

*Der Raum des Lichtes und der
Finsternis*

Beiträge zu einer neuen Lichtlehre

Karl Stockmeyer

*Aus:
Erziehungskunst, IX. Jahrgang
Dezember 1935*

[256] Kein Wissenschaftsgebiet bestimmt durch die Art seines Aufbaus auch nur annähernd so stark die Art der Weltbetrachtung des Menschen wie die Optik. Wer die Erlebnisse des Sehens als Wirkungen ansieht von Vorgängen im stets unsichtbar und unerlebbar bleibenden sogenannten Lichtäther, der muß sich mit seinem Sehen aus der Raumwelt zurückgedrängt fühlen und verwiesen fühlen auf sein seelisches Alleinsein, aus dem der Weg in die Weltenwirklichkeit absolut verwehrt ist. Und wenn auch auf dem rein philosophischen Wege einwandfrei erwiesen werden kann und von Rudolf Steiner zuerst erwiesen ist, daß der Mensch nicht verurteilt ist im seelischen Alleinsein zu bleiben, so werden der gedanklich auferbauten gesunden Erkenntnisanschauung sich doch immer wieder lähmende Zweifel entgegenstellen, solange die Lichtlehre die Form behält, durch die alle Wirklichkeit des Lichtes nur im Schwingungsvorgang gesucht wird und das Erscheinende in die einsame Seele verlegt wird. Gelänge es aber, die Lichtlehre von dem hypothetischen Äther zu befreien und sie rein aus den Tatsachen heraus und bis in alle Einzelheiten hinein so aufzubauen, daß die denkende Seele sich von den Gedanken dieser Lichtlehre in den lichtdurchfluteten

257

Raum hinausgetragen fühlen könnte, dann würde das der gesunden Erkenntnisanschauung die stärkste Förderung schaffen.

Eine solche Lichtlehre könnte dem jungen Menschen geradezu eine Vorschule der Erkenntnistheorie werden.

★

Hier sollen einige Grundlinien einer solchen Lichtlehre entwickelt werden, nicht so, wie sie dem Schüler vorzutragen wären, sondern so wie der Sachverständige zum Sachverständigen spricht. Es soll damit das um einige Schritte weitergeführt und verallgemeinert werden, was schon vor einer Reihe von Jahren mit dem Aufsätze über «*Die Erscheinung der Optischen Hebung*» in dieser Zeitschrift¹ angefangen wurde.

¹ Zur Pädagogik Rudolf Steiners, III. Jahrg., 3./4. Heft, September 1929, und IV. Jahrg., 4. Heft, Oktober 1930.

Die moderne Physik hat den Weg zum Verständnis des Lichtwesens gründlich verbaut, und es ist deshalb nötig, erst zu dem eigentlichen Phänomen wieder einen Zugang zu gewinnen. Heute glaubt man das Phänomen Licht zu haben, wenn man sich mit dem den Raum mit der Geschwindigkeit von 300 000 km in der Sekunde durchheilenden Lichtstrahl befaßt. In Wirklichkeit hat man damit aber gewissermaßen nur den dritten Teil des Phänomens, zu dem eben noch die Lichtquelle und die beleuchtete Fläche dazugehören. Das Lichtphänomen umfaßt die Dreiheit: *Lichtquelle – lichtdurchfluteter Raum – beleuchtetes Finstere.*

