©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Ueber Eigenschaft und Anwendung des Wasserdampfes.

Von

FREIH. v. BURG.

Vortrag, gehalten am 6. März 1872.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Das Thema, über welches ich heute in dieser hochverehrten Versammlung zu sprechen die Ehre habe, bezieht sich auf die wesentlichsten Eigenschaften und Anwendungen des Wasserdampfes. Dieser naturwissenschaftliche Gegenstand hat heute für die Gesammtindustrie, die Volkswirthschaft und selbst für das gewöhnliche Leben eine so immense Bedeutung gewonnen, dass es wohl gerechtfertigt erscheint, wenn derselbe in Kürze auch in unserem Kreise besprochen wird.

Als Einleitung hiezu erlaube ich mir das Wichtigste über die Wärme im Allgemeinen anzuführen.

1. Wir Alle kennen recht wohl das Gefühl von Wärme und Kälte, wissen auch, dass in der Regel alle Körper durch die Wärme ausgedehnt, durch die Kälte zusammengezogen werden, kommen aber dennoch in Verlegenheit, wenn wir über die Ursache oder Wesenheit der Wärme Auskunft geben sollen.

Der bekannte Chemiker Gmelin definirt die Wärme einfach als „diejenige Substanz, deren Eintritt in unseren Körper das Gefühl der Wärme, deren Austritt das Gefühl der Kälte in uns erregt". Allein durch diese Definition wird so gut wie nichts erklärt.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die älteren Physiker nahmen zur Erklärung der Wärmeerscheinungen einen eigenen, nach Einigen materiellen, nach Anderen äusserst feinen, unwägbaren Stoff, den Wärmestoff, auch Feuerstoff genannt, an, welcher in den Zwischenräumen der Körperatome mehr oder weniger angehäuft sein sollte.

Dieser materiellen Theorie, welche ihrer Einfachheit wegen fast allgemeinen Anklang fand, steht heute die sogenannte dynamische mit der Ueberzeugung gegenüber, dass, sowie die Lichtphänomene durch eine Vibration oder Undulation der kleinsten Theilchen des leuchtenden Körpers entstehen, so auch in analoger Weise das Wesen der Wärme in nichts anderem als in einer Bewegung und zwar in der Vibration oder den Schwingungen der Atome der Körper bestehe.

Und in der That lässt sich nur auf solche Weise oder durch diese Hypothese, deren Wahrscheinlichkeit nunmehr durch die allerneuesten Untersuchungen zweifellos geworden, erklären, wie durch mechanische Arbeit, wie z. B. durch Reibung, Wärme und zwar in fast unbegrenztem Maasse erzeugt, und auch wieder umgekehrt, erzeugte oder vorhandene Wärme in Kraft oder mechanische Arbeit verwandelt oder umgesetzt werden könne, wie wir dies namentlich bei der Dampfmaschine in recht auffallender Weise wahrnehmen können, bei welcher die aus dem Brennstoff sich entwickelnde Wärme von dem im Dampfkessel befindlichen Wasser absorbirt und in Dampf verwandelt wird, welcher in den Dampfcylinder geleitet, den Dampfkolben und damit

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

auch die ganze Maschine in Bewegung setzt und sonach mechanische Arbeit verrichtet.

Aber auch bei der Ausdehnung fester Körper durch Wärme manifestirt sich eine ausserordentliche, beinahe jeden Widerstand überwindende Kraft oder Arbeit, welche bei der durch das Erkalten eintretenden Zusammenziehung wiederholt oder zurückerstattet wird.

So werden z. B. eiserne Reife und Ringe bei den Wagenrädern glühend aufgezogen, wodurch sie beim Erkalten viel fester aufsitzen, als dies durch irgend ein anderes mechanisches Mittel zu erreichen wäre.

In sehr sinnreicher Weise benützte man diese Eigenschaft, um die ausgewichenen Mauern eines grossen Magazins in Paris wieder gerade zu richten, indem man die durchgezogenen eisernen Schliessen oder Anker eine um die andere mittelst Lampen erhitzte und nach ihrer durch die Ausdehnung eingetretenen Verlängerung durch Schrauben fest anzog, worauf sich diese Schliessen beim Erkalten verkürzten und die ungeheure, sonst durch kein mechanisches Mittel zu gewältigende Last überwunden und die Mauern wieder gerade gezogen wurden.

2. Da es uns im vorliegenden Falle ganz gleichgiltig sein kann, welche Hypothese überhaupt die richtige ist, so werde ich mich bei dem heutigen populären Vortrag der leichteren Verständlichkeit wegen an die zuerst genannte materielle Theorie halten. Es wird nach dieser Theorie viel leichter begreiflich, wie durch das Einschieben des Wärmestoffes zwischen die Atome eines Körpers der Cohäsionskraft entgegengewirkt und dadurch

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

nicht blos eine Ausdehnung, sondern sogar eine Aenderung in dem sogenannten Aggregatszustand (worunter man die Art und Weise versteht, wie die kleinsten Theilchen entweder zu festen oder tropfbar-flüssigen oder endlich zu luft- oder gasförmigen Körpern vereinigt sind), eines Körpers hervorgebracht, derselbe nämlich aus dem festen in den flüssigen und zuletzt, bei fortgesetzter Erhitzung, in den gasförmigen Zustand umgewandelt werden kann.

3. Die drei Aggregatszustände, unter welchen uns die Körper erscheinen, werden nämlich durch anziehende und abstossende Kräfte zwischen den Atomen derselben bedingt, die sich gegenseitig ihre Herrschaft streitig machen. Zu den anziehenden Kräften wird die Cohäsionskraft, zu den abstossenden die Wärme gerechnet; bei festen Körpern ist die Cohäsionskraft überwiegend, bei den tropfbar flüssigen stehen beide Kräfte im Gleichgewichte, während bei den gas- oder luftförmigen Körpern die durch Wärme erzeugten abstossenden oder Repulsivkräfte das Uebergewicht haben.

Durch Zuführung von Wärme werden daher feste oder starre Körper, wie Metalle, in den flüssigen, und tropfbar flüssige Körper, wie z. B. das Wasser, verdampft oder in den gasförmigen Zustand versetzt.

