

RUDOLF STEINER

GEISTESWISSENSCHAFTLICHE IMPULSE ZUR ENTWICKELUNG DER PHYSIK

Erster naturwissenschaftlicher Kurs

Licht, Farbe, Ton – Masse, Elektrizität, Magnetismus

GA-320

*Zehn Vorträge, gehalten in Stuttgart
vom 23. Dezember 1919 bis 3. Januar 1920
mit einem Diskussionsvotum vom 8. August 1921*

**RUDOLF STEINER VERLAG
DORNACH/SCHWEIZ**

Inhaltsverzeichnis

Diskussionsvotum	3
I • 01 STELLUNG DER MATHEMATIK: PHORONOMIE UND MECHANIK	14
I • 02 ENTSTEHUNG DER FARBEN DURCH DAS PRISMA.....	29
I • 03 GOETHES ERSTER VERSUCH MIT DEM PRISMA	43
I • 04 URPHÄNOMEN DER FARBENLEHRE.....	57
I • 05 PHOSPHORESZENZ, FLUORESZENZ, KÖRPERFARBEN	69
I • 06 REALITÄT DES DUNKLEN NEBEN DEM HELLEN.....	78
I • 07 FARBIGE SCHATTEN, IHRE OBJEKTIVITÄT	91
I • 08 TON UND SCHWINGUNG.....	101
I • 09 ERSCHEINUNGEN DER ELEKTRIZITÄT	112
I • 10 VERSUCHE ZU KATHODEN- UND RÖNTGENSTRAHLEN.....	125

Diskussionsvotum

von Rudolf Steiner am 8. August 1921

Fräulein Dr. Rabel hat am Schluss ihrer ja sehr bemerkenswerten Ausführungen gesagt, dass ich einmal bemerkt habe, dass eigentlich diese neueren Versuche zur Bestätigung der *Goetheschen* Farbenlehre dienen können. Fräulein Dr. Rabel war damals so gütig, mir eine ihrer Abhandlungen zu geben, die gerade in dieser Linie liegen, und ich sagte, dass die Tatsachen, die auf diese Art durch die moderne Physik herauskommen, in der Tat in der Linie liegen, die allmählich zu einer Bestätigung der Goetheschen Farbenlehre führen müssen.

Nun ist heute wirklich keine Möglichkeit vorhanden, in das ganze Pro und Kontra der Goetheschen Farbenlehre und, sagen wir, der Anti-Goetheschen Farbenlehre einzutreten. Die Sache liegt ja so, dass zunächst noch die physikalischen Vorstellungen, die heute gang und gäbe sind, aus solchen theoretischen Voraussetzungen heraus gemacht werden, dass in der Tat das richtig ist, was ich einmal von einem Physiker hörte, mit dem ich ein Gespräch über die Goethesche Farbenlehre hatte. Er sagte einfach, wie ich ausdrücklich verifizieren muss, er sagte ganz ehrlich: Ein Physiker von heute - und er bezeichnete sich als einen solchen mit Recht - kann sich überhaupt bei der Goetheschen Farbenlehre nichts vorstellen! - Und das ist etwas, was eigentlich durchaus richtig ist.

Wir müssen eben nicht vergessen, dass gewisse Dinge da vorliegen, die erst noch überwunden werden müssen, wenn von Seiten der Physik die Goethesche Farbenlehre ernst und nur ernst genommen werden soll. Nicht wahr, der Physiker ist zunächst heute dazu geleitet, dasjenige, was er Licht nennt, möglichst so zu untersuchen, dass innerhalb des Untersuchungsfeldes das von ihm als subjektiv Bezeichnete keine Rolle mehr spielt, dass gewissermassen das Erlebnis, das bei den Lichterscheinungen da ist, ganz und gar höchstens dazu dient, einen aufmerksamer zu machen in der Beobachtung, dass da oder dort etwas vorgeht. Aber was der Physiker einbeziehen will in seine Interpretationen der Lichterscheinungen, die er dann auch auf Farbenercheinungen ausdehnt, das soll eine Entität sein vollständig unabhängig von dem subjektiven Erlebnis.

Goethe geht ja von ganz anderen Voraussetzungen in bezug auf sein Denken überhaupt aus. Daher halte ich es auch heute noch in einem gewissen Sinne für richtig, was ich 1893 in einem Vortrag über Goethes Naturanschauung in Frankfurt am Main sagte: Über die Äusserungen Goethes auf dem Gebiete der Morphologie, da lässt sich reden, und darüber habe ich auch dazumal einen Vortrag gehalten, weil in einer gewissen Beziehung schon heute sich begegnen die Vorstellungen, die Goethe über die Metamorphose hatte und im Zusammenhang mit der Metamorphose über die Ursprünge der Arten, mit denjenigen, die, allerdings in ganz anderer Weise, von der *Darwin-Haeckel*-Anschauung herkommen. Da ist also, in gewissem Sinne wenigstens, schon ein Feld vorhanden, wo die Anschauungen ineinandergreifen. Aber mit Bezug auf die Goethesche Farbenlehre, die keine Optik übrigens sein will, ist das durchaus noch nicht der Fall. Daher ist zwar gewiss möglich, sagen wir, auf anthroposophischem Boden über die Goethesche Farbenlehre zu reden, da ist durchaus ein Reden möglich, aber eine Diskussion mit dem, was heute ein Physiker über die Farben zu sagen hat, was er aus seinen physikalischen Untergründen heraus ableitet, wird heute durchaus noch etwas Unfruchtbares bilden. Dazu ist notwendig, dass eben gewisse Grundvorstellungen, die Goethe implizite gehabt hat und von denen er ausgegangen ist in seiner Farbenlehre, noch expliziert werden, dass man die wirklich zugrunde legen kann.

Daher halte ich auch alles dasjenige, was ich in meinen Büchern über die Goethesche Farbenlehre gesagt habe, für etwas, was vorläufig einmal in die Welt hineingeworfen ist und was eigentlich durchaus nicht den Anspruch darauf erhebt, in eine fruchtbare - ich meine *fruchtbare* - Diskussion mit den ja nicht entgegengesetzten, sondern von ganz anderen Seiten herkommenden Vorstellungen der Physik zu treten. Nun, in der Tat aber, dessen können Sie ganz sicher sein, und dazu wurde ja von dem Vorredner schon sehr viel beigebracht, würde Goethe in all denjenigen Erscheinungen, die Fräulein Dr. Rabel heute in dankenswerter Weise vorgebracht hat, eine Bestätigung seiner Grundanschauungen erkennen. Und das ist dasjenige, was ich eben durchaus vertreten möchte.

Es trifft schon von der einen Seite aus den Tatbestand, aber es trifft ihn nicht vollständig, wenn man bei Goethe davon spricht, dass die eine Seite des Spektrums, also dasjenige, was hier langwellige Strahlen genannt worden sind als im Gegensatz zu den kurzwelligen Strahlen, dass das in dem Verhältnis einer Polarität steht, Polarität ist ein sehr abstraktes Verhältnis, das man eben auf verschiedene Gegensätze anwenden kann, so auch auf diesen. Nur hier ist das durchaus nicht dasjenige, auf was es eigentlich bei Goethe ankommt... (Nachschrift lückenhaft). Wenn man aber noch so sehr glaubt, durch irgendeine Versuchsanordnung einen Fehlerausschluss zu erreichen dadurch, dass man das Strahlenbündel immer schmaler und schmaler nimmt, so dass man zuletzt die ganze Dicke des Strahlenbündels -

was übrigens gar nicht *mein* Ausdruck ist, den ich aber rechtmässig gebrauchen darf - aufhebt und dann von einem «Strahl» spricht, so ist schliesslich kein Unterschied in Wirklichkeit, ob man ein breites Bündel nimmt oder ein schmales, es macht das prinzipiell keinen Unterschied. Aber Goethe hat einen prinzipiellen Unterschied angegeben - und darauf kommt es an -, als er durch den kleinen Spalt nun selbst Versuche angestellt hat.

Im Prisma kann man nicht dasjenige ausschliessen, was die moderne Physik ausschliessen möchte, denn man kann natürlich nicht einen sogenannten «Strahl von Null-Dicke» irgendwie ins Experimentierfeld schieben. Aber man kann das machen, dass man die scharfe Grenze ins Auge fasst zwischen dem dunklen Gebiet und dem hellen. Da hat man in der Tat die scharfe Grenze! Wenn man von dieser scharfen Grenze redet, dann hat man in einer gewissen Weise gerade aus dem Goetheschen Versuch heraus das, was die neuere Physik möchte. Goethe hat mit der Grenze gearbeitet und nicht mit dem Strahlenbündel, das ist es, worauf es ankommt. Diese Forderung, die man idealiter mit Recht erhebt, die wird prinzipiell eigentlich gerade dadurch erfüllt, dass Goethe mit der Grenze arbeitet, nicht also mit einem Strahl oder Strahlenbündel. Und von dem, was sich als Phänomen dann an der Grenze ergibt, geht Goethe aus und versucht, von da seine Versuchsanordnungen zu machen, die ja allerdings heute, wenn sie im Goetheschen Sinne ausgeführt werden sollten, ganz anders, als Goethe sie ausgeführt hat, werden müssten.

Ich hoffe, dass wir gerade in dieser Beziehung prinzipielle Versuche in unserem physikalischen Forschungsinstitut in Stuttgart anstellen werden und dass dadurch auch dasjenige, was Dr. Schmiedel «Verschleierung» genannt hat, in gewissem Sinne ausgeschaltet wird, und dass man lernte, in exakter Weise wirklich mit den Grenzen zu arbeiten und dann in der Lage ist, das Spektrum erst als eine Erscheinung aufzufassen, in der die Grenzerscheinungen als die Urphänomene verarbeitet werden. Das würde der Gang sein, um den es sich handelt.

Nun aber bekommt man, wenn man so mit der Grenze arbeitet, eben dasjenige, was Dr. Schmiedel das polare Verhältnis nannte zwischen dem einen und dem andern Teile des sogenannten Spektrums.

Also: «Polarität» ist im Goetheschen Sinne hier ein viel zu abstrakt angewendeter Ausdruck! Man kann ihn ja von allen möglichen Naturerscheinungen als Ausdruck gebrauchen. Goethe kommt nun - und da kann ich natürlich heute abend wegen der Kürze der Zeit nicht auf die Einzelheiten eingehen -, indem er immer Versuche veranstaltete, zu dem grundsätzlichen Gegensatz, den er annimmt zwischen der roten Natur und der blauen Natur, wobei durchaus auch zu beachten ist, dass Goethe nicht spricht von rotem und blauem Lichte, da kann man widersprechen im Goethe-

schen Sinne, sondern von der roten und blauen Natur. Das Licht ist schlechterdings undifferenzierbar, und das, was als Differenzierungen auftritt, sind Erscheinungen *am* Licht. Mit Recht ist als ein Ergebnis der neueren Physik hervorzuheben, dass Goethe dem, was er die Entität des Lichtes nennt, entgegengesetzt die Entität der Finsternis nicht als das Nichts, sondern als eine wirkliche Entität. Und nun kann ich dasjenige, was bei Goethe eine ziemlich komplizierte Vorstellung ist, eigentlich in kurzen Worten nur etwa so andeuten, dass ich folgendes sage: Sowohl im roten Teil der Farbabschattungen wie im blauen Teil hat man es nun nicht mit einer Mischung, sondern mit einem dynamischen Ineinandewirken von Licht und Finsternis zu tun, aber so, dass im roten Teil dieses Zusammenwirken so ist, dass gewissermassen das Rot sich ergibt als die Aktivität des Lichtes in der Finsternis. Man hat es also mit dem Zusammenwirken von Licht und Finsternis zu tun. Hat man es mit dem Roten zu tun, also sagen wir mit einem roten Felde, dann hat man es mit dem aktiven Licht in der Finsternis zu tun, hat man es mit der blauen Seite zu tun, dann hat man es mit der Aktivität der Finsternis in der Helligkeit zu tun. Also das ist der genaue Ausdruck für die Polarität.

Das ist natürlich eine Vorstellung, von der ich gern zugebe, dass der moderne Physiker nicht viel damit verbinden kann. Aber für Goethe ist das Rot die Aktivität des Lichtes in der Finsternis, das Blau die Aktivität der Finsternis im Hellen, also im Lichte. Das kann man eine Polarität nennen, das ist eine Polarität. Und das führt Goethe nun durch für die physikalische oder physische Farbe, also eigentlich die spektrale Farbe, und auch für die chemische Farbe, und er ist sich wohl bewusst, wie er überall auf Unsicherheiten tappt, weil er natürlich nicht dieses allgemeine Prinzip im einzelnen durchführen kann. Aber nehmen wir nun dieses, was ich nur eben ganz flüchtig angedeutet habe, so haben wir überall, wo Farben auftreten, wo also Farben erscheinen, überall da haben wir ein Qualitatives. Und da stehen wir an dem Punkte, wo einmal die Entscheidung fallen wird in dieser Beziehung.

Sehen Sie, es ist ja heute noch so, dass man, möchte man sagen, erlebt eine Fülle von Erscheinungen, Auch heute sind Ihnen eine ganze Fülle von Erscheinungen vorgeführt worden in dankenswerter Weise, die eigentlich erforderten, dass man ganze Serien von Vorträgen darüber halten würde, um nun zu zeigen, wie sie eigentlich sich hineinstellen in die Goethesche Farbenlehre und in das Gesamtgebiet der Naturwissenschaft. Aber wir erleben heute Erscheinungen, die - in ganz anderer Weise als etwa die theoretischen Erwägungen der Relativitätstheorie und so weiter über die Geschwindigkeitsvorstellungen beim Lichte es geben - Rektifizierungen hervorbringen müssen. Wir erleben eben, was gerade von Fräulein Dr. Rabel selber hervorgehoben worden ist, dass sich der Physiker gedrängt fühlt, allerdings in einer sehr modifizierten Gestalt, wiederum zu der Emissionstheorie des *Newton* zurückzukommen. Ein sehr grosser Unterschied ist allerdings zwischen der Newtonschen

Theorie, die aus verhältnismässig einfachen Phänomenen herausgezogen worden ist, und der heutigen Zeit. Denn ich glaube, die heutige Auffassung beruht hauptsächlich darauf, dass man sich nach den gewöhnlichen wellentheoretischen Vorstellungen kein Bild davon machen kann, wie zum Beispiel folgendes möglich ist: Wenn man ultraviolettes Licht auf ein Metall fallen lässt, so bekommt man Elektronen zurückgeworfen, und diese Elektronen kann man untersuchen. Sie zeigen dann eine bestimmte Stärke. Diese Stärke ist nicht abhängig von der Entfernung der Quelle des ultravioletten Lichtes von dem Metall. Sie können die Quelle weit weg legen und bekommen dennoch dieselbe Voltstärke. Nun müsste natürlich, wenn, wie es vorausgesetzt wird, die Lichtstärke verbleibt, die Intensität abnehmen mit dem progressiven Grade der Entfernung. Das ist aber nicht der Fall für die Elektronen, die Ihnen vom Metall zurückgeworfen werden. Man sieht, dass ihre Stärke gar nicht abnimmt mit dem Grade der Entfernung, sondern lediglich von der Farbe abhängt. Wenn Sie die Farbe in der Nähe haben, so ist es dasselbe wie in der grösseren Entfernung. Da wird man also zunächst darauf geführt, dass man überhaupt über dasjenige, was da Licht genannt wird, anders denken muss. Man hilft sich heute damit, dass man die Quantentheorie zugrunde legt, die sagt, dass sich nicht irgend etwas Kontinuierliches ausbreite, wie etwa die Schwere ausgebreitet gedacht wird, sondern es breite sich das Licht atomistisch aus. Wenn es sich atomistisch ausbreitet, so hat man das betreffende Quantum an irgendeiner Stelle und es wirkt dann. Es handelt sich da nicht darum... das Quantum kann eben nur an einer Stelle sein. Wenn es überhaupt da ist, dann wirkt es auslösend auf die Elektronenwirkungen.

Also, diese Dinge haben wiederum zu der Emissionstheorie zurückgeführt. Während Newton sich vorstellt, dass irgendwie Substanzen, Entitäten in ponderabler Weise sich ausdehnen, die aber so sind, dass man sagen müsste, dass die Intensität abnimmt mit dem Quadrat der Entfernung, so ist es jetzt so, dass man diese ersetzt durch die Ausbreitung von elektromagnetischen Feldern, die dann aber wirklich durch den Raum gehen, und zwar im Sinne der Quantentheorie. Man hat es also eigentlich zu tun mit der Emission von elektromagnetischen Feldern, während man es bei der Undulationstheorie, die durchaus gang und gäbe war in der Zeit, als zum Beispiel ich selber jung war, es eben zu tun hatte mit einem blossen Fortschreiten der Bewegung, so dass also eigentlich nichts im Räume ausstrahlt, sondern nur die Bewegung weitergeführt wird. Diese Vorstellungen über das objektiv Vorhandene sind eigentlich gerade - wenigstens ich sehe es so an - heute in beständigem Flusse, und die Experimente, die da vorliegen, die weisen überall auf dasjenige hin, was Fräulein Dr. Rabel mit Recht hervorgehoben hat, dass man ja mit der blossen Annahme von Wellenlängen nicht auskommt, dass das so eine Art von Widerspruch in sich enthält. Das ist aber gerade das, um was es sich handelt. Im Grunde genommen liegt eigentlich doch nur das vor, dass man sich durch lange Zeiten durch-

aus gewöhnt hat, mit den Wellenlängen und so weiter als einzigem zu rechnen. Die Vorstellung war ja ausserordentlich einfach. Man rechnete überhaupt nur objektiv mit Wellen von gewissen Wellenlängen und Schwingungen von gewissen Geschwindigkeiten, bezeichnete dasjenige, was im Spektrum vom Violett bis zum Rot liegt, so, dass man sagte, es macht das eben einen Eindruck auf die Netzhaut des Auges. Jenseits des Roten hat man die anderen Schwingungen, die keinen Eindruck machen, aber sie unterscheiden sich nicht qualitativ davon, ebenso jenseits des Violetten. Einzelne haben sich aufgelehnt, einzelne haben es in interessanter Weise zurückgewiesen, so in den achtziger, in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts *Eugen Dreher*, der sehr viele Experimente gemacht hat, um zu beweisen, dass Licht, Wärme und chemische Entität drei durchaus radikal voneinander verschiedene Entitäten sind. Auch liess sich das bis zu einem gewissen Grade durchaus belegen. Und gerade der heutige Stand der Sache beweist eben, dass der ganze Komplex der Fragen im Grunde genommen im Fluss ist. Sobald man eben auf dasjenige kommen wird, was, abgesehen vom Subjektiven, unter dem Komplex «Lichterscheinungen» zusammengefasst eigentlich vorliegt ... (Lücke) ... Das Wesentliche ist bei Goethe, dass er dasjenige hineingebracht hat, was sich heute der Physik aufdrängt. Gewiss, er hat es hineingebracht nach dem mangelhaften Stande der Physik am Ende des 18. Jahrhunderts. Aber er hat es hineingebracht.

Wenn man sich heute die Sache ansieht, so sagt man sich: Ganz gewiss, das ist alles ungeheuer interessant. Und ich muss gestehen, interessanter war die ganze Behandlung der Undulationstheorie, als ich jung war, denn die Undulationstheorie war bis zum Exzess ausgebildet, und da war wirklich alles bis ins einzelste hinein recht genau berechnet. Aber heute werden die jungen Leute gar nicht mehr mit dieser ausgefallenen Undulationstheorie geplagt. Denn es nimmt sich doch etwas anders aus, ob man aus der theoretischen Mechanik heraus mit irgendeiner Ätherhypothese die Undulation berechnet, oder ob man von der Wirkungsweise elektromagnetischer Felder ausgeht. Da nimmt sich schon alles etwas unbestimmter aus. Man hat heute nicht so das Bedürfnis, alles dieses Exaktlinige zu berechnen innerhalb der Lichterscheinungen, wie das noch vor vierzig, fünfunddreissig Jahren geschehen ist. Es ist ausserordentlich interessant natürlich, auf all die Finessen zu kommen, aber sie sind ein Rechnungsergebnis, und der ganze massgebende Beweis eigentlich für dieses Rechnungsergebnis wird ja im Interferenzversuch gesehen. Heute steht der Interferenzversuch so da, dass er einer neuen Erklärung bedarf. Das gibt die Physik von heute zu. Und da hat wirklich die Quantentheorie nicht viel erlangt. Die Sache liegt eben so: Es ist heute noch nicht sehr weit gediehen, aber man sieht immer mehr und mehr, wie man gewisse gut brauchbare Zahlen, Hilfszahlen, in den Schwingungszahlen oder Wellenlängen hat, das sind alles gute Rechnungsmünzen, aber niemand wird heute eigentlich sagen können, dass dem irgend etwas

Reales zugrunde liegt. Ich möchte sagen, wenn man die Schwingungszahl für die sogenannten roten Strahlen und die blauen angibt, so hat man ein gewisses Verhältnis, das zwischen Rot und Blau besteht, so ausgedrückt, wie sich die eine Zahl zu der anderen verhält. Man kann schon heute sagen: Viel wichtiger sind die Verhältnisse der einzelnen Zahlen zueinander als der absolute Wert der einzelnen Schwingungszahlen. Und das führt von dem Quantitativen ins Qualitative hinüber. Man ist heute doch auf dem Wege, sich zu sagen: Mit den Wellenlängen allein geht es nicht, man braucht etwas anderes.

Aber dieses andere wird immer ähnlicher und ähnlicher dem, was Goethe auf seinen Wegen suchte. Das ist heute noch nicht so strikte zu bemerken, aber für den, der die Dinge genau kennt, eben durchaus zu bemerken, wie die Physik nach und nach dahin führt, und, wie gesagt, die Erscheinungen, die heute angeführt worden sind, die würde Goethe durchaus so auffassen, dass er sie als eine Bestätigung seiner Anschauung finden würde.

Auf einzelnes einzugehen ist natürlich schwierig, weil dazu heute nicht die Grundlagen geschaffen worden sind. Ich will nur prinzipiell zum Beispiel auf die Pflanzenfrage eingehen. Auf solche Dinge möchte ich mich nicht gerne einlassen, wie, ob man einen Ausdruck wie «absorbiert» gebrauchen darf oder nicht. Wenn man ihn nimmt als eine bloße Bezeichnung dessen, was vorliegt, so habe ich nichts dagegen, aber wenn man sich die Sache dann so einfach macht, nicht wahr, dass, wenn irgendwo Helles auffällt und irgendeine Glasscheibe in den Weg gestellt wird und man hinter der Glasscheibe ein rotes Feld hat, man dann sagt: da sind alle anderen Farben verschluckt von dem Glas, nur das Rote ist durchgelassen worden, - so setzt man eben an die Stelle eines konstatierten Phänomenes eine Erklärung, die aber ganz und gar im Blauen liegt, für die eigentlich nichts Reales vorliegt. Man kann durchaus beim Phänomen bleiben. Das ist gut. Aber nehmen Sie dasjenige, was vielleicht sogar noch so unvollkommen bei Goethe ausgesprochen ist: Aktivität des Lichtes, der Helligkeit im Finsternen liegt dem Roten zugrunde; Aktivität der Finsternis im Hellen, im Lichte, das liegt dem Blau zugrunde. Was den Nuancen zugrunde liegt, als Abschattung, dem Grün oder Orange, darauf kommt es jetzt nicht an, darauf kann man sich nicht einlassen. Ich kann nur das Grundphänomen angeben. Und da haben Sie dann allerdings das, was ich jetzt nur, ich möchte sagen, approximativ andeutete, dann hat man es zu tun mit dem Finsternen als einem Realen, dann muss man doch sich klar sein darüber - es gibt ja natürlich sehr vieles zum Beleg dessen, was ich sagen werde, aber auch aus einer ganz oberflächlichen Betrachtung der Sache kann man sich klar darüber werden -, dass diese Finsternis in einer gewissen Weise sich entgegengesetzt dem Hellen. Das gibt natürlich die subjektive Empfindung, aber auch objektive Tatsachen. - Da muss man natürlich eine Polarität annehmen, wenn man nur nicht im Abstrakten bleiben will, sondern auf das

Konkrete dabei eingeht. Wenn Sie an dieses Polarische des Hellen und Dunklen nun denken, dann kommen Sie allmählich zu der Vorstellung, die Ihnen eine gewisse Unmöglichkeit vor Augen führt, in derselben Weise von Ausbreitung einer Entität zu sprechen beim Dunklen wie beim Hellen. Darüber entscheiden die Experimente, die bis heute gemacht worden sind, gar nichts! Denn sehen Sie, wenn Sie sich denken - natürlich ist es mehr, aber das beruht dann auf übersinnlichen Beobachtungen oder halb übersinnlichen Beobachtungen, aber nehmen Sie es zunächst nur als eine Möglichkeit, als eine Hypothese einmal hin -, die Helligkeit würde schematisch dadurch bezeichnet, dass eine Ausbreitung stattfindet. Sie können dann die Dunkelheit nicht dadurch bezeichnen, dass ein Ausbreiten stattfindet, sondern müssen die Dunkelheit so bezeichnen, dass gewissermassen von dem Unendlichen her so etwas wie ein Saugen stattfindet. Sie würden also von einem Raum, den Sie mit schwarzen Wänden ausgekleidet haben, nicht sagen dürfen: Es findet da ein Ausbreiten statt, eine Emission oder dergleichen, sondern es findet ein Saugen statt, Saugwirkungen, die natürlich einen Erreger des Saugens haben müssen, denn man braucht natürlich ein Zentrum. Aber die Möglichkeit von Saugwirkungen ist zunächst das, was, um diese Trivialität zu sagen, im schwarzen Raum vorhanden ist, im Gegensatz zu dem durchhellten, wo man es mit Ausbreitungswirksamkeiten zu tun hat.

Wenn Sie das festhalten, dann wird *die* Farbvorstellung immer konkreter werden, und Sie werden in dem Blau etwas haben *vom* Saugenden - es ist eigentlich nur approximativ gesprochen - und werden bei dem Roten etwas haben vom Sich-Ausbreitenden, im Grünen gewissermassen die Neutralisierung. Und nun denken Sie - da müssen wir ja in eine tiefere Schichte des Vorstellens -, wenn Sie dasjenige, was da als Saug Wirkung vorhanden ist, in seinem Verhältnis zum Pflanzenwesen betrachten, so haben Sie die hinter dem Farbigen liegende Saugwirkung, die im Gegensatz zu gewissen inneren Kräften der Pflanze ist. Die haben Sie in der ganzen Konfiguration, in der ganzen Organisation der Pflanze mitwirkend drinnen.

Wir müssen also gewissermassen hinter die Farbenerscheinungen gehen. Wir finden in den Farbenerscheinungen nur den symptomatischen Ausdruck für dasjenige, was ja tiefer hinter den Färb Wirkungen liegt. Wir kommen also auf eine Polarität, wenn wir diese nicht bloss als eine abstrakte Polarität ansehen, sondern eingehen auf diese ganz besondere Art der Polarität, so dass wir, wenn wir es subjektiv machen und zum Beispiel das Blau sehen, wir das Auge im Grunde genommen einer Saugwirkung exponieren, im Rot einer Druckwirkung in einem gewissen Sinne, was aber nun nicht mechanisch, sondern intensiv zu denken ist.

Wenn wir das dann haben, dann bekommen wir auch Vorstellungen, die natürlich viel kompliziertere sind als diese, dass ich sage: Ich stelle eine Glasscheibe in den Weg eines erhellten Bündels und bekomme hinten ein rotes Feld. Alles andere ist

verschluckt worden ausser dem Rot. Wir werden dann geführt zu einer ganz anderen Art, einer ganz anderen Formulierung des Problems. Die Forderung entsteht, aus dem Phänomen, das mir vorliegt, nun die Natur des in den Weg gestellten Materiellen zu untersuchen. Wenn wir da anfangen, werden wir zu einer ganz anderen Methode, sagen wir, der Polarisationserscheinungen geführt. Man kommt da auf einem gewissen Umweg zu einer sehr strikten Auffassung, was auch Fräulein Dr. Rabel gesagt hat. (Zu Fräulein Dr. Rabel gewandt): Sie haben einen englischen Physiker genannt. Es ist aber von einer ganzen Reihe von Physikern auch auf die Sache schon aufmerksam gemacht worden, dass man es eigentlich zu tun hat bei diesen Erscheinungen nicht mit etwas, was einen hinweist auf die Entität des Lichtes, sondern eigentlich der Materie, die da dem Licht entgegengestellt wird, natürlich auch ganz besonders der organischen Materie, also, sagen wir, der Pflanzen.

Das ist dasjenige, worauf man immer mehr und mehr wird geführt werden, dass man abkommen wird davon, sagen wir, Polarisationsfiguren geradezu ins Licht hineinzukonstruieren. Das ist doch etwas, was ganz wunderbar gegangen ist bei der alten, rein mechanischen Wellentheorie, was aber bei der heutigen Lage nicht mehr in derselben Weise Geltung haben wird. Der Physiker wird dahin geführt, nun nicht bloss den Verlauf der Polarisationsfiguren zu sehen, so dass er sie ins Licht hineinkonstruiert, sondern er schaut eine Wechselwirkung des Lichtes mit der Materie, so dass also gewissermassen die Konstitution der Materie verraten wird durch das, was da auftritt, auch an anderen Erscheinungen, die insbesondere so auftreten, dass man sie als Emission elektromagnetischer Wellen ansieht. Viel interessanter ist heute, die Sachen so zu betrachten, dass man nachsieht, wie man allmählich herauskomme aus einer Anschauungsweise, die eigentlich wirklich nur darauf beruht, dass man sich so sehr gewöhnt hat an diese mechanische Anschauungsweise mit dem Äther, der ja von einigen als fester Äther konstruiert wird, von anderen als Flüssigkeit. ... (Lücke) ... Man hat sich gewöhnt an bestimmte Vorstellungen, und kommt nicht los davon, wahrhaftig... Bleibt man bei der Wellentheorie stehen, so muss man annehmen, dass man noch etwas unterlegen muss... Und da muss aufmerksam gemacht werden: Goethe war auf dem Wege, diese Unterlagen zu untersuchen. Ihn hat die ganze Undulationstheorie, die er ja noch Zeit seines Lebens gekannt hat, nicht eigentlich interessiert, sondern ihn hat interessiert, was ich in ganz ungenügender Weise angedeutet habe, indem ich die Polarität auf das Konkrete zurückgeführt habe.

Man kommt tiefer hinein in dasjenige, was Goethe wollte, gerade indem man seine «Farbenlehre» ganz von Kapitel zu Kapitel nimmt, auch bis in die sinnlich-sittlichen Wirkungen der Farben herauf, wo gewissermassen die Farben im Blickfelde verschwinden, und, man möchte sagen, geistig-seelische, moralische Eigenschaften auftreten. Man erlebt sie an der Stelle des Roten, des Blauen, wo man

übergeführt wird ins Seelische. Und Goethe würde da sagen: Eigentlich da erst erfährt man etwas in bezug auf das Wesen des Farbigen, wenn das Farbige verschwindet und etwas ganz anderes auftritt.

Da tritt dasjenige auf, was der Anfang ist zu den Wegen der höheren Erkenntnis, die durch anthroposophisch orientierte Geisteswissenschaft beschrieben werden, die dazu führen, dass man tatsächlich nicht mehr diese Trennung vornimmt zwischen Subjekt und Objekt, die ja nicht mehr spricht auf einer gewissen Erkenntnisstufe, sondern die zu einem Hinüberleben des Subjektes ins Objekt führen. Das muss beobachtet werden. Es kann keine Erkenntnistheorie geben, die jemals befriedigen kann, wenn ein absoluter Abgrund steht zwischen Subjekt und Objekt, sondern nur, wenn eben diese Gliederung - Subjekt und Objekt - im Grunde genommen doch nur eine vorläufige Annahme ist, wie erkenntnistheoretisch dargestellt worden ist. Die moderne Physik, wie sie, sagen wir, *Blanc* definiert, geht doch durchaus darauf aus, das Subjektive ganz auszuschliessen und die Erscheinungen so darzustellen, wie sie, ohne dass man auf den Menschen irgendwie Rücksicht nimmt, im objektiven Felde verlaufen. Louis Blanc sagt: Die Physik hätte eigentlich nur dasjenige aufzusuchen, was auch ein Marsbewohner - und wenn er ganz anders organisiert wäre - von der objektiven Welt behaupten könnte. Und das ist in der Tat durchaus richtig. Aber die Frage ist diese: ob man nicht auch im Menschen selbst so etwas findet, was den Ergebnissen der Physik entspricht, die rein nach Mass, Zahl und Gewicht gesucht werden, ob nicht auch dem, bei einer entsprechenden höheren Erkenntnis, etwas im Menschen entspricht. Und da muss man sagen: Ja, das ist es! Wir gehen ganz genau durch die Region durch, die dann erlebt wird und die der moderne Physiker eigentlich nur durch eine Konstruktion, eine gewisse Konstruktion aus dem Phänomen heraus, gewinnt. Nur nimmt sich diese Region so aus, dass das Substantielle, das zugrunde liegt, nicht mehr ein Materielles, sondern ein Geistiges ist. Man erwirbt sich da sogar das Recht, die Formeln der Physik in einer gewissen Form anzuwenden, setzt nur ein anderes Substantielles hinein. Newton meinte, es wird eine Art ponderabler Materie hineingegossen in die Gleichungen, die Formeln; die *Huygenssche*. Undulationstheorie: es wird nur die Zahl der Wellen hineingegossen; die neuere Theorie: es werden elektromagnetische Felder hineingegossen.

Also dasjenige, was da eigentlich auf den Formeln schwimmt, das ist etwas, worüber eine gewisse Liberalität heute schon auch im Verlaufe der Theorien herrscht. Und darum sollte man sich nicht gar zu sehr stemmen, wenn Geisteswissenschaft genötigt ist, in diese durch den Weltenraum fliegenden, tanzenden Gleichungen nun auch Geist hineinzutun. Weder dasjenige, was Newton wollte, noch das, was der ganz moderne Physiker will, sondern da eben Geist hineintun! Nur muss man eben

zuerst wissen, was Geist ist. Das beruht dann nicht auf irgendeiner Theorie, sondern auf einer höheren Erfahrung.

Ich glaube also, dass tatsächlich immer mehr und mehr zum richtigen Verständnis von Goethes Farbenlehre beigetragen wird durch dasjenige, was von Fräulein Dr. Rabel heute in so dankenswerter Weise vorgebracht worden ist. Ich glaube aber nicht, dass es möglich ist, heute auch noch auf solche Fragen einzugehen, wie sie zum Beispiel Dr. Stein noch gestellt hat. Denn man müsste nun auf das ganze Wesen der Elektrizität eingehen. Und das berührt Fragen, die eigentlich erst auf anthroposophischem Felde, ich will nicht sagen gelöst, sondern besprochen werden können. Denn da kommen wir ja natürlich in Begriffe hinein, die, möchte man sagen, alles auf den Kopf zu stellen haben, was man gewohnt ist heute, im Physikalischen theoretisch anzuerkennen.

Wenn man auch jetzt etwas davon abgekommen ist, so ist es noch nicht lange her, da rechnete man ja mit elektrischen Strömungen und dergleichen. Nun hat man es aber in der Wirklichkeit zu tun - das ist eben nur Ergebnis der höheren Erkenntnis, was ich Ihnen jetzt sagen werde - bei elektrischen Strömen nicht mit etwas, was da hineinströmt, sondern man hat es in Wirklichkeit zu tun, wenn ich schematisch das andeuten darf, damit, dass wir, wenn man hier einen Draht hat, durch den eine sogenannte elektrische Strömung geht, eine Aussparung haben in der Realität.

Wenn ich die Realität - ich rede jetzt von einem Grad der Realität, das werden ja viele nicht gelten lassen -, wenn ich die Realität zum Beispiel hier mit +a bezeichnen will, so müsste ich die Realität innerhalb des Drahtes mit -a bezeichnen. Und dann haben wir da ein Hereinsaugen desjenigen, was eigentlich immer wie ein Hereinfließen angesehen wird. Und man hat es im wesentlichen damit zu tun, dass, wenn ein elektrischer Leiter da ist, so stellt er eigentlich nicht ein Ausfüllendes, sondern einen Hohlraum im Geistigen dar.

Und das führt uns dann hinüber zu der Willensnatur, die hier Dr. Stein nur vorempfunden hat, die ja auch eigentlich darauf beruht, dass man es nicht zu tun hat, sagen wir, mit Nerven, die ausfüllen, sondern mit Hohlrinnen, Hohlröhren, durch die das Geistige angesaugt wird und durch die das Geistige durchgeht.

Das aber, wie gesagt, würde heute viel zu weit führen, und ich habe mir eigentlich nur die Aufgabe setzen können zu zeigen, inwieferne oder vielmehr *wie* das damals gemeint war, als ich gesagt habe: Diese neueren Erscheinungen liegen eigentlich in der Linie der Weiterentwicklung der Goetheschen Farbenlehre.

I • 01 STELLUNG DER MATHEMATIK: PHORONOMIE UND MECHANIK

Naturwissenschaft – GA-320 Geisteswissenschaftliche Impulse zur Entwicklung der Physik

Drei Forschungsrichtungen der gewöhnlichen Naturwissenschaft. Im Gegensatz dazu Goethes Methode. Stellung der Mathematik: Phoronomie und Mechanik. Zentralkräfte mit Potential - periphere Universalkräfte ohne Potential.

Erster Vortrag, Stuttgart, 23. Dezember 1919

Nach den eben verlesenen Worten, von denen einige ja schon über dreissig Jahre alt sind, möchte ich bemerken, dass es natürlich nur zunächst Streiflichter sein können, die ich in dieser kurzen Zeit, die uns zur Verfügung stehen wird, Ihnen werde für die Anschauung des natürlichen Daseins bringen können. Denn erstens werden wir, zumal ja nicht sehr viel Zeit sein wird, das diesmal Begonnene in nicht sehr ferner Zukunft weiter hier fortsetzen können, zweitens aber ist mir ja von der Absicht eines solchen Kurses erst, als ich hier schon angekommen war, Mitteilung gemacht worden. Und daher wird es sich um etwas recht, recht sehr Episodisches in diesen Tagen nur handeln können.

Ich möchte Ihnen auf der einen Seite etwas geben, was für den Pädagogen brauchbar sein kann, weniger vielleicht nach der Richtung hin, dass er es unmittelbar so, wie ich es hier geben werde, inhaltlich im Unterricht verwerten wird können, als vielmehr nach der Richtung hin, dass es das Lehren durchdringen könne als eine gewisse wissenschaftliche Grundrichtung. Auf der anderen Seite wird es ja immer für den Pädagogen von ganz besonderer Bedeutung sein, neben den mancherlei Abirrungen, welche gerade das Naturwissen in der neueren Zeit erfahren hat, wenigstens im Hintergrunde das Richtige zu haben, und auch von diesem Gesichtspunkte aus möchte ich Ihnen einzelne Anhaltspunkte geben.

Ich möchte zu den Worten, an die freundschaftlicher Weise von Dr. Stein eben erinnert worden ist, etwas hinzufügen, das ich im Beginne der neunziger Jahre aussprechen musste, als ich vom Frankfurter Freien Hochstift aufgefordert wurde, einen Vortrag über Goethes Naturwissenschaft zu halten. Ich sagte dazumal in der Einleitung, dass ich mich darauf beschränken müsse, mehr über die Beziehungen Goethes zur organischen Naturwissenschaft zu sprechen. Denn dasjenige, was Goethes Weltanschauung ist, heute schon hineinzutragen etwa in die physikalische und

chemische Anschauung, das ist schier eine Unmöglichkeit, weil einfach die Physiker und Chemiker heute dazu verurteilt sind durch alles das, was in Physik und Chemie lebt, das von *Goethe* Ausgehende geradezu als eine Art Unsinn anzusehen, als etwas, wobei sie sich nichts vorstellen können. Und ich meinte damals, man müsse abwarten, bis Physik und Chemie durch ihre eigene Forschung gewissermassen dahin geführt werden einzusehen, wie der Grundbau ihres wissenschaftlichen Strebens sich selber ad absurdum führt. Dann werde die Zeit gekommen sein, wo auch auf dem Gebiete der Physik und Chemie Goethesche Ansichten Platz greifen können.

Nun werde ich mich bemühen, einen Einklang zu schaffen zwischen dem, was man etwa experimentelle Naturwissenschaft nennen kann, und dem, was die Anschauung betrifft, die man über die Ergebnisse des Experiments gewinnen kann. Heute möchte ich einleitungsweise und, wie man oft sagt, theoretisch einiges zur Verständigung vorbringen. Ich möchte heute geradezu darauf abzielen, hinzuarbeiten auf ein wirkliches Verstehen des Gegensatzes zwischen landläufiger, gebräuchlicher Naturwissenschaft und demjenigen, was man als naturwissenschaftliche Anschauung aus *Goethes* allgemeiner Weltanschauung gewinnen kann. Wir werden dazu allerdings ein wenig auf die Voraussetzungen des naturwissenschaftlichen Denkens theoretisch eingehen müssen. Wer heute im landläufigen Sinne über die Natur denkt, der macht sich gewöhnlich nicht eine klare Vorstellung darüber, was eigentlich sein Forschungsfeld ist. Natur ist, ich möchte sagen, zu einem ziemlich unbestimmten Begriff geworden. Wir wollen daher nicht ausgehen etwa von der Anschauung, die man heute hat über das Wesen dessen, was Natur ist, sondern vielmehr davon, wie in der Naturwissenschaft gewöhnlich gearbeitet wird. Diese Arbeitsweise, wie ich sie charakterisieren werde, ist ja in der Tat etwas in Umwandlung begriffen, und es gibt manches, was man deuten kann wie die Morgenröte einer neuen Weltanschauung. Aber im ganzen herrscht doch dasjenige, was ich Ihnen heute ganz einleitungsweise charakterisieren möchte.

Der Forscher sucht heute von drei Ausgangspunkten aus der Natur beizukommen. Das erste ist, dass er versucht, die Natur so zu beobachten, dass er von den Naturwesen und Naturerscheinungen aus zu Art- und Gattungsbegriffen kommt. Er versucht, die Naturerscheinungen und Wesenheiten zu gliedern. Sie brauchen sich nur daran zu erinnern, wie dem Menschen in der äusseren, sinnlichen Erfahrung gegeben sind, ich will sagen, einzelne Wölfe, einzelne Hyänen, einzelne Wärmeerscheinungen, einzelne Elektrizitätserscheinungen und wie er dann versucht, solche einzelne Erscheinungen zusammenzufassen und in Arten und Gattungen zu vereinigen; wie er spricht von der Art Wolf, der Art Hyäne usw., wie er auch bei den Naturerscheinungen spricht von gewissen Arten, wie er also das zusammenfasst, was im einzelnen gegeben ist. Man möchte sagen: Diese wichtige erste Tätigkeit, die

ausgeübt wird im Naturforschen, sie wird schon etwas unter der Hand ausgeübt. Man wird sich nicht bewusst, dass man eigentlich nachforschen müsste, wie sich dieses Allgemeine, zu dem man kommt, wenn man einteilt und gliedert, wie sich das zu der Einzelheit verhält.

Das zweite, was heute getan wird, wenn man sich auf dem Felde der Naturforschung betätigt, ist, dass man versucht, entweder durch das vorbereitende Experiment oder durch dasjenige, was sich daran anschliesst durch die begriffliche Verarbeitung der Ergebnisse desselben, zu dem zu kommen, was man die Ursachen der Erscheinungen nennt. Wenn man von denselben spricht, so hat man ja oftmals im Sinne Kräfte, Stoffe - man spricht von der Kraft der Elektrizität, der Kraft des Magnetismus, der Kraft der Wärme usw. -, man hat auch oftmals Umfassenderes im Sinne. Man spricht davon, dass hinter den Lichterscheinungen oder auch hinter den Elektrizitätserscheinungen so etwas ist wie der unbekannte Äther. Man versucht, aus den Ergebnissen der Experimente auf die Eigenschaften dieses Äthers zu kommen. Sie wissen, alles dasjenige, was über diesen Äther ausgesagt wird, ist ausserordentlich strittig. Aber auf eines darf wohl dabei gleich aufmerksam gemacht werden: Man sucht, indem man so, wie man sagt, zu den Ursachen der Erscheinungen aufsteigen will, vom Bekannten in eine Art Unbekanntes hinein den Weg, und man fragt nicht viel darüber nach, welche Berechtigung eigentlich vorliegt, von dem Bekannten in das Unbekannte hineinzukommen. Man gibt sich nur wenig zum Beispiel Rechenschaft darüber, welches Recht eigentlich vorliegt, davon zu sprechen, dass, wenn wir irgendeine Licht- oder Farbenercheinung wahrnehmen, so sei das, was wir subjektiv als Farbenqualität bezeichnen, die Wirkung auf uns, auf unser Seelisches, auf unseren Nervenapparat, sei die Wirkung eines objektiven Vorgangs, der sich im Weltenäther als Wellenbewegung abspielt. So dass wir eigentlich unterscheiden müssten ein Zweifaches: den subjektiven Vorgang und den objektiven, der in einer Wellenbewegung des Äthers oder in der Wechselwirkung desselben mit den Vorgängen in der ponderablen Materie besteht.

Diese Anschauungsweise, die jetzt ja ein wenig ins Wanken gekommen ist, sie war diejenige, die das neunzehnte Jahrhundert beherrscht hat und die eigentlich in der Art und Weise, wie man über die Erscheinungen spricht, heute noch überall zu finden ist, die noch unsere wissenschaftliche Literatur durchdringt, die durchdringt die Art und Weise, wie über die Dinge gesprochen wird.

Dann aber ist noch ein Drittes, wodurch sich der sogenannte Naturforscher zu nähern sucht der Konfiguration der Natur. Das ist, dass er die Erscheinungen ins Auge fasst. Nehmen wir eine einfache Erscheinung, diejenige, dass jeder Stein, wenn wir ihn loslassen, zur Erde fällt oder, wenn wir ihn an eine Schnur anbinden und hängen lassen, er in senkrechter Richtung zur Erde zieht. Solche Erscheinun-

gen fasst man zusammen und kommt von diesen Erscheinungen zu demjenigen, was man Naturgesetz nennt. So betrachtet man es als ein einfaches Naturgesetz, wenn man sagt: Jeder Weltenkörper zieht die auf ihm befindlichen Körper an. Man nennt die Kraft, die da wirkt, die Gravitation oder Schwerkraft, und man spricht solch eine Kraft in bestimmten Gesetzen aus. Ein Musterbeispiel für solche Gesetze sind zum Beispiel die drei Keplerschen Gesetze.

Auf diese drei Arten versucht sich die sogenannte Naturforschung der Natur zu nähern. Nun möchte ich gleich dem entgegenstellen, wie Goethesche Naturanschauung eigentlich von allen dreien das Gegenteil anstrebt. Erstens war für Goethe, als er anfang, sich mit den Naturerscheinungen zu befassen, die Gliederung in Arten und Gattungen sowohl der Naturwesen wie der Naturtatsachen, sogleich etwas höchst Problematisches. Er wollte nicht gelten lassen die Hinaufführung der einzelnen konkreten Wesen und konkreten Tatsachen auf gewisse starre Art- und Gattungsbegriffe, wollte vielmehr verfolgen den allmählichen Übergang der einen Erscheinung in die andere, wollte verfolgen den Übergang der einen Gestaltung eines Wesens in die andere. Das, worum es ihm zu tun war, war nicht artliche und gattungsmässige Gliederung, sondern es war Metamorphose, sowohl der Naturerscheinungen wie auch der einzelnen Wesenheiten in der Natur. Aber auch in dem Sinn, wie das noch die ganze Nach-Goethesche Naturforschung getan hat, auf sogenannte Naturursachen zu gehen, auch das war nicht eigentlich nach Goethes Vorstellungsart, und gerade in diesem Punkt ist es von grosser Wichtigkeit, sich bekanntzumachen mit dem prinzipiellen Unterschied, der besteht zwischen der Art der gegenwärtigen Naturforschung und der Art, wie Goethe an die Natur herantritt.

Die gegenwärtige Naturforschung macht Experimente. Sie verfolgt also die Erscheinungen, versucht dann, diese begrifflich zu verarbeiten und sucht sich Vorstellungen zu bilden über dasjenige, was hinter den Erscheinungen als die sogenannten Ursachen steht, zum Beispiel hinter der subjektiven Licht- und Farbenercheinung die objektive Wellenbewegung im Äther.

Goethe verwendet das ganze naturwissenschaftliche Denken nicht in diesem Stile. Er geht gar nicht in seiner Naturforschung von dem sogenannten Bekannten in das sogenannte Unbekannte hinein, sondern er will immer in dem Bekannten stehenbleiben, ohne dass er sich zunächst darum bekümmert, ob das Bekannte bloss subjektiv, also eine Wirkung auf unsere Sinne oder auf unsere Nerven oder auf unsere Seele ist, oder ob es objektiv ist. Solche Begriffe, wie die der subjektiven Farbenercheinungen und der objektiven Wellenbewegungen draussen im Räume, solche bildet sich Goethe gar nicht, sondern ihm ist dasjenige, was er ausgebreitet im Raum, was er vorgehend in der Zeit sieht, ein durchaus Einheitliches, bei dem er nicht nach Subjektivität und Objektivität fragt. Er verwendet gar nicht jenes Denken

und jene Methoden, die in der Naturwissenschaft angewendet werden, dazu, um von dem Bekannten auf das Unbekannte zu schliessen, sondern er verwendet alles Denken, alle Methoden dazu, die Phänomene, die Erscheinungen selbst so zusammenzustellen, dass man durch diese Zusammenstellung der Phänomene, der Erscheinungen zuletzt solche Erscheinungen bekommt, die er Urphänomene nennt, die nun wiederum, ohne dass man Rücksicht nimmt auf subjektiv und objektiv, das aussprechen, was er zur Grundlage seiner Welt- und Naturbetrachtung machen will. Also, Goethe bleibt stehen innerhalb der Reihe der Erscheinungen, vereinfacht sie nur und betrachtet dann dasjenige, was sich als einfache Erscheinungen überschauen lässt, als das Urphänomen.

Goethe betrachtet also das Ganze, was man nennen kann naturwissenschaftliche Methode, nur als Werkzeug, um innerhalb der Erscheinungssphäre selbst so die Erscheinungen zu gruppieren, dass sie selbst ihre Geheimnisse aussprechen. Nirgends versucht Goethe von einem sogenannten Bekannten auf irgendein Unbekanntes zu rekurrieren. Daher gibt es für Goethe auch nicht das, was man Naturgesetz nennen kann.

Ein Naturgesetz haben Sie, wenn ich sage: Bei den Umläufen um die Sonne machen die Planeten gewisse Bewegungen, bei denen diese und diese Bahnen beschrieben werden. - Für Goethe handelte es sich nicht darum, zu solchen Gesetzen zu kommen, sondern dasjenige, was er ausspricht als die Grundlage seines Forschens, sind Tatsachen, zum Beispiel die Tatsache, wie zusammenwirken Licht und in den Weg des Lichts gestellte Materie. Wie die zusammenwirken, das spricht er in Worten aus, das ist kein Gesetz, sondern eine Tatsache. Und solche Tatsachen sucht er seiner Naturbetrachtung zugrunde zu legen. Er will nicht von dem Bekannten zu dem Unbekannten aufsteigen, er will auch nicht Gesetze haben, er will im Grunde genommen eine Art rationeller Naturbeschreibung haben. Nur dass ein Unterschied für ihn besteht zwischen der Beschreibung des Phänomens, das unmittelbar ist, das kompliziert ist, und dem anderen, das man herausgeschält hat, das nur noch die einfachsten Elemente aufweist, das dann ebenso von Goethe der Naturbetrachtung zugrunde gelegt wird wie sonst das Unbekannte oder auch der rein begrifflich festgesetzte, gesetzmässige Zusammenhang.

Nun liegt noch etwas vor, was geradezu Licht verbreiten kann über dasjenige, was herein will in unsere Naturbetrachtung im Goetheanismus, und über dasjenige, was da ist. Es liegt die merkwürdige Tatsache vor, dass kaum irgend jemand so klare Anschauungen hatte über die Beziehungen der Naturerscheinungen zu der mathematischen Betrachtung wie Goethe. Das wird ja immer gewöhnlich bestritten. Einfach, weil Goethe selbst kein ausgepichteter Mathematiker war, wird bestritten, dass er eine klare Anschauung hatte von den Beziehungen der Naturerscheinungen

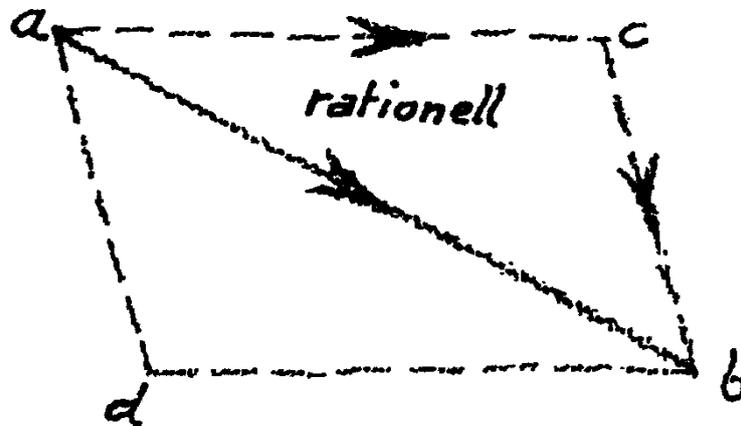
zu den mathematischen Formulierungen, die immer beliebter und beliebter geworden sind und die im Grunde genommen das einfach Sichere in der Naturbetrachtung heute sind. Nun handelt es sich darum, dass in neuerer Zeit immer mehr und mehr diese mathematische Betrachtungsweise der Naturerscheinungen - also, es wäre falsch zu sagen: die mathematische Naturbetrachtung -, diese Betrachtung der Naturerscheinungen durch mathematische Formulierungen, dass diese gerade auch massgebend geworden ist für die Art, wie man sich die Natur selbst vorstellt.

