

3. Vortrag

25. Dezember 1919.

Meine lieben Freunde!

Es ist mir gesagt worden, daß doch dasjenige, worinnen wir die gestrige Betrachtung gipfeln lassen mußten, die Erscheinung, die durch das Prisma auftritt, daß diese Erscheinung 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 dem Licht- und Farbenerscheinungen ein wenig eingehender befassen, damit diese eigentliche *pièce de résistance* - eine solche ist es auch für die übrige Physik - damit diese uns eine gute Grundlage geben könne. Nicht wahr, 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 Betrachtung 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.

Sehen Sie, 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, daß da die polarisch sich zu einander verhaltenden Farbenerscheinungen 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 Schwierigkeiten des Verständnisses finden, daß Sie eigentlich 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, d.h. sich nur befassen mit dem Zählbaren, mit dem Räumlich-Formalen und mit dem Beweglichen. Nun sollen Sie sich bemühen, in Q u a l i t ä t e n zu denken, und Sie können wirklich in einem gewissen Sinn sagen: hier stock ich schon. Aber schreiben Sie das dem unnatürlichen Gang zu, den die wissenschaftliche Entwicklung in der neueren Zeit genommen hat, und den Sie durchgemacht haben, den Sie sogar werden in gewisser Weise mit Ihren Schülern durchmachen - 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, ich möchte sagen: 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 G o e t h e lesen, wie er bekannt geworden ist, in den 80er Jahren des 18. Jahrhunderts mit allerlei Behauptungen über das Auftreten von Farben im Lichte, also über diejenigen Farbenerscheinungen, von denen wir gestern begonnen haben zu sprechen. Es ist ihm gesagt worden, daß die allgemeine Anschauung der Physiker die sei, daß, wenn man farbloses Licht durch ein Prisma gehen lasse, so würde dieses farblose Licht gespalten, zerlegt. Also so etwa wurden die Erscheinungen interpretiert, es wurde gesagt: Wir fangen einen farblosen Lichtzylinder auf, so zeigt es uns zunächst

ein farbloses Bild. Wir stellen 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- in sich enthält 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 dem Grund gehen, und ließ 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 dazukommen-. 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 Farbigen wo irgend ein Rand war, wo ein Schmutzfleck war, sodaß das Schmutzige, das Trübe mit dem Hellen zusammenstieß. Da wenn man durchguckte sah man Farben; 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 Zurück-

schicken der Instrumente. Er behielt sie und verfolgte die Sache weiter. Und da stellte sich heraus, daß die Sache eigentlich gar nicht so ist, wie sie gewöhnlich dargestellt wurde, sondern daß, wenn wir Licht durchlassen, durch den Raum des Zimmers, so bekommen wir auf einen Schirm einen weißen Kreis. Sie sehen hier einen sehr schönen Kreis, wir haben ihn sehr schön geschnitten, und haben deshalb einen sehr schönen Kreis bekommen. Nun, wenn man diesem Lichtkörper, der da durchgeht, in den Weg stellt das Prisma, so wird der Lichtsylinder abgelenkt; aber es erscheinen zunächst durchaus nicht die sieben aufeinanderfolgenden Farben, sondern nur an dem unteren Rande tritt das Rotliche 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 sind, gewissermaßen, weil das Licht in sie zerpalten würde, sondern weil ich das Bild entwerfe und das Bild als solches Ränder hat, sodaß 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 treten die Farben auf. Es treten zunächst überhaupt nur die Farben als Randererscheinungen auf, und wir haben, indem wir die Farben als Randererscheinungen zeigen, im Grunde das ursprüngliche Phänomen vor uns. Wir haben gar nicht vor uns das ursprüngliche Phänomen, wenn wir nun den Kreis verkübeln und ein kontinuierliches Farbenbild be-

kommen. Das kontinuierliche Farbenbild entsteht nur dadurch, daß während beim großen Kreis die Randfarben eben Randfarben bleiben, setzen sie sich beim kleinen Kreis vom Rand herein die Farben bis zur Mitte fort, übergehen 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 hineinpfeuschen, sondern reinlich bleiben bei einem Studium der bloßen Tatsachen, 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. Wenn Sie schematisch diese seitliche Ablenkung verfolgen wollten, so könnten Sie es etwa auf die folgende Weise noch verfolgen.

