

Zweiter naturwissenschaftlicher Kursus

gehalten von Dr. Rudolf Steiner
an der freien Waldorfschule.

III. Vortrag.

Stuttgart, am 3. März 1920.

Meine lieben Freunde!

Als Manuskript ge-
druckt! Vom Autor
nicht durchgesehen.

5

Wir werden heute, um auf das Ziel zuzusteuern, dem wir in den ersten Tagen unserer Betrachtungen schon nahe kommen müssen, noch einige Erscheinungen uns ansehen, welche die Beziehungen des Wärmewesens zum sogenannten Aggregatzustand, betreffend also zu dem, was, wie ich Ihnen gestern gesagt habe, in der alten physikalischen Weltanschauung bezeichnet wurde als Erde, Wasser, Luft. Sie wissen ja, dass Erde, Wasser, Luft, oder wie wir das heute nennen: feste, flüssige und gasförmige Körper in andere überzuführen sind. Dabei zeigt sich aber, mit bezug auf das Wärmewesen eine ganz besondere Erscheinung. Ich will die Erscheinung zunächst beschreiben, und wir wollen sie dann einfach konstatieren. Nehmen wir irgend einen festen Körper und erwärmen wir ihn, so wird er eben immer wärmer und wärmer, bis er zu einem Punkt gekommen, an dem er übergeht aus dem festen in den flüssigen Zustand. Wir können, wenn wir zum Thermometer Zuflucht nehmen, konstatieren, wie, während der Körper immer wärmer und wärmer wird, das Thermometer steigt. In dem Augenblick, in dem der Körper beginnt flüssig zu werden, also zu schmelzen, hört die Temperatur auf zu steigen, es währt bis der ganze Körper flüssig geworden ist, wenn wir das Thermometer an den Körper halten, und es steigt erst wieder innerhalb der Flüssigkeit, die aus dem Körper geworden ist. Sodass wir sagen können: Während des Vorganges des Schmelzens zeigt sich an dem Thermometer kein Ansteigen der Temperatur. Dabei darf

man aber nicht glauben, dass das Wärmewesen dabei unbeteiligt ist. Wenn wir nun - wir werden auch über solche Vorgänge noch sprechen - wenn wir nun keine Wärme zuführen würden, so würde das Schmelzen aufhören. Wir müssen also Wärme zuführen, um das Schmelzen bewirken zu können, aber diese Wärme zeigt sich nicht am Thermometer, sondern es fängt erst an, dass sich wiederum Wärme am Thermometer zeigt, wenn das Schmelzen vollzogen ist, und nun weiter erwärmt wird die Flüssigkeit, die aus dem festen Körper entstanden ist. Diese Erscheinungen müssen zunächst einmal genau ins Auge gefasst werden. Denn Sie sehen, dass durch diese Erscheinungen in dem Fortgang des Aufsteigens der Temperatur eine Unterbrechung einsetzt. Wir wollen eine Anzahl solcher Erscheinungen zusammenstellen, die uns damit, ohne dass wir übergehen zu irgend welchen ausgedachten Theorien, zu einer Anschauung über das Wärmewesen führen können. Wir haben hier vorbereitet zunächst, hier diesen festen Körper: Natriumthiosulphat, ihn zum Schmelzen zu bringen. Sie sehen hier eine Temperatur von etwa 25 Grad. Nun handelt es sich darum, dass wir diesem Körper Wärme zuführen, und ich bitte jemanden als Delegierten sich hierher zu begeben und zu sehen, wie während des Schmelzens des Körpers die Temperatur tatsächlich nicht steigt.

(Anm.: Inzwischen ist das Thermometer auf 48 Grad, den Schmelzpunkt des Natriumthiosulphates gestiegen und dasselbe ist geschmolzen.) Jetzt steigt das Thermometer rasch, weil das Schmelzen vollzogen ist, während es früher stehen blieb. Nun wollen wir einmal diesen Vorgang uns einfach versinnlichen. Das können wir auf folgende Weise tun:

Das Aufsteigen der Temperatur wollen wir auffassen als Linie, die in dieser Weise aufsteigt. (Fig. 1 auf 1 Blatt). Nehmen wir an, wir seien mit der aufsteigenden Temperatur bis zum sogenannten Schmelzpunkt gekommen. Hier beginnt der Körper zu schmelzen. Die Temperatur bleibt, soweit sie durch das Thermometer gezeigt wird, stehen. Wenn ich jetzt weiter erhitze, steigt die Temperatur wieder an. Man würde sehen, dass sich dadurch, ~~XXXX~~

durch das Ansteigen der Temperatur, , d. h., durch das Hinzuführen weiterer Wärme, die betreffende Flüssigkeit sich ausdehnt. Nun handelt es sich darum, dass wir einen solchen, flüssig gewordenen Körper nun weiter erhitzen. Dann steigt die Temperatur wiederum, und zwar von demselben Punkt aus, an dem sie war beim Schmelzen. (punktierte Linie). Sie steigt solange der Körper in der Hitze bleibt. Wir können kommen zu einem zweiten Punkt, indem die Flüssigkeit beginnt zu sieden, zu verdampfen. Wir haben wieder dieselbe Erscheinung. Das Thermometer hört auf, die Temperatur anzuzeigen, so lange, bis die Flüssigkeit verdampft ist. In dem Augenblick, indem die Flüssigkeit verdampft ist, werden wir, wenn wir in den Dampf hineinhalten könnten das Thermometer wiederum sehen, wie die Temperatur steigt. Sie können hier wiederum beobachten, dass während des Verdampfens die Temperatur nicht ansteigt. Ich habe also hier eine zweite Grenze, an der die Thermometererhöhung stehen bleibt.

