ANNALEN DER PHYSIK.

JAHRGANG 1802, ZWÖLFTES STÜCK.

I.

Eine neue Theorie über die Beschaffenheit gemischter luftförmiger Flüssigkeiten, besonders der atmosphärischen Luft,

VON

JOHN DALTON

in Manchester. *)

Als man nach der Entdeckung der Luftpumpe zuerst die mechanischen Eigenschaften der Luft kennen gelernt hatte, galt die atmosphärische Luft für eine völlig homogene Flüssigkeit, und zwar für die einzige permanent - elastische. Versuche lehrten, daß die Elasticität der Luft bei einer gegebenen Temperatur genau im Verhältnisse ihrer Dichtigkeit steht. Dieses gab ein *Datum* an die Hand, aus dem sich das Gesetz der Repulsion der kleinsten Theilchen der Luft berechnen ließe. Newton bewies diesem

*) Aus Nicholson's *Journal of natural philosophy*,
T. V, p. 241. d. H.

Annal. d. Physik, B. 12, St. 4, J. 1802, St. 12

gemäß, (*Principia*, lib. 2, prop. 23.) daß eine homogene elastische Flüssigkeit, deren Expansivkraft ihrer Dichtigkeit proportional ist, aus kleinsten Theilchen besteht müsse, die sich gegenseitig mit einer Repulsivkraft abstossen, welche *im umgekehrten Verhältnisse der Entfernungen ihrer Mittelpunkte von einander steht*. Dieses Resultat hat man, so viel ich weiß, allgemein als keines Einwurfs fähig zugehen.

Nun hat aber die neuere Chemie dargethan, daß die Atmosphäre aus keinem homogenen Fluido, sondern aus *verschiednen* elastischen Flüssigkeiten besteht, welche sich durch eigenthümliche Eigenschaften von einander unterscheiden. Da sie aber doch alle in ihrer Elasticität übereinstimmen, indem die Repulsivkraft zwischen den Theilchen jeder im umgekehrten Verhältnisse ihrer Entfernung von einander steht, so scheinen die neuern Physiker stillschweigend angenommen zu haben, daß dasselbe Gesetz der Repulsion auch zwischen je zwei Theilchen der *verschiedenartigen* elastischen Flüssigkeiten, so gut als zwischen je zwei Theilchen derselben Flüssigkeit gelte. Diese stillschweigende Annahme scheint mir indess sehr unglücklich und der Grund mancher Verwirrung und Ungewissheit zu seyn, in welche die Physiker und Chemiker sich ohne sie nicht würden verstrickt haben.

Ueber das Verhalten je zweier Theilchen solcher verschiedenartigen Flüssigkeiten gegen einander, lassen sich *vier* verschiedene Hypothesen aufstellen.

1. Die Theilchen der verschiedenartigen Flüssigkeiten üben gegen einander *dieselbe*, oder

2. eine *größere* oder *kleinere* Repulsivkraft aus, als gegen die gleichartigen Theilchen ihrer Flüssigkeit. Oder

3. sie stoßen sich *gar nicht* zurück, sind also in Beziehung auf einander ganz unelastisch, und daher auch in ihren gegenseitigen Wirkungen auf einander den Gesetzen nicht-elastischer Körper unterworfen. Oder

4. die Theilchen der einen Flüssigkeit haben zu den Theilchen der andern *chemische Verwandtschaft*, und ziehen sie daher an.

Wir wollen nun sehn, zu welchen Folgerungen uns jede dieser Hypothesen leitet. Um sie einzusehn, wird zwar ein kleines mathematisches Raisonnement erfordert, das ich der Kürze halber übergehe, doch werden sie jedem, der in dieser Materie zu Hause ist, sich ohne Schwierigkeit darbieten.

Nach der *ersten* Hypothese müssen, wenn man von zwei elastischen Flüssigkeiten *A*, *B*, die ein gleiches specifisches Gewicht haben, von der ersten *m*, von der andern *n* Maafs im pneumatischen Apparate, bei dem gewöhnlichen Luftdrucke von 30 englischen Zollen Quecksilberhöhe, mit einander mischt, beide ein Volumen von $m+n$ Maafsen einnehmen, und immerfort in demselben Zustande, (gemischt oder gefondert,) bleiben, worin sie sich befanden, als sie in den Apparat kamen. Wäre dagegen *A* specifisch leichter als *B*, so müßte *A* den

obern, *B* den untern Theil des Apparats einnehmen, ihr Volumen aber unverändert dafselbe bleiben. In beiden Fällen litten alle Theilchen der vermischten Flüssigkeiten einen gleichen Druck, nämlich von 30 engl. Zollen Quecksilberhöhe.

