

Moderne und antike  
Heizungs- und Ventilationsmethoden.

---

Von

Dr. J. Berger  
in Frankfurt a. M.

~~~~~  
Mit 9 Holzschnitten.  
~~~~~

---

Berlin, 1870.  
C. G. Lüderig'sche Verlagsbuchhandlung.  
A. Charisius.

Verordnung über die Verhältnisse der Lehrerinnen

Das Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen wird vorbehalten.

In unserer Zeit, der Zeit des Fortschritts auf allen, besonders aber auf naturwissenschaftlichen Gebieten, in welcher der Naturforscher mit Stolz auf die primitiven Leistungen eines Plinius oder Aristoteles zurückschauen darf, sind auch unsere Kenntnisse über Heizung und Ventilation wesentlich erweitert worden, ohne daß jedoch nur im entferntesten behauptet werden könnte, dieselben seien zu einem gewissen Abschluß gekommen; vielmehr ist gerade die starke Seite dieser unserer Kenntnisse die Einsicht, daß alle bis jetzt bestehenden Ventilationseinrichtungen mehr oder weniger unzureichend oder zu kostspielig sind.

Diese Einsicht ist um so drückender, als es gerade den experimentellen Naturwissenschaften gelungen ist, das Bedürfniß einer guten, billigen Ventilation nicht allein bei Naturforschern, sondern auch in weiteren Kreisen der Gesellschaft mehr oder weniger lebhaft fühlbar zu machen und zu klarem Bewußtsein zu bringen.

Man wird sich wohl zu der Annahme berechtigt halten, daß die Alten schwerlich die Principien einer sparsamen, rationellen Heizung kannten, viel weniger aber das Bedürfniß einer wirksamen Ventilation fühlten und demselben gerecht zu werden suchten. Diese Annahme wird nicht allein deswegen gerechtfertigt erscheinen, weil man ihnen die wissenschaftliche Einsicht abspricht, sondern auch deswegen, weil wohl kaum so häufig so viele Menschen in einem abgeschlossenen Raum zusammen zu sein genöthigt waren, als dies heutzutage in unseren gesellschaftlichen und klimatischen Verhältnissen der Fall ist. — Und doch geht meine Absicht gerade dahin, zu beweisen, daß die Alten in ihrem einfachen, ungetrübten Natursinn besser geheizt und ventilirt haben,



als wir es thun; und daß wir, wenn wir es zu einiger Vollkommenheit in diesem Kapitel bringen wollen, unbedingt zu den Principien der Alten zurückkehren müssen.

Wollen wir aber ihre Einrichtungen näher kennen lernen, so nehmen die Arbeiten einen ganz andern Verlauf, als dies bei den unsrigen der Fall. Wir müssen zunächst die Ueberreste kennen lernen, welche uns die Zeit und ihre Ereignisse gelassen haben, aus diesen müssen wir mit Hilfe der nicht sehr vollständigen alten Schriftsteller das Ganze erst gewissermaßen neu construiren, müssen nach der Bestimmung der so hergestellten Einrichtungen fragen; und erst nach all diesen Vorarbeiten können wir uns mit der Prüfung der Wirkungen beschäftigen, welche bei den neueren Einrichtungen allein unsere Arbeitskraft in Anspruch nimmt.

Diese Prüfung kann aber dort wieder nicht in derselben Weise stattfinden, wie hier. Wir können nicht durch direkte Versuche ermitteln, wieviel der von einer bestimmten Quantität Brennmateriale gelieferten Wärme in einem solchen ehemaligen Gebäude zur Verwerthung kam, oder wieviel der durch Athmung und Ausdunstung erzeugter Verunreinigungen durch die ehemaligen Vorrichtungen in einer bestimmten Zeit abgeführt wurden u. s. w. Dazu müßten jene Einrichtungen vollständig vorhanden sein und in Thätigkeit versetzt werden können. Wir müssen andere Wege einschlagen, müssen an unseren neueren Einrichtungen und durch anderweite Versuche die Principien kennen lernen, auf welche es ankommt, und müssen dann fragen, in wie weit diese Principien bei den Alten in Anwendung kamen oder nicht. Der Vergleich zwischen den alten und neuen Methoden ergibt sich damit von selbst.

Es ist nun hiermit aber auch der Gang unserer Arbeit vorgezeichnet und sind die einzelnen Abtheilungen derselben schon gegeben.

Die Ueberreste, welche uns als Anhaltspunkte dienen, stam-



men fast durchschnittlich nur von römischen<sup>1)</sup> Bädern. Dieselben finden sich denn auch in reichlicher Anzahl vor, nicht allein in den wärmeren Gegenden Italiens, wo die Heizung der Wohnräume eine minder bedeutende Rolle spielte, sondern auch in den weiter nördlich gelegenen Zonen, wie namentlich in Deutschland und Frankreich. Die in Pompeji und Herculanium aufgefundenen Bäder sind fast ganz erhalten. Außerdem sind Ueberreste in Rom und dessen Umgebung, Scrofano u. s. w. aufgefunden worden. Die Ueberreste bei Badenweiler, Dehringen, Lichtenberg, Zweibrücken, Burweiler, im Odenwalde, in Mainz, Metz u. s. w. deuten alle im Allgemeinen auf dieselbe Heizmethode hin, lassen aber trotzdem im Einzelnen mancherlei Verschiedenheiten erkennen, deren genauere Untersuchung unsere Begriffe von dem Scharfsinn der Alten wesentlich zu steigern geeignet ist.

### Die moderne Heizung.

Sobald man den Ofen eines Zimmers zu heizen beginnt, so beginnt auch die vorher vollständig ruhige Luft in lebhaftere Bewegung zu gerathen. Diese Bewegung kann man schon durch das Gefühl wahrnehmen: setzt man sich nämlich an ein Fenster, so kommt einem ein empfindlich kalter Luftstrom entgegen. Mag dasselbe auch noch so gut verschlossen sein, mag man es noch so sehr durch Fensterkissen u. dergl. verwahrt haben; mit der Heizung beginnt dieser kalte Luftstrom, der sich nur im Innern des Zimmers entwickelt haben kann.

Es gibt nun sehr einfache Mittel, dieser Bewegung näher auf die Spur zu kommen, benutzen wir das allereinfachste: ein Stückchen brennenden Zunders. Halten wir dasselbe an den Ofen; der Rauch wird an den Wänden desselben und an dem Rand seiner Decke lebhaft emporgetrieben; aber über der Mitte dieser Decke wird er niedergehalten, unregelmäßig nach dem

Rande hin getrieben, wo er sodann wieder emporsteigt. Hält man den Zunder außerhalb der Decke etwas über das Niveau derselben, so sieht man, wie der Rauch theilweise in die Höhe, theilweise abwärts nach der Mitte hin getrieben wird.

Diese einfachen Versuche verschaffen uns Einsicht in die hier stattfindenden Vorgänge. Die Luft strömt offenbar aus der Umgebung des Ofens an denselben heran, erhitzt sich und steigt empor: ein lebhafter Aufstrom an allen Seiten! Ebenso muß aber auch die über der Decke erhitzte Luft durch herzuströmende kältere Luft verdrängt und ersetzt werden. Diese kältere Luft kann aber nur von der Umgebung des Ofens herbeiströmen; sie muß also den von den Wänden aufgestiegenen Strom an verschiedenen Stellen, die sehr häufig wechseln, durchbrechen; so stürzt sie sich auf die Mitte der Decke, erwärmt sich daselbst und steigt, von nachstürzender Luft dem Aufstrom zugetrieben und von diesem zugleich mitgerissen, in der Nähe des Randes empor. Weiter oben, wo der Decke kein Material mehr zugeführt wird, herrscht nur noch der Aufstrom, der Zunderrauch wird in geringer Entfernung über der Decke überall emporgetrieben und der Aufstrom kann bis zur Decke des Zimmers verfolgt werden.

Dieser Vorgang muß bei größeren heißen Flächen in ähnlicher Weise stattfinden; und wir werden demselben noch einmal begegnen.

Verfolgt man nun den Weg der aufgestiegenen Luft, indem man beobachtet, nach welcher Richtung der Rauch des brennenden Zunders getrieben wird, wenn man diesen an verschiedene Stellen des Zimmers hält; so findet man sehr leicht, daß dieselbe in den oberen Theilen von dem Ofen ab in der Hauptrichtung nach den Fenstern, aber auch gegen die kälteren Wände hinströmt, an diesen und an den Fenstern herabsinkt und in den unteren Theilen dem Ofen wieder zuströmt.

Hebt man den Zunder an einer Stelle des Zimmers allmählig empor, so sieht man, wie sein Rauch unten stärker, je



weiter nach oben aber, desto schwächer nach dem Ofen hingetrieben wird, bis er endlich senkrecht aufsteigt, alsbald aber nach der entgegengesetzten Richtung zu ziehen beginnt.

An den Wänden, welche in der Nähe des Ofens von diesem noch heiß geworden, sinkt die Luft nicht herab, sondern steigt selbstverständlich ebenfalls empor.

Der eben geschilderte Kreislauf vollzieht sich nach dem aller-einfachsten Grundgesetz. Dieses Gesetz lautet: „die schwerere Flüssigkeit strebt stets die tiefer gelegene Stelle einzunehmen.“ Die Luft erkaltet an den Wänden und Fenstern, zieht sich in Folge dessen zusammen, wird also specifisch schwerer, sinkt wieder auf den Boden und drängt die wärmere Luft empor, dergestalt, daß ein Thermometer eine um so höhere Temperatur anzeigt, je höher über dem Boden man es aufhängt. An der Oberfläche des Ofens findet eine rasche Erwärmung der Luft zur höchsten Temperatur des ganzen Raumes statt. So wie sie erwärmt ist, wird sie, wie schon angedeutet, von der benachbarten kühleren Luft empor gedrängt; dieser folgt die entfernter gelegene u. s. w. So sinkt an einer Stelle die abgekühlte schwerer gewordene Luft fortwährend herab, an der anderen wird die wärmer und leichter gewordene fortwährend in die Höhe gedrängt, und so entsteht der Kreislauf nach dem oben ausgesprochenen Gesetz. Nicht aber ist die Sache so zu verstehen, daß etwa der heißen Luft eine besondere Tendenz zum Aufsteigen inne wohnte und daß diese Tendenz den Anstoß zur Bewegung gäbe. Gerade diese Verwechslung scheint der Hauptgrund zu vielen Fehlern gewesen zu sein, die man mit großem Kostenaufwand oft bezangen hat.

Je größer die Temperaturdifferenz zwischen den verschiedenen Luftmassen, desto energischer, desto rascher wird sich der Kreislauf immer von neuem wieder vollziehen.

Es ist bekannt, daß die Luft um so mehr Feuchtigkeit im gasförmigen Zustande aufgelöst enthalten kann, je höher ihre Temperatur ist und daß, sobald ein Zimmer geheizt wird, die

heißer gewordene Luft den Wänden Feuchtigkeit entzieht. Wenn sie dann am Fenster sich bedeutend abkühlt, so muß sie, indem sie bei der Abkühlung ihre Auflösungsfähigkeit wieder verliert, diese Feuchtigkeit daselbst wieder absetzen: die Fenster beschlagen.

Wird nun aber in dem Zimmer noch viel Feuchtigkeit entwickelt durch Athmen, Kochen, Waschen u. s. w., so setzt diese sich auch an den kühleren Theilen der Wände, namentlich hinter Betten, Schränken u. s. w. ab; und da die dergestalt entwickelte Feuchtigkeit anderweitige Bestandtheile enthalten muß, so ist leicht begreiflich, wie auf diese Weise zu Moder und Fäulniß reichlich Veranlassung gegeben werden kann.

Herrscht nun gar der Mißbrauch, daß man nur zeitweilig die Thüre zwischen dem geheizten Wohn- und dem nicht geheizten, wenig gelüfteten Schlafzimmer öffnet, so bilden sich diese Vorgänge zu einem der Gesundheit höchst nachtheiligen Grade aus. Erst neuerdings hatte ich, als ich bei einem gerichtlichen Falle zugezogen wurde, Gelegenheit zu sehen, wie die Wände eines solchen Schlafzimmers über und über von Pilzen bedeckt und alle Mitglieder der zahlreichen Familie im Laufe eines Winters zu einem jämmerlichen Gesundheitszustand herabgekommen waren. Es kann vor dergleichen Mißbräuchen nicht genug gewarnt werden, um so mehr, als die Wirkungen in den meisten Fällen nicht so scharf, gerade deshalb aber um so gefährlicher hervortreten. —

Es ist nun die Frage von großem praktischen Interesse, wie viel Wärme die Luft auf ihrem Wege von dem Ofen nach dem Fenster und zurück denn eigentlich an Decke, Wände und Fenster verliert. Von vielen Versuchen hier nur einen, der mittlere Resultate liefert.