Nun zu der Erscheinung, die ich Ihnen eben vorgeführt habe, bitte ich Sie, eine andere hinzuzunehmen, die Ihnen aus dem gewöhnlichen Leben sehr gut bekannt sein kann: Wenn wir einen festen Körper nehmen, der unseren Ausgangspunkt bildet, so ist dieser wie Sie wissen so, dass er seine Form durch sich selbst einnimmt, seine Form, die er einmal hat. (Fig. 2). Wenn ich einen festen Körper hierher lege, so bleibt er wie er ist. Wenn Sie eine Flüssigkeit nehmen, also dasjenige, was durch den Schmelzpunkt hindurchgegangen ist bei der Erwärmung, so wissen Sie, dass ich eine Flüssigkeit nicht hinlegen kann stückweise, sondern ich habe nötig sie in einem Gefäß zu halten, und sie bleibt in der Form des Gefäßes und bildet eine horizontale Niveaufläche. (Fig. 3). Wenn ich ein Gas nehme, Dampf, der hindurchgegangen ist durch den Siedepunkt, so kann ich den nicht behalten in einem Gefäß; da geht er mir fort. Das gilt zunächst für den oberflächlichen Anblick, und wir wollen von diesem oberflächlichen Anblick zunächst einmal ausgehen. U

Und jetzt bitte ich Sie, folgende Erwägungen mit mir zu machen. Diese Erwägungen stellen wir an, um dadurch die Zusammenhänge zu suchen, wirklich zu einer Art Erfassung des Wärmewesens uns hinwagen zu können. Wodurch habe ich denn überhaupt die ansteigende Temperatur konstatiert? Ich habe sie konstatiert durch die Ausdehnung des Quecksilbers. Diese Ausdehnung des Quecksilbers hat sich vollzogen im Raume und wenn auch das Quecksilber bei unserer Temperatur eine Flüssigkeit ist, so müssen wir uns doch klar sein, dass, wenn es auch zusammengehalten wird in dem Gefäß, so summiert sich doch die Ausdehnung nach den drei Dimensionen, und wir bekommen sie als Ausdehnung nach der einen Seite heraus. Wir haben doch bei der Ausdehnung des Quecksilbers nach den drei Dimensionen, nur reduziert auf die eine Dimension, sodass wir also das Ansteigen der Temperatur konstatiieren, durch die Ausdehnung eines Körpers. Gehen wir von dieser Betrachtung, die wir zugrunde gelegt haben, aus, und sehen uns das Folgende an. Nehmen wir einmal eine Linie, - man kann eine Linie natürlich nur denken - und sagen Sie sich, auf dieser Linie läge eine Anzahl Punkte a, b, c, d, usw. (Fig. 5). Wenn Sie zu diesen Punkten kommen wollen, so können Sie durchaus in dieser Linie bleiben. Wenn Sie z. B. hier stehen (a), können Sie zu dem Punkt c gelangen, indem Sie die Linie durchlaufen. Sie können zurücklaufen und wiederum den Punkt a erreichen. Kurz, wenn ich die Punkte a, b, c, d, erreichen will, kann ich durchaus in der Linie bleiben. Anders liegt das, wenn wir den Punkt e oder den Punkt f ins Auge fassen. Sie können nicht bei der Linie bleiben, wenn Sie zu dem Punkt e und zu dem Punkt f gelangen wollen. Sie müssen aus der Linie heraus, um zu dem Punkte e und zu dem Punkte f zu gelangen. Sie müssen also auf der Linie laufen und dann aus der Linie heraustreten, um zu den Punkten zu gelangen.

Jetzt nehmen Sie an, Sie betrachten eine Fläche, sagen wir die Fläche der Tafel, und Sie zeichnen wiederum auf der Fläche der Tafel eine Anzahl Punkte. (Fig. 6). Um diese Punkte zu erreichen, können Sie durch-

aus in der Fläche der Tafel bleiben. Wenn Sie hier sind, können Sie den Weg machen, der nicht aus der Tafel herausgeht, zu jedem dieser Punkte. Sie können aber nicht, wenn Sie in der Tafel verbleiben wollen, zu dieser Spitze, die hier ist, (vor der Tafel) die einen weiteren Punkt darstellt, da müssen Sie aus der Tafel herausgehen.

Auf diese Weise ist es möglich, sich eine Anschauung über die Dimensionalität des Raumes zu machen, indem man sagt: Für Punkte, die in der ersten Dimension liegen ist es möglich, durch diese eine Dimension zu ihnen zu gelangen. Für Punkte, die in der zweiten Dimension liegen, ist es auch möglich zu ihnen zu gelangen; für Punkte, die ausserhalb der ersten Dimension liegen, kann man nicht, ohne aus dieser Dimension zu gehen, zu diesen Punkten gelangen, ebenso nicht zu Punkten, die in der dritten Dimension liegen durch ein Durchlaufen der Fläche gelangen. Was tritt ein, wenn ich rede von den Punkten, e und f mit Bezug auf die eine Dimension, in der die Punkte a, b, c, d, liegen? Denken Sie sich einmal ein Wesen, welches nur in der Lage wäre eine einzige Dimension zu beobachten, welches keine Vorstellung hätte von einer zweiten und dritten Dimension. Ein solches Wesen würde gerade so, wie Sie im dreidimensionalen Raum sich bewegen, sich in einer Dimension bewegen. In dem Augenblick, wo dieses Wesen den Punkt a mitnimmt, bis hierher, (b), und der Punkt dann abweicht und nach c geht, in dem Augenblick würde aus der einen Dimension heraus für dieses Wesen der Inhalt dieses Punktes einfach verschwinden. Er ist nicht da für ein solches Wesen, das nur wahrnehmen könnte in einer solchen Dimension, in dem Augenblick, wo er aus der einen Dimension herausgeht. Ebenso sind alle Punkte nicht da für ein Wesen, das nur in den zwei Dimensionen der Fläche wahrnehmen kann, die ausserhalb der beiden Dimensionen der Fläche liegen. Und wenn ein Punkt, der in der Fläche liegt, sich einfallen läßt, aus der Fläche herauszugehen, so würde dieses Wesen kein Mittel haben, um diesen Punkt weiter zu verfolgen, er würde aus dem Bereich seines Raumes verschwinden. Ein solches Wesen,

