

Zweiter naturwissenschaftlicher Kursus

gehalten von Dr. Rudolf Steiner an der freien Waldorfschule.

II. Vortrag.

Stuttgart, am 2. März 1900.

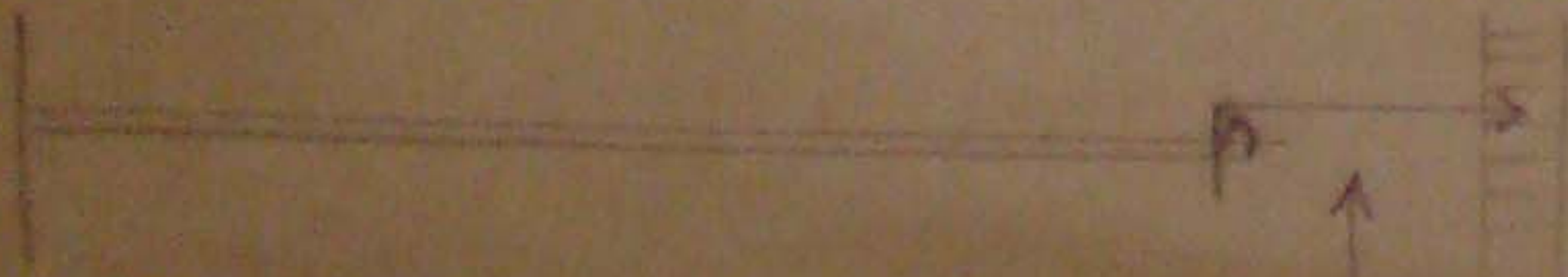
Meine lieben Freunde !

Als Manuskript ge-
druckt! Vom Autor
nicht durchgesehen.

5

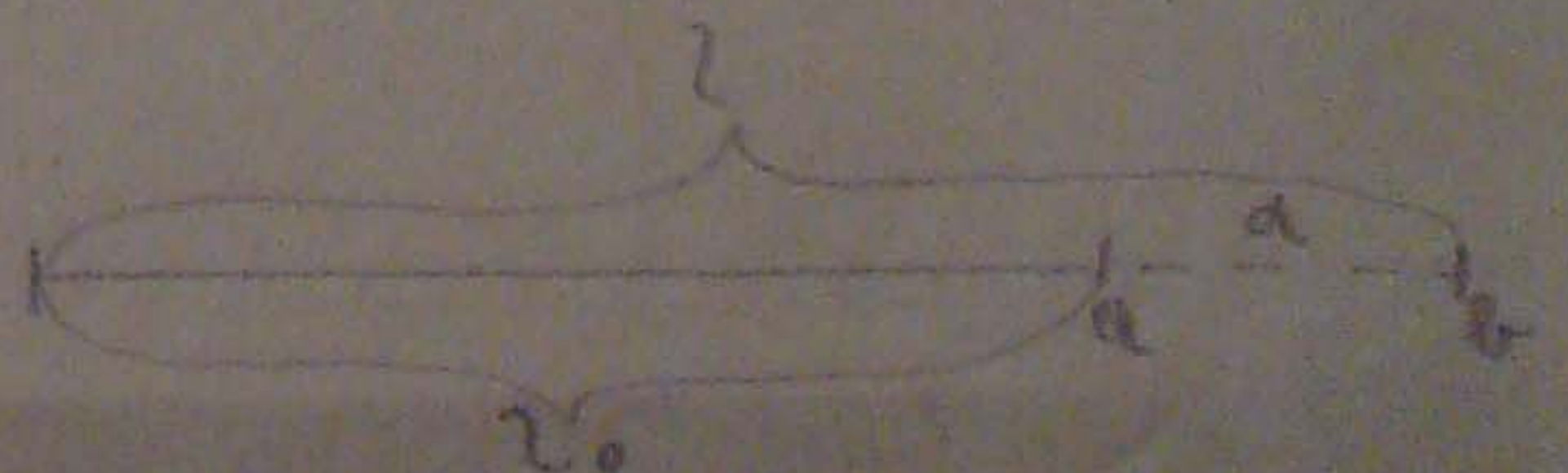
Schon gestern wurde berührt, dass unter dem Einfluß des Wärmeäthers sich dasjenige, was wir im gewöhnlichen Leben Körper nennen, ausdehnt. Wir wollen heute zunächst davon ausgehen, wie sich feste Körper, sogenannte feste Körper, unter dem Einfluß des Wärmewesens ausdehnen. Wir haben zu diesem Zwecke hier, damit wir uns die Dinge auch einprägen, und sie dann auch in entsprechender Weise im Unterricht verwenden können; es ist ja einfach und elementar zunächst - wir haben uns hier eine Eisenstange verfertigt. Diese Stange wollen wir erhitzen und ihre Ausdehnung anschaulich machen dadurch, dass hier an dieser Marke der Hebelarm, der hier angebracht ist, abgehen wird. Wenn ich hier mit dem Finger drücke, so bewegt sich der Zeiger nach aufwärts. Sie werden sehen, dass, wenn wir diesen Stab weiter erhitzen, sich dieser Zeiger ebenfalls aufwärts bewegen wird, was Ihnen ein Beweis sein wird, dass der Stab sich ausdehnt. Sie sehen schon, wie der Zeiger nach aufwärts geht, und Sie sehen, dass mit der fortgehenden Erwärmung der Zeiger mehr und mehr aufwärts drückt; das Ihnen ein Beweis ist, dass die Ausdehnung mit der Temperatur wächst. Würde ich statt der Substanz dieses Körpers irgend ein anderes Metall verwendet haben, und wir würden dann genau messen, so würden wir eine andere

