen, Smart <sup>5)</sup>, Parkes, Jacobasch <sup>6)</sup>, jüngst noch Rothmund <sup>7)</sup> wichtige Erscheinungen der Insolation auf Wasserentziehung zurückgeführt. Endlich ist, um in ein ganz anderes Gebiet zu treten, ein alter Vorwurf, welchen man der Luftheizung gemacht hat, der, dass sie eine „allzugrosse Trockenheit der Zimmerluft“ und dadurch Gesundheitsstörungen hervorrufe. — Einen anderen Weg, die Wirkungen der Austrocknung festzustellen, habe ich nicht erdenken können, denn bei Anwendung anderer Agentien, welche die Verdunstung befördern, wie Wärme oder Luftdruckverminderung, kamen eben noch andere Factoren gleichzeitig in wesentlichen Betracht. Selbst bei relativ kurz währendender Einwirkung der trocknen Luft hoffte ich aber zu irgend welchen positiven Ergebnissen zu gelangen, indem ich Thiere mit verhältnissmässig grosser Verdunstungsoberfläche bei dünner, fettarmer Epidermislage verwandte; fand doch Reinhard <sup>8)</sup>, dass, wenn in einfach durch SO<sub>2</sub> getrocknete Luft perspirirt wird, durch dieselbe Hautstelle nahezu noch einmal so viel Wasserdunst als in gewöhnliche Luft abgegeben wird, ja Edwards wollte bei nicht einmal vollständiger Austrocknung der Athemluft die Gesamtperspiration um das Sechsfache gesteigert sehen. Uebrigens aber müssen

Klinik 1853. No. 11 — 13. Piorry, Blutkrankheiten. Uebers. v. Kaupp. C. Schmidt, Charakteristik der Cholera.

<sup>1)</sup> Potain, Gazette hebdomadaire. 1873. No. 45.

<sup>2)</sup> Goldbaum, Dieses Archiv 1867. Bd. XXXVIII. S. 245. Berliner klinische Wochenschrift. 1873. No. 46. S. 525.

<sup>3)</sup> und nach Alkohol-Intoxication, cfr. Baraduc. (Paris 1862.)

<sup>4)</sup> Vierteljahrsschrift für gerichtliche Medicin. N. F. Bd. 13. S. 111.

<sup>5)</sup> American journal of medical sciences. Bd. 49. 1865. p. 543.

<sup>6)</sup> Deutsche militairärztliche Zeitschrift. 1873. Hft. 9.

<sup>7)</sup> Bayrisches ärztliches Intelligenz-Blatt. 1873. No. 45. S. 662.

<sup>8)</sup> Zeitschrift für Biologie. 1869. V. S. 60.

alle etwaigen Folgen solcher relativen Polycythämie um so deutlicher und ausgeprägter werden, je rascher dieselbe entstanden ist<sup>1)</sup>. —

Edwards und Lehmann, welche vorwiegend an Frösche experimentirten, haben in erster Reihe den Gewichtsveränderungen der Thiere Aufmerksamkeit zugewendet und sind hierbei zu direct entgegengesetzten Ergebnissen gelangt. Während nemlich Lehmann angiebt, dass, wenn man Frösche in gewöhnlicher feuchter atmosphärischer Luft athmen lässt, sie weit mehr von ihrem Körpergewichte verlieren, als wenn man sie durch ClCa entwässerte Luft respiriren lässt<sup>2)</sup>, hat Edwards bei trockner Luft einen 7 bis 10fach stärkeren Gewichtsverlust als bei extremer Feuchtigkeit und ihn überhaupt viel mehr von dem Wassergehalte als von der Temperatur der Luft beeinflusst gefunden<sup>3)</sup>. Indessen sind die Experimente beider, wiewohl zum selben Zwecke, doch in verschiedenartiger Weise ausgeführt. Zuvörderst handelt es sich um eine ungleiche, bei Lehmann längere, Beobachtungsdauer: nun weist Edwards selbst darauf hin, dass auch bei ruhiger Luft und gleichbleibender Temperatur lebende wie todt Frösche, (ebenso unbelebte organische, wasserhaltige Substanzen) von Stunde zu Stunde gewogen, erhebliche Fluctuationen im Gewichtsverluste durch Verdunstung zu erkennen geben, so zwar, dass derselbe durchschnittlich zusehends geringer wird. Sodann hat Lehmann trockne Luft mit gewöhnlicher Laboratoriums-, Edwards mit künstlich durchfeuchteter Atmosphäre verglichen; beide haben endlich in verschiedener Art, Lehmann entschieden viel vollständiger, die Luft ihres Wasserdampfes beraubt<sup>4)</sup>.

Wenn ich selbst Frösche mehrere Stunden lang in trockener Luft hielt, so zeigte sich während dessen der unverkennbare Einfluss auf die Hautthätigkeit, dass auch die sensible Transpiration auffällig zunahm; die Haut bot ein nasses, triefendes Aussehen, wie bei (electricischer) Reizung ihrer Drüsennerven<sup>5)</sup>. Dies würde aber

<sup>1)</sup> Vgl. Virchow, Specielle Pathologie und Therapie. Bd. I. 1854. S. 381.

<sup>2)</sup> 100 Gr. Frosch in 24 Stunden in feuchter Luft 2 — 7mal mehr Gewichtsverlust als in trockner.

<sup>3)</sup> p. 95 und Tabl. IX.

<sup>4)</sup> In dem Apparate von Edwards zeigte das Saussure'sche Hygrometer 10°.

<sup>5)</sup> H. Röber, Ueber das electromotorische Verhalten der Froschhaut bei Reizung ihrer Nerven. Archiv von Reichert u. du Bois-Reymond. 1869. Hft. 6. S. 6.

doch nicht hindern, dass, wenn man, wie Lehmann, die getrocknete Luft 24 Stunden einwirken lässt, und erst nach Beendigung des Versuches wägt, man nun ebenfalls die Haut der Frösche trocken, für die Flüssigkeiten weniger penetabel, und somit zu gehöriger Transpiration untauglich findet. Ich habe jedoch die Versuche an Kaltblütern abgebrochen, weil sie mit Ausnahme weniger, vielleicht schon kranker, Thiere, welche unter Somnolenz zu Grunde gingen, keinerlei beachtenswerthe Störungen in den wichtigen Lebensfunctionen darboten, auch nicht, wenn ich vor Beginn des Versuches die Lungen exstirpirt hatte.

Weiterhin hatte Lehmann die Menge der ausgeathmeten  $\text{CO}_2$  bei trockner und bei feuchter Luft verglichen und es hatte sich die Thatsache herausgestellt, dass der Einfluss der Temperatur auf die  $\text{CO}_2$ -Quantität durch den Feuchtigkeitsgrad der eingeathmeten Atmosphäre ausserordentlich modificirt wird. Indessen, abgesehen davon, dass in jenen Versuchen nur von Einflüssen auf die ausgeschiedene, nicht die producirt  $\text{CO}_2$  die Rede sein kann, möchte ich doch gegen Lehmann's Schlussfolgerungen, obwohl sie in die besten Lehrbücher übergegangen sind, schon deshalb Bedenken hegen, weil, wie ihm selbst natürlich nicht entgehen konnte, der Modus der Athembewegungen verändert und hierdurch allein schon die Menge exhalirter  $\text{CO}_2$  beeinflusst wird. —

Ich gehe nun zur Beschreibung meiner eigenen Versuchsanordnung über und bemerke, dass ich meine Experimente im chemischen Laboratorium des hiesigen pathologischen Institutes angestellt und mich dabei jeder Zeit freundlichsten Rathes Seitens des Herrn Prof. E. Salkowski zu erfreuen gehabt habe.

Edwards hatte einfach die Thiere in ein geschlossenes Gefäss, in welchem sich Aetzkalk befand, hineingesetzt; er giebt selbst zu, dass auf diese Weise äusserste Trockenheit der Athmungsluft nicht zu erzielen ist. Lehmann benutzte dazu Aspiratoren, vermittelt welcher er drei Stunden hindurch über  $\text{ClCa}$  streichende Luft in den Thierbehälter einströmen liess. Nach ähnlichem Principe, doch in etwas abweichender Versuchsgestaltung bin ich verfahren:

Als Recipient diente eine Glasglocke von 69 Cm. Höhe und 36 Cm. Grundflächen-Durchmesser, in welcher die freie Bewegung kleiner Säugethiere nicht gehindert war und deren Rand in eine behufs luftdichten Verschlusses mit Quecksilber gefüllte Vertiefung einer hölzernen Tischplatte passte; diese war innerhalb

des Recipienten mit einer Glasplatte bedeckt, ausserhalb mit Schellack gestrichen; auf die Glasplatte kam gewöhnlich noch eine Lage Fließpapier. Der Hals der Glocke war mit einem zwiefach durchbohrten Korke gestrichen; die eine Durchbohrung nahm ein Thermometer auf, die andere, 2 Cm. im Durchmesser haltend, enthielt eine rechtwinklig gebogene, nur bis unmittelbar unter den Kork reichende Glasröhre, die zur Abführung der Luft diente. Hingegen befand sich die Zuleitungsröhre in einem in die Tischplatte eingelassenen Korke, überragte diesen nicht und hatte einen Querdurchmesser von  $\frac{3}{4}$  Cm. Die Luft drang in dieselbe, nachdem sie erst eine mit  $\text{SO}_3$  gefüllte Spritzflasche, welche zugleich durch das sichtbare Aufsteigen der Luftblasen gleichsam als Compteur diente, dann ein zusammenhängendes System von vier mit  $\text{ClCa}$  gefüllten U-Röhren, deren Schenkel von durchschnittlich 24 Cm. Höhe waren, endlich den ( $\text{SO}_3$ -haltigen) Fresenius'schen Trockencylinder durchwandert hatte. Als Aspiratoren dienten mit der Ableitungsröhre in passende Verbindung gebrachte Gasometer; die, welche ich brauchte, hatten etwa 42 Cm. Höhe und 82 Cm. Umfang.