Nehmen Sie an, Sie fügen zwei Prismen zusammen, sodaß 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 Doppelprisma einen Lichtzylinder durchgehen lassen, so würde ich natürlich etwas Ähnliches bekommen, wie gestern, ich würde müssen bekommen eine Ablenkung, das eine Mal nach unten, das andere Mal nach oben; ich würde, wenn ich hier ein solches Doppelprisma hätte, bekommen eine noch mehr in die Länge gezogene Lichtfigur, aber zu gleicher Zeit würde sich herausstellen, daß diese noch mehr in die Länge gezogene Lichtfigur sehr undeutlich ist, sehr düster ist. Das würde mit dadurch erklärlich werden, daß ich dann wenn ich hier die Figur mit einem Schirm auffange, so würde ich von diesem Lichtkreise hier ineinandergeschoben bekommen eine Abbildung. Aber ich

könnte den Schirm auch hereinrücken. Ich würde wiederum eine Abbildung bekommen. D.h. es gäbe hier eine Strecke -das liegt innerhalb der Tatsachen alles- eine Strecke, auf der ich immer die Möglichkeit, eine Abbildung zu bekommen, antreffen würde. Sie sehen daraus, daß durch das Doppelprisma mit dem Licht hantiert wird. Das eine, das ich immer finde, ist -nun-, daß ich bekomme immer hier außen einen roten Rand, und zwar jetzt oben und unten, und in der Mitte violett, sodaß ich also jetzt ein solches Bild bekomme: in der Mitte violett und nach außen einen roten Rand. Während ich sonst bloß bekomme das Bild von Rot bis violett, bekomme ich jetzt die äußeren Ränder rot und in der Mitte violett und dazwischen die anderen Farben. Nun, man kann umgehen diese Tatsache, daß hier durch eine gewisse Strecke hindurch Bilder angetroffen werden. Wenn ich den Schirm verschiebe, dann bekomme ich Bilder. Also ich könnte durch ein solches Doppelprisma die Möglichkeit schaffen, daß eine solche Figur entstände. Aber ich würde diese auch bekommen, wenn ich in dieser Richtung 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 abgehe, so ein ganz weiter Raum ist, auf dem die Möglichkeit besteht, solche Bilder zu schaffen, aber Sie ahnen wohl, die Möglichkeit könnte nur geschaffen werden, wenn ich das Prisma immer ändern würde, wenn ich z.B., weil bei einem Prisma, dessen Winkel hier größer ist, an einer anderen Stelle das Bild entworfen wird, wenn ich den Winkel hier kleiner machen würde, würde das Bild an einer anderen Stelle entworfen werden, 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 Doppelprisma, aber mit gekrümmten Flächen, die stellen wir in den Weg. Sie sehen, wenn ich die Linse in den Weg stelle, bekomme ich das Bild zunächst wesentlich verkleinert. Also was ist denn da eigentlich geschehen? Der ganze Lichtzylinder ist zusammengezogen. Dieses ist der ursprüngliche Durchschnitt des Zylinders. Indem ich diese Linse in den Weg stelle, bekomme ich den ganzen Lichtzylinder zusammengezogen, verengt. Da haben wir eine neue Wechselwirkung zwischen 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. Wollen wir uns die Sache einmal schematisch aufzeichnen. Wenn ich hier einen Lichtzylinder habe, von der Seite gezeichnet, ich lasse sein Licht durch die Linse gehen, -wir wollen das heute noch ganz roh behandeln- so durch die Linse gehen, -während z.B. wenn ich eine gewöhnliche Glasplatte entgegensetzen würde, oder wenn ich eine Wasserplatte entgegensetzen würde, so würde der Lichtzylinder einfach durchgehen, und es würde sich dem Schirm eben ein Abbild des Lichtzylinders ~~geben~~ ergeben. Das ist nicht der Fall, wenn ich nicht eine Glasplatte oder 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, das so im Durchschnitt gestaltet ist -oder im Querschnitt-, das mit dieser Kante hier die Prismen zusammenstoßen. 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 abgehe während einer gewissen Strecke, die Möglichkeit haben, das Bild mehr oder weniger undeutlich zu bekommen. Ich würde hier in diesem Fall oben violett, bläulich haben, 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 Doppelprismas setzen eine Linse mit folgenden Querschnitt:  Während diese Linse $\phi ()$ ihrem Querschnitt nach sich zeigt in der Mitte dick und an den Rändern dünn, zeigt sich diese  in der Mitte dünn und an den Rändern dick. 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 Erscheinung verfolgen, so muß ich sagen: der Lichtzylinder ist auseinandergeweitert worden, er ist im wesentlichen auseinandergetrieben worden. Das ist das einfache Faktum.