In einem Zimmer von 20' Länge, 10' Breite, 11' Höhe steht in einer Ecke der Länge nach dem (einen) Fenster gegenüber ein gußeiserner Ofen. Bei einer Temperatur von  $-2^{\circ}$  R. im Freien zeigte ein vor der Wärmestrahlung des Ofens geschütztes Thermometer:



	am Boden:	a. d. Decke:	Verlust:
1' vom Fenster entfernt	10°,5	19°	8°,5
Mitte des Zimmers	11°	20°,5	9°,5
1' vom Ofen entfernt	12°	23°	11°

Es hat also die Luft in der Tiefe nur etwa halb so viel Réaumur'sche Grade als in der Höhe. Sie hat eine colossale Wärmemenge an Decke, Wände und Fenster verloren. Dieser Verlust ist denn auch wirklich reiner Verlust für die Insassen des Zimmers. Denn diese befinden sich ja nicht an der Decke, wo die Luft heiß, sondern am Boden, wo sie kalt ist; und dennoch haben sie nicht geheizt, um die Decke, sondern um sich selbst zu wärmen. Aber jedesmal, wenn sie sich einigermaßen warm verschaffen wollen, müssen sie der Decke, den Fenstern und Wänden übermäßige Abgaben zahlen. Trohdem, daß ferner jedem Laien die bekannte Gesundheitsregel: „den Kopf halt kalt, die Füße warm!“ geläufig ist, daß alle Anstrengungen gemacht werden, um dieser Regel Genüge zu leisten, trohdem ragt der Kopf im Zustand der Ruhe, wo dieselbe doch am meisten zu beherzigen wäre, in die Hitze hinein, und unsere Füße befinden sich in der Kälte.

Was hier alles von der Ofenheizung gesagt ist, gilt mehr oder weniger von all unseren Heizmethoden; denn alle liefern sie die gewärmte Luft an die Decke des Locals, lassen sie auf ihrem Weg abwärts nach dem Boden an alles Wärme abgeben, was solche aufnehmen kann; und die spärlichen Ueberreste kommen denjenigen zu, für welche der Hauptgenuß bestimmt war.

Es hat übrigens diese Heizmethode noch einen weiteren Nachtheil, der jedoch nicht sofort in die Augen springt, wie es bei dem anderen der Fall war. Es handelt sich nämlich um organische Verunreinigungen der Luft durch Athmung, Ausdunstung, Verbrennung u. s. w., sofern dieselben mit dieser unmittelbar durch die Lungen der Insassen gehen. Diese organischen Beimengungen der Luft sind das eigentlich Nachtheilige. Aber man

hat bis jetzt kein Mittel, diese Beimengungen genau zu messen. Man mißt daher, wenn man den Grad der Verunreinigung kennen lernen will, den Gehalt der Luft an Kohlen Säure und nimmt dabei an, daß ihre Menge dem Gehalt an organischen Verunreinigungen proportional sei. Es zeigt sich denn auch, daß in bewohnten Räumen die Atmosphäre um so übler riecht, je größer ihr Kohlen Säuregehalt ist.

Nun kommen die Kohlen Säurebestimmungen, von den verschiedensten Forschern nach den verschiedensten Methoden angestellt, darin überein, daß der Kohlen Säuregehalt in den oberen Theilen eines bewohnten Raumes beträchtlicher ist als in den unteren.

Den Grund von dieser Erscheinung einzusehen ist ebenso leicht als wichtig. Hält man nämlich brennenden Zunder oder besser eine sog. Papier Schlange, d. i. eine mit ihrem Mittelpunkt auf eine Stahlspitze aufgesetzte und um dieselbe herabhängende, aus einem Kartenblatt geschnittene Spirale, über irgend einen Körperteil, so bemerkt man, ebenso wie über dem Athem und über einem Licht, einen Aufstrom. Die Luft erwärmt sich an unserem Körper und steigt, nachdem sie die Ausdunstung aufgenommen, empor. In der Höhe folgt sie dem Zug nach den kälteren Zimmertheilen und sinkt dort, sich mit der durch Ritzen und Poren eindringenden frischen Luft mischend, herab, um so verdünnt wieder an und in den Organismus zu gelangen. Blieben Athem und Ausdunstung in der Tiefe, so müßte sich natürlich hier die größte Verunreinigung finden. Könnte man das Herabsinken verhindern und sie, nachdem sie oben angelangt, dort gleich ableiten, so müßte unten der Kohlen Säuregehalt fortwährend und trotz der größten Menschen- und Lichtermenge unmerkbar sein. Da aber die verdorbene Luft immer wieder herabfällt, immer wieder durch die Lungen geht, so muß sie sehr nachtheilig auf den Organismus wirken.

Läßt sich aber dieses Herabsinken nicht verhindern?



## Die moderne Ventilation.

Alle hierher gehörigen Erscheinungen lassen sich ebenso wie die verschiedenartigen Quellenercheinungen, mehr oder weniger auf das Princip der communicirenden Röhren zurückführen: Wenn in zwei aufrecht stehende, unten durch eine Querröhre verbundene Röhren eine Flüssigkeit, z. B. Wasser gegossen wird, so stellt sich dies in beiden gleich hoch. Gießt man verschieden schwere Flüssigkeiten hinein, so verhalten sich ihre Höhen umgekehrt, wie ihre specifischen Gewichte. Sind die Flüssigkeiten Quecksilber und Wasser, so wird ersteres in der einen Röhre z. B. 1 Fuß, letzteres in der anderen 14 Fuß hoch stehen.

Es ist dabei ganz gleichgiltig, ob beide Röhren gleich oder verschieden weit sind.

Wäre die eine Röhre kurz, z. B. nur 1 Fuß, die andere aber 15 Fuß lang und wir hielten letztere Röhre fortwährend mit Wasser gefüllt, so würde dieses aus der kurzen hervorspringen bis zu einer der Höhe von 15 Fuß entsprechenden Höhe. Es würde diese Höhe sogar erreichen, wenn nicht dieselbe Beweglichkeit, mit welcher es emporspringt, zugleich eine ansehnliche Verminderung derselben bewirkte. Zwei Ursachen sind es, welche sich diese Beweglichkeit zu Nutzen machen. Die eine ist die Schwere.

Diese zieht die aufsteigenden Wassertheile je weiter nach oben, desto energischer zurück. Folglich werden die oberen Theile immer langsamer steigen, also gegen die unteren zurückbleiben, dieselben im raschen Aufsteigen hindern, auf sie einen Druck ausüben, in Folge dessen die leicht verschiebbaren Theile seitlich ausweichen. So breitet der Strahl sich nach oben kegelförmig aus und verliert an Höhe, was er an Querdurchschnitt gewinnt.

Aehnlich wirkt die zweite Ursache, der Widerstand der Luft. Dieser aber zertheilt ferner, indem er die dem Strahl innewoh-

nende Tendenz zur Tropfenbildung unterstützt, denselben in viele Theile, die wieder herabfallen.

Je leichter die aufsteigende Flüssigkeit, desto geringer ist jener Einfluß der Schwere, desto größer aber der des Widerstandes, den wir zuletzt erwähnten und welchen wir hauptsächlich in Betracht zu ziehen haben.

Würden wir die 1 Fuß lange Röhre mit einem hohen Becken umgeben, dieses mit Weingeist füllen, welcher leichter ist als Wasser, aber schwerer als Luft; würden wir nun das Wasser nicht mehr in der Luft, sondern in diesem Weingeist emporpringen lassen, so wäre der Widerstand viel größer. Wir würden den aufsteigenden Strahl sehr leicht bemerken, und könnten, wenn wir ihn noch deutlicher beobachten wollten, das Wasser färben. Wir würden aber sehen, daß er sich nach oben rasch ausbreitet und bei weitem nicht so hoch springt, als vorhin in der Luft. Ließen wir ihn längere Zeit springen, so würde der Weingeist immer wässriger, immer schwerer, der Widerstand immer größer, der Strahl immer breiter, niedriger, bis er endlich am Boden zerflöße und dann ganz aufhörte.

Je dichter das Mittel im Vergleich zu der Flüssigkeit ist, welche sich als aufsteigender Strahl in ihm bewegt, desto mehr breitet dieser sich aus und desto näher bleibt er dem Boden.

Das Gesagte kann uns nun klare Begriffe von den Vorgängen bei unseren Ventilationseinrichtungen verschaffen helfen.

Da trifft man in manchen Bierlocalen z. B. eine sehr einfache Ventilation. In der Nähe des Fensters ist eine einige Fuß lange, beiderseits offene Röhre senkrecht in den Boden eingelassen und durch eine wagrechte Röhre unter demselben mit der äußeren Luft in Verbindung gebracht. Wird nun das Local gewärmt, so tritt durch das obere offene Ende kalte Luft ein; aber sie sinkt nicht, wie wir es wahrzunehmen gewohnt sind, nieder: je wärmer es wird, desto rascher steigt sie empor. Treten wir bei großer Kälte in das geheizte Local ein, so sind wir



auf den ersten Anblick überrascht, daß ein mächtiger kalter Luftstrahl, den man noch weit in der Höhe bemerkt, die über die Oeffnung gehaltene Hand geradezu in die Höhe schleudert.

Wir können hier, ohne eine Aenderung in der Wirkung, eine Röhre von der Höhe des Saales in die äußere kalte Luft gesetzt denken, und wir haben den lezt erwähnten Fall. Statt des Wassers haben wir die kalte, statt des Weingeistes die warme, leichtere Luft des Saales selbst, in welchen sich die kalte durch die kurze Röhre ergießt.

Wäre gar keine Luft in dem Saale, so würde der Luftspringbrunnen bis an die Decke springen. Je größer aber die Temperaturdifferenz zwischen Innen und Außen ist, desto näher kommen wir diesem Falle, desto verhältnißmäßig geringer ist der Widerstand, desto höher springt der Strahl über die Köpfe der Insassen hinaus.

Ein Wasserstrahl kommt immer wieder zur Erde zurück. Anders ist es mit dem emporgestiegenen Luftstrahl. Je mehr er mit der ihn zertheilenden wärmeren Luft in Berührung kommt, desto rascher nimmt er deren Temperatur an, desto rascher schwindet also die Ursache des Herabfallens. Die eingedrungene Luft tritt in den Kreislauf der vorhandenen verdorbenen Atmosphäre ein; ein Theil des Gemisches entweicht durch eine an der Decke angebrachte Oeffnung. Man sieht: je größer die Temperaturdifferenz zwischen Innen und Außen ist, desto weniger kommt die eingedrungene Luft den Insassen zu Gute, obgleich die durch sie bewirkte Abkühlung um so größer ist.

Je höher ferner der Saal ist, desto weiter in die Höhe reicht auch die Temperaturdifferenz zwischen Innen und Außen, desto mehr muß man die äußere Röhre verlängert denken, desto höher wird der eindringende Strahl springen.

Aus der Erläuterung dieser Einrichtung ergibt sich nun von selbst, was man von einer anderen häufig in Anwendung gebrachten zu halten hat. Gestützt auf die Erfahrung, daß die

Luft in den oberen Theilen eines geheizten Raumes wärmer ist als unten, macht man am Boden Oeffnungen in die Mauern, um die vordorbene Luft dort abgehen zu lassen und dabei so wenig als möglich Wärme zu verlieren.

Daß die untere Zimmerluft kühler ist als die obere, ist sicher; aber ebenso sicher ist, daß die äußere Luft noch kühler ist als sie; daß jene also durch diese Oeffnungen ein, diese aber nicht abströmen wird.

Diese und ähnliche Einrichtungen leiden an dem Grundfehler: man liefert die Wärme in die Höhe, während man sie doch in der Tiefe verwerthen möchte. Mit der Wärme wandern unzertrennlich die Verunreinigungen der Luft, die man droben behalten und dort fortschaffen möchte. Zur Erreichung des ersten Zweckes thut man dem letzteren; zur Erreichung des letzteren dem ersteren Gewalt an.