Ausdehnung bekommen. Wir würden finden, dass verschiedene solche Körper sich in verschie-



dener Weise ausdehnen. Sodass wir zunächst zu konstatieren hätten, dass die Ausdehnungsfähigkeit, die Stärke der Ausdehnung von der Substanz abhängt. Wir sehen zunächst hier ab davon, dass wir eigentlich einen Cylinder vor uns haben. Wir stellen uns zunächst vor, dass wir einfach einen Körper von einer bestimmten Länge ohne Dicke und Breite vor uns haben, und wir beobachten zunächst die Ausdehnung nur nach einer Dimension. Wenn wir uns das veranschaulichen, so bekommen wir Folgendes: Wenn hier festgehalten wird ein Stab, und wir ihn nur eigentlich als eine Länge betrachten, wollen wir zunächst für die Temperatur, von der wir ausgehen, den Wärmeegrad, von dem wir ausgehen, die Länge dieses Stabes mit l bezeichnen und wir bezeichnen dann die Länge des Stabes, die er bekommt, wenn wir ihn auf die Temperatur t erhitzen mit l . Nun sagte ich, dass die Stäbe sich verschieden stark ausdehnen, je nachdem sie von der einen oder der anderen Substanz sind. Wir können nun immer die Länge der Ausdehnung, also von hier, von a nach b uns angeben durch einen Bruch, der das Verhältnis der Ausdehnung zu der ursprünglichen Stablänge bezeichnet. Wir wollen das, also diese verhältnismäßig starke Ausdehnung, sagen wir, mit α bezeichnen. Dann haben wir die Länge, die der Stab hat, nachdem er sich ausgedehnt hat. Also die Länge l , die dieser Stab hat, die haben wir uns zusammengesetzt zu denken aus einer ursprünglichen Länge l und aus dem Stückchen, das er in seiner Länge hinzubekommen hat durch die Ausdehnung. Dieses müssen wir dazu rechnen. Dadurch, dass ich α als Bruch bezeichnet habe, der das Verhältnis angibt zu der Ausdehnung und der ursprünglichen Länge, dadurch bekomme ich, indem ich l mit α multipliziere, die Intensität der Ausdehnung für eine gewisse Substanz und ich habe, weil ja die Ausdehnung umso bedeutender wird, je höher die Temperatur wird, da zu multiplizieren mit der Temperatur t , sodass ich sagen kann: Die Stablänge l nach der Ausdehnung:

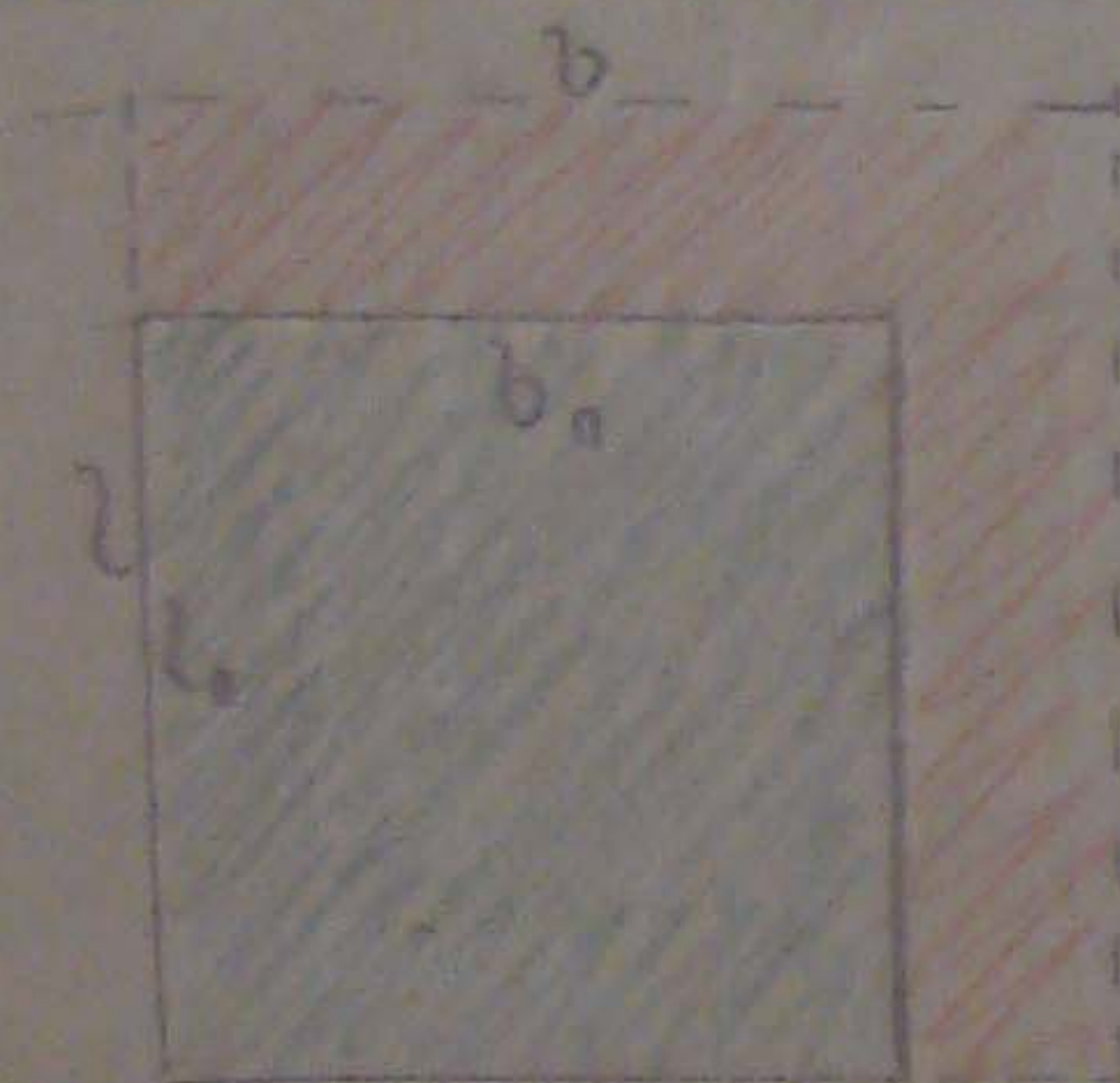
$$l = l \cdot (1 + \alpha t)$$



Das heißt: will ich feststellen die Länge des Stabes, der sich durch Erwärmung ausgedehnt hat, so muß ich seine ursprüngliche Länge mit einem Faktor multiplizieren, der hier angegeben wird durch 1 , plus die Temperatur multipliziert mit der entsprechenden Ausdehnungsfähigkeit der betreffenden Substanz. Die Physiker sind gewohnt worden das α für die betreffende Substanz den Ausdehnungskoeffizienten zu nennen.