Sehr wichtig ist es, nicht zu geringe Luftquanta durch den Recipienten zu leiten, da sonst der Gehalt an Wasserdampf in der Glocke nicht blos nicht vermindert wird, sondern sogar leicht bis zur Sättigung und Condensirung steigt und ausserdem asphyctische Symptome sich bald kund gaben. Mehrmals konnte ich mich überzeugen, dass, wenn ich nach Einbringung des Thieres ungenügend ventilirte, der Wasserdunst am Glase in tropfbar-flüssiger Form sich eher niederschlug, als wenn ich ein anderes Mal Zu- und Ableitungsröhr verschloss und dasselbe Thier im Recipienten bis zum Eintritt von Zeichen der  $\text{CO}_2$ -Intoxication beliess, obwohl die Temperatur der Glockenluft in ersterem Falle keineswegs niedrigere Grade aufwies. Uebrigens war der Umstand, dass nach Einbringen des Thieres das Thermometer im Recipienten nur wenige Grade stieg (es steigt sofort nach dem Einbringen selbst kleiner Thiere) und nur wenig höher blieb als ein Thermometer dicht ausserhalb des Recipienten, ein Beweis für eine ausreichende Ventilation. Ich benutzte meist Säugethiere von der Körpergrösse, dass sie eine Messung der Rectaltemperatur bequem gestattete und liess durchschnittlich pro Stunde 30,000 Ccm. Wasser aus dem Gasometer ausfliessen.

Schneller als gerade hinreichend mochte ich nicht ventiliren, weil dabei zu fürchten war, dass die Luft, nicht gehörig ausgetrocknet, in den Recipienten drang; es erscheint auffällig, dass Lehmann bei energischerer Ventilation und alleiniger Verwendung zweier  $\text{ClCa}$ -Röhren die Luft so wasserarm in den Recipienten leiten konnte, dass sogar Thiere, die sonst wenig oder selten trinken, „vor Durst



an den Wänden des Recipienten zu lecken anfangen“. Andererseits brauchte ich für meine Zwecke nicht gar so ängstlich eine volle Wasserentziehung durch  $\text{ClCa}$  und  $\text{SO}_3$  zu erstreben, weil mit dem schnelleren Vorbeiströmen der Luft an den Versuchsthieren doch auch deren Verdunstung von Haut und Lungen gefördert werden musste. Oftmals brachte ich noch unter die Glocke selbst ein Schälchen mit Chlorcalcium. Die Temperatur, bei welcher ich die erste Reihe von Versuchen vornahm, war eine mittlere: sie betrug im Recipienten  $15 - 20^\circ \text{C}$ . Die Durchleitung dauerte nicht unter vier, gewöhnlich bis zu fünf, selbst mehr Stunden. Die Erscheinungen, welche sich mehr oder minder zeitig bei Nagern einstellten, waren folgende:

1) die Zeichen des Durstes; sie sind weniger intensiv, als dies bei Menschen sein würde, die an stärkere, den Bedarf übersteigende Anfeuchtung gewohnt sind; ich gehe deshalb zu den wichtigeren,

2) den Respirationssymptomen, über.

Ich schicke das eigentlich selbstverständliche voraus, dass ich nicht unterlassen habe, vergleichende Versuche mit gleich langer und gleich energischer Durchleitung gewöhnlicher (Laboratoriums-) Zimmer-Luft anzustellen. Die Einwirkung der künstlich getrockneten Luft auf die Athmung ist in Kürze der Art, dass beide Phasen der Respiration verhältnissmässig früh oberflächlicher und frequenter werden. Diese veränderte Athmung, welche accessorische Respirationsmuskeln nicht in Anspruch nimmt, giebt den Thieren mitunter eine ängstliche Physiognomie; in früheren Stadien könnte vielleicht ein Gefühl der Brust-Erleichterung, ähnlich dem bei Besteigen mässiger Höhen, hervorgerufen werden. Es ist jene Veränderung des Typus und der Frequenz der Respiration bei grösseren und kleineren Thieren deutlich in die Augen fallend; bei sehr kleinen Thieren, z. B. jungen Nagern, weissen Mäusen, überdauern diese Athmungsalterationen die Einwirkung der trockenen Luft, so dass sie selbst mehrere Stunden nach Beendigung des Versuches zu Grunde gingen (negativer Sectionsbefund). Besonders gefährlich war die Durchleitung trockener Luft den Thieren, welche ganz besonders empfindliche Stimm- und Athem-Organen besitzen, den Vögeln. Sperlinge, Zeisige, Hänflinge wurden durch diese Irritation ihrer Respirationswege in hohem Grade angegriffen, so dass mehrere noch im Apparate selbst zu Grunde gingen. Dass dies nicht Folge

einer allgemeinen Austrocknung, sondern nur von einer localen Wirkung auf die Luftwege abzuleiten war, erschliesse ich vornehmlich daraus, dass die Thiere gerade durch Verbergen des Schnabels in die Federn sich der Einathmung der getrockneten Luft öfters zu entziehen suchten, auch in tödtlichen Fällen ausser den immer frequenteren Respirationen und kurzen prämortalen Zuckungen keinerlei auffällige Allgemeinerscheinungen darboten. Ich wiederhole, dass bei allen diesen Versuchen für quantitativ genügende Luftzufuhr gesorgt war. Mit jener bei Vögeln besonders bedenklichen Wirkung der Austrocknung der Athemwege bringe ich auch die schon von Lehmann beobachtete Thatsache in Verbindung, dass man keiner Thierklasse, ausser Vögeln, bei solchen Recipienten-Versuchen zu viel Luft zuführen kann; werden Vögel doch, was man bei ihrem Wohnsitze hoch in den Lüften nicht erwarten würde, aber in den Käfigen oft beobachten kann, aus nehmlichem Grunde auch durch kurz dauernden „Luftzug“ sehr angegriffen, ohne dass dabei immer an eine erkältende Wirkung zu denken wäre. Mit dieser experimentellen Beobachtung über die ungünstige Wirkung trockener Luft auf jene Natursänger harmonirt die Erfahrung, dass die Stimme der Amerikaner misstönender, eine amerikanische Sängerin von hervorragendem Rufe in der civilisirten Welt bisher noch nicht erschienen ist, obwohl Unterricht im Gesang sehr verbreitet und dieser auch vielfach geschäftlich benutzt wird. Die Erklärung jener Veränderung im Athmen der Säugethiere und Vögel unter dem Einflusse trockener Luft suche ich in der zuerst von Wertheim erwiesenen Thatsache, dass mit der Austrocknung thierischer Gewebe deren Elasticitäts-Coefficienten wachsen<sup>1)</sup>. Der Dehnung der elastischen Fasern im Respirationen-Apparat werden also in Folge der Wasserentziehung durch trockene Luft grössere Schwierigkeiten entgegengesetzt; die Inspiration wird kürzer, ebenso die Expiration, weil auch die Vollkommenheit der Elasticität durch Wasserverlust leidet, und compensatorisch, behufs Decarbonisirung des Blutes, nimmt die Zahl der Athemzüge zu. Man bekommt also etwas ähnliche Verhältnisse wie bei mechanischer Behinderung der Thoraxausdehnung. —

3) Was die Einwirkung trockener Luft auf die Körpertemperatur anlangt, so habe ich Folgendes beobachtet:

<sup>1)</sup> Vgl. Vierteljahrsschrift für gerichtliche Medicin. 1873. S. 27.

Die Frostempfindung, welche die Thiere öfters bei Recipienten-temperatur von 16 — 19° C. kundgaben, liess mich erwarten, dass ich in Folge der gesteigerten Verdunstung nach mehrstündigem Versuche einen nicht unerheblichen Abfall der Rectalwärme constataren würde, fand aber in Wirklichkeit nur ein Sinken um  $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{2}{10}$ ° und zwar die höheren Differenzwerthe bei Thieren, denen ihr Pelz gelassen worden; letzteres freilich nur bei mässiger Ventilation, während bei verstärkter Aspiration die Rectaltemperatur rasirter Thiere tiefer fällt, als die der intacten. Es steht dies im Einklange mit folgendem physikalischen Experimente, wie es ähnlich auch Coulier angestellt zu haben scheint; Coulier hat nemlich, unseres Wissens der erste nach Rumford, welcher letzterer die Wärmeleitungsfähigkeit der Kleidungsstoffe geprüft <sup>1)</sup> und u. a. schon erkannt hatte, dass der Luftgehalt der Kleider es ist, welcher den Wärmeabfluss von unserem Körper mässigt <sup>2)</sup>, nun seinerseits hygieinisch wichtige Eigenschaften der Kleider einer sorgfältigen Experimentaluntersuchung unterzogen <sup>3)</sup>. Es handelt sich hier um folgenden Versuch, dessen Ergebniss bei Coulier und mir das nemliche ist:

Zwei Porzellanschälchen von je nahezu 16 Gramm werden jede mittelst einer Pravaz'schen Spritze mit 9,5 Grm. Wasser gefüllt und in's Gleichgewicht gebracht; darauf wird das eine Schälchen mit einem kreisförmigen Leinwandläppchen von 8½ Cm. Durchmesser bedeckt. Letzteres wird nach Verlauf  $\frac{1}{4}$  Stunde abgenommen und es zeigt sich, einer grösseren Verdunstung entsprechend, das vorher belastete Schälchen um 1 Milligramm leichter.

Nach abermaliger Gleichgewichts-Herstellung wird  $\frac{1}{4}$  Stunde hindurch das eine Schälchen mit einem wollenen Läppchen gleichen Flächenmaasses bedeckt; nach Abnahme erweist sich das bedeckt gewesene sogar um 11 Milligramm leichter.

Es werden nun wiederum die beiden Schälchen in Gleichgewicht gebracht und dann das eine mit demselben wollenen Lappen bei durch Oefnen von Fenster und gegenüber liegender Thür bewirktem Luftzuge  $\frac{1}{4}$  Stunde hindurch bedeckt gehalten. Nach diesem Zeitraume ergibt sich das nicht bedeckte um 9 Milligramm leichter.

Die Analogie mit meinem letzterwähnten Thierversuche ist unverkennbar. Uebrigens zeigt sich bei dem mitgetheilten Verdunstungs-

<sup>1)</sup> Experiments upon Heat in: Philosophical Transactions. 1792. Pars I.

<sup>2)</sup> Diese für Physik und Hygiene gleich interessante Thatsache hat dann auch Melloni auf ganz anderem Wege erwiesen. (Annales de chimie et de physique. 1848. Bd. 22. p. 468.)