Nun muss man über diese Dinge zur Klarheit kommen. Sehen Sie, da haben wir auf dem gebräuchlichen Wege zur Natur hin eigentlich zunächst dreierlei. Dieses Dreierlei, das ist vom Menschen angewendet, bevor er eigentlich zur Natur kommt. Das erste ist die gewöhnliche Arithmetik. Wir rechnen ausserordentlich viel in der Naturbetrachtung heute, wir rechnen und zählen. Nun muss man sich klar darüber sein, dass die Arithmetik etwas ist, was der Mensch durchaus durch sich selbst begreift. Es ist ganz gleichgültig, was wir zählen, wenn wir zählen. Indem wir Arithmetik in uns aufnehmen, nehmen wir etwas in uns auf, das zunächst gar keinen Bezug zur Aussenwelt hat. Daher können wir ebensogut Erbsen wie Elektronen zählen. Die Art und Weise, wie wir einsehen, dass unsere Zähl- und Rechenmethoden richtig sind, die ist etwas ganz anderes als das, was sich uns ergibt *in* dem Vorgang, auf den wir die Arithmetik anwenden.

Das zweite ist noch immer etwas, was wir ausüben, bevor wir eigentlich an die Natur herankommen. Es ist das, was Gegenstand der Geometrie ist. Was ein Würfel, was ein Oktaeder ist, wie ihre Winkel sind, das machen wir aus, ohne dass wir unsere Beobachtung über die Natur ausdehnen, das ist etwas, was wir aus uns heraus spinnen. Dass wir die Dinge zeichnen, ist nur etwas, was unserer Trägheit dient. Wir könnten ebensogut alles dasjenige, was wir durch Zeichnung veranschaulichen, uns bloss vorstellen, und es ist sogar nützlich, wenn wir uns manches bloss vorstellen und weniger die Leiter der Veranschaulichung benützen. Daraus ergibt sich, dass dasjenige, was wir auszusagen haben über die geometrische Form, aus einem Gebiet genommen ist, das zunächst fern der äusseren Natur steht. Was wir auszusagen haben über einen Würfel, das wissen wir, ohne dass wir es ablesen vom Steinsalzwürfel. Aber es muss sich an diesem auch finden. Wir machen also etwas fern der Natur und wenden es dann auf die Natur an.

Ein Drittes, mit dem wir noch immer nicht an die Natur herandrängen, ist das, was wir treiben in der sogenannten Phoronomie, in der Bewegungslehre. Nun ist es doch von einer gewissen Wichtigkeit, dass Sie sich klar machen, wie auch diese Phoronomie etwas ist, was im Grunde genommen noch ferne steht der sogenannten wirklichen Naturerscheinung. Sehen Sie, ich stelle mir vor - ich sehe nicht auf einen be-

wegten Gegenstand hin, sondern ich stelle mir vor -, dass ein Gegenstand sich bewegt von, sagen wir, Punkt *a* nach Punkt *b*. Ich sage sogar,

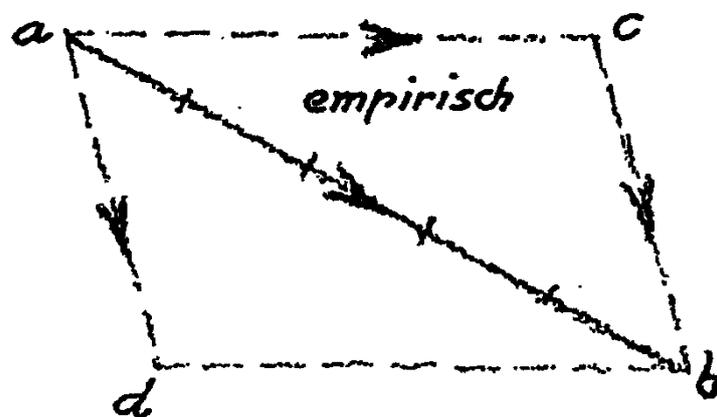


es bewege sich der *Punkt a* nach Punkt *b* hin. Das stelle ich mir vor. Nun kann ich mir jederzeit vorstellen, dass diese Bewegung von *a* nach *b*, die ich durch den Pfeil angedeutet habe, aus zwei Bewegungen zusammengesetzt ist. Denken Sie sich einmal, der Punkt *a* würde nach *b* kommen sollen, aber er würde nicht gleich die Richtung nach *b* einschlagen, sondern er würde sich zunächst in der Richtung bewegen bis *c*. Wenn er sich dann hinterher von *c* nach *b* bewegt, so kommt er auch bei *b* an. Ich kann also die Bewegung von *a* nach *b* mir auch so vorstellen, dass sie nicht auf der Linie *a-b* verläuft, sondern auf der Linie oder auf den zwei Linien *a-c-b*. Das heisst, ich kann mir vorstellen, dass die Bewegung *a-b* zusammengesetzt ist aus der Bewegung *a-c* und *c-b*, also aus zwei anderen Bewegungen. Sie brauchen gar nicht einen Naturvorgang zu verfolgen, sondern Sie können sich vorstellen, dass die Bewegung *a-b* aus den beiden anderen Bewegungen zusammengesetzt ist, das heisst, dass statt der einen Bewegung die beiden anderen Bewegungen mit demselben Effekt ausgeführt werden könnten. Wenn ich mir das vorstelle, so ist dieses Vorgestellte rein aus mir herausgesponnen. Denn statt dass ich das gezeichnet habe, hätte ich Ihnen Anleitung geben können zum Vorstellen der Sache, und das müsste eine für Sie gültige Vorstellung sein.

Aber wenn in der Natur wirklich so etwas wie ein Punkt *a* da ist, ein kleines Schrotkorn etwa, und sich einmal von *a* nach *b* bewegt und ein anderes Mal von *a* nach *c* und von *c* nach *b* bewegt, so geschieht das wirklich, was ich mir vorgestellt habe. Das heisst, in der Bewegungslehre ist es so, dass ich mir die Bewegungen vorstelle, aber dass dieses Vorgestellte anwendbar ist auf die Naturerscheinungen, sich bewähren muss an-den Naturerscheinungen.

So also können wir sagen: In Arithmetik, in Geometrie, in Phoronomie haben wir die drei Vorstufen der Naturbetrachtung. Die Begriffe, die wir dabei gewinnen, spinnen wir ganz aus uns selbst heraus, aber sie sind massgebend für dasjenige, was in der Natur geschieht.

Nun bitte ich Sie, einen kleinen Erinnerungsspaziergang zu machen in Ihr mehr oder weniger lang zurückliegendes Physikstudium und sich zu erinnern, dass einmal darin Ihnen so etwas entgegengetreten ist wie das sogenannte Kräfte-Parallelogramm: Wenn auf einen Punkt a eine Kraft wirkt, so kann diese Kraft den Punkt a nach dem Punkt b ziehen. Also unter dem Punkt a verstehe ich irgend etwas Materielles, sagen wir wiederum ein kleines Körnchen. Das ziehe ich durch eine Kraft von a nach b . Bitte den Unterschied zu beachten zwischen dem, wie ich jetzt spreche und wie ich vorhin gesprochen habe. Ich habe vorhin von der Bewegung gesprochen, jetzt spreche ich davon, dass eine Kraft das a nach b zieht. Wenn Sie das Mass der Kraft, die von a nach b zieht, sagen wir mit fünf Gramm, ausdrücken durch Strecken (es wird gezeichnet): ein Gramm, zwei Gramm, drei Gramm, vier Gramm, fünf Gramm,



so können Sie sagen: Ich ziehe mit der Kraft von fünf Gramm das a nach b . Ich könnte den ganzen Vorgang auch anders gestalten, könnte mit einer gewissen Kraft das a zuerst nach c ziehen. Wenn ich es aber von a nach c ziehe, dann kann ich noch einen zweiten Zug ausführen. Ich kann ziehen in derselben Richtung, die hier durch die Verbindungslinie von c nach b angegeben ist, und ich muss dann ziehen mit einer Kraft, welche entspricht dieser Länge. Wenn ich also hier mit einer Kraft von fünf Gramm ziehe, so müsste ich aus dieser Figur ausrechnen, wie gross der Zug $a-c$ sein muss und wie gross der Zug $c-b$ sein muss. Und wenn ich zu gleicher Zeit ziehe von a nach c und a nach d , so ziehe ich das a so fort, dass es zuletzt

nach b kommt, und ich kann berechnen, wie stark ich nach c und wie stark ich nach d ziehen muss. Aber das kann ich nicht so ausrechnen, wie ich die Bewegung ausrechnen kann im obigen Beispiel. Was ich hier oben für die Bewegung finde, das kann ich in der Vorstellung ausrechnen. Sobald ein wirklicher Zug, das heisst eine wirkliche Kraft ausgeübt wird, muss ich diese Kraft irgendwie messen. Da muss ich an die Natur selbst herangehen, da muss ich schreiten von der Vorstellung in die Tatsachenwelt hinein. Und je klarer Sie sich machen diesen Unterschied zwischen dem Bewegungs-Parallelogramm - ein Parallelogramm wird es ja auch, wenn Sie sich dieses (erste Figur, d) ergänzen - und dem Kräfte-Parallelogramm, um so klarer und schärfer haben Sie ausgedrückt den Unterschied zwischen all dem, was sich innerhalb der Vorstellung festsetzen lässt, und dem, was da liegt, wo die Vorstellungen aufhören. Sie können zu Bewegungen in der Vorstellung kommen, aber nicht zu Kräften. Die müssen Sie in der Aussenwelt messen. Und Sie können überhaupt nur, wenn Sie es äusserlich experimentell feststellen, konstatieren, dass, wenn zwei Züge ausgeübt werden, von a nach c und von a nach d , dass dann a nach b gezogen wird nach den Gesetzen des Kräfte-Parallelogramms. Es gibt gar keinen Vorstellungsbeweis wie oben. Das muss äusserlich gemessen werden. Daher kann man sagen: Das Bewegungs-Parallelogramm wird gewonnen aus der blossen Vernunft heraus, das Kräfte-Parallelogramm muss gewonnen werden auf empirische Weise durch äussere Erfahrungen. Und indem Sie unterscheiden Bewegungs-Parallelogramm von Kräfte-Parallelogramm, haben Sie haarscharf vor sich den Unterschied zwischen Phoronomie und Mechanik. Die Mechanik, die es schon zu tun hat mit Kräften, nicht mehr bloss mit Bewegungen, ist bereits eine Naturwissenschaft. Eine eigentliche Naturwissenschaft ist Arithmetik, ist Geometrie, ist Phoronomie noch nicht. Nur die Mechanik hat es mit der Wirkung von Kräften im Raum und in der Zeit zu tun. Aber man muss über das Vorstellungslieben hinausgehen, wenn man zu dieser ersten Naturwissenschaft, zu der Mechanik, vorschreiten will.

Schon hier in diesem Punkt denken eigentlich unsere Zeitgenossen nicht klar genug. Ich will Ihnen an einem Beispiel anschaulich machen, wie gewaltig eigentlich der Sprung ist von der Phoronomie in die Mechanik hinein. *Die phoronomischen Erscheinungen* können ganz innerhalb des Vorstellungsraumes verlaufen, die *mechanischen Erscheinungen* aber werden von uns zunächst nur geprüft werden können an der Aussenwelt. Man macht sich das so wenig klar, dass man eigentlich immer etwas konfundiert dasjenige, was man noch mathematisch einsehen kann, mit demjenigen, worinnen schon die Entitäten der Aussenwelt spielen. Denn, was muss da sein, wenn wir vom Kräfte-Parallelogramm reden? Solange wir vom Bewegungs-Parallelogramm reden, braucht nichts da zu sein als ein gedachter Körper. Aber dort beim Kräfte-Parallelogramm muss schon da sein eine Masse, eine Masse, die zum Beispiel Gewicht hat. Darüber muss man sich klar sein: In a muss eine Masse sein.

Jetzt fühlt man sich wohl auch gedrungen zu fragen: Was ist das eigentlich, eine Masse?

Ja, da wird man gewissermassen sagen müssen: Hier stocke ich schon. Denn es stellt sich heraus, dass, wo man dasjenige verlässt, was in der Vorstellungswelt so festgesetzt werden kann, dass es für die Natur gilt, dass wenn man da hineinkommt, man auf ziemlich unsicherem Gebiete steht. Sie wissen ja, dass man, um gewissermassen mit Arithmetik, mit Geometrie und Phoronomie und mit dem, was man ein bisschen hereinholt von der Mechanik, auszukommen, sich mit dem ausrüstet und dann versucht, durch die Mechanik der Moleküle, der Atome, in die man sich zerteilt denkt das, was man Materie nennt, sich vorzustellen die Naturerscheinungen, die man zunächst als subjektive Erfahrungen betrachtet. Wir greifen irgendeinen warmen Körper an. Der Naturforscher erzählt uns: Das, was du da Wärme nennst, ist Wirkung auf deine Wärmenerven. Objektiv vorhanden ist die Bewegung der Moleküle, der Atome. Die kannst du studieren nach den Gesetzen der Mechanik. - Und so studiert man die Gesetze der Mechanik, Atome und Moleküle, und man hat ja lange Zeit geglaubt, durch das Studium der Mechanik der Atome und so weiter überhaupt alle Naturerscheinungen erklären zu können. Heute ist das ja schon im Wanken. Aber auch dann muss man, selbst wenn man bis zum Atom gedanklich vorgeht, durch allerlei Experimente dazu kommen, sich zu fragen: Ja, wie tritt denn da die Kraft auf? Wie wirkt die Masse? Wenn man bis zum Atom vordringt, so muss man fragen nach der Masse des Atoms und muss weiter fragen: Wie erkennt man sie? Man kann gewissermassen die Masse auch nur an ihrer Wirkung erkennen.

Nun, man hat sich gewöhnt, das Kleinste, was man anspricht als Träger mechanischer Kraft, so an der Wirkung zu erkennen, dass man sich die Frage beantwortet hat: Wenn ein solcher kleinster Teil einen anderen kleinen Teil, sagen wir einen kleinen Teil einer Materie von dem Gewicht eines Gramms, in Bewegung versetzt, so muss da eine Kraft ausgehen von dieser Materie, die die andere in Bewegung versetzt. Wenn diese Masse die andere Masse, welche ein Gramm schwer ist, so in Bewegung versetzt, dass diese andere Masse in einer Sekunde einen Zentimeter weit fliegt, so hat die erste Masse eine Kraft angewendet, die man sich gewöhnt hat als eine Art von «Welteinheit» zu betrachten. Und wenn man sagen kann: Irgendeine Kraft ist sovielmals grösser als diese Kraft, welche man anwenden muss, um ein Gramm in einer Sekunde einen Zentimeter weit zu bringen, so weiss man, wie sich diese Kraftanwendung zu einer gewissen Welteinheit verhält. Diese Welteinheit ist, wenn man sie ausdrücken würde durch ein Gewicht, 0,001019 Gramm. Also würde man sagen können: Solch ein atomistischer Körper, über dessen Kraftanwendung wir nicht weiter zurückgehen in der Natur, der ist imstande, irgendeinem Körper von

einem Gramm Grösse einen solchen Schubs zu geben, dass dieser in einer Sekunde einen Zentimeter weit fliegt.

Aber ausdrücken, was in dieser Kraft steckt, wie kann man es nur? Man kann es, wenn man auf die Waage geht: Diese Kraft kommt gleich dem Druck, der sich ausdrückt durch 0,001019 Gramm beim Wägen. Also, durch etwas sehr Äusserliches, Reales muss ich mich ausdrücken, wo ich an das heran will, was in der Welt Masse genannt wird. Ich kann dasjenige, was ich da ersinne als Masse, dadurch ausdrücken, dass ich etwas, was ich auf äusserlichen Wegen kennenlerne, ein Gewicht, ins Feld führe. Ich drücke die Masse nur aus durch ein Gewicht. Selbst wenn ich in das Atomisieren der Masse gehe, drücke ich mich durch ein Gewicht aus.

Damit möchte ich Ihnen eben scharf den Punkt bezeichnen, wo wir gewissermassen aus dem a priori Festzustellenden in das Naturgemässe hineinkommen. Und ich möchte Sie darauf aufmerksam machen, wie notwendig es ist, sich klar zu machen, inwieweit anwendbar ist dasjenige, was wir ausser aller Natur feststellen in Arithmetik, Geometrie, Phoronomie, inwieweit das massgebend sein kann für das, was uns eigentlich von ganz anderer Seite entgegentritt, was uns zum ersten Mal entgegentritt in der Mechanik und was eigentlich erst der Inhalt dessen sein kann, was wir als Naturerscheinung bezeichnen.

Sehen Sie, Goethe war sich darüber klar, dass man von Naturerscheinungen überhaupt erst sprechen kann in dem Augenblick, wo wir von der Phoronomie in die Mechanik eintreten. Und weil er dieses wusste, daher war es ihm so klar, welche Beziehung einzig und allein die für die Naturwissenschaft auch so vergötterte Mathematik für diese Naturwissenschaft haben kann.

An einem Beispiele möchte ich Ihnen dies noch klar machen: So wie wir sagen können, das einfachste Element in der Naturkraftwirkung, das wäre irgendein atomistischer Körper, der imstande ist, ein Gramm in einer Sekunde einen Zentimeter weit zu schleudern, so können wir schliesslich bei allen Kraftwirkungen davon sprechen, dass von irgendeiner Seite her die Kraft ausgeht und nach irgendeiner Seite hin wirkt. Daher können wir uns gewöhnen - und diese Gewöhnung ist ja auch in der Naturwissenschaft gang und gäbe -, für die Naturwirkungen gewissermassen überall die Punkte aufzusuchen, von denen die Kräfte ausgehen. Wir werden an zahlreichen Fällen sehen, dass wir gewissermassen Erscheinungsfelder haben werden, und von diesen gehen wir zurück auf die Punkte, von denen die Kräfte ausgehen, die die Erscheinungen beherrschen. Daher spricht man für solche Kräfte, für die man die Punkte sucht, von denen sie ausgehen, damit sie die Erscheinungsfelder beherrschen, von Zentralkräften, weil sie immer von Zentren ausgehen. Wir könnten auch sagen: Von Zentralkräften sind wir berechtigt zu reden, wenn wir an einen

Punkt gehen, von dem aus ganz bestimmte Kräfte gehen, die ein Erscheinungsfeld beherrschen. Dann aber muss nicht immer dieses Kräftespiel wirklich stattfinden, sondern es kann so sein, dass in dem Zentralpunkt gewissermassen nur die Möglichkeit vorhanden ist, dass dieses Kräftespiel stattfindet und dass erst dadurch, dass gewisse Bedingungen eintreten in der umliegenden Sphäre, diese Kräfte zur Tätigkeit kommen.

Wir werden sehen im Laufe dieser Tage, wie gewissermassen in den Punkten Kräfte konzentriert sind, die noch nicht spielen. Erst wenn wir gewisse Bedingungen erfüllen, dann rufen sie in ihrer Umgebung Erscheinungen hervor. Aber wir müssen doch einsehen, dass in diesem Punkt oder in diesem Raum Kräfte konzentriert sind, die auf ihre Umgebung wirken können. Das ist es eigentlich, was wir immer aufsuchen, wenn wir von der Welt physikalisch reden. Alles physikalische Forschen besteht darin, dass wir die Zentralkräfte nach ihren Zentren hin verfolgen, dass wir versuchen, zu den Punkten vorzudringen, von welchen Wirkungen ausgehen können. Daher müssen wir annehmen, dass es für solche Naturwirkungen Zentren gibt, die gewissermassen nach gewissen Richtungen hin mit Wirkungsmöglichkeiten geladen sind. Diese Wirkungsmöglichkeiten können wir allerdings durch allerlei Vorgänge messen und wir können auch in Massen ausdrücken, wie stark solch ein Punkt wirken kann. Wir nennen da im allgemeinen, wenn in einem solchen Punkt Kräfte konzentriert sind, die wirken können, wenn wir gewisse Bedingungen erfüllen, wir nennen das Mass solcher Kräfte, die da konzentriert sind, das Potential, das Kräfte- Potential. Daher können wir auch sagen: Wir gehen darauf aus, wenn wir Naturwirkungen studieren, Zentralkräfte nach ihren Potentialen hin zu verfolgen. Wir gehen nach gewissen Mittelpunkten hin, um diese Mittelpunkte als Ausgangspunkte von Potentialkräften zu studieren.

Sehen Sie, das ist im Grunde genommen der Gang, den diejenige naturwissenschaftliche Richtung macht, die alles in Mechanik verwandeln möchte. Sie sucht die Zentralkräfte, beziehungsweise die Potentiale der Zentralkräfte. Hier handelt es sich darum, nun, wie durch einen wichtigen Schritt in der Natur selbst sich klar zum Bewusstsein zu bringen: Sie können unmöglich eine Erscheinung, in die das Leben hineinspielt, verstehen, wenn Sie nur nach dieser Methode vorgehen, wenn Sie nur suchen die Potentiale für Zentralkräfte. Wenn Sie nach dieser Methode studieren wollten das Kräftespiel in einem tierischen Keim oder in einem pflanzlichen Keim, Sie würden nie zurechtkommen. Es ist ja ein Ideal der heutigen Naturwissenschaft, auch die organischen Erscheinungen durch Potentiale zu studieren, durch irgendwie geartete Zentralkräfte. Das wird die Morgenröte einer neuen Weltanschauung auf diesem Gebiete sein, dass man darauf kommen wird: Durch das Verfolgen solcher Zentralkräfte geht es nicht, kann man Erscheinungen, durch die das Leben spielt, nicht studieren. Denn warum nicht? Ja, stellen wir uns einmal schematisch vor, wir

gingen darauf aus, physikalisch-versuchlich Naturvorgänge zu studieren. Wir gehen zu Zentren, studieren die Wirkungsmöglichkeiten, die von solchen Zentren ausgehen können. Da finden wir die Wirkung. Also, wenn ich die drei Punkte a, b, c in ihren Potentialen ausrechne, so finde ich, dass a auf α, β, γ wirken kann, ebenso c wirken kann auf $\alpha^1, \beta^1, \gamma^1$ usw. Ich bekäme dann eine Anschauung darüber, wie die Wirkung einer gewissen Sphäre sich abspielt unter dem Einfluss von Potentialen von gewissen Zentralkräften, Niemals werde ich auf diesem Wege die Möglichkeit finden, etwas zu erklären, in das Lebendiges hineinspielt. Warum denn? Weil die Kräfte, die nun für das Lebendige in Betracht kommen, kein Potential haben und keine Zentralkräfte sind, so dass, wenn Sie hier versuchen würden, in d physikalische Wirkungen zu suchen unter dem Einflüsse von a, b, c , so würden Sie auf Zentralkräfte zurückgehen können; wenn Sie Lebenswirkungen studieren wollen, können Sie niemals so sagen, weil es keine Zentren a, b, c gibt für die Lebenswirkungen, sondern Sie kommen nur mit der Vorstellung zurecht, wenn Sie sagen: Nun, ich habe in d Lebendiges. Nun suche ich die Kräfte, die auf das Leben wirken. In a, b, c kann ich sie nicht finden, wenn ich noch weiter gehe, auch nicht, sondern gewissermassen nur, wenn ich an der Welten Ende gehe, und zwar an deren ganzen Umkreis. Das heisst, ich müsste hier von d ausgehend bis ans Weltenende gehen und mir vorstellen, dass von der Kugelsphäre herein überall Kräfte wirkten, die so zusammenspielten, dass sie in d zusammenkämen. Es ist also das volle Gegenteil von Zentralkräften, die ein Potential haben. Wie sollte ich ein Potential ausrechnen für dasjenige, was da von der Unendlichkeit des Raumes von allen Seiten hereinspielt! Da würde es so zu rechnen sein: Ich würde die Kräfte zu zerteilen haben, eine Gesamtkraft würde ich in immer kleinere Partien zerteilen müssen und ich käme immer mehr an den Rand der Welt. Dann würde die Kraft zersplittern. Jede Rechnung würde auch zersplittern, weil hier nicht Zentralkräfte, sondern Universalkräfte ohne Potential wirken. Hier hört das Rechnen auf. Das ist der Sprung wiederum von dem unlebendigen Natürlichen in das lebendige Natürliche hinein.

Nun kommt man mit einer wirklichen Naturbetrachtung nur zurecht, wenn man auf der einen Seite weiss, wie der Sprung von der Phoronomie in die Mechanik ist und wie wiederum der Sprung ist von der äusseren Natur in dasjenige, was nicht mehr durch Rechnung erreicht werden kann, weil jede Rechnung zersplittert, weil jedes Potential sich auflöst. Man kommt durch diesen zweiten Sprung von der äusseren unorganischen Natur in die lebendige Natur hinein. Aber man muss sich klar sein darüber, wie alles Rechnen aufhört, um das zu begreifen, was das Lebendige ist.

Nun habe ich Ihnen hier hübsch auseinandergeschält alles, was auf Potential- und Zentralkräfte zurückführt und was auf Universalkräfte hinführt. Aber draussen in der Natur ist das nicht so auseinandergeschält. Sie können die Frage aufwerfen: Wo

ist etwas vorhanden, wo nur Zentralkräfte wirken nach Potentialen, und wo ist das andere vorhanden, wo Universalkräfte wirken, die nicht nach Potentialen sich berechnen lassen? Man kann eine Antwort darauf geben, aber diese beweist sogleich, auf welche wichtigen Gesichtspunkte man dabei rekurrieren muss. Man kann sagen: Alles das, was der Mensch an Maschinen herstellt, was aus den Elementen der Natur heraus kombiniert ist, dabei findet man rein abstrakt Zentralkräfte nach ihrem Potential. Was aber, auch Unlebendiges, in der Natur draussen ist, lässt sich trotzdem nicht restlos nach Zentralkräften beobachten. Das gibt es nicht, das geht nicht auf. Sondern es handelt sich darum, dass überall, wo man es zu tun hat mit nicht künstlich vom Menschen Hergestelltem, ein Zusammenfluss stattfindet zwischen Zentralkraftwirkungen und Universalkraftwirkungen. Man findet im ganzen Reich der sogenannten Natur nichts, was im wahren Sinn des Wortes unlebendig ist, ausser dem, was der Mensch künstlich herstellt, sein Maschinelles, sein Mechanisches.

Und das war, ich möchte sagen, in einem tiefen Naturinstinkt für Goethe etwas, was ihm durchaus klar-unklar war, weil es bei ihm Naturinstinkt war, worauf er aber seine ganze Naturanschauung baute. Und der Gegensatz zwischen Goethe und dem Naturforscher, wie er repräsentiert wird durch Newton, besteht eigentlich darin, dass die Naturforscher nur dieses betrachtet haben in der neueren Zeit: die äussere Natur durchaus im Sinn der Zurückführung auf Zentralkräfte zu beobachten, aus ihr gewissermassen alles das hinauszuwälzen, was sich nicht durch Zentralkräfte und Potentiale feststellen lässt. Goethe wollte solch eine Betrachtung nicht gelten lassen, weil für ihn dasjenige, was man unter dem Einfluss dieser Betrachtung Natur nennt, nur eine wesenslose Abstraktion ist. Für ihn ist ein wirklich Reales nur das, in das hineinspielen sowohl Zentralkräfte wie peripherische Kräfte als Universalkräfte. Und auf diesen Gegensatz ist im Grunde genommen auch seine ganze Farbenlehre aufgebaut. Nun, davon wird ja in den nächsten Tagen im einzelnen zu sprechen sein.

Sehen Sie, ich musste insbesondere durch Berücksichtigung dessen, was ich mir vorgesehen habe für heute, diese Einleitung zu Ihnen sprechen als eine Verständigung darüber, wie eigentlich das Verhältnis des Menschen zu der Naturbetrachtung ist. Man muss in unserer Zeit um so mehr einmal sich einer solchen Betrachtung, wie wir sie heute gepflogen haben, zuwenden, aus dem Grunde, weil eigentlich heute wirklich die Zeit herangekommen ist, wo unterbewusst schimmert, möchte ich sagen, das Unmögliche der heutigen Naturanschauung und mancherlei von der Einsicht, dass es anders werden muss. Man lacht heute noch vielfach darüber, wenn Leute darauf kommen, dass es mit der alten Anschauung nicht geht. Aber es wird eine Zeit kommen, die gar nicht ferne liegt, wo dieses Lachen den Menschen vergehen wird, die Zeit, wo man auch physikalisch im Sinne Goethes wird sprechen können. Man wird vielleicht über die Farben im Sinne Goethes sprechen, wenn eine

andere Burg erstürmt sein wird, die als noch viel fester gilt und die eigentlich heute auch schon ins Wanken gekommen ist. Das ist die Burg der Gravitationslehre. Gerade auf diesem Gebiete tauchen heute fast jedes Jahr Anschauungen auf, die an den Newtonschen Vorstellungen von der Gravitation rütteln, die davon sprechen, wie unmöglich es eigentlich ist, mit diesen Newtonschen Vorstellungen von der Gravitation zurecht zu kommen, die ja rein darauf beruhen, dass der bloße Mechanismus der Zentralkräfte einzig und allein figurieren soll.

Ich glaube, dass gerade heute der Lehrer der Jugend sowohl wie derjenige, der überhaupt in die Kulturentwicklung eingreifen will, sich schon ein klares Bild davon machen muss, wie der Mensch zur Natur stehen muss.

I • 02 ENTSTEHUNG DER FARBEN DURCH DAS PRISMA

Naturwissenschaft – GA-320 Geisteswissenschaftliche Impulse zur Entwicklung der Physik

Überbrückung der Kluft zwischen Phoronomie und Mechanik. Auftrieb des Gehirns. Gegensatz von Masse und Licht im Verhältnis zum Bewusstsein. Entstehung der Farben durch das Prisma. Gegensatz von Muskel und Auge im Verhältnis zum Astralleib.

Zweiter Vortrag, Stuttgart, 24. Dezember 1919

Ich habe Ihnen gestern davon gesprochen, wie auf der einen Seite der Naturbeobachtung steht das bloss Phoronomische, das wir gewinnen können, indem wir einfach die Vorstellungen, die wir uns bilden wollen über alles dasjenige, was an physikalischen Vorgängen durch Zählbares, durch Räumliches und durch die Bewegung verläuft, aus unserem Vorstellungsleben heraus bilden. Dieses Phoronomische können wir gewissermassen aus unserem Vorstellungsleben herausspinnen. Aber so bedeutsam es ist, dass, was wir so auch etwa an mathematischen Formeln gewinnen über alles, was sich auf Zählbares, auf Raum und auf Bewegung bezieht, dass dieses auch passt auf die Naturvorgänge selbst, so bedeutsam ist es auf der anderen Seite, dass wir in dem Augenblick an die äussere Erfahrung herangehen müssen, in dem wir von dem Zählbaren, von dem rein Räumlichen und von der Bewegung zum Beispiel nur schon zur Masse vordringen. Das haben wir uns gestern klar gemacht, und wir haben vielleicht auch daraus ersehen, dass für die gegenwärtige Physik der Sprung von der inneren Konstruktion des Naturgeschehens durch die Phoronomie in die äussere physische Empirie hineingetan werden muss, ohne dass dieser Sprung eigentlich verstanden werden kann. Sehen Sie, ohne dass man wird Schritte dazu machen, diesen Sprung zu verstehen, wird es unmöglich sein, jemals Vorstellungen über das zu gewinnen, was in der Physik der Äther genannt werden soll. Ich habe Ihnen ja schon gestern angedeutet, dass zum Beispiel für die Licht- und Farbenercheinungen die gegenwärtige Physik, obwohl sie schon in diesen Vorstellungen ins Wanken geraten ist, vielfach noch sagt: Auf uns wird eine Licht- und Farbenwirkung ausgeübt, auf uns als Sinnenwesen, als Nervenwesen oder auch als Seelenwesen. Aber diese Wirkung sei subjektiv. Was draussen im Raum und in der Zeit vor sich geht, das sei objektiv Bewegung im Äther. Wenn Sie aber in der heutigen physikalischen Literatur oder sonst im physikalischen Leben nachsehen über die Vorstellungen, die man sich über diesen Äther gebildet hat, der

bewirken soll die Lichterscheinungen, so werden Sie finden, dass diese Vorstellungen einander widersprechend und verworren sind, und man kann auch mit demjenigen, was der heutigen Physik zur Verfügung steht, wirklich sachgemässe Vorstellungen über das, was Äther genannt werden soll, nicht gewinnen.

Wir wollen einmal versuchen, den Weg anzutreten, der wirklich zur Überbrückung jener Kluft führen kann zwischen Phoronomie und auch nur der Mechanik, denn diese hat es natürlich mit Kräften und mit Massen zu tun. Ich will - obwohl das, was durch diese Formel ausgedrückt wird, uns später noch beschäftigen kann, so dass auch diejenigen von Ihnen, die sich vielleicht an diese Formel nicht mehr erinnern aus ihrer Schulzeit her, das werden nachholen können, was zum Verständnis gehört -, ich will sie heute nur als Lehrsatz vorführen. Ich werde die Elemente zusammenstellen, damit Sie sich diese Formel ein wenig vor die Seele rücken können.

Sehen Sie, wenn wir im Sinne jetzt der Phoronomie annehmen, dass ein Punkt - wir müssen da eigentlich immer sagen ein Punkt -, dass ein Punkt sich bewegt, bewegt in dieser Richtung, so bewegt sich solch ein Punkt - wir sehen jetzt nur auf die Bewegung, nicht auf ihre Ursachen - entweder schneller oder langsamer. Wir können daher sagen: Der Punkt bewegt sich mit grösserer oder geringerer Geschwindigkeit. Und ich will die Geschwindigkeit v nennen. Diese Geschwindigkeit ist also eine grössere oder eine geringere. Solange wir nichts anderes beachten, als dass sich ein solcher Punkt mit einer gewissen Geschwindigkeit bewegt, so lange bleiben wir innerhalb der Phoronomie stehen. Aber damit würden wir an die Natur nicht herankommen können, nicht einmal an die bloss mechanische Natur. Wir müssen, wenn wir an die Natur herankommen wollen, darauf Rücksicht nehmen, wodurch der Punkt sich bewegt und dass ein bloss gedachter Punkt sich nicht bewegen kann, dass also der Punkt etwas im äusseren Raum sein muss, wenn er sich bewegen soll. Kurz, wir müssen annehmen, dass eine Kraft wirkt auf diesen Punkt. Das v will ich die Geschwindigkeit nennen, p will ich die Kraft nennen, die auf diesen Punkt wirkt. Diese Kraft, wir wollen annehmen, dass sie nun nicht bloss einmal auf diesen Punkt gewissermassen drückt und ihn in Bewegung bringt, wodurch er ja schliesslich fortfliegen würde mit einer Geschwindigkeit, wenn er kein Hindernis fände, sondern wir wollen ausgehen von der Annahme, dass diese Kraft fortwährend wirkt, dass also während dieses ganzen Weges die Kraft auf diesen Punkt wirkt. Und die Wegstrecke, während welcher diese Kraft auf den Punkt wirkt, will ich s nennen. Dann müssen wir ausserdem Rücksicht nehmen darauf, dass der Punkt etwas sein muss im Raum, und dieses Etwas, das kann grösser oder geringer sein. Je nachdem dieses Etwas grösser oder geringer ist, können wir sagen: Der Punkt hat mehr oder weniger Masse. Die Masse drücken wir ja zunächst aus durch das Gewicht. Wir können das, was durch die Kraft bewegt wird, abwägen und können es durch das Gewicht ausdrücken; m nenne ich also die Masse. Wenn aber nun auf die Mas-

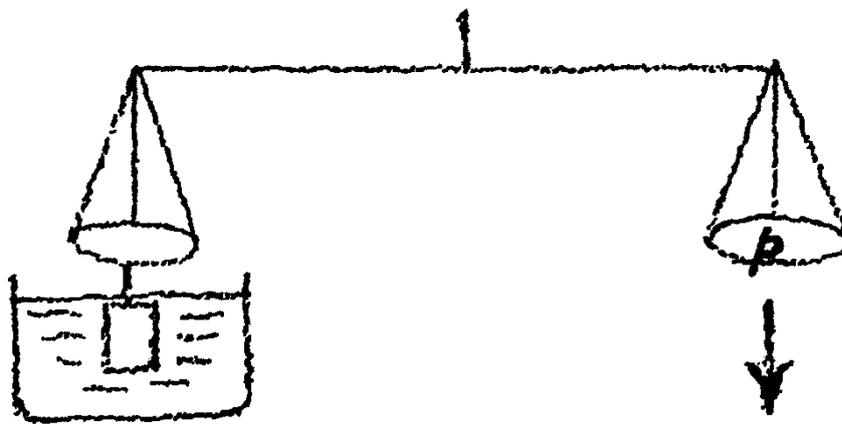
se m die Kraft p wirkt, so muss natürlich eine gewisse Wirkung entstehen. Diese äussert sich dadurch, dass die Masse nun nicht mit gleichförmiger Geschwindigkeit, sondern schneller und schneller sich weiterbewegt, dass die Geschwindigkeit immer grösser und grösser wird. Das heisst, wir müssen darauf Rücksicht nehmen, dass wir es mit einer zunehmenden Geschwindigkeit zu tun haben. Es wird ein gewisses Mass vorhanden sein, nach welchem die Geschwindigkeit zunimmt. Wenn auf dieselbe Masse eine kleinere Kraft wirkt, so wird diese die Bewegung weniger schneller und schneller machen können, und wenn auf dieselbe Masse eine grössere Kraft wirkt, so wird sie die Bewegung mehr schneller und schneller machen können. Dieses Mass, in dem die Geschwindigkeit zunimmt, will ich die Beschleunigung nennen und mit y bezeichnen. Was uns aber jetzt vor allen Dingen interessiert, ist das Folgende. Und da will ich Sie eben erinnern an eine Formel, die Sie wahrscheinlich kennen, an die Sie sich nur erinnern sollen. Wenn man das Produkt bildet aus der Kraft, welche auf die Masse wirkt, in die Wegstrecke, so ist dieses Produkt gleich, das heisst es kann auch ausgedrückt werden dadurch, dass man die Masse multipliziert mit dem Quadrate der Geschwindigkeit und durch 2 dividiert, das heisst, es ist $ps = \frac{mv^2}{2}$ Wenn Sie die von mir aus rechte Seite der Formel in Betracht ziehen, so sehen Sie darinnen eben die Masse. Sie können aus der Gleichung ersehen, dass, je grösser die Masse wird, desto grösser muss die Kraft sein. Aber, was uns jetzt interessiert, ist das, dass wir auf der rechten Seite der Gleichung die Masse haben, also dasjenige, was wir phoronomisch keineswegs erreichen können. Nun handelt es sich darum: Soll man sich nun einfach gestehen, dass alles dasjenige, was ausserhalb des Phoronomischen liegt, immer unerreichbar bleiben müsse, dass wir das gewissermassen nur vom Anglotzen, vom Anschauen kennenlernen sollen, oder gibt es doch jene Brücke, die die heutige Physik nicht finden kann, zwischen dem Phoronomischen und dem Mechanischen? Sehen Sie, die heutige Physik kann den Übergang heute nicht finden - und die Folgen davon sind ungeheuerlich - aus dem Grunde, weil sie keine wirkliche Menschenkunde, keine wirkliche Physiologie hat, weil man eigentlich den Menschen nicht wirklich kennt. Sehen Sie, schreibe ich v^2 hin, dann habe ich etwas, was rein im Zählbaren und in der Bewegung aufgeht. Insoweit ist die Formel gewissermassen eine phoronomische. Schreibe ich das m hin, so muss ich mich fragen: Gibt es irgend etwas in mir selber, was dem entspricht, ähnlich dem entspricht, wie meine Vorstellung des Zählbaren, des Räumlichen entspricht demjenigen, was ich zum Beispiel mit v hinschreibe? Was entspricht also dem m ? Was tue ich denn eigentlich? Der Physiker ist sich gewöhnlich nicht bewusst, indem er das m hinschreibt, was er da tut. Nun sehen Sie, diese Frage führt darauf zurück: Kann ich überhaupt in ähnlicher Art überschauen, was in dem m liegt, wie ich phoronomisch überschauen kann, was im v liegt? Man kann es, wenn man das Folgende sich zum Bewusstsein bringt: Wenn Sie mit dem Finger auf ir-

gend etwas drücken, so machen Sie sich gewissermassen bekannt mit der einfachsten Form eines Druckes. Die Masse verrät sich ja - ich habe Ihnen gesagt: Man kann sie sich vergegenwärtigen dadurch, dass man sie abwägt - durch nichts anderes zunächst als dadurch, dass sie einen Druck auszuüben vermag. Mit einem solchen Druck kann man sich bekanntmachen, indem man mit dem Finger auf etwas drückt. Aber nun muss man sich fragen: Geht in uns etwas Ähnliches vor, wenn wir mit dem Finger auf etwas drücken, also einen Druck erleben, wie wenn wir zum Beispiel einen bewegten Körper überschauen? Ja, es geht schon etwas vor. Das, was vorgeht, das können Sie sich dadurch klar machen, dass Sie den Druck immer stärker und stärker machen. Versuchen Sie es einmal - oder versuchen Sie es Heber nicht -, einen Druck auf eine Körperstelle auszuüben und immer mehr und mehr zu verstärken, stärker und stärker zu machen! Was wird geschehen? Nun, wenn Sie ihn genügend stark machen, verlieren Sie die Besinnung, das heisst, Ihr Bewusstsein geht Ihnen verloren. Daraus aber können Sie schliessen, dass diese Erscheinung des Bewusstseins-verloren-Gehens gewissermassen im Kleinen auch stattfindet, wenn Sie den noch erträglichen Druck ausüben. Nur geht eben so wenig von der Kraft des Bewusstseins verloren, dass Sie es noch aushalten können. Aber das, was ich Ihnen charakterisiert habe als den Bewusstseinsverlust bei einem so starken Druck, dass man ihn nicht mehr aushalten kann, das ist teilweise im Kleinen auch dann vorhanden, wenn wir irgendwie in Berührung kommen mit einer Druckwirkung, mit einer Wirkung, die von einer Masse ausgeht. Und jetzt brauchen Sie den Gedanken nur weiter zu verfolgen, dann werden Sie nicht mehr ferne davon sein, dasjenige, was mit dem m hingeschrieben wird, zu verstehen. Während alles Phoronomische gewissermassen neutral mit unserem Bewusstsein vereint wird, sind wir bei dem, was wir mit dem m bezeichnen, nicht in dieser Lage, sondern da dämpft sich unser Bewusstsein sogleich herab. Kleine Partien der Herabdämpfung des Bewusstseins können wir noch aushalten, grosse nicht mehr. Aber dasjenige, was zugrunde liegt, ist dasselbe. Indem wir m hinschreiben, schreiben wir das in der Natur hin, was, wenn es sich mit unserem Bewusstsein vereinigt, dieses Bewusstsein aufhebt, das heisst uns partiell einschläfert. So treten wir mit der Natur in eine Beziehung, aber in eine solche Beziehung, die unser Bewusstsein partiell einschläfert. Sie sehen, warum das nicht phoronomisch verfolgt werden kann. Alles Phoronomische liegt neutral in unserem Bewusstsein. Wenn wir darüber hinausgehen, treten wir in die Partien ein, die unserem Bewusstsein entgegengesetzt Hegen und die es aufheben. Also, indem wir die Formel $ps = \frac{mv^2}{2}$ hinschreiben, müssen wir uns sagen: Unsere Menschenerfahrung enthält ebenso das m wie sie das v enthält, aber unser gewöhnliches Bewusstsein reicht nur nicht aus, um dieses m zu umfassen. Dieses m saugt uns sogleich die Kraft unseres Bewusstseins aus. Jetzt haben Sie eine reale Beziehung zum Menschen. Eine ganz reale Beziehung zum Menschen.

Sie sehen, es müssen Bewusstseinszustände zu Hilfe genommen werden, wenn wir das Naturgemässe verstehen wollen. Ohne diese Zuhilfenahme gelingt es nicht, vom Phoronomischen auch nur zum Mechanischen vorzuschreiten.

Nun aber, wenn wir auch mit unserem Bewusstsein in all dem, was zum Beispiel mit m bezeichnet werden kann, nicht drinnen leben können, mit unserem ganzen Menschen leben wir doch darinnen. Namentlich leben wir mit unserem Willen darinnen, und wir leben sehr stark mit unserem Willen darinnen. Wie wir in der Natur mit unserem Willen darinnenleben, will ich an einem Beispiel veranschaulichen.

Da muss ich aber ausgehen von etwas, das Sie wieder erinnern müssen aus der Schulzeit. Ich will Ihnen etwas zurückrufen, was Sie während Ihrer Schulzeit gut kennengelernt haben. Sie wissen, dass, wenn wir hier eine Waage haben, so können wir, wenn wir hier das Waaggewicht daraufgeben, einen gleichschweren Gegenstand, den ich eben jetzt nur anhängen will, um die Waagebalken ins Gleichgewicht zu bringen, können wir diesen Gegenstand abwiegen; wir finden sein Gewicht. In dem Augenblick, wo wir ein Gefäss mit Wasser hierher stellen –



es ist bis hierher gefüllt (Zeichnung) -, in welches Wasser wir den Gegenstand hineinversenken, in dem Augenblick schnellt der Waagebalken hinauf. Dadurch, dass der Gegenstand ins Wasser getaucht ist, wird er leichter, verliert er von seinem Gewicht. Und wenn wir prüfen, wieviel er leichter geworden ist, wenn wir notieren, wieviel wir abziehen müssen, wenn wir die Waage wieder ins Gleichgewicht bringen, dann finden wir, dass der Gegenstand jetzt um soviel leichter ist, als das Gewicht des Wassers beträgt, das er verdrängt hat. Also, wenn wir diesen Rauminhalt Wasser abwiegen, so gibt uns das den Gewichtsverlust. Sie wissen, man nennt das das Gesetz des Auftriebes und sagt: Jeder Körper wird in einer Flüssigkeit um soviel leichter, als das Gewicht der Flüssigkeit beträgt, die er verdrängt. Sie sehen also,

wenn ein Körper in einer Flüssigkeit ist, so strebt er nach oben, so entzieht er sich in gewisser Weise dem Druck nach unten, dem Gewichte. Dasjenige, was man so objektiv physikalisch beobachten kann, das hat in der Konstitution des Menschen eine sehr wichtige Bedeutung.

Sehen Sie, unser Gehirn wiegt durchschnittlich 1250 Gramm. Wenn dieses Gehirn, indem wir es in uns tragen, wirklich 1250 Gramm wiegen würde, dann würde es so stark drücken auf die unter ihm befindlichen Blutadern, dass das Gehirn nicht in richtiger Weise mit Blut versorgt werden könnte. Es würde ein starker Druck ausgeübt werden, der das Bewusstsein sogleich umnebeln würde. In Wahrheit drückt das Gehirn gar nicht mit den vollen 1250 Gramm auf die Unterfläche der Schädelhöhle, sondern nur mit etwa 20 Gramm. Das kommt davon her, dass das Gehirn in der Gehirnflüssigkeit schwimmt. So wie der Körper hier im Wasser schwimmt, so schwimmt das Gehirn in der Gehirnflüssigkeit. Und das Gewicht der Gehirnflüssigkeit, die verdrängt wird durch das Gehirn, beträgt eben ungefähr 1230 Gramm. Um diese wird das Gehirn leichter und hat nur noch 20 Gramm. Das heisst, wenn man nun auch - und das tut man ja mit einem gewissen Recht - das Gehirn als das Werkzeug unserer Intelligenz und unseres Seelenlebens, wenigstens eines Teiles unseres Seelenlebens, betrachtet, so muss man nicht bloss rechnen mit dem wägbaren Gehirn - denn dieses ist nicht allein da -, sondern dadurch, dass ein Auftrieb da ist, strebt das Gehirn eigentlich nach aufwärts, strebt seiner eigenen Schwere entgegen. Das heisst, wir leben mit unserer Intelligenz nicht in abwärtsziehenden, sondern in aufwärtsziehenden Kräften. Wir leben mit unserer Intelligenz in einem Auftrieb drinnen.

Nun ist das, was ich Ihnen auseinandergesetzt habe, allerdings nur für unser Gehirn so. Die anderen Teile unseres Organismus, also von dem Boden der Schädeldecke nach unten, die sind nur zum kleinsten Teil - nur das Rückenmark - in derselben Lage. Aber im ganzen streben die anderen Teile des Organismus nach unten. Da leben wir also in dem Zug nach unten. Wir leben im Gehirn im Auftriebe, nach aufwärts, und sonst im Zuge nach unten. Unser Wille lebt durchaus im Zug nach unten. Er muss sich vereinigen mit dem Druck nach unten. Dadurch aber wird ihm das Bewusstsein genommen. Dadurch schläft er fortwährend. Gerade das ist das Wesentliche der Willenserscheinung, dass sie als bewusste ausgelöscht wird, deshalb, weil sich der Wille mit der nach unten gerichteten Schwerkraft vereinigt. Und unsere Intelligenz wird lichtvoll dadurch, dass wir uns vereinigen können mit dem Auftrieb, dass unser Gehirn entgegenarbeitet der Schwerkraft.

Sie sehen, durch die verschiedenartige Vereinigung des menschlichen Lebens mit dem zugrunde liegenden Materiellen wird auf der einen Seite das Untergehen des Willens in der Materie bewirkt und auf der anderen Seite wird die Aufhellung des

Willens zur Intelligenz bewirkt. Niemals könnte die Intelligenz entstehen, wenn unser Seelenwesen gebunden wäre an eine bloss nach abwärts strebende Materie.

Nun bedenken Sie, dass wir also eigentlich erleben, richtig erleben, wenn wir nicht in der heutigen Abstraktion den Menschen betrachten, sondern so betrachten, wie er wirklich ist, so dass das Geistige mit dem Physischen zusammenkommt - da muss nur das Geistige so stark gedacht werden, dass es auch die physische Kenntnis umfassen kann -, dass bei ihm auf der einen Seite durch eine besondere Vereinigung mit dem materiellen Leben, nämlich mit dem Auftrieb im materiellen Leben, die Aufhellung in die Intelligenz ist und auf der anderen Seite die Einschläferung, wenn wir den Willen gewissermassen aufsaugen lassen müssen von dem nach unten gerichteten Druck, so dass der Wille im Sinne dieses nach unten gerichteten Druckes wirkt. Er wirkt so. Nur *den* kleiner Teil von ihm filtriert sich durch bis zu dem 20-Gramm- Druck, geht in die Intelligenz hinein. Daher ist die Intelligenz etwas vom Willen durchdrungen. Aber im wesentlichen haben wir es in der Intelligenz zu tun mit dem, was entgegengesetzt ist der ponderablen Materie. Wir wollen immer über den Kopf hinaus, indem wir denken.

Hier sehen Sie, wie in der Tat sich zusammenschliessen muss das physische Erkennen mit demjenigen, was im Menschen lebt. Bleiben wir innerhalb des Phoronomischen stehen, dann haben wir es zu tun mit den heute so beliebten Abstraktionen, und wir können keine Brücke bauen zwischen diesen beliebten Abstraktionen und demjenigen, was die äussere Naturwirklichkeit ist. Wir brauchen eine Erkenntnis mit so stark geistigem Inhalt, dass dieser geistige Inhalt wirklich untertauchen kann in die Naturerscheinungen und dass er zum Beispiel so etwas begreifen kann, wie das physikalische Gewicht und der Auftrieb im Menschen selber wirken.

Nun habe ich Ihnen gezeigt, wie der Mensch sich innerlich auseinandersetzt mit dem Druck nach unten und dem Auftrieb, wie er sich also hineinlebt in den Zusammenhang zwischen Phoronomischem und Materiellem. Aber Sie sehen, man braucht dazu eine neue wissenschaftliche Vertiefung. Mit der alten wissenschaftlichen Gesinnung ist das nicht zu machen. Diese erfindet Wellenbewegungen oder Emissionen, die aber auch nur rein abstrakt sind. Sie sucht den Weg hinüber in die Materie geradezu durch Spekulation, kann ihn natürlich dadurch nicht finden. Eine wirklich geistige Wissenschaft, die sucht den Weg hinüber in die Materie, indem sie versucht, wirklich unterzutauchen in die Materie, indem also das Seelenleben nach Wille und Intelligenz verfolgt wird bis in die Druck- und Auftriebserscheinungen hinein. Da haben Sie wirklichen Monismus. Der kann nur entstehen von der geistigen Wissenschaft aus. Nicht jener Wortmonismus, der vom Nichtwissen heute so stark getrieben wird. Aber es ist eben notwendig, dass gerade die Physik, wenn ich mich des Ausdrucks bedienen darf, ein wenig Grütze in den Kopf bekommt, indem sie

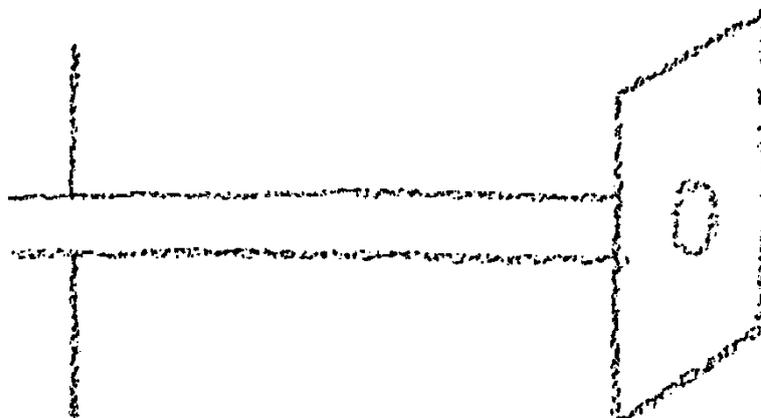
solche Erscheinungen, die da sind, auf der anderen Seite mit der physiologischen Erscheinung des Schwimmens des Gehirns in Zusammenhang bringt. Sobald man den Zusammenhang hat, weiss man: So muss es sein, denn es kann das archimedische Prinzip nicht aufhören Geltung zu haben für das im Gehirnwasser schwimmende Gehirn. Nun aber, was geschieht denn dadurch, dass wir mit Ausnahme der 20 Gramm, in die der unbewusste Wille hineinspielt, durch unser Gehirn eigentlich leben in der Sphäre des Intelligenten? Dadurch sind wir, insoferne wir uns des Gehirns als Werkzeug bedienen, für unsere Intelligenz entlastet von dem nach unten ziehenden Materiellen.