Nun habe ich hier einen Stab betrachtet. Stäbe von keiner Breite und keiner Höhe haben wir in Wirklichkeit nicht. Wir haben in Wirklichkeit ja Körper von drei Dimensionen. Wir können, wenn wir nun übergehen von dieser Längenausdehnung zunächst, wieder hin zur nur gedachten Flächenausdehnung und diese Formel in der folgenden Weise umwandeln:

Nehmen wir an, wir betrachten, statt dass wir die Längenausdehnung hier betrachtet haben, die Flächenausdehnung. Wir hätten also hier eine Fläche; so müssen wir uns klar sein, dass die Fläche sich ausdehnt nach zwei Dimensionen, also nach der Erwärmung diese Größe etwa hätte. Wir hätten dann nicht nur die Längenausdehnung l , sondern auch die Breitenaus-



dehnung b . Und wenn wir die Längenausdehnung zuerst betrachten, hier l , so würden wir haben wiederum die Ausdehnung nach dieser Richtung, die ich jetzt angegeben habe nach l . Und wir haben:

$$l = l_0 (1 + \alpha t).$$

Betrachten wir jetzt auch die Breitenausdehnung: b , was sich ausgedehnt hat zu b ; so müßte ich jetzt schreiben - es ist ja selbstverständlich, dass das Ausdehnungsgesetz dasselbe bleibt:

$$b = b_0 (1 + \alpha t).$$

Nun wissen Sie, dass die Fläche sich ergibt, indem ich Länge mit Breite multipliziere. Ich bekomme also den ganzen Inhalt der Fläche, der hier ursprünglich ist, und hier derjenige, nach der Ausdehnung, indem ich auch nun

$l (1 + \alpha t)$, multipliziere mit $b (1 + \alpha t)$:

$$lb = l (1 + \alpha t) \cdot b (1 + \alpha t) \text{ d. h. ich bekomme: } lb = l b (1 + \alpha t)^2$$

das heißt aber geschrieben:

$$lb = l b (1 + 2 \alpha t + \alpha^2 t^2)$$

damit würde ich die Formel haben für die Ausdehnung einer Fläche.

Wenn Sie sich nun zu der Fläche noch hinzudenken eine Dicke, so habe ich diese Dicke in derselben Weise zu behandeln. Ich würde damit noch hinzuzufügen haben:

$$l \cdot b \cdot d = l b d (1 + 3 \alpha t + 3 \alpha^2 t^2 + \alpha^3 t^3)$$

und wenn Sie diese Formel anschauen, dann bitte ich Sie besonders im Auge zu behalten das Folgende: Wenn wir hier die ersten zwei Glieder dieser Formel betrachten, dann werden Sie finden, (dann werden Sie finden,) dass wir das t in der ersten Potenz haben. Wenn Sie das dritte Glied betrachten, finden Sie das t in der zweiten Potenz, und das letzte t in der dritten Potenz. Diese beiden letzten Glieder der Formel für die Ausdehnung bitte ich Sie ganz besonders zu berücksichtigen. Merken Sie sich, dass, wenn wir die Ausdehnung eines dreidimensionalen Körpers haben, so bekommen wir durch dieses eine Ausdehnung, einen Formelausdruck, der enthält die dritte Potenz der Temperatur - ich will ~~etwas~~ absehen von der zweiten Potenz der Temperatur. Er enthält also die dritte Potenz der Temperatur. Es ist ausserordentlich wichtig, dass gerade festgehalten wird an diesem Umstand, dass wir bekommen die dritte Potenz der Temperatur. Da ich immer Rücksicht nehmen muß, dass wir ja hier in der Waldorfschule sind, und alles auch auf das Pädagogische hin orientiert sein muß, ist es nötig, Sie darauf aufmerksam zu machen, dass wenn Sie nun dieselbe Herleitung, die ich hier gemacht habe, in den gebräuchlichen Handbüchern der Physik studieren, so werden Sie von der Art, wie ich hier die Sache dargestellt habe, zu der Schilderung in den gebräuchlichen

Handbüchern der Physik, einen beträchtlichen Unterschied finden. Ich will Ihnen jetzt mitteilen, wie die Darstellung in den gebräuchlichen Handbüchern der Physik gegeben wird. Da wird gesagt:

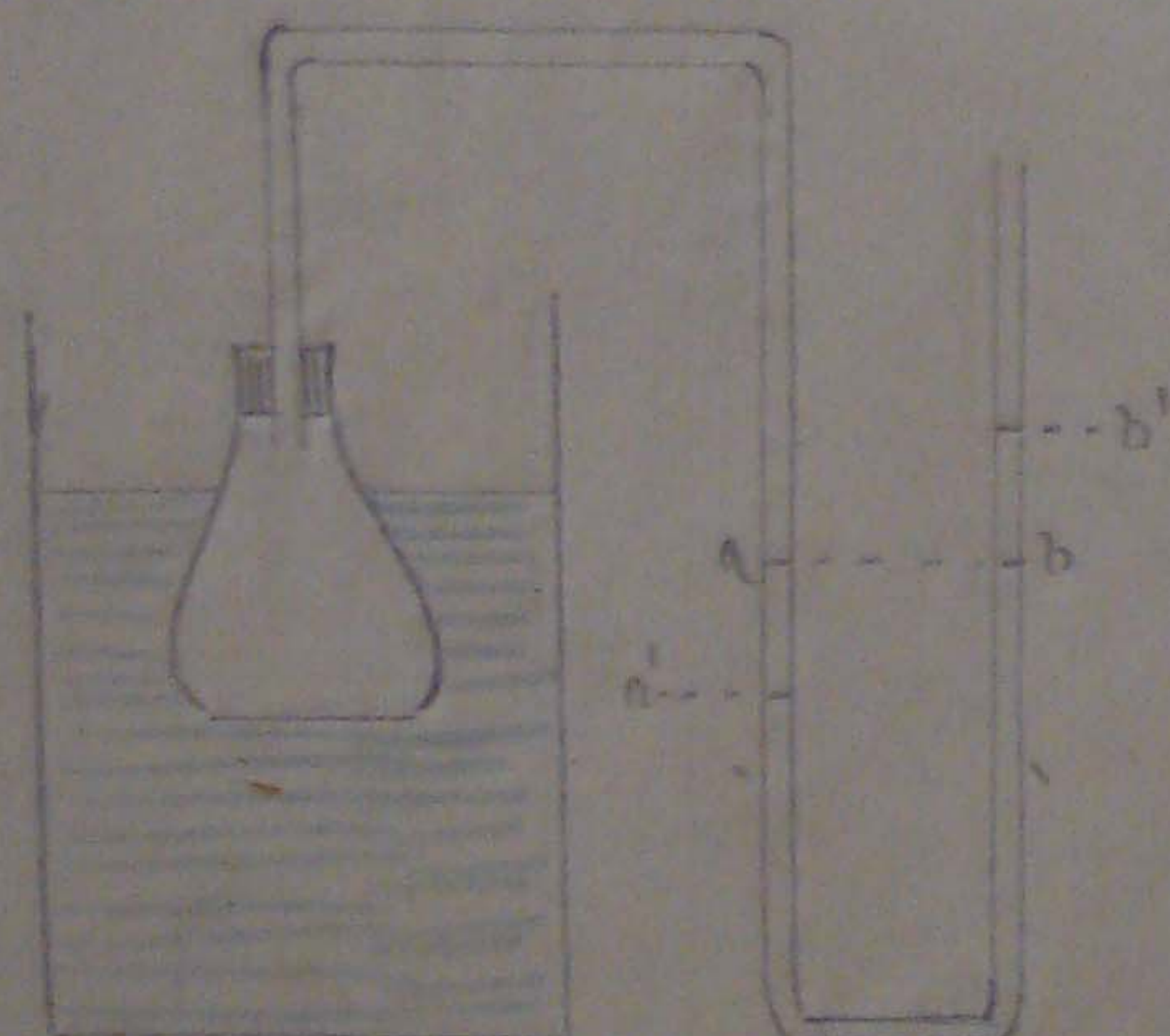
α ist eine Verhältniszahl. Es ist ja in der Regel ein Bruch. Die Ausdehnung hier ist verhältnismäßig sehr klein zu der ursprünglichen Länge des Stabes. Wenn ich einen Bruch habe, der im Nenner eine größere Zahl hat als im Zähler, dann bekomme ich, wenn ich quadriere oder kubiere, eine viel kleinere Zahl. Denn quadriere ich ein Drittel, so bekomme ich ein Neuntel, und kubiere ich gar ein Drittel, so bekomme ich ein Siebenundzwanzigstel. D. h. die dritte Potenz ist schon ein sehr kleiner Bruch. α ist ein Bruch, der einen sehr großen Nenner hat in der Regel. Deshalb sagen die gebräuchlichen Handbücher der Physik: Wenn ich nun das Quadrat bilde, α^2 oder gar α^3 , mit dem ich zu multiplizieren habe das t , so sind das sehr kleine Brüche, die kann man einfach weglassen. Sodass also die gebräuchlichen Handbücher sagen: Wir lassen diese letzten Glieder der Ausdehnungsformel einfach weg, und schreiben: l. b. d., das ist ja das Volumen, ich will also V schreiben, das ein sich ausdehnender Körper durch eine bestimmte Temperatur annimmt:

$$v = v_0 (1 + 3\alpha t)$$

In dieser Art wird die Formel geschrieben, für die Ausdehnung eines festen Körpers, indem man sich einfach darauf beruft, dass der Bruch quadriert und namentlich kubiert so kleine Zahlen gibt, daß man die Sache einfach weglassen kann. Sie wissen, so ist es dargestellt in den gebräuchlichen Physikbüchern. Nun meine lieben Freunde, damit steicht man weg das Allerwichtigste, worauf es ankommt, wenn man wirklich sachgemäße Wärmelehre treiben will. Das wird sich uns zeigen, indem wir weiter vorrücken. Ausdehnung durch das Wärmewesen haben ja nicht nur die festen Körper, sondern Ausdehnung durch das Wärmewesen haben auch die Flüssigkeiten. Wir haben hier, damit Sie es sehen können, eine gefärbte Flüssigkeit. Wir werden die gefärbte Flüssig-

keit erwärmen. Sie werden nun sehen, dass nach einiger Zeit die Flüssigkeitssäule in die Höhe steigt, und daraus werden Sie entnehmen, dass Flüssigkeiten sich ebenso ausdehnen wie feste Körper. Sie sehen, die Flüssigkeit steigt, also die Flüssigkeit dehnt sich aus durch Erwärmung.

Nun ebenso können wir untersuchen die Ausdehnung eines luftförmigen Körpers. Dazu haben wir hier in einem Kolben Luft, die einfach von aussen hineinkommt, (siehe Zeichnung unten) und wir erwärmen diese nun. Sie werden dann sehen, wir haben hier ein kommunizierendes Gefäß. Die Eigenschaft der kommunizierenden Gefäße ist ja, dass das Niveau der Flüssigkeit, die darinnenliegt, auf beiden Seiten gleich ist, also beide Höhen umfaßt. Sie werden nun sehen, was geschieht, wenn wir einfach die hier drinnen befindliche Luft, also einen gasförmigen Körper erhitzen. Wir werden es dadurch erreichen, dass in dem Gefäß erwärmtes Wasser ist von einer Temperatur von 40 Grad. Sie sehen, schon rückt hier die Quecksilbersäule hinauf. Warum rückt sie hinauf? Weil der luftförmige Körper, der in diesem



Gefäß hier ist, sich ausdehnt, Die Luft strömt hier heraus, drückt auf dieses Quecksilber, die Quecksilbersäule wird durch den Druck auf der anderen Seite gehoben, und Sie sehen daraus, dass dieser luftförmige Körper sich ausgedehnt hat. Sodass wir also sagen können: Sowohl feste, wie flüssige, wie luftförmige Körper dehnen sich durch Einwirkung des uns noch unbekanntes Wärmewesens aus.