<sup>3)</sup> Journal de physiologie de Brown-Séguard. Tome I. 1859.

experimente auch die schon von Keill<sup>1)</sup>, Coulier und Pettenkofer<sup>2)</sup> dargethane Ueberlegenheit der thierischen über die pflanzlichen Kleidungsstoffe bezüglich der hygroskopischen Eigenschaft. —

4) Die Herzthätigkeit, gleich nach Beendigung des Experiments geprüft, schien wenig alterirt, die Zahl der Contractionen etwas vermehrt; erklärt wird dies schon durch die Erscheinungen am Respirationsapparate. —

5) Von besonderer Bedeutung erschien Angesichts der interessanten physio-anthropologischen Mittheilungen aus Nord-Amerika die Einwirkung trockener Luft auf das Nervensystem. Schon vor längerer Zeit haben physiologische Versuche von Eckard und Harless<sup>3)</sup> gelehrt, dass sich durch Wasserverlust im Froschnerven Muskelzuckungen erhalten lassen, dass man sogar durch schnelle Vertrocknung einen exquisiten Tetanus herbeiführen kann und weiterhin, dass die Zuckungen direct von den Nervenstämmen ausgehen und nicht durch Austrocknung der Muskelzweige ausgelöst werden können. In jüngster Zeit hat Grünhagen gegentheilig sich dahin geäußert, dass die willkürliche Musculatur des Frosches bei Verdunstung durch Wasserverlust an Empfindlichkeit mechanischen Reizen gegenüber gewinnt und dass man in diesem eigenthümlichen Verhalten ein Mittel besitzt, um Muskelcontractionen ohne Betheiligung der Nerven auf mechanischem Wege hervorzurufen<sup>4)</sup>. Ich selbst habe an Muskeln nichts Entsprechendes wahrgenommen, hingegen auch am blossgelegten peripheren Säugethier-Ischiadicus durch Application eines kräftigen Luftstromes, welcher am gleichnamigen Froschnerven deutlichen Tetanus hervorzurufen im Stande war, nicht eine Andeutung von Zuckung erzeugen können, so dass, wenn überhaupt bei Wasserentziehung durch Einwirkung trockener Luft auf Säugethiere convulsivische Symptome eintreten sollten, sie auf Verminderung des Wassergehaltes der Nervencentra zu beziehen wären, welche letztere ja auch gegen quantitative Störungen der Blutmischung sich empfindlicher als die peripheren Nerven erweisen. Mannichfache Versuche waren nun nach dieser Richtung vergeblich

<sup>1)</sup> *Medicina statica Britannica*. 1725. p. 178. !

<sup>2)</sup> *Zeitschrift für Biologie*. 1869. Bd. 1. S. 185 und in: „Beziehung der Luft zu Kleidung, Wohnung und Boden“. 1872. S. 30.

<sup>3)</sup> *Zeitschrift für rationelle Medicin*. III. Reihe. Bd. VII. Hft. 2.

<sup>4)</sup> *Tageblatt der Naturforscher-Versammlung*. 1873. S. 79.

von mir angestellt worden, als endlich bei mehreren kleinen Kaninchen hintereinander nach langstündiger Einwirkung trockener Luft, noch bei Andauer derselben, deutliche spontane Krämpfe eintraten. Ich betone, dass dieselben nur auf jenes ursächliche Agens zu beziehen waren, indem alle sonstigen Ursachen für convulsivische Erscheinungen ausgeschlossen und die Thiere, vor und nach den Versuchen genau beobachtet, nichts Aehnliches darboten. Die Krämpfe nun kamen anfallsweise, in verschiedenen Zwischenräumen, während deren die Thiere sich, abgesehen von der Respirationsveränderung, normal verhielten. Die Krämpfe hatten deutlich den Charakter centraler Neurose und zwar kann ich statt jeder Beschreibung sie kurz in der Weise schildern, dass ich ihre ziemlich vollständige Uebereinstimmung mit den Anfällen künstlich erzeugter Epilepsie, wie sie von Brown-Séguard und Westphal dargestellt sind, hervorhebe. Die Aehnlichkeit beider Zustände wurde noch überraschender, als ich beobachtete, dass dieselben Thiere und noch mehrere derselben Species in anderen Versuchen mit gleicher Durchleitung trockener Luft statt ausgebildeter Krampfanfälle die von Westphal beschriebenen Kratzbewegungen des Beins mit Drehung des Kopfes machten<sup>1)</sup>, also auch hierin jenen neuropathischen Thieren glichen. Da nun aber die Zahl der Versuche mit prägnantestem Ergebnisse, den Krämpfen, nur klein, dasselbe Resultat auch beim nehmlichen Thiere nicht immer mit Sicherheit im voraus zu bestimmen ist, also das „Kleinod, welches wir bei wissenschaftlichen Versuchen nie missen mögen, die Constanz des Erfolges“ mangelt, so könnte man vielleicht nicht berechtigt scheinen, in jenen Anfällen mehr als Zufälliges zu erblicken. Indessen abgesehen davon, dass andere Ursachen für so eigenthümliche Nervenerscheinungen ausgeschlossen waren, ist doch auch zu bedenken, dass selbst an isolirten, gleichzeitig und in gleichem Raume aufgestellten Froschnervenpräparaten die Resultate, was den Eintritt oder das Ausbleiben von Vertrocknungszuckungen betrifft, sehr ungleich ausfallen; deshalb musste schon hierfür Harless die „Individualität“ geltend machen; um wie viel mehr muss diese bei intacten Säugethieren mitsprechen! Darum erwähne ich, dass diejenigen meiner Kaninchen, welche die deutlichsten Krampferscheinungen darboten, zur kleinen, munteren Albino-

<sup>1)</sup> Sitzung der Berliner medicinischen Gesellschaft vom 12. Juli 1871.

art gehörten. Dazu kommt endlich, dass auch beim isolirten Froschnerven die Zunahme der Erregbarkeit durch Vertrocknung besonders ersichtlich oft erst bei Anwendung mechanischer oder electricischer Reizungen werden kann; solche liessen sich natürlich bei meinen Versuchsthiere im Recipienten nicht in Anwendung ziehen, wie bei ihnen auch eine eingehende Untersuchung während der Anfälle nicht ermöglicht war. Eine Ausdehnung des einzelnen Versuches auf eine noch grössere Stundenzahl war schon aus äusseren Gründen nicht zulässig; übrigens schien nach jener Richtung mitunter eine Art von Gewöhnung an die wasserarme Luft sich auszubilden. —

So genügt es mir einstweilen dargethan zu haben, wie allein durch Einwirkung einer gewissen Luftbeschaffenheit eine erhöhte Erregbarkeit des Centralnervensystems hervorgerufen werden kann. Ich bemerke, dass nennenswerthe Unterschiede im Verhalten der Säugethiere nicht hervortreten, wenn ich ausser dem Wasser auch die  $\text{CO}_2$  der dem Recipienten zugeleiteten Luft entziehe, indem ich noch zwischen die Chlorealciumröhren und den  $\text{SO}_3$ -Cylinder den mit Kalilauge gefüllten Kugelapparat einschalte. —

Eine besondere Steigerung der Krankheitssymptome, wenn man so sagen darf, durfte erwartet werden, wenn ich die Luft nicht bloß getrocknet, sondern auch in höherer Temperatur in den Recipienten leitete, da hiermit ein neues die Verdunstung förderndes Moment gegeben war. Und zwar durfte man, um bei diesen Untersuchungen des Einflusses trockner warmer Luft nicht durch die alleinige Hitzewirkung getäuscht zu werden und namentlich ein Steigen der Körperwärme des Thieres zu vermeiden, nicht höher als bis zu  $30^\circ \text{C}$ . die Temperatur im Recipienten wachsen lassen. Dies ist die Grenze, bis zu welcher es den kleinen Säugethiere möglich ist, ihre Eigentemperatur zu bewahren <sup>1)</sup>; ausserdem beträgt, was als Maassstab für die gesteigerte Verdunstung gelten mag, bei jener Lufttemperatur die Capacität für Wasserdampf das Doppelte der bisher in Anwendung gezogenen mittleren Wärme. Aber es stiess doch auf Schwierigkeit, die Luft im Glasrecipienten bis auf  $30^\circ \text{C}$ . zu erwärmen. Die Einschaltung einer mehrfach gewundenen Bleiröhre in einem Kessel mit kochendem Wasser konnte der durchstreichenden Luft nicht eine solche Temperatur verleihen, dass die

<sup>1)</sup> J. Rosenthal, Zur Kenntniss der Wärmeregulirung. 1872. S. 15.

des Recipienten, selbst nach längerer Versuchsdauer, über  $20^{\circ}$  C. stieg; auch eine andere Art von Luftheizung, die Anbringung eines Verbrennungsofens, wie er zur Elementaranalyse gebraucht wird, erwies sich als ungenügend. Es gelang erst, nachdem ich an Stelle des bisherigen glockenförmigen Recipienten ein cylindrisches Glasgefäß mit abgeschliffenem Rande nahm, auf den nach Hineinbringen des Thieres eine Glasplatte luftdicht aufgesetzt wurde, welche Durchbohrungen für eine tief reichende Zuleitungs-, eine kurze ausführende Röhre und den Thermometer hatte. Dieser Cylinder kam in einen Kessel, in diesen wurde erwärmtes Wasser gegossen und nun die Leitungsröhren wie vordem mit Gasometer und Trockenapparaten in Verbindung gebracht; es war nicht nöthig, letztere in erwärmte Flüssigkeit zu stellen. Leicht konnte man auf solche Weise Temperaturen bis nahe an  $30^{\circ}$  im Glascylinder hervorrufen. Indessen zeigten sich dabei die Erscheinungen der Wasserentziehung nicht merklich prägnanter, nur sah ich öfter, auch bei grösseren Thieren, kurze, schnell vorübergehende Zuckungen. —

Versuchen wir nun aus dem erwähnten eine Verwerthung für die mehrfach herangezogene Theorie von der „Austrocknung“. Wenn wir mit dem letzten, der bezüglichlichen Anschuldigung der Luftheizung beginnen, so erscheint die Annahme, dass bei diesem Heizsysteme, oder wenigstens bei technisch unvollkommener Anlage eines solchen, eine Wasserentziehung zu fürchten ist, allerdings von vornherein wegen der höheren Sättigungscapacität der erwärmt zugeleiteten Luft gegründet; ausserdem aber auch ist, wenn selbst hygrometrische und chemische Untersuchung der Zimmeratmosphäre bei guter Luftheizung keine nennenswerthe Verminderung der absoluten Feuchtigkeit gezeigt hat <sup>1)</sup>, die starke Luftbewegung bei diesem Heizsystem geeignet den Verdunstungsprozess aus unserer Körperperipherie zu beschleunigen <sup>2)</sup>. Dies festgestellt, können wir aber nur etwaige Respirationsstörungen auf die gesteigerte Verdunstung beziehen; wenn ausserdem auch Kopfschmerzen und andere nervöse Störungen als Wirkungen der Luftheizung beschrieben werden, so ist man, da hierzu schon eine viel zu beträchtliche Eindickung des Blutes und der Gewebe erforderlich wäre, eher berechtigt jene

<sup>1)</sup> Dingler's polytechnisches Journal. Bd. 119. S. 289. Bd. 188. S. 392.