Ich möchte am Anfang dieser Betrachtung diese Dreiheit modifizieren in die *Vorstellung der Sonne, die ihr Licht in den finsternen Weltenraum hinausstrahlt, in dem sich nichts befinden möge, was geeignet wäre, das Licht der Sonne aufzuhalten.* Gerade diese Vorstellung scheint mir besonders geeignet, das Denken von altgewohnten Bahnen frei zu machen, weil ihm Anstöße gegeben werden, die es aus den alltäglichen Vorstellungen heraus nie bekommt: Man wird ja gegenüber dieser hypothetischen Vorstellung von der im Raume allein befindlichen Sonne sofort empfinden, daß mit ihr das Problem des Raumes selbst heraufkommt. Man wird sich fragen: Ist denn ein Raum ohne Körper in ihm überhaupt denkbar? – Denkbar allerdings, denn die gesamte Mathematik ist nichts anderes als die Wissenschaft von dem, was im bloß gedachten Raum gedanklich erlebt werden kann. Aber er ist nicht ausmeßbar. Man kann keine konkrete Größenvorstellung mit ihm verbinden. [258] Daher bleibt für seine Betrachtung nur diejenige Begriffswelt anwendbar, die durch die sogenannte *Projektive Geometrie* geschaffen wurde. Im ganzen Bereich ausgebildeter Begriffe gibt es nichts, was auf die in den körperlosen Raum scheinende Sonne anwendbar wäre außer den Begriffen der Projektiven Geometrie. – Sie hat die Vorstellung geschaffen von der geraden Linie, die nur einen unendlich fernen Punkt hat, so daß sie ähnlich wie ein Kreis als ein in sich geschlossenes Gebilde betrachtet werden muß. Zwar ist diese Vorstellung einer geraden Linie noch nicht unmittelbar auf das Licht anwendbar, denn die im Licht zu ziehenden Linien verlaufen zwischen gegensätzlichen Elementen, zwischen Lichtquelle und finsterem Körper oder hier finsterner Unendlichkeit, während die geraden Linien der projektiven Geometrie zwischen Gleichartigem verlaufen, zwischen zwei qualitativ nicht unterscheidbaren unendlich fernen Punkten des Weltumkreises. Aber der projektivische Begriff der

geraden Linie hat zunächst einmal dahin geführt, daß man sich mit den Grenzen des Raumes befassen muß. Man kann auf den Gedankenwegen der Projektiven Geometrie dem Gedanken nicht entrinnen, daß der gesamte Raum, wie wir ihn erleben, ein derart in sich geschlossenes Gebilde ist, daß der Versuch, ihn in einer Richtung zu verlassen, zur Rückkehr in ihn von der entgegengesetzten Seite her führt. Und das wieder ist nicht anders denkbar als durch das Hinzunehmen des Gedankens vom *unräumlichen Sein*, das alles Räumliche in höherer Einheit umfaßt. Wer die Projektive Geometrie denkt, muß – gleichgültig, ob er es sich gesteht oder nicht – mitdenken, daß wir, wenn wir im Raume irgendeine Richtung verfolgen, schließlich den Raum verlassen müssen, daß wir ins Unräumliche untertauchen, durch dessen Vermittlung wir den Weg in den Raum von der anderen Seite her wiederfinden². – Hat man es einmal unternommen, den Raum in seiner Beziehung zum Unräumlichen zu denken – womit man ja schließlich einfach an die Lehre des Pythagoras von *πέρας* und *ἄπειρον* angeknüpft hat – dann liegt es außerordentlich nahe zu denken, daß es vielleicht auch Möglichkeiten im räumlichen Geschehen geben könnte, durch die der Übergang aus dem Raume in das Unräumliche oder umgekehrt auch an einem endlichen Raumpunkte geschehen könnte. Denn die Projektive Geometrie lehrt ja auch die vollkommene Gleichartigkeit der endlichen und der sogenannten unendlich fernen [259] Punkte des Raumes. – Das Licht entsteht an einer bestimmten Stelle im Raume. An dieser Stelle wird es räumlich. Es ist nicht im Raume wie die Körper, sondern es *wird* in jedem Augenblicke. Wir sprechen deshalb von der *Lichtquelle*. Diese Quelle fließt in recht eigentlichem Sinne in den Raum hinein.³ Von ihr aus macht das Licht nach allen Richtungen seinen Weg durch den Raum, und wenn keine Körper in seinen Weg treten, wie es ja unsere zunächst gebildete Vorstellung voraussetzt, dann verläuft es bis zum unendlich fernen Umkreis des Raumes. Es verschwindet für die Möglichkeit des räumlichen Erlebens, es wird wieder unräum-

² Von diesem Gesichtspunkte ist es sehr bedeutsam, daß die unendliche Mannigfaltigkeit der im Raum möglichen Geraden sich eineindeutig einer andern zuordnen läßt, nämlich der Mannigfaltigkeit aller durch einen Punkt hindurchlegbaren Kreise.