Wenn, der *zweiten* Hypothese gemäß, die Theilchen der Flüssigkeiten *A* und *B* sich gegenseitig stärker oder schwächer, als die gleichartigen Theilchen derselben Flüssigkeit zurückstießen, so würden zwar immer noch *m* Maafs von *A* und *n* Maafs von *B* zusammen einen Raum von $m + n$ Maafsen einnehmen, und jedes Theilchen beider würde dabei einerlei Druck, nämlich von 30 engl. Zollen Quecksilberhöhe, leiden; aber beide Flüssigkeiten ließen sich nicht mit einander vermischen, wofern nicht die Repulsivkräfte, welche ihre Theilchen gegen einander ausübten, sich wie die Kubikwurzeln des specifischen Gewichts dieser Theilchen verhalten; oder, welches auf dasselbe hinausläuft, wofern nicht beide Flüssigkeiten von einerlei specifischem Gewichte sind.

Wenn, nach der *dritten* Hypothese, die Theilchen beider Flüssigkeiten weder eine Repulsion noch eine Anziehung auf einander äußerten, so würden wiederum *m* Maafs von *A*, und *n* Maafs von *B* den Raum von $m + n$ Maafsen einnehmen. Dabei würden aber beide Flüssigkeiten, wie auch ihr specifisches Gewicht beschaffen wäre, in sehr kurzer Zeit, wo nicht augenblicklich, aufs gleichförmigste durch einander verbreitet und aufs innigste gemischt seyn, so daß jede einzeln genommen in dieser Mischung

durchaus von gleichförmiger Dichtigkeit wäre. Und zwar, setzt man die Dichtigkeit der gemischten Flüssigkeit $= 1$, so müßte die Dichtigkeit der Flüssigkeit $A = \frac{m}{m+n}$, und die der Flüssigkeit

$B = \frac{n}{m+n}$ seyn. Denn wenn die Theilchen le-

diglich von den gleichartigen Theilchen derselben Flüssigkeit zurückgestoßen werden, so müssen sie sich durch ein sehr dünnes Mittel gerade so verbreiten, als im leeren Raume, da jedes Partikelchen von dem benachbarten gleichartigen möglichst weit zurückgetrieben wird; höchstens würde das Verbreiten der Flüssigkeiten durch einander etwas retardirt. Der Druck auf jedes Theilchen ist in diesem Falle nicht, wie zuvor, der Dichtigkeit der gemischten Flüssigkeit, sondern der Dichtigkeit der Theilchen ihrer eignen Art proportional, und beträgt mithin auf ein Theilchen der Flüssigkeit A nur $\frac{m}{m+n}$ 30 engl. Zoll Quecksilberhöhe, und auf

jedes Theilchen der Flüssigkeit B nur $\frac{n}{m+n}$ 30 englische Zoll Quecksilberhöhe. Denn diese Pressungen entstehen *lediglich* durch die Theilchen ihrer eignen Art.

Kommen, der *vierten* Hypothese gemäß, zwei elastische Flüssigkeiten A, B zusammen, deren ungleichartige Theilchen, statt sich abzustößen, sich gegenseitig *anziehen*, so coalesciren je zwei oder meh-

rere Theilchen mit einander, und es entsteht eine gemischte Flüssigkeit von eigenthümlichen Eigenschaften. Bleibt sie ein elastisches Fluidum von derselben Temperatur, so werden m Maafs von A und n Maafs von B einen kleinern Raum als den von $m+n$ Maassen einnehmen, und die gemischte Flüssigkeit wird specifisch schwerer seyn, als die beiden einzelnen; dieses ist wenigstens das Wahrscheinliche.

Wir wollen nun nachsehn, welche dieser Hypothesen ausgemachte Thatfachen in der Natur am besten erklärt.