4. Da unser Urtheil über Wärme und Kälte sehr subjectiv ist und von verschiedenen äusseren Verhältnissen abhängt, indem uns z. B. laues Wasser bald warm, bald kalt vorkommen kann, je nachdem wir die Hand vorher in kaltes oder heisses Wasser getaucht

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

haben, oder wir einen Keller im Winter warm, im Sommer kalt finden, obschon er in beiden Fällen nahe dieselbe Temperatur besitzt, so müssen wir zur richtigen Vergleichung der verschiedenen Wärmegrade einen besseren Massstab, als es unser Gefühl ist, anwenden.

Da sich nun aber die Körper in der Regel umsomehr ausdehnen, je mehr sie erwärmt werden, so kann man am sichersten gerade diese Eigenschaft zur Beurtheilung des Erwärmungsgrades der verschiedenen Körper oder zum Messen der Temperatur überhaupt benützen, wie dies auch in der That mittelst unserer Thermometer geschieht.

5. Bekanntlich werden bei unserem Quecksilber- und Weingeist-Thermometer zwei Normalpunkte dadurch bestimmt, dass man das Thermometer zuerst in schmelzendes Eis oder Schnee und dann unter gewissen Vorsichten und Bedingungen in siedendes Wasser bringt und den jedesmaligen Stand der Spitze der Flüssigkeitssäule am Glasrohr markirt. Je nachdem man nun den Abstand dieser beiden Normalpunkte in 80 oder 100 gleiche Theile oder Grade theilt, erhält man beziehungsweise das Reaumur'sche oder Celsius'sche, auch 100theilige Thermometer genannt; bei beiden wird der erstere oder Gefrierpunkt mit 0, der letztere oder Siedepunkt des Wassers beim ersteren mit 80^0, beim letzteren mit 100^0 bezeichnet, auch wird diese Theilung nach beiden Richtungen über diese Punkte hinaus fortgesetzt.

Bei dem in England noch fast allgemein gebräuchlichen Fahrenheit'schen Quecksilberthermometer bildet

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

man sich durch eine Kältemischung einen künstlichen, tiefer liegenden Gefrier- oder Nullpunkt und theilt den Abstand von diesem bis zum Siedepunkt des Wassers in 212 gleiche Theile oder Grade; da dabei der von diesem Nullpunkt nach aufwärts gezählte 32. Theilstrich oder Grad mit dem Null- oder Gefrierpunkt der beiden vorigen Thermometer zusammentrifft, so entfallen auf das Intervall zwischen diesem 32. (oder Nullpunkt der beiden ersteren) und dem Siedepunkt des Wassers noch 180 Grade der Fahrenheit'schen Scala, wornach es daher leicht ist, von diesen drei Thermometerscalen die eine in die andere zu verwandeln.*)

6. Hier, wo von der Ausdehnung der festen und flüssigen Körper die Rede ist, kann ich nicht unerwähnt lassen, dass das sonst allgemein giltige Ausdehnungsgesetz beim Wasser insoferne eine merkwürdige Ausnahme macht, als es von 0^0, wo dasselbe als Eis eben anfängt, flüssig zu werden, sich bis 4^0 C. aufwärts an-

---

*) Wird die Temperatur eines Körpers nach diesen drei Thermometerscalen gemessen und die Anzahl der Grade auf der Reaumur'schen, Celsius'schen und Fahrenheit'schen beziehungsweise mit R^0, C^0, F^0 bezeichnet, so hat man zur Verwandlung der Anzahl Grade von einer Scala in die andere die Proportionen:

$R^0 : C^0 = 80 : 100 = 4 : 5$, $R^0 : (F^0 - 32) = 80 : 180 = 4 : 9$ und

$C^0 : (F^0 - 32) = 100 : 180 = 5 : 9$; folglich ist: $R^0 = {}^4/_5\ C^0 = {}^4/_9\ (F^0 - 32)$, $C^0 = {}^5/_4\ R^0 = {}^5/_9\ (F^0 - 32)$ und $F^0 = {}^9/_4\ R^0 + 32 = {}^9/_5\ C^0 + 32$

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

statt auszudehnen, im Gegentheil etwas zusammenzieht und sich erst von da angefangen regelmässig ausdehnt, so dass also das Wasser nicht bei 0^0, sondern bei $+ 4^0$ C. am dichtesten ist.*)

7. Es ist eine Eigenthümlichkeit und sehr beachtenswerth, dass verschiedenartige Körper bei gleicher Masse, also auch gleichem Gewichte, wenn man ihre Temperatur um gleichviel, z. B. von 0^0 auf 1^0 oder von 10^0 auf 15^0 u. s. w. erhöhen will, nicht auch gleich viel Wärmestoff hiezu bedürfen; so muss man z. B. dem Wasser nahezu 30 Mal so viel Wärme als dem Quecksilber, welches mit ersterem gleiches Gewicht und gleiche Temperatur besitzt, zuführen, um bei beiden Flüssigkeiten eine gleiche Temperaturerhöhung zu erzielen; es hat nämlich, wie man sich ausdrückt, das Wasser eine 30 Mal grössere Wärmecapacität als das Quecksilber.

8. Um die Wärmequantitäten ziffermässig mit einander vergleichen zu können, muss man auch hier, wie überall, wo gerechnet oder gemessen werden soll, irgend eine Einheit zum Grunde legen. Man ist übereingekommen, jene Wärmequantität als Einheit zu nehmen,

---

*) Diesen Grad der grössten Dichtigkeit, welcher an allen Orten und zu allen Zeiten unverändert bleibt und eine charakteristische Eigenschaft des reinen Wassers bildet, haben deswegen auch die französischen Gelehrten bei der Festsetzung und Bestimmung des Kilogramm-Gewichtes im metrischen System zum Grunde gelegt und dafür das Gewicht eines Cubikdecimeters destillirten Wassers bei $+ 4^0$ C. im luftleeren Raume angenommen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

welche nöthig ist, um die Gewichtseinheit (also 1 Pfund, 1 Gramm u. s. w.), Wasser um einen Grad Celsius (noch bestimmter von 0^0 auf 1^0) zu erhöhen; diese Wärmeeinheit wird auch Calorie genannt.

Die Anzahl solcher Wärmeeinheiten, welche nothwendig sind, um die Gewichtseinheit irgend eines anderen Körpers um 1^0 C, in seiner Temperatur zu erhöhen, wird dessen specifische Wärme genannt; hiernach ist die specifische Wärme des Wassers = 1 und jene des Quecksilbers = $^1/_{30}$, woraus hervorgeht, dass Wärmecapazität und specifische Wärme im Grunde ein und dasselbe bedeuten.