ein Wesen, das nur wahrnehmen könnte in einer einzigen Dimension, was würde es denn für eine Geometrie haben? Es würde nur eine eindimensionale Geometrie haben, es würde nur innerhalb der einen Dimension von Entfernungen und dergl. und ihren Gesetzen reden können. Ein Wesen, das nur in zwei Dimensionen wahrnehmen kann würde nur von den Gesetzen der ebenen Figuren sprechen können; würde nur eine zweidimensionale Geometrie haben. Wir Menschen haben eine dreidimensionale Geometrie zunächst. Ein Wesen mit einer eindimensionalen Geometrie hätte gar keine Möglichkeit irgend wie dasjenige, geometrisch zu versinnlichen, was ein Punkt tut, der aus der einen Dimension hinausgeht. Ein Wesen mit einer zweidimensionalen Geometrie, hätte gar keine Möglichkeit das zu verfolgen, was ein Punkt tut, der aus den zwei Dimensionen herausgeht und nachher da ist. (Punkt vor der Tafelebene). Wir Menschen - ich sage noch einmal - haben eine dreidimensionale Geometrie. Nun denken Sie, wozu ich hier genötigt bin.- Ich könnte ebenso gut, weil ich es ja eigentlich zu tun habe, wie schon früher gesagt, bei der Ausdehnung des Quecksilbers, mit drei Dimensionen, die nur auf eine reduziert sind, ich könnte, wie ich hier, nur durch die Tafel veranlaßt, auf zwei Dimensionen eine Linie gezogen haben, auch so ziehen, dass ich sie auf ein Raumkoordinatensystem, dass ich (Fig. 7) so ziehe eine Abscissenachse, eine Ordinatenachse und senkrecht darauf eine dritte Achse. Ich würde diese Linie als eine Raumlinie ziehen können. In dem Augenblick, in dem ich ankomme entweder bei dem Schmelzpunkt oder bei dem Siedepunkt, in dem Augenblick bin ich nicht in der Lage, irgendwie mit dem Ziehen dieser Linie fortzufahren. (Fig. 1). Es gäbe theoretisch ausgedrückt, hypothetisch ausgedrückt, eine Möglichkeit fortzufahren:

Nehmen wir einmal an, ich könnte die Sache so machen, ich könnte sagen: Das Ansteigen der Temperatur würde durch diese Linie dargestellt, und ich müsste dann, indem irgend welche Faktoren gleichbleiben, anders hier verändern, von einem andern Punkt oben, und könnte fortfahren, so würde ich

noch einen Anhaltspunkt haben, in meiner Welt zu bleiben. Aber einen solchen Anhaltspunkt habe ich nicht, denn ich muß einfach, wenn ich diese Temperaturkurve zeichne von demselben Punkte ausgehen, auf dem die Temperatur steht, nachdem der betreffende Körper geschmolzen oder verdampft ist, auf demselben Punkt, auf dem sie angekommen ist, wenn das Schmelzen oder Verdampfen begonnen hat. Sie sehen daraus, dass ich hier mit Schmelzpunkt und Siedepunkt einfach zu etwas genötigt bin, das sich mit nichts anderem vergleichen läßt, als mit der Lage, in der ein eindimensionales Wesen ist, wenn ihm ein Punkt aus seiner einen Dimension in die zweite Dimension hinausverschwindet; oder ein zweidimensionales Wesen, wenn ein Punkt in die dritte Dimension verschwindet. Wenn der Punkt wiederum hereinkommt, und von derselben Stelle aus weitergeht, wenn also der Punkt a hierher verschleppt ist, hinausgeht, und nun gewartet wird und der Punkt wiederum zurückkommt, so muß ich von derselben Stelle seinen Lauf weiter verfolgen in der einen Dimension drinnen.

Rein erscheinungsgemäß gesprochen liegt mir ja nichts anderes vor, wenn mir die Temperatur verschwindet beim Schmelzpunkt und beim Siedepunkt, als dass die Temperaturkurve unterbrochen wird, und ich sie von demselben Punkte aus nach einiger Zeit fortsetzen muß. Aber dasjenige, was während der Unterbrechung der Wärme geschieht, das fällt ebenso aus dem Bereich heraus in dem ich meine Kurve ziehe, und ich sage ausdrücklich, ich kann sie als Raumkurve ziehen. Es ist zunächst - ich sage z u n ä c h s t - Analoges zu dem Verschwinden des Punktes (a) aus der ersten in die zweite Dimension hinein und aus dem, was da geschieht mit der durch das Thermometer angezeigten Wärme, während das Thermometer stillsteht beim Schmelzpunkt und Siedepunkt. Nun handelt es sich darum, mit dieser Erscheinung eine andere in Zusammenhang zu bringen. Sehen Sie, auf dieses Inzusammenhangbringen der Erscheinungen kommt nämlich alles an; nicht auf das Ausdenken irgend welcher Theorien, sondern auf das Zusammenbringen der Erscheinungen, sodass sie sich gegenseitig beleuchten und erklären. Das ist der Unterschied der Goethe'schen

Physik von der heute herrschenden, dass die Goethe'sche Physik die Erscheinungen einfach zusammenstellt, damit sie sich gegenseitig beleuchten, während die heutige Physik, wenn sie überhaupt wagt zu Theorien überzugehen, darauf aus ist, zu den Erscheinungen hinzuzuthetheoretisieren, hinzuzuphaantasieren. Denn Atome und Moleküle sind ja im Wesentlichen nichts anderes, als zu den Erscheinungen Hinzuerfundenes, Hinzuphaantasiertes.