<sup>2)</sup> Wolpert, Principien der Ventilation und Luftheizung. 1860. S. 250.

Symptome mit anderen Uebelständen der Luftheizung in Verbindung zu bringen, welche ebenfalls in den Athmungswegen das Gefühl der Trockenheit hervorrufen können; solche sind durch die einströmende Luft aufgewirbelte, theilweis zur Verkohlung gebrachte Staubtheilchen, sowie die bei Ueberheizung des Centralofens in grösserer Menge in die Wohnräume geleitete  $\text{CO}_2$ . — Was nun die Bedeutung der Bluteindickung bei der Insolation anlangt, so ist eine solche thatsächlich nicht nachgewiesen; man hat sie eigentlich nur aus der starken sichtbaren Hautausscheidung und dem Durste der in der Hitze marschirenden Soldaten deducirt. Indessen ist die Haut solcher Individuen oft nur dadurch „Schweiss gebadet“ erschienen, dass die Verdunstung des allerdings in Folge der höheren Temperatur und der Muskelaustrengung reichlich abgesonderten Schweisses gehindert war; denn viele Fälle von sogenanntem *Coup de chaleur* sind bei sehr hohen Graden von Luftfeuchtigkeit vorgekommen; zudem muss auch das Marschiren in engen Colonnen schnell eine mit Wasserdunst gesättigte Atmosphäre um den einzelnen Krieger schaffen, dadurch aber den (insensiblen) Wasserverlust mässigen. Auch müsste, wenn letzterer eine besondere Rolle spielte, auf Bergen, wo die Verdunstung gesteigert ist, der Hitzschlag besonders zu fürchten sein und doch ist er dort sehr selten. So mochte ich schon von vornherein, obwohl man anzunehmen berechtigt ist, dass auch in Folge der angestrengten Muskelarbeit beim Marschiren das Blut wasserärmer<sup>1)</sup> wird, nicht recht an eine deletäre Bluteindickung beim Hitzschlage glauben und die Verschiedenheit der Symptome bei diesen Unfällen von denen meiner Versuchsthier im Recipienten lässt mich jene Theorie völlig zurückweisen. Ein Gleiches gilt vom eigentlichen „*Coup de soleil*“, der directen Einwirkung heisser Sonnenstrahlen, obwohl hier Veranlassung zu gesteigerter Verdunstung gegeben ist. Parkes äussert sich freilich: *on the whole it seems probable that a physiological effect adverse to perspiration is produced by the direct rays of the sun*<sup>2)</sup>; und auch Roth und Lex neigen zu dieser Ansicht; indessen, wenn ich selbst von der Erfahrung der Meteorologen absehe, nach welcher die jährliche Grösse der Verdunstung im Sonnenscheine im Mittel

<sup>1)</sup> Vgl. Ranke, Tetanus. Physiologische Studie.

<sup>2)</sup> p. 462.



2,5 mal grösser ist als im Schatten <sup>1)</sup>), so muss überhaupt die strahlende Wärme in dem Körper, auf welchen sie einfällt, gerade die nehmliche Wirkung wie die demselben durch Leitung und Strömung mitgetheilte ausüben; wenden wir dies auf die äussere Haut an, so ist hier ebenso eine Erweiterung der peripheren Gefässe <sup>2)</sup>), damit eine Quelle für vermehrte Perspiration gegeben wie bei den Verbrennungen; sehen wir doch auch durch besondere Intensität der Sonnenstrahlen die anatomischen Erscheinungen oberflächlicher Verbrennungen sich ausbilden, ja bei reizbaren „nervösen“ Individuen genügt schon gewöhnliches directes Sonnenlicht, um zeitweilig an unbedeckten Stellen, Wallung und Röthung erkennen zu lassen <sup>3)</sup>). Bei intensiver Strahlung auf den Kopf wird sich demnach eine an sich schon bedenkliche Hyperämie des Gehirns ausbilden können, und Gelegenheit zu gesteigertem Wasserverlust ist gegeben, nur dürfte dieser nicht als Todesursache gelten. Wenn man hier und da eine ungewöhnliche Viscosität des Blutes bei Sectionen von Insolationsfällen beobachtet haben will, so kann dies einfach als Folge einer durch die Hitze bewirkten Auflösung der Blutkörperchen gedeutet werden, worüber specielle Untersuchungen von Wertheim <sup>4)</sup> und von mir <sup>5)</sup> bereits vorliegen <sup>6)</sup>). Ganz Aehnliches lässt sich über

<sup>1)</sup> Cfr. Scheibler, Grundsätze der Meteorologie. 1830. S. 65.

<sup>2)</sup> Am Ohre eines den Strahlen eines Kohlenfeuers ausgesetzten Kaninchens ist sie sehr deutlich zu erkennen.

<sup>3)</sup> Dieses Archiv Bd. LIX. 1874. S. 320.

<sup>4)</sup> Wochenblatt der k. k. Gesellschaft der Aerzte in Wien. 1868. No. 13.

<sup>5)</sup> Dieses Archiv Bd. LIII. Hft. 1. S. 64.

<sup>6)</sup> Es sei hier gestattet zu erwähnen, dass ich mich ebenfalls gegen eine völlige Untersagung des Wassertrinkens bei Sommermärschen aussprechen muss, wiewohl ich eine Heilwirkung des Trunkes durch Verminderung der Bluteindickung nicht zugeben kann. Er wirkt nur labend, somit mehr psychisch; höchstens könnte man sich noch vorstellen, dass durch den kalten Trunk die Erregung der Wandung der Verdauungswege reflectorisch eine die Hirnhyperämie bekämpfende Gefässverengerung und Blutdrucksteigerung hervorruft (cfr. L. Hermann, Archiv für Physiologie. 1870. Bd. 4. — Meyer und Pribram; Sitzungsberichte der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften. Mathem.-naturwiss. Klasse. II. Abtheilung. 1872. Bd. 46. Hft. 1 u. 2). Gegen eine zu freigebige Gestattung des kalten Trunkes an in der Hitze marschierenden Soldaten, dessen schädliche Folgen schon Quintus Curtius (lib. VII. cap. V) erwähnt, möchte ich mich jedoch auch nachdrücklich verwahren, nicht weil ich im Sinne Hermann's Gefässzerreissung in inneren Organen

die Austrocknungstheorie bei Verbrennungen sagen. Baraduc hält sie für eine Folge der Blasenbildung mit serösem Inhalte, indessen sehen wir öfters, z. B. bei Kindern, flächenhaft ausgedehnte Hautverbrennungen, wo es gar nicht zur Blasenbildung und doch zum tödtlichen Ausgange kommt. Freilich ist die durch die Hitze erfolgte Gefässerweiterung geeignet dem Körper eine grössere Menge Wasser zu entziehen, indessen gleichen die Allgemeinerscheinungen nicht dem hier geschilderten Verhalten unsrer Versuchsthiere, sondern sind wesentlich in den Circulationsstörungen begründet, wie ich dies in der angeführten Arbeit entwickelt habe.

Was nun die Cholerasympptome anlangt, so ist vorweg zu bemerken, dass von erheblichen Folgen der Austrocknung in dieser Krankheit, da die übrigen Quellen der Wasserabgabe, durch Haut und Nieren, spärlich fliessen, nur da die Rede sein kann, wo sehr beträchtliche Flüssigkeitsmengen in das Darmrohr ergossen worden sind. Dann aber stehe ich nicht an, mich dahin auszusprechen, dass die Respirationsstörungen, namentlich die subjectiven Oppressionsempfindungen mit quälendem Luft hunger und bedeutender Beschleunigung der Athmung bei organischer Integrität der Lungen, ferner die *vox cholericæ* als Folgen der Austrocknung angesehen werden können, was die Concurrenz andrer Ursachen dieser Symptome nicht ausschliesst. Etwas anderer Meinung bin ich bezüglich der Cholerakrämpfe. Grade auf Grund von experimentellen Versuchen über „das Wasser der Nerven in physiologischer und pathologischer Beziehung“<sup>1)</sup> gelangte auch Birkner zu der Ansicht, dass wie „alle pathologischen Vorgänge bei der Cholera Symptome des Wasserverlustes sind, welchen die Nerven erleiden, und dass diese Abnahme an Wasser den übrigen in Leichen nachgewiesenen enormen Wasserverlust anderer Organe bedingt“, „so jedenfalls vor allem die Krämpfe, welche in der Cholera auftreten, als Symptome des Wasserverlustes der Nerven anzusehen und ganz genau mit den Selbstzuckungen, die beim Austrocknen des Nerven auftreten, in Einklang zu bringen“ sind. Auch dem der „Austrocknungstheorie“

fürchte, wofür die Sectionsergebnisse keinen Anhalt liefern, sondern weil in solchen Fällen durch plötzliche intensive Abkühlung der Schleimhaut des Verdauungskanales die Körpertemperatur noch höher steigen kann (vgl. Senator, Untersuchungen über den fieberhaften Prozess. S. 194).

<sup>1)</sup> Augsburg 1858. S. 37.

gegenüber sehr zurückhaltenden Griesinger scheint die Herleitung der Cholerakrämpfe aus der Bluteindickung am richtigsten, nur möchte er es für wahrscheinlicher halten, dass dieses Moment örtlich in den Muskeln, als dass es durch die Nervencentra wirkt. Nach unseren Versuchen müssen wir natürlich zugeben, dass durch Eindickung des Blutes bei Säugethieren Krämpfe entstehen können; wo wir sie aber entstehen sahen, waren sie centralen Ursprungs und als solche schon durch ihre Verbreitung über grössere Muskelgruppen von den Muskelkrämpfen bei Cholera, wo allgemeine Formen fast nie vorkommen, verschieden. Auch sind letztere immer nur tonisch, während die durch Wasserverlust entstandenen vorwiegend klonischer Art waren. Wenn Griesinger als Ursache der Cholerakrämpfe noch die rasche Verminderung der Blutmenge in den Muskeln mit heranzieht, so ist hiergegen einzuwenden, dass Anämie der Muskeln, beziehentlich ihrer Nervenendigungen keine convulsivischen Symptome hervorruft. Demnach dürfte der Bluteindickung für die Pathologie der Cholera keine überhohe Bedeutung beizulegen sein. —

Da es mir darauf ankam, die hygieinische Bedeutung des Wassergehalts der Atmosphäre zu beleuchten, so waren auch Versuche mit Wasserdunst-gesättigter Luft erforderlich.