9. Indem ich jetzt nach der obigen Bemerkung (3.) speciell auf die Verdampfung des Wassers übergehe, so besteht dabei der Vorgang in Folgendem:

Stellt man ein oben offenes, mit Wasser gefülltes Gefäss an's Feuer, so wird das Wasser allmälig wärmer und heisser, bis sich zuletzt am Boden und an den Seitenwänden des Gefässes Dampfblasen entwickeln, welche wegen ihrer grösseren Leichtigkeit in der Flüssigkeit aufsteigen und an der Oberfläche zerplatzen; dadurch entsteht im Wasser das bekannte Aufwallen oder das Sieden desselben.

Damit sich aber der Dampf bilden und an der Wasseroberfläche entweichen kann, muss er im Augenblick seiner Entstehung bereits eine so grosse Elasticität oder Spannkraft erlangt haben, um im Stande zu sein, den auf der Wasserfläche vorhandenen Druck, welcher also unter gewöhnlichen Umständen in dem Gewichte unserer

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Atmosphäre besteht, überwinden zu können oder mit diesem im Gleichgewichte zu stehen.

10. So lange der Dampf mit dem Wasser, woraus er sich bildet, in Berührung steht, kann auch bei zunehmender Temperatur die weitere Dampfbildung ungehindert vor sich gehen; solcher Dampf befindet sich sowohl im Zustande der Sättigung als auch im Maximum der Dichte. (Beides ist nicht mehr der Fall, wenn man den Dampf vom Wasser trennt und dann noch weiter erhitzt.) Ich bemerke hier ausdrücklich, dass in meinem Vortrage nur vom gesättigten Dampfe die Rede ist.

11. Es ist eine Eigenthümlichkeit des gesättigten Dampfes, wodurch er sich auch wesentlich von der Luft und den sogenannten permanenten Gasen unterscheidet, dass man weder seine Temperatur ohne Aenderung seiner Spannkraft, noch seine Spannkraft oder Elasticität ohne Aenderung seiner Temperatur verändern kann, dass also überhaupt einer gewissen Temperatur immer auch eine gewisse Spann- oder Expansivkraft und umgekehrt entspricht. Ueberhaupt aber nimmt mit der Temperatur auch die Spannkraft und mit dieser nach einem bestimmten Gesetze die Temperatur des Dampfes, mithin auch die des damit in Verbindung stehenden Wassers (indem beides, Dampf und Wasser, immer die gleiche Temperatur annehmen) zu. So nimmt der Dampf, welcher unter dem gewöhnlichen atmosphärischen Luftdrucke durch das Sieden des Wassers in offenen Gefässen erzeugt wird, die bekannte Siedhitze von 100° C. (oder 80° R.) an.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Weil nun der so erzeugte Dampf eine Spannkraft oder Elasticität besitzt, welche mit dem atmosphärischen Luftdruck, der bekanntlich auf einen Quadratfuss in runder Zahl 1840 Pfund (Wiener Maass und Gewicht) beträgt, im Gleichgewichte steht, so nennt man solchen Dampf ganz kurz: Dampf von Einer Atmosphäre Spannung oder noch gewöhnlicher Dampf von 1 Atmosphäre.

Deckt man das Gefäss, dessen obere Querschnittsfläche wir zur leichteren Verständlichkeit gerade mit 1 Quadratfuss annehmen wollen, wodurch also der Luftdruck auf die Wasserfläche genau 1840 Pfund beträgt, mit einem Deckel von 1 Quadratfuss Fläche zu und belastet denselben (mit Einschluss seines eigenen Gewichtes) mit 1840 Pfund, so wird derselbe einmal durch die Atmosphäre mit 1840 Pf. und dann noch einmal mit dem genannten Gewicht von 1840 Pf., also zusammen mit einer Kraft niedergedrückt, welche dem zweifachen Atmosphärendruck gleichkommt.

Bringt man jetzt das Wasser in diesem so zugedeckten Gefässe zum Sieden, so zeigt sich, dass dasselbe nicht mehr wie vorhin bei 100°, sondern erst bei 122° eintritt und dass der Dampf, welcher sich dabei entwickelt, eine Elasticität oder Spannung erlangt, welche gerade hinreicht, um den Deckel zu heben, also mit dem zweifachen Atmosphärendruck im Gleichgewichte steht; aus diesem Grunde wird dieser Dampf in analoger Weise Dampf von zwei Atmosphären Spannung oder kurzweg von 2 Atmosphären genannt.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

In ganz gleicher Weise kann man sich auch Dampf von 3, 4 . . Atmosphären Spannung verschaffen, wobei dessen Temperatur, folglich auch jene des siedenden Wassers, woraus er sich bildet, in solcher Weise zunimmt, dass diese für Dämpfe von beispielsweise 3, 4 und 10 Atmosphären, beziehungsweise auf 134, 144 und 180 Grad Celsius steigt.

Nach dem nämlichen Gesetze muss aber auch die Temperatur des siedenden Wassers und die Spannkraft des Dampfes abnehmen, wenn man, anstatt den Druck auf das siedende Wasser über den Atmosphärendruck zu vermehren, diesen im Gegentheil unter diesen Druck vermindert (was mittelst der Luftpumpe geschehen kann). So haben Versuche gezeigt, dass das Wasser unter einem Drucke von $^1/_2$ Atmosphäre (also von $^{1840}/_2 = 920$ Pfd. auf den Quadratfuss) schon bei einer Temperatur von 82° C. zu sieden anfängt; dabei hat aber auch der daraus erzeugte Dampf blos eine Spannkraft von $^1/_2$ Atmosphäre, d. h. er steht nur mehr mit einem Drucke von 920 Pfd. per Quadratfuss im Gleichgewichte.

Hieraus erklärt sich, warum auf hohen Bergen, wo nämlich der Luftdruck ein geringerer ist, das Wasser schon bei einer niedrigeren Temperatur als an der Meeresfläche (also unter 100° C.) siedet; so siedet z. B. das Wasser am Gipfel des beinahe 15000 Fuss hohen Montblanc, wo das Barometer statt auf 28, nur mehr auf nahe 15 Pariser Zoll hoch steht, schon bei einer Temperatur von 84° C.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Da nun aber bei dieser niederen Temperatur gewisse Speisen, wie namentlich Fleisch, nicht weich gekocht werden können, so muss man, um dies zu bewirken, in ähnlicher Weise, wie dies bei dem Papinianischen Topfe oder Digestor der Fall, das Gefäss zudecken und den Deckel entsprechend belasten; in diesem Falle siedet das Wasser erst bei jener erhöhten Temperatur, die dem Dampfe entspricht, dessen Spannung im Stande ist, den so belasteten Deckel des Gefässes zu heben.