³ Vergleiche hierzu die Einleitungen zu Goethes Naturwissenschaftlichen Schriften von Rudolf Steiner, 3. Band, Seite X ff.

lich. – Damit ist der Kreis geschlossen, – denn im Unräumlichen gibt es kein Hier und Dort; das ins Unräumliche zurückgekehrte Licht ist von dem noch nicht aus dem Unräumlichen hervorquollenen Licht nicht zu unterscheiden. – Dieser Vorgang ist noch völlig zeitlos; wir können nicht sagen, wie lange es dauert, bis das in den Raum quellende Licht am Umkreis des Weltraumes versinkt, so wenig wie wir in diesem Raume konkrete Maße anlegen können. Aber der Vorgang umfaßt den ganzen Raum, wenn auch in einer anderen Weise, wie es die Mannigfaltigkeit der Gedanken der Projektiven Geometrie tut. Der Lichtvorgang umfaßt den Raum so, daß dabei ein Gegensatz auftritt, der Gegensatz von Lichtquelle und von Lichtversinkung, der Gegensatz von Lichtemission und Lichtabsorption. – Weltenumkreis und Sonnenmittelpunkt sind im Sinne dieser Vorstellung die Grenzen des Lichttraumes, und das Licht bewegt sich von der Sonne als der einen Raumesgrenze zum Weltenumkreis als der andern Raumesgrenze. Man kann auch sagen: Das Unräumliche spaltet sich für das Licht so, daß der Spalt nun die beiden Ränder hat, die wir als Sonne und als Weltenumkreis kennen. Zwischen diesen Rändern spielt sich der ganze Prozeß des Lichtes ab, soweit es eine räumliche Wesenheit ist. Das Unräumliche spaltet sich noch in der verschiedenartigsten Weise und läßt sein Wesen als Sinnestatsache erscheinen, als Ton, als Wärme usw. So entstehen die verschiedenartigsten Raumwesen, die für das Bewußtsein des Menschen sich zu einer Welt zusammenschließen.

Die Vorstellung von der Sonne, die ihr Licht in den Weltenraum hinaussendet und es dann unräumlich wieder empfängt, muß noch für einen Augenblick festgehalten werden: Man muß sich klar werden, daß ja, wenn diese Vorstellung Wirklichkeit wäre, um die Sonne herum [260] finsterste Nacht wäre. Das nur den Raum durchflutende und von ihm ganz aufgenommene Licht kommt noch nicht zur Erscheinung, es geht unverwandelt ins Unräumliche zurück.

Dies ändert sich aber sofort, wenn in dem Raum, der sich um die Sonne herum ausdehnt, sich irgendwelche Körper befinden, die das Licht nicht so aufnehmen, wie dieser Raum. – Am wenigsten verschieden vom Raume verhält sich offenbar das, was die Physik mit dem Begriffe des absolut *schwarzen Körpers* meint. Schon jeder gewöhnliche schwarze Körper nimmt das Licht so auf, daß nur sehr wenig Licht wieder von ihm zurückstrahlt, daß aber auch wenig durch ihn hindurchdringt. Und jeder schwarze Körper wird