So wollen wir denn eine andere Erscheinung mit dieser hier zusammenhalten: Mit dem Verschwinden der durch das Thermometer konstatierbaren Temperatur während des Schmelzens. Diese andere Erscheinung tritt uns entgegen, wenn wir gestriger Formel uns anpassen; wenn wir die Formel ins Auge fassen:

$$v = v_0 \left(1 + 3 a t + 3 a^2 t^2 + a^3 t^3 \right).$$

Sehen Sie diese Formel, von der sagte ich gestern, dass Sie insbesondere die zwei letzten Glieder ins Auge fassen sollen. Sie ist besonders wichtig für uns heute; das t^3 noch einmal ins Auge zu fassen, die dritte Potenz der Temperatur. Nehmen Sie einmal eine gewöhnliche Raumdimensionalität. Bei dieser gewöhnlichen Raumdimensionalität sprechen Sie, wenn es ein mathematischer Körper ist, von Länge, Breite, Höhe. Das sind ja im Wesentlichen die drei Raumdimensionen. Nun können wir, wenn wir einen Stab erwärmen, wie wir das gestern getan haben, die Ausdehnung dieses Stabes berechnen. Wir können auch die Temperatur des Stabes berechnen. Aber wir können doch nicht herbeiführen, dass der Stab, während er sich ausdehnt, nicht Wärme an seine Umgebung abgibt, dass er nicht Wärme ausströmt, ausstrahlt. Das können wir nicht verhindern. Wir können unmöglich Wärmeausdehnung uns denken - bitte das Wort zu berücksichtigen! - nur nach einer Dimension. Wir können wohl eine reine Raumsausdehnung - das tut man ja immer in der Geometrie - nach einer Dimension, nämlich als Linie denken. Wir können aber niemals eine Wärmesubstanz auch nur denken, die sich bloß Länge einer Linie ausdehnt. Wir können, wenn wir dies betrachten, nicht sagen, dass der

Fortgang der Wärme als Kurve jetzt gesagt - nicht im Raum wirklich etwas anderes ist, als ein Versinnbildlichen durch diese Kurve, die ich hier aufgezeichnet habe. Ich fasse nicht den ganzen Vorgang der Wärme durch diese Kurve ins Auge. Da ist noch etwas anderes im Spiel als dasjenige, was ich durch diese Kurve ins Auge fassen kann. Und das, was da im Spiele ist, das muß ändern die ganze Natur und Wesenheit desjenigen, was ich eigentlich durch diese Kurve abbilde, was ich als Symbolum gebrauche für die Darstellung des Wärmezustandes, gleichgültig, ob ich sie geometrisch oder arithmetisch auffasse. Wir haben also das Eigentümliche hier, dass wenn wir durch unsere landläufigen geometrischen Linien erfassen wollen den Wärmezustand, insofern er durch die Temperatur zum Vorschein kommt, ihn nicht voll erfassen können, das hat eine andere Wirkung. Denken Sie sich einmal, Sie haben eine Linie. (Fig. 8). Diese Linie hat eine bestimmte Länge. Sie erheben diese Linie zum Quadrat, so können Sie sich diese l^2 aufzeichnen durch diese Quadratfläche. Nehmen Sie an, Sie bilden l^3 , so können Sie diese dritte Potenz aufzeichnen durch einen Würfel, durch einen Raumpörper. Aber nehmen Sie an, ich bilde die vierte Potenz l^4 , was soll ich denn jetzt tun, wenn ich weiterzeichnen will. Ich kann von der Linie zur Fläche von der Fläche zum Raum übergehen, aber was kann ich denn jetzt tun, um zur vierten Potenz überzugehen, wenn ich nach derselben Methode weitergehen will? Ich kann da nichts machen innerhalb unseres dreidimensionalen Raumes; ich kann da nichts machen. Das gilt zunächst für mathematische Raumgrößen. Aber wir werden sehen, dass der Wärmezustand, insofern er durch die Temperatur zur Anschauung kommt, gar nicht ausdrückbar ist durch die Raumgrößen, da ist noch etwas anderes darin. Sonst könnte der Wärmezustand, der längs eines Stabes ist, aufgefaßt werden, als bloß längs eines Stabes verlaufend. Das ist aber unmöglich. Die Folge davon ist, dass, wenn ich nicht konsequent zu Werke gehe, nicht in der Lage bin, die Potenzierung, das t nicht in derselben Weise aufzufassen, wie ich die Potenzierung der Raumgrößen auffasse, ich bin

nicht in der Lage dasselbe zu denken über die Potenzierung des t , wie in denen die Potenzierung des l oder irgend einer anderen bloßen Raumgröße. Und wenn z. B. - ich will das heute zunächst nur hypothetisch behandeln - wenn ich z. B. nur die eine Potenz, die erste Potenz von dem t hätte, und diese nicht ausdrückbar wäre als Linie, so könnte die zweite Potenz t^2 nicht ausdrückbar sein als Fläche, und schon die dritte Potenz t^3 könnte nicht ausdrückbar sein durch eine Raumgröße. Ich würde, wie ich bei mathematischen Raumgrößen erst nachdem ich die dritte Potenz gebildet habe, aus dem Raum herauskommen, vielleicht schon auf der zweiten Potenz aus dem Raume herauskommen, und bei der dritten Potenz nicht mehr darinnen sein.

Also denken Sie sich, Sie müßten das t in ganz anderer Weise, als Raumgrößen, Sie müßten das t schon als etwas Quadratisches auffassen, also eine zweite Potenz, und Sie müßten das quadrierte t schon als dritte Potenz auffassen und das kubierte t schon als vierte Potenz, wobei Sie aus dem gewöhnlichen Raum herauskommen. Denken Sie, dann würde diese Formel ein ganz anderes Gesicht bekommen. Dann würde mir das letzte Glied, das in diesem Raum drinnen ist mich zwingen, aus dem dreidimensionalen Raum herauszugehen. Ich würde dann, indem ich einfach rechne, genötigt sein, mit dem letzten Glied meiner Formel aus dem dreidimensionalen Raum herauszurücken. Das habe ich jetzt rein hypothetisch als Möglichkeit, wie man das ja tut von mathematischen Figuren.

Nicht wahr, wenn Sie ein Dreieck betrachten, weil das Denken zu bequem ist, dass Sie es sich versinnlichen, zeichnen Sie es sich auf, aber die Zeichnung hat damit nichts zu tun. Sie haben gegeben die Summe der Winkel ist 180 Grad, oder in einem rechtwinkligen Dreiecke ist das Quadrat über der Hypothenuse gleich der Summe der Quadrate über den beiden Katheten. Das ist etwas, was man zunächst eben behandelt, wie ich jetzt das t in seiner Potenz behandelt habe.