12. Aus dem soeben Gesagten lässt sich nun auch erklären, warum das Wasser in einem oben offenen oder nur leicht zugedeckten Gefässe, selbst bei dem heftigsten Feuer, doch keine höhere Temperatur als von 100^0 C. annehmen kann.

Dabei drängt sich nun allerdings die Frage auf, was denn eigentlich mit der fortwährend entwickelten und dem siedenden Wasser zugeführten und das Thermometer nicht afficirenden Wärme geschieht? Hierauf antworte ich, dass diese Wärme lediglich zur Umwandlung des oben (2.) erwähnten Aggregatszustandes des Wassers verwendet wird, um dasselbe nämlich aus dem flüssigen in den luft- oder gasförmigen Zustand zu bringen.

13. Aus Versuchen hat man gefunden, dass zur Verwandlung einer gewissen Quantität siedheissen Wassers (von 100^0) nahe $5^2/_5$ Mal so viel Wärmestoff erforderlich ist, um dasselbe in Dampf zu verwandeln, als man benöthigte, um dieses Wasserquantum von 0^0 auf 100^0 zu erwärmen, also zum Sieden zu bringen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Da nun aber nach obigem (8.) 1 Pfund Wasser, um dasselbe von 0^0 bis 100^0 C. zu erwärmen, 100 Wärmeeinheiten aufnimmt, so muss man diesem soweit erwärmten oder zum Sieden gebrachten Wasser (von 1 Pfund) noch $5^2/_5$ Mal 100, d. i. 540 solcher Wärmeeinheiten zuführen, um dasselbe vollständig in Dampf von 1 Atmosphäre Spannung und der Temperatur von 100^0 C. zu verwandeln.

14. Von diesen beiden Wärmequantitäten von 100 und 540 Einheiten, von welchen die erstere durch das Thermometer angezeigt und fühlbar, die letztere aber ohne eine solche Wirkung von dem Dampfe gleichsam verschluckt wird, wird die erstere die freie oder sensible, die letztere die gebundene oder latente genannt.

15. Vergleicht man das Volumen des Dampfes mit jenem des Wassers, woraus er sich gebildet hat, so erhält man das sogenannte relative Volumen des Dampfes; dieses ist für gewöhnlichen Dampf (von 1 Atmosphäre und 100^0 Temperatur) = 1700, d. h. es entwickeln sich aus 1 Cubikfuss Wasser 1700 Cubikfuss Dampf.

Für höher gespannte Dämpfe nimmt das relative Volumen ab; so ist dieses z. B. für Dampf von 5 und 10 Atmosphären Spannung nur mehr beziehungsweise = 400 und 210.

16. Sowie der Dampf aus dem siedenden Wasser nur dadurch entsteht, dass man dem letzteren noch jene Quantität von Wärme zuführt, welche zu seiner Bildung

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

nothwendig ist und die er dann im gebundenen Zustande enthält, ebenso geht derselbe wieder in siedendes Wasser über oder zurück, wenn man ihm diese gebundene Wärme entzieht; dies geschieht am einfachsten, indem man den Dampf mit kälteren Körpern und zwar am wirksamsten mit kaltem Wasser in Berührung bringt, an welches er dann die gebundene Wärme abgibt und dieses zugleich erwärmt; man nennt diesen Vorgang das Condensiren des Dampfes.

17. Aber auch durch das Zusammenpressen (z. B. in einem mit einem Piston oder Kolben versehenen hohlen Cylinder), lässt sich der gesättigte Dampf zu Wasser verdichten oder condensiren und gerade dadurch, dass dieses möglich ist, tritt der schon oben (10.) erwähnte Unterschied zwischen Dampf und Luft oder Gas recht augenfällig hervor.

Drückt man z. B. (in einem hohlen Cylinder) 1 Cubikfuss Luft um die Hälfte, als bis auf $^1/_2$ Cubikfuss zusammen und wartet ab, bis die dadurch entstehende Erhitzung wieder verschwunden, also die vorige Temperatur der Luft wieder eingetreten ist, so zeigt sich, dass ihre Spannkraft oder Elasticität (nach dem bekannten Mariotte'schen Gesetze) genau auf das Doppelte gestiegen ist. Drückt man dagegen in gleicher Weise 1 Cubikfuss Dampf bis auf $^1/_2$ Cubikfuss zusammen und wartet wieder, bis die ursprüngliche Temperatur eingetreten ist, so findet man, dass dessen Spannkraft um nichts zugenommen, sondern (nach der oben in 11 erwähnten Eigenschaft) genau dieselbe geblieben ist.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Lassen Sie mich, zur Vervollständigung der Merkmale des Wasserdampfes, noch die Bemerkung hinzufügen, dass derselbe farblos und ebenso durchsichtig wie die Luft, mithin auch durch das Auge nicht wahrnehmbar ist; das, was wir beim Ausströmen des Dampfes in die Luft wahrnehmen, ist nicht mehr Dampf selbst, sondern Dunst oder Nebel, welcher durch Abkühlung oder Condensirung des Dampfes zu sehr kleine Wassertröpfchen entsteht.

Nachdem ich nun so kurz als möglich die wesentlichsten physikalischen Eigenschaften des Wasserdampfes besprochen, werde ich noch, insoweit dies die Zeit gestattet, die mechanischen Eigenschaften und wichtigsten Anwendungen desselben anzuführen die Ehre haben.

18. Bei dem Umstande, dass der Dampf eine so grosse Menge von Wärme im gebundenen Zustande enthält, welcher bei der Condensation (16.) wieder frei wird, eignet sich derselbe vorzüglich zum Kochen und Abdampfen von Flüssigkeiten in chemischen und besonders Zuckerfabriken, sowie auch zum Trocknen von Zeugen und Stoffen in Appreturanstalten, Papierfabriken u. s. w. Im erstern Falle leitet man den Dampf entweder in gewöhnlich aus Kupfer hergestellte und in die Flüssigkeit eintauchende Schlangenrohre oder wie bei den sogenannten Vacuumpfannen in Zuckersiedereien zwischen Doppelböden; im letzteren Falle dagegen in hohle Walzen oder Trommeln, um welche die zu trocknenden Zeuge gewickelt werden.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

In ähnlicher Weise und aus gleichem Grunde wird der Dampf auch zur Beheizung benützt, indem man diesen in verticale oder horizontale, diese jedoch zum Ablauf des durch Condensirung des Dampfes entstehenden Wassers etwas geneigt gelegte Röhren leitet, welche in den zu beheizenden Localitäten in passender Weise angebracht werden.