Das scheidet in so hohem Grade aus, dass ein Gewicht von 1230 Gramm verlorengeht. In so hohem Grade schaltet sich die Materie aus. Dadurch, dass sie sich in so hohem Grade ausschaltet, sind wir in der Lage, wirksam sein zu lassen in besonderem Masse für unser Gehirn unseren Ätherleib. Der kann tun, was er will, weil er nicht beirrt wird durch die Schwere der Materie. Im übrigen Organismus wird der Äther überwältigt von der Schwere der Materie. Da haben Sie eine Gliederung des Menschen so, dass Sie für alles, was der Intelligenz dient, gewissermassen den Äther frei bekommen, für alles andere haben Sie den Äther an die physische Materie gebunden. So dass für unser Gehirn der Ätherorganismus übertönt den physischen Organismus, und für den übrigen Leib die Einrichtung und die Kräfte unseres physischen Organismus übertönen die des Ätherorganismus.

Nun, ich habe Sie vorher aufmerksam gemacht auf jene Beziehung, in die Sie zur Aussenwelt treten, wenn Sie sich einem Druck aussetzen. Da ist eine Einschlüferung vorhanden. Es gibt aber auch noch andere Beziehungen, und eine will ich heute vorwegnehmen, das ist die Beziehung zur Aussenwelt, die eintritt, wenn wir die Augen aufmachen und in einem lichterfüllten Raum sind. Da findet offenbar eine ganz andere Beziehung zur Aussenwelt statt, als wenn wir auf die Materie aufstossen und mit dem Druck Bekanntschaft machen. Wenn wir uns dem Licht exponieren, ja, da geht nicht nur nichts vom Bewusstsein verloren, sondern, sofern das Licht nur als Licht wirkt, kann jeder, der da will, empfinden, dass sein Bewusstsein Anteil nimmt gegenüber der Aussenwelt dadurch, dass er sich dem Licht exponiert, dass es geradezu mehr aufwacht. Die Kräfte des Bewusstseins vereinigen sich in einer gewissen Weise - wir werden das noch genauer besprechen -, vereinigen sich gewissermassen mit demjenigen, was uns im Licht entgegentritt. Aber im Licht und am Licht treten uns ja auch Farben entgegen. Das Licht ist eigentlich etwas, von dem wir gar nicht sagen können, dass wir es sehen können. Mit Hilfe des Lichtes sehen wir die Farben, aber wir können nicht eigentlich sagen, dass wir das Licht sehen. Warum wir das sogenannte weisse Licht sehen, davon werden wir noch sprechen.

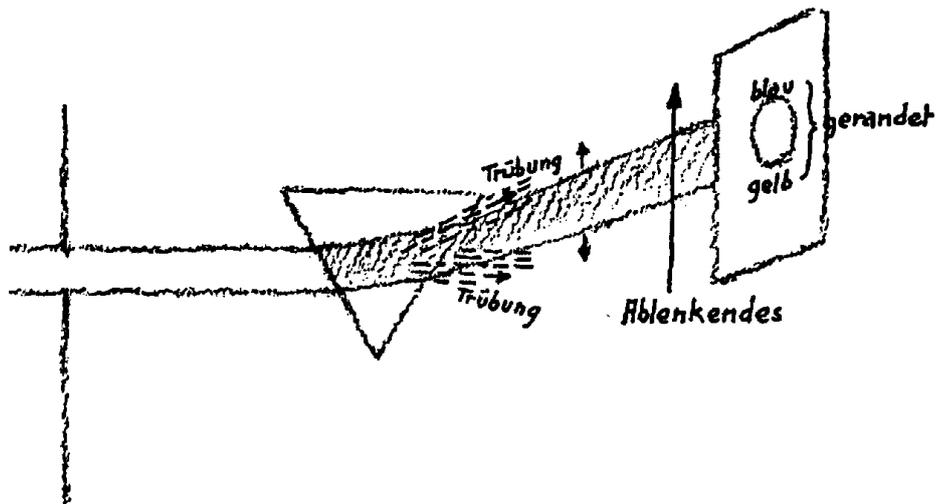
Nun handelt es sich darum, dass alles dasjenige, was uns als Farbe entgegentritt, uns eigentlich ebenso polarisch entgegentritt, wie uns entgegentritt polarisch, sagen wir, der Magnetismus: positiver Magnetismus, negativer Magnetismus. So tritt uns auch dasjenige, was uns als Farbe entgegentritt, polarisch entgegen. Auf der einen Seite des Poles ist alles das, was wir etwa als Gelb und, mit dem Gelb verwandt, als Orange und Rötlich bezeichnen können. Auf der anderen Seite des Poles ist Blau und alles das, was wir verwandt mit dem Blau bezeichnen können: Indigo, Violett und selbst noch mindere Schichten von Grün. Warum sage ich, dass uns das Farbige polarisch entgegentritt? Sehen Sie, die Polarität des Farbigen, die muss wie, ich möchte sagen, eine der signifikantesten Erscheinungen in der ganzen Natur nur richtig studiert werden. Wenn Sie gleich schreiten wollen zu demjenigen, was in dem Sinn, wie ich Ihnen das gestern auseinandergesetzt habe, Goethe das Urphänomen nennt, so kann man zu diesem Urphänomen des Farbigen zunächst dadurch kommen, dass man das Farbige am Licht überhaupt aufsucht.

Nun wollen wir heute als ein erstes Experiment das Farbige am Licht, so gut es geht, aufsuchen. Ich werde zunächst das Experiment Ihnen erklären. Das können wir in der folgenden Weise: Man kann durch einen schmalen Spalt, der - zunächst nehmen wir ihn kreisförmig an - in eine sonst undurchsichtige Wand eingeschnitten ist, Licht einlassen.



Dieses Licht lassen wir also durch diesen Spalt hereinfluten. Wenn wir dieses Licht hereinfluten lassen und gegenüber der Wand, durch die das Licht hereinflutet, einen Schirm stellen, so erscheint eine beleuchtete Kreisfläche durch das hereinflutende Licht. Am besten macht man das Experiment, indem man in den Fensterladen ein Loch schneidet und das Licht hereinfluten lässt. Man kann da einen Schirm aufstellen und das Bild, das so entsteht, auffangen. Wir können das hier nicht machen, aber dafür mit Hilfe dieses Projektions- Apparates, indem wir den Verschluss wegnehmen. Da bekommen wir, wie Sie sehen, eine leuchtende Kreisfläche. Diese

leuchtende Kreisfläche ist also zunächst nichts anderes als das Bild, das entsteht dadurch, dass hier ein Lichtzylinder, der sich hierher fortpflanzt, von der gegenüberliegenden Wand aufgefangen wird. Nun kann man in den Weg dieses Lichtzylinders, der da hereinfällt, ein sogenanntes Prisma schieben. Dann ist das Licht gezwungen, nicht einfach nach der gegenüberliegenden Wand hindringen und dort den Kreis zu bewirken, sondern dann ist das Licht gezwungen, von seinem Weg abzukommen. Wir bewirken das dadurch, dass wir ein



Hohlprisma haben, welches dadurch gestaltet ist, dass wir hier ebene Glasscheiben haben, die keilförmig angeordnet sind. Dieses Hohlprisma ist ausgefüllt mit Wasser. Wir lassen den Lichtzylinder, der hier entstanden ist, durch dieses Wasserprisma hindurch. So sehen Sie, wenn Sie jetzt hinschauen auf die Wand, dass nicht an der Stelle da unten, wo sie früher war, diese Scheibe ist, sondern Sie sehen, dass sie gehoben ist, dass sie an einer anderen Stelle erscheint. Sie sehen aber ausserdem noch etwas Merkwürdiges. Sie sehen oben den Rand in einem bläulich-grünlichen Licht, mit einem bläulich-grünlichen Rand, bläulichen Rand. Sie sehen unten den Rand rötlich-gelb. Da haben wir dasjenige, was wir ein Phänomen nennen, eine Erscheinung. Halten wir an dieser Erscheinung zunächst fest. Zeichnen wir den Tatbestand auf, so müssen wir ihn so zeichnen: Es kommt das Licht von seinem Weg irgendwie ab, indem es durch das Prisma geht. Es bildet da oben einen Kreis. Würden wir ihn abmessen, so würden wir finden, dass es kein genauer Kreis ist, sondern dass er nach oben und unten ein wenig in die Länge gezogen und oben bläulich und unten gelblich gerandet ist. Sie sehen also, wenn wir einen solchen Lichtzylinder durch das prismatisch geformte Wasser gehen lassen - wir können absehen von den Veränderungen, die die Glasplatten hervorrufen -, so treten an den Rändern Farbenercheinungen auf. Ich will nun das Experiment noch einmal machen mit einem Lichtzylinder, der viel schmaler ist. Sie sehen nun eine viel kleinere

Scheibe da unten. Nun, lenken wir diese kleine Scheibe durch das Prisma ab, so sehen Sie hier oben, also wiederum nach oben verschoben, den Lichtfleck, den Lichtkreis; aber Sie sehen jetzt diesen Lichtkreis ziemlich ganz von Farben durchzogen. Sie sehen, wenn ich das, was Sie hier jetzt haben, zeichnen will, dass da oben jetzt das Verschobene so ist, dass es violett, blau, grün, gelb, rot erscheint. Ja, wenn wir genau das alles verfolgen könnten, es würde in den vollkommenen Regenbogenfarben angeordnet sein. Bitte, wir nehmen rein das Faktum, und ich bitte jetzt alle diejenigen von Ihnen, welche in der Schule gelernt haben all die schönen Zeichnungen von Lichtstrahlen, von Einfallsloten und so weiter, diese zu vergessen und sich an die reine Erscheinung, an das reine Faktum zu halten. Wir sehen am Lichte Farben entstehen und wir können uns fragen: Woran liegt es denn, dass am Licht solche Farben entstehen? - Nun, wenn ich noch einmal den grossen Kreis einschalte, so haben wir also den durch den Raum gehenden Lichtzylinder, der dort auftritt auf den Schirm und dort ein Lichtbild formiert. Wenn wir einschalten in den Weg dieses Lichtzylinders wiederum das Prisma, dann bekommen wir die Verschiebung dieses Lichtbildes und ausserdem an den Rändern die farbigen Erscheinungen.

Nun aber bitte ich Sie, das Folgende zu beobachten. Wir bleiben rein innerhalb der Fakten stehen. Ich bitte Sie, zu beobachten: Wenn Sie so ein bisschen herumschauen würden, so würden Sie, indem das Licht durchgeht durch das Glasprisma, genau da drinnen den leuchtenden Wasserzylinder sehen. Der Lichtzylinder geht - das ist rein faktisch - durch das Wasserprisma durch und es findet also statt eine Ineinanderfügung des Lichtes mit dem Wasser. Bitte darauf jetzt wohl zu achten. Indem der Lichtzylinder durch das Wasserprisma hindurchgeht, findet statt eine Ineinanderfügung des Lichtes mit dem Wasser. Dieses, was sich da ineinanderfügt von Licht und Wasser, das ist nun keineswegs unwirksam für die Umgebung, sondern wir müssen sagen: Da geht der Lichtzylinder, der hat - wie gesagt, wir bleiben innerhalb der Fakten stehen - irgendwie die Kraft, auf die andere Seite des Prismas durch das Prisma durchzudringen. Aber er wird durch das Prisma abgelenkt. Er würde geradeaus gehen, aber er wird hinaufgehoben, wird abgelenkt, dieser Lichtzylinder, so dass wir konstatieren müssen: Hier ist etwas vorhanden, was uns den Lichtzylinder ablenkt. Wenn ich das andeuten will durch einen Pfeil, was uns den Lichtzylinder ablenkt, so müsste ich es durch diesen Pfeil tun. Nun können wir sagen - wie gesagt, rein innerhalb der Fakten stehenbleiben, nicht spekulieren -: Durch ein solches Prisma wird der Lichtzylinder abgelenkt nach oben und wir können die Ablenkungsrichtung angeben.

Nun bitte ich Sie, zu alledem das Folgende hinzuzudenken, was wiederum nur Fakten entspricht. Wenn Sie durch ein trübes Milchglas oder nur durch eine irgendwie getrübbte Flüssigkeit, also durch eine getrübbte Materie, Licht dringen lassen, so

wird dieses Licht abgeschwächt selbstverständlich. Sie sehen, indem Sie durch ungetrübtes Wasser das Licht sehen, es in seiner Helligkeit. Bei getrübttem Wasser sehen Sie es abgeschwächt. Das können Sie in unzähligen Fällen beobachten, dass durch getrübte Medien, durch getrübte Mittel, das Licht abgeschwächt wird. Das ist etwas, was man zunächst als Faktum auszusprechen hat. In irgendeiner Beziehung, wenn auch noch so wenig, ist aber jedes materielle Mittel, also auch das, was hier als Prisma steht, ein getrübtes Mittel. Es trübt immer das Licht ab, das heisst, mit Bezug auf das Licht, das da innerhalb des Prismas ist, haben wir es zu tun mit einem abgetrübten Licht. Da (links) haben wir es zu tun mit scheinendem Licht. Da (rechts) haben wir es zu tun mit dem Licht, das sich den Durchgang verschafft hat durch das Mittel. Hier aber, innerhalb des Prismas, haben wir es zu tun mit einem Zusammenwirken von Materie mit dem Licht, mit dem Entstehen einer Trübung. Dass aber eine Trübung wirkt, das können Sie einfach daraus entnehmen, dass, wenn Sie eben durch ein getrübtes Mittel Licht ansehen, Sie noch etwas sehen. Also eine Trübung wirkt - es ist das wahrnehmbar. Was entsteht durch die Trübung? Wir haben es also nicht bloss zu tun mit dem fortschreitenden und abbiegenden Lichtkegel, sondern ausserdem noch mit dem, was sich da hineinstellt als eine Trübung des Lichtes, bewirkt durch die Materie. Wir können uns also vorstellen: Hier in diesem Raum nach dem Prisma, da scheint nicht nur herein das Licht, sondern da scheint herein, da strahlt in das Licht hinein, was da als Trübung im Prisma lebt. Das strahlt da hinein. Und wie strahlt das da hinein? Es breitet sich natürlich da aus, nachdem das Licht durch das Prisma gegangen ist. Das Getrübte strahlt in das Helle hinein. Und Sie brauchen sich die Sache nur richtig zu überlegen, so können Sie sich sagen: Da scheint das Trübe hinauf, und wenn das Helle abgelenkt wird, wird auch das Trübe nach oben abgelenkt. Das heisst, die Trübung, die wird hier nach oben abgelenkt in derselben Richtung, in der die Helligkeit abgelenkt wird. Es wird gewissermassen der Helligkeit, die nach oben abgelenkt wird, noch eine Trübung nachgeschickt. Die Helligkeit kann also da nach oben nicht ohne weiteres sich ausbreiten. In sie hinein wird die Trübung nachgeschickt. Und wir haben es zu tun mit zwei Zusammenwirkenden, mit der abgelenkten Helligkeit und mit dem Hineinschicken der Trübung in diese Helligkeit, nur dass die Ablenkung der Trübung in derselben Richtung geschieht wie die der Helligkeit. Den Erfolg sehen Sie: Dadurch, dass nach oben hin in die Helligkeit der Schein der Trübung hineinstrahlt, entstehen die dunklen Farben, die bläulichen Farben. Und nach unten, wie ist es denn da? Nach unten scheint natürlich auch die Trübung. Aber Sie sehen ja, während hier (oben) eine Partie ist des ausstrahlenden Lichts, wo die Trübung nach derselben Richtung geht wie das mit Wucht durchgehende Licht, haben wir hier eine Ausbreitung desjenigen, was als Trübung entsteht, so dass es hinscheint und es einen Raum gibt, für den im allgemeinen der Lichtzylinder nach oben abgelenkt wird. Aber in diesen nach oben abgelenkten Lichtkörper strahlt ein die Trübung. Und hier haben wir eine Par-

tie, wo durch die oberen Partien des Prismas die Trübung nach unten geht. Dadurch haben wir hier (unten) eine Partie, wo die Trübung im entgegengesetzten Sinn abgelenkt wird, als die Ablenkung der Helligkeit ist. Wir können sagen: Wir haben hier die Trübung, die hineinwill in die Helligkeit; aber im unteren Teil ist die Helligkeit so, dass sie entgegengesetzt wirkt in ihrer Ablenkung der Ablenkung der Trübung. Die Folge davon ist, dass, während oben die Ablenkung der Trübung im selben Sinn erfolgt wie die der Helligkeit und sie also gewissermassen zusammenwirken, die Trübung sich also sozusagen wie ein Parasit hineinmischt, hier unten die Trübung zurückstrahlt in die Helligkeit hinein, aber von der Helligkeit überwältigt, gewissermassen unterdrückt wird, so dass hier die Helligkeit vorherrscht, auch vorherrscht in dem Kampf zwischen der Helligkeit und der Trübung, und die Folgen dieses Kampfes zwischen Helligkeit und Trübung, die Folgen dieses Gegeneinander-sich-Stellens und des Durchschienenwerdens der Trübung von der Helligkeit, das sind nach unten die roten oder gelben Farben. So dass man sagen kann: Nach oben läuft Trübung in Helligkeit ein, und es entstehen blaue Nuancen; nach unten über-tönt eine Helligkeit die hineinlaufende Trübe oder Dunkelheit, und es entstehen die gelben Nuancen.

Sie sehen also hier, dass wir es einfach dadurch, dass das Prisma ablenkt, auf der einen Seite ablenkt den vollen hellen Lichtkegel, auf der anderen Seite ablenkt die Trübung, zu tun haben nach zwei Seiten hin mit einem verschiedenen Hinein-spielen der Dunkelheit, der Trübung in das Helle. Wir haben ein Zusammenspiel von Dunkelheit und Helligkeit, die nicht zu einem Grau sich miteinander vermischen, sondern selbständig wirksam bleiben. Nur bleiben sie nach dem einen Pol hin so wirksam, dass die Dunkelheit gewissermassen nach der Helligkeit, also so wirken kann, dass sie innerhalb der Helligkeit zur Geltung kommt, aber eben als Dunkelheit. Auf der anderen Seite stemmt sich die Trübung entgegen der Helligkeit, bleibt als selbständig vorhanden, aber wird übertönt von der Helligkeit. Da entstehen die hellen Farben, das Gelbliche. So haben Sie, indem Sie rein innerhalb der Fakten bleiben, dadurch, dass Sie das nehmen, was da ist, rein aus der Anschauung heraus die Möglichkeit zu verstehen, warum auf der einen Seite die gelblichen Farben, auf der anderen die bläulichen erscheinen, und Sie sehen zu gleicher Zeit daraus, dass das materielle Prisma einen ganz wesentlichen Anteil hat an dieser Entstehung der Farben. Es geschieht ja durch das Prisma, dass nach der einen Seite hin in demselben Sinn die Trübung abgelenkt wird wie der Lichtkegel, aber auch, nach der anderen Seite hin, dass das Fortstrahlende und das Abgelenkte sich kreuzen, weil eben das Prisma auch nach der anderen Seite hin ausstrahlen lässt seine Dunkelheit, auch dahin, wo schon abgelenkt ist. Dadurch entsteht die Ablenkung nach unten, und es wirken nach unten anders zusammen die Dunkelheit und die Hellig-

keit als nach oben. Farben entstehen also da, wo zusammenwirken Dunkelheit und Helligkeit.

Das ist dasjenige, was ich Ihnen heute besonders klarmachen wollte. Sie müssen, wenn Sie sich nun überlegen wollen, ich möchte sagen, aus welcher Ecke heraus das am besten zu begreifen ist, da müssen Sie nur zum Beispiel daran denken, dass Ihr Ätherleib anders eingeschaltet ist im Muskel als im Auge: Im Muskel so, dass er sich mit den Funktionen des Muskels verbindet, im Auge so, dass gewissermassen, weil das Auge sehr isoliert ist, der Ätherleib nicht eingeschaltet ist in den physischen Apparat, sondern verhältnismässig selbständig ist. Dadurch kann mit dem Ätherleibteil im Auge der Astralleib eine innige Verbindung eingehen. Unser astralischer Leib ist innerhalb des Auges ganz anders selbständig als innerhalb unserer anderen physischen Organisation. Nehmen Sie an, das da wäre ein Teil der physischen Organisation, in einem Muskel, das hier wäre physische Organisation des Auges (es wird gezeichnet). Wenn wir beschreiben, so müssen wir sagen: Unser Astralleib ist eingeschaltet sowohl hier wie da; aber es ist ein beträchtlicher Unterschied. Da ist er so eingeschaltet, dass er durch denselben Raum geht wie der physische Körper, aber nicht selbständig. Hier ist er auch eingeschaltet, im Auge; aber da wirkt er selbständig. Den Raum füllen beide in gleicher Weise aus; aber das eine Mal wirken die Ingredienzien selbständig, das andere Mal wirken sie nicht selbständig. Daher ist das nur halb gesagt, wenn man sagt: Unser Astralleib ist im physischen Leibe drinnen. Wir müssen fragen, wie er drinnen ist. Denn er ist anders drinnen im Auge und anders im Muskel. Im Auge ist er relativ selbständig, trotzdem er drinnen ist wie im Muskel. Daraus sehen Sie, dass Ingredienzien einander durchdringen können und dennoch selbständig sein können. So können Sie Helligkeit und Dunkelheit zum Grau vereinigen, dann sind sie einander so durchdringend wie Astralleib und Muskel. Oder aber sie können sich so durchdringen, dass sie selbständig bleiben, dann durchdringen sie sich so wie unser Astralleib und die physische Organisation im Auge. Das eine Mal entsteht Grau, das andere Mal entsteht Farbe. Wenn sie sich so durchdringen wie Astralleib und Muskeln, so entsteht Grau, und wenn sie sich so durchdringen wie unser Astralleib und unser Auge, so entsteht Farbe, weil sie relativ selbständig bleiben, trotzdem sie im selben Räume sind.

I • 03 GOETHES ERSTER VERSUCH MIT DEM PRISMA

Naturwissenschaft – GA-320 Geisteswissenschaftliche Impulse zur Entwicklung der Physik

Goethes erster Versuch mit dem Prisma. Farben als Randerscheinungen. Doppelprisma, Sammellinse, Zerstreuungslinse. Verengung oder Weitung des Lichtkegels anstatt gebrochener Lichtstrahlen. Hebung, Visierkraft des Auges. Organisation des Auges.

Dritter Vortrag, Stuttgart, 25. Dezember 1919

Es ist mir gesagt worden, dass dasjenige, worinnen wir die gestrige Betrachtung gipfeln lassen mussten, die Erscheinung, die durch das Prisma auftritt, doch Schwierigkeiten dem Verständnisse für viele geboten habe, und ich bitte Sie, darüber sich zu beruhigen. Es wird dieses Verständnis nach und nach kommen. Wir werden uns gerade mit den Licht- und Farbenercheinungen ein wenig eingehender befassen, damit diese eigentliche *piece de resistance* - eine solche ist es auch für die übrige Physik - uns eine gute Grundlage abgeben könne. Sie sehen ein, dass es sich uns zunächst darum handeln muss, dass ich Ihnen gerade einiges von demjenigen sage, was Sie nicht in Büchern finden können und was nicht Gegenstand der gewöhnlichen naturwissenschaftlichen Betrachtungen ist, was wir gewissermassen nur hier behandeln können. Wir werden dann in den letzten Vorträgen darauf eingehen, wie dasjenige, was wir hier betrachten, auch im Unterricht zu verwerten ist.

Dasjenige, was ich versuchte gestern auseinanderzusetzen, ist ja im wesentlichen eine besondere Art des Ineinanderwirkens von Helligkeit und Trübe. Und ich wollte zeigen, dass durch dieses verschiedenartige Zusammenwirken von Helligkeit und Trübe, das besonders auftritt beim Durchgang eines Lichtzylinders durch ein Prisma, die polarisch zueinander sich verhaltenden Farbenercheinungen entstehen. Zunächst bitte ich Sie, die bittere Pille schon in Empfang zu nehmen, dass die Schwierigkeit des Verständnisses dieser Sache darinnen liegt, dass Sie eigentlich - es geht diejenigen an, die Schwierigkeit des Verständnisses finden - die Licht- und Farbenlehre phoronomisch gestaltet haben möchten. Die Menschen haben sich nun schon einmal gewöhnt durch unsere sonderbare Erziehung, nur sich solchen Vorstellungen hinzugeben, die mit Bezug auf die äussere Natur mehr oder weniger phoronomisch sind, das heisst sich nur befassen mit dem Zählbaren, mit dem Räumlich-Formalen und mit dem Beweglichen. Nun sollen Sie sich bemühen, in Qualitäten zu denken, und Sie können wirklich in einem gewissen Sinne sagen: Hier stocke

ich schon. - Aber schreiben Sie das durchaus zu dem unnatürlichen Gang, den die wissenschaftliche Entwicklung in der neueren Zeit genommen und durchgemacht hat, den Sie sogar in gewisser Weise mit Ihren Schülern durchmachen werden - ich meine jetzt die Lehrer der Waldorfschule und andere Lehrer. Denn es wird natürlich nicht möglich sein, sogleich gesunde Vorstellungen in die heutige Schule hineinzutragen, sondern wir werden Übergänge schaffen müssen.

Nun gehen wir einmal für die Licht- und Farbenerscheinungen von dem anderen Ende der Sache aus. Eine viel angefochtene Bemerkung Goethes möchte ich heute vorausschicken. Sie können es bei *Goethe* lesen, wie er bekannt geworden ist in den achtziger Jahren des achtzehnten Jahrhunderts mit allerlei Behauptungen über das Auftreten von Farben am Lichte, also über diejenigen Erscheinungen, von denen wir gestern begonnen haben zu sprechen, Es ist ihm gesagt worden, es sei die allgemeine Anschauung der Physiker, dass, wenn man farbloses Licht durch ein Prisma gehen lasse, dieses farblose Licht gespalten, zerlegt würde. Also etwa so wurden die Erscheinungen interpretiert, dass gesagt wurde: Fangen wir einen farblosen Lichtzylinder auf, so zeigt er uns zunächst ein farbloses Bild. Stellen wir diesem Lichtzylinder in den Weg das Prisma, so bekommen wir die Aufeinanderfolge der Farben Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau - Hellblau, Dunkelblau -, Violett. Nun, das ist etwas, was an Goethe herantrat, und zwar so, dass er erfuhr: Man erklärt sich diese Sache so, dass das farblose Licht eigentlich schon in sich enthält - wie, das ist ja natürlich schwer zu denken, aber das wurde gesagt - diese sieben Farben. Wenn man das Licht durch das Prisma gehen lässt, so tut das Prisma eigentlich nichts anderes, als das, was im Licht schon drinnen ist, fächerartig auseinanderlegen, das Licht in die sieben Farben zerlegen. Nun, Goethe wollte der Sache auf den Grund gehen und lieh sich allerlei Instrumente aus, wie wir es versucht haben in diesen Tagen sie auch zusammenzutragen, um selber zu konstatieren, wie die Dinge sind. Er liess sich diese Instrumente von dem Hofrat Büttner in Jena nach Weimar hinüberkommen, stapelte sie auf und wollte zu gelegener Zeit versuchen, wie sich die Sache verhält. Der Hofrat Büttner wurde ungeduldig und forderte die Instrumente zurück, als Goethe noch nichts gemacht hatte. Er musste die Instrumente zusammenpacken - bei manchen Dingen passiert uns ja so etwas, dass wir nicht gleich dazu kommen. Er nahm schnell noch das Prisma und sagte: Also, durch das Prisma wird das Licht zerlegt. Ich gucke es mir an an der Wand. - Und nun hat er erwartet, dass das Licht schön siebenfarbig erscheint. Es erschien aber nur da irgend etwas Farbige, wo irgendein Rand war, wo ein Schmutzfleck war, so dass das Schmutzige, das Trübe, mit dem Hellen zusammenstiess. Da sah man Farben, wenn man durchguckte. Aber wo gleichmässiges Weiss war, sah man nichts. Da wurde Goethe stutzig, er wurde irre an dieser ganzen Theorie. Und nun hatte er keinen Sinn mehr für das Zurückschicken der Instrumente. Er behielt sie und verfolgte die Sache wei-

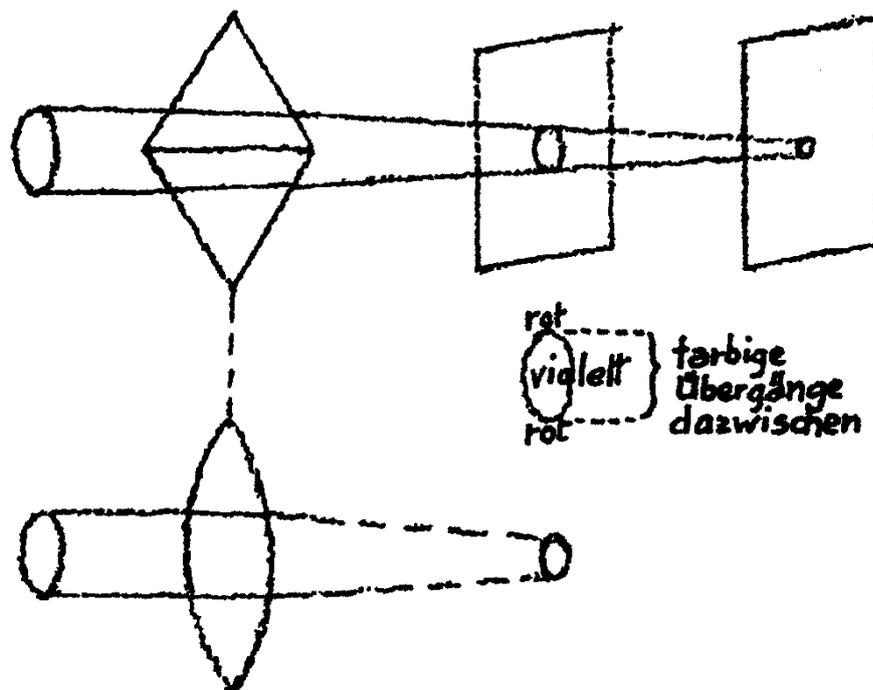
ter. Und da stellte sich heraus, dass die Sache eigentlich gar nicht so ist, wie sie gewöhnlich dargestellt wurde: Wenn wir Licht durchlassen durch den Raum des Zimmers, so bekommen wir auf einem Schirm einen weissen Kreis. Nun, wenn man diesem Lichtkörper, der da durchgeht, in den Weg stellt das Prisma, so wird der Lichtzylinder abgelenkt (vgl. die Figuren S. 37 und S. 38). Aber es erscheinen zunächst durchaus nicht die sieben aufeinanderfolgenden Farben, sondern nur am untern Rand tritt das Rötliche auf, das ins Gelbliche übergeht, und am oberen Rand das Bläuliche, das ins Grünliche übergeht. In der Mitte bleibt es weiss.

Was sagte sich nun Goethe? Er sagte sich: Da kommt es also überhaupt nicht darauf an, dass Irgend etwas aus dem Licht heraus sich spaltet, sondern ich bilde ja eigentlich ab ein Bild. Dieses Bild ist nur das Abbild des Ausschnittes hier. Der Ausschnitt hat Ränder und die Farben treten nicht deshalb auf, weil sie aus dem Licht herausgeholt werden, gewissermassen weil das Licht in sie zerspalten würde, sondern weil ich das Bild entwerfe und das Bild als solches Ränder hat, so dass ich es auch hier mit nichts anderem zu tun habe, als dass dort, wo Helligkeit und Dunkelheit zusammentreten - denn ausserhalb dieses Lichtkreises hier ist Dunkelheit in der Umgebung und innen ist es hell -, da an den Rändern, die Farben auftreten. Es treten zunächst überhaupt nur die Farben als Randerscheinungen auf, und wir haben, indem wir die Farben als Randerscheinungen zeigen, im Grunde das ursprüngliche Phänomen vor uns. Wir haben gar nicht vor uns das ursprüngliche Phänomen, wenn wir nun den Kreis verkleinern und ein kontinuierliches Farbenbild bekommen. Das kontinuierliche Farbenbild entsteht nur dadurch, dass, während beim grossen Kreis die Randfarben eben Randfarben bleiben, sich beim kleinen Kreis vom Rand herein die Farben bis zur Mitte fortsetzen. Sie übergreifen sich in der Mitte und bilden, was man ein kontinuierliches Spektrum nennt. Also, die ursprüngliche Erscheinung ist diejenige, dass an den Rändern, wo Helligkeit und Dunkelheit zusammenströmen, Farben auftreten.

Sie sehen, es handelt sich darum, dass wir nicht mit Theorien in die Tatsachen hineinpfuschen, sondern reinlich bei einem Studium der blossen Tatsachen bleiben, der blossen Fakta. Nun handelt es sich darum, dass hier ja nicht nur dasjenige auftritt, was wir in den Farben sehen, sondern Sie haben gesehen: Es tritt hier auch auf eine Verschiebung des ganzen Lichtkegels, eine seitliche Ablenkung des ganzen Lichtkegels. Wenn Sie schematisch diese seitliche Ablenkung verfolgen wollen, so könnten Sie es etwa auf die folgende Weise noch verfolgen.

Nehmen Sie an, Sie fügen zwei Prismen zusammen, so dass dann das untere Prisma, das aber ein Ganzes bildet mit dem oberen, so steht wie das, was ich Ihnen gestern aufgezeichnet habe. Das obere Prisma steht entgegengesetzt dem unteren. Würde ich durch dieses Doppel-Prisma einen Lichtzylinder durchgehen lassen, so

würde ich natürlich etwas Ähnliches bekommen müssen wie gestern. Ich würde eine Ablenkung bekommen, das eine Mal nach unten, das andere Mal nach oben. Ich würde, wenn ich hier ein solches Doppel-Prisma hätte, eine noch mehr in die Länge gezogene Lichtfigur bekommen, aber zu gleicher Zeit würde sich herausstellen, dass diese noch mehr in die Länge gezogene Lichtfigur sehr undeutlich, düster ist. Das würde mir dadurch erklärlich werden, dass ich dann, wenn ich hier die Figur mit einem Schirm auffange, von diesem Lichtkreis hier ineinandergeschoben eine Abbildung bekommen würde. Aber ich könnte den Schirm auch hereinrücken. Ich würde wiederum eine Abbildung bekommen. Das heisst, es gäbe hier eine Strecke - das liegt alles innerhalb der Tatsachen -, auf der ich immer die Möglichkeit, eine Abbildung zu bekommen, antreffen würde. Sie sehen daraus, dass durch das Doppel-Prisma mit dem



Lichte hantiert wird. Immer finde ich aussen einen roten Rand, und zwar jetzt oben und unten, und in der Mitte Violett. Während ich sonst bloss bekomme das Bild vom Rot bis zum Violett, bekomme ich jetzt die äusseren Ränder rot und in der Mitte Violett und dazwischen die anderen Farben. Ich könnte also durch ein solches Doppel-Prisma die Möglichkeit schaffen, dass eine solche Figur entstünde, aber ich würde diese auch bekommen, wenn ich den Schirm verschieben würde. Ich habe also eine gewisse Strecke, auf der die Möglichkeit der Entstehung eines Bildes vorhanden ist,

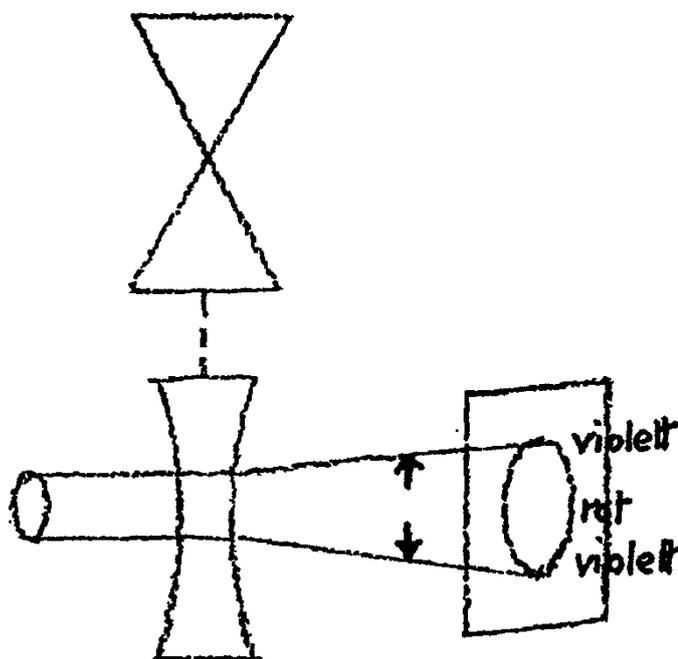
das an den Rändern farbig ist, aber auch in der Mitte farbig ist und allerlei Übergangsfarben hat.

Nun kann man verhindern, dass hier, wenn ich mit dem Schirm auf und ab gehe, ein ganz weiter Raum ist, auf dem die Möglichkeit besteht, solche Bilder zu schaffen. Aber Sie ahnen wohl, diese Möglichkeit könnte nur geschaffen werden, wenn ich das Prisma immer ändern würde, weil bei einem Prisma, dessen Winkel hier grösser ist, das Bild an einer anderen Stelle entworfen wird, als wenn ich den Winkel kleiner machen würde, und ich würde diese Strecke kleiner bekommen. Ich kann die ganze Sache dadurch zu einer anderen machen, dass ich nun hier nicht ebene Flächen für ein Prisma habe, sondern dass ich von vornherein gekrümmte Flächen nehme. Dadurch wird dasjenige, was beim Prisma noch ausserordentlich schwer zu studieren ist, wesentlich vereinfacht. Und wir bekommen dann folgende Möglichkeit: Wir lassen zunächst durchgehen durch den Raum den Lichtzylinder, und jetzt stellen wir die Linse, die also eigentlich nichts anderes ist als ein Doppel-Prisma, aber mit gekrümmten Flächen, die stellen wir in den Weg (Figur S. 48, unten). Jetzt bekomme ich das Bild zunächst wesentlich verkleinert. Also, was ist denn da eigentlich geschehen? Der ganze Lichtzylinder ist zusammengezogen, verengt. Da haben wir eine neue Wechselwirkung zwischen dem Materiellen, dem Materiellen in der Linse, im Glaskörper, und dem durch den Raum gehenden Licht. Diese Linse wirkt so auf das Licht, dass sie den Lichtzylinder zusammenzieht.

Wir wollen uns die ganze Sache einmal schematisch aufzeichnen. Ich habe hier einen Lichtzylinder, von der Seite gezeichnet, und lasse sein Licht durch die Linse gehen. Wenn ich eine gewöhnliche Glasplatte oder eine Wasserplatte entgegensetzen würde, so würde der Lichtzylinder einfach durchgehen und es würde sich auf dem Schirm eben ein Abbild des Lichtzylinders ergeben. Das ist nicht der Fall, wenn ich nicht eine Glasplatte oder eine Wasserplatte habe, sondern eine Linse. Wenn ich einfach mit den Strichen nachfahre demjenigen, was geschehen ist, so muss ich sagen: Es ist eine Verkleinerung des Bildes, die sich ergeben hat. Also ist der Lichtzylinder zusammengezogen.

Es gibt noch eine andere Möglichkeit. Das ist diese, dass man die Anordnung nachbildet nicht einem solchen Doppel-Prisma, wie ich es dort gezeichnet habe, sondern einem Doppel-Prisma, das so im Querschnitt gestaltet ist, dass mit dieser Kante hier die Prismen aneinanderstossen. Dann würde ich allerdings dieselbe Beschreibung, die ich gemacht habe, mit einem wesentlich vergrösserten Kreis bekommen. Wiederum würde ich, indem ich mit dem Schirm auf und ab gehe, während einer gewissen Strecke die Möglichkeit haben, das Bild - mehr oder weniger undeutlich - zu bekommen. Ich würde hier in diesem Fall oben Violett, Bläulich ha-

ben, unten auch Violett, Blau und in der Mitte würde ich Rot haben. Dort war es umgekehrt. Und dazwischen die Zwischenfarben.

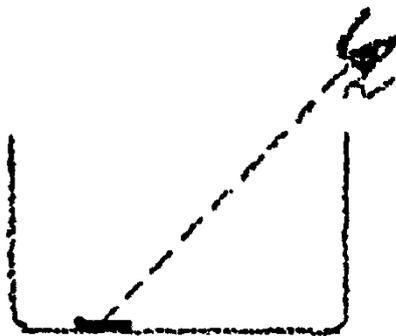


Ich kann mir wiederum an die Stelle dieses Doppel-Prismas setzen eine Linse mit folgendem Querschnitt: $\Sigma \bar{\Sigma}$ Während diese Linse ihrem Querschnitt nach sich in der Mitte dick zeigt und an den Rändern dünn, zeigt sich diese in der Mitte dünn und an den Rändern dick (Figuren S. 46 und 48, unten). In diesem Fall bekomme ich auch durch die Linse hier ein Bild, das wesentlich grösser ist, als der gewöhnliche Querschnitt wäre, der von dem Lichtzylinder entstehen würde. Ich bekomme ein vergrössertes Bild, aber auch mit dieser Farbenabstufung an den Rändern und gegen die Mitte zu. Will ich also hier die Erscheinungen verfolgen, so muss ich sagen: Der Lichtzylinder ist auseinandergeweitet worden, er ist im wesentlichen auseinandergetrieben worden. Das ist das einfache Faktum.

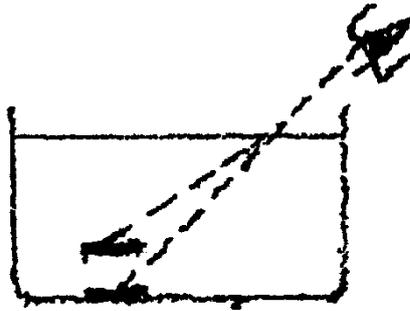
Nun, was sehen wir aus diesen Erscheinungen? Wir sehen, dass eine Beziehung herrscht zwischen dem Materiellen, das uns zunächst als durchsichtiges Materielles entgegentritt in den Linsen oder Prismen, zwischen diesem Materiellen und demjenigen, was durch das Licht zur Erscheinung kommt. Und wir sehen auch in gewissem Sinn eine gewisse Art dieser Wechselwirkung. Denn gehen wir von demjenigen aus, was wir hier durch eine solche Linse gewinnen würden, die an den Rändern dick und in der Mitte dünn ist, was müssen wir uns denn da sagen, wenn wir eine

solche Linse vor uns haben? Da müssen wir sagen: Es ist auseinandergetrieben worden der ganze Lichtzylinder, er ist geweitet worden. Und wir sehen auch, wie diese Weitung möglich ist. Diese Weitung kommt ja dadurch zustande, dass das Materielle, durch das das Licht durchgegangen ist, hier dünn ist, hier dicker ist. Da muss das Licht durch mehr Materielles dringen als hier in der Mitte, wo es durch weniger Materielles dringt. Was geschieht nun mit dem Lichte? Nun, wir haben ja gesagt, es wird geweitet, es wird auseinandergetrieben. In der Richtung dieser zwei Pfeile wird es auseinandergetrieben. Wodurch kann es nur auseinandergetrieben werden? Nun, lediglich durch den Umstand, dass es in der Mitte weniger Materie zu passieren hat und an den Rändern mehr. Nun überlegen Sie sich die Sache: In der Mitte hat das Licht weniger Materielles zu passieren, geht also leichter durch, hat also, wenn es durchgegangen ist, noch mehr Kraft. Also, es hat hier mehr Kraft, wo es durch weniger Materielles hindurchgeht, als hier, wo es durch mehr Materielles geht. Diese stärkere Kraft in der Mitte, die hervorgerufen wird dadurch, dass das Licht durch weniger Materielles hindurchgeht, die drückt den Lichtzylinder auseinander. Das ist etwas, was Sie sozusagen an den Fakten unmittelbar ablesen können. Ich bitte, sich nur ganz klar darüber zu sein, dass es sich hier handelt um eine richtige Behandlung der Methode, um eine richtige Führung des Denkens. Man muss sich klar sein, wenn man das, was durch das Licht erscheint, mit Linien verfolgt, dass man da eigentlich nur etwas hinzuzeichnet, was mit dem Lichte nichts zu tun hat. Wenn ich hier die Linien zeichne, dann zeichne ich bloss die Grenzen des Lichtzylinders. Dieser Lichtzylinder wird durch diese Öffnung bewirkt. Ich zeichne also gar nichts, was mit dem Licht zu tun hat, sondern nur etwas, was hervorgerufen wird dadurch, dass das Licht durch den Spalt durchgeht. Und wenn ich hier sage: In dieser Richtung bewegt sich das Licht, so hat das wiederum mit dem Lichte nichts zu tun; denn würde ich die Lichtquelle hinaufschieben, so würde sich eben das Licht, wenn es durch den Spalt fallen würde, so bewegen, und ich müsste diese Pfeilrichtung so zeichnen. Das alles hätte mit dem Lichte als solchem nichts zu tun. Dieses Zeichnen von Linien in das Licht hinein ist man gewohnt worden, und dadurch ist man allmählich darauf gekommen, von den Lichtstrahlen zu reden. Man hat es nirgends mit Lichtstrahlen zu tun; man hat es zu tun mit einem Lichtkegel, der hervorgerufen ist durch einen Spalt, durch den man das Licht dringen lässt, man hat es zu tun mit einer Verbreiterung des Lichtkegels, und man muss sagen: Irgendwie muss die Verbreiterung des Lichtkegels zusammenhängen mit dem geringeren Weg hier in der Mitte, den das Licht macht, als hier am Rande. Durch den geringeren Weg hier in der Mitte behält es mehr Kraft, durch den längeren Weg am Rande wird ihm mehr Kraft genommen. Das schwächere Licht am Rande wird gedrückt durch das stärkere Licht in der Mitte, und es wird der Lichtkegel verbreitert. Das ist, was Sie ablesen können.

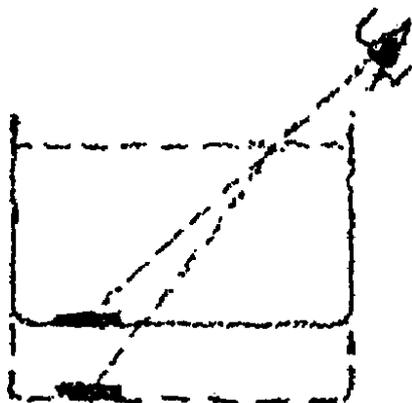
Nun sehen Sie: Während man es eigentlich nur zu tun hat mit Bildern, redet man in der Physik von allem möglichen, von den Lichtstrahlen und dergleichen. Diese Lichtstrahlen, die sind nun eigentlich zum Untergrund gerade für das materialistische Denken auf diesem Gebiet geworden. Wir wollen, um das noch etwas anschaulicher zu machen, was ich eben auseinandergesetzt habe, etwas anderes noch betrachten. Nehmen wir an, wir haben hier eine Wanne, ein kleines Gefäß. Wir haben hier in diesem kleinen Gefäß eine Flüssigkeit, zum Beispiel Wasser, und da unten irgendeinen Gegenstand liegen, meinetwegen einen Taler oder dergleichen. Wenn ich hier ein Auge habe, so kann ich folgendes Experiment machen: Ich kann zunächst das Wasser weglassen und kann auf diesen Gegenstand sehen



mit dem Auge. Ich werde in dieser Richtung den Gegenstand sehen. Was ist der Tatbestand? Ich habe auf dem Boden eines Gefäßes liegen einen Gegenstand. Ich gucke hin und sehe in einer gewissen Richtung diesen Gegenstand. Das ist der einfache Tatbestand. Wenn ich anfangen nun zu zeichnen: Von diesem Gegenstand geht ein Lichtstrahl aus, der wird in das Auge geschickt und affiziert das Auge, dann phantasie ich schon alles mögliche dazu. Nun fülle ich bis hierher das Gefäß mit Wasser oder irgendeiner Flüssigkeit an. Nun stellt sich etwas ganz Besonderes heraus. Ich ziehe dieselbe Richtung, in der ich früher den Gegenstand habe, vom Auge zum Gegenstand hin, gucke nach der Richtung, in der ich früher geguckt habe. Ich könnte erwarten, dasselbe zu sehen, tue es aber nicht, sondern etwas höchst Merkwürdiges tritt ein: Ich sehe den Gegenstand etwas gehoben. Ich sehe ihn so, dass er mit dem ganzen Boden



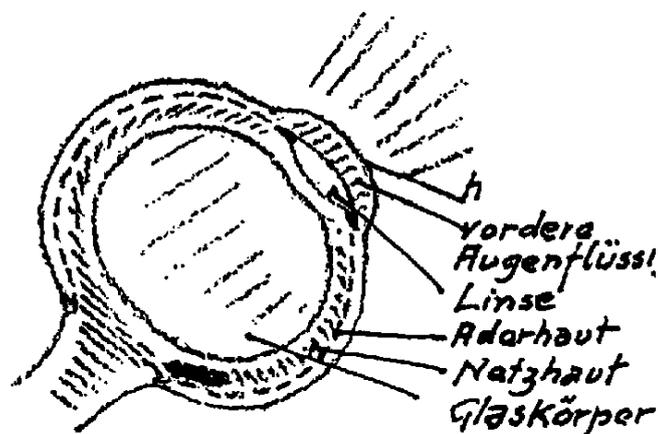
in die Höhe gehoben wird. Wie man das feststellen, ich meine messen kann, darüber können wir ja noch sprechen. Ich will jetzt nur das Prinzipielle sagen. Worauf kann denn das nur beruhen, wenn ich mir die Frage beantworte nach dem reinen Tatbestand? Nun, ich erwarte, wenn ich früher so gesehen habe, den Gegenstand wiederum in der Richtung zu finden. Ich richte das Auge darauf hin, aber ich sehe ihn nicht in der Richtung, ich sehe ihn in der anderen Richtung. Ja, früher, als noch kein Wasser in dem Trog war, da konnte ich bis zu dem Boden direkt hinunterschauen, und zwischen meinem Auge und dem Boden war nur die Luft. Jetzt stösst meine Visierlinie hier auf das Wasser. Das lässt meine Sehkraft nicht so einfach durch wie die Luft, sondern stellt ihr stärkeren Widerstand entgegen, und ich muss vor dem stärkeren Widerstand zurückweichen. Von hier ab muss ich vor dem stärkeren Widerstand zurückweichen. Dieses Zurückweichen drückt sich dadurch aus, dass ich nicht bis unten sehe, sondern dass das Ganze gehoben erscheint. Ich sehe gewissermassen schwerer durch das Wasser als durch die Luft, überwinde den Widerstand des Wassers schwerer als den Widerstand der Luft. Daher muss ich die Kraft verkürzen, ziehe also selbst den Gegenstand herauf. Ich verkürze die Kraft dadurch, dass ich den stärkeren Widerstand finde. Würde ich in der Lage sein, hier ein Gas hineinzufüllen, das dünner wäre als die Luft, dann würde der Gegenstand sich hier senken, weil ich jetzt weniger Widerstand fände. Ich würde daher den Gegenstand



hinunterschieben. Der Physiker konstatiert nicht diesen Tatbestand, sondern er sagt: Nun ja, da wird ein Lichtstrahl geworfen bis zu der Oberfläche des Wassers. Dieser Lichtstrahl wird hier gebrochen, und weil ein Übergang stattfindet zwischen einem dichteren Medium und einem dünneren, wird der Lichtstrahl vom Einfallslot gebrochen, kommt hier in das Auge. Und jetzt sagt er etwas höchst Kurioses: Das Auge, nachdem es die Nachricht bekommen hat durch den Lichtstrahl, verlängert jetzt den Weg nach aussen und projiziert den Gegenstand an diese Stelle hin. - Das heisst: Man findet alle möglichen Begriffe, aber man rechnet nicht mit dem, was da ist, mit dem Widerstand, den die Visierkraft des Auges selber findet in dem Dichteren, in das sie eindringen muss. Man möchte gewissermassen alles weglassen und dem Licht alles selbst zuschieben, so wie man hier beim Prisma sagt: Oh, das Prisma macht gar nichts, sondern die sieben Farben sind schon im Lichte drinnen. Das Prisma gibt nur die Veranlassung, dass sie sich hübsch nebeneinander hinstellen wie Soldaten, die sieben Farben; aber da drinnen sind schon diese sieben unartigen Buben zusammen, die gezwungen werden, auseinanderzutreten. Das Prisma macht gar nichts davon. Wir haben gesehen: Gerade dasjenige, was im Prisma entsteht, dieser getrübe Keil ist es, der die Farben verursacht. Die Farben selber haben gar nichts mit dem Lichte selber zu tun. Und Sie sehen hier wiederum, während wir hier uns klar sein müssen, dass wir eine aktive Tätigkeit ausüben, mit dem Auge hinvisieren und einen stärkeren Widerstand im Wasser finden, dadurch gezwungen sind, die Visierlinie abzukürzen durch den stärkeren Widerstand, sagt der Physiker: Da werden Lichtstrahlen geworfen, die werden gebrochen und so weiter. Und dann das Allerschönste, gerade an dieser Stelle! Sehen Sie, der heutige Physiker sagt: Da wird also zunächst das Licht ins Auge auf gebrochenem Wege gelangen, dann projiziert das Auge das Bild nach aussen. - Was heisst das? Zum Schlüsse sagt er doch: Das Auge projiziert. Er setzt nur eine phoronomische Vorstellung, eine von allen Realitäten verlassene Vorstellung, eine reine Phantasietätigkeit an Stelle dessen, was sich unmittelbar darbietet: der Widerstand des dichteren Wassers gegen die Visierkraft des Auges. Gerade an solchen Punkten merken Sie am allerdeutlichsten, wie alles gerade in unserer Physik verabstrahiert ist, wie alles zur Phoronomie gemacht werden soll, wie man nicht in die Qualitäten hineingehen will. Auf der einen Seite also entkleidet man das Auge jedweder Aktivität, auf der anderen Seite aber wieder projiziert das Auge dasjenige, was es als Reiz bekommt, nach aussen. Dasjenige aber, was nötig ist, ist, dass man von vornherein von der Aktivität des Auges ausgeht, dass man sich klar ist: Das Auge ist ein tätiger Organismus.