Jetzt gehen wir zurück und sehen uns dasjenige an, was wir als Er-

scheinung konstatiert haben. So macht man es ja in der Geometrie. Überhaupt wenn ich an einer Brücke oder sonst wo ein Dreieck zu beobachten habe, so verifiziert sich das, was ich im abstrakten Dreieck gedacht habe. Was ich an abstrakten t gedacht habe, das hat zunächst - wir wollen der Wirklichkeit immer näher an den Leib rücken, aber schrittweise - das hat zunächst eine gewisse Ähnlichkeit mit dem, was dargestellt ist beim Schmelzen und Verdampfen. Das Schmelzen und Verdampfen war ich nicht im Stande, in die drei Raumdimensionen hereinzukriegen. Die kann ich nur hereinkriegen, indem ich aufhöre die Kurve zu ziehen, und wiederum sie dann fortsetze. Wenn nun die Voraussetzung zutreffend ist, die ich vorher vor Ihnen machte, dann wäre ich auch genötigt bei der dritten Potenz, bei dem Kubus der Temperatur aus dem dreidimensionalen Raum herauszugehen. Sehen Sie, da habe ich Ihnen einen Weg gezeigt, der in einer gewissen Weise eingeschlagen werden muß, wenn man versuchen will, die Erscheinungen, die sich dem Wärmewesen gegenüber zeigen, einfach zusammenzustellen, um durch diese Zusammenstellung etwas Ähnliches zu gewinnen, wie im vorhergehenden Kursus des Lichtwesens.

Von ganz anderen Voraussetzungen ist der Physiker Crookes ausgegangen, und merkwürdig ist, wie er immerhin durch seine Erwägungen zu einem ähnlichen Resultat gekommen ist, wie das, was wir jetzt bloß hypothetisch dargestellt haben, und dem wir dann zu Leibe rücken werden in den nächsten Betrachtungen. Auch er kommt dazu, die Veränderung der Temperatur überhaupt als etwas zu betrachten, was zu tun hat mit einer Art vierten Dimension des Raumes. Es ist heute wichtig, auf diese Weise hinzuweisen, aus dem Grunde, weil da die Relativisten, Einstein an der Spitze vor allen Dingen, indem sie über die dritte Dimension des Raumes hinausgehen, sich genötigt sehen, zur Zeit überzugehen und diese als vierte Dimension zu bezeichnen, sodass man in den Einsteinschen Formeln überhaupt als vierte Dimension die Zeit bezeichnet findet, während Crookes sich genötigt

findet, als vierte Dimension die Wärme oder Zunahme des Wärmezustandes anzusehen. Das als eine theoretische Einschiebung.