Edwards hatte zu diesem Zwecke kleine Glasglocken in eine Kältemischung gestellt, da die so abgekühlte Luft schnell eine sehr beträchtliche Feuchtigkeit erlangt; Lehmann hingegen leitete die aspirirte Luft, wie gewöhnlich, zuerst über Chlorcalcium und Aetzkali, dann aber, ehe sie in den Recipienten trat, in zwei weite, U-förmig gebogene Röhren, welche mit gehörig durchfeuchtetem Asbest erfüllt waren; der Boden des Recipienten selbst war überdies soweit mit Wasser bedeckt, dass die Zuleitungsröhre des Recipienten noch ungefähr eine Linie tief eintauchte.

Ich selbst habe mich zweier Methoden bedient; nach der einen leitete ich die Laboratoriumsluft einfach über tüchtig durchtränkte Bimsteinstücke in den Recipienten; nach der anderen durchstrich sie einen halb mit Wasser gefüllten Kolben, welcher über Gas erwärmt wurde, und gelangte dann dunsterfüllt in den Recipienten, woselbst es sehr leicht zur Condensation kam. Zugleich trat bei dieser Methode in Folge der bedeutenden latenten Wärme des Dampfes eine so beträchtliche Erhitzung der Luft in dem Zuleitungs-

rohre und dem Recipienten selbst ein, dass, wenn man die gewöhnliche mittlere Temperatur von  $16\text{--}20^{\circ}\text{C.}$  im Athmungsraume der Thiere bewahren wollte, eine Umhüllung der Glaswände mit nassen Tüchern, wie bei Destillationsprozessen, nöthig wurde. Bei der ersten Methode erlangt man für die mittleren Temperaturen kaum eine völlige Sättigung der Atmosphäre mit Wassergas, ich habe sie deshalb nur bei niederen Wintertemperaturen in Anwendung gezogen oder auch wenn es galt die Wirkung der Luft bei genau derselben Temperatur je nach ihrer Trockenheit oder Feuchtigkeit zu vergleichen.

Wenn ich nun mit Wassergas gesättigte Luft mittlerer Wärme Stunden lang auf kleine Säuethiere und Vögel einwirken liess, so bemerkte ich keinerlei krankhafte Symptome und die Körpertemperatur war nur um Bruchtheile eines Grades gestiegen, wofern nur die Luftzufuhr eine quantitativ hinreichende war, und selbst wenn es zu keiner Condensation des Dampfes im Recipienten kam; die Rectalwärme zeigte auch dann nur eine kaum nennenswerthe Zunahme, wenn die zugeleitete Luft eine Temperatur von  $27\text{--}28^{\circ}\text{C.}$  besass. Danach glaube ich, dass das Gefühl der „Schwüle und Schwere“ der Gewitterluft, welches man vorwiegend mit der verhinderten Wasserdunstabgabe bei höchster Luftfeuchtigkeit in Verbindung gebracht hat, mehr auf andere Eigenschaften der vor der Entladung uns umgebenden, ruhenden Luftschichten, z. B. ihre Wärme, chemische Alteration, electricische Spannung zu beziehen ist; dazu kommt dann noch die veränderte Wärmeausstrahlung unseres Körpers bei Vorhandensein reichlicher Mengen condensirten Wassers in der Atmosphäre, d. h. der Einfluss der Bewölkung. Besonders beachtenswerth schien, freilich nur in Bezug auf ihre erkältende Wirkung, ein Vergleich trockner kalter und feuchter kalter Luft. Nach beiden Extremen hin erscheint der hygrometrische Zustand der Atmosphäre geeignet den Wärmeabfluss aus dem thierischen Organismus zu erhöhen. Während die trockne Luft durch Beförderung der Verdunstung Abkühlung zu bewirken geeignet ist, glaubt man, dass der Wasserdunst der kalten Luft deren Wärmeleitungsfähigkeit vermehre. Es galt nun zu untersuchen, welcher dieser beiden Factoren bei gleich niedriger Temperatur überwiegen mag. Wenn auch nach den Berechnungen von Helmholtz und Barral unsere Wärmeausgabe durch Verdunstung von derjenigen

durch Strahlung und Leitung beträchtlich übertroffen wird, so begründen doch für die hier vorliegende Specialfrage schon theoretische Betrachtungen die Vermuthung, dass man den die Körpertemperatur direct herabsetzenden Einfluss hoher Luftfeuchtigkeit vielfach überschätzt hat <sup>1)</sup>). Betrachtet man nach Dulong u. A. die Wärmeleitung eines Gases als abhängig vom Druck desselben, so ist allerdings ein Ueberwiegen der feuchten über die trockne Luft, aber ein nicht erhebliches, nach jener Richtung zu erwarten; legt man, mit einigen neueren, für die gleiche Eigenschaft der Gase einen besonderen Nachdruck auf die Bewegbarkeit ihrer Molecüle, so darf ich nicht unerwähnt lassen, dass nach O. F. Meyer's <sup>2)</sup>) Versuchen der Wassergehalt der Luft deren Reibung, demnach auch ihre Wärmeleitung zu verringern scheint. Immer kann es sich nur um geringe Differenzen handeln. — Den Einfluss auf die Körperwärme habe ich nun zunächst in der Weise zu erforschen versucht, dass ich die Verdunstung von der Körperoberfläche beschränkte und dann trockne und feuchte Luft in ihrer Einwirkung auf die Rectaltemperatur verglich.

Ein Kaninchen wird gefirnisst und dann bei 37,8° Rectaltemperatur in den Recipienten gebracht, dessen Thermometer 17° zeigte und nun alsbald zu steigen beginnt. Nach 50 Minuten langer Durchleitung getrockneter Laboratorienluft von 15° C. zeigt sich die Temperatur im Rectum auf 35° gefallen, am Recipienten-Thermometer auf 22° gestiegen. Das Thier wird herausgenommen und gehörig erwärmt, so dass es nach 24stündiger Erholung wieder 37,8° im Rectum aufweist und in den Apparat gebracht werden kann. Jetzt lässt man 50 Minuten hindurch dieselbe Luft, mit Feuchtigkeit geschwängert, durch den Recipienten, dessen Thermometer auf 15,9° zeigt, treten; nach diesem Zeitraume hat das Rectum 35,8° C., der Thermometer in der Glasglocke: 19,9° <sup>3)</sup>).

Dieses Ergebniss schien unerwartet, liess aber keine allgemeine Schlussfolgerungen zu, weil die Lungenverdunstung nicht ausgeschlossen werden kann, auch die Abdunstung des Firnisses in trockener und feuchter Luft nicht die gleiche ist. Ich ging also an leblose Körper und zwar in der Art wie schon Dulong und Petit ihre Untersuchungen über Abkühlung angestellt haben.

<sup>1)</sup> Cfr. Roth und Lex. I. S. 178.

<sup>2)</sup> Poggendorf's Annalen. 1861. Bd. 113. S. 425.

<sup>3)</sup> Uebrigens steigt bald nach dem Hineinbringen eines gefirnissten Thieres der Recipienten-Thermometer um mehrere Grade höher als bei demselben, nicht gefirnissten Thiere und zwar, wie mich Vergleichung des geschwärzten und des blanken Thermometers lehrte, vornehmlich in Folge vermehrter Strahlung.

Ich that in einen Kolben eine bestimmte Menge heissen Wassers (150 Ccm.), brachte ihn in den Recipienten, aspirirte und leitete im ersten Versuche getrocknete, im zweiten wasserreiche Luft der nemlichen Temperatur und mit gleicher Strömung in beiden Fällen hindurch und beobachtete, welche Zeitdauer nöthig war, um beide Male dieselbe Temperaturerniedrigung der Flüssigkeit im Kolben herbeizuführen.

Hierbei nahm ich nur geringfügige, in den Bereich der Versuchsfehler gehörige Differenzen im Sinne einer besseren Wärmeleitung feuchter Luft wahr. Indessen ist bei dem allen zu bedenken, dass die Gase überhaupt nach den Untersuchungen von Magnus <sup>1)</sup> die Wärme in so geringem Maasse leiten, dass die Wirkung der Leitung durch ihre Diathermansie aufgehoben wird. Fällt hierbei also ein grosses Gewicht auf die Wärmeabgabe durch Strahlung, so dürfte, bei Acceptirung der Tyndall'schen Ansicht von der Absorption strahlender Wärme durch Wasserdampf, auch deswegen die Abkühlung unseres Körpers in trockener Luft eine grössere sein. Indessen, wiewohl sich nach Tyndall's Theorie die meteorologischen Erscheinungen gut erklären liessen, so hat er doch auf die letzten, entgegenstehenden Experimente von Magnus bisher nicht geantwortet. — Sonach erwartete ich im Allgemeinen ein Ueberwiegen der trocken-kalten über die feucht-kalte Luft in Bezug auf die Beförderung der Wärmeabgabe unseres Organismus. In der That berechnet Pettenkofer, dass ein erwachsener Mensch beim Athmen von 0° warmer und ganz feuchter Luft 265050 und 0° warmer und trockener Luft 293040 Wärmeeinheiten <sup>2)</sup> verliert. Andererseits konnte ich bei meinen Versuchsthieren kein so erhebliches Ueberwiegen der trockenen kalten Luft gewärtigen, da nach J. Rosenthal für Thiere die Wasserverdunstung bezüglich der Wärmeregulirung nur eine untergeordnete Rolle spielen soll <sup>3)</sup>. Indessen fand schon W. F. Edwards bei jungen Sperlingen eine etwas grössere Abkühlung durch trockene als durch feuchte Luft <sup>4)</sup>. Mich selbst belehrte folgender Versuch:

Ein Meerschweinchen wird geschoren und hat 24 Stunden hernach 36° Rectalwärme; es wird nun in den Recipienten, in welchem das Thermometer 7° C. zeigt, hineingebracht und 50 Minuten hindurch getrocknete Winterluft hindurchgeleitet;

<sup>1)</sup> Monatsberichte der Kgl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1861. S. 488.

<sup>2)</sup> Ueber das Verhalten der Luft zum bekleideten Körper des Menschen. S. 16.

<sup>3)</sup> loc. cit. S. 28.

<sup>4)</sup> loc. cit. p. 643. Tableau LXI.

starke Frostempfindung des Thieres; es wird nun herausgenommen und die Rectaltemperatur ist (nur) um  $1^{\circ}$  C. gesunken.