im Licht warm. Da wo das Licht so aufgenommen wird, daß es nicht wieder ausstrahlt, aber auch nicht hindurchgeht, tritt Wärme auf. Bei dem sogenannten absolut schwarzen Körper würde alles Licht verschwinden und dafür eine höchste Quantität von Wärme auftreten. Ein solcher Körper kann nicht verwirklicht werden, aber man muß sich eigentlich sagen: Wenn der schwarze Körper sich dem Licht gegenüber so sehr ähnlich verhält wie der Raum selbst, wenn beide das Licht so aufnehmen, daß nichts zurückstrahlt, dann ist eben der Raum selbst der absolut schwarze Körper, und das Licht, das am Weltenumkreis verschwindet, wird die Ursache für das Auftreten von Wärme. Der schwarze Körper hat der Lichtquelle gegenüber die Funktion, ihr gewissermaßen den Weltenumkreis näherzubringen, so daß das Verschwinden des Lichtes, besser gesagt, das Übergehen des Lichtes ins Unräumliche nun schon eher und näher an der Lichtquelle geschieht als ohne das Dazukommen des schwarzen Körpers möglich wäre. Nun hat im Grunde jeder Körper sozusagen etwas Schwärze an sich, d. h. jeder Körper absorbiert, wie man sagt, etwas Licht, der eine mehr, der andere weniger. Das heißt also, daß jeder Körper der Lichtquelle gegenüber dahin wirkt, daß der Übergang des Lichtes ins Unräumliche vorzeitig und im Raume, nicht am Weltenumkreis geschieht. –



Auch der Mensch tritt mit seinem Auge der Lichtquelle zunächst als absorbierende Schwärze entgegen. Damit ist natürlich das Wesen des Sehens nicht erschöpft, aber es ist ein Ausgangspunkt für die Betrachtung des Sehvorgangs im Zusammenhang mit dem Lichtwesen gefunden: Das Sehen steht, insofern es in einem Absorptionsvorgang anhebt, der Lichtquelle polarisch gegenüber.

[261] In einem methodischen Aufbau der Lichtlehre ist das Sehen so früh einzuschalten wie nur möglich. Wir wissen ja doch nur von dem Lichte, weil wir zu sehen vermögen; und in die ganze Begriffsbildung über das Lichtwesen soll von ihrem Anfang an die Tatsache mit hineinfließen, daß wir als Sehende uns selbst in die dreigliedrige Einheit des Lichtphänomene einschalten, und zwar an der Stelle des Finsteren, das das Licht absorbiert. Und wenn auch dieses Eintreten des sehenden Menschen in die dreigliedrige Einheit des Lichtvorgangs an dieser Stelle einer Lichtlehre noch voller Rätsel bleiben muß, so kann es vielleicht gerade deshalb um so mehr als bedeutsam empfunden werden, daß der sehende Mensch an der Stelle des Finsteren, doch auch wieder ein anderes

ist als ein gewöhnliches Finstere: Wenn dieses das Licht zum Verschwinden bringt und nur statt seiner die Wärme auftritt, so wandelt sich im Menschen das äußere Licht in das innere der Erkenntnis. Er schafft, als Finsternis dem Lichte gegenübergestellt, ein neues Licht, das ohne ihn nicht da wäre. –

Das eigenartige Eingeschaltetsein des sehenden Menschen in den Lichtvorgang wird uns in allen weiteren Betrachtungen zu beschäftigen haben.

*

Bei der Absorption des Lichtes hat man es mit einer durchaus räumlichen, d. h. dreidimensionalen Wirkung zu tun. Der Körper, der das Licht absorbiert, wirkt, insofern er es eben absorbiert, durch seine Raumausfüllung. Er verdichtet eigentlich nur die Wirkung, die der körperlose Raum auch schon auf das Licht ausübt. Ein absorbierender Stoff wirkt um so stärker, je dicker die Schicht ist, die das Licht durchlaufen muß.

Erst mit dem Auftreten des das Licht absorbierenden Körpers im Raume tritt auch die Möglichkeit ein, bestimmte mit dem Licht zusammenhängende Linien im Raume zu ziehen. Denn «hinter» dem absorbierenden Körper ist ja der Schatten, der begrenzt wird von all den geraden Linien, die man von der Lichtquelle aus an den Grenzen des Körpers entlang ziehen kann.