In dem Saalbau zu Frankfurt a. M. hatte man neben den Abzugsoeffnungen an der Decke einen weiten Schornstein in der Mauer angebracht, der sich etwas über Manneshöhe in den Saal herab öffnete. Durch diesen Canal sollte die warme verdorbene Luft empor steigen ins Freie. Sie that's aber nicht; im Gegentheil: es stürzte die kalte Luft so heftig von oben herab, daß man gezwungen war den Canal eiligst zu verschließen. In dem Spital La Pitié zu Paris strömte trotzdem, daß durch eine Maschine massenhaft frische Luft in den (warmen) Saal eingetrieben wurde, dennoch kalte Luft durch einen solchen „Abzugscanal“ dem Saale zu. Werden wir uns über diese Vorgänge klar! Füllen wir ein Gefäß mit Wasser, füllen wir ferner einen Canal, welcher sich in dessen Wand emporzieht mit Quecksilber und muthen wir nun dem Wasser zu, es solle das Quecksilber in die Höhe treiben und dann selbst nachheilen. Gewiß! Jedermann wird sich über diese Annuthung wundern und einsehen, daß im Gegentheil hier das Quecksilber, wie dort die schwerere Luft, auf den Boden herabsinken und das Wasser von diesem



hinweg nach oben drängen wird, wo es abfließt, gerade so wie die emporgebrängte leichtere Luft des Saales. Sollte letztere durch den Canal abgehen, so müßte dieser zu einer Temperatur erwärmt werden, welche die des Saales übersteigt. Welches wäre aber nun der Vorgang, wenn wir einen solchen vom Boden aufsteigenden Canal heizten, wie es in Frankreich häufig geschieht<sup>2)</sup>? Offenbar müßte die vom Ofen aufgestiegene Luft, mit ihr die emporgestiegene Verunreinigung, wieder herabsinken, um zu der Mündung des Canals zu gelangen; d. h. also: die Verunreinigungen müßten, wenigstens zum Theil, wieder durch die Lungen gehen.

Es scheint nun obiger Fall, in welchem die kalte Luft zum Boden her abströmt, dem vorhin erwähnten, in welchem dieselbe unter ganz ähnlichen Verhältnissen aufwärts strömt, zu widersprechen. Allein der Widerspruch ist nur eben scheinbar. Hätte man den Canal im Frankfurter Saal nach unten bis zum Boden verlängert und von da wieder senkrecht aufwärts geführt, so wäre die Luft bei genügender Temperaturdifferenz ebenfalls heftig empor geströmt, nicht herabgesunken. Im ersten Falle folgt die herabfallende Luft, ebenso wie herabfallendes Wasser, dem Gesetze der Schwere, breitet sich als flüssiger Körper über dem Boden aus und drängt die weit ausgedehnte Luftmasse, unter welcher sie sich ausbreitet, in die Höhe. Im zweiten Falle folgt sie ebenfalls dem Gesetze der Schwere; am Boden der Röhre angelangt, kann sie sich aber nicht ausbreiten; sie drängt jetzt ebenfalls die über ihr befindliche Luft mit einem ihrem Gewichtsüberschuß entsprechenden Druck in die Höhe. Diese Luft ist aber nicht die warme des Saales, sondern die vorher schon hereingesunkene kalte; sie ist ferner nicht weit begrenzt wie vorhin, sondern der ganze Druck äußert sich auf den eng begrenzten Querdurchschnitt der aufsteigenden Röhre. Hätte die kalte Luft beispielsweise den ganzen Saalboden von 1000 Quadratfuß einen Fuß hoch bedeckt, so wäre die gesammte warme Luft um einen Fuß gehoben worden, d. h. wenn der Saal 10 Fuß hoch wäre,

so wären 10,000 Kubiffuß Luft einen Fuß hoch gestiegen. Betrüge aber der Querdurchschnitt der senkrecht aufsteigenden Röhre nur einen Quadratfuß, so würden nichtsdestoweniger in derselben Zeit 10,000 Kubiffuß Luft um einen Fuß in die Höhe gedrängt, was nicht anders geschehen könnte als dadurch, daß die nachfolgenden Luftmassen, die über ihnen befindlichen mit reißender Schnelligkeit in die Höhe trieben.

Während es also völlig gleichgiltig ist, ob wir in der äußeren herabdrückenden Luft eine Röhre stehen haben oder nicht, während diese vielmehr ganz überflüssig ist, indem derselbe Druck in beiden Fällen sich gerade soweit in die Höhe erstreckt als die Temperaturdifferenz reicht, ist dies bei der Einmündungsröhre durchaus nicht der Fall. Nicht allein ihre Höhe, sondern auch ihre Richtung ist von wesentlichem Einfluß auf die Stelle, an welche die eingeleitete Luft zunächst abgegeben und auf die Art und Weise, wie sie eingeleitet und für die Zusassen nutzbar gemacht wird. —

Es ist das Naturgesetz allgemein giltig: wenn die Theile einer Masse sich unter einander frei bewegen können, so ordnen sie sich nach ihrer Schwere, und es nehmen die schwersten derselben die niedrigste, die leichteren stufenweise die höheren Stellen ein. Auf dieses Gesetz gestützt ist man gewohnt, die Luft an einem warmen Ofen emporsteigen zu sehen. Das geschieht denn auch jedesmal, wenn dem Gesetz dadurch wirklich Genüge geleistet wird; nicht aber, wenn dies nicht der Fall ist, wie in dem neuen Gebärdhause zu München. Es ist nicht unwichtig, dessen Einrichtung näher zu betrachten.

Um frische Luft in die Säle des zweistöckigen Gebäudes zu führen, erhebt sich ein sechseckiger Thurm über das Dach; von ihm laufen unter dem Dache noch vier horizontale Luftcanäle aus, die ins Freie münden; alle sind auf sinnreiche Weise zur Aufnahme von Luft hergerichtet.

Von diesem ganzen System aus gehen nun große Canäle



bis zum Erdgeschoß herab, spalten sich dort in Zweiganäle, von welchen die einen zum ersten, die andern zum zweiten Stock wieder emporsteigen und die Luft dem runden, gußeisernen, durch einen Mantel von Thon umgebenen Ofen zuleiten; sie soll, wenn dieser geheizt wird, zwischen ihm und dem Mantel emporsteigen.

Genauere Untersuchungen haben nun dargethan<sup>3)</sup>, daß nahezu die Hälfte der Bewegungen nicht in dem gewünschten, ein sechstel sogar im entgegengesetzten Sinne ging. Der Mißstand soll über Nacht oft eingetreten sein und zwar regelmäßig, wenn sich ein lebhafter Wind aus irgend einer Richtung erhob. Die verkehrte Strömung war oft so stark, daß die Säle ganz kalt waren und die Temperatur in den Canälen bis 30° stieg.

Stellen wir uns diese Einrichtung im Kleinen dar, was wieder auf sehr einfache Weise geschehen kann. Zwei senkrecht aufstehende, gleich lange Ofenrohre communiciren unten durch ein kurzes Querrohr. In diesem befinden sich auf der einen Seite glühende Kohlen, so daß die zugehörige Vertikalröhre geheizt wird. Nennen wir sie ein für allemal die „heiße“, die andere die „kalte“. Ein lebhafter kalter Luftstrom geht zur letzteren hinein, ein ebenso lebhafter warmer zur erstern heraus, wie wir's erwarten. Blasen wir nun in die heiße Röhre hinein, so geht die Strömung verkehrt, in diese hinein, zur kalten heraus. Hören wir alsbald wieder zu blasen auf, so erfolgt erst Stillstand, dann kehrt die Strömung wieder zurück. Machen wir die kalte Röhre kleiner als die heiße, so wird die verkehrte Bewegung um so weniger zu erzielen sein, je größer jener Längenunterschied ist.

Machen wir dagegen die kalte Röhre zweimal, dreimal so lang als die heiße und blasen dann in letztere, so wird eine verkehrte Bewegung rasch erfolgen, um so rascher, je länger jene ist; wenn wir zu blasen aufhören, so wird dieser Strom um so weniger leicht zurückkehren und um so energischer in dieser Umkehr verharren, je länger sie ist. Machen wir, während der Strom

verkehrt geht, die kalte Röhre kürzer als die heiße, oder bringen wir etwas über ihrem Boden eine Oeffnung an, so tritt augenblicklich die Rückkehr zur richtigen Bewegung wieder ein. Selbstverständlich kann die Rückkehr auch dadurch bewirkt werden, daß man in die kalte Röhre bläst.

Ueber diese Vorgänge läßt sich nun leicht Rechenchaft ablegen. Die Luft dehnt sich bei jedem Grad, um den sie erwärmt wird, um 0,00366 ihres Volums aus. Wird sie um  $100^{\circ}$  erwärmt, so wird ihr Volum etwa um  $\frac{1}{3}$  größer als es anfänglich war. War also in beiden Röhren ein gleiches Volum Luft enthalten, waren sie gleich hoch, und wird nun die eine um  $100^{\circ}$  erwärmt, so wird  $\frac{1}{3}$  ihrer Luft hinaustreten müssen. Die nun noch in ihr enthaltenen  $\frac{2}{3}$  sind natürlich leichter als das ganze Volum in der anderen. Dieses drängt daher jenes hinaus, langt selbst in der heißen Röhre an, erwärmt sich ebenfalls und hat dasselbe Schicksal, wie die eben verdrängte Luft.

Blasen wir nun in die heiße Röhre, so wird die Erwärmung von da nach dem Querstück und der kalten hin getragen. Da sie sich auf diese beiden Röhren vertheilt, so kann sie in der kalten natürlich nicht so groß werden als sie in der heißen war und trotz des Luftstroms — wegen der Nähe der Wärmequelle — leicht wieder werden kann; die Umkehr ist also leicht wieder möglich; noch leichter aber, wenn die kalte Röhre noch kleiner ist. Ist aber diese z. B. doppelt so lang, enthält sie also zwei Volumina Luft, die bei der Erwärmung auf  $100^{\circ}$   $\frac{2}{3}$  Volumina verlieren, so wird der Wärmeverlust in dem kurzen Querstück als unbedeutend zurücktreten. Es wird nun das oberhalb der kürzeren heißen Röhre befindliche Volum Luft gerade so seinen Ueberdruck geltend machen als das innerhalb befindliche; es drücken also 2 Vol. gegen etwas mehr als  $1\frac{1}{3}$  Vol. Eine freiwillige Umkehr ist nicht mehr so leicht möglich. Oeffnen wir aber in der Nähe des Bodens oder nehmen wir die kalte Röhre soweit weg, daß sie kürzer wird als die heiße, so strömt kalte



Luft ein, die warme Luftsäule wird etwa bis dahin verkürzt, die Umkehr erfolgt.

Je leichter sich die Röhren erwärmen können, je bessere Wärmeleiter sie sind, desto genauer schließt sich die Erscheinung an die Betrachtung an.

Das Querstück kann leicht ersichtlich eine bedeutende Rolle spielen. Je länger es ist, desto schwerer kann eine Umkehr in dem einen oder anderen Sinne erzielt werden. Es verhindert dieselbe nicht allein durch die Aufnahme von Wärme, sondern auch durch die Reibung, welche die durchströmende Luft an ihm erfährt: Bei den Canälen, welche unter den Städtestraßen hergezogen werden und in welchen der Luftzug den eben dargelegten Gesetzen unterliegt, ist dies Querstück, eben der Canal selbst, ungeheuer lang und sein Einfluß groß.

Es bedarf übrigens kaum noch einmal der Erwähnung, daß wir in obigen Versuchen die Münchener Vorgänge wiedergegeben haben. Was wir hier mit Einblasen bewirkten, kann dort auf mancherlei andere Weise bewirkt worden sein, vielleicht unter günstigen Umständen schon durch das Zuschlagen einer Thür. Wenn ein heftiger Windstoß die Luft massenhaft in den Thurm und somit in die Säle hineinwarf, mußte ein Rückstoß von diesen nach dem Thurm erfolgen, dieselbe Erscheinung etwa wie die, bei welcher heftige Windstöße ein (nach innen) geöffnetes Fenster zuschlagen. Waren nun die Dfen genügend heiß, so war die Umkehr bewirkt. Das konnte um so leichter geschehen, je höher der Thurm im Verhältniß zu dem Ofen, oder — wenn man die warme Luftsäule bis an die Decke des Saales verlängern will — im Verhältniß zu dem Saale war. Es erhellt daraus, daß die Ventilation in dem Saale des ersten Stockes schlechter wirken mußte als im zweiten Stock, wie das die Beobachtungen ergaben.

Da in dem Gebärhaus die Canäle, welche nach den beiden Stockwerken gingen, mit einander communicirten, so konnte natür-

lich auch ein Ueberströmen der verdorbenen Luft aus einem Stockwerk in das andere vorkommen. Und da die Röhre von dem Erdgeschos nach der Decke des zweiten Stockes länger als die nach der des ersten, so mußte die Strömung leichter von dem ersten nach dem zweiten Stock als umgekehrt gehen. Diese letztere konnte nur dann vorkommen, wenn im ersten sehr stark, im zweiten sehr schwach geheizt wurde. Man kann sich ebenso leicht erklären, daß die nördliche Hälfte weit besser functioniren mußte als die den ganzen Tag unter dem Einfluß der Sonne stehende südliche Hälfte, ebenso daß die ganze Einrichtung in der heißesten Tageszeit am wenigsten ihrem Zweck entsprach.