Nun aber tritt uns hier sogleich, wenn wir fortrücken von Studium der Ausdehnung auf festen Körpern durch das Studium der Ausdehnung der Flüssigkeiten, zu dem Studium der Ausdehnung bei

dem Studium der Ausdehnung der Flüssigkeiten, zu dem Studium der Ausdehnung bei

luftförmigen Körpern, etwas sehr Bedeutsames entgegen. Ich habe früher gesagt, dass das α hier die Verhältniszahl der Ausdehnung zur ursprünglichen Länge des Stabes, für verschiedene Substanzen, verschieden ist. Wenn, wir, was ja weitere Experimente in Anspruch nehmen würde, die wir hier nicht ausführen können, wenn wir nun auch das α untersuchen würden für verschiedene Flüssigkeiten, wir würden doch für das α bekommen verschiedene Werte für verschiedene Flüssigkeitssubstanzen. Wenn wir aber das α untersuchen für luftförmige Körper, nämlich für Gase, so zeigt sich das Eigentümliche,, dass nun das α nicht mehr für verschiedene luftförmige Körper verschieden ist, sondern dass das α , der Ausdehnungskoeffizient, wie man ihn nennt, für die verschiedenen Gase derselbe ist, nämlich annähernd $\frac{1}{273}$. Diese Tatsache ist von einer ganz eminenten Wichtigkeit. Wir sehen daraus, dass, wenn wir vorrücken von den festen Körpern zu den luftförmigen Körpern, eigentlich neue Verhältnisse unter dem Einfluß des Wärmewesens eintreten. Wir sehen daraus, dass sich die verschiedenen Gase nicht verhalten nach ihrer verschiedenen Substanzialität, sondern, dass sie sich verhalten dem Wärmewesen gegenüber einfach nach ihrer Eigenschaft Gase zu sein; dass das Gas etwas ist, was gewissermassen als die gemeinschaftliche Eigenschaft über alle Körper kommen kann. Ja, wir sehen daraus, dass das Gasförmige etwas ist, was alle Gase, die uns im irdischen Umkreis bekannt werden können, wenigstens im Bezug auf diese Eigenschaft ihrer Ausdehnungsfähigkeit, zu einer Einheit zusammenfaßt. Halten Sie fest, dass wir einfach an der Ausdehnungsfähigkeit durch die Wärme dazu kommen, sagen zu müssen, dass sich indem man sich nähert von den festen Körpern zu den Gasen, die differenzierte Ausdehnungsfähigkeit, die wir bei festen Körpern finden, in einer Art Einheit, in eine einheitliche Ausdehnungsfähigkeit sich umwandelt, dass also mit dem festen Zustand verknüpft ist in unserem irdischen Bereich eine Differenzierung der Körperlichkeiten - wenn ich mich vorsichtig ausdrücke. Ich könnte auch sagen, dass verknüpft ist mit dem Festwerden eine Individualisierung der Körperlichkeit. Auf diesen Um-

stand wird sehr wenig hingewiesen in der neueren Kultur. Es wird nichts darauf hingewiesen, weil man wichtigste Dinge einfach dadurch caschiert, dass man gewisse Größen wegstreicht, mit denen man nichts Rechtes anfangen kann. Sehen Sie, tief hineinschauen in dasjenige, um was es sich da handelt, kann man nur dann, wenn man ein wenig zur Hälfte ruft die Geschichte der physikalischen Entwicklung.

Alle die Vorstellungen, die heute in Physikbüchern, überhaupt in der Behandlung der Physik herrschend geworden sind, sind ja im Grunde genommen noch nicht alt. Sie rühren im Wesentlichen aus dem 17. Jahrhundert her. Und zwar haben sie ihren Grundcharakter bekommen durch alles dasjenige, was man im 17. Jahrhundert unter dem neuen Aufleben eines gewissen wissenschaftlichen Geistes in Europa veranstaltet hat durch die Accademia del Cimento in Florenz, die 1657 gegründet worden ist, und in der ausserordentlich viele Experimente auf den verschiedensten Gebieten gemacht worden sind, namentlich auf dem Gebiete des Wärmewesens, auf dem Gebiete der Akustik des Tonwesens usw. Wie jung unsere gebräuchlichen Vorstellungen sind auf diesem Gebiet, das zeigt sich ja, wenn man ein wenig eingeht auf gewisse spezielle Veranstaltungen der Accademia del Cimento. Da wurde z. B. erst eigentlich die Grundlage gelegt für unsere moderne Thermometrie, da wurde zuerst bemerkt, wie in einer Glasröhre, die unten mit einem Cylinder abgeschlossen ist, was Sie ja an jedem Thermometer sehen können, wie da die Erwärmung auf Quecksilber, mit dem die Glasröhre angefüllt ist, wirkt. Da wurde man z. B. erst aufmerksam - in der Accademia del Cimento - darauf dass ein scheinbarer Widerspruch besteht zwischen der Anschauung, die man zuerst gewonnen hat, also z. B. durch ein solches Experiment, wo eine Flüssigkeit sich ausdehnt, und dem, was sich besonders stark zeigt indem man einen Versuch, der belehrend sein sollte, machte. Man kam so im Allgemeinen zu der Anschauung: Flüssigkeiten dehnen sich aus. Aber indem man den Versuch zunächst anstellte, mit Quecksilber, fiel es zuerst unter der

Erwärmung und dann erst stieg es. Man mußte dafür erst eine Erklärung im 17. Jahrhundert finden, die man ja leicht, dadurch finden konnte, dass man sich sagte: Wenn ich erhitze, so erhitze ich zunächst das äussere Glas; das dehnt sich aus. Der Raum, den das Quecksilber ausfüllt, wird größer. Es sinkt zuerst, und es beginnt erst der innere Körper etwas zu steigen, wenn die Erwärmung nach dem Inneren vorgedrungen ist.