Nun sehen Sie, hier haben wir ein Modell des Auges, und wir werden heute beginnen, uns zunächst auch ein wenig zu befassen mit dem Wesen des menschlichen Auges. Das Auge, das menschliche Auge, ist ja eine Art Kugel, nur von vorne nach hinten etwas zusammengedrückt, eine Kugel, die hier in der Knochenhöhle

drinnensitzt so, dass eine Reihe von Häuten zunächst das Innere dieses Auges umgibt. Wenn ich den Durchschnitt zeichnen will, so müsste ich da so zeichnen: Das, was ich jetzt zeichne, wäre das rechte Auge. Das Äusserste, was man zunächst findet, wenn man das Auge etwa aus dem Schädel herauspräparieren würde, das wäre Bindegewebe, Fett. Dann aber kommt man zu der eigentlichen ersten Umhüllung des Auges, der sogenannten Sklerotika, Hornhaut. Sehnig, knochig, knorpelig ist die äusserste Umhüllung. Ich habe sie hier gezeichnet. Sie wird nach vorne durchsichtig, so dass das Licht von hier aus in das Auge eindringen kann. Eine zweite Schichte, die den Innenraum hier auskleidet, ist die sogenannte Aderhaut. Sie enthält die Blutgefässe. Wir würden sie etwa hier haben. Und als Drittes würden wir bekommen die innerste Schichte, die sogenannte Netzhaut, die sich dann



nach dem Schädel zu in dem Sehnerv fortsetzt. Hier also würde der Sehnerv nach innen gehen, würde bilden die Netzhaut. Und damit haben wir die drei Umhüllungen des Auges aufgezählt. Nun aber, hinter dieser Hornhaut, eingebettet hier in den Ziliarmuskel, ist eine Art Linse. Sie wird hier durch einen Muskel, den man den Ziliarmuskel nennt, getragen. Nach vorne ist hier die durchsichtige Hornhaut, und zwischen der Linse und ihr ist dasjenige, was man die wässrige Flüssigkeit nennt, so dass, wenn das Licht in das Auge eindringt, es erst die durchsichtige Hornhaut passiert, die wässrige Flüssigkeit passiert, dann durch diese Linse geht, die in sich beweglich ist durch Muskeln. Dann aber gelangt das Licht weiter von dieser Linse aus in dasjenige, was nun ausfüllt den ganzen Augenraum und was man gewöhnlich den Glaskörper nennt. So dass das Licht also geht durch die durchsichtige Hornhaut, die Flüssigkeit, die Linse selbst, den Glaskörper und von da dann an die Netzhaut, die eine Verzweigung ist des Sehnervs, der dann ins Gehirn geht. Das sind zunächst schematisch - wir wollen zunächst das Prinzipielle uns vor Augen stellen - diejenigen Dinge, die uns veranschaulichen können, was dieses Auge, das da in eine Höhle der Schädelknochen eingebettet ist, für Teile hat. Aber dieses Au-

ge zeigt ausserordentlich grosse Merkwürdigkeiten. Zunächst, wenn wir studieren die Flüssigkeit, die da ist zwischen dieser Linse und der Hornhaut, durch die das Licht durchgehen muss, so ist diese Flüssigkeit ihrem Gehalte nach fast eine richtige Flüssigkeit, fast eine äussere Flüssigkeit. An der Stelle, wo der Mensch seine Augenflüssigkeit hat, zwischen der Linse und der äusseren Hornhaut, ist der Mensch seiner Leiblichkeit nach ganz so, gewissermassen, wie ein Stück Aussenwelt. Es ist fast so, dass diese Flüssigkeit, die da ist in der äussersten Peripherie des Auges, kaum sich unterscheidet von einer Flüssigkeit, die ich mir hier auf die Hand schütten würde. Und das, was hier die Linse ist, das ist auch noch etwas sehr, sehr Objektives, sehr, sehr Unlebendiges. Gehe ich dagegen auf den Glaskörper über, der das Innere des Auges ausfüllt und an die Nervenhaut grenzt, so kann ich diesen Glaskörper keineswegs so betrachten, dass ich sage: Das ist auch etwas, was fast wie eine äussere Flüssigkeit oder ein äusserer Körper ist. Da drinnen ist schon Vitalität, da drinnen ist Leben, so dass, je weiter wir zurückgehen im Auge, desto mehr dringen wir heran an das Leben. Hier haben wir eine Flüssigkeit, die fast ganz objektiv äusserlich ist, die Linse ist auch noch äusserlich; aber beim Glaskörper stehen wir schon innerhalb eines Gebildes, das in sich Vitalität hat. Dieser Unterschied zwischen all dem, was da draussen ist, und dem, was da drinnen ist, der zeigt sich auch noch in etwas anderem. Auch das könnte man schon heute naturwissenschaftlich studieren. Wenn man nämlich die Bildung des Auges komparativ von der niederen Tierreihe aus verfolgt, so findet man,, dass dasjenige, was äusserer Flüssigkeitskörper ist und Linse, dass das nicht von innen heraus wächst, sondern dass sich das ansetzt, indem sich die umliegenden Zellen ansetzen. Also, ich müsste mir die Bildung der Linse so vorstellen, dass das Linsengewebe und dass auch die vordere Augenflüssigkeit entsteht aus den benachbarten Organen und nicht von innen heraus, während beim Inneren das so ist, dass der Glaskörper entgegenwächst. Sehen Sie, da haben wir das Merkwürdige: Hier wirkt die Natur des äusseren Lichtes und bewirkt jene Umwandlung, die Flüssigkeit und Linse hervorbringt. Auf das reagiert das Wesen von innen und schiebt ihm ein Lebendigeres, ein Vitaleres entgegen, den Glaskörper. Gerade im Auge treffen sich die Bildungen, die von aussen angeregt werden, und diejenigen, die von innen aus angeregt werden, in einer ganz merkwürdigen Weise. Das ist die nächste Eigentümlichkeit des Auges.

Es gibt noch eine andere. Es gibt die Eigentümlichkeit des Auges, die darinnen besteht, dass diese sich ausbreitende Netzhaut eigentlich der sich ausbreitende Sehnerv ist. Nun besteht just die Eigentümlichkeit - ich werde morgen versuchen ein Experiment zu zeigen, das diese bekräftigt -, dass hier, wo der Sehnerv eintritt, das Auge unempfindlich ist. Da ist es blind. Es breitet sich dann der Sehnerv aus, und an einer Stelle, die also hier für das rechte Auge etwas rechts liegt von der Eintrittsstelle, ist die Netzhaut am empfindlichsten. Man kann nun sagen: Der Nerv ist das-

jenige, was das Licht empfindet. Aber er empfindet das Licht just nicht da, wo er eintritt. Man sollte glauben, wenn der Nerv wirklich das wäre, was das Licht empfindet, dann müsste er am stärksten es empfinden da, wo er eintritt. Das tut er aber nicht. Das bitte ich im Auge zunächst zu behalten.

Nun, dass diese Einrichtung des Auges eine ausserordentlich von Weisheit der Natur erfüllte ist, das können Sie etwa aus dem Folgenden entnehmen: Wenn Sie so des Tags über die Gegenstände um sich herum beschauen, ja, dann finden Sie, dass die Gegenstände Ihnen, soweit Ihre Augen gesund sind, mehr oder weniger scharf erscheinen, aber so, dass die Schärfe, die Deutlichkeit für Ihre Orientierung genügt. Wenn Sie aber des Morgens aufwachen, da sehen Sie manchmal sehr undeutlich die Ränder der Gegenstände, da sehen Sie diese so wie mit einem kleinen Nebel umgeben. Wenn das ein Kreis ist, sehen Sie da herum wie etwas Undeutliches, wenn Sie des Morgens gerade aufgewacht sind. Worauf beruht denn das? Das beruht darauf, dass wir dreierlei in unserem Auge haben, zunächst den Glaskörper - wir wollen sogar nur auf zweierlei Rücksicht nehmen -, den Glaskörper und die Linse. Sie haben, wie wir gesehen haben, ganz verschiedenen Ursprung. Die Linse ist mehr von aussen gebildet, der Glaskörper mehr von innen, die Linse ist mehr unlebendig, der Glaskörper von Vitalität durchzogen. In dem Augenblick, wo wir aufwachen, sind beide einander noch nicht angepasst. Der Glaskörper will uns noch die Gegenstände so abbilden, wie er es kann, und die Linse so, wie sie es kann. Und wir müssen erst warten, bis sie sich gegenseitig eingestellt haben. Daraus ersehen Sie, wie innerlich beweglich das Organische ist und wie die Wirkung des Organischen darauf beruht, dass zunächst die Tätigkeit differenziert wird in Linse und Glaskörper und dann wiederum aus dem Differenzierten zusammengesetzt wird. Da muss sich dann das eine an das andere anpassen.

Wir wollen aus allen diesen Dingen versuchen, nach und nach darauf zu kommen, wie sich aus dem Wechselverhältnis des Auges und der Aussenwelt die farbenbunte Welt ergibt. Zu diesem Zweck, um dann morgen daran anknüpfen zu können Betrachtungen über diese Beziehung des Auges zur Aussenwelt, wollen wir uns noch folgendes Experiment vor Augen führen:

Sehen Sie, ich habe hier eine Scheibe bestrichen mit den Farben, die uns vorhin als Regenbogenfarben Violett, Indigo, Blau, Grün, Gelb, Orange, Rot vor Augen getreten sind. Wenn Sie dieses Rad hier anschauen, so sehen Sie diese sieben Farben - ich habe es so gut gemacht, als es eben geht mit diesen Farben. Nun werden wir zuerst die Scheibe drehen. Sie sehen noch immer, nur eben in Bewegung, die sieben Farben. Ich kann ziemlich stark drehen und Sie sehen in Bewegung die sieben Farben. Nun werde ich aber recht schnell die Scheibe zur Rotierung bringen. Sie sehen, wenn die Sache stark genug rotiert, nicht mehr die Farben, sondern Sie

sehen, ich glaube, ein einfarbiges Grau. Nicht wahr? Oder haben Sie etwas anderes gesehen? («Lila», «Rötlich».) Ja, das ist nur aus dem Grunde, weil das Rot etwas zu stark ist gegenüber den anderen Farben. Ich habe zwar versucht, die Stärke durch den Raum auszugleichen, aber Sie würden, wenn die Anordnung ganz richtig wäre, eigentlich ein einfarbiges Grau sehen. Wir müssen uns dann fragen: Warum erscheinen uns diese sieben Farben in einfarbigem Grau? Diese Frage wollen wir morgen beantworten. Heute wollen wir nur noch hinstellen, was die Physik sagt. Sie sagt und hat auch schon zu Goethes Zeiten gesagt: Da habe ich die Regenbogenfarben Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violett. Jetzt bringe ich die Scheibe in Rotierung. Dadurch kommt der Lichteindruck nicht zur Geltung im Auge, sondern wenn ich hier das Rot eben gesehen habe, dann ist durch die rasche Rotierung schon das Orange da, und wenn ich das Orange gesehen habe, schon das Gelb und so weiter. Und dann, während ich noch die übrigen Farben habe, ist schon wieder das Rot da. Dadurch habe ich alle Farben zu gleicher Zeit. Es ist der Eindruck vom Rot noch nicht vorüber, wenn das Violett kommt. Dadurch setzt man für das Auge die sieben Farben zusammen und das muss wiederum Weiss geben. - Dieses war auch die Lehre zu Zeiten Goethes. Goethe hat das als Lehre empfangen: Wenn man den Farbenkreisel macht, ihn rasch rotieren lässt, dann werden die sieben Farben, die so artig gewesen sind, auseinanderzutreten aus dem Lichtzylinder, die werden sich wieder vereinigen im Auge selbst. Aber Goethe hat niemals ein Weiss gesehen, sondern er hat gesagt: Es kommt niemals etwas anderes zustande als ein Grau. Allerdings, die neueren Physikbücher finden auch, dass nur ein Grau zustande kommt. Aber damit die Geschichte doch weiss wird, so raten sie, man soll in der Mitte einen schwarzen Kontrastkreis machen, dann wird das Grau im Kontrast weiss erscheinen. Also, Sie sehen, in einer netten Weise wird das gemacht. Manche Leute machen es mit «fortune», die Physiker machen es mit «nature». So wird die Natur korrigiert. Das findet überhaupt bei einer Anzahl der fundamentalsten Tatsachen statt, dass die Natur korrigiert wird.

Sie sehen, ich suche so vorzugehen, dass die Basis geschaffen wird. Wir werden gerade, wenn wir eine richtige Basis schaffen, für alle anderen Gebiete die Möglichkeit bekommen, vorwärtszukommen.

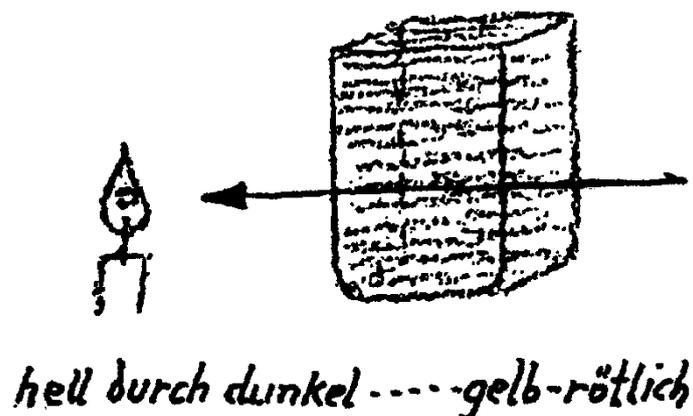
I • 04 URPHÄNOMEN DER FARBENLEHRE

Naturwissenschaft – GA-320 Geisteswissenschaftliche Impulse zur Entwicklung der Physik

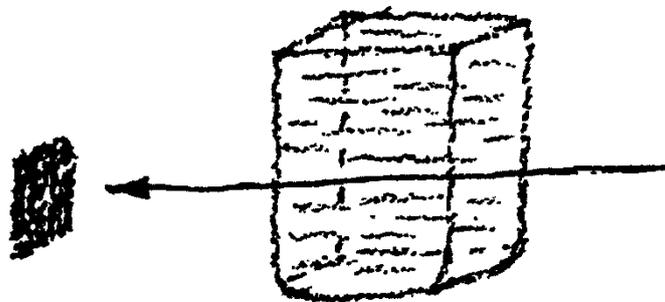
Urphänomen der Farbenlehre. Subjektives Spektrum. Newtons Vorstellung der Lichtkorpuskeln. Fresnelscher Versuch. Undulationstheorie. Lichtauslöschung durch die Natriumflamme. «Zerlegung» der Dunkelheit.

Vierter Vortrag, Stuttgart, 26. Dezember 1919

Wir sind leider mit dem Zusammenstellen des Experimentier-Materials noch nicht weit genug gediehen. Daher werden wir manche Dinge, die wir heute machen wollten, erst morgen machen, und ich werde den Vortrag heute mehr so einrichten müssen, dass ich einiges, was uns nützlich sein wird in den nächsten Tagen, Ihnen noch zur Darstellung bringe, gewissermassen mit einer kleinen Änderung meiner Absichten. Ich möchte zunächst einfach vor Sie hinstellen dasjenige, was man nennen könnte das Urphänomen der Farbenlehre. Es wird sich darum handeln, dass Sie nach und nach dieses Urphänomen der Farbenlehre bewahrheitet, bekräftigt finden an den Erscheinungen, die Sie im ganzen Umfang der sogenannten Optik oder Farbenlehre beobachten können. Natürlich komplizieren sich die Erscheinungen, und das einfache Phänomen tritt nicht überall gleich so bequem in die äussere Offenbarung. Aber wenn man sich die Mühe gibt, findet man es überall. Dieses einfache Phänomen, zunächst in Goethescher Art ausgesprochen, ist das: Sieht man ein Helleres durch Dunkelheit, dann wird das Helle durch die



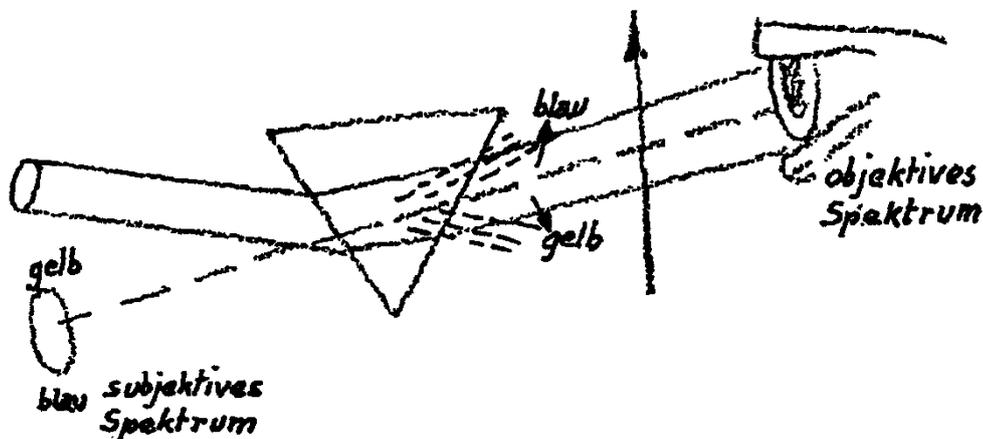
Dunkelheit in dem Sinn der hellen Farben erscheinen, in dem Sinn des Gelblichen oder Rötlichen, mit anderen Worten: Sehe ich zum Beispiel irgendein leuchtendes, sogenanntes weisslich scheinendes Licht durch eine genügend dicke Platte, die irgendwie abgetrübt ist, so erscheint mir dasjenige, was ich sonst, indem ich es direkt anschau, weisslich sehe, das erscheint mir gelblich, gelb-rötlich. Hell durch Dunkelheit erscheint gelb oder gelblichrötlich. Das ist der eine Pol. Umgekehrt, wenn Sie hier einfach eine schwarze Fläche haben und Sie schauen sie direkt an, dann sehen Sie eben die schwarze Fläche. Nehmen Sie aber an, ich habe hier einen Wassertrog, durch diesen Wassertrog jage ich Helligkeit durch, so dass er aufgehellt ist, dann habe ich hier eine erhellte Flüssigkeit, und ich sehe das Dunkel dunkel durch Hell, sehe es durch Erhelltes. Da erscheint Blau oder Violett, Blaurot, das heisst der andere Pol der Farbe. Das ist das Urphänomen - Hell durch Dunkel: Gelb; Dunkel durch Hell: Blau.



dunkel durch Erhelltes ---- blau-violett

Dieses einfache Phänomen kann überall gesehen werden, wenn man sich nur gewöhnt, real zu denken, nicht abstrakt zu denken, wie eben die heutige Wissenschaft denkt. Nun erinnern Sie sich von diesem Gesichtspunkt aus an den Versuch, den wir schon gemacht haben, wo wir einen Lichtzylinder haben durchgehen lassen durch ein Prisma und, indem der Lichtzylinder durch das Prisma durchging, eine wirkliche Farbenskala bekommen haben, die wir aufgefangen haben, vom Violett bis zum Rot. Dieses Phänomen, ich habe es Ihnen ja schon aufgezeichnet. Wir konnten sagen: Wenn wir hier das Prisma haben, hier den Lichtzylinder, dann geht das Licht in irgendeiner Weise durch das Prisma hindurch, wird nach oben abgelenkt. Und wir haben gesagt: Hier findet nicht nur eine Ablenkung statt. Eine Ablenkung würde stattfinden, wenn ein Gegenstand, ein durchsichtiger Gegenstand dem Lichte in den Weg gestellt würde, der parallele Flächen hat. Aber es wird das Prisma, das zusammenehende Flächen hat, dem Lichte in den Weg gestellt. Dadurch bekommen wir im Durchgang durch das Prisma eine Verdunkelung des Lichtes. Wir haben es also in dem Augenblicke, wo wir das Licht durch das Prisma hindurchjagen, zu tun

mit zweierlei, erstens mit dem einfachen, fortströmenden hellen Licht, dann aber mit dem dem Licht in den Weg gestellten Trüben. Aber dieses Trübe, haben wir gesagt, stellt sich so dem Lichte in den Weg, dass, während das Licht in der Hauptsache nach oben abgelenkt wird, dasjenige, was als Trübung entsteht, indem es nach oben strahlt, mit seinen Strahlen in der Richtung der Ablenkung sein wird. Das heisst, es strahlt Dunkelheit in das abgelenkte Licht hinein, Dunkelheit lebt gewissermassen im abgelenkten Licht. Dadurch entsteht hier das Bläuliche, Violette. Aber die Dunkelheit strahlt auch nach unten. Da strahlt sie, während der Lichtzylinder so (nach oben) abgelenkt wird, nach unten, und sie wirkt entgegengesetzt dem abgelenkten Licht, kommt gegen dieses nicht auf, und wir können sagen: Da übertönt das abgelenkte helle Licht die Dunkelheit, und wir bekommen die gelblichen oder gelblich-rötlichen Farben. Nehmen wir einen genügend dünnen Lichtzylinder, so können wir, wenn wir in der Richtung dieses Lichtzylinders schauen - mit unseren Augen können wir ja durch das Prisma hindurch -, statt dass wir von aussen auf einem Schirm anschauen das Bild, das entworfen wird, können wir unser Auge an die Stelle dieses Bildes stellen. Dann sehen wir, wenn wir durch das Prisma hindurchsehen, dasjenige, was hier ein Ausschnitt ist, durch den uns der Lichtzylinder entsteht, verschoben. Wir haben also hier wiederum, wenn wir innerhalb der Fakten stehen bleiben, das Phänomen vor uns: Wenn ich hier hinschaue, so sehe ich dasjenige, was mir sonst direkt zukommen würde, durch das Prisma nach unten verschoben. Aber ich sehe es ausserdem farbig. Sie sehen es überall farbig. Was sehen Sie eigentlich? Wenn Sie sich vergegenwärtigen, was Sie hier sehen, und rein aussprechen, was Sie sehen im Zusammenhang mit demjenigen, was wir eben festgestellt haben, dann ergibt sich Ihnen dasjenige, was Sie wirklich sehen, auch für die Einzelheit, unmittelbar. Sie müssen sich nur an das Gesehene halten. Nicht wahr, wenn Sie so hinschauen auf den Lichtzylinder - weil er Ihnen entgegenkommt,

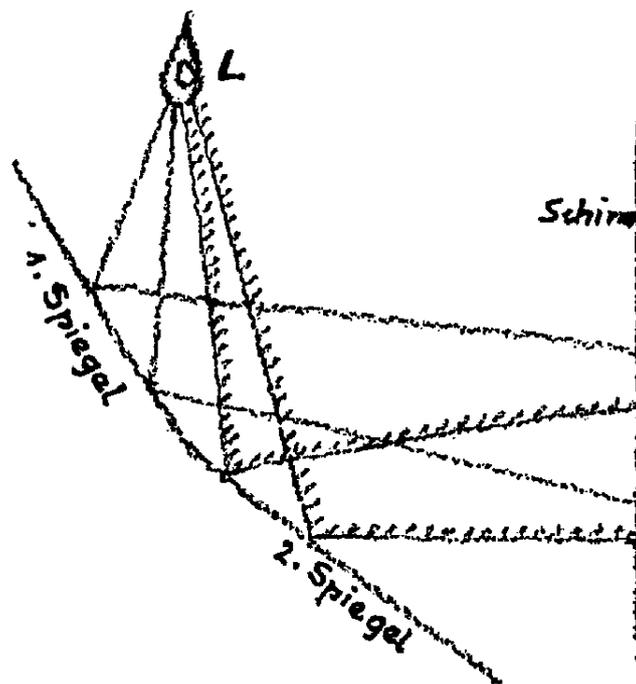


der helle Lichtzylinder -, so sehen Sie ein Helles, aber Sie sehen das Helle durch das Abgedunkelte, durch die blaue Farbe, ein Helles durch ein Dunkles. Also müssen Sie hier Gelb oder Gelbrötlich sehen, Gelb und Rot. - Nicht wahr, ein deutlicher Beweis, dass Sie hier oben ein Abgedunkeltes haben, ist, dass die blaue Farbe entsteht. - Und unten ist Ihnen die rote Farbe ebenso ein Beweis, dass Sie ein Aufgehelltes haben. Ich habe Ihnen ja gesagt, das Hell übertönt die Dunkelheit. Also sehen Sie, indem Sie hinschauen, den Lichtzylinder, wie hell er auch sein mag, noch durch ein Aufgehelltes. Er ist dunkel gegenüber dem Aufgehellten. Sie sehen also ein Dunkles durch ein Erhelltes, und Sie müssen es unten blau sehen oder blaurot. Sie brauchen bloss das Phänomen auszusprechen, dann haben Sie auch dasjenige, was Sie sehen können. Das, was sich dem Auge darbietet, ist, was Sie sonst sehen: das Blau, durch das Sie hindurchschauen. Also erscheint das Hell rötlich. Am unteren Rand haben Sie die Erhelltheit. Wie hell auch der Lichtzylinder sein mag, Sie sehen ihn durch ein Erhelltes. Also sehen Sie ein Dunkleres durch ein Erhelltes und Sie sehen es blau. Daraufkommt es an, auf das Polarische. Das erstere, das am Schirm, kann man, wenn man gelehrt sein will, die objektiven Farben nennen. Das andere, was man sieht, wenn man durch das Prisma schaut, kann man nennen das subjektive Spektrum. Das subjektive Spektrum erscheint in Umkehrung des objektiven Spektrums. Wenn wir so sprechen, dann haben wir ganz gelehrt gesprochen.

Nun, über diese Erscheinungen ist ja sehr viel, namentlich im Laufe der neueren Zeit, gegrübelt worden. Nicht nur, dass man so, wie wir es jetzt versucht haben, die Erscheinungen angesehen und sie reinlich ausgesprochen hat, sondern man hat über die Dinge gegrübelt, und das äusserste Grübeln ist ja schon angegangen, als der berühmte *Newton* über das Licht deshalb nachgedacht hat, weil ihm zuerst dieses Farbenspektrum sich dargeboten hat. *Newton* hat sich allerdings die sogenannte Erklärung - eine solche ist es immer nur - verhältnismässig leicht gemacht. Er hat gesagt: Nun, wenn wir eben das Prisma haben, so lassen wir weisses Licht hinein. Da drinnen sind schon die Farben enthalten, das Prisma lockt sie hervor, und dann marschieren sie der Reihe nach auf. Ich habe einfach das weisse Licht zerlegt. Nun hat sich *Newton* vorgestellt: Jeder Farbenart entspricht ein bestimmter Stoff, so dass also in dem Gesamten stofflich sieben Farben enthalten sind. Gewissermassen ist für ihn dieses Durchlassen des Lichtes durch das Prisma eine Art chemischer Zerlegung des Lichtes in sieben einzelne Stoffe. Er hat sich sogar Vorstellungen gemacht, welche Stoffe grössere Korpuskeln, Kügelchen aussenden und welche Stoffe kleinere. Nun also liegt in diesem Sinne die Sache so, dass die Sonne uns Licht sendet; wir lassen das Licht ein durch den kreisförmigen Spalt, da (Prisma) fällt es auf als ein Lichtzylinder. Aber dieses Licht besteht in lauter kleinen Korpuskeln, kleinen Körperchen, die hier aufstossen, dann von ihrer Richtung abgelenkt

werden, und dann bombardieren sie den Schirm. Da (Prisma) fallen diese kleinen Kanonenkugeln auf. Die kleinen fliegen nach oben, die grossen nach unten, die kleinen sind die violetten, die grossen sind die roten, nicht wahr? Und so sondern sich die grossen von den kleinen. Diese Anschauung, dass da ein Stoff oder verschiedene Stoffe durch die Welt fliegen, die wurde sehr bald erschüttert von anderen Physikern, *Huygens* und *Young* und anderen, und es ist endlich dazu gekommen, dass man sich gesagt hat: So geht es doch nicht, dass da diese kleinen Kügelchen von irgendwo ausgehen und einfach durch das Medium getrieben werden oder auch nicht durch ein Medium getrieben werden und entweder auf einem Schirm ankommen, ein Bild erzeugen, oder in das Auge gelangen, um bei uns die Erscheinung des Rot und so weiter hervorzurufen. Damit geht es doch nicht. Und ich möchte sagen: Zuletzt wurden die Menschen dazu getrieben, sich zu beweisen, dass es so nicht gehe, durch einen Versuch, der ja allerdings auch schon vorbereitet war, sogar bei dem Jesuiten *Grimaldi* und auch durch andere. Es wurde diese ganze Anschauung wesentlich erschüttert durch dasjenige, was durch *Fresnel* als Versuch angestellt worden ist.

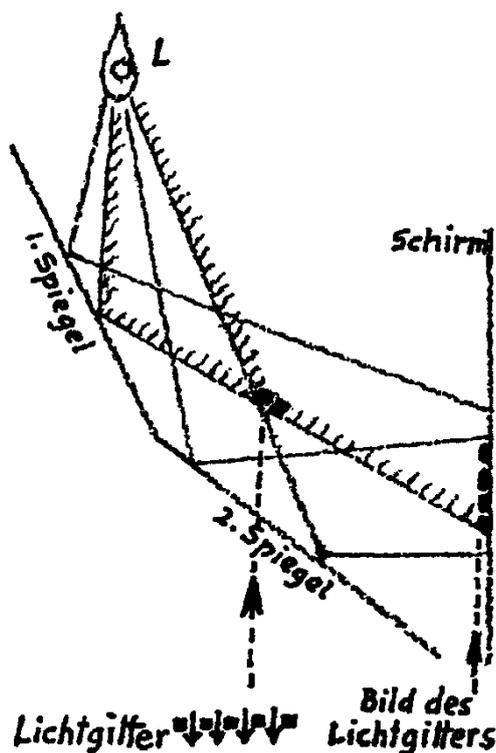
Diese Fresnelschen Versuche sind ausserordentlich interessant. Man muss sich einmal klar werden, was da eigentlich geschieht in der Anordnung, die Fresnel seinen Versuchen gegeben hat. Aber ich bitte Sie, jetzt wirklich auf die Tatsachen recht sehr achtzugeben, denn es handelt sich darum, dass wir ganz genau ein Phänomen studieren. - Nehmen Sie an, ich hätte zwei Spiegel und hier eine Lichtquelle, das heisst mit einer Flamme leuchte ich von da aus, so dass ich, wenn ich hier einen Schirm aufstelle, Bilder bekomme durch diesen Spiegel und Bilder bekomme von dem anderen Spiegel.



Nehmen Sie also an - ich werde das im Durchschnitt zeichnen - zwei sehr wenig gegeneinander geneigte Spiegel. Habe ich hier eine Lichtquelle - ich will sie L nennen - und einen Schirm, so spiegelt sich mir das Licht, indem es hier (Spiegel) auffällt, so dass ich in der Lage sein kann, hier durch das reflektierte Licht den Schirm zu beleuchten. Wenn ich das Licht hier auffallen lasse, so kann ich durch den Spiegel den Schirm hier beleuchten, so dass er hier in der Mitte heller ist als in der Umgebung. Nun habe ich aber hier einen zweiten Spiegel, durch den das Licht etwas anders reflektiert wird, und es wird gewissermassen noch ein Teil desjenigen, was von hier unten von meinem Lichtkegel nach dem Schirm hindirigiert wird, noch hinein in das Obere fallen, so dass durch die Neigung gewissermassen sowohl das, was der obere Spiegel spiegelt, als Helligkeit auf den Schirm geworfen wird, als auch, was vom unteren Spiegel gespiegelt wird. Man kann sagen, dass es für diesen Schirm so ist, wie wenn er von zwei Orten aus erhellt würde. Nehmen Sie nun an, es habe einen Physiker gegeben, der das sieht. Dieser Physiker, der das sieht, dächte newtonisch. Dann wird er sich sagen: Da ist die Lichtquelle, die bombardiert zuerst den ersten Spiegel, der schmeisst ihre Kügelchen hieher. Diese prallen ab, kommen auf den Schirm und erhellen ihn. Aber auch von dem unteren Spiegel prallen die Kügelchen ab. Da kommen viele Kügelchen an. Es muss viel heller sein, wenn die zwei Spiegel da sind, als wenn nur der eine Spiegel da ist. Richte ich die Sache so ein, dass ich den zweiten Spiegel wegmache, so müsste der Schirm durch das hergeworfene Licht weniger erhellt sein, als wenn ich die zwei Spiegel habe. Allerdings, ein Gedanke könnte diesem Physiker kommen, der richtig fatal wäre. Denn diese Korpuskeln, diese Körperchen, die müssen diesen Weg machen, da kommen die anderen herunter. Warum just nun diejenigen, die da herunterkommen, gar nicht auf diese stossen und sie wegschleudern, das ist ausserordentlich schwer einzusehen. - Überhaupt, Sie können in unseren Physikbüchern sehr schöne Erzählungen über die Wellentheorie finden. Aber während die Dinge sehr schön berechnet werden, muss man immer den Gedanken haben, dass man niemals berechnet, wie so eine Welle durch die andere durch saust. Das geht immer so ganz unmerklich ab. Wollen wir einmal in Wirklichkeit auffassen, was hier eben eigentlich geschieht.

Gewiss, das Licht fällt hier herunter, wird hieher herübergeworfen, fällt auch auf den zweiten Spiegel, wird hieher geworfen. Das Licht ist also auf dem Weg zum Spiegel, wird hier herübergeworfen - das ist immer der Weg des Lichts. Was geschieht aber eigentlich? Nun, nehmen wir an, wir hätten hier so einen Lichtgang. Jetzt wird er hier herübergeworfen. Jetzt kommt aber hier der andere Lichtgang, der trifft auf. Das ist ein Phänomen, das nicht zu leugnen ist: Die beiden stören sich gegenseitig. Der will da durch sausen, der andere stellt sich in den Weg. Die Folge davon ist: Wenn er da durch sausen will, löscht er das von da kommende Licht zu-

nächst aus. Dadurch aber bekommen wir überhaupt hier (Schirm) nicht eine Helligkeit, sondern es spiegelt



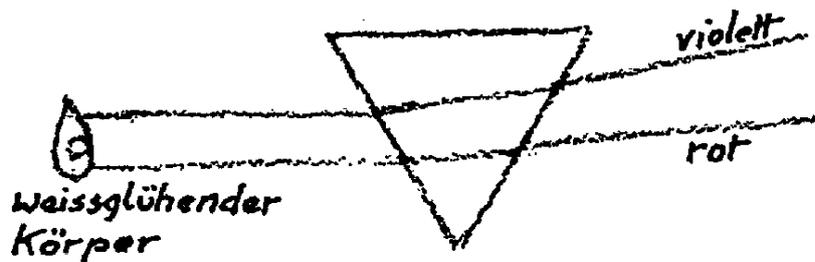
sich hier in Wahrheit die Dunkelheit herüber, so dass wir also hier eine Dunkelheit kriegen. Nun ist aber die ganze Geschichte nicht in Ruhe, sondern in fortwährender Bewegung. Was hier gestört worden ist, das geht weiter. Da ist also gleichsam ein Loch im Licht entstanden. Es ist ja das Licht durchgesaust, es ist ein Loch entstanden. Dieses erscheint dunkel. Aber dadurch wird der nächste Lichtkörper um so leichter durchgehen und Sie werden neben der Dunkelheit einen um so helleren Fleck haben. Das nächste wiederum, was geschieht, ist das, dass, indem das hier weiterschreitet, wiederum ein solcher kleiner Lichtzylinder von oben aufstösst auf eine Helligkeit, sie wiederum auslöscht, wiederum eine Dunkelheit hervorruft. Dadurch, dass diese weiter schreitet, kann das Licht wiederum leichter durch. Wir haben es zu tun mit einem solchen fortschreitenden Gitter, wo das Licht, das von oben kommt, immer durch kann und, indem es auslöscht, wiederum Dunkelheit bringt, die aber fortschreitet. Wir müssen also hier abwechselnd Helligkeit und Dunkelheit bekommen dadurch, dass das obere Licht durch das untere durchgeht und so ein Gitter macht. Das ist, was ich Sie gebeten habe, genau zu denken. Denn Sie müssen verfolgen, wie ein Gitter entsteht. Sie haben Helligkeiten und Dunkelheiten dadurch abwechselnd, dass Licht ins Licht hineinsaust. Wenn Licht in Licht hineinsaust, so wird das Licht eben aufgehoben, wird das Licht in Dunkelheit verwandelt. Die Entstehung eines solchen Lichtgitters müssen wir also dadurch erklären, dass wir die

Anordnung getroffen haben durch diese Spiegel. Die Geschwindigkeit des Lichtes, überhaupt dasjenige, was an Verschiedenheiten der Lichtgeschwindigkeit hier auftritt, hat keine grosse Bedeutung. Was ich zeigen möchte, ist hier dasjenige, was innerhalb des Lichtes selbst auftritt mit Hilfe des Apparates, ist hier (Schirm), dass sich das Gitter abspiegelt: hell, dunkel, hell, dunkel. Aber jener Physiker - es war Fresnel selber -, der sagte sich: Wenn das Licht die Ausströmung von Körperchen ist, so ist es selbstverständlich, dass, wenn mehr Körperchen hingeschleudert werden, es dann heller werden muss, sonst müsste ein Körperchen das andere aufzehren. Also nach der blossen Ausstrahlungstheorie kann nicht erklärt werden, dass Helligkeit und Dunkelheit miteinander abwechseln. Wie es zu erklären ist, wir haben es eben gesehen. Aber nun sehen Sie, das Phänomen so zu nehmen, wie es eigentlich sein muss, das fiel nun gerade wiederum den Physikern nicht ein, sondern im Zusammenhang mit gewissen anderen Erscheinungen versuchten sie eine Erklärung im Sinne des Materialismus. Mit den hinbombardierenden Stoffkügelchen ging es nicht mehr. Deshalb sagte man: Nehmen wir an, das Licht ist nicht ein Hinströmen von feinen Stoffen, sondern nur eine Bewegung in einem feinen Stoffe, in dem Äther, Bewegung im Äther. Und zuerst stellte man sich vor - zum Beispiel tat das *Euler* -, das Licht pflanze sich in diesem Äther etwa so fort wie der Schall in der Luft. Wenn ich einen Schall erzeuge, so pflanzt sich der ja durch die Luft fort, aber so, dass zunächst, wenn hier der Schall erregt wird, die Luft in der Umgebung zusammengedrückt wird. Dadurch entsteht verdichtete Luft. Die verdichtete Luft, die hier entsteht, die drückt wiederum auf die Umgebung. Sie dehnt sich aus. Dadurch aber ruft sie sporadisch gerade in der Nähe eine verdünnte Luftschicht hervor. Durch solche Verdickungen und Verdünnungen, die man Wellen nennt, stellt man sich vor, dass der Schall sich ausbreitet. Und so nahm man an, dass solche Wellen auch im Äther erregt werden. Aber mit gewissen Erscheinungen stimmte die Sache nicht, und so sagte man sich: Eine Wellenbewegung ist das Licht wohl, aber es schwingt nicht so, wie es beim Schall ist. Beim Schall ist es so, dass hier eine Verdichtung ist, dann eine Verdünnung kommt, und das schreitet so fort. Das sind Längswellen. Also, es folgt die Verdünnung auf die Verdichtung, und ein Körper, der bewegt sich darinnen in der Richtung der Fortpflanzung so hin und zurück. Das konnte man sich beim Lichte nicht so vorstellen. Da ist es so, dass, wenn sich das Licht fortpflanzt, dann die Ätherteilchen sich senkrecht zur Richtung der Fortpflanzung bewegen, so dass also, wenn dasjenige, was man einen Lichtstrahl nennt, da durch die Luft saust - es saust ja so ein Lichtstrahl mit 300 000 Kilometer Geschwindigkeit -, dann die kleinen Teilchen immer senkrecht auf die Richtung schwingen, in der das Licht dahinsaut. Wenn dann dieses Schwingen in unser Auge kommt, nehmen wir das wahr. Wenn man das auf den Fresnelschen Versuch anwendet, so ist eigentlich die Bewegung des Lichtes ein senkrechtliches Schwingen auf die Richtung, in der sich das Licht fortpflanzt. Dieser, Strahl hier, der auf den unteren Spiegel geht, würde also so schwin-

gen, setzt sich so fort, stösst hier auf. Nun, wie gesagt, dieses Durcheinandergehen der Wellenzüge, über das sieht man da hinweg. Die stören sich da nicht im Sinne dieser so denkenden Physiker. Aber hier (Schirm) stören sie sich sogleich, oder aber sie unterstützen sich. Denn was soll nun hier geschehen? Nicht wahr, hier kann es nun so sein, dass, wenn dieser Wellenzug hier ankommt, das eine kleinste Teilchen, das senkrecht schwingt, just hinunterschwingt, wenn das andere hinaufschwingt. Dann heben sie sich auf, dann müsste Dunkelheit entstehen. Wenn aber das eine Teilchen hier gerade hinunterschwingt, wenn das andere hinunterschwingt, oder hinaufschwingt, wenn das andere hinaufschwingt, dann müsste die Helligkeit entstehen, so dass man also hier aus den Schwingungen der kleinsten Teilchen dasselbe erklärt, was wir aus dem Lichte selber erklärt haben. Ich habe gesagt, dass man hier abwechselnd helle und dunkle Stellen hat, aber die sogenannte Undulations-Theorie erklärt sie dadurch, dass das Licht eine Schwingung des Äthers ist: Wenn die kleinsten Teilchen so schwingen, dass sie einander unterstützen, dann entsteht ein hellerer Fleck, wenn sie im entgegengesetzten Sinne schwingen, dann entsteht ein dunklerer Fleck. Sie müssen jetzt nur ins Auge fassen, welcher Unterschied besteht zwischen der reinen Auffassung des Phänomens, dem Stehenbleiben innerhalb der Phänomene, dem Verfolgen und Hinstellen der Phänomene und dem Hinzuerfinden zu den Phänomenen von etwas, was man eben nur hinzuerfunden hat. Denn diese ganze Bewegung des Äthers ist ja nur hinzuerfunden. Man kann natürlich so etwas, was man erfunden hat, berechnen. Aber das, dass man darüber rechnen kann, ist ja kein Beweis dafür, dass die Sache auch da ist. Denn das bloss Phoronomische ist eben ein bloss Gedachtes, und das Rechnerische ist auch bloss ein Gedachtes. Sie sehen daraus, dass wir darauf angewiesen sind, nach unserer Grunddenkweise die Phänomene so zu erklären, dass sie sich uns selber als Erklärung ergeben, dass sie die Erklärung in sich selber enthalten - darauf bitte ich den grössten Wert zu legen -, dass hinausgeworfen werden muss, was bloss Spintisiererei ist. Alles kann man erklären, wenn man hinzufügt etwas, wovon kein Mensch etwas weiss. Diese Wellen zum Beispiel könnten natürlich da sein, und es könnte sein, wenn eine herunter- und die andere hinaufschwingt, dass sie sich dann aufheben, aber man hat sie erfunden. Was aber unbedingt da ist, ist dieses Gitter hier, und dieses Gitter sehen wir sich hier treulich spiegeln. Man muss schon auf das Licht schauen, wenn man zu dem kommen will, was unverfälschte Erklärung ist.

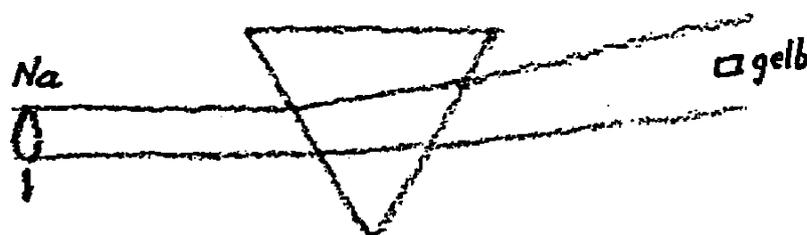
Nun habe ich Ihnen gesagt: Wenn das eine Licht durch das andere durchgeht, mit ihm überhaupt in irgendeine Beziehung tritt, dann wirkt unter Umständen das eine Licht trübend auf das andere Licht, auslöschend auf das andere Licht, wie das Prisma selber trübend wirkt. Das stellt sich ganz besonders dadurch heraus, dass man - wir werden den Versuch wirklich machen -, dass man den folgenden Versuch

macht. Sehen Sie, ich will das, um was es sich dabei handelt, aufzeichnen: Nehmen wir an, wir haben dasjenige, was ich Ihnen gestern zeigte, wir haben wirklich ein solches Spektrum, und zwar direkt durch die Sonne erzeugt; wir haben ein solches Spektrum bekommen vom Violett bis zum Rot. Wir könnten ein solches Spektrum auch erzeugen, indem wir nicht die Sonne durch einen solchen Spalt durchscheinen liessen, sondern dadurch, dass wir an diese Stelle hier einen festen Körper herbrächten, den wir glühend machten. Dann würden wir auch



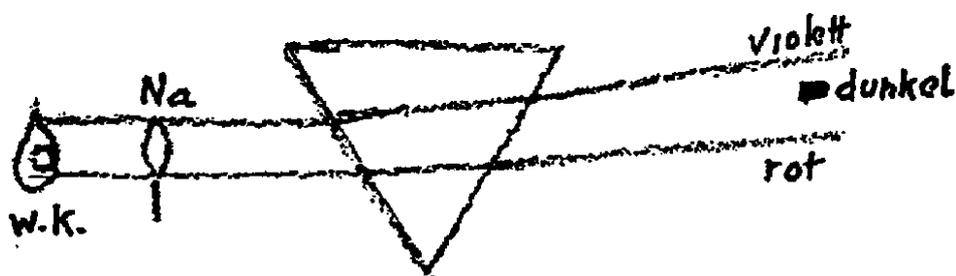
allmählich, wenn er bis zur Weissglut kommt, die Möglichkeit haben, ein solches Spektrum zu haben. Es ist gleichgültig, ob wir ein Sonnenspektrum haben oder ob das Spektrum von einem weissglühenden Körper kommt.

Nun können wir aber auch noch auf eine etwas modifizierte Art ein Spektrum erzeugen. Nehmen wir an, wir haben hier ein Prisma und wir haben hier eine Natriumflamme, das heisst ein sich verflüchtigendes Metall: Natrium, Zu Gas wird da Natrium. Das Gas brennt, verflüchtigt sich, und wir erzeugen ein Spektrum von diesem sich verflüchtigenden Natrium. So tritt etwas sehr Eigentümliches auf. Wenn wir das Spektrum erzeugen nicht von der Sonne oder nicht von einem festen glühenden Körper, sondern von einem glühenden Gas, dann ist eine einzige Stelle im Spektrum sehr stark ausgebildet, und zwar bekommt Natriumlicht besonders das Gelb. Wir haben hier, nicht wahr, Rot, Orange, Gelb. Der gelbe Teil, der ist beim Natrium besonders stark ausgebildet. Das übrige Spektrum ist beim Natriummetall verkümmert, fast gar nicht vorhanden. Also, alles vom Violett bis zum Gelb herein und vom Gelben bis zum Rot ist verkümmert. Wir bekommen daher scheinbar einen ganz schmalen gelben Streifen, man sagt eine gelbe Linie.



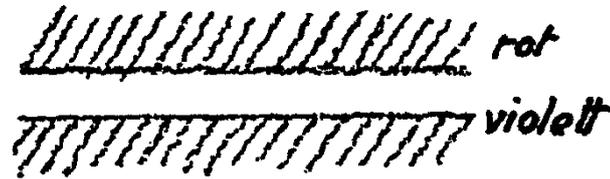
Die entsteht dadurch, dass sie der Teil eines ganzen Spektrums ist. Das andere des Spektrums ist nur verkümmert. So kann man von den verschiedensten Körpern solche Spektren finden, die eigentlich keine Spektren sind, sondern nur leuchtende Linien. Daraus ersehen Sie, dass man umgekehrt, wenn man nicht weiss, was da eigentlich in einer Flamme drinnen ist, und man ein solches Spektrum erzeugt, dass dann, wenn man ein gelbes Spektrum kriegt, in der Flamme Natrium sein muss. Man kann erkennen, mit welchem Metall man es zu tun hat.

Das Eigentümliche aber, was entsteht, wenn man nun diese zwei Versuche kombiniert, so dass man hier diesen Lichtzylinder erzeugt und hier das Spektrum, zu gleicher Zeit die Natriumflamme hineintut, so dass das glühende Natrium sich vereinigt mit dem Lichtzylinder, was da geschieht, ist etwas ganz Ähnliches wie das, was ich Ihnen vorhin beim Fresnelschen Versuch gezeigt habe. Man könnte erwarten, dass hier besonders stark das Gelb auftreten würde, weil das Gelb schon drinnen ist; dann kommt noch das Gelb vom Natrium dazu. Aber das ist nicht der Fall, sondern das Gelbe vom Natrium löscht das andere Gelb aus, und es entsteht hier eine dunkle Stelle. Also, wo man erwarten würde, dass Helleres entstünde, entsteht eine dunkle Stelle! Warum denn? Das hängt lediglich ab von der Kraft, die entwickelt wird. Nehmen Sie an, es wäre das Natriumlicht, das da entsteht, so selbstlos, dass es das verwandte gelbe Licht einfach durch sich hindurchliesse, dann müsste es sich ganz auslöschen. Das tut es aber nicht, sondern stellt sich in den Weg gerade an der Stelle, wo das Gelb herüberkommen sollte, stellt sich in den Weg. Es ist da, und trotzdem es gelb ist, wirkt es nicht etwa verstärkend, sondern wirkt auslöschend, weil es sich einfach als eine Kraft in den Weg stellt, gleichgültig, ob das, was sich da in den Weg stellt, etwas anderes ist oder nicht. Das ist einerlei. Der gelbe Teil des Spektrums wird ausgelöscht. Es entsteht dort eine schwarze Stelle.



Sie sehen daraus, dass man bloss wiederum das zu bedenken braucht, was da ist. Da stellt sich einem aus dem flutenden Licht selbst heraus die Erklärung dar. Das sind eben die Dinge, auf die ich Sie hinweisen möchte. - Sehen Sie, der Physiker, der im Sinne Newtons erklärt, der müsste natürlich sagen: Wenn ich hier ein

Weisses habe, also einen leuchtenden Streifen, und ich gucke mit dem Prisma durch nach diesem leuchtenden Streifen, so erscheint er mir so, dass ich ein Spektrum bekomme: Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Dunkelblau, Violett.



Nun, sehen Sie, *Goethe* sagte: Ja, zur Not geht's ja noch. Wenn die Natur wirklich so ist, dass sie das Licht zusammengesetzt gemacht hat, so könnte man ja annehmen, dass dieses Licht durch das Prisma wirklich in seine Teile zerlegt wird. Schön, aber dabei behaupten ja dieselben Menschen, die das sagen, dass das Licht aus diesen sieben Farben als seinen Teilen besteht, zu gleicher Zeit, dass die Dunkelheit gar nichts ist, nur die Abwesenheit des Lichtes ist. Ja, aber wenn ich hier einen schwarzen Streifen lasse zwischen Weiss, und ich gucke durch das Prisma durch, so bekomme ich auch einen Regenbogen, nur sind seine Farben anders angeordnet. Da ist er in der Mitte Violett und geht nach der einen Seite ins Bläulich-Grünliche. Da bekomme ich ein anders angeordnetes Band. Aber ich müsste sagen, im Sinne der Zerlegungstheorie: Das Schwarze ist auch zerlegbar. Also, ich müsste zugeben, dass die Dunkelheit nicht bloss die Abwesenheit des Lichtes ist. Die Dunkelheit müsste auch zerlegbar sein. Sie müsste aber auch aus sieben Farben bestehen. Das ist es, was *Goethe* irre gemacht hat, dass er auch den schwarzen Streifen siebenfarbig sah, nur in anderer Anordnung. Das ist also dasjenige, was wiederum nötig ist, einfach die Phänomene so zu nehmen, wie sie sind. Nun, wir werden sehen, dass wir morgen wiederum um halb zwölf Uhr in der Lage sind, Ihnen das, was ich Ihnen heute leider nur theoretisch auseinandersetzen konnte, vorzuführen.

I • 05 PHOSPHORESZENZ, FLUORESZENZ, KÖRPERFARBEN

Naturwissenschaft – GA-320 Geisteswissenschaftliche Impulse zur Entwicklung der Physik

Kirchhoff-Bunsenscher Versuch. Phosphoreszenz, Fluoreszenz, Körperfarben. Gegensätzliches Verhältnis des Menschen zu Raum und Zeit einerseits, zur Geschwindigkeit andererseits; zu Licht und Farbe.

Fünfter Vortrag, Stuttgart, 27. Dezember 1919

Es soll heute damit begonnen werden, dass, so gut es geht bei unseren beschränkten Mitteln, der Versuch Ihnen gezeigt wird, von dem wir gestern gesprochen haben. Sie wissen wohl noch, ich habe gesagt, dass, wenn ein glühender fester Körper sein Licht verbreitet und wir dieses Licht durch ein Prisma senden, so bekommen wir ein ähnliches Spektrum, ein ähnliches Lichtbild wie von der Sonne. Wir bekommen aber auch, wenn wir ein glühendes Gas ein sich verbreitendes Licht erzeugen lassen, ein Lichtbild, das aber nur an einer Stelle - oder für verschiedene Stoffe auch an mehreren Stellen - eigentliche Lichtlinien oder kleine Lichtbänder zeigt. Das übrige Spektrum ist dann verkümmert. Man würde, wenn man Anstalten machte, genaue Versuche anzustellen, schon wahrnehmen, dass eigentlich für alles Leuchtende ein vollständiges Spektrum vorhanden ist, also ein Spektrum, das da reichte vom Roten ins Violette meinetwillen hinein. Wenn wir zum Beispiel durch das glühende Natriumgas ein Spektrum erzeugen, so bekommen wir eben ein sehr, sehr schwaches Spektrum und an einer Stelle desselben eine stärkere gelbe Linie, die auch noch durch ihre Kontrastwirkung alles andere abdämpft. Daher sagt man: Das Natrium liefert überhaupt nur diese gelbe Linie. Nun ist das Eigentümliche, dass - im wesentlichen ist ja diese Tatsache, obwohl sie früher schon mannigfaltig bekannt war, erneuert worden durch den *Kirchhoff-Bunsenschen* Versuch im Jahre 1859 -, wenn man gewissermassen gleichzeitig wirken lässt jene Lichtquelle, die das kontinuierliche Spektrum erzeugt, und jene Lichtquelle, von der so etwas wie die Natriumlinie kommt, dass dann einfach diese Natriumlinie wirkt wie ein undurchsichtiger Körper, sich gerade der Farbenqualität entgegenstellt, die an der Stelle sein würde - also hier dem Gelb -, es auslöscht, so dass man statt des Gelb dort eine schwarze Linie hat. Was man also, wenn man innerhalb der Fakten stehenbleibt, sagen kann, ist, dass für das Gelb im Spektrum ein anderes Gelb, das mindestens in seiner Stärke gleich sein muss der Stärke, die an dieser Stelle gerade entwickelt wird, wie

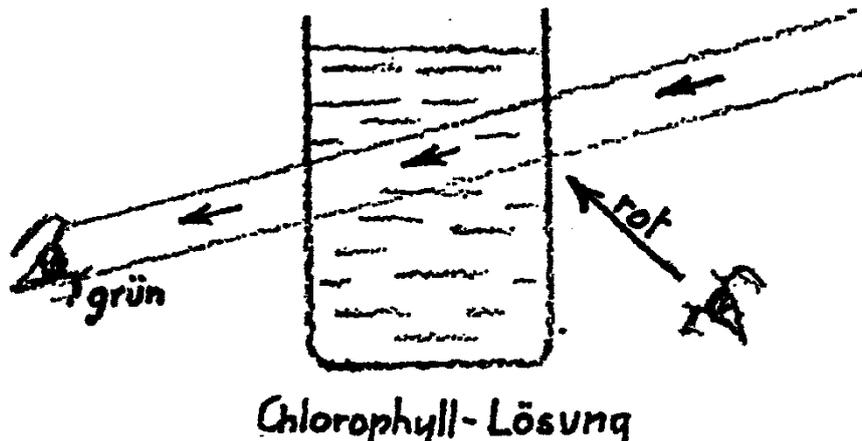
ein undurchsichtiger Körper wirkt. Sie werden sehen, es werden sich schon aus den Elementen, die wir zusammenstellen, Unterlagen für ein Verstehen finden. Wir müssen uns zunächst nur an das Faktische halten. Nun, wir werden, so gut das geht, Ihnen zeigen, dass wirklich diese schwarze Linie im Spektrum ist, wenn wir das glühende Natrium einschalten. Nur können wir den Versuch nicht so machen, dass wir das Spektrum auffangen, sondern wir machen es so, dass wir das Spektrum betrachten, indem wir es durch das Auge anschauen. Man kann auch dadurch das Spektrum sehen, nur liegt es, statt dass es nach oben verschoben ist, umgekehrt nach unten verschoben, und die Farben sind umgekehrt. Wir haben ja davon gesprochen, warum diese Farben so erscheinen, wenn ich einfach durch das Prisma durchschaue. Wir erzeugen den Lichtzylinder aus diesem Apparat heraus, lassen ihn hier durch und schauen hier den gebrochenen Lichtzylinder an, sehen also zu gleicher Zeit, indem wir ihn anschauen, die schwarze Natriumlinie. Ich hoffe, es wird sich Ihnen zeigen; aber Sie müssen in vollkommenster militärischer Ordnung - was ja auch jetzt in Deutschland nicht zu schwierig sein soll - herankommen und hineinschauen. (Das Experiment wird jedem einzelnen vorgeführt.)