Wir ersehen aus alledem: der ganze Fehler der Einrichtung besteht darin, daß man die kalte Luft mit vielem Kostenaufwand aus der höchst möglichen Stelle schöpfen wollte, während man sie aus der tiefstmöglichen mit geringem Kostenaufwand schöpfen konnte und mußte. Als einmal die Strömung im verkehrten Sinne ging, öffnete man ein Thürchen am Hauptcanal im Erdgeschos; sogleich fand die Rückkehr wieder statt.

Man hätte überhaupt dem Mißstand einfach dadurch abhelfen können, daß man die ganze Vorrichtung für die frische Luft nach oben abgeschlossen und einen Canal vom Hochparterre horizontal oder sich senkend nach dem Garten geführt hätte, wo er stets frische Luft aufgesogen, nie aber warme abgegeben haben würde.

Der Gedanke, die gute Luft am heißen Ofen empor zu führen, wie es hier bei der Münchener Einrichtung geschah, erscheint auf den ersten Anblick nicht unpraktisch. Bei näherer Betrachtung jedoch ist es anders. Haben wir oben bei dem ersten Beispiel gesehen, wie die kalte Luft in dem warmen Saal in die Höhe getrieben wird, so kommt hier die Temperatur des aufsteigenden Luftstrahles noch ganz besonders in Betracht. Die am Ofen erhitzte Luftmasse ist die heißeste im ganzen Saal; und schon ohne den äußeren Druck würde sie, eben ihrer höheren Temperatur halber, rasch an die höchsten Stellen des



Saales emporsteigen. Energischer wird das Emporsteigen aber bewirkt durch die Temperaturdifferenz zwischen innen und außen. Sind nun, wie es in der Regel geschieht und geschehen muß, an diesen höchsten Stellen die Oeffnungen zum Abzug angebracht, so entweicht offenbar in erster Linie die eben eingetretene gute Luft, ohne auch nur im geringsten den Insassen zu Gute gekommen zu sein. Die mit geringerer Temperatur von dem menschlichen Körper ausgegangenen Verunreinigungen werden langsamer und weniger hoch steigen. Von ihnen wird nur derjenige Bruchtheil entweichen, der mit in den Strom hineingerissen worden ist. Es wird sonach im Saale zurückbleiben: ein verhältnißmäßig sehr kleiner Theil der eingeführten guten, dagegen ein sehr großer der verdorbenen Luft. Die beabsichtigte Mischung wird also in sehr mangelhafter Weise erreicht.

Dieser Nachtheil bleibt ungefähr derselbe, wenn auch keine besonderen Oeffnungen zum Entweichen der Luft angebracht sind. Die gesunde Luft wird in diesem Fall durch die zufälligen Oeffnungen und zwar ebenfalls vorzugsweise in der Höhe entweichen.

Es braucht wohl kaum besonders erwähnt zu werden, daß unsere Luftheizung auch hierher gehört und daß Schirme, welcher Art sie auch seien, dem Uebelstand nicht abhelfen können.

Gerade diesem Uebelstande ist es wohl zuzuschreiben, daß die Ventilationen durch Wärme so schlechte Resultate liefern, während die durch mechanische Kraft eine größere Aufregung, folglich allseitigere Mischung bewirken.

Daß der Mißstand aber der einen wie der anderen Methode — nur in verschiedenem Grade — anhängt, sobald es sich um Einführung heißer Luft handelt, ist klar.

Wenn französische Einrichtungen die reine heiße Luft oben unter der Decke ein-, die verdorbene kühlere dagegen, wie schon erwähnt, am Boden durch geheizte Canäle mit besonderem Kostenaufwand ableiten, so wird dieser große Mißstand theilweise beseitigt; die andern aber, auch der Seite 15 erwähnte, verbleiben.

Bei dieser Gelegenheit müssen wir noch eines charakteristischen Fehlers erwähnen, dem man nicht selten begegnet. Es wird dies auch noch etwaige Anstände im oben Gesagten beseitigen. Zur Abführung der verdorbenen Luft errichtet man über der Decke einen Schornstein. Damit dieser nun recht kräftig ziehe, bringt man in seinem oberen Ende eine Feuerung an.

Prüfen wir diese Einrichtung, bringen wir in unserer einfachen Röhrenverbindung die glühenden Kohlen nicht auf den Boden, sondern etwa auf ein Drahtnetz, das wir in der heißen Röhre beliebig auf- und abführen können, bringen wir ferner über die kalte eine Papier Schlange; so bemerken wir leicht, daß diese einen um so schwächeren Strom anzeigt, je höher wir die Wärmequelle emporsteigen lassen; daß also umgekehrt die Strömung um so lebhafter ist, je tiefer unten wir die Wärmequelle anbringen; und dieses Resultat ist leicht zu erklären.

Befindet sich die Wärmequelle etwa in der Mitte der heißen Röhre, so hat die Luftsäule unterhalb dieser Stelle ungefähr gleiche Temperatur mit derjenigen, welche sich unterhalb der Mitte der anderen Röhre befindet. Es werden sich also diese beiden Luftsäulen das Gleichgewicht halten, und es ist der Unterschied im Gewicht der beiden Luftsäulen oberhalb der Mitten gerade so groß, als er wäre, wenn das Verbindungsrohr an dieser Stelle angebracht wäre.

Je weiter oben wir also die Wärmequelle anbringen, desto kürzer werden im Grunde genommen die communicirenden Röhren, desto geringer wird der Gewichtsunterschied, desto schwächer der bewirkte Zug, desto größer die Verschwendung an Feuerungsmaterial.

In Vorstehendem haben wir gezeigt, wie jede Ventilations-einrichtung sich leicht untersuchen läßt, wenn man sie zurückführt auf einen oder den anderen einfachen Versuch, den man an ein paar in Form von communicirenden Röhren zusammengestellten Ofenrohren anstellen kann. Es kann also nicht schwer halten, sich in jedem neuen Fall zurecht zu finden.



## Heizung und Ventilation der Alten.

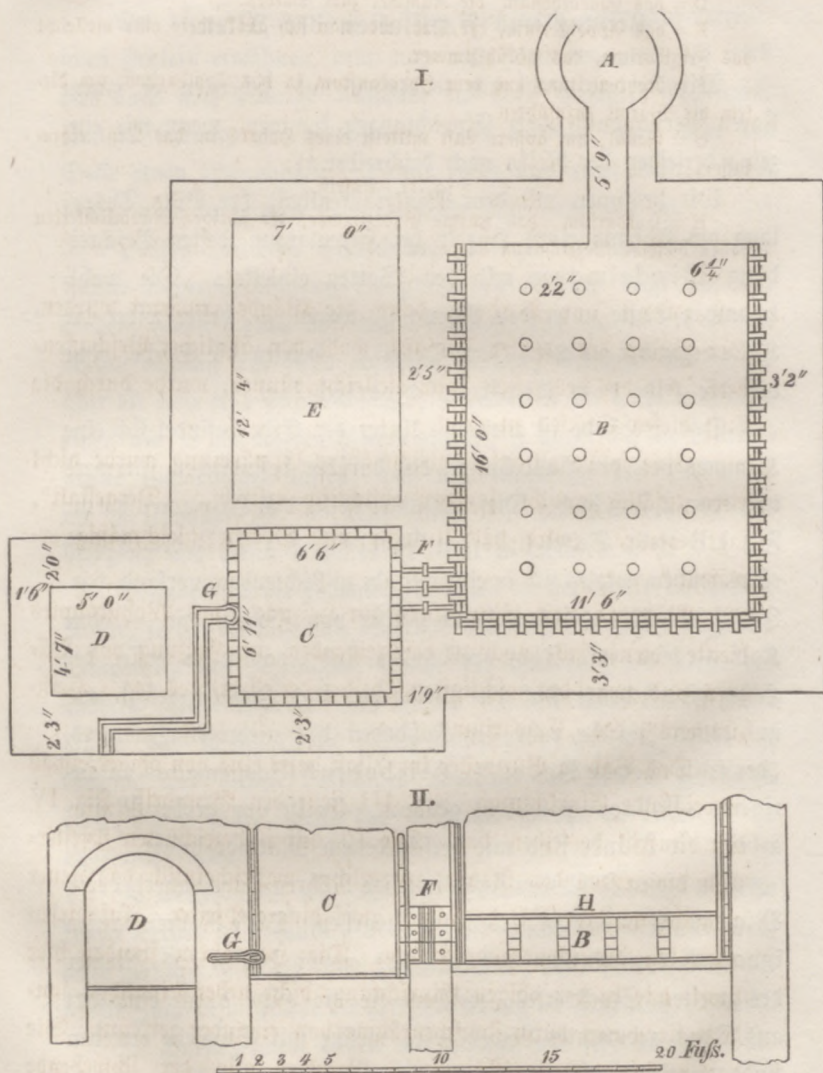
Wir werden wohl am leichtesten und sichersten zu einem klaren Verständniß dieser Einrichtungen kommen, wenn wir einzelne derselben der Reihe nach beschreiben<sup>4)</sup>.

Wir beginnen mit dem Winteraufenthalt der Villa Tusculana am Abhang eines Hügels bei Herculaneum, dessen Beschreibung Winkelmann mit den Worten einleitet: „Die wohlhabenden Leute unter den Alten . . . waren . . . besser wider die Kälte verwahrt als wir. Ihre Ofen . . . heizten die Stube, ohne daß die Hitze dem Kopfe beschwerlich fiel.“

Das Gebäude ist niedrig. Unter der Erde befindet sich eine Kammer von der Ausdehnung des darüber befindlichen Zimmers und etwa 2 Fuß hoch. Diese Kammer heißt das Hypocaustum; Fig. I.B (folg. Seite) stellt den Grundriß, Fig. II.B den Aufsriß eines solchen, wie es sich in einem Bade zu Lichtenberg vorfand, dar. In diesem Raum stehen kleine Pfeiler von Ziegeln, die — ohne Kalk — bloß mit Thon verbunden sind, damit sie besser der Hitze widerstehen. Auf die Pfeilerchen sind Ziegeln gelegt und auf diesen Ziegeln ruht der Fußboden des niedrigen Zimmers, „der schwebende Boden“, „Heizboden“ (Suspensurae caldarium, Balinae pensiles) genannt. Er ist von grober Mauerarbeit; die Wände sind mit verschiedenem Marmor belegt.

In diesen Fußboden sind viereckige Röhren eingemauert, deren Mündungen in das Hypocaustum ausgehen. Diese Röhren laufen innerhalb der Mauern des Zimmers empor bis in das Zimmer des zweiten Stockwerkes, welchem sie die Hitze durch eine Art aus Thon gebrannter Löwenköpfe, welche mit Stöpseln versehen sind, abgaben.

In das Hypocaustum mündet ein schmaler Gang. An dem anderen Ende dieses Ganges war der Ofen, der Feuerheerd (Hypocaustis, praefurnium) (I. A.), von welchem die Hitze durch den Gang in das Hypocaustum, von da in die Röhren empor zog, so



## Lichtenberger Bad.

Fig. I. Grundriß.

A = die Hypocaustis, der Feuerheerd.

B = das Hypocaustum, auf drei Seiten von Röhren umgeben.

C = das Tepidarium, das lauwarme Badegemach.



D = das Glæothesium, die Kammer zum Salben.

E = das Apodyterium, der Ort, wo man sich auskleidete oder vielleicht das Frigidarium, das Abföhlzimmer.

F = Röhrenleitung aus dem Hypocaustum in das Tepidarium, um diesem die Wärme zuzuföhren.

G = Canal, um äußere Luft mittelst eines Hahnes in das Tep. einzulassen.

Fig. II. Aufsriß.