Nun was sehen wir aus diesen Erscheinungen? Wir sehen aus diesen Erscheinungen, daß eine Beziehung herrscht zwischen dem Materiellen, das uns zunächst als durchsichtiges Materielles entgentritt in den Linsen und Prismen, zwischen diesem Materiellen

und demjenigen, was durch das Licht zur Erscheinung kommt. Und wir sehen auch in gewissen Sinn eine gewisse Art dieser Wechselwirkung. Dann 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 weit diese Weitung möglich ist. Diese Weitung kommt ja dadurch zustande, daß das Materielle, durch 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. 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 diese 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 hindurchgeht. 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 hineinzeichnet,

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 Lichte 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 zeichnen. Das alles hätte mit dem Licht als solches nichts zu tun. Dieses Zeichnen von Linien in das Licht hinein ist man gewohnt worden, zu vollziehen, 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: irgendwo 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, sie sind nun eigentlich zum Untergrund gerade für das materialistische Denken auf die-

sem 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 -sagen wir- z.B. Wasser, und da unten irgend einen Gegenstand liegen, meinetwegen einen Taler oder dergl. 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; so werde ich 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 den Gegenstand. Das ist der einfache Tatbestand. Wenn ich anfangen nun zu zeigen: Von diesem Gegenstand geht ein Lichtstrahl aus, der wird in das Auge geschickt, affiziert das Auge, dann meine lieben Freunde, phantasiiere ich schon alles Mögliche dazu. Nun fülle ich bis hierher das Gefäß mit Wasser, oder irgend einer 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, ich gucke, gucke nach der Richtung, in der ich früher geguckt habe. Ich konnte 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 da-

rauf hin, aber ich sehe ihn nicht in dieser 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 hinunterschaun und zwischen meinen Augen und dem Boden war nur die Luft. Jetzt stößt meine Visirlinie 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. 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, den Boden des Gefäßes zu senken, und hier ein Gas hineinzufüllen, das dünner wäre als Luft, dann würde der Gegenstand hier sich 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 - "aber das Auge, das, nachdem es die Nachricht bekommen hat durch den Lichtstrahl, das 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 Lichte alles selbst zuschieben, so wie man hier beim Prisma sagt: O, das Prisma macht gar nichts, sondern die sieben Farben sind schon im Licht 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 am Wasser finden dadurch gezwungen sind, die Visierlinie abzukürzen durch den stärkeren Widerstand, sagt der Physiker: Da werden Lichtstrahlen geworfen die werden gebrochen usw. Und dann gerade das Allerschönste an dieser Stelle, meine lieben Freunde: Sehen Sie, der Physiker sagt, der heutige Physiker: Da wird also zunächst das Licht ins Auge auf gebrochenem Wege gelangen, dann projiziert das Auge das Bild nach außen. Was heißt das? Zum Schluß sagt er doch: Das Auge projiziert. Er setzt nur eine/My phoronomische Vorstellung, eine von allen Realitäten verlassene Vorstellung, eine reine Phantasietätigkeit, an Stelle dessen, was sich unmittelbar darbietet: der Widerstand des dichtereren 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 will in die Q u a l i t ä t e n hineingehen. Auf der