19. Die fernere Eigenschaft, dass gewöhnlicher Dampf durch das Condensiren auf einen 1700 Mal geringeren Raum (15.) reducirt, also ein mit solchem Dampfe gefülltes Gefäss, nach der Condensirung des Dampfes beinahe luftleer wird, macht denselben besonders geeignet, um sich auf eine einfache Weise einen luftverdünnten Raum zu verschaffen.

Von dieser Eigenschaft wird nicht selten, namentlich in Zuckerfabriken zum Heben des Saftes mittelst der sogenannten Monte-jus von einem Stockwerk in ein anderes Gebrauch gemacht, indem die mit ihrem unteren Ende in den zu hebenden Saft, mit ihrem oberen in ein luftdicht verschlossenes Gefäss mündenden Röhren, zuerst aus einem Dampfkessel mit Dampf gefüllt, hierauf von aussen mit kaltem Wasser abgekühlt, der Dampf also dadurch im Innern condensirt und sonach ein fast luftleerer Raum hergestellt wird, worauf der äussere Luftdruck gerade so, wie bei unseren Saugpumpen wirkt und den Saft in das obere Gefäss hinauftreibt.

20. Aber auch die Expansiv- oder Spannkraft, mit welcher der Dampf einen mechanischen Druck ausüben kann, wird zum Heben von Flüssigkeiten und auch zur

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Hervorbringung eines luftverdünnten Raumes benützt, wie dies namentlich bei unseren Locomotiven zur Herbeiführung einer lebhaften Verbrennung dadurch geschieht, dass der aus den Dampfcylindern ausströmende, bereits gebrauchte Hochdruckdampf mit grosser Gewalt durch das sogenannte Blasrohr stossweise in den Schornstein tritt (wodurch das uns Allen bekannte Schnauben oder Pusten der Locomotive entsteht) und dadurch die Luft und die heissen Gase mit sich fortreisst, auf solche Weise im Schornstein einen luftverdünnten Raum und so einen heftigen Luftzug von aussen durch den Feuerherd erzeugt.

21. Indem ich endlich auf die wichtigste und fruchtbarste Verwendung des Dampfes, nämlich zum Betrieb der die Welt reformirenden Dampfmaschine übergehe, gestatten Sie mir, dass ich die bereits an einem anderen Orte ausgesprochenen Worte mit der Behauptung wiederhole, dass die Erfindung der Dampfmaschine für die menschliche Gewerbthätigkeit, für die Vermehrung und Verbreitung des Wohlstandes und die Gesittung der Menschen dasselbe sei, was die Erfindung der Buchdruckerkunst für die geistige Cultur, Aufklärung und Beförderung der Wissenschaften, für die menschliche Gesellschaft geworden.

Mit der Einführung dieser Maschine in ihrer heutigen Vollkommenheit, welche wir hauptsächlich dem Genie eines Watt, der damit den Hercules aus der Wiege gehoben hat, beginnt für die Geschichte der Industrie und der Volkswirthschaft eine neue Zeitrechnung;

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

durch diese Erfindung hat sich der Mensch von der Wind- und Wasserkraft vollständig unabhängig gemacht, indem er sich mit etwas Wasser und Kohle eine Kraft zu schaffen im Stande ist, die er vollkommen beherrschen und zu jeder Zeit und an jedem Orte benützen kann, eine Kraft, die eben so gut die schwersten Wellbäume und Anker schmiedet, Eisenbahnschienen walzt, die stärksten Piloten einrammt, Canäle gräbt und die gewichtigsten Mühlsteine umtreibt, als andererseits die feinsten Nadeln schleift, die zartesten Stoffe und Spitzen webt und die kostbarsten Musseline stickt.

Bekanntlich bildet die Wasserversorgung grosser Städte eine Lebensfrage; in den meisten Fällen sind es wieder die Dampfmaschinen, welche die hiezu nöthigen colossalen Wasserhebwerke betreiben.

Ohne Dampfmaschine würde die Förderung der Steinkohle, dieses Lebenselement der heutigen Industrie und des Haushaltes, aus den Bergwerken in hinreichender Quantität ganz unmöglich und würde dieselbe zum mindesten 10 bis 20 Mal theurer zu stehen kommen.

Welche Dienste diese Riesenkraft der Dampfschifffahrt und den Eisenbahnen leistet, davon liegen Ihnen, meine hochverehrten Damen und Herren, die täglichen Beweise vor Augen.

Als Fulton dem ersten Consul Frankreichs das Anerbieten machte, die französische Flotte mittelst Dampf in Bewegung zu setzen und dadurch England zu besiegen, erwiederte Napoleon, welcher dieser Erfindung noch keinen Glauben schenkte: „eine solche Erfindung

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

würde, im Falle sie ausführbar wäre, ein Königreich verdienen". Ja selbst die französischen Gelehrten, welche diese Erfindung zu prüfen hatten, erklärten den Mann für einen Phantasten und seine Idee für ein Hirngespinnst; gleichwohl liess Fulton bald darauf (1807) den „Clairmont" in New-York und einige Jahre später, nämlich im Jahre 1815, die Dampffregatte „Fulton" vom Stapel, von welcher Zeit an überhaupt die Dampfschifffahrt, heute für den internationalen Verkehr von unberechenbarer Wichtigkeit, reissende Fortschritte machte.

Noch bewunderungswürdiger jedoch sind die Transportmittel der Eisenbahnen, welche vom Jahre 1829, nämlich von der Zeit an datiren, zu welcher der berühmte Stephenson seine erste Preislocomotive für die damals ins Leben getretene Manchester-Liverpool-Eisenbahn zu Stande brachte.

Die Eisenbahnen bilden unstreitig die Grundlage zu einer neuen Weltordnung, deren Ende wir nicht absehen können; die verschiedenen Stämme eines Volkes werden sich dadurch leichter kennen, verstehen und achten lernen; manches Vorurtheil wird mit dem Rauch und Dampf der Locomotive dahinfliegen, die verschiedenen Völker werden einander näher rücken und der Weltgeist wird auf diesen eisernen Bahnen, auf welchen die Menschen schnell wie die Gedanken dahinbrausen, unaufhaltsam fortschreiten.