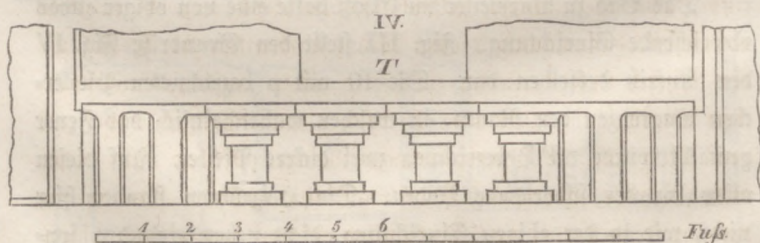
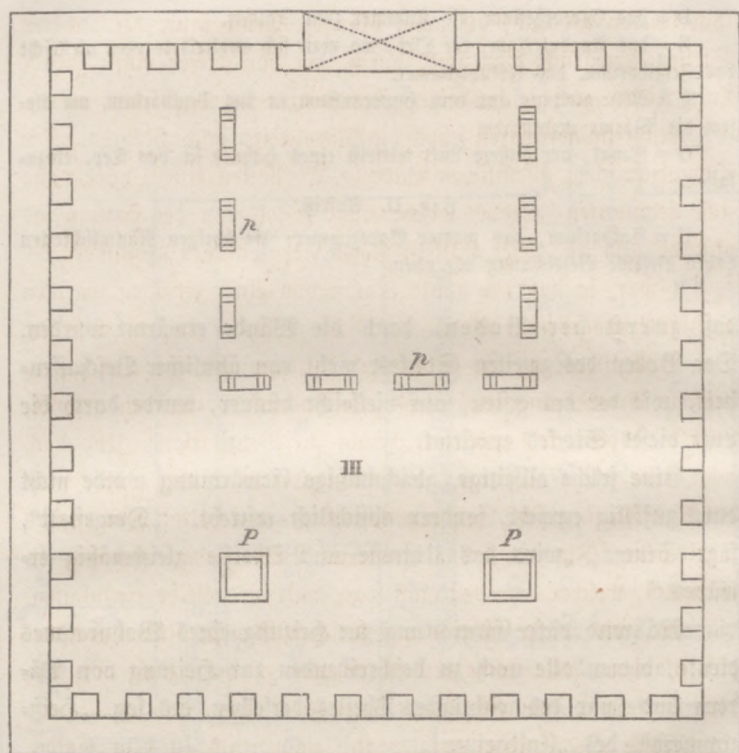
H = Caldarium, das warme Badezimmer; die übrigen Räumlichkeiten haben dieselbe Bezeichnung wie oben.

daß zuerst der Boden, dann die Wände erwärmt wurden. Der Boden des zweiten Stockes, wohl von ähnlicher Beschaffenheit, wie der des ersten, nur vielleicht dünner, wurde durch die Luft dieses Stockes erwärmt.

Eine solche allseitige, gleichmäßige Erwärmung wurde nicht etwa zufällig erreicht, sondern absichtlich erstrebt. „Dergestalt“, sagt Seneca, „wird das Unterste und Oberste gleichmäßig erwärmt.“

Während diese Einrichtung zur Heizung eines Wohnraumes diente, dienen alle noch zu beschreibenden zur Heizung von Bädern und zwar des wichtigsten Theiles derselben, des sog. „Heizimmers“, des „Caldarium“.

Das Bad zu Burweiler im Elsaß hatte eine von obiger etwas abweichende Einrichtung. Fig. III stellt den Grundriß, Fig. IV den Aufsriß desselben dar. Die 10 mit p bezeichneten Pfeilerchen umgrenzen den Raum, in welchem wahrscheinlich das Feuer gemacht wurde. PP bezeichnen zwei dickere Pfeiler. Auf diesen allen lag der schwebende Boden. Die Heizröhren standen hier nicht, wie in der obigen Einrichtung, dicht neben einander, sondern sie waren durch Zwischenräume von einander getrennt. Sie hatten keine Seitenöffnungen. Nachdem also der schwebende Boden gewärmt war, zog der Rauch durch diese Röhren empor und entfernte sich durch die oberen Oeffnungen derselben. Es wurden hier alle vier Wände gewärmt. Die Eingangsthüre T befand sich über dem Feuerraum, also an derjenigen Stelle des



### Bad von Burweiler.

Fig. III. Grundriß des Hypocaustums.

$p$  = 10 Pfeiler von etwa 1 Fuß Dicke, innerhalb welcher wahrscheinlich das Feuer gemacht wurde.

$P$  = zwei dickere Pfeiler. Die Röhren sind auf allen 4 Seiten,  $\frac{1}{2}$  Fuß von einander entfernt.

Fig. IV. Aufriß.

$T$  = Thür, die sich über der Feuerung befand.



schwebenden Bodens, die wohl über die Temperatur der anderen Stellen erwärmt war und durch die von dieser einströmende Luft wieder zur gleichmäßigen Temperatur herabgestimmt wurde.

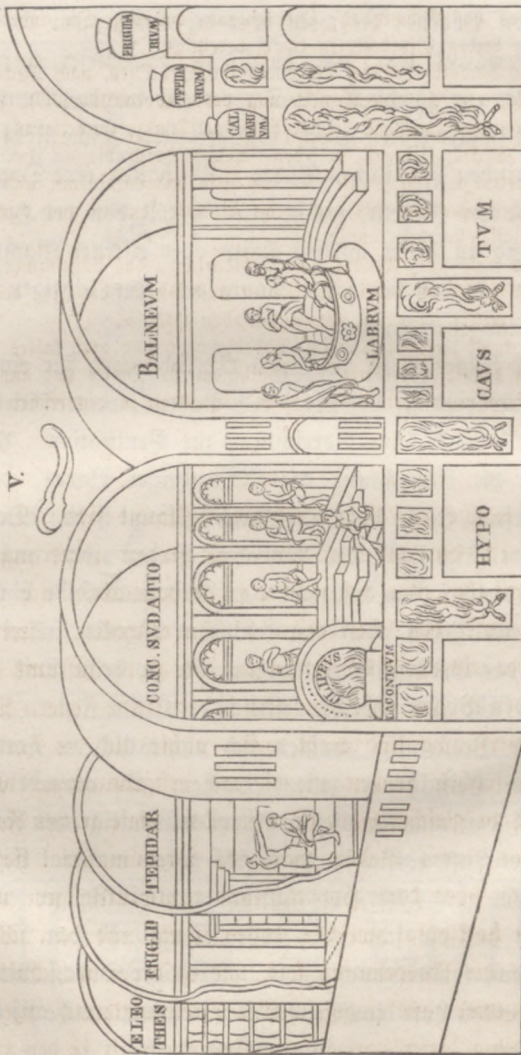
Nicht immer waren jedoch die Wärmeleiter solche Röhren. Die Pompejanischen öffentlichen Bäder z. B. hatten eine Doppelwand aus gebrannten Ziegeln, welche etwa 4 Zoll von der Hauptwand abstand und an dieser mittelst Nasen oder eiserner Klammern befestigt war, so daß der ganze Raum von einer einzigen warmen Luftsäule umgeben wurde.

Man sieht: es ist in diesen Einrichtungen für eine gleichmäßige Erwärmung, besonders des Bodens, vortrefflich gesorgt; aber man bemerkt keine Vorrichtung zur Ventilation. Und doch zeigt uns die Einrichtung des Lichtenberger Bades, daß man das Bedürfnis, frische Luft zuzuführen, gekannt hatte; denn in das Tepidarium (Fig. I. C), das lauwarme Badezimmer, mündet ein Canal G, welcher dazu bestimmt war, Luft in dasselbe einzulassen, während wir später auch den deutlichen Beweis finden werden, daß man das Bedürfnis, verdorbene oder zu heiße Luft abzuführen, hatte und ihm Genüge leistete.

Beide Bedürfnisse mußten sich namentlich in dem Caldarium, dem Heißzimmer geltend machen. Es versteht sich aber von selbst, daß man in diesem Raum namentlich mit der Zufuhr von frischer Luft vorsichtig zu Werke gehen mußte. Ein mächtiger Strom ganz kalter oder überhaupt nur niedriger temperirter Luft hätte auf die schweißtriefende Menge offenbar nicht allein unangenehm, sondern auch höchst nachtheilig gewirkt. Man mußte der eintretenden Luft die Eigenschaften nehmen, welche sie empfindlich machten.

Auf sinnreiche Weise scheint diese Absicht durch eine Einrichtung erreicht zu werden, welche man in einem Gemälde, das sich in den Bädern des Titus vorfand, dargestellt findet. Wir geben dies Gemälde wieder (Fig. V) (folgende Seite)

Man sieht da zunächst zur Rechten Feuerungen unter zwei



Gemälde aus Titus' Bädern.

Fig. V.

Rechts befinden sich die drei Kessel mit heißem (Caldarium), lauem (Tepidarium) und kaltem (Frigidarium) Wasser — mit entsprechender Heizung versehen.

Darauf folgt das balneum calidum, das Heißwasserbad mit dem Labrum, dem Becken.



Daneben das Schwitzbad, *Concamerata sudatio*. In anderen Bädern waren diese beiden Gemächer in einem vereinigt.

In der *Sudatio* befindet sich ein halbrunder Ofen, nach Becker (*Gallus*, III. Th. S. 76 u. ff.) eine Erweiterung des *Hypocaustums* (?), welcher der Name *Laconicum* angehört. Diese halbkugelförmige Erweiterung war oben mit einem Deckel, *Clipeus*, versehen, welcher durch die an ihm hängenden Ketten gehoben werden konnte, so daß also das *Laconicum* nicht allein an und für sich heißer war als der übrige Boden, sondern auch aus ihm noch Hitze eingelassen werden konnte.

Weiter links sind sichtbar das *Tepidarium*, das Lauzimmer, wo man vermuthlich theils lau badete, theils aber auch sich auf die Hitze des Schwitzbades vorbereitete, oder sich allmählig wieder abkühlte.

Dann folgt das *Frigidarium*, Abkühlgemach und auch kaltes Bad.

Zuletzt das *Glaeothesium*, das Salbegemach. Dieses und andere Luxuszimmer waren nicht überall vorhanden, namentlich in den früheren einfachen Zeiten nicht.

Kesseln, welche zur Wasserheizung bestimmt sind. Das *Hypocaustum* ist durchbrochen von drei großen Feuerungsräumen, welche, mit ihm etwa auf gleicher Höhe beginnend, sich über dasselbe bis unter den schwebenden Boden erstrecken. Zwischen den Decken der einzelnen Abtheilungen des *Hypocaustums* und dem schwebenden Boden sieht man noch je drei kleine Feuer. Diese kleineren Feuerräume sind wohl weiter nichts als die Fortsetzungen von eben solchen großen wie die drei erstgenannten, welche mit ihnen bis zu gleicher Höhe sich erstrecken; diese großen Feuerungsräume, an deren Boden man das Brennmaterial liegen sieht, biegen sich über dem *Hypocaustum* rechtwinklig um und setzen sich dann horizontal zwischen dessen Decke und dem schwebenden Boden in der Ausdehnung fort, wie es der Durchschnitt der kleineren Räume, ohne eingezeichnetes Brennmaterial, anzeigt. Die Ausmündung dieser horizontalen Feuerwege ist in den Heizröhren zu suchen, die an der hinteren Wand wohl emporziehen, aber auf der Zeichnung nicht sichtbar sein können.

Auf der linken Seite des Gemäldes sieht man Oeffnungen in einiger Entfernung über dem Boden. Durch diese Oeffnungen, welche schief abwärts gehen und unter der Decke des *Hypo-*

caustum einmünden, tritt wohl die frische Luft in dasselbe ein. Die von da und auf dieselbe Weise etwa von der Rückseite eingetretene Luft wird sich daselbst erwärmen und in die an den entgegengesetzten Wänden befindlichen Heizröhren, welche, den Feuerraum durchbrechend, in das Hypocaustum sich öffnen, aufsteigen. Aus diesen wird sie sich, da dieselben selbstverständlich oben geschlossen sind, in das Zimmer ergießen.

Aus der Anlage der Feuerung unter dem schwebenden Boden und über dem Hypocaustum ergibt sich, daß dieses weniger erwärmt war als jener, die in das Zimmer eintretende Luft also, wenn auch warm, doch kühler war, als die in demselben schon enthaltene und durch dessen Boden und Wände schon erwärmte. Es wird dieselbe sich also ähnlich, nur bei weitem nicht so heftig, wie dies über der Decke eines Ofens geschah, auf den Boden herabsinken, dann vollständig erwärmt wieder emporsteigen.

Um nun der verdorbenen Luft den Abzug zu gestatten, brauchte man in die Rauchleiter nur kleine Oeffnungen zu machen. Auch reichten für viele Fälle wohl schon die Poren des sehr porösen Thones aus.

Die Ueberreste der Bäder bei Badenweiler im Schwarzwalde lassen auf eine ähnliche Einrichtung schließen.

So wären also Heizung, Zufuhr guter, vorgewärmter und Abfuhr verdorbener Luft besorgt. —

Die Einrichtung der Bäder zu Mainz und Metz ist ähnlich der der Villa Tusculana; der schwebende Boden des ersten ruhte auf 17 zweifüßigen Pfeilern, war etwa 9" dick und bestand aus zerhackten Ziegelsteinen, Kalk und Sand, sehr fest zusammengedrückt. Der Heizboden des sehr großen Mezer Bades ruhte auf 172 Säulchen und war von ähnlicher Dicke und Beschaffenheit. Man sieht, daß alle Heizböden aus guten Wärmeleitern bestanden.