Solche Begriffe bekam man überhaupt erst im 17. Jahrhundert, aber mit diesem 17. Jahrhundert war man auch gegenüber alle den Ideen, durch die man das Physikalische zu begreifen versuchen sollte, dadurch, gar sehr in Rückstand gekommen, dass ja bis zu dieser Zeit, dieser eigentlichen Renaissance Europas, man sich so wenig gekümmert hat um wissenschaftliche Begriffe dieser Art. Es war die Zeit, in der sich hat ausbreiten müssen das Christentum, das in einer gewissen Weise verhindert hat, dass Begriffe sich festlegen konnten, sich ausbilden konnten über physikalische Erscheinungen. Dann, als die Renaissance kam, als man bekannt wurde mit den alten Vorstellungen, die im alten Griechenland schon waren, war man eben in folgender Lage:

Auf der einen Seite, aufgemuntert durch allerlei bereitwillige Unterstützungen bildeten sich solche Institutionen, wie die Accademia del Cimento, und da konnte man nun experimentieren. Da konnte man anschaulich machen, wie die physikalischen Erscheinungen verlaufen.

Auf der anderen Seite aber wurde man entwöhnt sich Begriffe zu bilden über die Dinge. Man wurde entwöhnt, die Erscheinungen wirklich denkend zu erfassen. Man nahm vielfach die alten griechischen Vorstellungen, die jetzt wieder aufgefangen wurden, aber man verstand sie nicht mehr. Und so nahm man auch auf die Vorstellungen von Feuer und Wärme, ohne irgendwie das unter diesen Begriffe verstehen zu können, was man im alten Griechenland etwa darunter verstanden hat. Und es bildete sich jetzt jene tiefe Kluft zwischen dem Denken und dem, was für die Anschauung durch das Experi-

ment gegeben werden kann. Diese Kluft tut sich immer mehr und mehr auf gerade seit dem 17. Jahrhundert. Die Experimentierkunst wurde dann besonders im 19. Jahrhundert vervollkommt, aber klare, deutliche Begriffe gingen nicht parallel dieser Vervollkommung der Experimentierkunst. Und heute stehen wir, indem uns solche klare deutliche anschauliche Begriffe fehlen, vielfach vor jenen Erscheinungen ratlos, die das gedankenlose Experimentieren im Laufe der Zeit hervorgebracht hat, und das sich nur fruchtbar der menschlichen Geistesentwicklung einverleiben kann, wenn wiederum der Weg gefunden wird, nicht nur dieses Experimentieren und den Verlauf des Experimentes äusserlich anzuschauen, sondern in den wirklichen Gedanken des inneren Naturgeschehens einzutreten.

Sehen Sie, beim Eindringen in die tieferen Gedanken des Naturgeschehens kommt dann etwas ausserordentlich stark in Betracht, dass im Bezug auf die Ausdehnungsfähigkeit vollständig neue Verhältnisse eintreten, wenn wir von den festen Körpern zu den Gasen hinaufdringen. Aber man wird niemals ohne Erweiterung unseres ganzen physikalischen Vorstellungslbens solche Dinge, wie sie heute den Tatsachen nach schon vorliegen wirklich bewältigen können. Zu diesen Tatsachen, die wir schon angeführt haben, kommt jedoch eine andere, die ausserordentlich bedeutsam ist. Nicht wahr, wie eine allgemeine Regel kann man sich bilden aus dem, was wir jetzt schon hier dargestellt haben, den Satz - sagen wir - : Erwärmen wir Körper, so dehnen sie sich aus. Erkalten wir sie dann wiederum, so ziehen sie sich wiederum zusammen, sodass der allgemeine Satz gebildet werden könnte: Durch Erwärmung dehnen sich Körper aus, durch Erkaltung ziehen sich Körper zusammen.

Nun wissen Sie aber von der Elementarphysik, dass es von diesem Satz Ausnahmen gibt, vor allen Dingen eine Kardinalausnahme: die bezüglich des Wassers selber. Wenn man Wasser zur Ausdehnung bringt und zum Wiederausammenziehen, so zeigt sich das Merkwürdige, dass - sagen wir - wenn man

Wasser hat von 8 Grad und man erkaltet es dann, dann zieht es sich zusammen. Das ist selbstverständlich, möchte man sagen. Aber wenn man dann weiter abkühlt, zieht es sich nicht zusammen, sondern dehnt sich wieder aus. Sodass Eis, das entsteht aus dem Wasser - wir werden das endgültig noch zu besprechen haben - auf dem Wasser, weil es ausgedehnter, und damit weniger dicht ist, als das Wasser, auf dem Wasser schwimmen kann. Eine eigentümliche Erscheinung, dass Eis auf dem Wasser schwimmen kann! Sie rührt davon her, dass dieses allgemeine Gesetz der Ausdehnbarkeit und der Zusammenziehbarkeit eben für das Wasser eine Unregelmäßigkeit aufweist; dass das Wasser im Allgemeinen diesem Gesetz nicht ohne weiteres folgt. Es wäre ja auch mit unserer ganzen Natureinrichtung eigentümlich bestellt, wenn das anders wäre, wenn diese Ausnahme nicht bestände. Wenn Sie ein Bassin, einen Teich usw. beobachten, so werden Sie sehen, dass auf solchen bei strengen Wintern nur eine Eisdecke da ist, und das Wasser nicht bis unten gefriert, dass unten das Wasser ungefroren bleibt. Das geschieht aus dem Grunde, weil das sich oben zunächst bildende Eis schwimmt und dadurch eine Decke bildet, und dass dadurch das darunter befindliche Wasser vor der weiteren Abkühlung bewahrt bleibt. Sie haben immer oben eine Eisdecke und unten ein geschütztes Wasser. Diese Unregelmäßigkeit, die hier auftritt, hängt also mit etwas zusammen, was eigentlich - wenn ich den etwas spießbürgerlichen Ausdruck gebrauchen darf - im Haushalte unserer Natur ausserordentlich viel zu tun hat.