Nun, wir wollen die kurze Zeit, die uns bleibt, noch benützen. Wir werden jetzt übergehen müssen zur Betrachtung des Verhältnisses der Farben zu den sogenannten Körpern. Nicht wahr, um zu dem Problem übergehen zu können, die Beziehungen zu suchen der Farben zu den sogenannten Körpern, möchte ich Ihnen noch folgendes zeigen. Sie sehen jetzt aufgefangen auf dem Schirm das vollständige Spektrum. Ich werde jetzt dem Lichtzylinder in den Weg stellen einen kleinen Trog, der in sich hat Schwefelkohlenstoff, in dem etwas Jod aufgelöst ist, und ich bitte Sie, die Veränderung des Spektrums dadurch zu betrachten. Was Sie sehen, das ist, dass Sie hier ein deutliches Spektrum haben, und wenn ich in den Weg des Lichtzylinders die Auflösung von Jod in Schwefelkohlenstoff stelle, so löscht diese vollständig das Licht aus. Jetzt sehen Sie klar das Spektrum in seine zwei Teile auseinandergelegt dadurch, dass der mittlere Teil ausgelöscht ist. Also, Sie sehen nur das Violett auf der einen Seite und das Rot-Gelbliche auf der anderen Seite. So sehen Sie das vollständige Spektrum dadurch, dass ich das Licht durch die Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff gehen lasse, in zwei Teile auseinandergelegt, und Sie sehen nur die beiden Pole.

Nun habe ich allerdings viel Zeit verloren, und ich werde Ihnen nur noch einiges Prinzipielles sagen können. Nicht wahr, die Hauptfrage bezüglich des Verhältnisses der Farben zu den Körpern, die wir um uns herum sehen - und alle Körper sind in gewisser Weise farbig -, die Hauptsache muss sein, zu erklären, wie es kommt, dass uns die Körper ringsherum farbig erscheinen, also ein gewisses Verhältnis zum Licht ihrerseits haben, gewissermassen durch ihr materielles Sein ein Verhältnis zum Licht entwickeln. Der eine Körper erscheint rot, der andere blau usw. Man

kommt ja natürlich am einfachsten dadurch zurecht, dass man sagt: Wenn farbloses Sonnenlicht - worunter der Physiker eine Versammlung aller Farben versteht - auf einen Körper fällt, der da rot erscheint, so rühre das davon her, dass dieser Körper alle anderen Farben, ausser Rot, verschlucke und nur dieses Rot zurückwerfe. Man hat es auch einfach zu erklären, wie ein Körper blau ist. Der verschluckt eben alle anderen Farben und wirft nur das Blau zurück. Nun handelt es sich darum, überhaupt ein solches spekulatives Prinzip des Erklärens auszuschliessen und sich dem offenbar etwas komplizierten Faktum des Sehens der sogenannten farbigen Körper durch ein Faktum zu nähern, Faktum an Faktum zu reihen, um so einzufangen dasjenige, was sich als das komplizierteste Phänomen darstellt. Nun führt uns auf den Weg das Folgende. Wir erinnern uns, dass schon im siebzehnten Jahrhundert, als die Leute noch viel Alchimie getrieben haben, von den sogenannten Phosphoren gesprochen worden ist, von den Lichtträgern. Unter Phosphoren hat man dazumal das Folgende verstanden. Da hat - nehmen wir ein Beispiel - ein Schuster in Bologna alchimistisch experimentiert mit einer Art Schwerspat, mit dem sogenannten Bologneser Stein. Er hat ihn dem Lichte ausgesetzt, und es stellte sich ihm die merkwürdige Erscheinung her, dass der Stein dann, wenn er ihn dem Lichte exponierte, hinterher eine Zeitlang noch in einer gewissen Farbe leuchtete. Also, der Bologneser Stein hat zum Licht ein Verhältnis gewonnen, und dieses Verhältnis hat dieser Bologneser Stein in der Weise zum Ausdruck gebracht, dass er, nachdem er dem Lichte exponiert war, nachdem auch das Licht hinweggeschafft war, nachleuchtete. Deshalb nannte man solche Steine, die man verschiedentlich untersucht hat nach dieser Richtung, Phosphore. Wenn Ihnen also in der Literatur dieser Zeit der Ausdruck Phosphor begegnet, so müssen Sie nicht dasjenige darunter verstehen, was heute darunter verstanden wird, sondern solche phosphoreszierende Körper, Lichtträger, Phosphore. Nun ist aber diese Erscheinung des Nachleuchtens, des Phosphoreszierens, eigentlich auch schon nicht mehr das ganz Einfache, sondern das Einfache ist eine andere Erscheinung.

Wenn Sie gewöhnliches Petroleum nehmen und Sie sehen durch das Petroleum durch nach einem Leuchtenden, so sehen Sie das Petroleum schwach gelb. Wenn Sie sich aber so stellen, dass Sie das Licht durch das Petroleum durchgehen lassen und es von hinten anschauen, so erscheint Ihnen das Petroleum bläulich leuchtend, so lange aber nur, als das Licht darauffällt. Diesen Versuch kann man mit verschiedenen anderen Körpern machen. Besonders interessant wird er, wenn man Chlorophyll, Pflanzengrün, auflöst. Wenn man durch eine solche Lösung ins Licht schaut, so erscheint sie grün, wenn man sich aber gewissermassen dahinter aufstellt, so dass man hier die Lösung hat und



hier das durchgehende Licht, und man sieht nun von hinten die Stelle an, wo hier das Licht durchgeht, dann leuchtet das Chlorophyll zurück rötlich, rot, so wie das Petroleum blau leuchtet. Es gibt nun die verschiedensten Körper, welche in dieser Weise zeigen, dass sie in einer anderen Weise leuchtend werden, wenn sie das Licht gewissermassen zurücksenden von sich aus, also mit dem Licht ein Verhältnis eingegangen sind, das durch ihre eigene Natur verändert worden ist, als wenn das Licht durch sie hindurchgeht wie durch einen durchsichtigen Körper. Wenn wir das Chlorophyll von hinten anschauen, so sehen wir gewissermassen dasjenige, was das Licht im Chlorophyll angestellt hat, das Verhältnis zwischen dem Licht und dem Chlorophyll. Diese Erscheinung des Leuchtens des Körpers mit einem Licht, während er von jenem Licht beschienen ist, die nennt man nun Fluoreszenz. Und wir können sagen: Die Phosphoreszenz, was ist sie nur? Sie ist nur eine Fluoreszenz, die andauert. Die Fluoreszenz besteht darinnen, dass zum Beispiel das Chlorophyll so lange rötlich erscheint, als das Licht darauf wirkt; bei der Phosphoreszenz ist es so, dass wir das Licht wegnehmen können und zum Beispiel der Schwerspat noch ein wenig nachleuchtet. Also, er bewahrt sich diese Eigenschaft des farbigen Leuchtens, während sich bei dem Chlorophyll die Eigenschaft des farbigen Leuchtens nicht bewahrt. Jetzt haben Sie zwei Stufen: Die eine ist die Fluoreszenz - wir machen einen Körper farbig, solange wir ihn beleuchten -, die zweite Stufe ist die Phosphoreszenz - wir machen einen Körper farbig eine gewisse Zeit hinterher noch. Und jetzt ist eine dritte Stufe: Der Körper erscheint dauernd farbig durch irgend etwas, was das Licht mit ihm vornimmt - Fluoreszenz, Phosphoreszenz, Körperfarbigsein.

So haben wir gewissermassen die Erscheinungen nebeneinandergestellt. Es handelt sich jetzt nur darum, dass wir uns in sachgemässer Weise den Erscheinungen mit unseren Vorstellungen nähern. Dazu ist es nötig, dass Sie heute noch eine

gewisse Vorstellung aufnehmen, die wir dann in der nächsten Stunde mit alledem zusammen verarbeiten werden.

Ich bitte Sie jetzt wiederum durchaus nur an das zu denken, was ich Ihnen vorbringe, und möglichst exakt und genau zu denken und erinnere Sie - wir haben sie ja schon erwähnt - an die Formel für die Geschwindigkeit v . Irgendeine Geschwindigkeit, was immer geschwind ist, wird ausgedrückt, wie Sie wissen, indem man s , die Strecke, die das Bewegliche durchläuft, dividiert durch die Zeit t , so dass die Formel heisst: $v = s/t$. Nun besteht die Meinung, dass man hat irgendwo in der Natur eine durchlaufene Raumstrecke s , eine Zeit, während welcher die Raumstrecke durchlaufen worden ist, und dann dividiert die reale Raumstrecke s durch die reale Zeit und bekommt die Geschwindigkeit, die man eigentlich als etwas nicht gerade sehr Reales, sondern mehr als eine Funktion betrachtet, als etwas, das man als Rechnungsergebnis herausbekommt. So ist es in der Natur nicht. Von diesen drei Grössen: Geschwindigkeit, Raum und Zeit, ist die Geschwindigkeit das einzige wirklich Reale, das einzige Wirkliche. Dasjenige, was ausser uns ist, ist die Geschwindigkeit; das andere, s und t , das bekommen wir nur dadurch, dass wir gewissermassen dividierend spalten das einheitliche v in zwei abstrakte Dinge, die wir auf Grundlage vorhandener Geschwindigkeit bilden. Wir verfahren gewissermassen so: Wir sehen einen sogenannten Körper mit einer gewissen Geschwindigkeit durch den Raum fliegen. Dass er diese Geschwindigkeit hat, ist das einzig Wirkliche. Aber wir denken jetzt, statt dass wir diese Totalität des Geschwinden, des geschwinde fliegenden Körpers, ins Auge fassen, wir denken in zwei Abstraktionen, wir zerteilen uns das, was eine Einheit ist, in zwei Abstraktionen. Dadurch, dass eine Geschwindigkeit da ist, ist ein gewisser Weg da. Den betrachten wir zuerst. Dann betrachten wir extra als zweites die Zeit, während welcher dieser Weg durchmessen wird, und haben aus der Geschwindigkeit, die einzig und allein da ist, herausgeschält durch unseren Auffassungsprozess Raum und Zeit. Aber dieser Raum ist gar nicht anders da, als dass ihn die Geschwindigkeit macht, und die Zeit auch nicht anders. Raum und Zeit, bezogen auf dieses Reale, dem wir das v zuschreiben, sind keine Realitäten, sind Abstrakta, die wir eben von der Geschwindigkeit aus bilden. Und wir kommen nur zurecht mit der äusseren Realität, wenn wir uns klar sind darüber, dass wir in unserem Auffassungsprozess diese Zweiheit, Raum und Zeit, erst geschaffen haben, dass wir ausser uns als Reales nur die Geschwindigkeit haben, dass wir Raum und Zeit erst geschaffen haben meinetwillen durch die zwei Abstraktionen, in die uns die Geschwindigkeit auseinanderfallen kann. Von der Geschwindigkeit können wir uns trennen, von Raum und Zeit können wir uns nicht trennen, die sind in unserem Wahrnehmen, in unserer wahrnehmenden Tätigkeit drinnen, wir sind eins mit Raum und Zeit. Was ich jetzt sage, ist von grosser Tragweite: Wir sind eins mit Raum und Zeit. Bedenken Sie das! Wir sind nicht eins mit der Geschwindigkeit

draussen, aber mit Raum und Zeit. Ja, dasjenige, womit wir eins sind, das sollten wir nicht so ohne weiteres den äusseren Körpern zuschreiben, sondern wir sollten es nur benützen, um in einer entsprechenden Weise zur Vorstellung der äusseren Körper zu kommen. Wir sollten sagen: Durch Raum und Zeit, mit denen wir innig verbunden sind, lernen wir erkennen die Geschwindigkeit, aber wir sollten nicht sagen: Der Körper läuft eine Strecke durch, sondern nur: Der Körper hat eine Geschwindigkeit. Wir sollten auch nicht sagen: Der Körper braucht eine Zeit, sondern nur: Der Körper hat eine Geschwindigkeit. Wir messen durch Raum und Zeit die Geschwindigkeit. Raum und Zeit sind unsere Instrumente und sie sind an uns gebunden, und das ist das Wichtige. Hier sehen Sie einmal wiederum scharf abgegrenzt das sogenannte Subjektive mit Raum und Zeit und das Objektive, was die Geschwindigkeit ist. Es wird sehr gut sein, wenn Sie sich gerade dieses recht, recht klar machen, denn dann wird Ihnen eines aufleuchten innerlich, wird Ihnen klar werden, dass v nicht bloss der Quotient aus s und t ist, sondern dass allerdings der Zahl nach das v ausgedrückt wird durch den Quotienten von s und t , aber was ich da durch die Zahl ausdrücke, ist innerlich durch sich ein Reales, dessen Wesen darinnen besteht, eine Geschwindigkeit zu haben. Was ich Ihnen hier für Raum und Zeit gezeigt habe, dass sie gar nicht trennbar sind von uns, dass wir uns nicht abtrennen dürfen von ihnen, das gilt nun auch von etwas anderem.

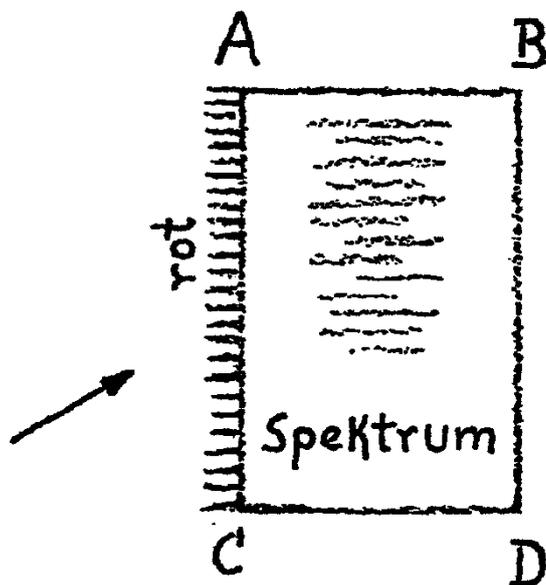
Es ist jetzt noch viel Königsbergerei in den Menschen, ich meine Kantianismus. Diese Königsbergerei muss noch ganz heraus. Denn es könnte jemand glauben, ich hätte jetzt selber so gesprochen im Sinn der Königsbergerei. Da würde es heissen: Raum und Zeit sind in uns. Aber ich sage nicht: Raum und Zeit sind in uns, sondern: Indem wir das Objektive, die Geschwindigkeit, wahrnehmen, gebrauchen wir zur Wahrnehmung Raum und Zeit. Raum und Zeit sind gleichzeitig in uns und ausser uns, aber wir verbinden uns mit Raum und Zeit, während wir uns mit der Geschwindigkeit nicht verbinden. Die saust an uns vorbei. Also, das ist etwas wesentlich anderes als das Kantisch- Königsbergische.

Nun gilt das eben auch noch von etwas anderem, was ich von Raum und Zeit gesagt habe. Wir sind ebenso, wie wir durch Raum und Zeit mit der Objektivität verbunden sind, aber diese Geschwindigkeit erst suchen müssen, so sind wir in einem Elemente mit den sogenannten Körpern drinnen, indem wir sie durch das Licht sehen. Wir dürfen ebensowenig von einer Objektivität des Lichtes reden, wie wir reden dürfen von einer Objektivität von Raum und Zeit. Wir schwimmen in Raum und Zeit ebenso, wie mit einer gewissen Geschwindigkeit Körper darinnen schwimmen. Wir schwimmen im Licht, wie die Körper im Licht schwimmen. Das Licht ist ein gemeinsames Element zwischen uns und demjenigen, was ausser uns ist als sogenannte Körper. Sie können sich also vorstellen: Wenn Sie das Dunkle allmählich erhellt haben durch Licht, so erfüllt sich der Raum mit irgend etwas - wir wollen es meinetwil-

len x nennen -, etwas, in dem Sie drinnen sind, in dem auch dasjenige, was ausser Ihnen ist, drinnen ist. Ein gemeinsames Element, in dem Sie und die Elemente schwimmen. Wir haben uns nun zu fragen: Wie machen wir denn das eigentlich, dass wir da in dem Lichte schwimmen? Mit unserem sogenannten Körper können wir nicht darinnen schwimmen, aber wir schwimmen in der Tat mit unserem Ätherleibe drinnen. Es kommt kein Begreifen des Lichtes zustande, wenn man nicht auf die Wirklichkeiten übergeht. Wir schwimmen mit unserem Ätherleibe im Lichte drinnen - meinetwegen sagen Sie: im Lichtäther, darauf kommt es nicht an. Also, wir schwimmen mit dem Ätherleibe im Lichte drinnen.

Nun haben wir im Laufe der Zeit gesehen, wie in der verschiedensten Weise am Lichte Farben entstehen. In der verschiedensten Weise entstehen am Lichte Farben und wiederum entstehen in den sogenannten Körpern Farben oder bestehen in ihnen Farben. Wir sehen gewissermassen die gespenstigen Farben, die entstehen und vergehen im Licht. Wenn ich nur ein Spektrum herwerfe, ist es wie Gespenster, es huscht gewissermassen im Räume. Wir sehen am Lichte solche Farben. Ja, wie ist es denn da? Im Lichte schwimmen wir drinnen mit unserem Ätherleibe; wie verhalten wir uns zu den Farben, die da hinhuschen? Da ist es nicht anders, als dass wir da drinnen sind mit unserem Astralleibe, da sind wir mit den Farben verbunden mit unserem Astralleibe. Es bleibt Ihnen nichts übrig, als sich klar zu sein darüber: Wo Sie auch Farben sehen, sind Sie mit Ihrer Astralität mit den Farben verbunden. Da bleibt Ihnen nichts anderes übrig, um zu einer realen Erkenntnis zu kommen, als sich zu sagen: Während das Licht eigentlich unsichtbar bleibt, schwimmen wir drinnen. So wie Raum und Zeit von uns auch nicht Objektivitäten genannt werden sollen, weil wir mit den Dingen darinnen schwimmen, so sollten wir das Licht auch als gemeinsames Element betrachten, die Farben aber als etwas, was nur dadurch hervortreten kann, dass wir zu dem, was das Licht da macht, durch unseren Astralleib in Beziehung treten.

Jetzt aber nehmen Sie an, Sie haben irgendwie in diesem Räume hier A-B-C-D irgendeine Farbenerscheinung, irgendein Spektrum



oder so etwas zustande gebracht, aber eine Erscheinung, die nur im Lichte verläuft. Da müssen Sie rekurrieren auf eine astrale Beziehung zu dem Licht. Aber Sie können auch zum Beispiel dieses hier als Oberfläche gefärbt haben, so dass gewissermassen Ihnen das A-C als Körper, sagen wir, rot erscheint. Wir sagen: A-C ist rot. Da sehen Sie zur Körperoberfläche hin und stellen sich zunächsthin grob vor: Unter der Körperoberfläche, da sei das durch und durch rot. Sehen Sie, das ist etwas anderes. Da haben Sie auch eine astrale Beziehung, aber Sie sind von dieser astralen Beziehung, die Sie eingehen zur Farbe, durch die Körperoberfläche getrennt. Fassen Sie das wohl auf! Sie sehen Farben im Lichte, Spektralfarben, Sie haben astrale Beziehungen direkter Natur, es stellt sich nichts zwischen Sie und diese Farben; Sie sehen die Körperfarben, es stellt sich etwas zwischen sie und Ihren Astralleib und durch dieses Etwas hindurch gehen Sie doch astrale Beziehungen zu den Körperfarben ein. Diese Dinge bitte ich Sie genau in Ihr Gemüt aufzunehmen und durchzudenken, denn das sind wichtige Grundbegriffe, die wir verarbeiten werden. Und dadurch allein werden wir für eine wirkliche Physik Grundbegriffe bekommen.

Ich möchte nur noch zum Schlüsse erwähnen: Sehen Sie, ich versuche Ihnen hier nicht vorzutragen dasjenige, was Sie sich leicht verschaffen können, wenn Sie sich das nächstbeste Lehrbuch kaufen. Ich will auch nicht versuchen, Ihnen das vorzutragen, was Sie lesen können, wenn Sie Goethes «Farbenlehre» lesen, sondern

dasjenige, was Sie in beiden nicht finden können, wodurch Sie aber beide in entsprechender Weise sich geistig zuführen können. Wir brauchen durchaus, wenn wir auch nicht Physikergläubige sind, auch nicht wiederum Goethegläubige zu werden, denn *Goethe* ist 1832 gestorben, und wir bekennen uns nicht zu einem Goetheanismus vom Jahre 1832, sondern zu einem vom Jahre 1919, also zu einem fortgebildeten Goetheanismus. Dasjenige, was ich Ihnen also heute gesagt habe von der astralen Beziehung, das bitte ich besonders durchzudenken.

I • 06 REALITÄT DES DUNKLEN NEBEN DEM HELLEN

Naturwissenschaft – GA-320 Geisteswissenschaftliche Impulse zur Entwicklung der Physik

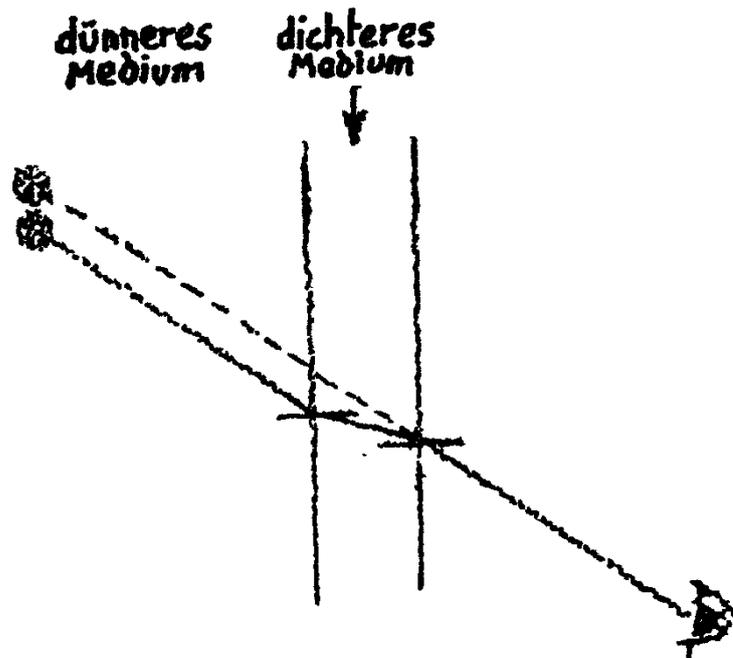
Realität des Dunklen neben dem Hellen. Einsaugen des Lichtes durch die Seele, Aussaugen des Bewusstseins durch die Dunkelheit. Dunkelheit und Materie. Wärmeerleben und Lichterleben. Erscheinungen rein aussprechen, hinzudenken unbekannter Ursachen. Schwerkraft. Ganzes und Teil. Das Unorganische. Schall als ehrliche Luftschwingung, Licht als hypothetische Ätherschwingung. Entdeckung der Wechselwirkung des Lichts mit elektromagnetischen Kräften.

Sechster Vortrag, Stuttgart, 29. Dezember 1919

Ich möchte Ihnen doch heute das vorgestern begonnene Prinzipielle weiter auseinandersetzen, weil wir, wenn wir von den am Licht gewonnenen Erfahrungen ausgehen, weiter die Erscheinungen werden beobachten und verstehen können, die sich uns an den anderen Naturerscheinungen, die wir noch betrachten wollen, ergeben können. Ich werde daher heute eine mehr prinzipielle Betrachtung einfügen und das Experimentelle bis morgen verschieben, weil wir eben noch genauer feststellen müssen die Art und Weise, wie wir methodisch unseren Weg verfolgen wollen. Es handelt sich wirklich darum, dass das genau durchgeführt werde, was als Faktisches in den Naturerscheinungen vorliegt. Und um das zu verfolgen, gibt tatsächlich das Licht die meisten Anhaltspunkte.

Nun hat sich ja geschichtlich das ereignet, dass die Menschen verhältnismässig spät angefangen haben, die Lichterscheinungen zu studieren. Überhaupt, die ganze Art und Weise physikalisch zu denken, wie sie heute in unseren Schulen gegeben ist, reicht kaum hinter das sechzehnte Jahrhundert zurück. Die Art und Weise zu denken über die physikalischen Erscheinungen war vor diesem sechzehnten Jahrhundert eben eine radikal andere. Heute aber wird so stark aufgenommen in der Schule diese Denkweise, dass es wiederum ausserordentlich schwierig wird für denjenigen, der durch eine gewisse physikalische Schule gegangen ist, zurückzukehren zu dem rein Tatsächlichen. Man muss sich erst gewöhnen, das rein Tatsächliche - und ich bitte, den Ausdruck nicht bloss in seiner Trivialität aufzufassen - zu fühlen, zu empfinden. Daran muss man sich eigentlich erst gewöhnen. Daher möchte ich ausgehen davon, wie man vergleichen kann die gewohnte schulmässige Denkweise an einem bestimmten Fall mit demjenigen, was man eigentlich durch ein sachgemässes Verfolgen des Tatsächlichen gewinnen kann. Ich will von einem ein-

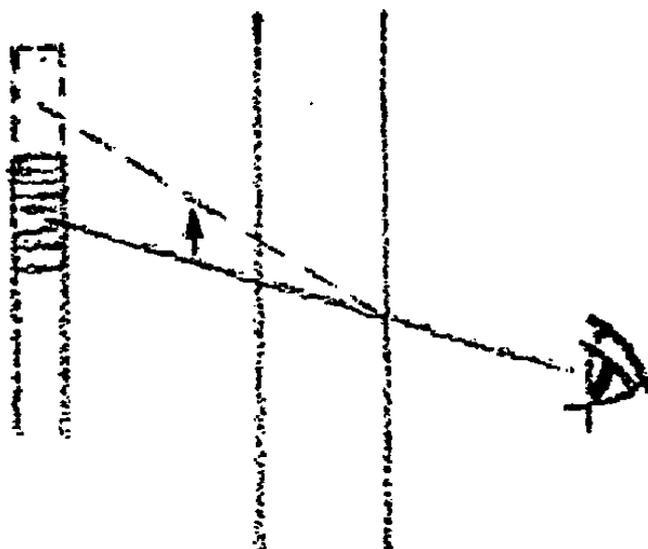
zelenen Fall ausgehen. Nehmen Sie einmal an, Sie hätten hier den Querschnitt irgendeiner Glasplatte. Durch diese Glasplatte würden Sie beobachten hier irgendein Leuchtendes. Ich will die Sache schematisch zeichnen, will statt dieses Leuchtenden einfach, sagen wir, einen leuchtenden Kreis hierher zeichnen. Nun werden Sie, wenn Sie sich wiederum zurückdenken auf die Schulbank, sich dabei erinnern,



was Sie für die Beobachtung durch das Auge von diesem Punkte aus für diese Erscheinung eigentlich gelernt haben. Da ist Ihnen gesagt worden, von diesem Leuchtenden gingen Strahlen aus - wir wollen auf eine bestimmte Sehrichtung des Auges reflektieren, -das heisst, in der Richtung dieses Strahls dringt das Licht, wie man sagt, aus einem dünneren Medium in ein dichteres Medium ein. Man kann wahrnehmen, wenn man einfach durch schaut und dann vergleicht dasjenige, was sich nach dem Durch-Schauen durch die Platte ergibt, mit demjenigen, was da ist, zunächst, dass das Leuchtende verschoben ist, an einer anderen Stelle erscheint, als es erscheint, ohne dass man es durch eine Platte sieht. Nun sagt man, das rühre davon her, dass das Licht gebrochen werde. Man sagt: Indem das Licht aus einem dünneren in ein dichteres Medium eintritt, müsse man, um die Richtung zu bekommen, in der das Licht gebrochen wird, ein sogenanntes Einfallslot zeichnen, und dann, wenn das Licht seinen Weg sonst, ohne dass es gehindert würde durch ein solches dichteres Mittel, fortsetzen würde, so würde es ja in dieser Richtung gehen; aber das Licht wird gebrochen, wie man sagt, und zwar in diesem Falle gebrochen zum Einfallslote, zu dieser Senkrechten, die man im Einfallspunkt errichtet. Und

wenn es wiederum austritt, das Licht, wenn man also verfolgt, wie man den Lichtstrahl durch das dichtere Medium durch sieht, müsste man wiederum sagen: Hier ist ein Einfallslot zu errichten, hier würde der Strahl, wenn er seinen Weg fortsetzen würde, so gehen, er wird aber jetzt wiederum gebrochen, und zwar in diesem Falle vom Einfallslot und so stark, dass seine Richtung jetzt parallel ist zur früheren. Wenn das Auge nun so schaut, so verlängert es sich die letzte Richtung und versetzt das Leuchtende eine Strecke höher hinauf, so dass man also, wenn man so durch schaut, annehmen muss: Hier fällt das Licht ein, wird zweimal gebrochen, das eine Mal zum Einfallslot, das andere Mal vom Einfallslot, und es wird dadurch, dass das Auge die innere Fähigkeit hat - oder die Seele oder irgendein Dämon, wie man sagen will -, das Licht hinausversetzt in den Raum, und zwar an eine andere Stelle des Raumes, als es erscheinen würde, wenn man es nicht durch ein brechendes Medium, wie man sagt, sehen würde.

Nun handelt es sich aber darum, folgendes festzuhalten. Sehen Sie, wenn man das Folgende versucht, wenn man versucht, ein wenig Unterschied zu machen zwischen einer etwas, ich will sagen, helleren



Stelle und einer etwas dunkleren Stelle und dieses anschaut durch dasselbe dichtere Mittel, so wird man nicht etwa bloss dieses Hellere nach oben verschoben finden, sondern man wird auch das etwas Dunklere nach oben verschoben finden. Man wird den ganzen Komplex, den man hier sieht, verschoben finden. Ich bitte Sie, das wohl zu beachten. Wir sehen hier verschoben ein Dunkleres, das von einem Helleren begrenzt wird, wir sehen das Dunklere nach oben geschoben, und weil es ein helleres Ende hat, so sehen wir das auch mit nach oben geschoben. Sehen Sie, wenn man solch einen Komplex hinstellt, ein Dunkleres und ein Helleres, dann

muss man sagen: Es wird eigentlich das Hellere nur als die obere Grenze verschoben. Wenn man abstrahiert einen hellen Fleck, dann spricht man aber oftmals so, als ob nur dieser helle Fleck verschoben würde. Das aber ist ein Unding. Aber auch, wenn ich hier auf diesen hellen Fleck hinschaue, so ist es nicht wahr, dass bloss er verschoben wird, sondern in Wirklichkeit wird dasjenige, was ich da unten das Nichts nenne, auch hinaufverschoben. Dasjenige, was verschoben wird, ist niemals irgend etwas, was ich so abstrakt abgrenzen kann. Wenn ich also das Experiment mache, das Newton gemacht hat, wenn ich einlasse einen Lichtkegel, dieser abgelenkt wird durch das Prisma, so ist es nicht wahr, dass bloss der Lichtkegel verschoben wird, sondern es wird auch dasjenige, von dem von oben her und nach unten hin der Lichtkegel die Grenze ist, das wird mitverschoben. Ich sollte niemals sprechen von irgendwelchen Lichtstrahlen oder dergleichen, sondern von verschobenen Lichtbildern oder Lichträumen. Und will ich irgendwo von einem isolierten Licht sprechen, so kann ich davon gar nicht so sprechen, dass ich irgend etwas in der Theorie auf dieses isolierte Licht beziehe, sondern ich muss so sprechen, dass ich mein Gesprochenes zugleich auf das, was angrenzt, beziehe. Nur wenn man so denkt, kann man wirklich fühlen, was da eigentlich vorgeht, wenn man der Entstehung der Farbenerscheinungen gegenübersteht. Man bekommt sonst eben einfach durch seine Denkweise den Eindruck, als ob aus dem Lichte heraus irgendwie die Farben entstünden. Man hat sich vorher den Gedanken zurechtgelegt, dass man es nur mit dem Licht zu tun habe. In Wirklichkeit hat man es nicht mit dem Licht zu tun, sondern mit irgend etwas Hellem, an das an der einen oder andern Seite Dunkelheit angrenzt. Und ebenso, wie dieses Helle als Raumlicht verschoben wird, ebenso wird das Dunkle verschoben. Aber was ist denn dieses Dunkle, was ist es eigentlich? Sehen Sie, dieses Dunkle muss eben auch durchaus real erfasst werden. Und alles das, was da seit etwa dem sechzehnten Jahrhundert in die neuere Physik eingezogen ist, das konnte nur deshalb einziehen, weil man niemals die Dinge zugleich geistig beobachtet hat, weil man immer die Dinge nur nach dem äusseren Sinnen-schein beobachtet hat und dann hinzuerfunden hat zur Erklärung dieses Sinnen-scheins allerlei Theorien. Sie werden keineswegs in Abrede stellen können, dass, wenn Sie auf Licht schauen, das eine Mal das Licht stärker, das andere Mal schwächer ist. Stärkeres und schwächeres Licht gibt es. Nun handelt es sich darum, zu verstehen, wie dieses Licht, das stärker und schwächer sein kann, sich nun eigentlich zu der Dunkelheit verhält. Der gewöhnliche Physiker denkt heute, es gibt stärkeres und schwächeres Licht, alle möglichen Lichtgrade der Stärke nach, aber eine einzige Dunkelheit, die eben einfach dann da ist, wenn das Licht nicht da ist. Also ist «Schwarz» auf einerlei Weise. So wenig es nur einerlei Helligkeit gibt, ebensowenig gibt es nur einerlei Dunkelheit, und davon zu reden, dass es nur einerlei Dunkelheit gibt, ist so einseitig, wie wenn man sagen würde: Ich kenne vier Menschen. Der eine davon hat ein Vermögen von fünfhundert Mark, der andere ein Vermögen von

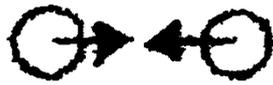
tausend Mark. Der eine hat also ein grösseres Vermögen als der andere. Der dritte aber hat fünfhundert Mark Schulden und der vierte tausend Mark Schulden. Aber was soll ich mich da weiter bekümmern um diesen Unterschied? Das ist schliesslich dasselbe. Beide haben eben Schulden. Ich will unterscheiden zwischen den Graden des Vermögens, aber ich will nicht erst unterscheiden zwischen den Graden der Schulden, sondern Schulden sind Schulden. In diesem Falle fällt einem ja die Sache auf, weil ja die Wirkung von fünfhundert Mark Schulden eine geringere ist als die Wirkung von tausend Mark Schulden. Bei der Dunkelheit verhält man sich aber so: Licht hat verschiedene Helligkeitsgrade, Dunkelheit ist Dunkelheit. Das ist es, dass man nicht vorrückt zu einem qualitativen Denken, was uns so sehr hindert, die Brücke zwischen dem Seelisch-Geistigen und dem Körperlichen auf der anderen Seite zu finden. Wenn ein Raum von Licht erfüllt ist, so ist er eben mit Licht von einer bestimmten Stärke erfüllt, wenn ein Raum mit Dunkelheit erfüllt ist, so ist er mit Dunkelheit von einer bestimmten Stärke erfüllt, und man muss fortschreiten von dem bloss abstrakten Raum zu demjenigen Raum, der nicht abstrakt ist, sondern in irgendeiner Weise positiv erfüllt ist durch Licht, negativ erfüllt ist durch Dunkelheit. Man kann also gegenüberstehen dem lichterfüllten Raum und kann ihn nennen qualitativ positiv; man kann gegenüberstehen dem dunkelheiterfüllten Raum und kann ihn qualitativ negativ mit Bezug auf die Lichtverhältnisse finden. Beides aber kann mit einem bestimmten Intensitätsgrade, mit einer bestimmten Stärke angesprochen werden. Aber jetzt fragt man sich: Ja, wie unterscheidet sich denn für unser Wahrnehmungsvermögen dieses positive Erfülltsein des Raumes von dem negativen Erfülltsein des Raumes? - Dieses positive Erfülltsein des Raumes, wir brauchen uns nur zu erinnern, wie es ist, wenn wir aufwachen, von Licht umgeben sind, unser subjektives Erleben vereinigen mit demjenigen, was uns als Licht umfiutet, wir brauchen diese Empfindung nur zu vergleichen mit demjenigen, was wir empfinden, wenn wir von Dunkelheit umgeben sind, und wir werden finden - ich bitte jetzt, das sehr genau ins Auge beziehungsweise in den Verstand zu fassen -, wir werden uns klar werden müssen, dass rein für die Empfindung ein Unterschied besteht in dem Hingegebensein an den lichterfüllten Raum und in dem Hingegebensein an den dunkelheiterfüllten Raum. Nun kann man sich diesen Dingen überhaupt nur durch Vergleiche nähern.

Sehen Sie, man kann vergleichen jene Empfindung, die man hat, wenn man sich mit dem lichterfüllten Raum zusammenfindet, man kann das vergleichen mit einer Art Einsaugen des Lichtes durch unser seelisches Wesen. Wir empfinden ja eine Bereicherung, wenn wir im lichterfüllten Raum sind. Es ist ein Einsaugen des Lichtes. Wie ist es denn mit der Dunkelheit? Da ist genau die entgegengesetzte Empfindung. Die Dunkelheit saugt an uns, die saugt uns aus, der müssen wir uns hingeben, an die müssen wir etwas abgeben. So dass wir sagen können: Die Wirkung

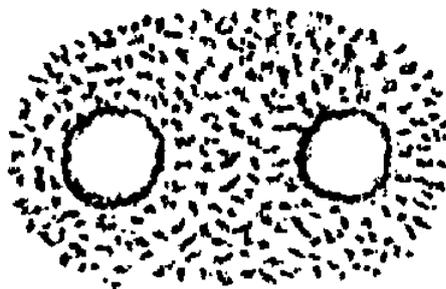
des Lichtes auf uns ist eine mitteilende, die Wirkung der Dunkelheit auf uns ist eigentlich eine saugende. Und so müssen wir auch unterscheiden zwischen den hellen und dunklen Farben. Die helleren Farben haben etwas auf uns Losgehendes, das sich uns mitteilt; die dunklen Farben haben etwas, das an uns saugt, dem wir uns hingeben müssen. Damit aber kommen wir dazu, uns zu sagen: Irgend etwas aus der Aussenwelt teilt sich uns mit, indem Licht auf uns wirkt; irgend etwas wird uns weggenommen, wir werden ausgesaugt, indem Dunkelheit auf uns wirkt. Wir werden - ich habe Sie schon in den Vorträgen auf das aufmerksam gemacht - in einer gewissen Beziehung auch sonst mit Bezug auf unser Bewusstsein ausgesaugt, wenn wir einschlafen. Da hört unser Bewusstsein auf. Es ist eine ganz ähnliche Erscheinung des Aufhörens unseres Bewusstseins, wenn wir uns von den immer helleren Farben her den dunkleren, dem Blau und Violett, nähern. Und wenn Sie sich erinnern an das, was ich Ihnen gesagt habe in diesen Tagen über die Beziehung unseres Seelischen zur Masse, wenn Sie sich erinnern an dieses Hineinschlafen in die Masse, an dieses Aufgesogenwerden des Bewusstseins durch die Masse, dann werden Sie ein Ähnliches empfinden durch das Aufgesogensein des Bewusstseins durch die Dunkelheit, und Sie werden die innere Verwandtschaft herausfinden zwischen dem Dunkelsein des Raumes und jener anderen Erfülltheit des Raumes, die man Materie nennt und die sich als Masse äussert, das heisst, wir werden den Weg zu suchen haben von den Lichterscheinungen hinüber einfach zu den Erscheinungen des materiellen Daseins, und wir haben uns schon den Weg dadurch gebahnt, dass wir zuerst die gleichsam flüchtigen Lichterscheinungen der Phosphoreszenz und Fluoreszenz aufgesucht haben und dann feste Lichterscheinungen. In den festen Lichterscheinungen haben wir bleibende Farben. Wir können diese Dinge nicht einzeln betrachten, wir wollen zunächst einmal den ganzen Komplex der Dinge vor uns hinstellen.

Nun handelt es sich darum, noch folgendes einzusehen. Sehen Sie, wenn man im lichterfüllten Raum ist, so vereinigt man sich in gewisser Weise mit diesem lichterfüllten Raum. Man kann sagen: Etwas in uns schwimmt hinaus in diesen lichterfüllten Raum und vereinigt sich mit ihm. Aber man braucht nur ein klein wenig auf das wirklich Tatbeständliche zu reflektieren, dann wird man einen grossen Unterschied finden zwischen diesem Vereinigtsein mit der unmittelbaren lichtflutenden Umgebung und jenem Vereintsein, das man als Mensch auch hat, nämlich mit dem Wärmezustand der Umgebung. Wir nehmen an diesem Wärmezustand der Umgebung teil, wir nehmen an ihm teil, indem wir auch etwas wie eine Polarität dieses Wärmezustandes empfinden, das Warme und das Kalte. Aber wir können doch nicht anders, als einen Unterschied wahrnehmen zwischen dem Sichfühlen in dem Wärmezustand der Umgebung und dem Sichfühlen in dem Lichtzustand der Umgebung. Dieser Unterschied ist nicht nur der neueren Physik seit dem sechzehnten Jahrhun-

dert vollständig verlorengegangen, man kann sagen, nicht nur die Unbefangenheit im Unterscheiden des Lichtmitemerlebens und des Wärmemitemerlebens ist verlorengegangen, sondern man hat darauf hingearbeitet, solche Unterschiede in irgendeiner Art zu verwischen. Wer diesen Unterschied wirklich ins Auge fasst, der im Tatsächlichen ganz einfach gegeben ist, zwischen dem Mitemerleben des Wärmezustandes und dem Mitemerleben des Lichtzustandes der Umgebung, der kann zuletzt gar nicht anders als unterscheiden, dass wir an dem Wärmezustand mit unserem physischen Leibe beteiligt sind und an dem Lichtzustand eben mit unserem Ätherleibe beteiligt sind. Das Durcheinanderwerfen desjenigen, was wir gewahr werden durch unseren Ätherleib, und desjenigen, was wir gewahr werden durch unseren physischen Leib, das ist zu einem ganz besonderen Übel geworden für die neuere physikalische Betrachtung seit dem sechzehnten Jahrhundert, und dadurch hat sich nach und nach alles verwischt. Denn sehen Sie, man hat verlernt, namentlich seit die Physik allmählich gekommen ist unter den *Newtonschen* Einfluss, der eigentlich heute noch immer wirksam ist, man hat verlernt, Tatbestände unmittelbar auszusprechen. Einzelne Menschen haben ja wiederum versucht, auf das Unmittelbare der Tatbestände hinzuweisen, *Goethe* im Grossen, und Menschen wie zum Beispiel *Kirchhoff* in einer mehr theoretischen Weise. Aber im ganzen hat man eigentlich verlernt, die Aufmerksamkeit rein auf die Tatbestände zu richten. Und so hat man zum Beispiel im Sinne von Newton den Tatbestand aufgefasst, dass materielle Körper, die sich in der Nähe von anderen materiellen Körpern befinden, auf diese anderen materiellen Körper hinfallen unter entsprechenden Voraussetzungen. Man hat dieses zugeschrieben einer Kraft, die von dem einen Körper ausgeht und auf den anderen ausgeübt wird, der Schwerkraft. Sie können sich aber überlegen, soviel Sie wollen, und Sie werden niemals dasjenige, was man unter dem Worte Schwerkraft versteht, unter die Tatbestände rechnen können. Wenn ein Stein zur Erde fällt, so ist der Tatbestand lediglich der, dass er sich der Erde nähert. Sie sehen ihn an einem Orte, sehen ihn an einem zweiten Orte, an einem dritten Orte usw. Wenn Sie sagen: Die Erde zieht den Stein an, so denken Sie zum Tatbestand etwas hinzu, Sie sprechen die Erscheinung, das Phänomen nicht mehr rein aus. Dies hat man sich immer mehr und mehr abgewöhnt, die Erscheinung rein auszusprechen, aber es kommt darauf an, die Erscheinung rein auszusprechen. Denn spricht man die Erscheinungen nicht rein aus, sondern geht man über zu erdachten Erklärungen, dann kann man die verschiedensten erdachten Erklärungen finden, die oftmals das gleiche erklären. Nehmen Sie also an, Sie haben zwei - meinetwillen - Weltenkörper, so können Sie sagen: Diese beiden Weltenkörper ziehen sich gegenseitig an, sie senden da so etwas Unbekanntes wie eine Kraft in den Raum hinaus und ziehen sich gegenseitig an. Sie brauchen aber nicht zu sagen:



Diese Körper ziehen sich gegenseitig an, sondern Sie können sich auch sagen: Hier ist der eine Körper, hier ist der andere Körper, hier sind viele andere kleine Körperchen, meinetwillen sogar Ätherteilchen, hierzwischen auch; diese Ätherteilchen sind in Bewegung, bombardieren die beiden Weltenkörper, das bombardiert so hin, das so her, und was dazwischen ist, fliegt hin und her und bombardiert auch. Nun ist die Angriffsfläche



hier eine grössere als die da drinnen. Daher wird da drinnen weniger bombardiert, aussen wird mehr bombardiert. Die Folge davon ist, dass sich die Weltenkörper einander nähern, sie werden gegeneinander gestossen durch den Unterschied, der besteht zwischen der Anzahl der Stösse, die zwischendrinnen ausgeführt werden, und der Anzahl der Stösse, die aussen ausgeführt werden. Es hat Menschen gegeben, die die Schwerkraft so erklärt haben, dass sie gesagt haben: Da ist eine Fernkraft, die die Körper anzieht -, und es hat Menschen gegeben, die gesagt haben: Das ist ein Unsinn. Es ist das ganz undenkbar, die Wirkung der Kraft in die Ferne anzunehmen. Also, nehmen wir den Raum durch den Äther erfüllt an, und nehmen wir dieses Bombardieren dazu, dann werden die Massen gegeneinander gesprudelt. - Neben diesen Erklärungen gibt es noch alle möglichen Erklärungen. Es ist das nur ein Musterbeispiel, wie nicht gesehen wird heute auf das wirkliche Phänomen, sondern wie hinzugedacht werden allerlei Erklärungen. Was liegt aber dem eigentlich zugrunde? Ja, sehen Sie, dieses Hinzudenken von allerlei unbekanntem Agenzien, illusorischen Energien, die allerlei tun, das erspart einem etwas. Selbstverständlich ist es ebenso hinzugedacht, was man hier als Stösse hinzutheoretisiert, wie dasjenige, was man als Fernkräfte hinzutheoretisiert. Aber es überhebt einem dieses Hinzudenken einer Annahme, die heute den Menschen furchtbar unangenehm ist. Denn sehen Sie, es ist immer so, dass man fragen muss, wenn da zwei voneinan-

der unabhängige Weltenkörper sind, die sich nähern, die zeigen, dass es zu ihrer Wesenheit gehört, sich zu nähern, ja, dann muss etwas zugrunde liegen, was das Nähern bewirkt. Es muss irgendeine Begründung für das Nähern da sein. Nun ist das Einfachere, man denkt Kräfte hinzu, als dass man sich sagt, es gibt noch einen anderen Weg, nämlich den Weg, die Weltenkörper nicht unabhängig voneinander zu denken. Wenn ich zum Beispiel die Hand an meine Stirne lege, so wird es mir nicht einfallen zu sagen: Meine Stirne zieht die Hand an, sondern ich werde sagen: Das ist ein innerer Akt, der ausgeübt wird durch dasjenige, was seelisch-geistig zugrunde liegt. Es ist eben meine Hand von meiner Stirne nicht unabhängig, das sind nicht eigentlich zwei Dinge, die Hand und die Stirne. Ich komme nur dazu, die Sache richtig zu betrachten, wenn ich mich als Ganzes betrachte. Ich betrachte nicht eigentlich eine Realität, wenn ich sage: Da ist ein Kopf, da sind zwei Arme mit den Händen daran, da ist ein Rumpf, da sind zwei Beine. Nein, das ist keine vollständige Betrachtung, sondern eine vollständige Betrachtung ist es, wenn ich den ganzen einheitlichen Organismus schildere, wenn ich die Dinge so schildere, dass sie zusammengehören, das heisst, ich habe die Aufgabe, nicht bloss dasjenige, was ich sehe, zu schildern, sondern ich habe die Aufgabe, nachzudenken über die Realität desjenigen, was ich sehe. Dadurch, dass ich etwas sehe, ist es eben noch kein Reales. Ich habe, weil ich solche Dinge oftmals auch in anderen Vorträgen andeutete, das Folgende wiederholt gesagt: Nehmen Sie einen Steinsalzwürfel. Dieser ist in gewisser Beziehung ein Ganzes - alles ist in gewisser Beziehung ein Ganzes. Er kann durch den Komplex desjenigen, was er ist innerhalb seiner sechs Flächen, bestehen. Wenn Sie aber eine Rose anschauen, die Sie abgeschnitten haben, so ist diese Rose kein Ganzes, denn die kann nicht in derselben Weise durch den Komplex dessen, was in ihr ist, bestehen wie der Steinsalzwürfel, sondern die Rose kann nur bestehen dadurch, dass sie am Rosenstock ist. Daher ist die abgeschnittene Rose, obwohl Sie sie ebensogut wahrnehmen wie den Steinsalzwürfel, eine reale Abstraktion, sie ist etwas, das für sich gar nicht als Realität angesprochen werden darf. Daraus folgt etwas ausserordentlich Erhebliches, daraus folgt, dass wir jeder Erscheinung gegenüber nachforschen müssen, inwiefern sie eine Realität ist oder inwiefern sie nur etwas Herausgeschnittenes ist aus einem Ganzen. Wenn Sie die Sonne und den Mond oder die Sonne und die Erde für sich betrachten, so können Sie natürlich ebensogut eine Schwerkraft hinzuerfinden, eine Gravitation, wie Sie eine Gravitation erfinden, dass meine Stirne die rechte Hand anzieht. Aber Sie betrachten Dinge, die kein Ganzes sind, sondern die Glieder des ganzen planetarischen Systems sind, wenn Sie die Sonne und die Erde und den Mond betrachten.

Das, sehen Sie, ist das Wichtigste, dass man beobachtet, inwiefern etwas ein Ganzes ist oder aus einem Ganzen herausgeschnitten ist. Unzähliges, was eigent-

lich ganz irrtümlich ist, entsteht dadurch, dass man dasjenige, was nur eine Teilerscheinung ist in einem andern, als ein Ganzes betrachtet. Aber sehen Sie, man hat sich durch dieses Betrachten der Teilerscheinungen und durch das Hinzuerfinden der Energien erspart, das Leben des Planetensystems zu betrachten. Das heisst, man hat darnach gestrebt, dasjenige in der Natur, was Teil ist, wie ein Ganzes zu betrachten und dann alles dasjenige, was als Wirkungen entsteht, einfach durch Theorien entstehen zu lassen. Ich will dasjenige, was hier eigentlich vorliegt, Ihnen zusammenfassen mit dem Folgenden. Sehen Sie, es kommt darauf an, dass wir uns bei allem, was uns in der Natur entgegentritt, fragen: Zu welchem Ganzen gehört es, oder ist es selbst ein Ganzes? - Und wir werden zuletzt nur in einer gewissen Beziehung Ganzheiten finden, denn auch ein Steinsalzwürfel ist nur in einer gewissen Beziehung eine Ganzheit, auch er kann nicht bestehen, ohne dass ein bestimmter Temperaturgrad da ist oder andere Verhältnisse da sind. Bei einem anderen Temperaturgrad würde er nicht bestehen können. Wir haben eigentlich überall die Notwendigkeit, nicht so zerstückelt die Natur zu betrachten, wie das gemeiniglich geschieht.