In Metz waren alle vier Wände mit Röhren versehen; in Mainz war — wie dies gewöhnlich der Fall, wenn nur drei Sei-



ten befezt waren — die Seite frei, auf welcher ſich die Feuerung befand. Dieſe Röhren hatten nun eine bemerkenswerthe Eigen- thümlichkeit. Die Kacheln nämlich, aus welchen ſie zuſammen- geſetzt, waren ſowohl in Duerdurchſchnitt als in Höhe von zweierlei Größe. Sie waren auf zwei gegenüberſtehenden Wän- den mit kleinen Deſſnungen verſehen. Auf der Frankfurter Bi- bliothek befinden ſich zwei ſolcher Kacheln von einem anderen Bade. Die Röhren haben mit Zwischenräumen wie in Bur- weiler ſo wider der Wand geſtanden, daß die Deſſnungen in das Zimmer gingen.

Wir haben nun guten Grund anzunehmen, daß, während die engeren Röhren an ihrem obern Ende mit der freien Luft in Verbindung ſtanden, das untere den Heizboden nicht durch- brach, ſondern auf demſelben aufſtand oder auch, daß es ihn wohl durchbrach, aber auf dem Boden des Hypocaustums aufſtand, daß die untere Deſſnung ſowohl als die im Hypo- caustum befindlichen Seitenöffnungen verſchloſſen waren; daß da- gegen die weiten Röhren nicht allein oben mit der freien Luft, ſondern auch unten mit dem Hypocaustum in offener Verbindung ſtanden, und ſomit der Rauch oder die heiße Luft des letzteren durch ſie entweichen konnte.

Die engeren Röhren waren offenbar angewärmt, aber nicht ſo warm, wie die weiten und wie der Baderaum. Die kalte Luft mußte alſo von oben in dieſelben herein und, in ihnen ver- gewärmt, durch ihre Seitenöffnungen in feinen Strahlen in den Wohnraum ſinken; die ſanften Strahlen ſenkten ſich weiter herab gegen den Boden, um ſich da weiter zu erwärmen und wieder empor zu ſteigen. Die aus den oberſten Deſſnungen ein- tretende Luft erwärmte ſich theilweiſe ſchon an der oberen Zim- merluft. Es iſt klar, daß man auf dieſe Weiſe maſſenhaft viel Luft ganz unbemerkt und gleichmäßig einführen konnte. Eine Umkehr der Strömung wie in München war nicht möglich, weil die Röhren höchſtens gleiche Höhe mit dem geheizten Raume

hatten. Selbst aber wenn sie höher gewesen, war eine solche Umkehr doch nicht möglich, weil die Hitze des Hypocaustums nicht in sie eintreten konnte.

Durch die Seitenöffnungen der größeren, wärmeren Röhren mußte die verdorbene Luft des Raumes abziehen. Es war nicht zu fürchten, daß etwa der Rauch in das Zimmer zurückströmte. Ein Windstoß, der bei unseren Einrichtungen denselben häufig dadurch in das Zimmer jagt, daß er auf den Schornstein, nicht aber in gleicher Weise auf die Feueresse wirken kann, so lange die entsprechenden Fenster verschlossen sind, konnte dort nicht Ähnliches bewirken; denn indem er gleichzeitig auf die benachbarten Oeffnungen der Zuleitungs- und Ableitungsrohren wirkte, wurde diese Wirkung nach unten in letzterer durch die Strömung im entgegengesetzten Sinne vermindert, in ersterer durch die im selben Sinne aber vermehrt, d. h. es wurde mehr frische Luft zugeführt und der Rauch wurde energischer vom Zimmer abgehalten.

Eine eigenthümliche Einrichtung hat das Badezimmer eines bei Pompeji aufgefundenen Landhauses. An zwei Wänden ziehen sich, wie man aus der bildlichen Darstellung (folgende Seite) ersieht, Röhren hinauf. Vor denselben befindet sich aber, einen Zwischenraum lassend, noch eine Ziegelwand. Von jeder Kachel der Röhre geht ein Canälchen durch den Zwischenraum und die Ziegelwand wagerecht hindurch.

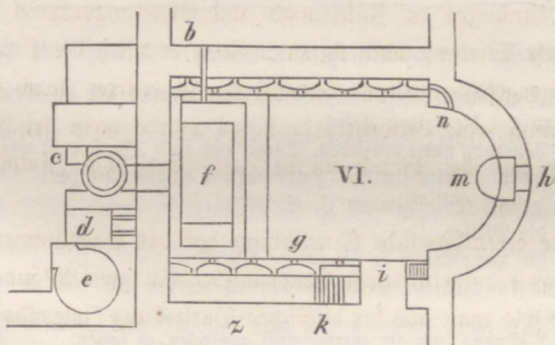
Es ist anzunehmen, daß der Rauch in diesem Zwischenraum empor zog. Seine Wärme wurde für das Zimmer vollständig verwerthet. Waren nun die Röhren unten abgeschlossen, oben offen, so mußte die kalte Luft in dieselben herein und, in ihnen vorgewärmt, in das Zimmer hinab sinken. In der Decke war ein Abzugscanal angebracht, durch welchen die heiße Luft abziehen konnte.

Die Einrichtung fand sich auch in einem Badehause zu Scrofano, 15 Miglien von Rom, und scheint überhaupt sehr verbreitet gewesen zu sein.



Unwillkürlich wird man durch diese Betrachtungen an einen Streit erinnert, der seiner Zeit mit großem Aufwand von Scharfsinn und Mühe geführt wurde: über die Frage, ob die Alten wohl Schornsteine gehabt oder nicht?

Es hat dieser Streit etwas Erheiterndes. Die einen wollten den Rauch durch Fenster, Maueröffnungen, Dächer u. s. w. hinausleiten, die anderen wollten ihn absolut durch den Schornstein fortbringen. Während dessen waren aber beide vollständig einig darüber, daß er nicht durch Fenster, nicht durch andere Maueröffnungen, nicht durch Dächer, noch durch Schornsteine sich entfernte; — sondern durch die Heizröhren.



**Badecinrichtung eines Landhauses zu Pompeji.**

Fig. VI. Grundriß.

b = eine Röhre zum Einlassen von Wasser, welches innerhalb der Mauern bis zu

c = den Kesseln; und von da nach

f = der Badewanne floß.

d = Ofen zum Kochen der Speisen.

e = ebenfalls ein Ofen.

g = Heizröhren und Ziegelwand.

i = Thür.

k = eine kleine Oeffnung in der Mauer, in welche die Lampe gestellt wurde, welche das Zimmer erleuchten sollte und welche von z her Luft erhielt. An der Innenseite befand sich wahrscheinlich ein Fenster, um zu verhüten, daß die Lampe durch die Dämpfe ausgelöscht wurde.

m = eine Schale, in welche kaltes Wasser durch

n = Röhre aus dem Behälter floß.

h = ein Glasfenster, welches die Nische erhellte.

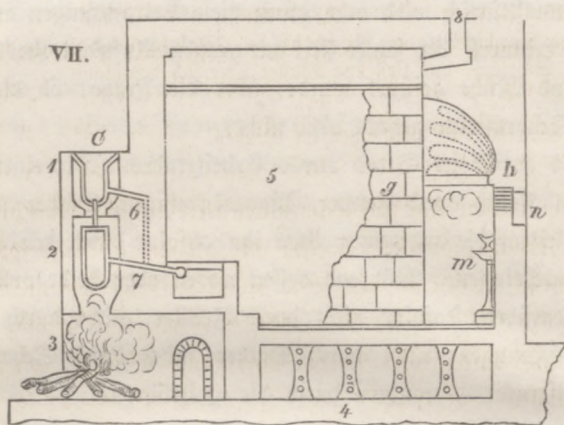


Fig. VII. Aufriß.

Die Buchstaben bezeichnen dieselben Gegenstände wie im Grundriß.

1 und 2 = die beiden Kessel;

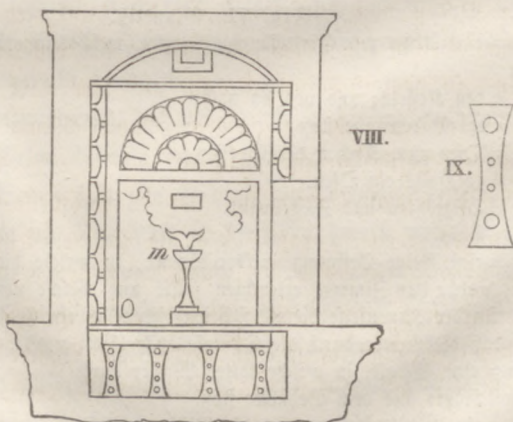
3 = Feuerung unter denselben. Wenn das Holz abgebrannt war, wurden die glühenden Kohlen in das Hypocaustum eingeschoben und dieses durch dieselben geheizt (Winkelmann II. S. 767).

4 = die Pfeiler.

5 = die Hauptmauer (g die innere Ziegelwand).

6 und 7 = Röhren, durch welche das Wasser aus den Kesseln abgelaufen wurde.

8 = Oeffnung, um die warme Luft austreten zu lassen.





## Fig. VIII

zeigt einen Durchschnitt der Nische bei m. Wahrscheinlich stellte man sich unter die Schale m und ließ das Wasser über sich herablaufen.

## Fig. IX

zeigt ein durchlöcheretes Pfeilerchen im Großen.

Man wird aber diesem Schornsteinstreit das Verdienst nicht absprechen können, daß er beweist, wie allgemein die besprochene Heizmethode überall da, wo man einer Heizung wesentlich und dauernd bedurfte, angewandt wurde, und daß eine so allgemeine Anwendung eine große Vervollkommnung derselben zur Folge haben mußte.

### Vergleich zwischen den antiken und modernen Methoden.

Man kann sich den Hauptunterschied zwischen den beiderlei Heizungsarten durch folgende einfache Versuche recht klar machen.

Man bringt in einen möglichst großen sogenannten Muffelofen aus Thon eine Wärmequelle, z. B. eine Spiritus- oder Gasflamme, und zwar möglichst weit an den Boden und ziemlich nahe an die Wand desselben. Man untersucht die Temperatur und findet, daß dieselbe von unten nach oben rasch und bedeutend zunimmt, während die Wände ringsum sehr langsam und der Boden noch viel langsamer sich erwärmen. Es zeigt ferner das Gefühl schon, daß die Luft an der unteren Oeffnung rasch ein-, zu dem Schornstein rasch und sehr stark erhitzt auströmt. Eine über letzteren gehaltene Papierschlange wird durch den Aufstrom heftig herum getrieben.

Aber bald nach Entfernung der Wärmequelle treten diese Erscheinungen eben so rasch, als sie sich einstellten, wieder zurück.

Bringt man nun dieselbe Wärmequelle unmittelbar unter den Boden des Muffelofens, so werden die Wände rascher erwärmt als vorhin. Der Boden nimmt jetzt selbstverständlich nicht eine niedrigere, sondern eine höhere Temperatur an als jene.

Im Innern ist die Temperatur unten höher als oben; nach einiger Zeit kann sich zwar das Verhältniß umkehren; allein der Ueberschuß der oberen Theile über die unteren ist gering. Der Luftstrom, der nun zum Schornstein austritt, ist bei weitem nicht so heiß und heftig, sondern langsam, stetig, mäßig erwärmt. Wenn man die Wärmequelle entfernt, tritt bezüglich der Wärmedifferenz zwischen oben und unten das anfängliche Verhältniß wieder ein. Der stetige Luftzug dauert noch lange und nur ganz allmählig geschwächt fort. Boden und Wände haben die Wärme der Quelle in sich aufgenommen, sind selbst zur Wärmequelle geworden — aber zu einer solchen, welche die Wärme nicht mehr rasch und sprudelnd, sondern sparsam und doch in genügender Menge abgibt.

Der erste der beiden Versuche stellt die Heizmethoden der neueren Zeit vor; sie liefern die Wärme vorzugsweise und rasch nach oben, d. h. dahin, wo man sie nicht braucht. Der letzte Versuch stellt die Methode der Alten dar. Sie liefert die Wärme vorzugsweise und zunächst in die unteren Theile des zu heizenden Raumes, d. h. dahin, wo man sie braucht.

Unsere Methoden jagen einen hübschen Theil der Wärme zum Schornstein hinaus ohne eigentliche Verwerthung für ihren Hauptzweck; die Alten schaffen den Rauch fort und verwerthen die Wärme, welche sie dazu nöthig haben, zugleich zur Heizung; er zieht an nach außen dicken, nach innen dünnen Wänden flach empor. Diese, nicht allein durch ihn, sondern auch durch die Luft aus dem Hypocaustum erwärmt, wärmen ihrerseits das Zimmer und es bleibt ihnen immer Wärme genug, um andererseits dem Rauch seine Steigkraft zu erhalten.