Nun sehen Sie, die physikalische Betrachtungsweise, zu der wir hier uns Zuflucht suchen wollen, die muß durchaus so sein, wie ich es beim letzten Kursus schon angedeutet habe, Wir müssen es vermeiden, den Weg zu dem Achilles - Schluß, mit dem Schiläkröte - Schluß hin zu machen, wir müssen es vermeiden, abzusehen von dem Anschaulichen, wir müssen durchaus den Versuch machen im Anschaulichen, d. h. , im anschaulich Konstatierbaren zu bleiben. Daher werden wir uns immer an das Anschauliche halten und ver-

suchen, aus dem Anschaulichen heraus eine Erklärung für die Erscheinungen zu finden. Wir werden solche Dinge, die einfach in der Anschauung sich ergaben, wie die Ausdehnung und wie eine solche Unregelmäßigkeit in der Ausdehnung, wie sie uns beim Wasser, also bei einer Flüssigkeit entgegentritt; - solche tatsächliche Dinge wollen wir uns vor Augen stellen, und innerhalb der Tatsachenwelt verbleiben. Das ist auf dem physikalischen Gebiet wirklicher **G o e t h e e n i s m u s**.

Halten wir nun dasjenige, was nun nicht eine Theorie ist, sondern was eine in der Aussenwelt konstatablere Tatsache ist, fest. Mit dem Übergang in den gasigen Zustand tritt eine Vereinheitlichung sämtlicher Substanzen auf der Erde ein, und mit dem Übergang in den festen Zustand nach unten, tritt ein Individualisieren, eine Differenzierung nach Individuen ein. Sehen Sie, wenn wir uns nun fragen: Wie kann das eigentlich sein, was kann da zugrunde liegen; dass mit dem Übergang aus dem festen in den gasförmigen Zustand durch den flüssigen hindurch, eine Vereinheitlichung eintritt, dann kommen wir heute aus unseren gegenwärtigen Begriffen heraus, überhaupt ausserordentlich schwer zu einem Ausweg; wir müssen da schon ^(um) im Anschaulichen stehenbleiben zu können, schwerwiegende Fragen anfangen zu stellen. Wir müssen zuerst fragen: woher haben wir denn überhaupt die Möglichkeit, Körper zum Ausdehnen zu bringen und dann allmählich zur Vergasung und zu der charakterisierten Vereinheitlichung zu bringen. Sie brauchen nur eine Umschau zu halten über all dasjenige, was Sie wissen können über die physikalischen Vorgänge der Erde, so werden Sie sich sagen müssen: Ohne dass das Sonnenlicht da wäre, könnten wir alle diese Erscheinungen, die auch unter dem Einfluß des Wärmewesens stattfinden, auf der Erde überhaupt nicht sehen. Sie müssen den Blick darauf wenden, welche ungeheure Bedeutung die Sonne in ihrem ganzen Wesen für die irdischen Erscheinungen hat. Und wenn Sie diese - was also wiederum in das Gebiet des Tatsächlichen gehört - ins Auge fassen, so werden Sie sich sagen müssen: Gerade jene Vereinheitlichung

die da auftritt beim Übergang von dem festen durch den flüssigen in den gasförmigen Zustand, sie könnte nicht eintreten, wenn die Erde nur sich selbst überlassen wäre. Wir können nur Anhaltspunkte gewinnen zur Vorstellung über diese Sache, wenn wir über die irdischen Verhältnisse hinausgehen. Damit ist aber etwas ausserordentlich Schwerwiegendes gesagt. Denn mit diesem Übergang des physikalischen Denkens durch die Denkweise der Accademia del Cimento, und alles Wissen, was damit zusammenhängt, wurden die äusseren Vorstellungen, die durchaus in Griechenland noch üblich waren, entkleidet alles Ausserirdischen. Und Sie werden schon sehen, dass wir in den nächsten Tagen, ohne historische Hilfe, rein aus der Sache heraus zu demselben kommen werden. Und ich werde vielleicht weiter zu Ihrem Verständnis Zugang finden, wenn ich diesen kleinen historischen Exkurs noch einschliesse, den ich jetzt machen werde. Ich sagte schon: die eigentliche Bedeutung derjenigen Begriffe und Ideen, durch die man noch in alten Griechenland die physikalischen Erscheinungen hat begreifen wollen ist verloren gegangen. Man hat angefangen zu experimentieren und hat - ich möchte sagen - wortwörtlich ohne den inneren Gedankenweg, der in Griechenland noch gemacht worden ist, die Vorstellungen, die Ideen aufgenommen. Dadurch vergaß die Menschheit gewissermassen alles dasjenige, was mit diesen physikalischen Vorstellungen in alten Griechenland noch verbunden war. Das alte Griechenland hat noch nicht gesagt: "fest", "flüssig", "gasförmig", sondern dasjenige, was das alte Griechenland gesagt hat, können wir in unserer Sprache übersetzen damit, dass wir sagen:

Was fest war, bezeichnete das alte Griechenland mit Erde, das Flüssige mit Wasser, das Gasige mit Luft, und es ist ganz unrichtig zugleich, dass, wenn wir unsere Wortbedeutungen: Erde, Wasser, Luft haben, und dann irgendwo in alten Schriften, die noch von der griechischen physikalischen Anschauung beeinflusst sind, die entsprechenden Worte wiederfinden, dass sie dann dasselbe bedeuten. Wir müssten, wenn wir irgendwo

in alten Schriften den Ausdruck Wasser sehen, ihn übersetzen mit Flüssigkeit; wenn wir den Ausdruck Erde sehen, mit festen Körpern. Nur dadurch würden wir richtig die alten Schriften übersetzen, aber darin liegt etwas sehr Bedeutsames. Dadurch, dass der feste Zustand - wie gesagt, wir wollen das in den nächsten Tagen aus der Sache selbst herausfinden, ich will heute ~~aus~~ ^{durch} diesen historischen Exkurs zu Ihrem Verständnis Zugang finden - dadurch, dass der feste Zustand mit Erde bezeichnet wird, drückt man das besonders aus, dass dieser feste Zustand allein gebunden ist an die Gesetzmäßigkeit unseres Planeten. Man bezeichnet das Feste deshalb die Erde, weil man dadurch ausdrücken wollte: Wenn ein Körper fest wird, so gerät er ganz und gar unter den Einfluß der irdischen Gesetzmäßigkeit. Dagegen wenn ein Körper Wasser wird, dann steht er nicht mehr bloß unter dem Einfluß des irdischen, sondern unter dem Einfluß des ganzen Planetensystems. Da wirken hinein die Kräfte von Merkur, Mars usw., was flüssig ist, aber die wirken so, dass sie ~~gewissermassen~~ von den Richtungen her, in denen diese Planeten hier stehen, oben wirken, und eine Art Resultierende in jeder Flüssigkeit werden.