Werden zwei *Gasarten* von verschiednem specifischen Gewichte, z. B. Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, in dasselbe Gefäß gesperrt, so finden sie sich immer beide durch die ganze Capacität des Gefäßes gleichförmig verbreitet, gegen die Gesetze der Hydrostatik. — Was die elastischen *Dämpfe* von Flüssigkeiten betrifft, so kann Wasserdampf bei einer Temperatur unter 212° F. wahrscheinlich keinen Druck ertragen, der dem der Atmosphäre gleich ist; Alkoholdampf erfordert eine Hitze von 175° F. und Aetherdampf eine Wärme von 100 bis 105° F., um unter einem Drucke von 30 engl. Zollen Quecksilberhöhe, überhaupt nur gebildet zu werden, und doch sehn wir täglich die Flüssigkeiten, aus denen sie entstehen, in viel niedrigeren Temperaturen verdünsten.

Die erste dieser Thatfachen läßt sich weder mit der *ersten* noch mit der *zweiten* Hypothese vereinigen.

gen; und um diese Hypothesen mit der zweiten Thatfache in Uebereinstimmung zu bringen, muß man seine Zuflucht zu einer neuen Hypothese nehmen, daß nämlich die Gasarten, welche die Atmosphäre ausmachen, als ein allgemeines Auflösungsmittel wirken und alle Flüssigkeiten, ohne Ausnahme, mehr oder minder auflösen: eine Annahme, die indess nicht ohne Schwierigkeiten ist; denn das specifische Gewicht der Gasarten wird durch diesen Prozeß *vermindert*, statt *vermehrte* zu werden, und die aufgelöste Flüssigkeit verschluckt Wärme, gerade so, als würde sie in eine besondere elastische Flüssigkeit verwandelt.

Nehmen wir dagegen die *dritte* Hypothese an, so fällt alle Schwierigkeit bei der Erklärung beider Thatfachen, und jeder andern, fort, und sie sind vollkommen verständlich. Daß Gasarten von noch so verschiedenem specifischen Gewichte sich innig mischen und durch den ganzen Raum verbreiten müssen, ist eine nothwendige Folge aus dieser Hypothese. Dämpfe von Wasser und von jeder andern Flüssigkeit, die sich nicht chemisch mit dem Stickgas oder dem Sauerstoffgas oder einer andern Gasart der Atmosphäre verbindet, können dieser Hypothesegemäß bei jeder Temperatur der Atmosphäre in ihr als lauter verschiedene Flüssigkeiten, und ganz unabhängig von dem Drucke derselben auf die Oberfläche der Erde, bestehn, da jeder andere Druck, als der, der aus der Schwere ihrer eignen Theilchen entsteht, auf sie nicht den mindesten Ein-

fluß hat, und jeder Dampf in Rücksicht des Drucks sich unter denselben Umständen befindet, als wäre er die einzige elastische Flüssigkeit, welche die Atmosphäre bildet.

Mehrere andere Thatfachen, welche nach jeder andern Hypothese schwer zu erklären sind, lassen sich nach dieser sehr leicht einsehn. Setzt man eine bestimmte Menge atmosphärischer Luft der Einwirkung von Schwefelkali aus, so wird in kurzer Zeit das Sauerstoffgas fast ganz verschluckt. Wären, der vierten Hypothese gemäß, die beiden Gasarten, welche die atmosphärische Luft ausmachen, chemisch an einander gebunden, so müßte die chemische Verwandtschaft des Schwefelkali zum Sauerstoffe hierbei in die Ferne bis auf Fußweite und weiter wirken; welches nicht denkbar ist. Die Wahrheit ist, daß das Schwefelkali nur den Sauerstoff verschluckt, der damit in unmittelbarer Berührung ist; das übrige Sauerstoffgas expandirt sich, und so wird endlich alles verschluckt. — Eine ähnliche Absorption findet statt, wenn Gas, welches Wasserdämpfe enthält, über Schwefelsäure oder über trocknen zerfließbaren Salzen gesperrt wird. Der Dampf wird verschluckt, und das Ganze verliert an Elasticität, ungeachtet der vorgeblichen chemischen Verwandtschaft der Gasarten zum Wasser.

Lavoisier's Begriff von unsrer Atmosphäre scheint daher zu enge zu seyn, wenn er sie folgendermaßen definirt „Unsre Atmosphäre ist ein Zusammengesetztes aus allen den Flüssigkeiten, welche

des dampfförmigen oder des permanent elastischen Zustandes, in der gewöhnlichen Temperatur, und unter dem gewöhnlichen Luftdrucke, fähig sind.“ Diese letzte Bedingung muß fortgelassen werden.