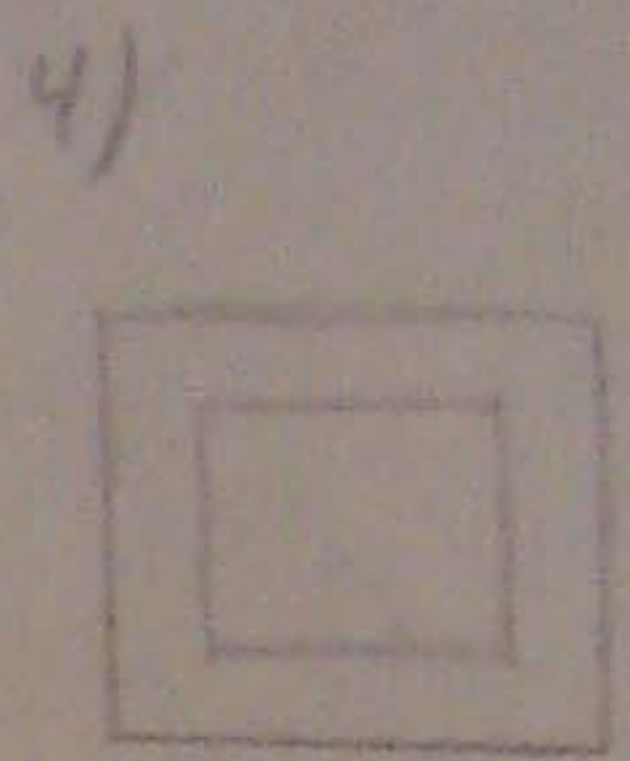
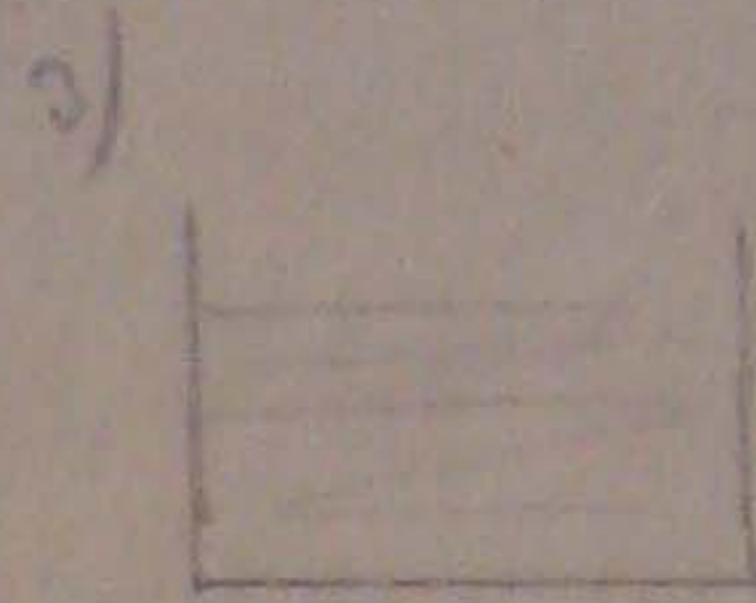
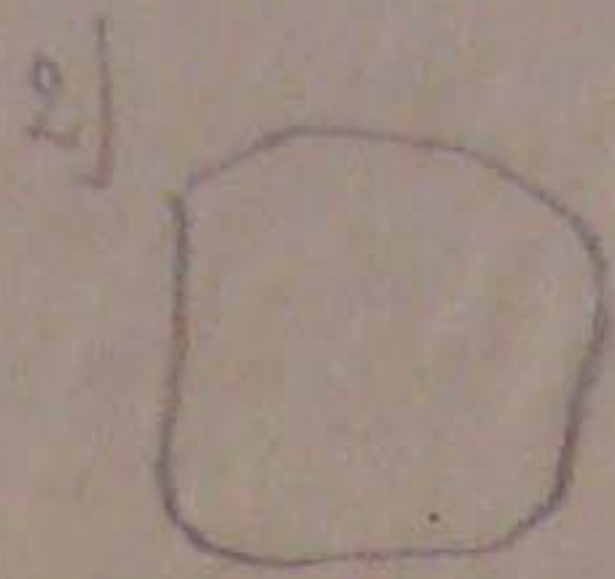
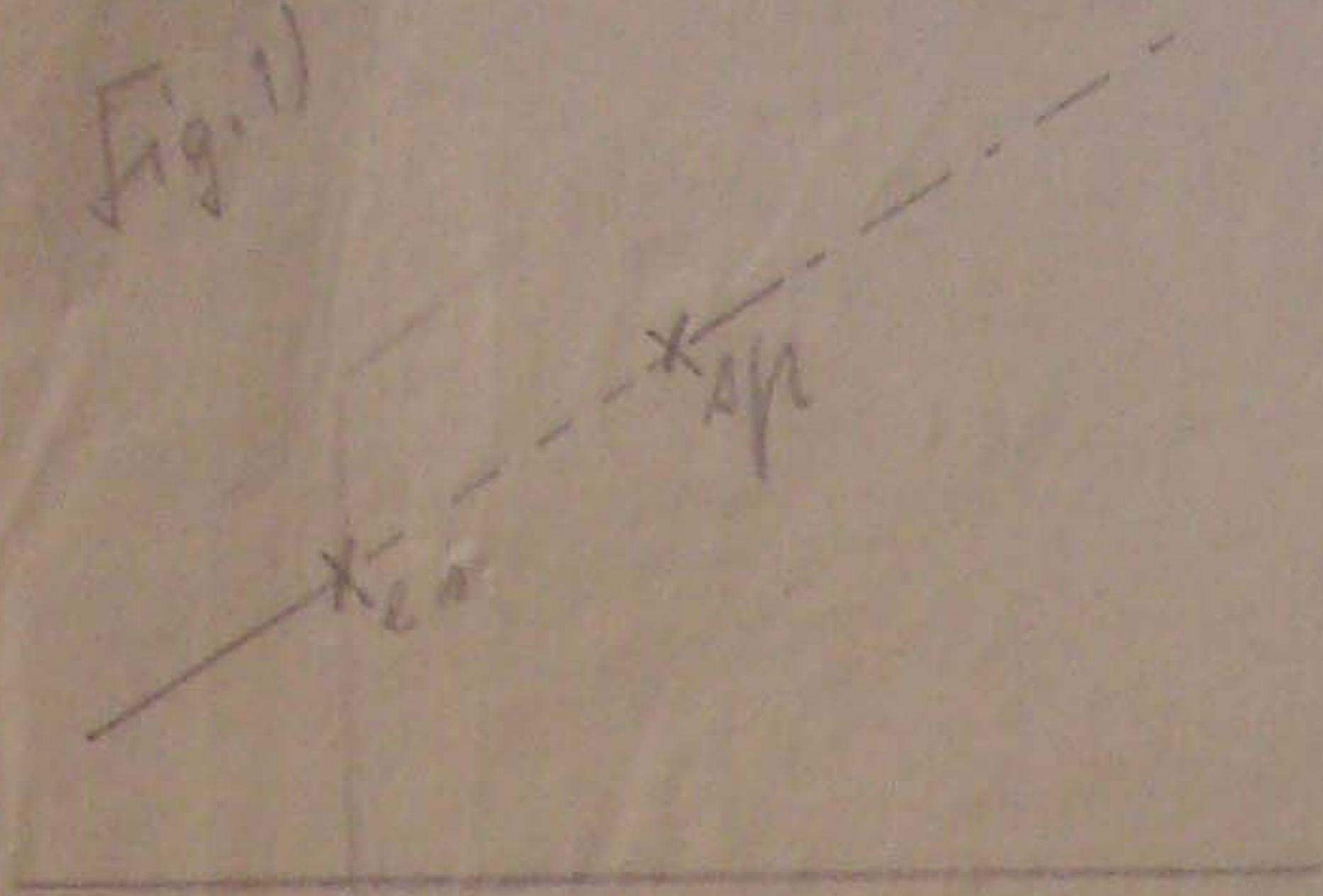
Zu diesen Erscheinungen bitte ich Sie jetzt dasjenige zu nehmen, was ich auch früher erwähnt habe. Ich habe gesagt: Einen gewöhnlichen festen Körper kann ich hinlegen. (Fig. 2). Er wird die bezeichnete Form behalten, d. h. er hat einen bestimmten Umriß. Einen flüssigen Körper muß ich in ein Gefäß hineinlaufen lassen, er bildet immer eine Niveaufläche und nimmt die Form des Gefäßes an. So ist es nicht beim Gas oder gasförmigen Körper; der dehnt sich nach allen Seiten aus. Ich muß, um ihn zu begrenzen, ihn in ein allseitig geschlossenes Gefäß einfassen. (Fig. 4). Dieses allseitig geschlossene Gefäß gibt ihm seine Form, sodass ich beim Gas eine Form habe, wenn ich das Gas einschließe in ein allseitig geschlossenes Gefäß.

Wenn ich einen festen Körper habe, so hat er seine Form eben dadurch, dass er ein fester Körper ist. Er hat sie gewissermassen von selbst. Ich lasse die Flüssigkeit als Zwischenzustand jetzt aus, und will als die Gegensätze den festen und den gasförmigen Körper beschreiben. Der feste Körper versorgt sich gewissermassen selbst damit, was ich beim gasförmigen Körper hinzufügen muß, die Wendung von allen Seiten.