Nun, sehen Sie, nur dadurch, dass man die Natur so zerstückelt betrachtet, ist man in die Lage gekommen seit dem sechzehnten Jahrhundert, jenes sonderbare Gebilde hinzustellen, das man universelle unorganische, leblose Natur nennt. Diese unorganische, leblose Natur gibt es nämlich gar nicht, so wenig es Ihr Knochensystem ohne Ihr, sagen wir, Blutsystem gibt. Wie das Knochensystem sich nur herauskristallisiert aus Ihrem übrigen Organismus, so gibt es nicht die sogenannte unorganische Natur ohne die zugrunde liegende ganze Natur, ohne die seelische und geistige Natur. Diese leblose Natur ist das herausgegliederte Knochensystem der ganzen Natur, und es ist unmöglich, die unorganische Natur für sich selbst zu betrachten, wie man begonnen hat seit dem sechzehnten Jahrhundert, sie für sich selbst zu betrachten in der Newtonschen Physik. Aber diese Newtonsche Physik, sie ist darauf ausgegangen, rein herauszuschälen diese sogenannte unorganische Natur. Diese ist nur vorhanden als unorganische Natur, wenn wir selbst Maschinen machen, wenn wir selbst aus den Teilen der Natur etwas zusammensetzen. Aber das ist radikal verschieden von dem, wie das sogenannte Unorganische in der Natur selbst drinnensteht. Es gibt ein einziges wirklich Unorganisches, das sind unsere Maschinen, und zwar nur insofern wir sie durch Kombination der Naturkräfte zusammenstellen. Eigentlich nur das Zusammengestellte daran ist das Unorganische. Ein anderes Unorganisches gibt es nur als Abstraktion. Aber aus dieser Abstraktion ist die moderne Physik entstanden. Sie ist nichts weiter als Abstraktion, die dasjenige, was sie abstrahiert hat, für eine Realität hält, und die dann alles, was sich ihr darbietet, nach ihrer theoretischen Annahme erklären will. Nun sehen Sie, in Wirk-

lichkeit kann man aber eigentlich nicht anders, als sich seine Begriffe, seine Ideen bilden an demjenigen, was man äusserlich an der Sinneswelt gegeben hat.

Nun hat man für ein Erscheinungsgebiet, ich möchte sagen, eine äusserst bequeme Tatsache gegeben: Wenn man eine Glocke anschlägt und etwa irgendeine leichte, bewegliche Vorrichtung in die Nähe der Glocke bringt, so kann man daran anschaulich machen, dass diese Glocke, welche tönt, auch in ihren Teilen schwingt. Wenn man ein Pfeifenrohr nimmt, so kann man anschaulich machen, dass die Luft im Rohre schwingt, und man wird aus der Bewegung der Luft- oder Glockenteilchen einen Zusammenhang konstatieren können für die Tonercheinungen, die Schallercheinungen, zwischen den Schwingungen, die ein Körper oder die Luft macht, und den Wahrnehmungen des Tones. Für dieses Erscheinungsfeld liegt gewissermassen offen zutage, dass wir es zu tun haben in der Umgebung mit Schwingungen, wenn wir Töne hören. Wir können uns sagen: Ohne dass die Luft in unserer Umgebung schwingt, werden wir nicht Töne hören. Es besteht also ein Zusammenhang - über ihn werden wir morgen noch sprechen - zwischen den Luftschwingungen und den Tönen. Nun sehen Sie, wenn man nun so ganz abstrakt vorgeht, so kann man sagen: Man nimmt den Ton durch die Gehörorgane wahr. An dem Gehörorgan stossen die Luftschwingungen auf. Wenn sie aufstossen, so nimmt man den Ton wahr. Und nun kann man, da das Auge doch auch ein Sinnesorgan ist, durch das Auge die Farben wahrnehmen und sagen: Da muss etwas Ähnliches vorliegen, also muss da auch irgend etwas von einer Schwingung anschlagen an das Auge. Aber die Luft kann es nicht sein, das stellt sich sehr bald heraus. So ist es der Äther. Also, man bildet, ich möchte sagen, durch ein reines Analogiespiel die Vorstellung aus: Wenn die Luft an unser Ohr anschlägt und wir einen Ton empfinden, so besteht ein Zusammenhang zwischen der schwingenden Luft und der Tonempfindung. Wenn der hypothetische Äther mit seinen Schwingungen an unser Auge anstösst, so vermittelt sich in ähnlicher Weise eine Lichtempfindung durch diesen schwingenden Äther. Wie er schwingt, dieser Äther, darauf sucht man zu kommen durch Erscheinungen, wie wir sie experimentell in diesen Vorträgen kennengelernt haben. Das heisst, man denkt sich eine Ätherwelt und rechnet aus, wie es in diesem Äthermeer zugehen soll. Man rechnet etwas aus, was sich auf irgendeine Entität bezieht, die man selbstverständlich nicht wahrnehmen kann, die man nur theoretisch annehmen kann.

Nun ist, wie Sie schon aus den Kleinigkeiten gesehen haben, die wir experimentell durchgemacht haben, dasjenige, was innerhalb der Lichtwelt vorgeht, etwas ausserordentlich Kompliziertes, und bis in gewisse Zeiten der neueren physikalischen Entwicklung hat man angenommen, hinter all dem, oder eigentlich in all dem, müsste man sagen, was sich da als Lichtwelt, als Farbenwelt auslebt, ist ein schwingender Äther, ein feiner elastischer Stoff. Da man die Gesetze, wonach elas-

tische Körper aufeinander aufprallen und sich abstossen, leicht kennen kann, so kann man berechnen, was da diese kleinen schwingenden Koblde im Äther tun, indem man sie einfach als elastische kleine Körper betrachtete, indem man den Äther gewissermassen als etwas in sich Elastisches sich vorstellte. Man kann da kommen bis zu Erklärungen jener Erscheinungen, die wir uns vorgeführt haben, wo wir ein Spektrum bilden. Es werden einfach verschiedene Arten von Ätherschwingungen auseinandergelöst, die dann in den verschiedenen Farben uns erscheinen. Man kann auch durch ein gewisses Rechnen dahin kommen, jenes Auslöschen, das wir uns vorgestern vorgeführt haben, zum Beispiel der Natriumlinie, sich aus der Elastizität des Äthers heraus begreiflich zu machen.

Nun aber sind in der neueren Zeit zu diesen Erscheinungen andere hinzugetreten. Man kann ein Lichtspektrum entwerfen, die Natriumlinie darinnen auslöschen oder erzeugen - wie Sie wollen -, die schwarze Linie erzeugen, und man kann dann ausserdem, dass man dann diesen ganzen Komplex erzeugt hat, auch noch in den Lichtzylinder in einer bestimmten Weise den Elektromagneten hineinwirken lassen, und siehe da, es geschieht eine Wirkung von dem Elektromagneten auf die Lichterscheinung. Die Natriumlinie wird an ihrer Stelle ausgelöscht und zwei andere zum Beispiel entstehen, rein durch die Wirkung der Elektrizität, die immer etwas mit magnetischen Wirkungen verknüpft ist. Also, es entsteht eine Wirkung desjenigen, was wir als elektrische Kräfte beschrieben bekommen, auf jene Vorgänge, die man als Lichterscheinungen sieht und hinter denen man sich den blossen elastischen Äther denkt. Dass man da die Wirkung der Elektrizität auf diese Lichterscheinung wahrgenommen hat, das führte nun dazu, eine Verwandtschaft anzunehmen zwischen den Licht- und den magnetisch-elektrischen Erscheinungen. So ist in der neueren Zeit ein wenig Erschütterung gekommen. Früher konnte man sich aufs Faulbett legen, weil man diese Wechselwirkung noch nicht wahrgenommen hatte. Jetzt aber musste man sich sagen: Es muss das eine mit dem anderen etwas zu tun haben. - Das hat dazu geführt, dass eine grosse Anzahl von Physikern gegenwärtig in diesem, was sich da als Licht ausbreitet, auch eine elektromagnetische Wirkung sehen, dass es eigentlich elektromagnetische Strahlen sind, was da durch den Raum geht. Nun denken Sie sich, was da passiert ist. Da ist folgendes passiert: Man hat früher angenommen, man wisse, was hinter den Licht- und Farbenercheinungen sei: Schwingungen, Undulationen im elastischen Äther. Jetzt ist es dahin gekommen dadurch, dass man die Wechselwirkungen zwischen Licht und Elektrizität kennengelernt hat, dass man das, was da eigentlich schwingt, als Elektrizität ansehen muss, als fortstrahlende Elektrizität - bitte fassen Sie die Sache ganz genau! Das Licht, die Farben will man erklären. Diese führt man zurück auf schwingenden Äther. Da geht etwas durch den Raum. Jetzt glaubte man, man hätte gewusst, was das Licht eigentlich ist - Schwingungen des elastischen Äthers. Jetzt kam man in die

Notwendigkeit zu sagen: Was aber die Schwingungen des elastischen Äthers sind, sind elektrisch- magnetische Strömungen. Nun weiss man sogar genauer als früher, was das Licht ist. Es sind elektrisch-magnetische Strömungen, nur weiss man nicht, was diese elektrisch-magnetischen Strömungen sind. Man hat also den schönen Weg gemacht, eine Hypothese anzunehmen, das Sinnliche durch das unbekannte Übersinnliche des undulierenden Äthers zu erklären. Man ist nach und nach gezwungen worden, dieses Übersinnliche wiederum auf ein Sinnliches zurückzuführen, aber sich zu gleicher Zeit zu gestehen, dass man nicht weiss, was das nun ist. Es ist in der Tat ein höchst interessanter Weg, der da beschritten worden ist von einem hypothetischen Suchen eines Unbekannten zu dem Erklären dieses Unbekannten durch ein anderes Unbekanntes. Der Physiker Kirchhoff hat sich eigentlich entsetzt gesagt: Wenn diese neueren Erscheinungen notwendig machen, dass man an den Äther mit seinen Schwingungen nicht mehr glauben kann, dann ist das kein Vorteil für die Physik, und *Heimholtz*, zum Beispiel, als er diese Erscheinungen kennenlernte, der sagte: Gut, man kommt natürlich nicht darüber hinweg, das Licht als eine Art elektrisch-magnetischer Strahlung zu betrachten. Dann muss man halt diese wieder zurückführen auf die Schwingungen des elastischen Äthers. Zuletzt wird es doch so kommen. - Das Wesentliche ist, dass man eine ehrliche Undulationserscheinung, das Schwingen der Luft, wenn wir Töne wahrnehmen, rein analogisch übertragen hat in ein Gebiet hinein, in dem die ganze Annahme eben durchaus eine hypothetische ist.

Ich musste Ihnen diese prinzipielle Auseinandersetzung geben, damit wir nun rasch hintereinander durchlaufen können das Wichtigste, was uns die Erscheinungen darbieten, die wir dann betrachten wollen. Ich habe vor, in den Stunden, die noch bleiben, nachdem wir uns diese Unterlage jetzt gebildet haben, mit Ihnen zu besprechen die Schallerscheinungen, die Wärmeerscheinungen und die elektromagnetischen Erscheinungen und dasjenige, was diese Erscheinungen wiederum zurückwerfen auf die optischen Erscheinungen.

I • 07 FARBIGE SCHATTEN, IHRE OBJEKTIVITÄT

Naturwissenschaft – GA-320 Geisteswissenschaftliche Impulse zur Entwicklung der Physik

Farbige Schatten, ihre Objektivität. Gültigkeitsbereich der Begriffe «subjektiv» und «objektiv». Drei Stufen der Beziehung des Menschen zur Aussenwelt in Licht, Wärme und Luft. Atmungsprozess und Tonwahrnehmung, Verschiedenartigkeit der Sinne. Wärme-Äquivalent.

Siebenter Vortrag, Stuttgart, 30. Dezember 1919

Wir wollen heute beginnen mit einem Versuch, der noch anknüpfen soll an unsere Betrachtungen über die Farbenlehre. Es ist ja, wie gesagt, durchaus nur möglich, dass ich Ihnen Improvisiertes, gewissermassen Aphoristisches in diesen Vorträgen vorbringe. Daher muss ich auch die gewöhnlichen Kategorien, die Sie in den Physikbüchern finden, vermeiden. Ich will nicht sagen, dass es besser wäre, wenn ich diese Kategorien einhalten könnte, allein ich möchte Sie ja zuletzt zu einer bestimmten naturwissenschaftlichen Einsicht führen, und alles dasjenige, was ich vorher vorbringe, betrachten Sie als eine Art Vorbereitung, die nicht so gemacht wird, dass man, wie es sonst üblich ist, in gerader Linie fortschreitet, sondern dass man die Erscheinungen zusammensucht, die man braucht, gewissermassen einen Kreis schafft und dann nach dem Mittelpunkt vordringt.

Sie haben gesehen, dass wir es zu tun haben, wenn Farben entstehen, mit einem Zusammenwirken von Licht und Finsternis. Nun handelt es sich darum, dass man möglichst viele wirkliche Erscheinungen beobachtet, bevor man sich eine Anschauung bildet über das, was in dieser Wechselwirkung von Licht und Finsternis eigentlich zugrunde liegt. Und da möchte ich Ihnen heute zunächst dieses Phänomen der sogenannten farbigen Schatten vorführen.

Ich werde von zwei Lichtquellen aus, die diese Kerzchen hier darstellen, durch diesen Stab Ihnen Schatten auf dem Schirm erzeugen, der Ihnen gegenübersteht. Sie sehen zwei Schatten, welche eine deutliche Farbe nicht haben. Sie brauchen nur dasjenige, was hier ist, ordentlich anzuschauen, so werden Sie sich sagen müssen: Der Schatten, den Sie hier rechts sehen, ist natürlich der Schatten, der von dieser Lichtquelle (links) ausgeht und der dadurch entsteht, dass das Licht von dieser Quelle ausgeht und durch den Stab verdeckt wird. Und *der* Schatten ist derjenige, der entsteht, indem das Licht unserer rechten Lichtquelle verdeckt wird. Wir ha-

ben es also hier im Grunde genommen nur zu tun mit der Erzeugung gewisser dunkler Räume. Das, was im Schatten liegt, ist eben dunkler Raum. Wenn Sie die Fläche des Schirmes ausserhalb der beiden Schattenbänder sich ansehen, so werden Sie sich sagen: Sie wird beleuchtet von den zwei Lichtquellen. So dass wir es also da zu tun haben mit Licht. Ich will nun das eine der Lichter färben, das heisst, ich will es gehen lassen durch eine farbige Glasplatte, so dass das eine der Lichter gefärbt wird. Wir wissen, was da geschieht: Es wird das eine der Lichter abgedunkelt. Aber jetzt sehen Sie, dass durch das Abdunkeln dieser Schatten (rechts), welcher durch den Stab bewirkt wird von meiner linken Lichtquelle aus, deren Licht ich gerade abdunkle und rötlich mache, dass dieser Schatten grün wird. Er wird so grün, wie grün wird - wenn Sie zum Beispiel scharf an eine kleine rote Fläche hinschauen, dann von dieser roten Fläche das Auge abwenden und dann einfach in gerader Richtung nach einer weissen Fläche lenken -, wie grün wird dasjenige, was Sie früher rot gesehen haben, ohne dass etwas da ist, sondern Sie sehen gleichsam die grüne Farbe selber auf die Fläche hin. Wie Sie da sehen die grüne Fläche als ein zeitliches Nachbild der roten Fläche, die Sie früher wirklich gesehen haben, indem Sie das Auge dem Rot exponiert haben, so sehen Sie hier, indem ich die Lichtquelle rot abdunkle, ihren Schatten. Also, was früher bloss Dunkelheit war, sehen Sie jetzt grün. Wenn ich dieselbe Lichtquelle grün abdunkeln werde, beobachten Sie, was dann entsteht! Sie sehen, der Schatten entsteht dann rot. Wenn ich dieselbe Lichtquelle blau abdunkle, so sehen Sie, der Schatten entsteht dann orange; würde ich die Lichtquelle violett abdunkeln, so gäbe es Gelb.

Nun bitte ich Sie, folgendes zu berücksichtigen - gerade dieses Phänomen ist von einer grossen Bedeutung. Wenn Sie - ich erwähne das deshalb noch einmal - zum Beispiel irgendwo liegen haben, sagen wir, ein rotes Kissen, das einen weissen Überzug hat, der so gehäkelt ist, dass es da rote Rhomben gibt, und Sie sehen nach diesen roten Rhomben zuerst hin und von da weg auf das Weisse, so sehen Sie dieselbe Gitterung auf dem Weissen grün. Sie ist natürlich nicht dort, aber Ihr Auge übt eine Nachwirkung aus, und diese erzeugt, indem Sie visieren nach dem Weiss, die grünen - wie man sagt - subjektiven Bilder. Nun, *Goethe* wusste diese letztere Ihnen erwähnte Erscheinung und er kannte auch dieses Phänomen der farbigen Schatten. Er sagte sich: Ich dunkle diese Lichtquelle ab, bekomme grün, und nun beschreibt er das in der folgenden Weise: Wenn ich hier die Lichtquelle abdunkle, so wird der ganze weisse Schirm mit einem roten Schein bedeckt und ich sehe dann eigentlich nicht den weissen Schirm, sondern einen roten Schein, ich sehe den Schirm rötlich. Dadurch erzeuge ich, wie bei dem Kissen, mit meinem Auge die Kontrastfarbe Grün, so dass also hier kein wirkliches Grün wäre, sondern es wird nur nebenbei gesehen, weil der Schirm rötlich gefärbt ist. Aber diese Goethesche Anschauung ist falsch. Sie können sich leicht überzeugen, dass sie falsch ist, denn

wenn Sie eine kleine Röhre nehmen und durchblicken, so dass Sie, nach der Abdunklung, bloss diesen grünen Streifen ansehen, so sehen Sie ihn auch grün*. Sie sehen dann nicht dasjenige, was in der Umgebung ist, sondern Sie sehen nur das objektiv an dieser Stelle vorhandene Grün. Sie können sich dadurch überzeugen, dass das Grün objektiv ist, dass hier abgedunkelt wird und dass Sie dann das Grün ansehen. Es bleibt grün, kann also nicht eine Kontrasterscheinung sein, sondern ist eine objektive Erscheinung. Wir können das jetzt nicht so machen, dass es alle einzeln sehen, aber: Durch zweier Zeugen Mund wird alle Wahrheit kund. Ich werde die Erscheinung hervorrufen und Sie müssen so durchsehen, dass Sie auf das grüne Band hinsehen. Das bleibt grün, nicht wahr? Und ebenso würde die andere Farbe, wenn ich durch Grün Rot erzeugen würde, rot bleiben. In diesem Falle hat Goethe in seine Farbenlehre *den* Irrtum, dem er sich hingegeben hat, aufgenommen, und der muss natürlich durchaus korrigiert werden.

Ich will zunächst nichts anderes, als dass Sie sich unter den mancherlei Erscheinungen auch bewahren das rein Faktische, das wir jetzt vorgeführt haben, dass also ein Grau, das heisst ein Dunkles, das sonst als blosser Schatten entsteht, dann, wenn wir den Schatten selbst mit Farbe gewissermassen durchtränken, dass dann in anderer Weise Helligkeit und Dunkelheit zusammenwirken, als wenn ich den Schatten nicht durchtränkte mit einer Farbe. Und wir merken uns, dass hier durch die Abdunkelung des Lichtes mit dem Rot die objektive Erscheinung des Grün hervorgerufen wird. Nun habe ich Sie hingewiesen auf dasjenige, was da subjektiv erscheint - wie man sagt, subjektiv. Wir haben eine - wie man sagt - objektive Erscheinung, das Grün, das auf dem Schirme gewissermassen bleibt, wenn es auch nicht fixiert ist, so lange, als wir die Bedingungen dazu hergestellt haben, und hier etwas, was gewissermassen subjektiv, von unserem Auge allein abhängig ist. Goethe nennt die grüne Farbe, die dann erscheint, wenn ich eine Zeitlang das Auge der Farbe exponiert habe, die geforderte Farbe, das geforderte Nachbild, das durch die Gegenwirkung selbst hervorgerufen wird.

Nun, hier ist eines streng festzuhalten. Die Unterscheidung des Subjektiven und des Objektiven, zwischen der hier vorübergehend fixierten Farbe und der durch das Auge scheinbar bloss als Nachbild geforderten Farbe, diese Unterscheidung hat in keinem objektiven Tatbestand irgendeine Rechtfertigung. Ich habe es zu tun, indem ich durch mein Auge hier das Rot sehe, einfach mit all den Ihnen beschriebenen physikalischen Apparaten, Glaskörper, Linse, der Flüssigkeit zwischen der Linse und der Hornhaut. Ich habe es mit einem sehr differenzierten physikalischen Apparat zu tun. Dieser physikalische Apparat, der in der mannigfaltigsten Weise Helligkeit und Dunkelheit durcheinandermischt, der steht zu dem objektiv vorhandenen Äther in gar keiner anderen Beziehung als die Apparate, die ich hier aufgestellt habe, der Schirm, die Stange usw. Das eine Mal ist bloss die ganze Vorrichtung, die ganze

Maschinerie mein Auge, und ich sehe ein objektives Phänomen durch mein Auge, genau dasselbe objektive Phänomen, das ich hier sehe, nur dass hier das Phänomen bleibt. Wenn ich aber mein Auge mir herrichte durch das Sehen so, dass es nachher in der sogenannten geforderten Farbe wirkt, so stellt sich das Auge in seinen Bedingungen wieder her in den neutralen Zustand. Aber dasjenige, wodurch ich Grün sehe, ist durchaus kein anderer Vorgang, wenn ich sogenannt subjektiv durch das Auge sehe, als wenn ich hier objektiv die Farbe fixiere. Deshalb sagte ich: Sie leben nicht so mit Ihrer Subjektivität, dass der Äther draussen Schwingungen macht und die Wirkung derselben als Farbe zum Ausdruck kommt, sondern Sie schwimmen im Äther, sind eins mit ihm, und es ist nur ein anderer Vorgang, ob Sie eins werden mit dem Äther hier durch die Apparate oder durch etwas, was sich in Ihrem Auge selber vollzieht. Es ist kein wirklicher, wesenhafter Unterschied zwischen dem durch die rote Verdunkelung räumlich erzeugten grünen Bild und dem grünen Nachbild, das eben nur zeitlich erscheint; es ist ein - objektiv besehen - greifbarer Unterschied nicht, nur der, dass das eine Mal der Vorgang räumlich, das andere Mal der Vorgang zeitlich ist. Das ist der einzige wesenhafte Unterschied. Die sinngemässe Verfolgung solcher Dinge führt Sie dahin, jenes Entgegenstellen des sogenannten Subjektiven und des Objektiven nicht in der falschen Richtung zu sehen, in der es fortwährend von der neueren Naturwissenschaft gesehen wird, sondern die Sache so zu sehen, wie sie ist, nämlich dass wir das eine Mal eine Vorrichtung haben, durch die wir Farben erzeugen, unser Auge neutral bleibt, das heisst sich neutral macht gegen das Farbenentstehen, also dasjenige, was da ist, mit sich vereinigen kann. Das andere Mal wirkt es selbst als physikalischer Apparat. Ob aber dieser physikalische Apparat hier (ausssen) ist oder in Ihrer Stirnhöhle drinnen ist, ist einerlei. Wir sind nicht ausser den Dingen und projizieren erst die Erscheinungen in den Raum, wir sind durchaus mit unserer Wesenheit in den Dingen und sind um so mehr in den Dingen, als wir aufsteigen von gewissen physikalischen Erscheinungen zu anderen physikalischen Erscheinungen. Kein Unbefangener, der die Farbenercheinungen durchforscht, kann anders, als sich sagen: Mit unserem gewöhnlichen körperlichen Wesen stecken wir nicht drinnen, sondern mit unserem ätherischen und dadurch mit unserem astralischen Wesen.

Wenn wir vom Lichte heruntersteigen zur Wärme, die wir auch wahrnehmen als etwas, was ein Zustand unserer Umgebung ist, der für uns eine Bedeutung gewinnt, wenn wir ihm exponiert sind, so werden wir bald sehen: Es ist eine bedeutsame Modifikation zwischen dem Wahrnehmen des Lichtes und dem Wahrnehmen der Wärme. Für die Lichtwahrnehmung können Sie genau lokalisieren diese Wahrnehmung in dem physikalischen Apparat des Auges, dessen objektive Bedeutung ich eben charakterisiert habe. Für die Wärme, was müssen Sie sich denn da sagen? Wenn Sie wirklich sich fragen: Wie kann ich vergleichen die Beziehung, in der ich

zum Lichte stehe, mit der Beziehung, in der ich zur Wärme stehe, so müssen Sie sich auf diese Frage antworten: Zum Lichte stehe ich so, dass mein Verhältnis lokalisiert ist gewissermassen durch mein Auge an einen bestimmten Körperort. Das ist aber bei der Wärme nicht so. Für sie bin ich gewissermassen ganz Sinnesorgan. Ich bin für sie ganz dasselbe, was für das Licht das Auge ist. So dass wir also sagen können: Von der Wahrnehmung der Wärme können wir nicht im selben lokalisierten Sinne sprechen wie von der Wahrnehmung des Lichtes. Aber gerade, indem wir die Aufmerksamkeit auf so etwas richten, können wir noch auf etwas anderes kommen.

Was nehmen wir denn eigentlich wahr, wenn wir in ein Verhältnis treten zu dem Wärmezustand unserer Umgebung? Ja, da nehmen wir eigentlich dieses Schwimmen in dem Wärmeelement unserer Umgebung sehr deutlich wahr. Nur: Was schwimmt denn? Bitte, beantworten Sie sich diese Frage, was da eigentlich schwimmt, wenn Sie in der Wärme Ihrer Umgebung schwimmen. Nehmen Sie folgendes Experiment. Sie füllen einen Trog mit einer mässig warmen Flüssigkeit, mit mässig warmem Wasser, mit einem Wasser, das Sie als lauwarm empfinden, wenn Sie beide Hände hineinstecken - nicht lange hineinstecken, Sie probieren das nur. Dann machen Sie folgendes: Sie stecken zuerst die linke Hand in möglichst warmes Wasser, wie Sie es gerade noch ertragen können, dann die rechte Hand in möglichst kaltes Wasser, wie Sie es auch gerade noch ertragen können, und dann stecken Sie rasch die linke und die rechte Hand in das lauwarme Wasser. Sie werden sehen, dass der rechten Hand das lauwarme Wasser sehr warm vorkommt und der linken sehr kalt. Die heissgewordene Hand von links fühlt dasselbe als Kälte, was die kaltgewordene Hand von rechts als Wärme fühlt. Vorher fühlten Sie eine gleichmässige Lauigkeit. Was ist denn das eigentlich? Ihre eigene Wärme, die schwimmt und verursacht, dass Sie die Differenz zwischen ihr und der Umgebung fühlen. Dasjenige, was von Ihnen schwimmt in dem Wärmeelement Ihrer Umgebung, was ist es denn? Es ist Ihr eigener Wärmezustand, der durch Ihren organischen Prozess herbeigeführt wird, der ist nicht etwas Unbewusstes, in dem lebt Ihr Bewusstsein. Sie leben innerhalb Ihrer Haut in der Wärme, und je nachdem diese ist, setzen Sie sich auseinander mit dem Wärmeelement Ihrer Umgebung. In diesem schwimmt Ihre eigene Körperwärme. Ihr Wärmeorganismus schwimmt in der Umgebung.

Denken Sie sich solche Dinge durch, dann geraten Sie ganz anders in die Nähe der wirklichen Naturvorgänge als durch dasjenige, was Ihnen die heute ganz verabstrahierte und aus aller Realität herausgezogene Physik bieten kann.

Nun gehen wir aber noch weiter hinunter. Wir haben gesehen, wenn wir unseren eigenen Wärmezustand erleben, dann können wir sagen, dass wir ihn dadurch erleben, dass wir mit ihm schwimmen in unserer Wärmeumgebung, also entweder, dass wir wärmer sind als unsere Umgebung und es empfinden als uns aussaugend -

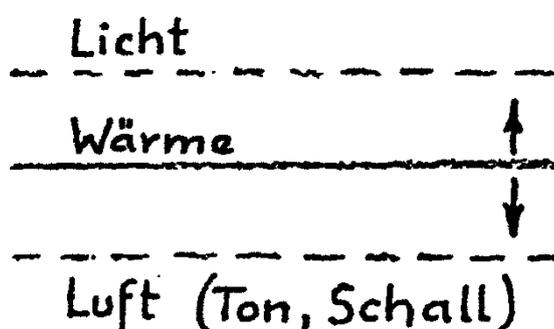
wenn die Umgebung kalt ist -, oder wenn wir kälter sind, es empfinden, als ob uns die Umgebung etwas gibt. Das wird nun ganz anders, wenn wir in einem anderen Elemente leben. Sehen Sie, wir können also in dem leben, was dem Licht zugrunde liegt. Wir schwimmen im Lichtelement. Wir haben jetzt durchgeführt, wie wir im Wärmeelement schwimmen. Wir können aber auch im Luftelement schwimmen, das wir eigentlich fortwährend in uns haben. Wir sind ja in sehr geringem Masse ein fester Körper, wir sind eigentlich nur zu ein paar Prozent ein fester Körper als Mensch, wir sind eigentlich über 90 Prozent eine Wassersäule, und Wasser ist eigentlich, insbesondere in uns, nur ein Mittelzustand zwischen dem luftförmigen und dem festen Zustande. Wir können uns durchaus in dem luftartigen Element selber erleben, so wie wir uns im wärmeartigen Element erleben, das heisst, unser Bewusstsein steigt effektiv hinunter in das luftartige Element. Wie es in das Lichtelement steigt und in das Wärmeelement, so steigt es in das Luftelement. Indem es aber in das Luftelement steigt, kann es sich wiederum auseinandersetzen mit demjenigen, was in der Luftumgebung geschieht, und diese Auseinandersetzung ist dasjenige, was in der Erscheinung des Schalls, des Tones zum Vorschein kommt. Sie sehen, wir müssen gewisse Schichten unseres Bewusstseins unterscheiden. Wir leben mit einer ganz anderen Schichte unseres Bewusstseins mit dem Lichtelement, indem wir selber teilnehmen an ihm, wir leben *mit* einer anderen Schichte unseres Bewusstseins im Wärmeelement, indem wir selber teilnehmen an ihm, und wir leben in einer anderen Schichte unseres Bewusstseins im Luftelement, indem wir selber teilnehmen an ihm. Wir leben, indem unser Bewusstsein imstande ist, hinunterzutauchen in das gasige, luftförmige Element, wir leben in dem luftförmigen Element unserer Umgebung und können uns dadurch fähig machen, Schallerscheinungen wahrzunehmen, Töne wahrzunehmen. Gerade so, wie wir selbst mit unserem Bewusstsein teilnehmen müssen an den Lichterscheinungen, damit wir in den Lichterscheinungen unserer Umgebung schwimmen können, wie wir teilnehmen müssen am Wärmeelement, damit wir in ihm schwimmen können, so müssen wir auch teilnehmen an dem Luftigen, wir müssen selber in uns differenziert etwas Luftiges haben, damit wir das äussere, meinetwegen durch eine Pfeife, eine Trommel, eine Violine differenzierte Luftige wahrnehmen können.

In dieser Beziehung ist unser Organismus etwas ausserordentlich interessant sich Darbietendes. Wir atmen die Luft aus - unser Atmungsprozess besteht ja darinnen, dass wir Luft ausatmen und Luft wieder einatmen. Indem wir Luft ausatmen, treiben wir unser Zwerchfell in die Höhe. Das ist aber mit einer Entlastung unseres ganzen organischen Systems unter dem Zwerchfell in Verbindung. Dadurch wird gewissermassen, weil wir das Zwerchfell nach oben bringen beim Ausatmen und unser organisches System unter dem Zwerchfell entlastet wird, das Gehirnwasser, in dem das Gehirn schwimmt, nach abwärts getrieben, dieses Gehirnwasser, das aber

nichts anderes ist als eine etwas verdichtete Modifikation, möchte ich sagen, der Luft, denn in Wahrheit ist es die ausgeatmete Luft, die das bewirkt. Wenn ich wieder einatme, wird das Gehirnwasser nach aufwärts getrieben, und ich lebe fortwährend, indem ich atme, in diesem von oben nach unten und von unten nach oben sich vollziehenden Schwingen des Gehirnwassers, das ein deutliches Abbild meines ganzen Atmungsprozesses ist. Lebe ich mit meinem Bewusstsein dadurch, dass teilnimmt mein Organismus an diesen Oszillationen des Atmungsprozesses, dann ist das eine innerliche Differenzierung im Erleben eines Luftwahrnehmens, und ich stehe eigentlich fortwährend durch diesen Vorgang, den ich nur etwas grob geschildert habe, in einem Lebensrhythmus darinnen, der in seiner Entstehung und in seinem Verlauf in Differenzierung der Luft besteht. Dasjenige, was da innerlich entsteht - natürlich nicht so grob, sondern in mannigfaltiger Weise differenziert, so dass dieses Auf- und Abschwingen der rhythmischen Kräfte, die ich gekennzeichnet habe, selber etwas ist wie ein komplizierter, fortwährend entstehender und vergehender Schwingungsorganismus -, diesen innerlichen Schwingungsorganismus, den bringen wir in unserem Ohre zum Zusammenstossen mit demjenigen, was von aussen, sagen wir, wenn eine Saite angeschlagen wird, an uns tönt. Und gerade so, wie Sie den Wärmestand Ihrer eigenen Hand, wenn Sie sie ins lauwarme Wasser hineinheben, wahrnehmen durch die Differenz zwischen der Wärme Ihrer Hand und der Wärme des Wassers, so nehmen Sie wahr den entsprechenden Ton oder Schall durch das Gegeneinanderwirken Ihres inneren, so wunderbar gebauten Musikinstrumentes mit demjenigen, was äusserlich in der Luft als Töne, als Schall zum Vorschein kommt. Das Ohr ist gewissermassen nur die Brücke, durch die Ihre innere Leier des Apollo sich ausgleicht in einem Verhältnis mit demjenigen, was von aussen an differenzierter Luftbewegung an Sie herantritt. Sie sehen, der wirkliche Vorgang - wenn ich ihn real schildere -, der wirkliche Vorgang beim Hören, nämlich beim Hören des differenzierten Schalles, des Tones, der ist von jener Abstraktion weit verschieden, wo man sagt: Draussen, da wirkt etwas, das affiziert mein Ohr. Die Affektion des Ohres wird als eine Wirkung auf mein subjektives Wesen wahrgenommen, das man wiederum - ja, mit welcher Terminologie auch? - beschreibt oder eigentlich nicht beschreibt. Man kommt nicht weiter, wenn man klar ausdenken will, was da eigentlich immer als Idee zugrunde gelegt wird. Man kann gewisse Dinge, die gewöhnlich angeschlagen werden, nicht zu Ende denken, weil diese Physik weit entfernt ist, einfach auf die Tatsachen einzugehen.

Sie haben tatsächlich drei Stufen vor sich der Beziehungen des Menschen zur Aussenwelt, ich möchte sagen: die Lichtstufe, die Wärmestufe, die Ton- oder Schallstufe. Aber sehen Sie, da liegt etwas sehr Eigentümliches noch vor. Wenn Sie unbefangen Ihr Verhältnis, das heisst Ihr Schwimmen im Lichtelement betrachten, dann müssen Sie sich sagen: Sie können selbst nur als Ätherorganismus in demje-

nigen, was da draussen in der Welt vor sich geht, leben. Indem Sie im Wärmeelement leben, leben Sie mit Ihrem ganzen Organismus im Wärmeelement Ihrer Umgebung darinnen. Jetzt lenken Sie den Blick von diesem Drinnenleben herunter bis zum Drinnenleben im Ton- und Schallelement, dann leben Sie eigentlich, indem Sie selbst zum Luftorganismus werden, in der differenziert gestalteten äusseren Luft darinnen. Das heisst, nicht mehr im Äther, sondern eigentlich schon in der äusseren physikalischen Materie, in der Luft leben Sie da drinnen. Daher ist das Leben im Wärmeelement eine ganz bedeutsame Grenze. Gewissermassen bedeutet das Wärmeelement, das Leben in ihm, für Ihr Bewusstsein ein Niveau. Dieses Niveau können Sie auch sehr deutlich dadurch wahrnehmen,



dass Sie ja schliesslich äussere und innere Wärme in der reinen Empfindung kaum unterscheiden können. Aber das Leben im Lichtelement liegt über diesem Niveau. Sie steigen gewissermassen in eine höhere ätherische Sphäre hinauf, um mit Ihrem Bewusstsein drinnen zu leben. Und Sie dringen unter jenes Niveau, wo Sie mit der Aussenwelt in verhältnismässig einfacher Weise sich ausgleichen, hinunter, indem Sie als Luftmensch sich mit der Luft auseinandersetzen in den Ton- oder Schallwahrnehmungen.

Wenn Sie alles das zusammenhalten, was ich jetzt gezeigt habe, mit demjenigen, was ich über die Anatomie und Physiologie gesagt habe, so können Sie nicht anders, als das Auge als physikalischen Apparat auffassen. Je weiter nach aussen Sie gehen, desto physischer finden Sie das Auge, je mehr nach innen, desto mehr von Vitalität durchzogen. Wir haben also ein in uns lokalisiertes Organ, um uns über ein gewisses Niveau zu erheben. Wir leben dann auf einem gewissen Niveau auf gleich und gleich mit der Umgebung, indem wir mit unserer Wärme ihr entgegentreten und die Differenz irgendwo wahrnehmen. Da haben wir kein so spezialisiertes Organ als das Auge, da werden wir selbst in gewisser Weise ganz zum Sinnesorgan. Jetzt tauchen wir unter dieses Niveau hinunter. Wo wir Luftmensch werden, wo wir uns

auseinandersetzen mit der differenzierten äusseren Luft, da lokalisiert sich wiederum diese Auseinandersetzung, da lokalisiert sich etwas zwischen dem, was in uns vorgeht, dieser Leier des Apollo, dieser Rhythmisierung unseres Organismus, die nur nachgebildet ist in der Rhythmisierung des Rückenmarkwassers, und der äusseren Luft. Was da vorgeht, ist durch eine Brücke verbunden. Da ist also wiederum solch eine Lokalisation, aber jetzt unter dem Niveau, wie wir im Auge eine solche Lokalisation über dem Niveau haben.

Sehen Sie, unsere Psychologie, die ist eigentlich in einer noch schlimmeren Lage als unsere Physiologie und unsere Physik, und man kann es eigentlich den Physikern nicht sehr krumm nehmen, dass sie sich so unrealistisch ausdrücken über das, was in der Aussenwelt ist, weil sie gar nicht unterstützt werden von den Psychologen. Die Psychologen sind dressiert worden von den Kirchen, die in Anspruch genommen haben alles Wissen über Seele und Geist. Daher hat diese Dressur, die die Psychologen angenommen haben, sie dazu geführt, eigentlich nur den äusseren Apparat als den Menschen zu betrachten und die Seele und den Geist nur noch in Wortklängen, in Phrasen zu haben. Unsere Psychologie ist eigentlich nur eine Sammlung von Worten. Denn was sich die Menschen eigentlich vorstellen sollen bei «Seele» und «Geist», darüber gibt es eigentlich nichts, und so kommt es, dass es den Physikern vorkommt, wenn draussen Licht wirkt, so affiziert es das Auge, das Auge übt eine Gegenwirkung aus oder aber es empfängt einen Eindruck, und das ist ein inneres, subjektives Erleben. Da beginnen dann ganze Knäuel von Unklarheiten. Und in ganz ähnlicher Weise, sagen es die Physiker nach, ist es bei den anderen Sinnesorganen. Wenn Sie heute eine Psychologie durchlesen, so finden Sie darinnen eine Sinneslehre. Von Sinn wird gesprochen, vom allgemeinen Sinn, als ob es so etwas gäbe. Man versuche nur zu studieren das Auge. Es ist etwas ganz anderes als das Ohr. Ich habe Ihnen das gekennzeichnet, das Liegen unter und über dem Niveau. Auge und Ohr sind ganz verschiedenartig innerlich gebildete Organe, und das ist es, worauf in bedeutsamer Weise Rücksicht genommen werden muss.

Bleiben wir hier einmal stehen, überlegen Sie sich das, und morgen wollen wir von diesem Punkte aus über die Schallehre, die Tonlehre sprechen, damit Sie von dort aus wiederum die anderen physikalischen Gebiete erobern können.

Ich möchte Ihnen heute nur noch eines vorführen. Das ist das, was man in gewisser Beziehung das Glanzstück der modernen Physik nennen kann, was in gewisser Beziehung auch ein Glanzstück ist. Sehen Sie, wenn Sie einfach mit dem Finger über eine Fläche streichen, also einen Druck ausüben durch Ihre eigene Anstrengung, so wird die Fläche warm. Sie erzeugen dadurch, dass Sie einen Druck ausgeübt haben, Wärme. Man kann nun dadurch, dass man objektive mechanische

Vorgänge hervorruft, ausgesprochen mechanische Vorgänge, wiederum Wärme erzeugen, und wir haben als eine weitere Grundlage für dasjenige, was wir dann morgen weiter betrachten wollen, diesen Apparat improvisiert. Wenn Sie jetzt sehen würden, wie hoch das Thermometer steht in diesem Apparat, so bekommen Sie heraus am Thermometerstand 16° und etwas. Nun haben wir in diesem Gefässe darinnen Wasser und in diesem Wasserkörper darinnen ein Schwungrad, eine Trommel, die wir in rasche Drehung versetzen, so dass diese eine mechanische Arbeit leistet, im Wasser die Teile ordentlich durcheinanderwirft, das Wasser aufschaufelt, und wir werden nach einiger Zeit das Thermometer wieder anschauen. Sie werden dann sehen, dass es gestiegen ist, dass also durch bloss mechanische Arbeit das Wasser an Wärme zugenommen hat, das heisst, es wird durch mechanische Arbeit Wärme produziert. Das hat man dann verarbeitet, zuerst in rechnungsmässiger Weise, nachdem besonders *Julius Robert Mayer* darauf aufmerksam gemacht hatte. Julius Robert Mayer hat es selbst verarbeitet zu dem sogenannten mechanischen Wärme-Äquivalent. Hätte man es in seinem Sinne ausgebaut, so hätte man damit nichts anderes gesagt, als dass eine bestimmte Zahl der Ausdruck ist für das, was man an der Wärme messen kann durch mechanische Arbeit und umgekehrt. Das aber ist dann in einer übersinnlichen, metaphysischen Weise ausgewertet worden, indem man gesagt hat: Also, wenn ein konstantes Verhältnis besteht zwischen der geleisteten Arbeit und der Wärme, so ist dies einfach umgewandelte Arbeit - umgewandelte! -, während man mit nichts anderem zunächst zu tun hatte als mit dem zahlenmässigen Ausdruck des Zusammenhangs zwischen der mechanischen Arbeit und der Wärme.

I • 08 TON UND SCHWINGUNG

Naturwissenschaft – GA-320 Geisteswissenschaftliche Impulse zur Entwicklung der Physik

Ton und Schwingung. Die Geschwindigkeit als das Reale. Ist der Ton subjektiv? Die Sympathie der Erscheinungen. Die Organisation des Gehörsinnes: Leier des Apoll. Erst mit dem Kehlkopf zusammen wird das Ohr ein Ganzes, dem Auge vergleichbar. Beziehung des Tones zur Luftschwingung.

Achter Vortrag, Stuttgart, 31. Dezember 1919

So wie man heute in der gebräuchlichen physikalischen Darstellung von Schall und Ton redet, so, kann man sagen, ist das eigentlich erst der Fall etwa seit dem fünfzehnten Jahrhundert. Gerade an solchen Beispielen lässt sich am allerbesten das erhärten, was ich im allgemeinen oftmals als eine geisteswissenschaftliche Erkenntnis ausspreche, dass das ganze Denken und Vorstellen der Menschen vor dieser Zeitenwende eben anders war als nach dieser Zeitenwende, und diese Art zu sprechen, sie hat sich eigentlich erst allmählich herausgebildet, wie wir heute über Schall- und Tonerscheinungen schulmässig in der Physik sprechen. Dasjenige, auf das man zuerst aufmerksam geworden ist, das ist die Geschwindigkeit, mit der sich der Schall fortpflanzt. Es ist ja verhältnismässig leicht, wenigstens mit einer gewissen Annäherung zu bekommen, was man als die Schallfortpflanzung auffassen kann. Wenn man in einer grösseren Entfernung eine Kanone losschiesst, so sieht man aus der Ferne aufblitzen die Lichterscheinung und hört später den Knall, gadeso wie man den Donner später hört, als man den Blitz sieht. Wenn man vernachlässigt, dass es eine Lichtgeschwindigkeit gibt, so kann man die Zeit, die verfliesst zwischen der Wahrnehmung des Lichteindruckes und der Wahrnehmung des Schalls, als die Zeit bezeichnen, die der Schall gebraucht hat, um die entsprechende Strecke zu durchmessen. Man kann dann berechnen, wie schnell der Schall fortschreitet in der Luft, sagen wir in einer Sekunde, bekommt also so etwas wie eine Art Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls.

Sehen Sie, das war eines der frühesten Elemente, auf die man aufmerksam geworden ist auf diesem Gebiete. Man ist auch - und zwar war es vor allem *Leonardo da Vinci* - auf das sogenannte Resonieren, das Mitschwingen, aufmerksam geworden, das Sie heute so kennen, dass, wenn Sie in einem Räume eine Saite anschlagen oder so etwas und eine gleichgestimmte Saite oder ein ganz anderer gleichge-

stimmter Gegenstand ist da, so schwingt diese Saite oder dieser andere Gegenstand mit. Besonders studiert worden sind solche Dinge von den Jesuiten, und so hat auch für die Schall- und Tonlehre der Jesuit *Mersenne* im siebzehnten Jahrhundert ausserordentlich viel geleistet. Namentlich hat dieser Jesuit Mersenne viel geleistet in bezug auf die damaligen Studien der sogenannten Tonhöhe. Sie können ja beim Ton ein Dreifaches unterscheiden: Erstens hat der Ton eine gewisse Stärke, zweitens hat der Ton eine gewisse Höhe und dann noch eine bestimmte Klangfärbung. Von allen dreien ist das Wichtigste, das Wesentlichste die Höhe. Nun handelt es sich darum festzustellen, was der Tonhöhe entspricht von dem Gesichtspunkt aus, den man allmählich angenommen hat gerade für die Tonlehre, Ich habe Sie da schon darauf aufmerksam gemacht, dass man sehr leicht feststellen kann, dass zugrunde liegt oder, sagen wir, mitverläuft, wenn wir eine Tonwahrnehmung haben, irgend etwas Schwingendes. Man kann sehr leicht durch die gewöhnlichen Versuche - Sie brauchen sich wiederum nur auf die Schulbank zurückzusetzen - diesen Schwingungscharakter der Luft oder anderer Körper feststellen, wenn man so etwas wie eine Stimmgabel anschlägt und dann - es ist ja nicht nötig, dass wir diese Experimente im einzelnen ausführen - mit diesem darangesetzten Stifte die Linie hier verfolgt. Man wird sehen an dem Abbild, das er hier am Russe verursacht, dass die Stimmgabel in regelmässiger Bewegung ist. Diese regelmässige Bewegung überträgt sich selbstverständlich, auf die Luft, und wir können sagen: Wenn wir irgendeinen tönenden Körper hören, so ist die Luft zwischen ihm und uns in Bewegung. Dieses Inbewegungversetzen der Luft führen wir ja direkt aus in den Vorrichtungen, die wir die Pfeifen nennen. Nun ist man allmählich darauf gekommen, um was für Bewegungen es sich eigentlich handelt. Es handelt sich um sogenannte Longitudinalschwingungen, um Längsschwingungen. Auch dies ist festzustellen, dass es sich in der Luft um Längsschwingungen handelt: Man erregt hier im Metallrohr einen Ton, verbindet dieses Metallrohr mit einem Rohr, das mit Luft ausgefüllt ist, so dass die Bewegungen des Metallrohres sich übertragen. Füllt man nun einen leichtbeweglichen Staub in dieses mit Luft ausgefüllte Rohr, so kann man an der Bewegung der Staubkügelchen feststellen, dass sich der Schall so fortsetzt: Zunächst entsteht eine Luftverdichtung. Diese Luftverdichtung, die wird wiederum, wenn hier der Körper zurückschwingt, zurückschlagen. Dadurch entsteht eine Luftverdünnung. In dem Augenblick, wenn das Metall wiederum hinschlägt, schlägt die ursprüngliche Verdichtung weiter und so wechseln Verdünnungen und Verdichtungen ab. Man kann also direkt experimentell nachweisen, dass es sich da um Verdünnungen und Verdichtungen handelt. Es ist wirklich nicht nötig, dass wir solche Experimente ausführen, weil solche Dinge, ich möchte sagen, auf der Hand liegen. Alles, was aus den Büchern geholt werden kann, möchte ich Ihnen ja hier nicht eigentlich vorbringen. Nun, das Wichtige ist, sehen Sie, dass gerade für solche Zweige der Physik im Beginne der neueren Zeit ausserordentlich viel geleistet worden ist

durch die sozialen Zusammenhänge von Seite der Jesuiten. Da war aber immer das Bestreben vorhanden, nur ja nicht irgendwie die Naturvorgänge geistig zu durchdringen, das Geistige in den Naturvorgängen zu betrachten, sondern das Geistige dem religiösen Leben zu reservieren. Man betrachtete es immer auf jesuitischer Seite als etwas Gefährliches, eine geistgemässe Betrachtungsweise, wie wir den Ausdruck gewohnt sind von *Goethe*, auf die Naturerscheinungen anzuwenden. Die Jesuiten wollten die Natur rein materialistisch betrachten, ja nicht mit dem Geist an die Natur herankommen, und in vieler Beziehung sind gerade die Jesuiten die ersten Pfleger jener materialistischen Anschauungen, die heute besonders herrschend sind. Man denkt nicht daran - geschichtlich weiss man es -, dass eigentlich diese Art zu denken, die man heute in der Physik anwendet, im Grunde genommen ein Produkt dieser katholischen Tendenz ist.

Nun handelt es sich hauptsächlich auch darum, darauf zu kommen, was zugrunde liegt, wenn man verschieden hohe Töne empfindet. Wodurch unterscheiden sich die äusseren Schwingungserscheinungen, die beim Tone auftreten, mit Bezug auf die verschieden hohen Töne? Diese Dinge kann man nachweisen durch solche Experimente wie dasjenige, das wir Ihnen ja vorführen können. Nicht wahr, wir werden diese Scheibe mit den verschiedenen Löchern in rasche Bewegung versetzen, und da wird Herr Stockmeyer so gut sein, nach dieser Scheibe, die sich bewegt, einen Luftstrom hinzuschicken (geschieht). Sie können leicht unterscheiden, wie sich die Tonhöhe unterschieden hat. Wodurch ist der Unterschied entstanden? Er ist dadurch entstanden, dass wir an der inneren Seite der Scheibe die kleinste Anzahl von Löchern haben, 40 Löcher nur. Indem Herr Stockmeyer den Luftstrom hier hingeschickt hat, ist der Luftstrom dann, wenn er auf ein Loch kam, durchgegangen, beim Zwischenraum konnte er nicht durchgehen und so weiter. Durch die Bewegung kam immer das folgende Loch an die Stelle des vorigen, und es entstanden so viele Stösse, als Löcher an den Ort kamen, durch den der Luftstrom ging. Dadurch haben wir hier innen 40 Stösse, im äussersten Kreis haben wir 80 Stösse. Die Stösse bewirken die Wellen, die Schwingungen. Wir haben also in derselben Zeit - denn diese 80 Löcher drehen sich in derselben Zeit herum wie die 40 inneren Löcher - wir haben in derselben Zeit das eine Mal 80 Stösse, 80 Luftschwingungen, das andere Mal 40 Stösse, 40 Luftschwingungen. Der Ton, der entsteht, wenn wir 80 Luftschwingungen haben, ist doppelt so hoch als derjenige, der entsteht, wenn wir 40 Luftschwingungen haben. Durch solche und ähnliche Experimente kann man nachweisen, dass die Tonhöhe zusammenhängt mit der Zahl der Schwingungen, die entstehen in dem Mittel, in dem sich der Ton fortpflanzt.

Nun, wenn Sie zusammenhalten dasjenige, was ich jetzt gesagt habe, dann können Sie ja folgendes sich überlegen. Nehmen Sie dasjenige, was eine Schwingung ist, eine Verdichtung und Verdünnung also, so können wir das als die Wellenlänge

bezeichnen. Wenn nun in einer Sekunde n solche Wellen entstehen von der Länge l , dann schreitet die ganze Wellenbewegung $n \cdot l$ vor, das heisst, der Weg, den die ganze Wellenbewegung in einer Sekunde zurücklegt, ich will ihn v nennen, ist $n \cdot l$. Und hier bitte ich Sie, sich zu erinnern an dasjenige, was ich in den vorhergehenden Betrachtungen angeführt habe. Ich habe Ihnen gesagt: Man muss sorgfältig unterscheiden alles Phoronomische von dem, was nicht bloss durch inneres Vorstellungsleben ersonnen, sondern was äussere Realitäten sind, und ich habe gesagt: Äussere Realitäten können niemals das bloss Zählbare, das Räumliche und die Bewegungen sein. Äussere Realitäten sind aber immer die Geschwindigkeiten. Das ist natürlich nicht anders, wenn wir vom Schall oder Ton sprechen. Das äusserliche Erleben liegt weder im l noch im n ; denn l ist ein bloss Räumliches, n ist bloss eine Zahl; das Reale liegt gerade in der Geschwindigkeit, und wenn ich die Geschwindigkeit, die das Wesen in sich enthält, was ich da als Ton oder Schall bezeichne, in zwei Abstraktionen teile, so bekomme ich in diesen Abstraktionen natürlich keine wirklichen Realitäten, sondern ich bekomme dasjenige, was man herausabstrahiert, abgetrennt, abgeteilt hat. Solches Abgeteilte sind die Wellenlängen, die Raumgrössen und die Zahl n . Will ich auf die Realität des Tones sehen, auf das äusserlich Reale, dann muss ich auf die innere Fähigkeit beim Ton, Geschwindigkeit zu haben, sehen. Das ist das, was zu einer qualitativen Betrachtung des Tones führt, während die Betrachtung, die wir heute in der Physik gewohnt sind, eine quantitative Betrachtung des Tones ist, während sie - gerade beim Ton, bei der Tonlehre, bei der Akustik ist das so auffällig - geradezu immer dasjenige, was äusserlich quantitativ, räumlich, zeitlich, bewegungsmässig und zählbar zu konstatieren ist, einsetzt für das Qualitative, das sich einzig und allein in einer bestimmten Geschwindigkeitsfähigkeit ausdrückt.