Das Thier wird jetzt zur Erholung in einen warmen Raum und erst nach völliger Wiederherstellung und Erreichung seiner ursprünglichen Temperatur von  $36^{\circ}$  abermals in den Apparat gebracht, welcher nun dieselbe Temperatur wie im ersten Versuche zeigt. Es wird 50 Minuten hindurch dieselbe Winterluft, aber mit Feuchtigkeit gesättigt, durchgeleitet. Bei Herausnahme ist die Rectaltemperatur nur um  $\frac{2}{10}^{\circ}$  C. gesunken.

Die trocken-kalte Luft hatte also zunächst eine grössere Temperaturerniedrigung bewirkt als die feucht-kalte, und bei Schwitzen der menschlicher Oberhaut kann dann die Abkühlung der Haut und des sie durchströmenden Blutes noch beträchtlicher werden als bei den von Schweissdrüsen freien Kaninchen, aber, wie ich hinzufügen muss, nach Einwirkung der feuchten Luft wurde die ursprüngliche Körperwärme seitens der nach beiden Experimenten am selben warmen Orte aufbewahrten Thiere langsamer erreicht als nach trockener Luft. Eine Ausdehnung solcher Experimente auf längere Zeit unterliess ich, weil die Thiere, trotz verhältnissmässig geringen Sinkens ihrer Körperwärme, dennoch recht mitgenommen schienen und zwar mehr bei feucht-kalter als bei trocken-kalter Luft, ohne dass man, wie Edwards meint, welcher Aehnliches beobachtet zu haben scheint, in ersterem Falle eine directe Schwächung der Wärmeproduction anzunehmen braucht; es wird einfach der Wärmeverlust in der Haut selbst empfindlicher, weil die feuchte Haut eine grössere Fläche darstellt als die trockene.

Uebrigens glaubte ich auch aus anderen Gründen von längerer Durchleitung kalter, namentlich trocken-kalter Luft abstehen zu sollen. Je kälter zuvörderst die Haut wird, um so mehr werden sich ihre Blutgefässe verengen und damit die Quelle der Hautverdunstung an Ergiebigkeit einbüssen. Dazu kommt, dass je mehr die Haut austrocknet, um so mehr sich ihre Oberfläche, damit allein schon im Vergleich zu feuchter Haut, ihr Wärmestrahlungsvermögen verkleinert. Aber auch eine Abnahme der Wärmeleitung trocknender Haut schien, ungeachtet der in Flüssigkeiten langsamen Fortpflanzung der Wärme durch Leitung, zu erwarten: genaue physikalische Untersuchungen von Forbes <sup>1)</sup>, Wiedemann und Franz, Lenz haben ergeben, dass wenigstens für metallische Körper (und das ihnen

<sup>1)</sup> Philosophical Magazine. 1834. Vol. 4. p. 192.

auch sonst so ähnliche Wasserstoffgas) das Wärmeleitungs- mit dem electrischen Leitungs-Vermögen parallel geht und wir wissen speciell von der menschlichen Oberhaut, dass ihr electrischer Leitungswiderstand durch Anfeuchtung beträchtlich herabgesetzt wird <sup>1)</sup>. Auch Krieger war der Ansicht, dass „ein höherer Durchfeuchtungsgrad der Haut nicht bloß durch vermehrte Dampfbildung“ — „grössere Wärmeableitung verursachen wird, sondern dass auch die Wärmestrahlung und Zuleitung der Wärme eine andere bei der mit Wasser durchtränkten als bei einer trocknen Haut zu sein scheint“ <sup>2)</sup>. Aber ein Experiment lässt ihn dennoch vermuthen, dass die mit (tropfbarflüssigem) Wasser durchfeuchtete Haut ein schlechterer Wärmeleiter, als die trockene sei. Indessen betrachtet er selbst es als ungenau, weil dabei die Dampfbildung nicht abgehalten werden konnte; ausserdem erscheint mir Strahlung und Leitung nicht gehörig gesondert. Ich verfuhr in mehreren Versuchen wie folgt:

Ich umhüllte ein Probirgläschen mit der kurz geschorenen Haut eines eben getödteten Meerschweinchens, bekleidete dann letztere fest mit einer Stanniolplatte und brachte diese Vorrichtung in Verbindung mit einem thermo-electrischen Apparate, goss kochendes Wasser in das Reagensgläschen, bedeckte es schnell mit Watte und beobachtete nun, wieviel Secunden vergingen, bis am Galvanometer eine Ablenkung der Nadel um 5° zu Stande kam. Nun goss ich das heisse Wasser aus, entfernte das Stanniol und brachte das Gläschen, mit der Thierhaut umhüllt, in's Vacuum über SO<sub>2</sub>. Nach mehrtägiger Trocknung nahm ich es heraus, erneuerte jenen Versuch und las jetzt die Zeitdauer der nehmlichen Ablenkung ab.

Es zeigten sich bei der Thierhaut nur kleine Unterschiede, aber auch hier immer im Sinne einer besseren Wärmeleitungsfähigkeit der trocknen Haut. Hierdurch werden aber natürlich die anderen Factoren der cutanen Wärmeabgabe nicht berührt. —

Wenn nun aber von Einwirkung feuchter und feuchtkalter Luft die Rede war, so ist im Vorhergehenden und bei anderen dabei immer nur der Beziehung zur Abgabe von Feuchtigkeit aus dem Körper gedacht worden; die Aufnahme von gasförmigem Wasser durch das Integument wurde nicht berücksichtigt; und doch haben schon Keill, Lining, viel später Edwards am lebenden Menschen und Thier, dann Krause <sup>3)</sup> an der todten Oberhaut nachgewiesen,

<sup>1)</sup> Cfr. du Bois-Reymond, Thierische Electricität. Bd. II. Abth. II. S. 189.

<sup>2)</sup> loc. cit. S. 503.

<sup>3)</sup> Physiologie der Haut. 1844. S. 49.



dass eine Aufnahme von Wasserdampf Seitens der Epidermis Statt findet. Diese wird hauptsächlich bei kalter feuchter Luft vor sich gehen, weil die hygroskopische Eigenschaft aller Körper mit der Abnahme der Temperatur der Luft wächst. Dass aber jener cutane Prozess der Wasserdampfaufnahme sich nicht ohne Einwirkung auf das Thermometer abspielt, hat mir zuerst ein Versuch Coulier's nahe gelegt, bei welchem er fand, dass bei derartiger Anziehung des atmosphärischen Wasserdampfes in Kleidungsstoffe, namentlich Tuch, also thierisches Hautgewebe, eine Erwärmung Platz greift <sup>1)</sup>).

Ueber Temperaturveränderungen bei hygroskopischen Vorgängen ist zunächst zu bemerken, dass nach den Untersuchungen von Pouillet <sup>2)</sup>, Ventzke und Jungk <sup>3)</sup> bei der Aufnahme von tropfbar-flüssigem Wasser in feste, poröse Körper, anorganischer und noch mehr organischer Natur wie u. a. gerade thierische Häute, eine deutliche Temperaturzunahme nachzuweisen ist. In Betreff gasförmiger Körper haben ganz kürzlich veröffentlichte, für die Theorie dieser Attractionsprozesse sehr wichtige Untersuchungen dargethan, dass bei der Absorption von Gasen, namentlich Wasserstoff, CO<sub>2</sub>, schwefliger Säure, Stickstoffoxydul, durch Platinmoor und Kohle in deren Poren sich Wärmemengen entwickeln, welche die bei Verflüssigung der Gase um vieles übertreffen <sup>4)</sup>. Sollte nicht Aehnliches zu erwarten sein, wenn es sich um Wassergas und um organische Absorbentien handelt?

Coulier spricht sich über seinen Versuch sehr kurz aus:

Un petit thermomètre revêtu successivement de différentes étoffes a été plongé successivement dans de l'air sec puis dans une atmosphère saturée d'eau, immédiatement le thermomètre a accusé une élévation de température qui a été pour certains draps de près de six degrés.

Ich selbst verfuhr wie folgt:

In eine tubulirte Exsiccator-Glocke, in welcher sich eine Glasschale mit SO<sub>2</sub> befindet, wird ein unbekleidetes Thermometer hineingesenkt; während einer halben Stunde variirt es zwischen 15,4—15,1°. Nun wird an die Stelle der SO<sub>2</sub> eine Schale mit Wasser gebracht; innerhalb 30 Minuten beträgt jetzt die Variation 15,9—15,6°. Darauf wird das Thermometer mit einer behaarten Kaninchenhaut umkleidet, welche zuvor einige Tage an der Luft, hernach im Trockenschrank ge-

<sup>1)</sup> loc. cit. S. 133.

<sup>2)</sup> Meckel's Archiv für Physiologie. Bd. 8. 1823. S. 235.

<sup>3)</sup> Poggendorff's Annalen. 1865. Bd. 12.

<sup>4)</sup> Favre in Annales de chimie et de physique. Février 1874. p. 209.

trocknet worden, und in die wieder  $\text{SO}_3$ -haltige Glasglocke getaucht; nach einer kurzen Steigerung in Folge der Umhüllung schwankt das Instrument von  $15,1 - 15^\circ$ . Nun wird abermals die  $\text{SO}_3$  mit Wasser vertauscht. Schnell steigt das Thermometer, so dass es schon nach 10 Minuten auf  $18,5^\circ$  steht und hier nach 30 Minuten langer Versuchsdauer stationair gefunden wird. Wiederum wird  $\text{SO}_3$  an die Stelle des Wassers hineingethan, sofort fällt das Thermometer zusehends, innerhalb 12 Minuten auf  $15,2^\circ$  und bleibt hier, bis nach halbstündiger Dauer das Experiment beschlossen wird. Während dieser ganzen Zeit ist ein ausserhalb des Exsiccators daneben frei aufgehängtes Thermometer unverrückt geblieben, zuletzt sogar (gegen Mittag) um  $\frac{3}{4}^\circ$  gestiegen.

Wenn ich eine kurzgeschorene Kaninchenhaut in Anwendung zog, so erhielt ich kleinere Differenzwerthe.

Wenn ich hernach dieselben Häute in Wasser von jener (Luft-) Temperatur brachte, austrang, hiermit das Thermometer umhüllte und es, sobald es zu fallen begann, in die  $\text{SO}_3$ -haltige Glocke brachte, so nahm ich wahr, dass dies durch den Uebergang von Wasser in den elastisch-flüssigen Zustand bedingte Sinken des Instruments in den ersten 10 Minuten nicht schneller als im ersten Versuche vor sich ging, woselbst es sich um Wiederabgabe des gasförmig aufgenommenen Wassers handelte.