einen Seite also entkleidet man das Auge jedweder Aktivität: von den Gegenständen gehen die Lichtstrahlen aus -gelangen ins Auge-, 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 vorn nach hinten etwas zusammenge-
drückt eine Kugel, die hier in der Knochenhöhle drinnen sitzt so, daß eine Reihe von Häuten zunächst das Innere dieses Auges umgibt. Wenn ich den Durchschnitt zeichnen will, so müßte ich da so zeichnen: Ich zeichne ~~aber das Auge so von der Seite -es ist übrigens~~
~~gleich~~ Ihnen das Auge jetzt so auf: sehen Sie, wenn Sie das Auge so anschauen, wie das Ihres Nachbarn, so sehen Sie in die Pupille, ich zeichne aber das Auge so von der Seite -es ist übrigens gleich-
ich will den Durchschnitt zeichnen. Das, was ich jetzt zeichne, wäre das rechte Auge, und es müßte da ebenso gehalten werden. 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 Sclerotica. Hornhaut. Sehnig, knochig, knorpelig ist die äußerste Umhüllung des Auges. Ich habe sie hier gezeichnet. Sie wird nach vorne durchsichtig, sodaß das Licht von hieraus in das Auge eindringen kann. Eine zweite Schicht, 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 dem Ciliarmuskel, ist eine Art Linse. Sie wird hier durch einen Muskel, den man den Ciliarmuskel nennt, getragen. Nach vorn ist hier die durchsichtige Hornhaut und zwischen der Linse und ihr ist dasjenige, was man die wässrige Flüssigkeit nennt, sodaß, wenn das Licht in das Auge eindringt, es erst die durchsichtige Hornhaut 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. Sodaß 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 in das Gehirn geht. Das sind zunächst schematisch -wir wollen zunächst das Prinzipielle uns vor Augen stellen- schematisch diejenigen Dinge, die uns veranschaulichen können, was dieses Auge, das da in eine Höhle der Schädelknochen eingebettet ist, für Teile hat. Aber dieses Auge 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 Gehalt nach fast richtige 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 äußeren

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, diese Linse, das ist auch noch etwas sehr sehr objektives, sehr sehr Unlebendiges. Gehe ich dagegen an 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, das fast wie eine äußere Flüssigkeit oder ein äußerer Körper ist. Da drinnen ist schon Vitalität, da drinnen ist Leben, sodaß 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 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 verfolgt von der niederen Tierreihe aus, 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 Innern 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 es schiebt ihm ein Lebendigeres ein Vitaleres entgegen, den Glaskör-

per. Gerade im Auge treffen sich die Bildungen, die von außen 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 gerade just die Eigentümlichkeit, 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 dasjenige, was das Licht empfindet. Aber er empfindet das Licht just nicht da, wo er eintritt. Das tut er (aber) nicht. Das bitte ich im Auge zunächst zu behalten.

Nun, daß diese Einrichtung des Auges eine außerordentliche -ich möchte sagen- von Weisheit der Natur erfüllte ist, das können Sie etwa aus dem Folgenden entnehmen: Wenn Sie so des Tages über die Gegenstände um sich herum beschauen, ja dann finden Sie, daß die Gegenstände Ihnen, soweit Ihre Augen gesund sind, erscheinen mehr oder weniger scharf, 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 etwas 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 differenziert wird in Linse und Glaskörper die Tätigkeit, und dann die Tätigkeit 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 noch folgendes Experiment vor Augen führen.

Sehen Sie, ich habe hier eine Scheibe so bestrichen, daß ich sie bestrichen habe 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 in Bewegung die sieben Farben, und 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 schnell genug rotiert, so sehen Sie

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 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 moderne Physik sagt. Sie sagt: -hat auch schon zu Goethes Zeiten gesagt- da habe ich die Regenbogenfarben: rot, orange, 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 usw.usw. und dann, während ich noch die übrigen Farben habe, ist schon wieder rot da. Dadurch habe ich alle Farben zu gleicher Zeit, es ist der Eindruck von Rot noch nicht vorüber, wenn das Violett kommt. Dadurch setzt man für das Auge die sieben Farben zusammen, und daß muß wieder 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 Lichtfarben, 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 fundamentalen 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 unsere Gebiete, die Möglichkeit bekommen, vorwärts zu kommen.

13.5.22.

----- : : : ----- : : : -----