Nun merkt man heute gar nicht mehr, wie man im Grunde genommen schon bei der Schallehre ins materialistische Fahrwasser abirrt. Man kann sagen: Die Sache liegt ja eigentlich so auf der Hand, dass ausser uns der Ton als solcher gar nicht vorhanden ist, sondern ausser uns eben die Schwingungen sind. Wie könnte denn irgend etwas, so kann man sagen, klarer sein als dieses: Dass, wenn da ein Luftstrom erzeugt wird, der Verdichtungen und Verdünnungen hervorbringt, und wenn mein Ohr sie hört, dass jenes unbekanntes Etwas in mir, auf das natürlich der Physiker nicht einzugehen braucht - denn das ist nicht Physik -, umgesetzt zu rein subjektiven Erlebnissen die Luftschwingungen, die Schwingungen von Körpern in dasjenige, was das Qualitative des Tones ist. Und Sie werden es in den mannigfaltigsten Varianten finden, dass ausser uns Schwingungen vorhanden sind, in uns die Wirkungen dieser Schwingungen, die aber bloss subjektiv sind. Das ist allmählich den Leuten so in Fleisch und Blut übergegangen, dass das herausgekommen ist, was Sie zitiert finden können aus Robert Hamerlings Werken in meinen «Rätseln der

Philosophie», woraus man ersehen kann, dass der *Robert Hamerlings* indem er die Lehren der Physik aufnimmt, gleich im Anfang sagt: Dasjenige, was man als Knall erlebt, das ist ausser uns nichts anderes als eine Lufterschütterung, und derjenige, der von da ausgehend nicht glauben kann, dass das, was er eigentlich als Sinnesempfindung erlebt, nur in ihm ist, und äusserlich eben schwingende Luft oder schwingender Äther ist, der möge nicht weiterlesen solch ein Buch, wie Robert Hamerling es schreibt. Robert Hamerling sagt sogar, dass, wer da glaubt, dass das Bild vom Pferd, das er gewinnt, wirklich einer äusseren Realität entspricht, der versteht nichts, sondern mag das Buch zuschlagen.

Aber, meine lieben Freunde, solche Dinge müssen schon einmal auf ihre logischen Konsequenzen verfolgt werden. Denken Sie, wenn ich Sie, die Sie hier sitzen, nach dieser physikalischen Denkweise - Denkweise, ich sage nicht Methode - behandeln würde, nach welcher die Physiker gewohnt worden sind, die Schall- und Lichterscheinungen zu behandeln, so würde ja das Folgende entstehen: Sie alle, die Sie hier vor mir sitzen, habe ich ja nur vor mir durch meine Eindrücke. Diese Eindrücke sind dann ganz subjektive, wie die Licht- und Schallempfindungen. Ausser mir sind Sie ja alle nicht vorhanden, so wie ich Sie sehe, sondern nur die Luftschwingungen, die zwischen Ihnen und mir sind, führen mich zu den Schwingungen, die wiederum in Ihnen sind, und ich komme eigentlich dazu, dass all Ihr inneres Seelenhaftes, das ja in Ihnen für Sie durchaus nicht abzuleugnen ist, eigentlich nicht vorhanden ist, sondern für mich wäre dieses innere Seelenhafte von allen, die Sie hier sitzen, bloss die Wirkung auf meine eigene Psyche. Sonst sind da bloss etwas wie Anhäufungen von Schwingungen, die da in den Bänken sitzen. Es ist dieselbe Art des Denkens, wenn Sie dem Lichte und dem Tone ableugnen die Innerlichkeit, die Sie erleben scheinbar subjektiv. Es ist genau so, wie wenn ich Sie hier vor mir habe und dasjenige, was ich vor mir habe, nur als ein Subjektives bei mir betrachte und Ihnen das Erleben dieses Innerlichen ableugne.

Dasjenige, was ich jetzt sage, ist scheinbar so naheliegend und so banal, dass natürlich die Physiker und Physiologen sich nicht zumuten, dass sie solche Banalitätenfehler begehen. Aber sie tun es eben doch. Diese ganze Unterscheidung des subjektiven Eindruckes - dessen, was subjektiv sein soll - von dem objektiven Vorgang, ist nichts anderes. Natürlich, sobald man ehrlich vorgeht und sagt: Ich will als Physiker den Ton überhaupt nicht untersuchen, will gar nicht eingehen auf das Qualitative, sondern will das lassen und will nur die äusserlich-räumlichen - man darf da nicht sagen objektiven - Vorgänge, die sich aber in mich hinein fortsetzen, untersuchen, ich will sie als Abstraktionen abtrennen von der Totalität und lasse mich auf das Qualitative nicht ein, dann ist man allerdings ehrlich, nur darf man dann nicht behaupten, dass dies ein Objektives und das ein Subjektives ist, und auch nicht, dass das eine die Wirkung des andern ist. Denn das, was Sie in Ihrer Seele erleben,

ist nicht, wenn ich es miterlebe, die Wirkung Ihrer Gehirnschwingungen auf mich. Das ist so bedeutsam, dass man so etwas einsieht, wie nur irgend etwas für die neueren Zeitforderungen und Wissenschaftsforderungen der Menschheit bedeutsam sein kann.

Man muss nämlich bei solchen Dingen nicht vermeiden, auf die tieferen Zusammenhänge einzugehen. Sehen Sie, man kann leicht zum Beispiel sagen: Das Schwingungsmässige, das einzig Schwingungsmässige des Schalles und Tones geht ja überhaupt daraus hervor, dass, wenn ich im Raum eine Saite anschlage, eine andere Saite, die auf denselben Ton gestimmt ist, mitklingt. Es beruhe das lediglich darauf, dass Schwingungen sich übertragen in dem Medium, in dem Mittel, in dem sich die Schwingungen fortpflanzen, die dem Tone parallel gehen. Aber dasjenige, was man hier beobachtet, versteht man nicht, wenn man es nicht als Teil einer viel allgemeineren Erscheinung auffasst. Und diese allgemeinere Erscheinung ist die folgende, die ja auch beobachtet worden ist.

Nehmen Sie an, Sie haben in irgendeinem Zimmer eine Pendeluhr, die geht, die Sie in Gang bringen, und Sie haben in dem Zimmer eine - sie muss allerdings dann in einer bestimmten Weise konstruiert sein - andere Pendeluhr, die Sie nicht in Gang bringen, so entdecken Sie zuweilen, wenn die Verhältnisse günstig sind, dass nach und nach diese zweite Pendeluhr von selber anfängt zu gehen. Es ist das, was man die Sympathie der Erscheinungen nennen kann. Diese Sympathie der Erscheinungen kann in breiten Gebieten untersucht werden. Es ist ja die letzte dieser Erscheinungen, die noch etwas zu tun hat mit der äusseren Welt, die letzte dieser Erscheinungen ist die, die viel mehr untersucht werden könnte, als sie gewöhnlich untersucht wird, weil sie tatsächlich überaus häufig vorhanden ist. Sie können es in unzähligen Fällen erleben: Sie sitzen mit einem Menschen an einem Tische und der sagt etwas, was Sie just vorher gedacht haben. Sie haben es gedacht, und er bringt es zum Sagen, nachdem Sie es nicht gesagt haben. Es ist das das sympathische Mitgeschehen der in einer gewissen Weise gestimmten Ereignisse, Ereigniszusammenhänge, was sich hier auf einem sehr geistigen Gebiete geltend macht. Und man wird müssen eine kontinuierliche Reihenfolge der Tatsachen sehen zwischen dem einfachen Mitschwingen einer Saite, das man ja noch nach den groben Vorstellungen ungeistig als das blosse Hineingestelltsein in das äussere materielle Geschehen betrachtet, und demjenigen, was als Parallel-Erscheinungen schon geistiger auftritt, wie in dem Miterleben von Gedanken.

Nun sehen Sie, klare Einsichten in diese Dinge wird man aber gar nicht bekommen können, wenn man nicht den Willen haben wird, sich einzulassen auf die Art und Weise, wie der Mensch selber hineingestellt ist auch in dasjenige, was man die physikalische Natur nennt. Nicht wahr, wir haben vor einigen Tagen das menschl-

che Auge hier gezeigt und ein wenig analysiert. Wir werden heute das menschliche Ohr zeigen. Dieses menschliche Auge hat ja, wie Sie wissen, rückwärts den Glaskörper, von dem wir sagen konnten, dass er noch Vitalität in sich hat, und hier ist die Flüssigkeit zwischen der Linse und der Hornhaut, und wenn wir von aussen nach innen gehen, so wird gewissermassen das Auge immer lebendiger und lebendiger. Es ist aussen mehr physikalisch geartet. Geradeso, wie man das Auge beschreiben kann, so kann man natürlich nun auch das Ohr beschreiben, und man kann in äusserlicher Weise sagen: Wie das Licht den Eindruck auf das Auge macht, indem es das Auge affiziert, oder wie man sonst es nennen will, und der Nerv dann den Reiz empfängt, so üben die Schallschwingungen eine Wirkung aus auf das Ohr, gehen in den Gehörgang hinein, trommeln auf das Trommelfell auf, das den Gehörgang abschliesst. Rückwärts sind auf das Trommelfell aufgesetzt die Gehörknöchelchen, Hammer, Amboss, Steigbügel, nach ihren Formen so genannt. Dasjenige also, jetzt physikalisch gesprochen, was da entsteht und sich äusserlich in der Luft in Form von Verdichtungs- und Verdünnungswellen ausdrückt, das wird übertragen durch dieses also geartete Gehörknöchelchensystem auf dasjenige, was nun hier im Hinterohr liegt. Hier im Hinterohr ist zunächst dasjenige, was hier die sogenannte Schnecke ist, die ausgefüllt ist mit einer Flüssigkeit und in die der Gehörnerv endigt. Vorne sind angesetzt die sogenannten drei halbzirkelförmigen Kanäle, die das Eigentümliche haben, dass ihre Flächen in den drei Richtungen des Raumes aufeinander senkrecht stehen. So kann man sich vorstellen: Der Schall dringt in Form von Luftwellen hier ein. Sein Fortgang wird vermittelt durch die Gehörknöchelchen und gelangt in die Flüssigkeit. Da gelangt er auf die Nerven und da wirkt er auf das empfindende Gehirn. Und man hat dann das Auge als ein Sinnesorgan und das Ohr als das andere Sinnesorgan. Man kann so hübsch diese beiden Dinge nebeneinander betrachten und kann als weitere Abstraktion eine gemeinsame Theorie des Sinnesempfindens physiologisch finden.

Aber wenn Sie das, was ich eben gesagt habe von dem Zusammenwirken des ganzen Rhythmus des auf- und absteigenden Gehirnwassers mit dem, was äusserlich in der Luft vor sich geht, wenn Sie das nehmen, so wird Ihnen die Sache schon nicht mehr so einfach erscheinen. Denn Sie werden sich erinnern, dass ich gesagt habe, man muss nicht etwa meinen, was man äusserlich so wie abgeschlossen sieht, sei eine fertige Realität. Es braucht keine fertige Realität zu sein. Die Rose, die ich abresse vom Rosenstock, ist keine Realität, denn sie kann nicht so für sich bestehen, sie kann nur ein Dasein erlangen durch ihren Zusammenhang mit dem Rosenstock. Sie ist in Wahrheit eine Abstraktion, wenn ich über sie als blosser Rose nachdenke. Ich muss zu der Totalität vorschreiten, zum ganzen Rosenstock mindestens. So ist beim Hören das Ohr überhaupt keine Realität, das Ohr, das man gewöhnlich vorführt. Denn dasjenige, was da von aussen durch das Ohr sich fort-

pflanzt nach dem Inneren, das muss erst gewissermassen eine Wechselwirkung eingehen mit demjenigen, was als innerer Rhythmus abläuft und sich zeigt in dem Auf- und Absteigen des Gehirnwassers, so dass wir fortsetzen dasjenige, was im Ohr geschieht, zu demjenigen, was innerhalb dieser rhythmischen Bewegungen des Gehirnwassers geschieht. Aber da sind wir immer noch nicht fertig. Denn dasjenige, was als Rhythmus verläuft und das Gehirn gewissermassen in seinen Wirkungsbe- reich einbezieht, das liegt menschlich wesenhaft wiederum zugrunde demjenigen, was auf einer ganz anderen Seite unseres Organismus zum Vorschein kommt durch den Kehlkopf und seine Nachbarorgane beim Sprechen. Sie können ebensogut Ihr aktives Sprechen, das ja einfach seinen Werkzeugen nach eingeschaltet ist in den Atmungsprozess, der auch zugrunde liegt diesem rhythmischen Prozess des auf- und absteigenden Gehirnwassers, Sie können einfach Ihren Sprechprozess auf der einen Seite einschalten in alles das, was als Rhythmus entsteht in Ihnen beim At- men, und das Hören können Sie auf der anderen Seite einschalten, und Sie haben ein Ganzes, das nur auf der einen Seite mehr intellektiv im Hören, auf der anderen Seite mehr willensmässig zum Vorschein kommt. Sie haben nur ein Ganzes, wenn Sie zusammennehmen das Willensmässige, das durch den Kehlkopf pulsiert, und das mehr Intellektiv-Sensuelle, das durch das Ohr geht. Das gehört zusammen, das muss man als etwas durchschauen, was einfach ein Tatbestand ist. Denn das Her- auslösen des Ohres auf der einen Seite und des Kehlkopfes auf der anderen ist nur eine Abstrahierung, da kommt man nie auf eine Ganzheit, wenn man diese Dinge, die zusammengehören, voneinander abtrennt. Derjenige, der als physiologischer Physiker und als physikalischer Physiologe das Ohr und den Kehlkopf, jedes ein- zeln, betrachtet, der verfährt in bezug auf seinen Forschungsprozess genau so, wie wenn Sie, um einen Menschen besser zum Leben zu bringen, ihn zerschneiden, statt die Dinge in lebendiger Wechselwirkung zu betrachten.

Wenn man dann richtig erfasst hat, um was es sich da eigentlich handelt, ja, dann kommt man eben auf etwas anderes, auf das Folgende : Wenn man beobachtet al- les das, was hier noch vorhanden ist im Auge, wenn ich weggenommen habe den Glaskörper, weggenommen haben würde aber auch alles dasjenige oder einen Teil dessen, was sich hier ausbreitet als Netzhaut, wenn ich das auch noch heraus- schieben könnte, so würde etwas bleiben: Der Ziliarmuskel, die Linse, die äussere Flüssigkeit hier würden bleiben. Und was wäre dann das für ein Organ? Das wäre ein Organ, das ich niemals vergleichen dürfte, wenn ich real vorgehe, mit dem Ohr, sondern das ich immer vergleichen müsste mit dem Kehlkopf. Das ist nicht eine Me- tamorphose des Ohres, das ist richtig eine Metamorphose des Kehlkopfes. Gerade- so wie die Kehlkopfmuskeln - um Ihnen nur das Gröbste anzudeuten - die Stimm- bänder ergreifen und eine weitere oder engere Spalte machen, so machen es hier die Ziliarmuskeln. Sie ergreifen die Linse, die innerlich beweglich ist. Ich habe her-

ausgeschält dasjenige, was gewissermassen für das Ätherische Kehlkopfmässig ist, so wie für die Luft kehlkopfmässig unser Kehlkopf ist. Und wenn ich wieder einsetze zuerst die Netzhaut und dann den Glaskörper - und für gewisse Tiere müsste ich jetzt hineinsetzen gewisse Organe wie den Fächer, der für den Menschen nur ätherisch vorhanden ist, oder den Schwertfortsatz; bei gewissen niederen Tieren sind diese wie Blutorgane hineinverlängert -, wenn ich das alles nehme, so darf ich das allein mit dem Ohr vergleichen. Solche Dinge, wie diese sich ausbreitenden Teile des Fächers, darf ich vergleichen mit demjenigen, was sich im Ohr ausbreitet im Labyrinth und so weiter. Und ich habe also in dem menschlichen Organismus auf der einen Stufe das Auge, das da innerlich ein metamorphosiertes Ohr ist, äusserlich umschlossen wird von einem metamorphosierten Kehlkopf. Nehmen wir andererseits als ein Ganzes Kehlkopf und Ohr zusammen, dann haben wir auf einer anderen Stufe ein metamorphosiertes Auge.

Ich habe Ihnen angedeutet etwas, was auf einen sehr wichtigen Weg führt. Denn man kann einfach über diese Dinge gar nichts wissen, wenn man sie in ganz falscher Weise miteinander vergleicht, wenn man einfach Auge und Ohr nebeneinander stellt, während ich mit dem Ohr nur vergleichen darf dasjenige, was hinter der Linse im Auge liegt, was mehr vitalistisch im Innern ist, während ich vergleichen muss dasjenige, was sich da vorschiebt und mehr muskelmässig ist, mit dem menschlichen Kehlkopf. Das macht natürlich das Schwierige der Metamorphosenlehre, dass man nicht in grober Weise die Metamorphosen aufsuchen kann, sondern dass man auf das innerliche Dynamische, Reale, Wirkliche, eingehen muss. Wenn das aber so ist, so zwingt das dazu, nun nicht einfach dasjenige, was bei den Ton- und Schallerscheinungen vorgeht, so ohne weiteres zu parallelisieren mit den Lichterscheinungen. Wenn man schon von der falschen Voraussetzung ausgeht: Das Auge ist ein Sinnesorgan und das Ohr ist ein Sinnesorgan, - dann wird man das, was aus dieser Beziehung hervorgeht, ganz falsch betrachten. Wenn ich sehe, so ist das etwas ganz anderes, als wenn ich höre. Wenn ich sehe, so geschieht im Auge dasselbe, wie wenn ich höre und zu gleicher Zeit spreche. Auf einem höheren Gebiete begleitet eine Tätigkeit, die ich nur mit dem Sprechen vergleichen kann, die eigentlich rezeptive, die aufnehmende Tätigkeit beim Auge. Überhaupt ist erst dann auf diesem Gebiete etwas zu erzielen, wenn man sich bemüht, die Realitäten eben zu erfassen. Denn wenn man gewahr wird, dass hier im Auge zweierlei vereinigt ist, was sonst beim Hören, beim Schall, auf scheinbar ganz verschiedene Körperorgane verlegt ist, dann wird man sich klar darüber, dass beim Sehen, beim Auge, so etwas vorhanden ist wie eine Art Verständigung mit sich selbst. Das Auge verfährt immer so, wie Sie verfahren, wenn Sie etwas hören, aber es erst, um es zu verstehen, nachsprechen. Die Tätigkeit des Auges ist wirklich so, wie wenn Sie zuhören, aber jetzt noch nicht das Richtige haben würden. Wenn der andere sagt: «Er schreibt»,

sind Sie noch nicht klar. «Er schreibt», sagen Sie nach. Dann erst ist die ganze Sache vollzogen. So ist es beim Auge mit den Lichterscheinungen. Das, was durch die eigentümlichen Zusammenhänge in unser Bewusstsein eintritt, dass wir den vitalen Teil des Auges haben, das wird erst zum vollen Erlebnis des Gesichtes dadurch, dass wir es wiedergeben in demjenigen Teil des Auges, der dem Kehlkopf entspricht und der vorne liegt. Wir reden da ätherisch mit uns selbst, indem wir sehen. Es ist ein Selbstgespräch, das das Auge ausführt. Daher kann man gar nicht dasjenige, was das Ergebnis eines Selbstgespräches ist, wo also schon darinnen ist die eigene Aktivität des Menschen, mit demjenigen vergleichen, was nur ein Moment, ein Teil ist, mit dem blossen Hören. Ich glaube, Sie werden durch diese Betrachtung, wenn Sie sie vollständig bei sich selbst durcharbeiten, ausserordentlich viel gewinnen können. Denn Sie sehen daraus, wie sehr die materialistische physikalische Weltbetrachtung abirrt ins absolut Unreale, indem sie Dinge vergleicht, die eben gar nicht miteinander unmittelbar zu vergleichen sind, wie Ohr und Auge, und gerade durch diese rein äusserliche Betrachtungsweise, die nicht auf die realen Totalitäten sieht, kommt man eigentlich ab von einer geistigen Betrachtung der Natur. Bedenken Sie nur, wie sehr die Goethesche Farbenlehre zum Schluss, im sinnlich-sittlichen Teil, logisch das Geistige herausentwickelt aus dem Physikalischen. Und das können Sie niemals, wenn Sie die heutige physikalische Farbenlehre zugrunde legen. Nun entsteht allerdings jenes Bedenken, das gegenüber dem Schall und dem Ton sich herausbildet, dass man da ja gewissermassen es auf der flachen Hand Hegend hat, dass, wie man sagt, äusserlich nur Schwingungen vor sich gehen. Aber Sie müssen sich ja doch die Frage aufwerfen - und ich bitte bei sich selbst zu entscheiden, ob diese Frage, indem sie ordentlich aufgeworfen wird, nicht schon in gewisser Weise beantwortet ist -, ob dann nicht auch folgendes vorliegen könnte. Sehen Sie, wenn Sie hier einen Ballon haben und dieser Ballon mit Luft gefüllt ist, so wird, wenn Sie auch im Ballon ein Loch haben und dieses Loch durch einen Hahn aufschliessen können, nichts geschehen, solange die Luft im Innern dieselbe Dichtigkeit hat wie im Äusseren, wenn Sie auch das Loch aufmachen. Wenn Sie aber diesen Ballon luftleer haben, so wird schon etwas geschehen: Es pfeift hier die äussere Luft hinein, füllt den luftleeren Raum aus. Werden Sie in diesem Falle etwa sagen, dass die Luft, die da später drinnen ist, nur entstanden ist durch dasjenige, was da drinnen vorgegangen ist? Nein, Sie werden doch natürlich sagen: Die Luft ist von aussen eingedrungen, aber der leere Raum hat gewissermassen, rein der Anschauung nach erfasst, die äussere Luft eingesogen. - Indem wir hier zur Drehung bringen die Scheibe, dann hier durchpfeifen, erzeugen wir einfach Bedingungen, wodurch sich etwas herausstellt, das wir bezeichnen müssen als ein Saugen. Dasjenige, was da später als Ton auftritt, wenn ich die Sirene in Bewegung versetze und die Luft in Schwingungen versetze, ja, das ist vorhanden nur jenseits des Raumes, ist noch nicht im Räume drinnen. Es sind nicht die Bedingungen da, dass es in

den Raum hereinkommt, solange ich diese Bedingungen nicht herstelle, geradeso, wie für diese äussere Luft die Bedingungen nicht da sind, dass sie hier eindringe, solange ich sie nicht herstelle. Dasjenige, was die äusseren Luftschwingungen sind, kann ich lediglich vergleichen hier mit dem luftleeren Raum, und dasjenige, was dann hörbar wird, kann ich lediglich vergleichen mit etwas, was aus dem Raum ausen in den luftleeren Raum hereindringt dadurch, dass die Bedingungen geschaffen werden. Aber innerlich wesenhaft hat dasjenige, was die Luftschwingungen sind, nichts zu tun mit dem Tone, nur dass, wo diese Luftschwingungen sind, ein Saugprozess entsteht, um den Ton hereinzuholen. Selbstverständlich wird durch die Art der Luftschwingungen dasjenige modifiziert, was als Ton hereingeholt wird, aber das würde auch modifiziert werden hier in dem luftleeren Raum, wenn ich hier Gänge machen würde und sich die Luft in bestimmten Wegen ausdehnen würde. Dann würden die Linien, in denen sich die Luft ausdehnt, in ihrem Abbild vorhanden sein. So sind äusserlich abgebildet die Tonvorgänge in demjenigen, was als Schwingungsvorgänge vorliegt.

Ja, sehen Sie, so leicht, als durch einige mathematische Vorstellungen, die man über Schwingungsvorgänge hat, ist ja das nicht vorzustellen, was hier einer wirklichen Physik zugrunde liegend angeführt wird. Es macht mehr Ansprüche an das Qualitative im menschlichen Denken. Aber ohne dass man diese genügend erfüllt, wird man nur jenes Gebilde erzeugen als physikalisches Weltbild, das sich zu der Wirklichkeit so verhält - jenes physikalische Weltbild, das heute angebetet wird -, wie ein Mensch aus Papiermache sich zu einem lebendigen Menschen verhält. Bedenken Sie das noch einmal, dann am nächsten Freitag weiter.

I • 09 ERSCHEINUNGEN DER ELEKTRIZITÄT

Naturwissenschaft – GA-320 Geisteswissenschaftliche Impulse zur Entwicklung der Physik

Erscheinungen der Elektrizität. Streben des 19. Jahrhunderts nach einem abstrakten Gleichen in den verschiedenen Naturkräften. Hertz'sche Wellen als Krönung davon. Das revolutionierende Phänomen der Kathodenstrahlen. Ihre Modifikation: Röntgenstrahlen, α -, β -, γ -Strahlen. Wachen und Schlafen, Denken und Wille, Licht und Elektrizität. In Elektrizität und Magnetismus studiert man die Materie konkret.

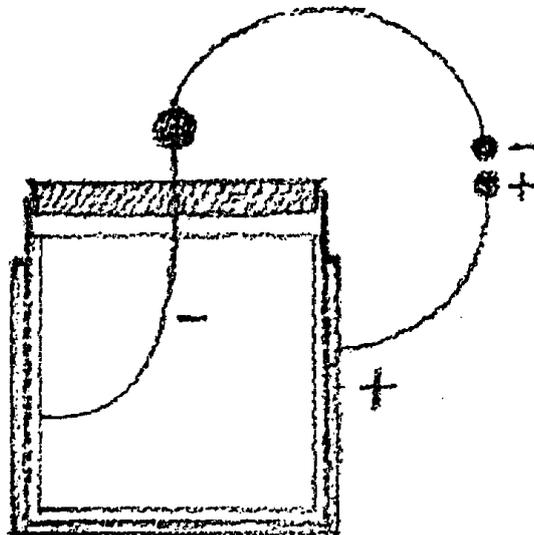
Neunter Vortrag, Stuttgart, 2. Januar 1920

Es ist mir ja ausserordentlich leid, dass diese Auseinandersetzungen gar so sehr improvisiert sind und aphoristisch bleiben müssen, allein es geht eben nicht anders, als Ihnen in diesen Tagen eine Anzahl von Gesichtspunkten zu geben und dann, wenn ich in einiger Zeit wiederum hier sein werde, die Sache fortzusetzen, so dass Sie dann irgend etwas Abgerundetes mit der Zeit aus diesen Auseinandersetzungen werden bekommen können. Ich muss aber, um Ihnen die paar Gesichtspunkte, die ich Ihnen abschliessend morgen entwickeln werde und die wiederum möglich machen, dass wir einige Lichter hinwerfen auf die pädagogische Verwertung der naturwissenschaftlichen Erkenntnisse, ich muss heute Ihren Blick lenken auf die Entwicklung der elektrischen Erscheinungen, der Erscheinungen der Elektrizität, und ich werde anknüpfen an Dinge, die Ihnen eigentlich von der Schulbank her geläufig sind, weil wir eben von da ausgehend dann morgen das Gesamtgebiet der Physik überschauend charakterisieren wollen.

Nicht wahr, die elementaren Dinge der Elektrizitätslehre kennen Sie. Sie wissen, dass es das gibt, was man die Reibungselektrizität nennt, dass man eine Glasstange zum Entfalten einer Kraft bringt, indem man sie mit irgendeinem Reibzeug, wie man es nennt, reibt, oder auch eine Harzstange, dass dadurch die Glasstange oder Harzstange, wie man sagt, elektrisch wird, das heisst kleine Körper, Papierschnitzelchen, anzieht. Sie wissen auch, dass die Beobachtung der Erscheinungen allmählich ergeben hat, dass in ihrer Entfaltung verschieden sind die beiden Kräfte, die ausgehen im einen Fall von der geriebenen Glasstange, im anderen Fall von der geriebenen Harzstange oder der Siegellackstange : Wenn die Stange veranlasst worden ist, Papierschnitzelchen anzuziehen, so wird dasjenige, was von der Glasstange in einer bestimmten Weise, wie man sagt, elektrisch durchtränkt wird, in

der entgegengesetzten Weise von der Harzstangen-Elektrizität elektrisch durchtränkt, und man unterscheidet daher, indem man sich mehr an das Qualitative anschliesst, Glaselektrizität und Harzelektrizität, oder, indem man das bloss mehr allgemein ausdrückt, positive Elektrizität und negative Elektrizität. Die Glaselektrizität würde die positive, die Harzelektrizität die negative sein.

Nun ist das Eigentümliche, dass positive Elektrizität negative Elektrizität immer in gewisser Weise herbeizieht. Sie können diese Erscheinung an der sogenannten Leidener Flasche ersehen, also jenem Gefäss, das aussen mit einem elektrisierbaren Belag versehen ist, das hier dann isoliert ist, das dann im Innern mit einem anderen Belag versehen ist, der sich fortsetzt in eine Metallstange mit einem Metallknopf. Wenn man nun eine Metallstange elektrisch gemacht hat und diese



Elektrizität mitteilt - was man kann - dem äusseren Belag, so wird der äussere Belag zum Beispiel positiv elektrisch, erzeugt die Erscheinungen der positiven Elektrizität. Dadurch aber wird der innere Belag negativ elektrisch. Und wir können, wie Sie wissen, dann, indem wir verbinden den Belag, der mit positiver Elektrizität angefüllt ist, und den Belag, der mit negativer Elektrizität angefüllt ist, es zu einer Verbindung der positiv elektrischen und negativ elektrischen Kraft bringen, wenn wir sie in eine solche Lage versetzen, dass die eine Elektrizität sich bis hierher fortsetzen kann und gegenübersteht der anderen. Sie stehen sich mit einer gewissen Spannung gegenüber und fordern ihren Ausgleich. Es springt der Funke von dem einen Belag auf den andern über. Wir sehen also, dass Elektrizitätskräfte, die sich so gegenüberstellen, eine gewisse Spannung haben und zum Ausgleich streben. Der Versuch wird vor Ihnen oftmals gemacht worden sein.

Sie sehen hier die Leidener Flasche. Aber wir brauchen noch eine Gabel. Ich will einmal hier laden. Es ist noch zu schwach. Ein bisschen stossen sich die Plättchen ab. Es würde also, wenn wir hier genügend laden würden, die positive Elektrizität die negative hervorrufen, und wir würden, wenn wir beide einander gegenüberstehend hätten, durch eine Entladungsgabel den Funken zum Überspringen bringen. Sie wissen aber auch, dass diese Art, elektrisch zu werden, mit dem Ausdruck Reibungselektrizität bezeichnet wird, weil man es zu tun hat eben mit der durch Reibung hervorgegangenen, irgendwie gearteten Kraft - so möchte ich vorläufig sagen.

Nun wurde, wie ich Ihnen auch nur zu wiederholen brauche, eigentlich erst um die Wende des achtzehnten und neunzehnten Jahrhunderts zu dieser Reibungselektrizität hinzugefunden, entdeckt dasjenige, was man Berührungselektrizität nennt. Und damit wurde für die moderne Physik ein Gebiet eröffnet, das sich gerade ausserordentlich fruchtbar erwiesen hat für die materialistische Ausgestaltung der Physik. Ich brauche Sie auch da nur an das Prinzip zu erinnern. *Galvani* beobachtete einen Froschschenkel, der in Verbindung war mit Metallplatten und der in Zuckungen geriet, und hatte damit eigentlich, man möchte sagen, etwas ausserordentlich Bedeutsames gefunden, hatte zwei Dinge zugleich gefunden, die nur voneinander abgetrennt werden mussten und die heute noch nicht ganz sachgemäss voneinander abgetrennt sind zum Unheil der naturwissenschaftlichen Betrachtungen. *Galvani* hatte dasjenige gefunden, was wenig später *Volta* eben als die eigentliche Berührungselektrizität bezeichnen konnte. Er hatte die Tatsache gefunden, dass, wenn zwei verschiedene Metalle sich so berühren, dass ihre Berührung vermittelt wird durch entsprechende Flüssigkeiten, so entsteht eine Wechselwirkung, die in Form einer elektrischen Strömung von dem einen Metall zu dem andern sich äussern kann. Damit haben wir die elektrische Strömung, die verläuft rein auf dem Gebiete des unorganischen Lebens scheinbar, wir haben aber, indem wir hinblicken auf dasjenige, was *Galvani* eigentlich blosslegte, auch noch das, was man gewissermassen als physiologische Elektrizität bezeichnen kann, einen Kraftspannungszustand, der eigentlich immer besteht zwischen Muskel und Nerv und der geweckt werden kann, wenn elektrische Ströme durch Muskel und Nerv hindurchgeführt werden. So dass in der Tat dasjenige, was *Galvani* damals gesehen hat, zweierlei enthielt: Dasjenige, das man einfach auf unorganischem Gebiet nachbilden kann, indem man Metalle durch Vermittlung von Flüssigkeiten zur Ausbildung der elektrischen Ströme bringt, und dasjenige, was in jedem Organismus ist, bei gewissen elektrischen Fischen und anderen Tieren besonders hervortritt als Spannungszustand zwischen Muskel und Nerv, der sich für den äusseren Anblick ähnlich ausnimmt in seinem Ausgleich wie strömende Elektrizität und ihre Wirkungen. Damit war aber alles dasjenige gefunden, was dann zu gewaltigen wissenschaftlichen Erkenntnisfortschritten auf materia-

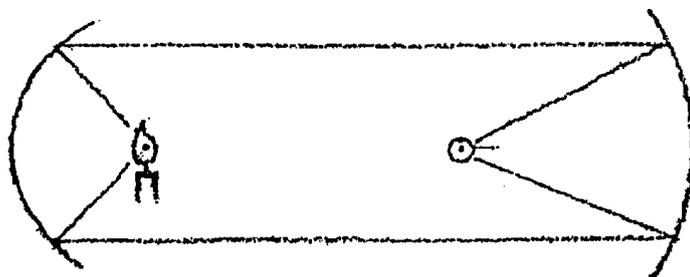
listischem Gebiete einerseits geführt hat, was auf der anderen Seite so gewaltige, epochemachende Grundlagen für die Technik ergeben hat.

Nun handelt es sich darum, dass ja das neunzehnte Jahrhundert hauptsächlich angefüllt war von der Anschauung, man müsse etwas herausfinden, was als ein abstrakt Einheitliches allen Naturkräften - wie man sie nennt - zugrunde liegt. In dieser Richtung hatte man ja auch dasjenige, wovon ich Ihnen schon gesprochen habe, ausgedeutet, was in den vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts *Julius Robert Mayer*, der bekannte geniale Heilbronner Arzt, zutage gefördert hat. Wir haben vorgeführt, was von ihm zutage gefördert worden ist: Wir haben mechanische Kraft entwickelt, indem wir ein Schwungrad in Drehung gebracht haben, das Wasser in innere mechanische Tätigkeit versetzt haben. Dadurch aber ist das Wasser wärmer geworden. Die Erwärmung konnten wir nachweisen, und man kann sagen, dass diese Entwicklung der Wärme eine Wirkung ist der mechanischen Leistung, der mechanischen Arbeit, die da war. Diese Dinge hat man so ausgedeutet, dass man sie auf die verschiedensten Naturerscheinungen angewendet hat, was man ja auch in gewissen Grenzen leicht konnte. Man konnte die Entfaltung von chemischen Kräften bewirken, konnte sehen, wie auch aus der Entfaltung von chemischen Kräften Wärme sich bildet, man konnte umgekehrt Wärme gebrauchen, wie es ja in der Dampfmaschine geschieht im umfassendsten Sinne, um mechanische Arbeit hervorzurufen. Man hat den Blick insbesondere gerichtet auf diese sogenannte Umwandlung der Naturkräfte, und man war dazu veranlasst durch dasjenige, was man immer weiter ausgebildet hat, was bei Julius Robert Mayer seinen Anfang genommen hat, dass man zahlenmässig berechnen kann, wieviel Wärme notwendig ist, um eine bestimmte, messbare Arbeit hervorzubringen, und umgekehrt, wieviel mechanische Arbeit notwendig ist, um ein bestimmtes, messbares Wärmequantum hervorzubringen. Man stellte sich vor, obwohl zunächst nicht Veranlassung dazu vorhanden ist, dass sich einfach verwandele Arbeit, die man verrichtet hat, indem man die Schaufelscheiben im Wasser in Drehung versetzt hat, dass sich diese mechanische Arbeit in Wärme umgewandelt habe. Man nahm an, dass sich, wenn wir Wärme anwenden in der Dampfmaschine, diese Wärme umwandelt in dasjenige, was dann als mechanische Leistung auftritt. Diese Richtung des Denkens nahm das physikalische Nachsinnen im neunzehnten Jahrhundert an, und daher war es bestrebt, Verwandtschaft zu finden zwischen den verschiedenen sogenannten Naturkräften, Verwandtschaften, die zeigen sollten, dass wirklich irgend etwas abstrakt Gleiches in all diesen verschiedenen Naturkräften eigentlich steckt.

Eine gewisse Krönung hat dieses Bestreben gefunden, als am Ende des neunzehnten oder gegen das Ende des neunzehnten Jahrhunderts mit einer gewissen Genialität der Physiker *Hertz* die sogenannten elektrischen Wellen gefunden hat - also auch hier Wellen -, welche eine gewisse Berechtigung gaben, dasjenige, was

als Elektrizität sich ausbreitet, in Verwandtschaft zu denken mit demjenigen, was als Licht sich ausbreitet, das man ja auch als eine wellenförmige Bewegung des Äthers sich dachte. Dass dasjenige, was man als Elektrizität anzusprechen hatte, namentlich in der Form der strömenden Elektrizität, nicht so einfach mit den primitiven mechanischen Grundbegriffen zu erfassen ist, sondern eigentlich notwendig macht, ein wenig schon den Ausblick der Physik auf das Qualitative zu erweitern, das hätte schon zeigen können das Vorhandensein dessen, was man Induktionsströme nennt, wo dadurch, dass - ich will das hier nur roh andeuten - ein elektrischer Strom im Draht sich bewegt, ein in der Nähe befindlicher Strom entsteht einfach dadurch, dass der eine Draht in der Nachbarschaft des anderen ist. Es geschehen also Wirkungen der Elektrizität durch den Raum durch - so könnte man etwa sagen.

Nun war es Hertz gelungen, auf das ganz Interessante zu kommen, dass in der Tat die Ausbreitung der elektrischen Agenzien etwas Verwandtes hat mit allem, was sich wellenförmig ausbreitet oder so gedacht werden kann. So hatte Hertz gefunden, dass, wenn man etwa einen elektrischen Funken erzeugt auf dieselbe Weise, wie er hier erzeugt wird, das heisst die Spannung zur Entwicklung bringt, so würde man das Folgende erreichen können: Nehmen Sie an, hier hätten wir diesen überspringenden Funken. Wir würden immer die Möglichkeit haben, an einem entsprechenden Ort, irgendwo anders, zwei solche - man könnte sie kleine Induktoren nennen - einander gegenüberzustellen. Sie müssen nur an einem bestimmten Orte sich gegenübergestellt werden. Es würde in einiger entsprechender Entfernung entstehen können ein Überspringen auch hier, was ja keine andere Erscheinung wäre als eine solche, die ähnlich ist derjenigen, wo meinetwillen hier eine Lichtquelle ist, hier ein Spiegel, der den Lichtkegel reflektiert, durch einen anderen Spiegel hier sammelt und wo hier das Bild dann erscheint. Man kann sprechen von einer Ausbreitung des Lichtes und von einer Wirkung,



die in der Entfernung sich vollzieht. So konnte auch Hertz sprechen von einer Ausbreitung der Elektrizität, deren Wirkung in entsprechender Entfernung wahrnehmbar ist, und hatte damit nach seiner und anderer Auffassung das zustande gebracht, was ein Beweis wäre dafür, dass wirklich durch die Elektrizität sich etwas verbreitet,

was einer wellenförmigen Bewegung entspricht so, wie man sich überhaupt wellenförmige Bewegungen in ihrer Ausbreitung denkt. Wie also das Licht durch den Raum sich verbreitet und zur Wirkung gelangt in Entfernungen, wenn es auf andere Körper auftrifft und gewissermassen da entfaltet werden kann, so können auch die elektrischen Wellen sich ausbreiten und in der Entfernung wieder entfalten. Das liegt dann zugrunde der sogenannten drahtlosen Telegraphie, wie Sie wissen, und man hat es also mit einer gewissen Erfüllung der Lieblingsidee der Physiker des neunzehnten Jahrhunderts zu tun, dass man, was man beim Schall sich vorstellt als Wellenzüge und beim Licht sich vorstellt als Wellenzüge, was man begonnen hat, weil die Wärmeerscheinungen ähnliche Erscheinungen aufweisen, bei der sich verbreitenden Wärme als Wellenbewegung sich vorzustellen, dass man das auch bei der Elektrizität sich vorstellen konnte, bei der man sich nur recht lange Wellen vorzustellen hat. Es war gewissermassen damit etwas geliefert, was wie unwiderleglich bewies, dass die Denkweise der Physik im neunzehnten Jahrhundert voll begründet ist.

Und dennoch, es ist mit den Hertzschen Versuchen etwas gegeben, was darauf hinweist, dass mit ihnen eigentlich ein Abschluss des Alten sich vollzogen hat. Sehen Sie, alles dasjenige, was sich in gewissen Gebieten vollzieht, das kann ja doch eigentlich nur innerhalb dieser gewissen Gebiete auch entsprechend beurteilt werden. Wenn wir jetzt Revolutionen erlebt haben, so erscheinen uns diese als gewaltige Erschütterungen des sozialen Lebens, weil wir eben auf ihre Gebiete besonders hinschauen. Derjenige, der auf das hinschaut, was mit den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts und mit den anderthalb Jahrzehnten dieses Jahrhunderts geschehen ist auf dem Gebiet der Physik, der muss sagen, dass sich da eigentlich eine Revolution vollzogen hat, die in ihrem Gebiete viel stärker ist als auf dem ihrigen die äussere Revolution. Denn man braucht nicht mehr und nicht weniger zu sagen, als dass man auf physikalischem Gebiete in einer vollständigen Auflösung der alten physikalischen Begriffe im Grunde genommen darinnensteckt und dass sich die Physiker nur noch wehren, diese Auflösung wirklich zuzugeben. Während dasjenige, was Hertz zutage gefördert hat, durchaus die Abendröte des Alten noch ist, weil es eigentlich dazu geführt hat, die alte Wellentheorie zu erhärten, ist dasjenige, was später gekommen ist, was auch schon zu Hertzens Zeit vorhanden war, gewissermassen schon vorbereitend da war, das ist von revolutionierender Bedeutung für die Physik geworden. Und das besteht darinnen, dass man den elektrischen Strom, der erzeugt und weitergeleitet werden kann, nun leitet durch Röhren, in denen die Luft ausgepumpt ist bis zu einem gewissen Grade, so dass man also den elektrischen Strom leitet durch eine Luft, die ausserordentlich stark verdünnt ist. Sie sehen hier den Spannungszustand einfach dadurch hervorgerufen, dass die Enden, an denen sich die Elektrizität entladen kann, so weit auseinandergeschoben sind, wie hier die

Röhrenlänge ist, so dass dasjenige, was man eine Spitze nennen kann, durch die sich die positive Elektrizität entlädt, der positive Pol, auf der einen Seite ist und der negative Pol auf der anderen Seite. Zwischen diesen beiden Spitzen entlädt sich die Elektrizität, und die farbige Linie, die Sie hier sehen, ist der Weg, den die Elektrizität nimmt. So dass man sagen kann: Dasjenige, was sonst durch die Drähte geht, das nimmt, indem es sich durch die verdünnte Luft fortpflanzt, diese Form an, die Sie hier sehen. Das ist bei stärker verdünnter Luft noch stärker. Sie sehen schon hier, dass gewissermassen eine Art Bewegung stattfindet von der einen und anderen Seite her, wie sich die Erscheinung wesentlich modifiziert. So haben wir also die Möglichkeit, dasjenige, was durch den Draht als Elektrizität strömt, auf einem Teil seines Weges gewissermassen so zu behandeln, dass es in Wechselwirkung mit anderem etwas zeigt von seiner inneren Wesenheit. Es zeigt sich, wie es ist, indem es sich nicht durch den Draht verbergen kann. Beobachten Sie das grüne Licht an dem Glas! Das ist fluoreszierendes Licht.

Es tut mir leid, dass ich die Sachen nicht genauer besprechen kann, aber ich würde nicht erreichen, was ich erreichen möchte, wenn ich nicht so skizzenhaft spräche.

Sie sehen, was da durchgeht, in einem sehr zerstoßenen Zustand in der stark verdünnten Luft der Röhre. Nun, die Erscheinungen, die sich so in luft- oder gasverdünnten Röhren zeigten, die brauchen nur studiert zu werden - die mannigfachsten Persönlichkeiten haben sich an diesem Studium beteiligt, unter anderen hat sich daran beteiligt *Crookes*. Es handelt sich darum, zu verfolgen, wie sich die Erscheinungen in der Röhre eigentlich verhalten, und mit den Erscheinungen, die sich in der Röhre ergeben, Versuche zu machen. Nun, gewisse Versuche, die zum Beispiel auch *Crookes* gemacht hat, die bezeugten, dass dasjenige, was da, ich möchte sagen, als innerer Charakter der Elektrizität sich zeigt, wo wir sie blossgelegt haben, nicht zu tun haben kann mit irgend etwas, was sich so fortpflanzt, wie man sich vorstellen wollte, dass sich das Licht durch Wellenbewegungen des Äthers fortpflanzt. Denn dasjenige, was da hinschiesst durch die Röhre, das hat merkwürdige Eigenschaften, Eigenschaften, die stark erinnern an die Eigenschaften desjenigen, was einfach Materielles ist. Wenn Sie einen Magneten haben oder einen Elektromagneten - ich muss da appellieren an dasjenige, was Sie schon wissen, es kann heute nicht alles besprochen werden -, so können Sie Materielles anziehen durch den Magneten. Dieselbe Eigenschaft, angezogen werden zu können durch den Magneten, die hat auch dieser Lichtkörper, der da durchgeht, diese modifizierte Elektrizität. Sie verhält sich ganz so zu einem Magneten, wie sich Materie zum Magneten verhält. Das magnetische Feld modifiziert dasjenige, was da durchschießt.

Solche und ähnliche Versuche haben Crookes und andere Personen dazu geführt, sich vorzustellen, dass da drinnen nicht das ist, was man im alten Sinne eine fortschreitende Wellenbewegung nennen kann, sondern dass da drinnen materielle Teilchen sind, die durch den Raum schiessen und die als materielle Teilchen angezogen werden von der magnetischen Kraft. Crookes nannte daher dasjenige, was da hinüberschiesst, strahlende Materie, und er stellte sich vor, dass durch die Verdünnung nach und nach die Materie, die da drinnen ist in der Röhre, in einen solchen Zustand gekommen ist, dass sie nicht nur ein Gas ist, sondern etwas ist, was schon über den Gaszustand hinausgeht, was eben strahlende Materie ist, Materie, deren einzelne Teile durch den Raum strahlen, die also gewissermassen fein verteilter Staub ist, dessen Körnchen durch die elektrische Ladung selbst die Eigenschaft habendurch den Raum zu schiessen. Diese Teilchen selbst, die würden nun angezogen von der elektromagnetischen Kraft. Dass sie angezogen würden, das beweise eben, dass wir es zu tun haben mit den letzten Resten von wirklichem Materiellem, nicht bloss mit einer Bewegung nach der Art der im alten Sinn gedachten Ätherbewegung. Diese Versuche konnte man insbesondere machen mit demjenigen, was ausstrahlt, was sich als Ausstrahlendes ergab von dem negativ elektrischen Pol, von der sogenannten Kathode, und man studierte da diese Ausstrahlungen der Kathode und nannte sie Kathodenstrahlen. Damit also war, ich möchte sagen, die erste Bresche in die alte physikalische Auffassung geschlagen. Man hatte in den *Hittorfschen* Röhren einen Vorgang, der bewies, dass man es eigentlich mit einem durch den Raum gehenden Materiellen, durch den Raum schiessenden Materiellen, wenn auch in sehr fein verteiltem Zustande, zu tun hat. Was in dem steckt, was man die Materie nannte, war ja damit nicht ausgemacht, aber es war jedenfalls auf etwas hingedeutet, was man mit dem Materiellen identifizieren musste.

Crookes war es also klar, dass er es da mit durch den Raum hindurchstäubendem Materiellen zu tun hatte. Diese Anschauung erschütterte die alte Wellenlehre. Auf der anderen Seite aber kamen dann wiederum andere Versuche, welche nun die Crookessche Anschauung nicht rechtfertigten. So gelang es *Lenard* 1893, diese sogenannten Strahlen, die von diesem Pol ausgehen, von ihrem Weg abzubringen - man kann sie ja abbringen -, und er konnte sie nach aussen leiten, konnte eine Aluminiumwand einschalten und durch sie die Strahlen leiten. Da entstand zunächst die Frage: Kann das so einfach sein, dass materielle Teilchen da so ohne weiteres durch eine materielle Wand durchgehen? - Man musste also wieder die Frage aufwerfen: Sind das also materielle Teilchen, die da durch den Raum stieben? Ist es nicht doch etwas anderes, was durch den Raum stiebt? - Nun, sehen Sie, das führte allmählich dazu, einzusehen, dass man weder mit dem alten Schwingungsbegriff noch mit dem alten Materiebegriff auf diesem Gebiete weiterkommt. Man war gewissermassen in der Lage, durch die *Hittorfschen* Röhren der Elektrizität auf ihren

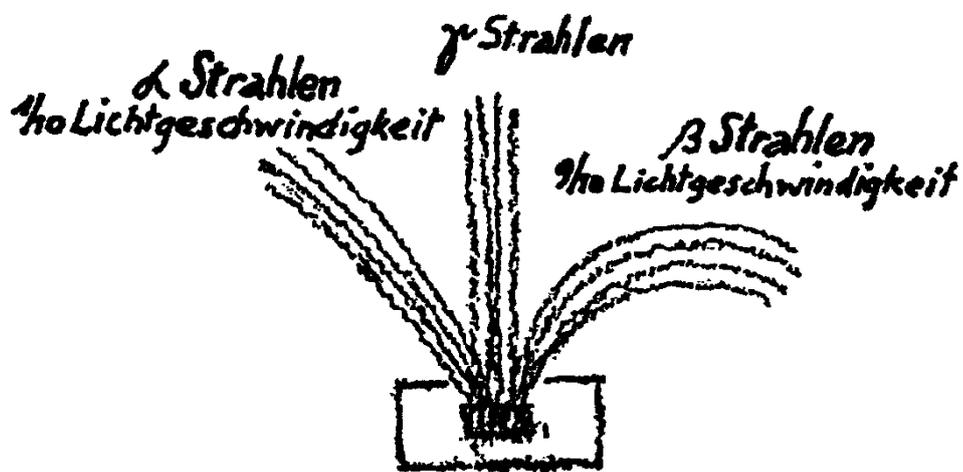
Schleichwegen nachzugehen. Man hatte hoffen können, Wellenzüge zu finden; man konnte sie nicht finden. Man hatte sich nun damit getröstet: Also ist es durch den Raum schiessende Materie. Auch das ging wiederum nicht recht, und so sagte man sich zum Schlüsse, was nun tatsächlich durch die verschiedensten Versuche, von denen ich nur einzelne charakteristische Ihnen hier anführen konnte, herauskam: Es sind nicht Schwingungen vorhanden, es ist auch nicht eine solche zerstäubte Materie, sondern es ist bewegte, strömende Elektrizität vorhanden. Die Elektrizität selbst strömt, aber sie zeigt, indem sie strömt, gewisse Eigenschaften, durch die sie sich verhält zu anderem, sagen wir zum Magneten, wie Materie. Natürlich, wenn Sie eine Kugel durch den Raum schiessen lassen und Sie lassen sie am Magneten vorbeigehen, so wird sie von ihrem Wege abgelenkt. So macht es auch die Elektrizität. Das spricht dafür, dass sie etwas Materielles ist. Aber da sie ohne weiteres durch eine Aluminiumplatte durchgeht wiederum, erweist sie sich doch wiederum nicht als Materie. Materie macht ja zum Beispiel ein Loch, wenn sie durch andere Materie durchgeht. Also sagte man: strömende Elektrizität.

Diese strömende Elektrizität, sie zeigte nun die allermerkwürdigsten Dinge, und ich möchte sagen: An der Richtung, die sich ergab für die Betrachtung, konnte man die merkwürdigsten Entdeckungen machen. So konnte man nach und nach verfolgen, wie ebenso Ströme ausgehen von dem anderen Pol, die sich begegnen mit den Kathodenstrahlen. Man nennt dieses Ende die Anode und bekam die Strahlen, die Kanalstrahlen genannt wurden. So dass man in einer solchen Röhre zwei sich begegnende Strahlen zu haben glaubte.

Etwas besonders Interessantes ergab sich in den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts, als *Röntgen* die Kathodenstrahlen leitete, auffing, könnte man sagen, auf eine Art Schirm, den er in den Weg der Kathodenstrahlen stellte. Wenn man die Kathodenstrahlen auffangen lässt durch einen Schirm, so bekommt man eine Modifikation dieser Strahlen. Sie gehen modifiziert weiter, und man bekommt Strahlen, die auf gewisse Körper elektrisierend wirken, die sich auch zeigen in Wechselwirkung mit gewissen magnetischen und elektrischen Kräften. Man bekommt dasjenige, was man gewohnt worden ist, die Röntgenstrahlen oder X-Strahlen zu nennen. Daran haben sich wieder andere Entdeckungen geschlossen. Sie wissen, dass diese Röntgenstrahlen die Eigenschaft haben, dass sie durch die Körper gehen können, ohne dass sie wahrnehmbare Störungen hervorrufen, dass sie durch das Fleisch, durch die Knochen gehen in verschiedener Art, so dass sie grosse Bedeutung gewonnen haben für die Physiologie und Anatomie.