Doch anstatt in der Aufzählung der Wunderwerke, welche wir der Dampfmaschine zu verdanken haben, weiter fortzufahren, möchte ich Ihnen zum Schlusse

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

noch mit einigen Worten einen Begriff geben, wie und auf welche Weise der Dampf bei diesen Maschinen wirkt.

22. Die erste Idee von der Anwendung des Wasserdampfes als bewegende Kraft, die jedoch meines Wissens niemals einen praktischen Nutzen hatte, findet man in der von Heron aus Alexandrien (geboren um das Jahr 120 v. Chr.) erfundene Drehkugel oder Reactionsmaschine. Diese bestand seiner Beschreibung nach aus einer um ihre verticale Achse drehbaren hohlen Kugel, mit welcher ein horizontales Rohr in Verbindung stand, aus welchem der in der Kugel erzeugte Dampf, jedoch nicht in der Richtung der Achse des Rohrs, sondern aus einer auf dieser Achse senkrechten Seitenöffnung ausströmen konnte.

Durch die Kraft der Reaction, welche dadurch hervorgerufen wurde, drehte sich die Kugel in einer dem ausströmenden Dampfstrahl entgegengesetzten Richtung um die genannte Achse.

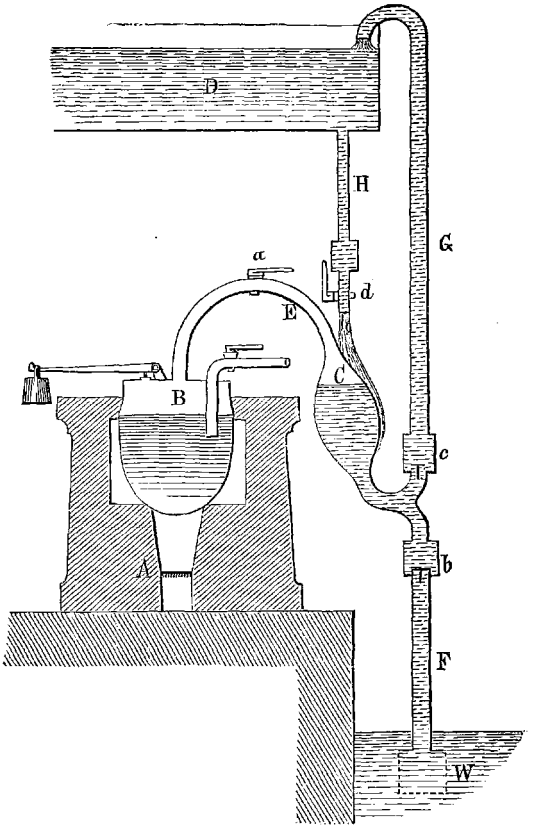
Dieselbe Wirkung tritt auch ein, wenn man statt des Dampfes Wasser unter einem gewissen Druck ausfliessen lässt, wie ich an dem vorliegenden Modelle nachzuweisen die Ehre haben werde.

Zu den ersten Maschinen, welche wenigstens theilweise schon einigen praktischen Erfolg aufzuweisen haben, gehört die vom Capitän Savery im Jahre 1698 erfundene Dampfmaschine, welche zum Wasserheben in den Bergwerken bestimmt war und bei welcher der Dampf in doppelter Eigenschaft, nämlich zuerst zur Herstellung eines luftverdünnten Raumes (19.) zum

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Ansaugen des Wassers und hierauf mit seiner Expansivkraft zum weitern Hinaufdrücken des angesogenen Wassers benützt wurde.

Skizze 1.



©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Stellt in der nebenbefindlichen Skizze 1 A den Ofen, B den Dampfkessel vor, welcher durch das Rohr E mit dem Gefäss C communicirt, das selbst wieder einerseits mit dem in das Grubenwasser W reichenden Saugrohr F. und andererseits mit dem bis zum Sammelkasten D reichenden Steigrohr G in Verbindung steht. Ist ferner a ein Absperrhahn und sind b und c Ventile, die sich blos nach aufwärts öffnen, und ist endlich H ein aus dem Sammelkasten D ausmündendes Rohr, mit dem Absperrhahn d versehen; so ist das Spiel oder die Wirkungsweise dieser Maschine folgende:

Sobald der Dampf im Kessel B (welcher selbstverständlich auch mit einem Wasserzuleitungsrohr versehen sein muss) die gehörige Spannung erlangt hat, lässt man denselben durch das Oeffnen des Hahnes a in das Gefäss C einströmen; ist dasselbe (sammt dem Steigrohr) mit Dampf erfüllt, so schliesst man diesen Hahn a und öffnet dafür jenen d, um aus dem höher liegenden Behälter D kaltes Wasser über die Oberfläche des Gefässes C fliessen zu lassen; dadurch wird der Dampf im Innern desselben sowie in den Röhrentheilen zwischen a, b und c condensirt, sofort ein luftverdünnter Raum erzeugt und gerade sowie bei unseren Saugpumpen das Wasser aus W mittelst des atmosphärischen Druckes durch das Saugrohr F, wenn dessen Höhe 32 Fuss nicht übersteigt, in das Gefäss C gehoben. Oeffnet man hierauf neuerdings den Hahn a, nachdem man jenen d geschlossen, so drückt der in das Gefäss C neuerdings eintretende Dampf mittelst seiner Spannkraft dieses so an-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

gesogene Wasser durch das Steigrohr G in den Sammelbehälter D hinauf, von wo es dann weiter zu Tage abfliessen kann.