Unsere Methoden bestimmen zum hauptsächlichsten Träger des anderen Theils der Wärme die bewegliche Luft; dadurch wird sie eben so beweglich wie ihr Träger und entschlüpft mit diesem rasch nach dem oberen Theile des Raumes; die Injassen in der Tiefe bekommen den Rest, der oben nicht angebracht



werden kann. Die Alten behalten diesen Theil dadurch in der Tiefe, daß sie ihn nicht der beweglichen Luft, sondern dem festen Thon anvertrauen. Die Luft ist nur der Zwischenträger, sie bringt die Wärme zwar auch an die Decke — aber an die des Hypocaustums. Diese nimmt sie nun zum großen Theil in Verwahr und gibt der darüber befindlichen Luft fortwährend so viel ab, als sie für die Zwecke der Insassen braucht, nicht mehr; sie kann nichts entführen, was nicht schon gedient hätte.

Unsere Methoden sind darauf bedacht, den Boden mit möglichst schlechten Wärmeleitern zu versehen, damit ihre Fehler möglichst wenig fühlbar werden; die Alten versehen ihn zwar nicht mit den besten Wärmeleitern, weil sie sonst an Ueberfluß leiden würden — aber doch mit guten, um ihren Kostenaufwand zu genießen.

Es belästigen unsere Methoden den Kopf mit ungesunder Wärme und lassen die Füße kalt; die der Alten erwärmen die Füße und lassen den Kopf frei.

Unsere Methoden führen die Wärme in einem Luftstrom von geringer Horizontalausdehnung concentrirt rasch in die Höhe des zu heizenden Raumes. In der Nähe dieses Stromes hat der Insasse heiß, zu heiß; je weiter er sich davon entfernt, desto mehr hat er kalt, zu kalt, — und das in einem und demselben Raum. Die Alten wissen nichts von einem heißen Luftstrom — überall in dem bewohnten Raum gleichmäßige, sanfte, stetige Wärmeverbreitung! Es ist nicht möglich, zu gleicher Zeit in einem Theil desselben Raumes zu heiß, in dem anderen zu kalt zu haben. Sollte ja der dem Ofen näher befindliche Theil des Bodens merklich stärker erhitzt werden, so würde die Wärme entziehende Luft um so rascher zuströmen.

In den Räumen der Alten konnte man die oberen Theile mit derselben Behaglichkeit benützen wie die unteren, die oberen Räume unserer Theater und Concertsäle werden auf die Dauer unerträglich — selbst trotz mechanischer Ventilation.

Die Luft, welche in den Röhren der Alten emporsteigt,

muß an diese von ihrer Wärme abgeben, damit die im Zimmer aufgestiegene Luft nicht wieder zur Rückkehr zum Boden veranlaßt werde. Unsere Wände und Fenster sind kalt und führen die verdorbene und abgekühlte Luft wieder und wieder zu den Lungen der Insassen.

Die Temperatur des Bodens und der Wände brauchte bei den Alten kaum höher zu sein als die, welche das ganze Zimmer annehmen sollte; und sie durfte es nicht. Der Temperaturunterschied zwischen der äußeren Luft und der des Zimmers konnte nie so groß werden, wie der zwischen jener und der z. B. an einem Ofen oder aus dem Canal einer Lustheizung aufsteigenden. Wurde daher auf irgend eine Weise Luft von außen eingelassen, so konnte sie, eben dieses geringen Temperaturunterschieds halber, nie so heftig einströmen. Sie mußte sich faust auf den Boden herabsenken, sich erwärmen und eben so gleichmäßig wieder empor steigen, konnte aber nicht wieder herabkommen, da keine Gelegenheit zur Abkühlung an den Wänden gegeben war. Befand sich nun oben ein Abzugscanal, so entfernte sie sich nach einmaligem Verbrauch, und mit ihr entfernten sich die durch Athmung und Ausdünstung entstandenen und ebenfalls emporgestiegenen Verunreinigungen.

Wenn man nun mit v. Pettenkofer, um sich eine klare Vorstellung von den Vorgängen bei unseren heutigen Ventilationseinrichtungen zu machen, an die Stelle des lusterfüllten Raumes ein Gefäß mit gefärbtem Wasser setzt, welches letztere unten abläuft, während oben wieder ungefärbtes Wasser zufließt; so muß es offenbar sehr lange dauern, bis man in dem Gefäß — wenigstens für unsere Sinne — reines Wasser erhält, da die zufließende reine Flüssigkeit sich fortwährend mit der gefärbten mischt, also nicht ein Ersetzen der einen durch die andere, sondern nur eine allmälige Verdünnung des Farbstoffes durch einen sehr großen Aufwand von Verdünnungsmaterial stattfindet. — Wir müssen übrigens nach unsern früheren Betrachtungen, um



das Bild zu vervollständigen, annehmen, daß der zufließende reine Strahl vor der Mischung sich der Abzugsöffnung nähert und großentheils gleich wieder durch dieselbe abfließt, während ein nur geringerer Theil zurückbleibt und sich mit der gefärbten Flüssigkeit mischt, wodurch es also mit der Reinigung noch langsamer geht. Dieser Zusatz gilt für alle Fälle, wo heiße Luft von unten zugeführt wird.

Könnte man's durch vorsichtiges Aufgießen dahin bringen, daß das zufließende reine Wasser sich ohne Mischung einfach über das andere lagerte; so würde diese gefärbte Flüssigkeit, sobald sie ein einziges Mal abgelaufen, durch erstere vollständig ersetzt sein, das Gefäß also nur noch ganz reines Wasser enthalten. Man hätte, um dieses Ziel nur annähernd zu erreichen, nicht wie vorhin eine nicht genau berechenbare, außerordentlich große Menge reinen Wassers zufließen zu lassen, sondern genau ebensoviel, als die Menge des abfließenden unreinen beträgt, also im Vergleich zu vorhin nur außerordentlich wenig.

So wie aber die beiden Versuche mit dem Muffelofen den Hauptunterschied zwischen moderner und antiker Heizung veranschaulichten und jene als eine verschwenderische, ungleichmäßige, unstäte, diese als eine sparsame, gleichmäßige, stetige bezeichneten, so veranschaulichen diese beiden Analogien (in Verbindung mit jenen Versuchen) den Unterschied zwischen den modernen und den antiken Ventilationsystemen und stellen einen ähnlichen Gegensatz zwischen beiden dar.

Alle unsere neueren Ventilationen, die durch mechanische Kraft sowohl als die durch Wärme, führen, mit wenig Ausnahmen, einen kräftigen — heißen oder kalten — Luftstrom in die zu reinigende Luft ein; sie sorgen, daß diese möglichst aufgeregt und die Mischung möglichst vollständig wird. Die mit Heizung verbundenen Systeme sind für eine möglichst hohe Temperaturdifferenz besorgt, um die eingeführte gute Luft, so weit sie sich nicht mischt, rasch wieder zur Abzugsöffnung hinaus zu jagen.

Die Alten dagegen sind mit einer geringeren Temperaturdifferenz zufrieden; sie suchen dieselbe sogar zu verringern. Nicht Mischung ist ihr Zweck, sondern gleichmäßiges Emporheben der verbrauchten Luftschichten durch entsprechende Temperaturdifferenzen, welche alle in derselben Horizontalebene befindlichen Lufttheile möglichst gleichmäßig erfassen. Nicht ein einziger, heftiger Strahl wird eingeführt; eine große Anzahl sanft erziehender kleiner Strahlen lagert sich ruhig auf den Boden und hebt die verbrauchte Luft gleichmäßig und stetig, ein für alle Mal empor. Einer Vermischung, wie sie im anderen Falle unvermeidlich, ist möglichst vorgebeugt. Einer colossalen Luftzufuhr von 60 Kubikmetern per Mensch und Stunde bedarf es nicht. Das Ziel wird mit einem Minimum erreicht.

Um uns gegen die mechanische Wirkung der eingeführten mächtigen Luftstrahlen sowohl, als auch gegen die Wirkung ihrer zu hohen oder zu niedrigen Temperatur zu schützen, sehen wir uns genöthigt, allerlei Vorsichtsmaßregeln zu treffen, Schirme in der mannichfaltigsten Form aufzustellen, welche ihren Zweck doch nie ganz erreichen. Es hat aber eine so eingeführte Luftmasse noch den weiteren Nachtheil, daß es lange währt, bis sie zertheilt wird, daß sie also in ganz reinem Zustande nur ganz beschränkt local, nie allgemein wirkt. Die Alten führen die vorgewärmte Luft in dünnen Strahlen auf allen Seiten ein, wodurch alle diese Nachtheile beseitigt werden.

Zur Abfuhr der verdorbenen Luft sammeln die Alten dieselbe, nachdem sie in der Regel in eben solchen kleinen, sanften Strahlen abgezogen, in größeren Canälen — in den „Fei,röhren“ — und so wird das, was bei dem eintretenden Strahl zum Nachtheil gereichte, in dem austretenden zu dem Vortheil geleitet, den auch unsere neueren Ableitungsmethoden in dieser Beziehung haben.

Es hat aber dies vorläufige Ableiten auf engen Wegen einen großen Vorzug gegen unser Verfahren, zu dessen Erläute-



rung wir uns einige sehr bekannte Erscheinungen vorführen müssen.

Wenn man die Thür eines geheizten Zimmers öffnet, so strömt die kalte Luft in dem unteren Theil der Oeffnung ein, im obern aus, wie uns dies ein Licht anzeigt, welches wir in die Spalte halten. Bei dem Oeffnen eines Fensters zeigt sich dieselbe Erscheinung, mag das Fenster groß oder klein sein, mag es sich in dem oberen oder unteren Theile des geheizten Raumes befinden. Die Ursache dieser Erscheinung ist ja bekannt, eben so bekannt wie sie selbst: die kalte Luft drängt sich in dem unteren Theil herein, und dafür muß warme in dem oberen austreten. Deshalb hört die Erscheinung des Austretens aus der betreffenden Oeffnung auch nur dann auf, wenn dieser Austritt an einer andern, höher befindlichen Stelle stattfinden kann. Wenn also jene Eintritts-Oeffnung sehr klein ist, reichen die zufällig vorhandenen Oeffnungen des geheizten Raumes schon hierzu aus; wenn sich über der fraglichen Oeffnung eine andere von entsprechender Größe befindet, so wird diese den Ausweg gestatten. Man kann den Fensterraum durch eine eingeschobene Zwischenlage in zwei Theile theilen, deren unterer kalte Luft ein- und deren oberer warme ausführt. Die bekannte Ventilationsmethode, welche einen hohlen, durch eine Scheidewand der Länge nach in zwei Theile getheilten Cylinders in die Decke oder in eine Wand einläßt, beruht auf demselben Princip.

Denken wir uns eine Anzahl von Oeffnungen in der Wand eines geheizten Raumes, so wird jedesmal eine weiter unten befindliche kalte Luft ein-, eine weiter oben befindliche aber die von dieser verdrängte warme Luft ausführen. Wenn zwei gleich hoch gelegene Oeffnungen zwischen Ein- und Austritt die Wahl lassen, so wird, wenn sonst alles gleich, diejenige, welche wärmer ist, zum Aus-, die kältere zum Eintritt dienen.

Wir können uns auf diese Weise eine Vorstellung von dem machen, was man freiwillige oder natürliche Ventilation genannt

hat. Die unzähligen Poren in dem Mauermaterial, dessen Durchlässigkeit für die Luft Hr. v. Pettenkofer durch eben so schöne als einfache Versuche nachgewiesen hat, sind eben so viele Wege für ein- und austretende Luft, und der Luftwechsel findet durch sie in der bezeichneten Weise statt.

So würde also in allen Theilen eines geheizten Raumes, sowohl oben als unten, ein derartiger Luftwechsel vor sich gehen; nicht daß man sich etwa vorzustellen hätte, die kalte Luft dränge nur durch die unteren Oeffnungen des ganzen Raumes ein und die warme nur durch die der Decke näher gelegenen aus. In diesem Falle könnten denn auch die unteren Theile eines Mauerwerks nicht durchwärmt werden, was der Erfahrung zuwider läuft. Doch wird in den unteren Theilen zumal des nach unseren neueren Methoden geheizten Raumes, wo sich die Luft von den kälteren Mauern abbewegt, der Eintritt, in den oberen der Austritt vorwiegen.

Es fällt bei dieser Betrachtung sogleich in die Augen, daß die Ventilation der Alten eine Nachahmung der natürlichen Ventilation ist. Wenn die kühlere Luft aus der tiefer gelegenen Oeffnung einer Luftröhre in den geheizten Raum herein sinkt, so steigt dafür warme verdrängte Luft aus demselben in die nächst höher gelegene Oeffnung der wärmeren Heizröhre auf, ein Vorgang, der sich in dem ganzen Raum von unten bis oben und auf allen Seiten wiederholt. Es hat also die verdorbene Luft keinen weiten Weg zu machen, bis sie zum Austritt gelangt; sie wird nicht von dem Boden bis an die Decke gehoben; jede Schicht braucht nur um ein kleines Stückchen emporgehoben zu werden. Es ist klar, daß gerade hierdurch der Erfolg ganz besonders gesichert wird.