Sonach glaube ich zu der Annahme berechtigt zu sein, dass in jenen hygrokopischen Vorgängen, für welche das Thermometer ein empfindlicherer Reagens als die Waage sein dürfte, eine Quelle für Erwärmung der Haut bei Einwirkung feuchter, für Abkühlung bei darauf folgender Versetzung in wasserärmere Luft zu suchen ist. Dazu kommt, dass, wenn Thiere aus feuchtkalten in wärmere Räume gebracht werden, nun eine grössere Hautoberfläche zu erwärmen ist, als wenn zuvor trocken-kalte Luft eingewirkt hatte. Hiermit dürfte früher Erwähntes seine Erklärung finden. —

Wenn wir aus dem Allen Schlussfolgerungen für klimatologische Verhältnisse ziehen wollen, so müssen wir betonen, dass von einer jenen Versuchsanordnungen völlig entsprechenden Einwirkung trockener Atmosphäre auf den Menschen, so lange es sich um mittlere Geschwindigkeit der Luftströmung handelt, kaum die Rede sein kann, denn nicht blos der absolute Wassergehalt der Atmosphäre sinkt an keinem Punkte der Erde auf einen so verschwindenden Bruchtheil herab, sondern auch die für Gefühl und Gesundheit wichtigere relative Feuchtigkeit der Luft, deren Dampfsättigung, fällt selbst in den trockensten Himmelsstrichen unseres Planeten nicht unter  $40^\circ$ , während Extreme nach der anderen Richtung häufig sind. Zu einer intensiv austrocknenden Wirkung kann es fast nur kommen, wenn die Luft zugleich stark bewegt ist, also bei Einwirkung trockner

Winde, deren Bedeutung auch den amerikanischen Beobachtern nicht entgangen ist. Dass aber durch Lufttrockenheit Affectionen der Respirationswege und des Nervensystems begünstigt werden, zeigen Empirie und Experiment in bestem Einklange. Schon deshalb dürfte auch der öfters lautgewordene Vorschlag, in heissen Klimaten zur Abkühlung der Luft im Hause diese durch Wasserentziehung trockner zu machen, hygieinischen Bedenken begegnen. Da die für den respiratorischen Zweck so wichtige Eigenschaft der Elasticität durch die gesteigerte Verdunstung erheblich alterirt werden kann, so wird Trockenheit der Atmosphäre für alle Kranke, deren Lungen in ihrer physiologischen Function schon geschwächt sind, bedenklich werden. Da fernerhin die alterirte Elasticität des Lungenparenchyms mittelbar auch erhöhend auf die Pulsfrequenz zu wirken vermag, so ist Lufttrockenheit auch geeignet Consequenzen gesteigerter Herzarbeit zu begünstigen; hiermit würde sich die durch Statistik und geographische Pathologie erwiesene Thatsache des Vorwaltens von plötzlichen Todesfällen bei trockner Witterung erklären. In Betreff der Einwirkung auf das Nervensystem erklären unsere Versuche, wie diejenigen sich nicht getäuscht haben, welche der trocknen Luft die Eigenschaft zuschrieben, „nervös“ zu machen <sup>1)</sup>; bei geringerem Grade wird eine anregende Wirkung auf das psychische Behagen, die Gemüthsstimmung zu erwarten sein. Der krankmachende Einfluss atmosphärischer Trockenheit wird sich im Winter zu dem der Kälte summiren, so dass es nicht befremden kann, dass Statistiker, ich nenne u. A. Casper, als Facit ihrer Beobachtungen die Ueberzeugung aussprachen, dass keine Luftbeschaffenheit dem Leben so feindlich ist wie trockne Kälte <sup>2)</sup>. Auf periphere Organe und Krankheitsprozesse wird Lufttrockenheit, je nachdem, förderlich oder schädlich wirken können. So wird sie z. B. im Sehorgan Reizzustände zu erzeugen und unterhalten im Stande sein; schon Hippokrates zählt die Ophthalmien zu den Krankheiten trockner Zeitabschnitte und die neuere geographische Pathologie liefert hierfür Bestätigungen <sup>3)</sup>. Hingegen wird Lufttrockenheit bei secretorisch-exanthematischen Hautaffectionen <sup>4)</sup> sich dem Heilverlaufe förderlich erweisen

<sup>1)</sup> Mühry, Grundzüge der Noso-Geographie. 1856. S. 48.

<sup>2)</sup> Cfr. Donders in Schmidt's med. Jahrb. 1850. Bd. 68. S. 282.

<sup>3)</sup> Schmidt's Jahrbücher. Bd. 159. Hft. 3. S. 301.

<sup>4)</sup> Archiv für Dermatologie und Syphilis. 1872. Hft. 3. S. 400.

und somit auch im Allgemeinen die Genesung nach traumatischen Eingriffen, durch welche die die Verdunstung der Coriumfläche ausserordentlich verlangsamende Epidermisdecke entfernt ist, zu fördern geeignet sein<sup>1)</sup>; mit diesem die Stagnation der Wundsecrete und ihre Folgen bekämpfenden, schliesslich die Secretion selbst vermindernden Einflüsse trockner oder bewegter Luft steht auch die günstige Wirkung ergiebiger Ventilation chirurgischer Krankensäle in gewisser Verbindung. Demgemäss wird ein Aufenthalt in trocknen Klimaten entschieden auch Secretionsprozesse in der Schleimhaut der Respirationswege, wofern noch keine erhebliche organische Alteration der Lungen vorliegt, zu einem günstigen Ausgange führen können: auch hier wird der Stagnation von Secretmassen entgegengetreten, die Expectoration gefördert, daher sich derartige klimatische Kurorte für rein katarrhalische Affectionen der Luftwege gewiss eignen. Anders aber, wenn organische Structurveränderungen der Lungen, namentlich „tuberculöse“ Affectionen vorliegen: man müsste denn mit Spengler<sup>2)</sup> annehmen, dass trockne Luft auf die Geschwürsflächen in den Lungen ähnlich wirkt wie wir es eben für die cutanen Continuitätstrennungen formulirt haben. Indessen können die zahlreichen oberflächlichen Athmungen, welche wir bei Lufttrockenheit hervorgerufen sahen, keine wohlthätige Lungengymnastik abgeben, wie solche aber wohl durch den geringeren Druck der Höhenluft bewirkt wird. Für die „alltägliche“ (?) Erfahrung, dass Tuberculöse bei feuchtem Wetter sich weit besser befinden, als bei trockenem, und die erwähnte Verderblichkeit des Nord-Amerikanischen Klimas für lungenleidende Einwanderer braucht man nicht; wie Lehmann, die von ihm gefundene, nicht über allen Zweifel erhabene Vermehrung der expirirten  $\text{CO}_2$  bei feuchter Luft heranzuziehen. Wenn wir anzunehmen genöthigt sind, dass der Ausgangspunkt vieler tuberculöser Lungenaffectionen in der Eindickung und consecutiven Necrotisirung von Entzündungsproducten zu suchen ist, so liegt wohl nahe zu schliessen, dass trockne oder bewegte Luft oder gar trockne Winde weder die Resorption flüssiger Infiltratsmassen noch die Neigung zu entzündlicher Erkrankung heben werden. Wenn demungeachtet Höhenklimate sich für Tuberculöse dienlich erweisen, so ist dies eher trotz als wegen der ge-

<sup>1)</sup> Archiv für klinische Chirurgie. Bd. 15. S. 595.

<sup>2)</sup> Die Landschaft Davos. 1869. S. 35.

steigerten Verdunstung, welche höchstens etwas zur Förderung der Expiration beitragen kann; der Grund wäre hingegen u. a. in der durch den verminderten Luftdruck beförderten Fluxion nach der Peripherie mit Entlastung innerer Organe zu suchen. Dieser grössere Blutreichthum der, in diesem Sinne ebenfalls peripherischen, Lungengefässe kann Schrumpfung und Eindickung der entzündlichen Producte verhindern und die Wegspülung der fettig-metamorphosirten Theilchen in den Blutstrom, ihre Resorption begünstigen<sup>1)</sup>).

Im Gegensatz zu diesen gleichsam unmittelbaren Wirkungen der Lufttrockenheit wird Luftfeuchtigkeit eher einen indirecten Einfluss auf die Gesundheit ausüben; bei mittlerer Luftwärme ertragen gesunde Thiere die Feuchtigkeit ganz gut. Indessen könnte diese, allen Gährungs- und Fäulnissprozessen günstig, die Entstehung und Verbreitung infectiöser Krankheiten begünstigen, welche man, auch jetzt eigentlich nicht mehr wie bildlich, als Fermentationsprozesse zu bezeichnen liebt. Diese Wirkung der Feuchtigkeit<sup>2)</sup>, welche sich an der Strassen- ebenso gut wie in Zimmeratmosphäre kund geben kann, tritt aber fast nur, wenn die Luft zugleich warm ist, in den Vordergrund, daher namentlich die feuchten Tropengenden die Brutstätten mörderischer Fieber sind. Ausserdem haben wir angedeutet, wie anhaltende Luftfeuchtigkeit, namentlich durch Auflockerung und Oberflächenvergrösserung peripherer Gewebsschichten, die verderbliche Einwirkung erkältender Ursachen steigern<sup>3)</sup> und diese verminderte Widerstandsfähigkeit die Einwirkung feuchter Atmosphäre überdauern kann. Aehnlich der Luftfeuchtigkeit bei uns, wirkt nach dieser Richtung bei Farbigen die in Raceneigenthümlichkeit begründete starke Hautperspiration; die schwarzen Stämme neigen auffällig zu Erkältungskrankheiten.

Da man demnach die pathogenetische Bedeutung der Luftfeuchtigkeit im Gegensatz zu atmosphärischer Trockenheit als eine mittelbare bezeichnen kann, infectiöse Krankheiten aus einem

<sup>1)</sup> Globig, Ueber den Einfluss der Luftdichtigkeit auf Lungenschwindsucht. Diss. inaug. Berol. 1873. S. 20.

<sup>2)</sup> Von der klimatologisch wichtigen Bedeutung der Luftfeuchtigkeit für die Wärmestrahlung der Erde und Sonne sehe ich hier schon deshalb ab, weil über die Diathermansie des gasförmigen Wassers in der Atmosphäre noch keine Einigung der Physiker erreicht ist.