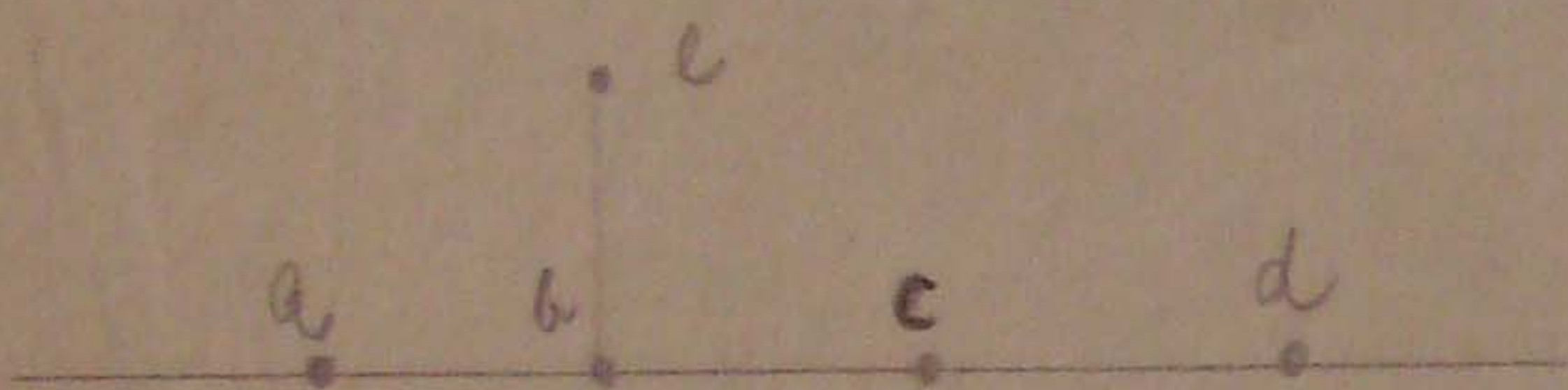
Nun tritt aber beim Gase etwas besonderes auf: Wenn Sie ein Gas, statt dass Sie es da drinnen haben in ein kleineres Gefäß einschließen dieselbe Gasmenge dadurch, dass Sie von allen Seiten die Wände zusammendrücken, so müssen Sie oben drücken, Sie müssen Druck ausüben. Das heißt nichts anderes als: Sie müssen den Druck des Gases überwinden; Sie haben es zu tun an den Wänden, die die Form nun bilden mit einem Druck. Wir können also sagen: Ein Gas, welches das Bestreben hat, nach allen Seiten davonzulaufen, das wird durch den Widerstand der Wände zusammengehalten. Dieser Widerstand ist von selbst da, indem ich einen festen Körper habe. Sodass ich, indem ich gar nichts theoretisiere, sondern einfach den ganz ge-

wöhnlichen Tatbestand ins Auge fassen, einen polarischen Gegensatz von Gas und festen Körpern so definieren kann, dass ich sage: Dasjenige, was ich von aussen hinzuzufügen genötigt bin, durch ein Gas, ist bei festen Körpern von selbst da. Aber nun können Sie, indem Sie das Gas abkühlen, zurückgehend wiederum zum Siedepunkt, aus dem Dampförmigen die Flüssigkeit gewinnen; indem Sie weiter abkühlen, zurückgehend bis zum Schmelzpunkt, können Sie aus der Flüssigkeit wiederum die festen Körper gewinnen. Sie können einfach durch Vorgänge, die zusammenhängen mit dem Wärmewesen das hervorru- fen, was Sie nicht mehr nötig haben, von aussen die Formung zu bilden, son- dern dass die Formung sich von innen selbst bildet. Da ich nichts anderes getan habe, als den Wärmezustand verändert, so ist es ja selbstverständlich, dass diese Formung irgend wie sich mit der Änderung des Wärmezustandes zu- sammendrängt. Beim festen Körper ist etwas da, was beim gasförmigen Körper noch nicht da war. Wenn wir dem festen Körper entgegenhalten irgend eine Wand, drückt dieser feste Körper auf die Wand zunächst nicht, wenn wir nicht ^{an} wiederum drücken. Wenn wir dem Gase entgegenhalten eine feste Wand, drückt das Gas immer auf die feste Wand. Sie sehen, wir kommen da zu einem Begriff des Druckes, und müssen dieses Entstehen des Druckes in Zusammenhang brin- gen wiederum mit dem Wärmezustand. Wir müssen also sagen: Es muß aufgesucht werden eine bestimmte Beziehung zwischen der Formung des festen Körpers, zu dem allseitigen Zerfließen des Gases, und dem Entgegenwirken durch den Wanddruck. Wenn wir diese Beziehungen aufsuchen, können wir hoffen in das Wesen des Zusammenhanges zwischen der Wärme und den Körpern wirklich ein- zudringen.---