Anders ist es bei unseren neueren Methoden, wo die Luft in der Regel an der tiefsten Stelle ein-, an der höchsten abgeleitet wird, also ebenso wie die entstandenen Verunreinigungen den Weg durch die ganze Saalhöhe zu machen hat und wo diese heißere



Luft durch die angebrachten Oeffnungen entweichen kann, ohne irgend wie ihrem Zwecke gedient zu haben, während die langsamer und nicht so hoch aufsteigenden Verunreinigungen zurückbleiben.

Die Wohn- und Bade-Räume der Alten waren durchschnittlich nicht so hoch als die unsern; und sie brauchten es nicht zu sein. Bei unsern Mischungsmethoden ist dafür zu sorgen, daß in der Mischung reiner und verdorbener Luft erstere stets in gesundheitsmäßiger Ueberschuss bleibt. Je größer, je höher die Räume sind, desto leichter ist dies möglich. Die Alten brauchen nach solchen Vortheilen nicht zu fragen; im Gegentheil: indem sie die verdorbene Luft emporheben, ist es im Interesse der Sparsamkeit geboten, die Räume nicht hoch zu machen; jede Ausdehnung über die zu Wohnzwecken nöthige Höhe ist Verschwendung, da zu weiterer Hebung mehr Wärme nothwendig ist. Den Heiz- und Ventilationsbegriffen, in welche wir uns hinein gelebt haben, widerstrebt das allerdings; allein sobald wir die Einrichtungen der Alten mit überall gleich guter Luft annehmen, brauchen wir keinen besonderen Raum mehr zum Aufenthalt verdorbener Luft.

Die prächtigen Musivarbeiten und Verzierungen an Böden und Wänden der Alten sind bekannt. Sie bilden einen Gegensatz zu den neuern einschlägigen Arbeiten, der dem Gegensatz der Praxis, im einen Falle gute, im andern schlechte Wärmeleiter zu verwenden, entspricht und sich von dieser auf die Kunst übertragen hat — wohl zum Vortheil der Alten.

Auch gegen solche Böden dürfte sich unser Gefühl sträuben. Steinplatten zum Erkalten! Allein man untersuche nur die Platten einer Küche, welche nicht von unten, sondern nur durch den darüber befindlichen Heerd erwärmt werden; und man wird sich überzeugen, daß hier von Erkalten keine Rede sein kann, und daß selbst lange Zeit, nachdem das Heerdfeuer erloschen, die Füße von einer angenehmen Wärme berührt werden. Man kann sich aber auch im Sommer von einer ebenso angenehmen

Kühle auf nicht geheizten Platten überzeugen. Gegen solche Kühle könnte man sich übrigens, wenn es in den Uebergangszeiten sein müßte, leicht durch die Teppiche und andern schlechten Wärmeleiter schützen, welche wir im Winter vergebens gegen die Kälte unserer jetzigen Böden anwenden. Daß solche Böden zur Vermeidung des gefährlichen Staubes in stärker besuchten Lokalen sehr geeignet sind, ist klar.

Die Fenster der Alten waren, wie es scheint, durchschnittlich klein und in Wohnhäusern ebenso wie in Badehäusern möglichst weit oben angebracht, so daß Winkelmann die Damen bedauern muß, welche ihre Neugierde nicht wohl befriedigen konnten.

Daß beides im Interesse einer sparsamen Heizung war, läßt sich nicht läugnen, ebensowenig aber auch, daß die Alten in diesem Punkt keine Nachahmung verdienen; da man doch nicht wohnt, um zu sparen, sondern das Nützlichste auf die sparsamste Weise erreichen muß, Licht aber dem Körper und Geist nicht weniger nöthig ist als gesunde Luft.

Wollte man dem beständigen Zurücksinken der Luft an kalten größeren Fenstern vorbeugen, so hätte dies einfach dadurch geschehen können, daß man Doppelfenster angebracht und den Zwischenraum zwischen beiden Fenstern Theil einer Heizröhre hätte werden lassen, welche oben verschlossen war.

Wer die Vortheile erwägt, welche die antiken Heiz- und Ventilationsmethoden gegen die unseren bieten, der kann sich des Wunsches nicht erwehren, erstere bei uns eingeführt zu sehen. Man würde wohl die einfachste Einrichtung wählen: Ein Hypocaustum — Heizröhren, welche nach unten und oben, Luströhren, welche nur nach oben offen sind. Beiderlei Röhren wären seitlich mit Oeffnungen, oben mit Klappen versehen. Sollte ein Saal angeheizt werden, so würde man diese Klappen schließen. Die von dem Heizapparat kommende Luft würde den Fußboden und die Heizröhren erwärmen, sodann durch letztere in den Saal eintreten, welcher sich alsbald erwärmen würde. Sobald er nun der



Ventilation oder Abkühlung bedürfte, würde man die Klappen der beiderlei Röhren je nach Bedürfniß alle oder theilweise öffnen. Die warme Luft in den Heizröhren würde nicht mehr in den Saal, sondern ins Freie treten und die verdorbene Luft aus jenem mitnehmen. Durch die jetzt schon vorgewärmten Luftröhren würde die frische Luft herabsinken und den unteren wie den oberen Theilen Kühlung und reines Athmungsmaterial liefern, ohne durch irgend welche lebhaftere Strömung zu belästigen.

Von dem Augenblick an, wo alles gleichmäßig durchwärmt wäre, könnte die Feuerung nachlassen oder ganz aufhören, die in Boden und Wänden aufgespeicherte Wärme würde lange Zeit für die beiden Zwecke vorhalten. — So wird rasch erwärmt, die Wärme hält lange vor, die Ventilation wirkt gleichmäßig und kräftig.

Es versteht sich von selbst, daß die Wände ebenso wie der Boden aus die Wärme gut leitendem Material bestehen müßten. Es würde sich hier ebenso wie dort dem Kunstsinne ein weites Feld vom einfachsten Verputz bis zur Marmor-, Glas und Mosaikverkleidung eröffnen; und die Seitenöffnungen würden zu mancherlei Verzierungen Veranlassung geben. Wenn der Genius der Menschheit sie davor bewahrt hat, imporöse Wände (von Eisen, Glas u. dgl.) zu bauen und dadurch die natürliche Ventilation zu verhindern, so hat er ihr bei unseren seitherigen Einrichtungen gewiß große Dienste geleistet. Aber ebenso gewiß könnte er sich von dem Augenblick an dieser Sorge entheben, wo er sie gelehrt, die natürliche Ventilation wieder nachzuahmen.

Wenn man mehre Säle über einander zu heizen hätte; so könnte dies wohl auf verschiedenerelei Weisen geschehen. Ein einziges Hypocaustum könnte alle versorgen, ähnlich wie das bei unseren Centralheizungen auch der Fall ist und in der Villa Tusculana war.

Da übrigens die Zimmer nicht mehr so hoch zu sein brauchten, so wäre für jedes Stockwerk ein eigenes Hypocaustum leicht an-

zubringen; der Raum für dasselbe könnte von der Zimmerhöhe abgenommen werden und die Luft würde trotzdem verbessert. Wohl aber würde die neuere Technik eines Raumes von 2 Fuß gar nicht bedürfen.

Daß die stehenden Klagen über die Trockenheit der Luftheizung durch Ausbreiten von Wasser über die ganze Fläche des Hypocaustums leicht zu beseitigen wären, ist ersichtlich.

Daß durch die Einrichtung auch im Sommer, wo nicht geheizt wird, eine gute Ventilation erzielt werden kann, ist eben so klar.

Zunächst dürfte diese Einrichtung zu empfehlen sein für Schulen, deren Luft in der Regel so außerordentlich verdorben ist und sich häufig in einem schauererregenden Zustande befindet<sup>5)</sup>. Das Bedürfnis einer genügenden Ventilation für Schulen wird immer mehr und allgemeiner anerkannt<sup>6)</sup>. Der Schaden, welchen die Lehrer, besonders die ihre Wirksamkeit beginnenden, noch mehr aber die Schüler an ihrer Gesundheit nehmen, wird immer dringender hervor gehoben; die Antwort auf all die Klagen und Ermahnungen ist, daß nichts geschieht. Warum nicht? Der Kostenpunkt bringt jeden löblichen Anlauf wieder zum Halt. Nun denn; die Alten geben uns eine Methode an die Hand, durch welche wir das langersehnte Ziel erreichen und dabei noch sparen. Die Ausführung hohler Wände mit Abtheilungen wird wohl nicht mehr kosten als die massiver Wände. Ebenso wird der Aufwand für die Verschließungsvorrichtungen, die mit einem Ruck ganze Reihen von Oeffnungen verschließen oder öffnen, nicht bedeutend sein und wohl dadurch gedeckt werden, daß die Säle niedriger gemacht werden können, ja sogar niedriger gemacht werden sollen. Was aber vor allem in Betracht gezogen werden muß, das ist die bedeutende Ersparniß an Brennmaterial.

Wenn es also eine heilige Pflicht ist für jeden Arzt, für jeden Vater, für jeden, der mit der Schule in irgend einer Ver-



bindung steht, dafür zu sorgen, daß das aufkeimende Leben der Jugend und das ihrer Lehrer fernerhin nicht mehr stark beeinträchtigt werde, so steht andererseits der Erfüllung dieser Pflicht kein Hinderniß mehr entgegen. Im Gegentheil tritt zu dieser Pflicht noch eine andre hinzu und geht mit ihr Hand in Hand — die Pflicht zu sparen.

So darf man denn die freudige Hoffnung hegen, daß den Schulen baldigst von einem ihrer größten Mängel abgeholfen wird.

Man wird dieser Hoffnung nicht entgegenstellen, daß hier bloß Theorie gepredigt worden ohne Erfahrung. Die Erfahrung ist der Theorie um ein paar Jahrtausende vorangegangen. Sie ist von sparsamen, praktischen, einsichtsvollen Männern gemacht, denen wir Vertrauen schenken dürfen — um so mehr als die nachfolgende Theorie diese Erfahrungen begründet und rechtfertigt.

Es handelt sich hier eigentlich nur um den ersten Versuch in der Zeit der blühenden Wissenschaft und um den Vergleich seiner Resultate mit denen der neueren Heiz- und den damit verbundenen Ventilationsmethoden. Ist dieser erste Versuch einmal gemacht, so wird man, glaube ich, zu seiner Empfehlung nichts mehr zu sagen brauchen. Er wird schon selbst reden. Das einzige, was dann noch zu thun bleiben wird, ist, diese Methode durch neue Erfahrungen und neue Wissenschaft zu vervollkommen.

Es wird dann auch der Kampf zwischen Ventilation durch Wärme oder durch mechanische Kraft in nichts zerfließen. Wir haben in diesem Systeme die sparsamste Heizung verbunden mit einer natürlichen Ventilation. Hat man seither die geringen Wirkungen der freiwilligen natürlichen Ventilation — durch die Poren der Wände und sonstige zufällige Oeffnungen — auf zweierlei Art unterstützen zu können geglaubt; so wird nun diese beabsichtigte „natürliche Ventilation“ zu ihrer größten Voll-

Kommenheit zu erheben sein; und wenn sie alsdann in einzelnen Fällen dennoch nicht ausreicht, so wird sie durch mechanische Kraft, und nur allein durch diese unterstützt werden müssen, indem man die gute Luft etwa durch dieselben Luftröhren ein- treibt, durch welche sie ohne diese freiwillig herein sinkt. Kein Gegensatz mehr zwischen den beiden Methoden! Es wird nicht mehr heißen: die eine oder die andere? sondern: die eine allein oder in Verbindung mit der anderen? — eine Frage, welche die Untersuchung der Luft in den einzelnen Räumen leicht entschei- den wird.

### Anmerkungen.

1) Die Griechen scheinen nach aufgefundenen Gemälden ebenso geheizt zu haben.

2) Morin's Manuel; Degen, Ventilation und Heizung, München, 1869.

3) Dr. M. Pettenkofer, Luftwechsel in Wohngebäuden, München, 1858.

4) Ausführlicher ist der Gegenstand behandelt in R. Virchow's Archiv.

5) Es muß hier noch besonders hervorgehoben werden, daß in neuester Zeit die Schulluft auch an dem einem Schultag folgenden Morgen noch bedeutend verunreinigt gefunden wurde. Diesem Mißstand wird durch unsere Methode vollständig abgeholfen; denn mittelst der in Boden und Wänden angesammelten Wärme kann die Ventilation während der Nacht beliebig fortgesetzt werden.

6) Vergl. Virchow: Ueber die der Gesundheit nachtheiligen Einflüsse in den Schulen.