Die Atmosphäre scheint im Ganzen ein Zusammengesetztes hauptsächlich aus vier Flüssigkeiten oder aus vier besondern Atmosphären zu seyn: von *Stickgas*, welches an der Oberfläche der Erde im Mittel einen Druck von 21,2 engl. Zollen Quecksilberhöhe ausübt; von *Sauerstoffgas*, dessen Druck im Mittel 7,8 engl. Zoll Quecksilberhöhe beträgt; aus *Wasserdampf*, dessen Druck an der Erdoberfläche von 1 Zoll bis auf 0,1 Zoll Quecksilberhöhe und weniger, nach Verschiedenheit des Klima und der Jahreszeit variirt; und aus *kohlensaurem Gas*, dessen Druck an der Erdoberfläche etwa $\frac{1}{2}$ Zoll Quecksilberhöhe betragen mag. Alle diese Gasarten und der Dampf drücken *einzelu*, und sind in dem Drucke, den sie auf die Oberfläche der Erde ausüben, von einander *unabhängig*. Eine dieser elastischen Flüssigkeiten kann fortfallen, oder die Anzahl derselben kann vermehrt werden, ohne daß dieses auf die andern wesentlich Einfluß hätte oder die Dichtigkeit derselben im mindesten veränderte.

Die hier vorgetragne Hypothese fordert unumgänglich, daß die Kraft der Dämpfe irgend einer Flüssigkeit *lediglich von der Temperatur* abhängt, und daher in allen Gasarten dieselbe als in einem luftleeren Recipienten sey. Daß dieses wirklich der Fall ist, hatte ich durch Versuche mit

verschiednen Flüssigkeiten schon dargethan, ehe ich auf diese Theorie kam, auf die ich eben, indem ich sie mir zu erklären suchte, fiel. Ich werde die hierher gehörigen Versuche, und andere über die Verdunstung überhaupt, zugleich mit einigen Versuchen über die Expansion der Gasarten, welche Ouyton's und Düvernois Resultate widerlegen, in dem Bande der Schriften der litterärkchen und physikalischen Gesellschaft zu Manchester, welcher jetzt unter der Presse ist, bekannt machen. *)

*) Die hier angekündigten Versuche über die Expansion der Gasarten kennt der Leser aus dem vorigen Stücke der Annalen, S. 310. Die hinreichend bestätigte Genauigkeit derselben spricht schon im voraus für die Wichtigkeit der Versuche des Verfassers über die Verdunstung; man wird sie in einem der folgenden Hefte der Annalen finden. Ganz neu sind indess die Resultate dieser Versuche nicht, durch welche Dalton auf seine wichtige und sehr folgenreiche Theorie der Atmosphäre geleitet wurde. Schon der große Physiker Alexander Volta hat ähnliche Versuche angestellt, und ein ganz ähnliches Resultat erhalten, wie ein Brief Volta's an Gren beweist, der zu Como den 11ten Aug. 1796 geschrieben, und in Gren's *neuem Journal der Physik*, B. 3, S. 479, abgedruckt ist. In ihm findet sich folgende Stelle, die ich hier nur in ein etwas verständlicheres Deutsch übergetragen habe: „Meine Versuche über den Druck der elastischen Dämpfe bei allen Graden der Temperatur von 0° R. bis zu mehrern Graden über dem Siedepunkte

Die wichtigen Veränderungen in unsrer bisherigen Ansicht vieler chemischer, meteorologischer und anderer Thatfachen, auf welche die hier vorgetragenen Grundsätze führen, und die überraschende Leichtigkeit, mit der sie das ebenen, worin man bisher gerade die grössten Schwierigkeiten fand, läßt mich wünschen, daß man meine Gründe reiflich prüfen möge.

Manchester den 14ten Sept. 1801.

kommen im Ganzen mit denen von Betancourt und den Ihrigen sehr gut überein. Daher theile ich Ihnen über sie keine lange Abhandlung mit, ob ich gleich *neue Thatfachen und Gesetze*, die ich dabei festzusetzen Gelegenheit fand, und mehrere mit de Lüc's Theorie sehr wohl zusammenstimmende Anwendungen hinzufügen könnte, und unter ihnen besonders auch diese, daß *die Quantität der Dünste und ihr Druck bei jedem Grade der Wärme schlechterdings unabhängig von dem Daseyn oder der Abwesenheit der Luft sind.*“ So viel ich weifs, ist dieses das Einzige, was Volta von seinen Versuchen mit Dämpfen bekannt gemacht hat.

d. H.