Man hatte also das Gefühl, indem man nur die festen Körper als Erde bezeichnete, dass nur diese unter dem Einfluß der irdischen Gesetzmäßigkeit stehen. Dass, wenn ein Körper schmilzt, er unter Gesetzmäßigkeiten gerät, die ausserirdisch sind. Und indem man gar die gasförmigen Körper Luft nannte, da hatte man - wie gesagt, ich stelle es Ihnen jetzt historisch dar - da hatte man die Empfindung: Ein solcher Körper steht unter dem Einfluß des Sonnenwesens. Er wird hinausgehoben aus dem irdischen Weltgeschehen und aus dem bloß Planetarischen und steht unter dem Einfluß des einheitlichen Sonnenwesens, und man hatte von dem irdischen Lichtleben auch die Anschauung, dass auf seine Konfiguration seiner Beschaffenheit und Substantialität die Kräfte der Sonne im Wesentlichen tätig sind. Sie sehen, die alte Physik hatte einen kosmischen Charakter. Die alte Physik

war geneigt, zu rechnen mit Kräften, welche den Gebiet des Tatsächlichen angehörten. Denn der Mond, der Merkur, der Mars usw., sind Tatsachen. Aber indem man verloren hatte die Quellen zu dieser Anschauung, und zunächst nicht entdecken wollte das Bedürfnis nach neuen Quellen, verlor man vollständig die Möglichkeit andere Vorstellungen zu gewinnen als diese, dass wie die festen Körper, selbst in ~~ihre~~ Ausdehnungsfähigkeit in ihrer ganzen Konfiguration und Gestalt abhängig sind von der Erde, so auch die flüssigen und luftförmigen. Sie werden zwar sagen: es fällt keinem Physiker ein abzusehen davon, dass die Sonne, die Luft erwärmt usw.. Das tut er zwar nicht. Aber indem er dabei von Vorstellungen ausgeht, wie ich sie gestern charakterisiert habe, indem er sich die Sonne in ihrer Erwärmefähigkeit nur nach dem Muster der aus dem Irdischen gewonnenen Begriffe vorstellt. Er verirdischt die Sonne, statt das Terrestrische durch das Solare zu erklären.

Das ist nun das Wesentliche, dass in der Zeit vom 15. bis 17. Jahrhundert vollständig verloren gegangen ist das Bewusstsein, dass unsere Erde ein Körper im ganzen Sonnensystem ist; dass dann auch jedes Einzelne auf der Erde zu tun haben muß mit dem ^{ganzen} Sonnensystem, und dass das Festwerden der Körper geradezu darauf beruht, dass sich gewissermaßen das Irdische emanzipiert von dem Kosmischen, dass es sich herausreißt, sich selbstständig Gesetze gibt, während z. B. das Gasförmige, die Luft bleibt in seiner Gesetzmäßigkeit, unter dem Einfluß des für die ganze Erde einheitlichen Sonnenwesens. Das ist es ja, was dann dazu geführt hat, dass man genötigt worden ist für die Dinge, die früher aus dem Kosmischen erklärt worden sind, irdische Erklärungen zu finden. Da man abgesehen hat davon, die Kräfte zu suchen, die von Planetensystem ausgehen müssen, wenn ein fester Körper z. B. Eis flüssig wird, zu Wasser wird - indem man abgesehen hat, sie im Planetensystem zu suchen, mußte man sie hineinverlegen in das Innere der Körper selber. Man mußte nachdenken, nachplanetisieren darüber

wie ein solcher Körper aus Molekülen und Atomen zusammengesetzt ist. Und man müßte diesen unglückseligen Molekülen und Atomen die Fähigkeit zuschreiben, die von ^{unser} heraus nun bewirken sollte, dass ein Festes in Flüssiges, ein Flüssiges in Gasförmiges übergeführt werde. Die Fähigkeiten, die man früher hergeleitet hatte, von dem, was tatsächlich im Raume gegeben war, aber allerdings im ausserirdischen Kosmos. So muß man verstehen den Übergang der physikalischen Vorstellungen, wie er sich besonders gezeigt hat im krassem Materialismus aller Abhandlungen der Accademia del Cimento, die etwa 10 Jahre blüht hat, von 1657 - 1667. Man muß sich vorstellen, dass dieser krasse Materialismus dadurch entstanden ist, dass man allmählich verloren hat die Idee, die veranschaulicht den Abschluß unsererirdischen an das Kosmische, das Ausserirdische. Heute stehen wir vor der Notwendigkeit, hier wiederum Umkehr zu schaffen. Man wird aus dem Materialismus nicht herauskommen, m. l. Fr., wenn man sich nicht wiederum in die Lage versetzt, weniger philiströs zu sein gerade auf dem Gebiete der Physik. Das Philiströse liegt nämlich darin, dass man von Konkreten zu abstrakten Begriffen übergeht, denn niemand liebt die abstrakten Begriffe mehr, als der Philister. Er möchte alles mit ein paar Formeln, mit ein paar abstrakten Begriffen umfassen. Aber auch die Physiker, solche werden nicht weiter kommen, wenn sie fortspintisieren in solchen Anschauungen.

Ich will nicht einmal bloß die Theorien umfassen - in solchen Anschauungen, wie sie seit dem Materialismus der Accademia del Cimento gang und gäbe geworden sind. Vorwärts kommen wir gerade dadurch, dass wir gerade auf einem solchen Gebiet, wie die Wärmelehre Anschluß wiederum zu gewinnen versuchen an umfassenden, weiter ausgreifenden Ideen, als sie die neue, materialistische Physik hat. —