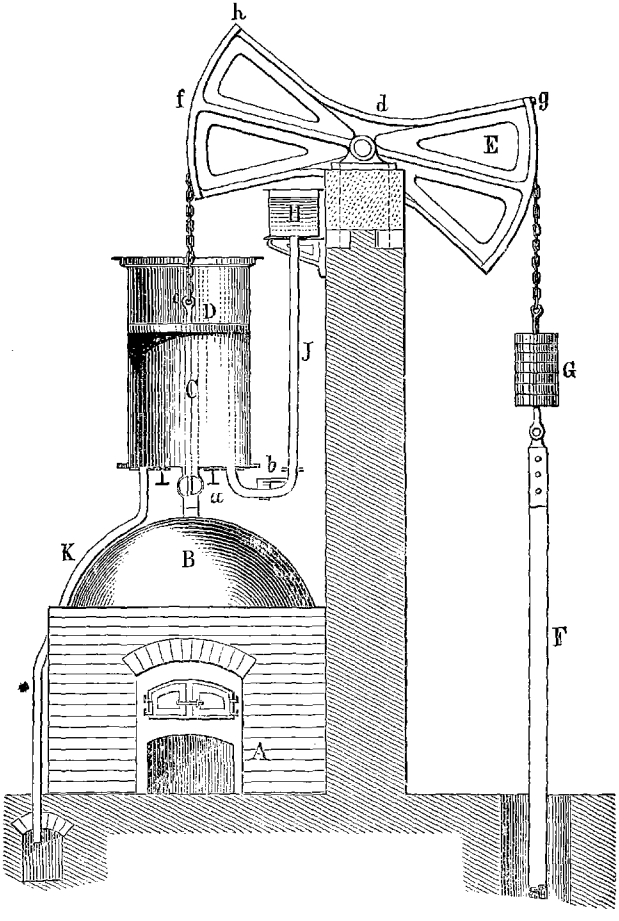
In gleicher Weise wiederholt sich das Spiel dieser in ihrer Wirkung offenbar sehr beschränkten Maschine.

23. Bei der hierauf von dem englischen Grobschmied Newcomen im Jahre 1712 ebenfalls zum Heben und Fördern des Wassers aus einer englischen Steinkohlengrube erfundenen Maschine bewegte sich (Skizze 2) ein Kolben oder Piston D in einem verticalen, oben offenen Cylinder C luft- und dampfdicht auf und ab; dabei war die Kolbenstange c mit einer flachen Kette, die sich um das Bogenstück f eines um d drehbaren Wagbaumes oder Balanciers legte und an demselben bei h befestigt war, so verbunden, dass beim Niedergehen des Kolbens D das auf der entgegengesetzten Seite an dem Bogenstück g ebenso befestigte Pumpengestänge F mit dem Pumpenkolben und der darauf stehenden Wassersäule gehoben wird. Bei dieser Einrichtung arbeitet nun diese Maschine in folgender Weise:

Ist der Dampfkolben D bis auf den Boden des Dampfcylinders C herabgedrückt, so lässt man in denselben von unten, indem man den Hahn a öffnet, aus dem im Ofen A befindlichen Dampfkessel B Dampf einströmen, wodurch, da ihm das Gewicht des Pumpengestänges F, welches überdies noch durch ein Gegengewicht G vergrössert wird, zu Hilfe kommt, der auf den Kolben wirkende atmosphärische Druck überwunden und derselbe im Cylinder aufwärts bewegt wird.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Skizze 2.



©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Hat aber der Kolben bei dieser Bewegung seine grösste Höhe erreicht, so wird durch Schliessen des Hahnes a die Dampfeinströmung in den Cylinder unterbrochen, dagegen durch das Oeffnen der Pipe oder des Hahnes b aus der Wassercysterne H durch das Rohr J in den Cylinder kaltes Wasser eingespritzt, wodurch sofort der Dampf im Cylinder condensirt, folglich in demselben unterhalb des Kolbens ein luftverdünnter Raum erzeugt wird. Die atmosphärische Luft drückt nun den Kolben, da unter demselben beinahe kein Gegendruck vorhanden, mit einer Gewalt oder Kraft nach abwärts, die beinahe (13.) auf jeden Quadratfuss der oberen Kolbenfläche 1840 Pfund beträgt und hebt dadurch das am entgegengesetzten Bogenstück des Balanciers bei g befestigte Gestänge F sammt Gegengewicht G und der auf dem Pumpenkolben stehenden Wassersäule. Zugleich fliesst das in den Cylinder eingespritzte zusammen mit dem durch die Condensation des Dampfes erzeugte Wasser durch das Rohr K ab.

Ist in solcher Weise der Kolben D bis auf den Boden des Cylinders herabgedrückt, so öffnet man, nachdem der Hahn b schon früher geschlossen worden, neuerdings den Hahn a, um so denselben Vorgang zu wiederholen und den Gang der Maschine beliebig fortzusetzen.

Auch bei dieser Maschine wirkt der Dampf nur indirect und zwar zur Herstellung eines luftleeren oder richtiger luftverdünnten Raumes, da aber dabei der wirksame Druck von der Atmosphäre ausgeht, so hat

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

man diese Maschine nicht mit Unrecht die atmosphärische genannt.*)

24. Als dem genialen James Watt (geboren 1736 zu Greenock in Schottland) im Jahre 1763, damals noch Inspector der Modellensammlung an der Universität zu Glasgow, ein Modell dieser Newcomen'schen Maschine zur Reparatur übergeben worden, beschäftigte

---

*) Es dürfte nicht unwillkommen sein, wenn ich, um von der Wirksamkeit dieser atmosphärischen Maschine einen näheren Begriff zu geben, noch Folgendes anführe:

Ich habe bereits oben (13.) bemerkt, dass bei einem mittleren Barometerstand die Atmosphäre einen Druck ausübt, welcher auf jeden Quadratfuss nahe 1840 Pfund oder beinahe $18^1/_2$ Centner beträgt. Dass man nun aber diesen enormen Druck auf ein z. B. horizontal gehaltenes Brett oder Blatt Papier nicht wahrnimmt, davon liegt der Grund in dem ganz gleichen Gegendruck, welchen die Luft auch auf die untere Seite von unten nach oben ausübt. Bei den uns Allen bekannten Seifen- oder Luftblasen steht die Elasticität der eingeschlossenen Luft mit dem äusseren Luftdruck im Gleichgewichte, weshalb auch die ausserordentlich dünne Hülle der Blase durch diesen nicht zerdrückt wird.

Dieser atmosphärische Druck wird sogleich merkbar, wenn man den Gegendruck aufhebt, also z. B. das Brett auf den Recipienten (Glocke) einer Luftpumpe legt und aus denselben die Luft auspumpt und einen luftleeren oder luftverdünnten Raum erzeugt.