Nun trat eine Erscheinung auf, die nötig macht, sich weitere Gedanken zu machen. Es trat die Erscheinung auf, dass, wenn diese Kathodenstrahlen oder ihre Modifikationen Glaskörper oder andere Körper treffen, zum Beispiel die Materie, die

aus gewissen chemisch-theoretischen Untergründen heraus Bariumplatinzyanür genannt wird, eine gewisse Art von Fluoreszenz hervorgerufen wird, das heisst, dass diese Materien leuchtend werden dadurch. Da sagte man sich, da müssen diese Strahlen wiederum weiter modifiziert worden sein. Man hat es da also mit einer ganzen Menge von Strahlenarten zu tun. Die Strahlen, die da direkt kamen von dem negativen Pol, die erwiesen sich als modifizierbar durch allerlei anderes. Man hat nun versucht, Körper zu finden, von denen man geglaubt hat, dass sie diese Modifikation sehr stark hervorrufen können, dass sie also sehr stark diese hingeworfenen Strahlen in etwas anderes verwandeln, zum Beispiel in Fluoreszenzstrahlen. Und auf diese Weise ist man darauf gekommen, dass man Körper haben kann wie zum Beispiel Uransalze, die gar nicht nötig haben, unter allen Umständen erst bestrahlt zu werden, sondern die unter gewissen Verhältnissen selbst diese Strahlen wiederum aussenden, die also die innere Eigenschaft haben, solche Strahlen auszusenden. Und unter diesen Körpern waren ja insbesondere die Körper, die man die radiumhaltigen nennt. Da haben gewisse Körper höchst merkwürdige Eigenschaften. Sie strahlen, sagen wir, zunächst gewisse Kraftlinien aus, die in merkwürdiger Weise behandelt werden können. Wenn wir solch eine Ausstrahlung haben von einem radiumhaltigen Körper - der Körper ist in einem Bleitröglein drinnen, und wir haben hier die Ausstrahlung -, so können wir diese Ausstrahlung mit dem Magneten untersuchen. Dann finden wir, dass sich etwas absondert von dieser Ausstrahlung, das wir durch den Magneten stark hier herüberleiten können, das dann diese Form annimmt. Etwas anderes bleibt starr und pflanzt sich in dieser Richtung fort, wieder etwas anderes wird in entgegengesetztem Sinn abgelenkt, das heisst, es steckt hier ein Dreifaches darinnen. Zuletzt hatte man schon gar nicht mehr genug Namen, um das zu bezeichnen. Deshalb nannte man dasjenige, was nach rechts abgelenkt werden kann, β -Strahlen, die der geraden Linie folgenden die γ -Strahlen und die nach entgegengesetzter Richtung abgelenkten die α -Strahlen. Wenn man gewisse Rechnungen anstellt,



dann kann man dadurch, dass man einen Magneten an dasjenige, was da strahlt, seitlich herankommen lässt, die Ablenkung studieren und damit die Geschwindigkeit. Und da stellte sich das Interessante heraus, dass die β -Strahlen etwa sich bewegen mit $\frac{9}{10}$ Lichtgeschwindigkeit, die α -Strahlen mit etwa $\frac{1}{10}$ Lichtgeschwindigkeit. Wir haben also da gewissermassen Kraft-Explosionen, die wir getrennt haben, analysiert haben, und die uns zeigen, wie sie auffallende Verschiedenheiten in der Geschwindigkeit haben.

Ich erinnere Sie an dieser Stelle, dass wir rein geistig im Beginne dieser Betrachtungen die Formel zu erfassen versuchten: $v = s / t$ und gesagt haben, dass das Reale im Raum die Geschwindigkeit ist, dass es die Geschwindigkeit ist, was einen berechtigt, hier von Wirklichem zu sprechen. Hier sehen Sie, wie dasjenige, was da, ich möchte sagen, herausexplodiert, sich hauptsächlich dadurch charakterisiert, dass man es zu tun hat mit verschieden stark aufeinander wirkenden Geschwindigkeiten. Denken Sie sich nur einmal, was das bedeutet, dass in demselben Kraftzylinder, der hier herausstrahlt, etwas drinnen ist, was sich 9 mal so schnell bewegen will als das andere, dass also eine schießende Kraft, die zurückbleiben will gegen die andere, die 9 mal so schnell gehen will, sich geltend macht. Nun bitte ich, ein wenig auf dasjenige zu sehen, wovon nur Anthroposophen das Recht haben, es heute noch nicht als Verrücktheit anzusehen. Ich bitte, sich daran zu erinnern, wie oft und oft wir sprechen mussten, dass in den grössten uns überschaubaren Aktionen der Welt Geschwindigkeitsunterschiede das Wesentliche sind. Wodurch spielen denn in unsere Gegenwart wichtigste Erscheinungen herein? Dadurch, dass mit verschiedener Geschwindigkeit die normalen, die luziferischen, die ahrimanischen Wirkungen ineinanderspielen, dass Geschwindigkeitsdifferenzen in den geistigen Strömungen, denen das Weltgefüge unterworfen ist, vorhanden sind. Der Weg, der sich der Physik eröffnet hat in der letzten Zeit, zwingt sie, auf Geschwindigkeitsdifferenzen in einem ganz ähnlichen Sinn, vorläufig ganz unbewusst, einzugehen, wie sie die Geisteswissenschaft geltend machen muss für die umfassendsten Agenzien der Welt.

Es ist aber damit noch nicht erschöpft alles dasjenige, was da aus diesem Radiumkörper heraus strahlt, sondern es strahlt noch etwas anderes heraus, was wiederum in seinen Wirkungen nachgewiesen werden kann und was sich in diesen Wirkungen zeigt als etwas, das ausstrahlt wie eine Ausstrahlung der Radiummaterie, was sich aber nach und nach nicht mehr als Radium zeigt, sondern zum Beispiel als Helium, was ein ganz anderer Körper ist. Dieses Radium sendet also nicht nur dasjenige, was da in ihm ist, als Agenzien aus, sondern gibt sich selber hin und wird dabei etwas anderes. Mit der Konstanz der Materie hat das nicht mehr viel zu tun, sondern mit einer Metamorphose der Materie.

Nun habe ich Ihnen heute Erscheinungen vorgeführt, welche alle verlaufen in einem Gebiet, das man nennen könnte das elektrische Gebiet. Diese Erscheinungen, sie haben alle ein Gemeinsames, nämlich das Gemeinsame, dass sie sich zu uns selber ganz anders verhalten als zum Beispiel die Schall-, die Licht- und selbst die Wärmeerscheinungen. In Licht, Schall und Wärme schwimmen wir gewissermassen so darinnen, wie wir das in den vorhergehenden Betrachtungen beschrieben haben. Das können wir von den elektrischen Erscheinungen nicht so ohne weiteres sagen. Denn Elektrizität nehmen wir nicht als so etwas Spezifisches wahr wie das Licht. Wir nehmen selbst dann, wenn die Elektrizität gezwungen wird, sich uns zu enthüllen, sie durch eine Lichterscheinung wahr. Das hat ja längst dazu geführt, dass man immer sagt: Elektrizität hat keinen Sinn im Menschen. Das Licht hat im Menschen das Auge als Sinn, der Schall das Ohr, für die Wärme ist eine Art von Wärmesinn konstruiert; für die Elektrizität ist so etwas Ähnliches, sagt man, nicht vorhanden. Man nimmt sie mittelbar wahr. Aber über diese Charakteristik des mittelbaren Wahrnehmens kann man eben nicht hinausgehen, wenn man nicht vorrückt zu einer solchen naturwissenschaftlichen Betrachtung, wie wir sie hier wenigstens inauguriert haben. Wenn wir uns dem Lichte exponieren, so tun wir es so, dass wir in dem Lichtelemente darinnen schwimmen und wir selber an ihm, wenigstens teilweise, mit unserem Bewusstsein teilnehmen; ebenso bei der Wärme, beim Schall, beim Ton. Das können wir nicht sagen bei der Elektrizität.

Aber nun bitte ich Sie, sich daran zu erinnern, wie ich Ihnen immer vorgeführt habe, wie wir Menschen eigentlich, grob gesprochen, Doppelwesen sind, in Wirklichkeit eigentlich dreigliedrige Wesen: Denkwesen, Fühlwesen, Willenswesen, und ich konnte Ihnen immer zeigen, dass wir eigentlich nur in unserem Denken wachen, dass wir in unseren Gefühlen träumen, in unseren Willensvorgängen, auch wenn wir wachend sind, schlafen. Die Willensvorgänge erleben wir nicht unmittelbar, wir verschlafen dasjenige, was im wesentlichen Wille ist, und in diesen Betrachtungen habe ich Sie darauf hingewiesen, wie, wenn wir in den physikalischen Formeln, wo wir das m = Masse hinschreiben, wenn wir da übergehen von dem blossen Zählbaren, von der Bewegung und von der Zeit, vom Raum, zu etwas, was nicht bloss phoronomisch ist, wie wir uns klar sein müssen, dass dem entspricht ein Übergehen unseres Bewusstseins in einen Schlafzustand. Wenn Sie unbefangen betrachten diese Gliederung der menschlichen Wesenheit, so können Sie sich sagen: Das Erleben von Licht, Schall, Wärme fällt bis zu einem gewissen Grade, bis zu einem gewissen hohen Grade in das Feld, das wir mit unserem Sinnesvorstellungsleben umfassen, besonders stark die Lichterscheinungen. So dass sich das einfach dadurch, dass wir unbefangen den Menschen studieren, als verwandt zeigt mit unseren bewussten Seelenkräften. Indem wir zum eigentlich Massenhaften, zum Materiellen vor schrei-

ten, nähern wir uns demjenigen, was verwandt ist mit den Kräften, die sich in uns entwickeln, wenn wir schlafen.

Genau denselben Weg machen wir, wenn wir aus dem Gebiet des Lichtes, des Schalles, der Wärme hinuntersteigen in das Gebiet der elektrischen Erscheinungen. Wir erleben unsere Willenserscheinungen nicht direkt, sondern dasjenige, was wir von ihnen vorstellen können; wir erleben die elektrischen Erscheinungen der Natur nicht direkt, sondern dasjenige, was sie heraufliefern in das Gebiet des Lichtes, des Schalles, der Wärme und so weiter. Wir betreten nämlich für die Aussenwelt, ich möchte sagen, denselben Orkus, indem wir schlafen, den wir betreten in uns selbst, wenn wir aus unserem vorstellenden, bewussten Leben hinuntersteigen in unser Willensleben. Während verwandt ist alles dasjenige, was Licht, Schall, Wärme ist, mit unserem bewussten Leben, ist innig verwandt alles dasjenige, was auf dem Gebiet der Elektrizität und des Magnetismus sich abspielt, mit unserem unbewussten Willensleben. Und das Auftreten der physiologischen Elektrizität bei gewissen niederen Tieren, das ist nur ein sich an einer bestimmten Stelle der Natur äusserndes Symptom für eine sonst nicht bemerkbare, aber allgemeine Erscheinung: Überall, wo Wille durch den Stoffwechsel wirkt, wirkt ein den äusseren elektrischen und magnetischen Erscheinungen Ähnliches. Und man steigt eigentlich, indem man auf den komplizierten Wegen, die wir heute nur roh skizzieren konnten, in das Gebiet der elektrischen Erscheinungen hinuntersteigt, in dasselbe Gebiet hinunter, in das man hinuntersteigen muss, wenn man überhaupt nur zur Masse kommt. Was tut man, wenn man Elektrizität und Magnetismus studiert? Man studiert die Materie konkret. Steigen Sie zur Materie hinunter, indem Sie Elektrizität und Magnetismus studieren! Und es ist wahr, recht wahr, was ein englischer Philosoph, gesagt hat: Früher hat man in verschiedenster Weise geglaubt, dass der Elektrizität Materie zugrunde liegt. Jetzt muss man annehmen, dass dasjenige, was man als Materie glaubt, eigentlich nichts anderes ist als flüssige Elektrizität. Früher hat man die Materie atomisiert. Jetzt denkt man: Die Elektronen, die bewegen sich durch den Raum und haben ähnliche Eigenschaften wie früher die Materie. Man hat den ersten Schritt gemacht - nur gibt man ihn noch nicht zu - zur Überwindung der Materie und den ersten Schritt dazu, anzuerkennen, dass man hinuntersteigt im Reich der Natur, indem man von den Licht-, Schall-, Wärmeerscheinungen zu den elektrischen Erscheinungen übergeht, dass man hinuntersteigt zu demjenigen, was sich zu jenen Erscheinungen verhält wie unser Wille zu unserem Vorstellungsleben. Das möchte ich Ihnen auf die Seele legen als ein Fazit der heutigen Betrachtung. Ich will Ihnen ja hauptsächlich das sagen, was Sie in den Büchern nicht vorfinden. Was davon doch vorgeführt wird, möchte ich nur sagen als etwas, was das andere begründet.

I • 10 VERSUCHE ZU KATHODEN- UND RÖNTGENSTRAHLEN

Naturwissenschaft – GA-320 Geisteswissenschaftliche Impulse zur Entwicklung der Physik

Versuche zu Kathoden- und Röntgenstrahlen. Zusammenfassende Gesichtspunkte: Der Gang der physikalischen Wissenschaft hebt den Materialismus aus den Angeln. Die Notwendigkeit, mit dem Vorstellen in die Erscheinungen selber einzudringen. Die Erschütterung der alten Geometrie im 19. Jahrhundert: Lobatschewskij. Die phoronomischen Vorstellungen stammen nicht aus den Sinnererscheinungen, sondern aus dem Willen. Der Natur-Traum der modernen Menschheit. Die statistische Methode verliert den Gedanken, kommt dadurch in die Wirklichkeit hinein. Elektrizitätsercheinungen und Ton.

Zehnter Vortrag, Stuttgart, 3. Januar 1920

Ich möchte als einen vorläufigen Schluss dieser paar improvisierten Stunden, die naturwissenschaftliche Betrachtungen enthielten, Ihnen heute einige Richtlinien geben, die Ihnen nützlich sein können, um selbst solche Naturbetrachtungen an der Hand charakteristischer Tatsachen, die man sich durch das Experiment vor Augen führen kann, sich zu bilden. Es handelt sich ja heute im naturwissenschaftlichen Gebiete, namentlich für den Lehrenden, sehr stark darum, dass er sich hineinfinde in eine richtige Vorstellungsart und Betrachtungsweise desjenigen, was die Natur darbietet. Und gestern war ich gerade auch im Hinblick auf das eben Gesagte bemüht, Ihnen zu zeigen, wie der Gang der physikalischen Wissenschaft ein solcher ist, nachdem die neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts herangekommen waren, dass gewissermassen von der Physik aus der Materialismus aus den Angeln gehoben wird, und auf diesen Gesichtspunkt sollten Sie eigentlich den Hauptwert legen.

Wir haben gesehen, dass auf die Zeit, die glaubte, schon die goldensten Beweise zu haben für die Universalität des Schwingungswesens, eine Zeit gefolgt ist, die unmöglich an der alten Schwingungs- oder Undulations-Hypothese festhalten konnte, eine Zeit, die gewissermassen in der Physik in den letzten drei Jahrzehnten so revolutionierend gewesen ist, wie nur irgend etwas revolutionierend in seinem Gebiete gedacht werden kann. Denn der Physik ist ja nichts Geringeres verlorengegangen unter dem Zwange der Tatsachen, die sich geboten haben, als der Materiebegriff in der alten Form als solcher. Wir haben gesehen, dass die Lichterscheinungen in nahe Beziehung gebracht worden sind, aus der alten Anschauungsweise heraus, zu den elektromagnetischen Erscheinungen, und dass zuletzt geführt haben

die Erscheinungen des Ganges der Elektrizität durch luftverdünnte oder gasverdünnte Röhren, in dem sich ausbreitenden Lichte selbst etwas zu sehen wie sich ausbreitende Elektrizität. Ich sage nicht, dass man damit recht hat, aber es ist eben gekommen. Und man hat das dadurch erreicht, dass man gewissermassen die elektrische Strömung, die man sonst immer wie eingeschlossen hatte in die Drähte, kaum nach einem anderen Gesichtspunkte als nach dem Ohmschen Gesetze betrachten konnte, dass man die gewissermassen belauschte bei ihrem Gange, wo sie den Draht verlässt, überspringt auf einen weit entfernten Pol und nicht durch die Materie gewissermassen, durch die sie dringt, verbergen kann, was in ihr ist. Dadurch aber ist etwas sehr Kompliziertes zum Vorschein gekommen. Wir haben gestern gesehen, wie die verschiedensten Strahlenarten dadurch zum Vorschein gekommen sind. Wir haben gesehen, dass zuerst - ich habe Ihnen ja die Erscheinungen angeführt - bekannt geworden sind die sogenannten Kathodenstrahlen, die von dem negativen Pol der Hittorfschen Röhren ausgehen und durch den luftverdünnten Raum gehen, wie schon diese Kathodenstrahlen dadurch, dass sie ablenkbar sind durch magnetische Kräfte, etwas Verwandtes gezeigt haben mit dem, was man gewöhnlich als Materielles empfindet. Auf der anderen Seite haben sie etwas Verwandtes mit dem, was man durch Strahlungen wahrnimmt. Das zeigt sich ja besonders anschaulich dann, wenn man solche Versuche macht, dass man diese Strahlen, die also in irgendeiner Weise vom elektrischen Pol kommen, wie Licht auffängt durch einen Schirm oder durch sonst einen Gegenstand. Licht wirft Schatten, und solche Strahlungen werfen auch Schatten. Natürlich ist aber gerade dadurch auch die Beziehung hergestellt zu dem gewöhnlichen materiellen Element. Denn wenn Sie sich vorstellen, dass von hier aus, wie es ja, wie wir gestern gesehen haben, zum Beispiel nach *Crookes'* Vorstellungen mit den Kathodenstrahlen geschieht, bombardiert wird, so gehen die Bomben nicht durch das Hindernis durch, und dasjenige, was dahinter ist, bleibt ungeschoren. Wir können dieses durch das Crookes'sche Experiment besonders veranschaulichen, indem wir die Kathodenstrahlen auffangen.

Wir werden hier den elektrischen Strom erzeugen, den wir dann durch diese Röhre leiten, die luftverdünnt ist, die hier ihre Kathode, den negativen Pol, und hier ihre Anode, den positiven Pol, hat. Wir bekommen also, indem wir durch diese Röhre die Elektrizität treiben, die sogenannten Kathodenstrahlen. Diese fangen wir auf durch ein eingefügtes Andreaskreuz. Wir lassen sie darauf aufprallen, und Sie werden sehen, dass auf der anderen Seite nun etwas sichtbar wird wie der Schatten dieses Andreaskreuzes, was Ihnen bezeugt, dass dieses Andreaskreuz die Strahlen aufhält. Bitte berücksichtigen Sie genau: Das Andreaskreuz ist da drinnen, die Kathodenstrahlen gehen so, werden aufgefangen durch das hier sitzende Kreuz, und es wird der Schatten an der rückwärtigen Wand sichtbar. Ich werde nun diesen Schatten, der hier sichtbar wird, in das Feld eines Magneten einbeziehen, und ich bitte

Sie jetzt, diesen Schatten des Andreaskreuzes zu beobachten. Sie werden ihn vom magnetischen Feld beeinflusst finden. Sie sehen? Also, wie ich irgendeinen anderen einfachen, sagen wir, Eisengegenstand mit dem Magneten anziehe, so verhält sich wie äussere Materie dasjenige, was da wie eine Art von Schatten entsteht. Also, es verhält sich auch materiell.

Wir haben also hier auf der einen Seite eine Art von Strahlen, die für Crookes eigentlich sich zurückführen auf strahlende Materie, einen Aggregatzustand, der weder fest, flüssig noch gasförmig ist, sondern der ein feinerer Aggregatzustand ist und der uns zeigt, dass diese ganze Elektrizität in ihrer Strömung sich so verhält wie einfache Materie. Also, wir haben gewissermassen den Blick auf die Strömung der fliessenden Elektrizität gerichtet, und dasjenige, was wir sehen, enthüllt sich uns so wie dasjenige, was wir als Wirkungen innerhalb der Materie sehen.

Ich will Ihnen nun noch zeigen - weil das gestern nicht möglich war -, wie diejenigen Strahlen entstehen, die vom anderen Pol kommen, die ich Ihnen gestern als die Kanalstrahlen charakterisierte. Sie sehen hier unterschieden die Strahlen, die von der Kathode kommen, die nach dieser Richtung gehen, in dem violettlichen Licht schimmern, und die Kanalstrahlen ihnen entgegenkommend mit einer viel geringeren Geschwindigkeit, die das grünliche Licht geben. Nun will ich Ihnen noch zeigen die Strahlenart, die hier durch diese Vorrichtung entsteht und die sich Ihnen besonders dadurch offenbaren wird, dass das Glas Fluoreszenzerscheinungen zeigt, indem wir die elektrische Strömung hindurchleiten. Hier werden wir diejenige Strahlenart bekommen, welche man sonst sichtbar macht, indem man diese Strahlen durch einen Schirm gehen lässt von Bariumplatinzyanür, und die die Eigenschaft haben, das Glas recht stark fluoreszierend zu machen. Sie sehen das Glas - auf das bitte ich Sie jetzt hauptsächlich Ihre Aufmerksamkeit zu richten - in sehr stark grünlich-gelblich fluoreszierendem Lichte. Die Strahlen, die in solchem sehr stark fluoreszierendem Lichte erscheinen, sind nun eben die schon gestern erwähnten Röntgenstrahlen. So dass wir auch diese Gattung hier bemerken.

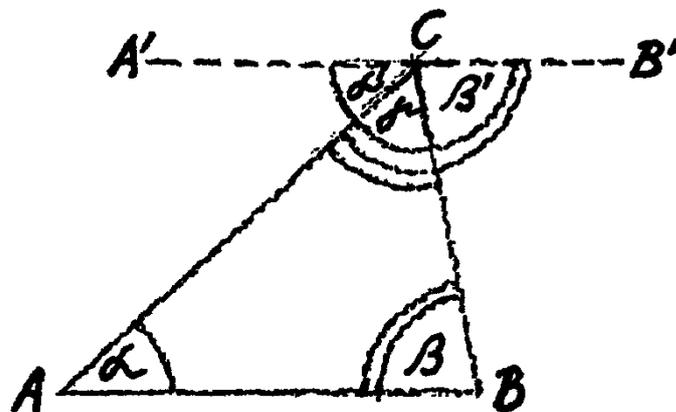
Nun sagte ich Ihnen, dass beim Verfolgen dieser Vorgänge sich herausgestellt hat, dass gewisse als Stoffe angesehene Entitäten ganze Bündel von Strahlen, zunächst wenigstens von dreierlei Art, aussenden, die wir gestern unterschieden haben in α -, β - und γ -Strahlen und die deutlich voneinander verschiedene Eigenschaften zeigen, dass dann diese Substanzen, die man als Radium und so weiter bezeichnet, aber noch ein Viertes aussenden, das gewissermassen das Element selbst ist, das sich hingibt und das sich, nachdem es ausgesandt ist, verwandelt hat so, dass, während das Radium ausströmt, es sich verwandelt in Helium, also etwas ganz anderes wird. Wir haben es also nicht zu tun mit festbleibender Materie, sondern mit einer Metamorphose der Erscheinungen.

Nun möchte ich eben gerade in Anknüpfung an diese Dinge einen Gesichtspunkt entwickeln, der gewissermassen für Sie werden kann der Weg in diese Erscheinungen hinein, überhaupt der Weg in die Naturerscheinungen hinein. Sehen Sie, woran das physikalische Denken des neunzehnten Jahrhunderts hauptsächlich gekrankt hat, das ist, dass die innere Tätigkeit, durch die der Mensch die Naturerscheinungen zu verfolgen suchte, im Menschen nicht beweglich genug war, vor allen Dingen noch nicht fähig war, sich auf die Tatsachen der Aussenwelt selbst einzulassen. Man konnte Farben sehen am Lichte entstehen, aber man schwang sich nicht auf zu einem Aufnehmen des Farbigen in sein Vorstellen, in sein Denken, man konnte Farben nicht mehr denken, und man ersetzte die Farben, die man nicht denken konnte, durch das, was man denken konnte, was eben nur phoronomisch ist, durch die errechenbaren Schwingungen eines unbekanntes Äthers. Dieser Äther aber, sehen Sie, der ist etwas, was tückisch ist. Denn immer, wenn man ihn aufsuchen will, da stellt er sich nicht. Und alle diese Versuche, die da diese verschiedenen Strahlen zutage gefördert haben, die haben eigentlich gezeigt, dass sich wohl flüssige Elektrizität zeigt, also etwas, was als Erscheinungsform in der Aussenwelt liegt, dass sich aber der Äther durchaus nicht stellen will. Nun ist es eben nicht gegeben gewesen dem Denken des neunzehnten Jahrhunderts, in die Erscheinungen selber einzudringen. Das ist aber gerade dasjenige, was vom jetzigen Zeitpunkt ab für die Physik so notwendig sein wird, mit dem menschlichen Vorstellen in die Erscheinungen selbst einzudringen. Dazu aber werden gewisse Wege eröffnet werden müssen gerade für die Betrachtung der physikalischen Erscheinungen.

Man möchte sagen, die mehr an den Menschen herankommenden objektiven Mächte, die haben eigentlich das Denken schon gezwungen, etwas beweglicher zu werden, aber man könnte sagen: von einer falschen Ecke aus. Dasjenige, was man als das Sichere betrachtet hat, worauf man sich am allermeisten verlassen hat, das ist ja dasjenige, dass man so schön mit der Rechnung und mit der Geometrie, also mit der Anordnung von Linien, von Flächen und von Körpern im Räume, die Erscheinungen hat erklären können. Dasjenige, wozu einen diese Erscheinungen hier in den Hittorfschen Röhren zwingen, das ist, dass man mehr an die Tatsachen herantreten muss, dass die Rechnung vielmehr eigentlich doch versagt, wenn man sie in so abstrakter Form anwenden will, wie man das in der früheren Undulations-Lehre getan hat.

Nun, von der Ecke, von der zuerst etwas wie ein Zwang zum Beweglichmachen des arithmetischen und des geometrischen Denkens gekommen ist, möchte ich Ihnen zuerst sprechen. Nicht wahr, die Geometrie war etwas sehr altes. Wie man sich aus der Geometrie heraus Gesetzmässigkeiten an Linien, Dreiecken, Vierecken usw. vorstellt, das ist etwas Althergekommenes und das hat man angewendet auf dasjenige, was sich einem als äussere Erscheinungen in der Natur bietet. Nun ist

aber gerade vor dem Denken des neunzehnten Jahrhunderts diese Geometrie etwas ins Wanken gekommen, und das ist auf die folgende Weise geschehen: Nicht wahr, versetzen Sie sich wiederum gut auf die Schulbank, so wissen Sie, überall wird Ihnen gelehrt - und unsere lieben Waldorfschullehrer lehren es selbstverständlich auch, müssen es ja lehren -, wenn man ein Dreieck hat und die drei Winkel nimmt, so sind diese drei Winkel zusammen ein gestreckter oder 180° . Das ist Ihnen bekannt. Nun fühlt man sich natürlich gedrängt - und muss sich gedrängt fühlen -, auch den Schülern eine Art Beweis zu geben dafür, dass diese drei Winkel zusammen 180° sind. Man macht ja das dadurch, dass man hier eine Parallele zieht zu der Grundlinie des Dreiecks, dass man sagt: Derselbe Winkel, der hier als a ist, zeigt sich hier als a' . a und a' sind Wechselwinkel. Sie sind gleich. Ich kann also einfach diesen Winkel hier herüberlegen.



Ebenso kann ich diesen Winkel β hier herüberlegen und habe hier das gleiche. Nun, der Winkel γ bleibt ja liegen, und wenn $\gamma = \gamma$ und $\alpha' = \alpha$ und $\beta' = \beta$ ist und $\alpha' + \beta' + \gamma$ zusammen einen gestreckten Winkel geben, so müssen auch $\alpha + \beta + \gamma$ einen gestreckten Winkel zusammen bilden. Ich kann also das klar anschaulich beweisen. Etwas Klareres und Anschaulicheres kann es, möchte man sagen, gar nicht geben. Nun aber, die Voraussetzung, die man da macht, indem man dies beweist, ist die, dass diese obere Linie A'- B' parallel ist zu A-B. Denn nur dadurch bin ich in der Lage, den Beweis zu führen. Nun gibt es aber in der ganzen Euklidischen Geometrie kein Mittel zu beweisen, dass zwei Linien parallel sind, das heißt sich in unendlicher Entfernung erst schneiden, das heißt gar nicht schneiden. Das sieht so aus, als ob sie parallel wären, nur solange ich beim gedachten Raum bleibe. Nichts verbürgt mir, dass das auch bei einem wirklichen Raum so der Fall ist. Und wenn ich daher nur das eine annehme, dass diese beiden Geraden sich nicht in unendlicher Entfernung erst schneiden, sondern sich real früher schneiden, dann geht mein ganzer Beweis für die 180° der Dreieckswinkel kaputt, dann würde ich herausbe-

kommen, dass zwar nicht in dem Raum, den ich mir selber in Gedanken konstruiere und mit dem sich die gewöhnliche Geometrie befasst - in diesem Raum haben die Dreieckswinkel 180° als Winkelsumme -, dass aber, sobald ich einen vielleicht anderen, wirklichen Raum ins Auge fasse, die Winkelsumme des Dreiecks gar nicht mehr 180° , sondern vielleicht grösser ist. Das heisst, es sind ausser der gewöhnlichen, von Euklid herstammenden Geometrie noch andere Geometrien möglich, für welche die Summe der Dreieckswinkel durchaus nicht 180° ist. Mit Auseinandersetzungen nach dieser Richtung hat sich das Denken des neunzehnten Jahrhunderts, namentlich seit *Lobatschewskij* viel beschäftigt, und daran anschliessend musste doch die Frage entstehen: Sind denn nun eigentlich die Vorgänge der Wirklichkeit, die wir da verfolgen mit unseren Sinnen, wirklich auch zu fassen, vollgültig zu fassen mit denjenigen Vorstellungen, die wir als geometrische Vorstellungen in dem von uns gedachten Raum gewinnen? Der von uns gedachte Raum ist zweifellos gedacht. Wir können zwar als eine schöne Vorstellung hegen, dass dasjenige, was draussen ausser uns geschieht, teilweise zusammentrifft mit demjenigen, was wir darüber aushecken, aber es garantiert uns nichts dafür, dass dasjenige, was draussen geschieht, so wirke, dass wir es restlos begreifen durch die von uns ausgedachte Euklidsche Geometrie. Es könnte sehr leicht sein - darüber könnten uns aber nur die Tatsachen selber belehren -, dass die Dinge draussen nach einer ganz anderen Geometrie vorgehen und wir sie erst bei unserer Auffassung übersetzen in die Euklidsche Geometrie und ihre Formeln. Das heisst, wir haben zunächst, wenn wir uns bloss einlassen auf dasjenige, was der Wissenschaft der Natur heute zur Verfügung steht, gar keine Möglichkeit, irgend etwas zunächst darüber zu entscheiden, wie sich verhalten unsere geometrischen, überhaupt die phoronomischen Vorstellungen zu demjenigen, was uns draussen in der Natur erscheint. Wir rechnen, zeichnen die Naturerscheinungen, insoferne sie physikalisch sind. Aber ob wir da irgend etwas nur äusserlich an der Oberfläche zeichnen oder in irgend etwas von der Natur eindringen, darüber ist zunächst ja nichts auszumachen. Und wenn man einmal anfangen wird, gründlichst zu denken in der namentlich physikalischen Naturwissenschaft, dann wird man in eine furchtbare Sackgasse hineinkommen, dann wird man sehen, wie man nicht weiterkommt. Und man wird nur weiterkommen, wenn man sich zuerst belehren wird über den Ursprung unserer phoronomischen Vorstellungen, unserer Vorstellungen über das Zählen, über das Geometrische und auch unserer Vorstellungen über die blosser Bewegung, nicht über die Kräfte. Woher kommen denn alle diese phoronomischen Vorstellungen? Man kann so gewöhnlich den Glauben haben, sie kommen aus demselben Grunde heraus, aus dem die Vorstellungen kommen, die wir auch gewinnen, wenn wir uns auf die äusseren Tatsachen der Natur einlassen und diese verstandesmässig bearbeiten. Wir sehen durch unsere Augen, hören durch unsere Ohren, wir verarbeiten das durch die Sinne Wahrgenommene mit dem Verstande zunächst primitiv, ohne dass wir es zählen,

ohne dass wir es zeichnen, ohne dass wir auf die Bewegung schauen. Wir richten uns nach ganz anderen Begriffskategorien. Da ist unser Verstand an der Hand der Sinneserscheinungen tätig. Aber wenn wir nun anfangen, sogenannte wissenschaftliche Geometrie-, Arithmetik-, Algebra- oder Bewegungs-Vorstellungen anzuwenden auf dasjenige, was da äusserlich vorgeht, dann tun wir doch etwas anderes noch, dann wenden wir Vorstellungen an, die wir ganz sicher nicht aus der Aussenwelt gewonnen haben, sondern die wir aus unserem Inneren herausgesponnen haben. Woher kommen denn diese Vorstellungen eigentlich? - das ist die Kardinalfrage. Diese Vorstellungen, die kommen nämlich gar nicht aus unserer Intelligenz, die wir anwenden, wenn wir die Sinnes vorstellungen verarbeiten, sondern diese Vorstellungen kommen eigentlich aus dem intelligenten Teile unseres Willens, die machen wir mit unserer Willensstruktur, mit dem Willensteil unserer Seele. Es ist ein gewaltiger Unterschied zwischen allen anderen Vorstellungen unserer Intelligenz und den geometrischen, arithmetischen und Bewegungs-Vorstellungen. Die anderen Vorstellungen gewinnen wir an den Erfahrungen der Aussenwelt; diese Vorstellungen, die geometrischen, die arithmetischen Vorstellungen, die steigen auf aus dem unbewussten Teile von uns, aus dem Willensteile, der sein äusseres Organ im Stoffwechsel hat. Daraus steigen zum Beispiel im eminentesten Sinne die geometrischen Vorstellungen auf. Sie kommen aus dem Unbewussten im Menschen. Und wenn Sie anwenden diese geometrischen Vorstellungen - ich werde sie jetzt gebrauchen auch für die arithmetischen und algebraischen Vorstellungen -, wenn Sie sie anwenden auf Lichterscheinungen oder Schall- oder Tonerscheinungen, dann verbinden Sie in Ihrem Erkenntnisprozess dasjenige, was Ihnen von innen aufsteigt, mit demjenigen, was Sie äusserlich wahrnehmen. Unbewusst bleibt Ihnen dabei der ganze Ursprung der aufgewendeten Geometrie. Sie vereinigen diese aufgewendete Geometrie mit den äusseren Erscheinungen; unbewusst bleibt Ihnen der ganze Ursprung. Und Sie bilden aus solche Theorien wie die Undulations-Theorie - es ist ja ganz gleichgültig, ob man diese oder die Emissions-Theorie Newtons ausbildet -, Sie bilden aus Theorien, indem Sie vereinigen, was aus Ihrem unbewussten Teil aufsteigt, mit demjenigen, was sich Ihnen als bewusstes Tagesleben darstellt, Schallerscheinungen und so weiter, durchdringen das eine mit dem anderen. Diese beiden Dinge gehören zunächst nicht zusammen. Sie gehören so wenig zusammen, wie Ihr vorstellendes Vermögen mit den äusseren Dingen zusammengehört, die Sie wahrnehmen in einer Art von Halbschlaf. Ich habe Ihnen öfters Beispiele genannt in anthroposophischen Vorträgen, wie der menschliche Traum symbolisiert: Ein Mensch träumt, dass er mit einem anderen Menschen als Student steht an der Türe eines Hörsaales, beide geraten in Streit, der Streit wird stark, sie fordern sich - alles wird geträumt -, es wird geträumt, wie sie hinausgehen in den Wald, es wird das Duell arrangiert. Der Betreffende träumt noch, wie er losschiesst. In dem Moment wacht er auf und - der Stuhl ist umgefallen. Das war der Stoss, der sich nach vorne

fortsetzt in den Traum. Die vorstellende Kraft hat sich in einer nur symbolisierenden Weise, nicht in der dem Objekt adäquaten Erscheinung verbunden mit demjenigen, was äussere Erscheinung ist. In einer ähnlichen Weise verbindet sich dasjenige, was Sie in dem Phoronomischen heraufholen aus dem unterbewussten Teil Ihres Wesens, mit den Lichterscheinungen. *Sie* zeichnen Lichtstrahlen geometrisch. Dasjenige, was Sie da vollziehen, hat keinen anderen Realitätswert als dasjenige, was sich im Traum ausdrückt, wenn Sie solche objektive Fakten wie den Stoss des Stuhles symbolisierend vorstellen. Dieses ganze Bearbeiten der optischen, akustischen und zum Teil der Wärme-Aussenwelt durch geometrische, arithmetische und Bewegungs-Vorstellungen, das ist in Wahrheit, wenn auch ein sehr nüchternes, so doch ein waches Träumen über die Natur. Und bevor man nicht erkennt, wie das ein waches Träumen ist, wird man nicht mit der Naturwissenschaft so zurechtkommen, dass diese Naturwissenschaft einem Realitäten liefert. Dasjenige, worinnen man glaubt, ganz exakte Wissenschaft zu haben, das ist der Natur-Traum der modernen Menschheit.

Wenn Sie aber nun hinuntersteigen von den Lichterscheinungen, von den Schallerscheinungen über die Wärmeerscheinungen in das Gebiet, das man betritt mit diesen Strahlungerscheinungen, die eben ein besonderes Kapitel der Elektrizitätslehre sind, dann verbindet man sich mit demjenigen, was äusserlich in der Natur gleichwertig ist mit dem menschlichen Willen. Aus demselben Gebiete im Menschen, das als Willensgebiet gleichwertig ist dem Wirkensgebiet der Kathoden-, Kanal-, Röntgenstrahlen, der α -, β -, γ -Strahlen usw., aus diesem selben Gebiet, das beim Menschen das Willensgebiet ist, hebt sich heraus dasjenige, was wir in unserer Mathematik, in unserer Geometrie, in unseren Bewegungs-Vorstellungen haben. Da kommen wir erst in verwandte Gebiete hinein. Nun ist aber das heutige menschliche Denken auf diesen Gebieten nicht so weit, bis hinein in diese Gebiete noch wirklich zu denken. Träumen kann der heutige Mensch, indem er Undulationstheorien ausdenkt, aber mathematisch ergreifen das Gebiet der Erscheinungen, insofern das verwandt ist mit dem menschlichen Willensgebiet, aus dem auch urständet die Geometrie, die Arithmetik, das bringt der Mensch heute noch nicht zustande. Dazu muss das arithmetische, das algebraische, das geometrische Vorstellen selbst noch wirklichkeitsdurchtränker werden, und auf diesen Weg muss sich gerade die physikalische Wissenschaft begeben. Wenn Sie sich heute mit Physikern unterhalten, die ihre Bildung noch in der Zeit erlangt haben, in der die Undulations-Theorie blühte, so finden sich viele von ihnen recht unbehaglich diesen neueren Erscheinungen gegenüber, weil die rechnerischen Vorstellungen dabei an allen möglichen Ecken und Enden ein bisschen flötengehen. Und man hat ja in den letzten Zeiten sich schon anders geholfen, indem man, weil das ganz gesetzmässige Arithmetisieren, Geometrisieren nicht mehr ging, eingeführt hat eine Art statistischer Methode,

die einem gestattet, mehr in Anknüpfung an die äusseren empirischen Tatsachen auch empirische Zahlenverbindungen zu knüpfen und da mit der Wahrscheinlichkeitsrechnung zu operieren, wobei einem erlaubt ist zu sagen: Man rechnet eben eine Gesetzmässigkeit aus, die eine gewisse Reihe hindurch dauert; dann kommt man an einen Punkt, wo die Geschichte nicht mehr so geht. Solche Dinge zeigen oftmals gerade in dem Entwicklungsgang der neueren Physik, wie man zwar den Gedanken verliert, aber gerade dadurch, dass man den Gedanken verliert, in die Wirklichkeit hineinkommt. So zum Beispiel wäre es leicht denkbar gewesen, dass, unter gewissen starren Vorstellungen über die Natur eines erwärmten Gases oder erwärmter Luft und dem Verhalten dieser erwärmten Luft gegenüber der Umgebung unter gewissen Bedingungen, jemand mit einer ebensolchen mathematischen Sicherheit bewiesen hätte, dass die Luft niemals hätte verflüssigt werden können. Sie ist doch verflüssigt worden, weil an einer gewissen Stelle sich gezeigt hat, dass gewisse Vorstellungen, die Gesetzmässigkeiten einer Reihe überbrücken, am Ende dieser Reihe nicht mehr gelten. Solche Beispiele könnten viele angeführt werden. Solche Beispiele zeigen, wie die Wirklichkeit heute gerade auf physikalischem Gebiete vielfach den Menschen zwingt, sich zu gestehen: Mit deinem Denken, mit deinem Vorstellen tauchst du nicht mehr voll in die Wirklichkeit unter. Du musst die ganze Sache an einem anderen Ende beginnen. - Und eben, um an diesem anderen Ende zu beginnen, ist es so notwendig, dass man die Verwandtschaft fühle zwischen all dem, was aus dem menschlichen Willen kommt - und daher kommt die Phronomie -, und demjenigen, was einem äusserlich so entgegentritt, dass es von einem getrennt ist und nur durch die Erscheinungen des anderen Pols sich ankündigt. Alles das, was durch die Röhren da geht, kündigt sich an mit Licht und so weiter. Aber das, was als Elektrizität fliesst, das ist durch sich selbst nicht wahrnehmbar. Daher sagen die Leute: Wenn man einen sechsten Sinn hätte für die Elektrizität, würde man sie auch direkt wahrnehmen. - Es ist natürlich ein Unsinn, denn nur dann, wenn man aufsteigt zur Intuition, die im Willen ihre Grundlage hat, kommt man in die Region auch für die Aussenwelt hinein, in welcher die Elektrizität lebt und webt. Aber man bemerkt damit zugleich, dass man in diesen Erscheinungen, die man hier in dem zuletzt betrachteten Gebiete hat, gewissermassen das Umgekehrte vor sich hat wie beim Schall oder beim Ton. Beim Schall oder beim Ton liegt das Eigentümliche vor durch das blosse Hineingestelltsein des Menschen in die Schall- oder Tonwelt, wie ich es charakterisiert habe, dass der Mensch sich nur mit der Seele in den Schall oder Ton als solchen hineinlebt und dass dasjenige, wo hinein er sich lebt durch den Leib, bloss dasjenige ist, was im Sinn einer solchen Betrachtung, wie ich sie in diesen Tagen gegeben habe, ansaugt das wirkliche Wesen des Schalles oder Tones - Sie erinnern sich des Vergleiches mit dem ausgepumpten Rezipienten -, ansaugt! Da bin ich drinnen, beim Schall, beim Ton, in dem Geistigsten, und dasjenige, was der Physiker beobachtet, der natürlich nicht das Geistige,

nicht das Seelische beobachten kann, das ist die äussere sogenannte materielle Parallel-Erscheinung der Bewegung, der Welle. Komme ich zu den Erscheinungen des letztbetrachteten Gebietes, dann habe ich ausser mir nicht nur die objektive - sogenannte - Materialität, sondern ich habe ausser mir dasselbe, was sonst in mir im Seelischen, Geistigen als Schall und Ton lebt. Es ist im wesentlichen auch im Äusseren vorhanden, aber ich bin mit diesem Äusseren verbunden. Hier habe ich in derselben, ich möchte sagen, Sphäre, in der ich nur die Wellen, die materiellen Wellen des Tones habe, da habe ich dasjenige, was sonst beim Tone eben nur seelisch wahrgenommen werden kann. Da muss ich dasselbe physisch wahrnehmen, was ich beim Tone nur seelisch wahrnehmen kann. An ganz entgegengesetzten Polen im Verhältnis des Menschen zur Aussenwelt stehen die Tonwahrnehmungen und zum Beispiel die Wahrnehmungen der elektrischen Erscheinungen. Nehmen Sie Ton wahr, dann zerlegen Sie sich gewissermassen selbst in eine menschliche Zweiheit. Sie schwimmen in dem ja auch äusserlich nachweisbaren Wellen- Element, Undulations-Element, Sie gewahren: Da drinnen ist noch etwas anderes als das bloss Materielle. Sie sind genötigt, innerlich sich regsam zu machen, um den Ton aufzufassen. Mit Ihrem Leibe, mit Ihrem gewöhnlichen Leibe, den ich hier schematisch hinzeichne, gewahren Sie die Undulation, die Schwingungen. Sie ziehen zusammen in sich Ihren Äther- und Astralleib, der nur einen Teil Ihres Raumes dann ausfüllt, und erleben das, was Sie erleben sollen in dem Tone, in dem innerlich konzentrierten Ätherischen und Astralischen Ihres Wesens. Treten Sie gegenüber als Mensch den Erscheinungen des letzten Gebietes, dann haben Sie zunächst überhaupt nichts von irgendeiner Schwingung und dergleichen. Aber Sie fühlen sich veranlasst, dasjenige, was Sie früher konzentriert haben, zu expandieren. Sie treiben überall Ihren Ätherleib und



Astralleib über Ihre Oberfläche heraus, machen sie grösser, und nehmen dadurch wahr diese elektrischen Erscheinungen. Ohne dass man zum Geistig-Seelischen

des Menschen fortschreitet, wird man nicht in der Lage sein, eine wahrheitsgemäße und wirklichkeitsgemäße Stellung zu den physikalischen Erscheinungen zu gewinnen. Man wird müssen sich vorstellen immer mehr und mehr: Schall-, Ton-, Lichterscheinungen, die sind verwandt unserem bewussten Vorstellungselemente; Elektrizitäts- und magnetische Erscheinungen, sie sind verwandt unserem unterbewussten Willenselemente, und Wärme liegt dazwischen. Wie das Gefühl zwischen Vorstellung und Willen liegt, so die äussere Wärme der Natur zwischen Licht und Schall auf der einen Seite und Elektrizität und Magnetismus auf der anderen Seite. Die Struktur der Betrachtung der Naturerscheinungen muss daher immer mehr und mehr werden - und sie kann es werden, wenn man der Goetheschen Farbenlehre nachgeht - eine Betrachtung des Licht-Ton-Elementes auf der einen Seite und des völlig entgegengesetzten Elektrizitäts- Magnetismus-Elementes auf der anderen Seite. Wie wir im Geistigen unterscheiden zwischen Luziferisch-Lichtischem und Ahrimanisch-Elektrizitätsartigem, - Magnetismusartigem, so müssen wir auch die Struktur der Naturerscheinungen betrachten. Und gleichgültig zwischen beiden liegt dasjenige, was uns in den Erscheinungen der Wärme entgegentritt.

Damit habe ich Ihnen für dieses Gebiet eine Art Richtweg angegeben, Richtlinien, in die ich vorläufig zusammenfassen wollte dasjenige, was Ihnen in diesen paar improvisierten Stunden hat von mir vorgetragen werden können. Es ist ja selbstverständlich, dass mit der Raschheit, mit der das Ganze inszeniert werden musste, es in den Absichten steckengeblieben ist, dass Ihnen nur einige Anregungen gegeben werden konnten, von denen ich hoffe, dass sie sich in recht baldiger Zeit hier werden ausbauen lassen. Ich glaube aber auch, dass Ihnen das hier Gegebene helfen kann, insbesondere den Lehrern an der Waldorfschule helfen kann, indem Sie da, wo Sie werden den Kindern naturwissenschaftliche Vorstellungen beibringen, darauf sehen werden, dass Sie zwar nicht unmittelbar, ich möchte sagen in fanatischer Weise, die Kinder so unterrichten, dass dann schon diese Kinder hinausgehen in die Welt und sagen: Alle Universitätsprofessoren sind Esel. - Sondern in diesen Dingen kommt es darauf an, dass sich Wirklichkeiten in entsprechender Weise entwickeln können. Es handelt sich also darum, dass wir nicht unsere Kinder beirren. Aber wir können ja das erreichen, dass wir wenigstens nicht zu viele unmögliche Vorstellungen in den Unterricht einmischen, Vorstellungen, die nur entnommen sind dem Glauben, dass das Traumbild, das über die Natur gemacht wird, eine äussere reale Wirklichkeit habe. So wird, wenn Sie sich selbst mit einer gewissen wissenschaftlichen Gesinnung durchdringen, welche durchdringt, ich möchte als Exempel sagen, dasjenige, was ich Ihnen in diesen Stunden vorgetragen habe, so wird Ihnen das für die Art und Weise, wie Sie mit den Kindern über die Naturerscheinungen reden, durch diese Art und Weise, dienen können. Aber auch in methodischer Weise glaube ich, dass Sie manches haben können. Obwohl ich gerne weniger im Galopp

durch diese Erscheinungen hindurchgegangen wäre, als es nötig war, so werden Sie doch gesehen haben, dass man in einer gewissen Weise verbinden kann das äusserlich Anschauliche im Experiment mit demjenigen, wodurch man Vorstellungen über die Dinge hervorruft, so dass der Mensch die Dinge nicht bloss anglotzt, sondern nachdenkt, und wenn Sie Ihren Unterricht so einrichten, dass Sie die Kinder an dem Experiment denken lassen, mit ihnen das Experiment vernünftig besprechen, dann werden Sie gerade im naturwissenschaftlichen Unterricht eine Methode entwickeln, welche diese Naturwissenschaft fruchtbar machen wird für die Ihnen anvertrauten Kinder. Damit glaube ich gerade durch ein Exempel etwas hinzugefügt zu haben noch an dasjenige, was ich im pädagogischen Kurs bei Beginn des Unterrichtes an der Waldorfschule gesagt habe.

Ich glaube, auf der anderen Seite, dadurch, dass wir diese Kurse haben einrichten können, haben wir etwas getan, was wiederum beitragen kann zu dem Gedeihen unserer Waldorfschule, welche sich wirklich entwickeln sollte - und nach dem guten, so sehr anerkennenswerten Anlauf kann sie ja das -, welche ein Anfang sein sollte von einem aus Neuem heraus schöpfenden, Wirken für unsere Menschheitsentwicklung. Wenn wir uns durchdringen mit diesem Bewusstsein: Es ist eben so vieles Brüchige in demjenigen, was sich bisher heraufentwickelt hat in der Menschheitsentwicklung, und es muss anderes Neugebildetes an dessen Stelle treten, dann werden wir gerade für diese Waldorfschule das richtige Bewusstsein haben. Gerade an der Physik zeigt es sich, dass eine ganze Anzahl von Vorstellungen wirklich ausserordentlich brüchig sind, und dieses hängt zusammen doch mehr, als man denkt, mit dem ganzen Elend unserer Zeit. Nicht wahr, wenn die Menschen soziologisch denken, so merkt man gleich, wo sie schief denken - das heisst, die meisten merken es auch nicht. Aber man kann es bemerken, weil man ja weiss, dass soziologische Vorstellungen in die soziale Ordnung der Menschen hineingehen. Aber wie gründlich die physikalischen Anschauungen in das ganze Leben der Menschheit hineingehen, davon bildet man sich doch nicht eine genügende Vorstellung, und so weiss man nicht, was die manchmal so schrecklichen Vorstellungen der neueren Physik eigentlich für Unheil in Wahrheit angerichtet haben. Ich habe ja öfter zitiert auch in öffentlichen Vorträgen, wie *Herman Grimm*, der seinerseits nur, ich möchte sagen, von aussen die naturwissenschaftlichen Vorstellungen angesehen hat, es mit einem gewissen Recht ausgesprochen hat, wie zukünftige Generationen es sich schwer werden begreiflich machen können, dass es einmal so eine wahnsinnige Welt gegeben hat, die sich die Entwicklung der Erde und des ganzen Sonnensystems aus der Kant-Laplaceschen Theorie heraus erklärt hat. Diesen wissenschaftlichen Wahnsinn zu begreifen, wird später einmal nicht leicht sein. So aber wie diese Kant-Laplacesche Theorie gibt es vieles, was heute in unseren Vorstellungen über die unorganische Natur ist. Aber wie werden sich die Menschen noch freimachen

müssen von Kantisch-Königsbergischem und Ähnlichem, wenn sie zu durchgreifenden gesunden Vorstellungen werden vorrücken wollen! Man erfährt da ganz sonderbare Dinge, an denen man sehen kann, wie sich das Verkehrte auf der einen Seite zusammenkettet mit dem Verkehrten auf der anderen Seite. Es ist doch etwas wie zum an die Wand Hinaufkriechen, was man in der folgenden Weise erfahren kann. Ich habe in diesen Tagen - wie man sagt, zufällig - vorgelegt bekommen den abgedruckten Vortrag, den ein deutscher Universitätsprofessor, der sich sogar in diesem Vortrag kundgibt als etwas Kantisch-Königsbergisches, an einer Universität des Baltenlandes über die Beziehungen von Physik und Technik gesprochen hat. Der Vortrag ist am 1. Mai 1918 gehalten. Ich bitte das Datum zu beachten: am 1. Mai 1918. Der Mann, der gelehrter Physiker der Gegenwart ist, spricht sein Ideal am Schlüsse dieses Vortrages aus und sagt ungefähr: Der Verlauf dieses Krieges hat klar gezeigt, dass wir viel zu wenig schon den Bund haben herstellen können zwischen der wissenschaftlichen Laboratoriumsarbeit der Hochschulen und dem Militarismus. In der Zukunft muss, damit die Menschheit in entsprechender Weise sich fortentwickeln könne, ein viel näheres Band geknüpft werden zwischen den militärischen Stellen und zwischen demjenigen, was an den Universitäten vorgeht, denn es muss in die Mobilisierungsfragen der Zukunft schon einbezogen werden alles dasjenige, was von der Wissenschaft aus die Mobilisierung zu etwas besonders Kräftigem wird machen können. Wir litten im Beginne dieses Krieges gar sehr darunter, dass dieses innige Band noch nicht geschlungen war, das daher in der Zukunft von den wissenschaftlichen Versuchsanstalten in die Generalstäbe hinein führen soll.

Meine lieben Freunde, es muss die Menschheit umlernen, und sie wird umlernen müssen auf vielen Gebieten. Kann sie sich entschliessen, auf einem solchen Gebiete, wie die Physik es ist, umzulernen, so wird sie am leichtesten auch dann bereit sein, auf anderen Gebieten umzulernen. *Die* Physiker aber, die so im alten Sinne denken, die werden immer nicht gar weit entfernt sein von der netten Koalition zwischen der wissenschaftlichen Versuchsanstalt und den Generalstäben. Es muss vieles anders werden. Möge die Waldorfschule immer eine Stätte sein, wo das erkeimt, was eben anders sein soll! Mit diesem Wunsche möchte ich zunächst diese Betrachtungen schliessen.