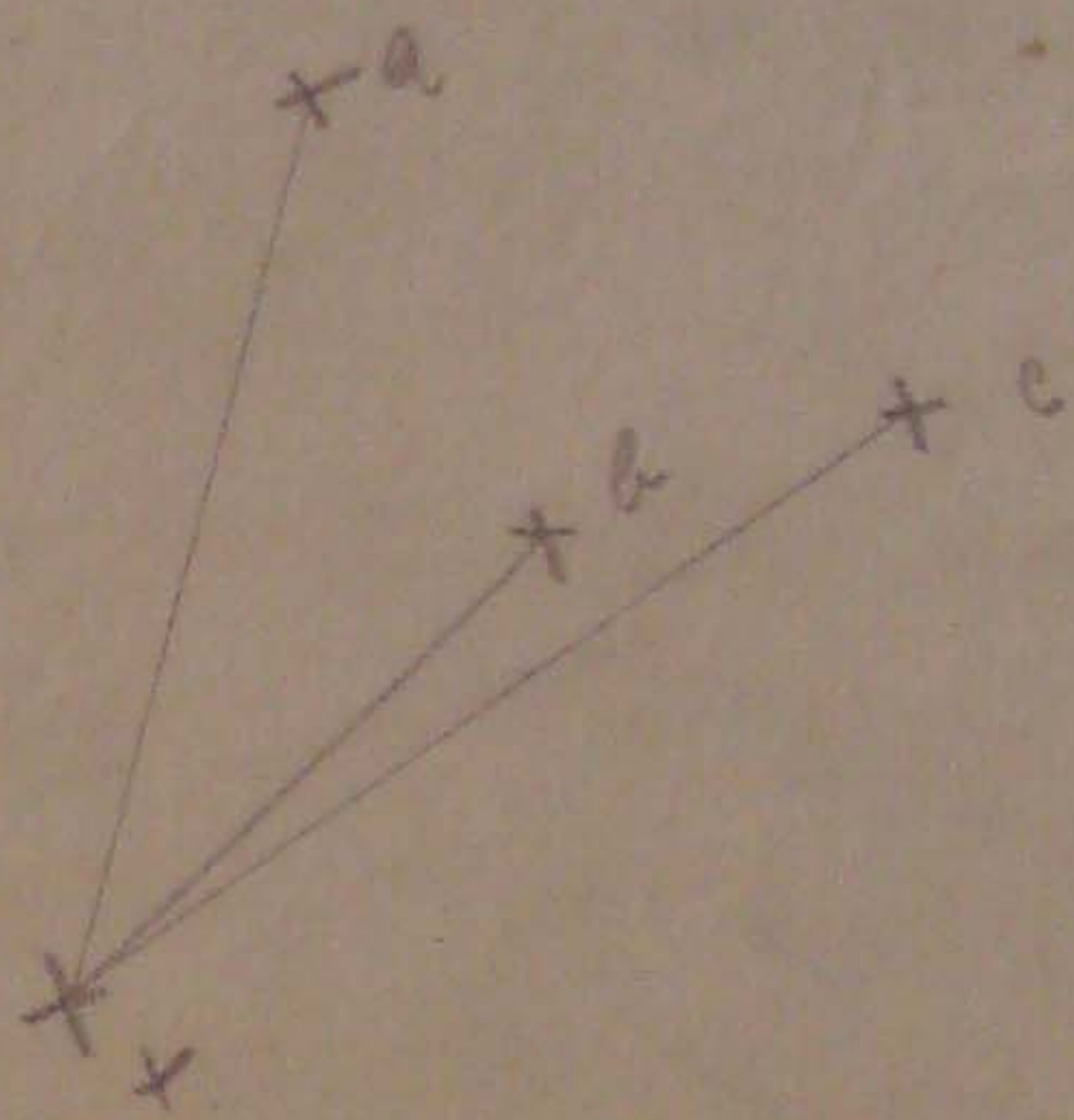
Fig. 1)



5)

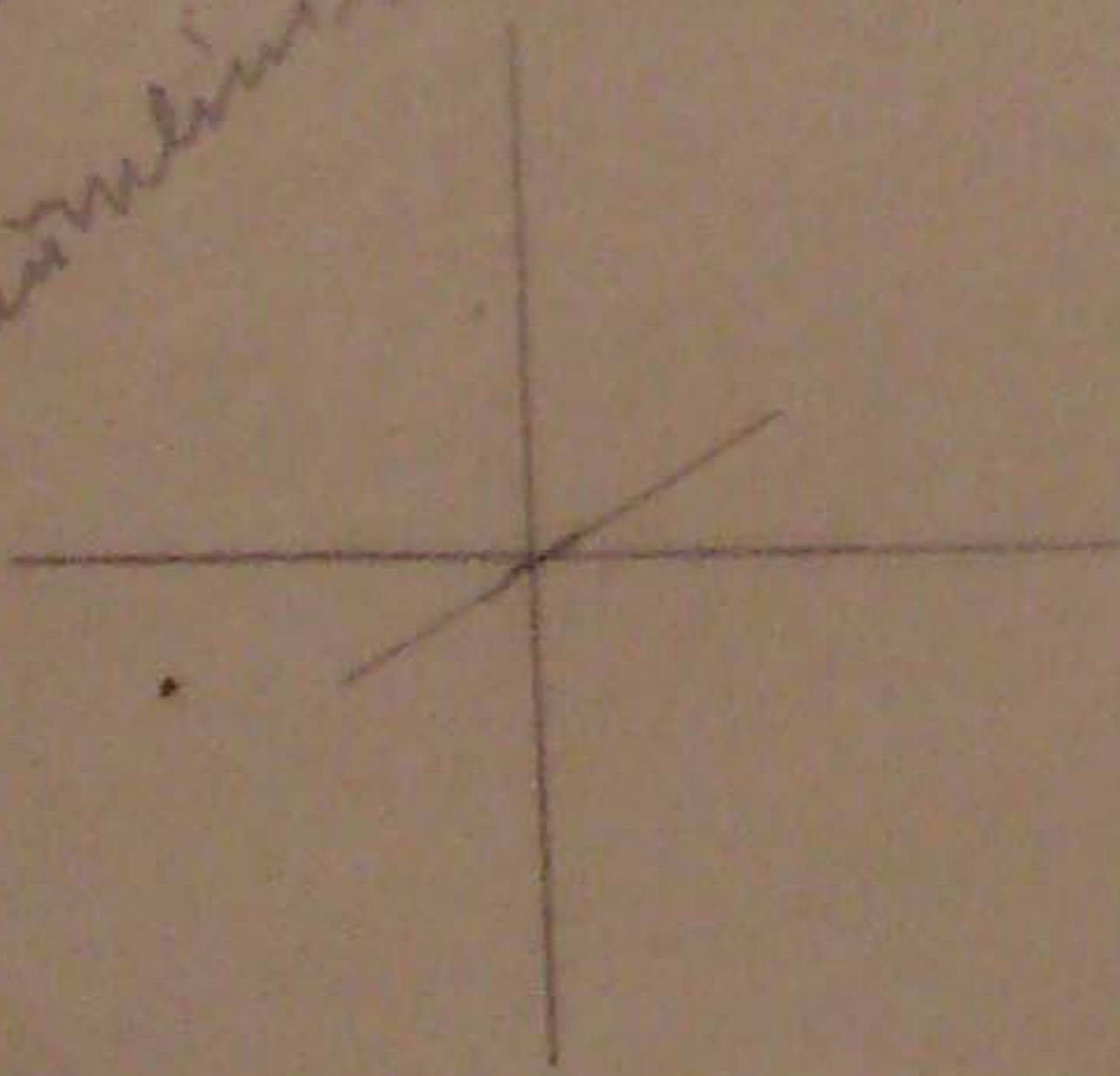


6)



7)

Reinlinie



8)