<sup>3)</sup> Vgl. Falk im Archiv von Reichert und du Bois-Reymond. 1874.

Complex bekannter und unbekannter Gründe zeitweilig sehr spärlich vorkommen, zudem auch oft in hervorragendem Grade durch sociale Uebelstände begünstigt werden, auch die Individualitäten von Hause aus und durch Gewöhnung eine verschiedene Widerstandsfähigkeit, viele eine sehr beträchtliche, gegen thermische Witterungseinflüsse besitzen, so erklärt sich die statistische Erfahrung, dass im Allgemeinen feuchte Luft der Gesundheit zuträglicher ist als trockne, (welche nach unseren experimentellen Ergebnissen zwei so wichtige Systeme wie das respiratorische und das nervöse afficirt), ja dass keine Luftbeschaffenheit dem Leben so feindlich wie trockne Kälte sein kann, hingegen feuchte Kälte die Sterblichkeit am wirksamsten aufhält <sup>1)</sup>).

Wenn wir nun aber gar erfahren, dass der zarten Amerikaner-Race eine schlimme Prognose drohte, wenn sie nicht, trotz ihres Widerwillens gegen die, sonst hygienisch viel ungünstiger situirten, unter gleichen Isothermen geborenen Bewohner von Europa's „grüner Insel“, die Einwanderung der Irländer begünstigte, dass Europäer in Amerika selten fett werden, aber Amerikaner, welche kurze Zeit in Europa weilen, ein blühendes Aussehen bekommen, dass man in Amerika schneller altert und weit seltener als bei uns wohl conservirte alte Personen sieht, dass also, um ein Gleichniss zu gebrauchen, die Maschinerie im trocknen Klima schneller abgenutzt wird, so geht daraus die hohe hygienische Bedeutung des Wassergehalts der Atmosphäre hervor, obwohl dessen absolute Grösse im Mittel nicht ein Procent erreicht. Man kann also gewissermaassen bezüglich seines physiologisch-hygienischen Einflusses den Wasserdampf der Luft ihrem Stickstoffgehalte anreihen, dessen Wirkung man ja von je als eine temperirende aufgefasst hat. Die Uebereinstimmung, in welcher sich unsere Thierversuche mit den Erfahrungen an Menschen befinden, dürfte als ein neuer Beweis dafür gelten, dass auch in der medicinischen Klimatologie der experimentelle Weg neben dem statistisch-empirischen eingeschlagen werden kann. —

Nun aber zurück zu dem an die Spitze dieser Abhandlung gestellten Einflusse überfüllter Räume auf die Gesundheit und den Hammond-Gavarret'schen Experimenten.

<sup>1)</sup> Casper, Denkwürdigkeiten zur medicinischen Statistik und Staatsarzneikunde. 1846. S. 40.

Was wir zunächst vermutheten, dass schon die blosse Wasserentziehung, selbst wenn es sich um eine sonst normale Atmosphäre handelt, die kleinen Versuchsthiere innerhalb einer Stunde zu tödten hinreiche, hat sich nicht bestätigt; um so mehr Beachtung scheinen die organischen Bestandtheile der verdorbenen Luft jener Räume beanspruchen zu dürfen. Können wir aber in ihnen wirklich das wichtigste gesundheitswidrige Princip erkennen?

Wo es sich um die Wirkung einer mangelhaften Ventilation in stark besuchten Theater-, Concert-Sälen u. dgl. handelt, da brauchen wir nicht so weit zu schweifen: das Gefühl weist uns auf die physikalische Luftalteration, vor allem auf die thermische hin. Wenn Seguin und Lavoisier, welche sich bereits mit Untersuchungen über diesen Gegenstand beschäftigten, der erhöhten Temperatur deshalb keine hervorragende Bedeutung zumessen wollten, weil sie selbst, wenn, allein in ihrem Studirzimmer, sie dasselbe entsprechend erwärmen liessen, nicht das bekannte Unbehagen empfanden, so ist zu erwiedern, dass der absoluten Zimmerwärme an sich in der That nicht die Bedeutung zukommt, dass sie aber äusserst bedenklich werden kann, wenn, ohnmächtig gegen ihre erwärmende Wirkung, welche durch die strahlende Wärme der künstlichen Beleuchtungsmittel noch gesteigert wird, im dichten Menschenknäuel die Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitung Abbruch erleiden muss. Da ausserdem noch Heizungs-, Beleuchtungs-, endlich Athmungs- und Perspirations-Prozesse der Zimmerluft grössere Wassermengen zuführen, welche auch den Wärmeverlust des Körpers durch Verdunstung beeinträchtigen, so sehen wir die Besucher solcher Gesellschaftsräume von einer Luftschicht umgeben, wie sie auf Soldaten bei Märschen in der Hitze einwirkt und in der That büsst man bei uns oft den Besuch öffentlicher Vergnügungsorte mit leichteren, vorübergehenden Symptomen des Hitzschlages. Dazu kommt noch, dass, während die Versetzung aus einem Raume, dessen Luft nur durch Imprägnirung mit organischen Substanzen dumpf oder widerlich erscheint, in eine reine, frische Atmosphäre dauernd von wohlthätigem Erfolge ist, der Wechsel von heisser, verdorbener Luft mit kühler die Gefahr der Erkältung in sich birgt.

Anders ist es, wo es sich nicht um mit vielen Menschen gefüllte Locale, sondern um Wohnräume handelt, welche, wie die des Proletariates, einerseits noch verschiedenen niederen, häuslichen

oder gewerblichen Zwecken dienen, andererseits nur selten einer hinreichenden Lüftung unterzogen werden, da gerade in unseren niederen Klassen eher übertriebene Furcht vor „Zug“ als Einsicht in die Zuträglichkeit einer ausgiebigen Verwendung natürlicher Ventilationsmittel herrscht. Wie dort das Gefühl, so leitet uns hier der Geruch, und wir schliessen, dass die organische Bestandtheile jener Zimmerluft das gesundheitschädlichste Element darstellen. Fraglich erscheint aber, ob denn hierbei gerade die Producte der menschlichen Exhalationen und Secretionen in hervorragendem Maasse betheiligt sind, namentlich wenn sie noch nicht der Fäulniss anheimgefallen sind. Freilich enthalten z. B. die Producte der Hautthätigkeit flüchtige Substanzen, welche gesundheitsschädliche Wirkung auf den thierischen Organismus bekunden, indessen ist die hierfür, nach früheren Versuchen von mir, nöthige Menge relativ gross. Bedeutsamer ist es, dass die Perspirationsproducte leicht in Fäulniss übergehen und sie dann natürlich Erscheinungen putrider Infection hervorrufen können; als solche fasse auch ich die ungesunde, die Widerstandsfähigkeit gegen krankmachende Einflüsse herabsetzende Wirkung des Aufenthalts in den modrigen Hütten der Armuth u. dgl. auf. Ich erinnere nur daran, dass man schon im vergangenen Jahrhundert gelegentlich Haus-Epidemien von böartigen Fiebern durch Ausdünstung von faulendem Kohl in engen Räumen hat entstehen sehen<sup>1)</sup> und bereits Magendie durch gleiche Ursachen analoge Krankheitssymptome an Thieren hervorbrachte<sup>2)</sup>, während die Dünste derselben Substanz in frischem Zustande die Gesundheit kaum beeinträchtigen. Nach dieser Richtung muss man die Hammond-Gavarret'schen Schlussfolgerungen einschränken. Zugleich weisen aber jene Beobachtungen von Magendie u. A. darauf hin, dass die Quelle eingathmeter organischer Zersetzungsproducte in schlecht ventilirten Wohnräumen nicht vorwiegend in den Ausscheidungen ihrer Bewohner, sondern in allerlei anderen Vorrichtungen, welchen diese Räume zugleich dienen, ebenfalls gesucht werden kann. — Bezüglich der practisch-hygienischen Bedeutung analytisch nachzuweisender organischer Bestandtheile einer Zimmerluft möchte ich schliesslich noch Folgendes anführen: In dem

<sup>1)</sup> Rahn's Archiv gemeinnütziger physischer und medicinischer Kenntnisse. 1787. I. S. 172.

<sup>2)</sup> Piorry, Les habitations. p. 119.



Laboratorium, in welchem sich meine Versuchsthiere, selbst kleine Warmblüter, ganz wohl befanden und dessen Luft nicht den Geruchssinn belästigte, fiel es mir auf, dass die Schwefelsäure des Trockencylinders sich sehr schnell bräunte; dies durfte den Verdacht auf hohen Gehalt der Luft an organischen Substanzen erwecken. Als ich nun diese Luft durch einen Kolben mit gekochtem, destillirtem Wasser, dann durch eine leere U-Röhre geleitet hatte, welche in einer Kältemischung stand, so ergab die mikroskopische Untersuchung des künstlichen Thau's und Verdampfung des Condensationswassers, dass eine grössere Menge faulender Substanzen nicht anzunehmen war; als ich aber eine massanalytische Bestimmung mit Hülfe titrirter Chamäleon- und Oxalsäure- ( $\frac{1}{100}$  Normal-) Lösungen vornahm, wobei ich Glasflaschen von 3 bis nahezu 6 Liter Inhalt verwandte, fand ich, dass reduciende Substanzen in erheblicher Menge, fast 9mal so viel als in einem luftigen Bodenraume des Institutes vorhanden waren, (es dürfte dies vornehmlich auf suspendirte Elemente organischer Natur bezogen werden); hingegen betrug der  $\text{CO}_2$ -Gehalt jenes Arbeitsraums, nach Watson-Pettenkofer'scher Methode bestimmt, nur 0,08 pCt. Wie aber dort hygienisch-indifferente Luftbestandtheile, so kann auch, wie mich das Ergebniss der Untersuchung einer Treibhausluft anzunehmen veranlasst, eine erquickende Garten- und Landluft, welcher wir unsere Kranken und Genesende anvertrauen, und deren „balsamische Düfte“ ebenfalls organischer Natur sind, ein gleiches quantitativ-analytisches Resultat bezüglich desoxydirender Substanzen liefern. Auch solche Beobachtungen sind Beweis dafür, dass analytisch nachgewiesener hoher Gehalt einer Zimmerluft an organischen Substanzen nicht an sich gleichbedeutend mit Insalubrität dieser Atmosphäre ist, und dass practische Bedeutung für die Beurtheilung der Luftverderbniss in Wohnräumen, ausser unseren Sinneswahrnehmungen, in erster Reihe nur die  $\text{CO}_2$ -Ermittelung beanspruchen kann. —

---