Otto von Guericke, der berühmte Erfinder der Luftpumpe, lenkte die Aufmerksamkeit auf diese grosse Erfindung zuerst in auffallender Weise durch die Experimente, welche er im Jahre 1654 in Regensburg in Gegenwart des Kaisers Ferdinand III. und der versammelten Grossen des

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

er sich mit der Beseitigung der dieser Maschine anhaftenden Fehler und so entstand nach und nach, besonders nachdem er sich im Jahre 1773 mit dem berühmten und reichen Maschinenbaumeister Boulton in Soho bei Birmingham verbunden hatte, eine so total veränderte und vervollkommte Maschine, dass Watt mit Recht als zweiter Erfinder oder als eigentlicher Schöpfer der heutigen Dampfmaschine angesehen werden kann.

Reiches mit seinen sogenannten „Magdeburgischen Halbkugeln" ausführte. Nachdem er nämlich die beiden kupfernen hohlen Halbkugeln mittelst eines mit Wachs und Terpentin getränkten Lederringes luftdicht zu einer Kugel vereinigt und die Luft so viel als möglich aus derselben ausgepumpt hatte, waren nicht weniger als 16 Pferde nothwendig, um den Druck, welchen die Atmosphäre auf die äussere Kugelfläche ausübte, zu überwinden und die beiden Halbkugeln unter einem heftigen (durch das Einstürzen der Luft erzeugten) Knall auseinander zu reissen, obschon diese Kugel nur einen Durchmesser von 0.67 Magdeburger Ellen hatte. Später liess der Erfinder in ähnlicher Weise eine aus zwei Halbkugeln von 1 Elle Durchmesser zusammengesetzte Hohlkugel anfertigen, zu deren Trennung nun schon 24 bis 30 Pferde erforderlich waren.

Nimmt man die Oberfläche eines erwachsenen Menschen mit 15 Quadratfuss an, so drückt auf denselben die Atmosphäre mit nicht weniger als mit 27.645 Pfund oder mit über 276 Centner. Wir empfinden diesen ungeheuren Druck aus dem Grunde nicht, weil die Luft in unserem ganzen Körper auch alle leeren Zwischenräume erfüllt und mit derselben Elasticität (wie es bei den erwähnten Luftblasen der Fall) der äusseren Luft mit gleicher Kraft entgegenwirkt.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Watt's erste Maschine (1768) war noch immer eine sogenannte einseitig wirkende, mit dem Unterschiede jedoch, dass der Dampfkolben nicht mehr, wie bei der Newcomen'schen Maschine, durch die Atmosphäre, sondern direct durch den Dampf selbst herabgedrückt wurde, zu welchem Ende der Dampfcylinder auch oben durch einen Deckel, durch welchen die Kolbenstange luft- und dampfdicht durchging, geschlossen war. Da bei der Aufwärtsbewegung des Dampfkolbens der ober demselben befindliche Dampf in den unteren Cylinderraum abziehen konnte, also der Dampfdruck auf beide Kolbenflächen gleich gross war, so hatte das Gegengewicht oder Pumpengestänge dabei blos die Kolbenreibung zu überwinden.

Bei dieser Maschine kam auch zum ersten Male die glückliche Idee Watt's zur Ausführung, den Dampf nicht mehr im Dampfcylinder selbst, sondern in einem mit diesem communicirenden Nebengefäss, dem Condensator, abzukühlen oder zu condensiren, wodurch der grosse Dampf- und Wärmeverlust vermieden wurde, welcher dadurch entstand, dass der Dampfcylinder bei jedem Kolbenlauf abwechselnd kalt und heiss werden musste, während nun der Condensator fortwährend mit kaltem Wasser umgeben sein konnte. Dadurch, dass der Dampf beim Aufwärtsgehen des Dampfkolbens in den unteren Theil des Cylinders und von da in den Condensator abziehen konnte, wurde so wie früher unter dem Kolben der luftverdünnte Raum erzeugt.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Aber schon 6 Jahre später (1774) erfand Watt seine doppelt wirkende Maschine, bei welcher der Dampfkolben nach beiden Richtungen sich direct durch den Dampf selbst bewegt, dieser nämlich abwechselnd einmal über und einmal unter dem Kolben in den Cylinder tritt, wobei gleichzeitig beziehungsweise unter und über dem Kolben durch das Condensiren des benützten Dampfes ein luftverdünnter Raum hergestellt wird.

Wäre hier der Ort und die Zeit, alle die scharfsinnigen Erfindungen aufzuzählen, welche Watt machen musste, um seiner Maschine jene Vollkommenheit zu geben, welche sie heute besitzt und nicht blos, wie die früheren zum Wasserheben, sondern zum Betrieb von allen Gattungen von Maschinen, Mühlen, Hilfswerkzeugen u. s. w. geeignet macht, so würden Sie diesem genialen Manne Ihre Bewunderung nicht versagen können.

Da bei den Watt'schen Maschinen der Dampf eine Spannung erhält, welche den atmosphärischen Druck nur um ein Geringes übersteigt, weil durch die Zuhilfenahme der Condensation der Gegendruck oft bis $^1/_{10}$ Atmosphäre herabgebracht wird, und solcher Dampf gewöhnlich Dampf von niederer Spannung oder Druck genannt wird, so heissen diese Maschinen Niederdruck-Dampfmaschinen, zum Gegensatze der heute immer häufiger zur Anwendung kommenden Hochdruckmaschinen, bei welchen der Dampf eine Spannung von 5, 6 und 10 Atmosphären und öfter auch noch darüber hinaus, wie bei unseren Locomotiven,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

erhält. Auch fällt bei diesen Hochdruckmaschinen in der Regel die Condensation weg und wird diese nur noch in Verbindung mit der sogenannten Expansion angewendet, wobei man die Dampfspannung zuerst bis 1 oder 2 Atmosphären herabkommen lässt, bevor man den Dampf in den Condensator leitet; sonst tritt er aus dem Cylinder, wie bei der Locomotive ganz einfach in die Atmosphäre aus.

Bei der bereits vorgerückten Stunde schliesse ich meinen Vortrag mit dem Wunsche, dass es mir gelungen sein möge, Ihnen, hochverehrte Damen und Herren, wenigstens einen Begriff gegeben zu haben von der grossen Wichtigkeit des Wasserdampfes, welcher als Träger der Alles belebenden Wärme besonders bei der Dampfmaschine durch seine mechanische Wirkung in einer, ich wiederhole es, geradezu die Welt reformirenden Weise auftritt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1872

Band/Volume: 12

Autor(en)/Author(s): Burg Adam Freiherr von

Artikel/Article: Ueber Eigenschaft und Anwendung des Wasserdampfes. 279-310