Man hat es daher nun mit zwei durchaus verschiedenen Arten von finsternen Räumen zu tun: rings um die Lichtquelle ist der Raum finster, aber von unsichtbarem Licht durchflutet, im Schattenraum dagegen herrscht eine lichtlose Finsternis. Betrachtet man den lichtdurchflossenen finsternen Raum als den eigentlichen Lichtraum, so ist der Schatten eine Aussparung des Lichtraums.

[262] Wenn man die Lichtschattengrenze, die ja – vorerst wenigstens – nur «hinter» dem finsternen Körper eine Bedeutung hat, rückwärts gegen die Lichtquelle verlängert, dann grenzt man damit den Raum ab, der mit der Lichtquelle und dem absorbierenden Finsternen zusammen die dreigliedrige Einheit des konkreten Lichtgeschehens im engeren Sinne darstellt, denn das in diesem abgegrenzten Raume sich bewegende Licht ist es, das gerade von dem bestimmten Finstern absorbiert wird.

Die Lichtquelle stellt die gewissermaßen aktive Seite der dreigliedrigen Einheit des Lichtphänomens dar, das Finstere hält diese

Aktivität auf, aber es konfiguriert sie damit auch und schafft so erst den in sich gestalteten Raum als konkret Erlebbares.

Besonders reich wird die Gestaltung des Lichtraumes, wenn durch eine unvollständige Absorption die Farben hervorgerufen werden. Darauf soll jedoch hier, wo es sich nur um eine Skizze handeln kann, nicht eingegangen werden.



Ein ganz anderer Vorgang als die Absorption des Lichtes ist die Reflexion. Reflexion des Lichtes tritt an jeder «wirklichen» Fläche auf, d. h. überall da, wo zwei Raumauffüllungen verschiedenen Charakters sich berühren.

Worauf es nun bei der Reflexion eigentlich ankommt, das sieht man am vollkommen reflektierenden Körper, wenn er mit seiner Oberfläche eine geometrische Ebene bildet. Ein solcher Körper oder eine solche Oberfläche bleibt unsichtbar. Man sieht nur außerhalb der wirklichen Lichtquelle noch ein Bild derselben, und wenn mehrere Lichtquellen da sind, so sieht man Bilder von allen, und zwar symmetrisch zu den wirklichen Lichtquellen angeordnet. Die reflektierende Oberfläche ist Symmetrieebene. Bei der vollkommenen Reflexion an einer geometrischen Ebene verdoppelt sich also geradezu der Raum, er tritt neben seiner Wirklichkeit noch einmal als Bild auf. Dieses Bild ist aber nicht zugänglich, es ist nicht so im Raume wie die Körper. Man kann es nicht von allen Seiten erleben wie diese; man nennt es virtuell. – Das Spiegelbild ist nur für das sehende Wesen da. Indem wir uns mit ihm befassen, schalten wir wieder das sehende Wesen in den Lichtprozeß ein und vollenden erst damit wieder die dreigliedrige Einheit desselben, denn an der spiegelnden Fläche findet der Lichtvorgang seine Vollendung nicht, er setzt sich in der Reflexion fort und findet sein [263] Ende auch erst in einem absorbierenden Finstern, auf das er nun etwa auftrifft. Ist dieses Absorbierende das Auge, so tritt das Erlebnis des *Spiegelbildes* auf. –

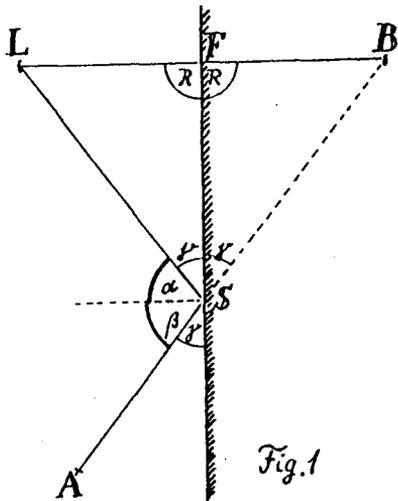
Die Tatsache des Spiegelbildes läßt von einer neuen Seite Licht fallen auf das Rätsel des Sehens. Dieses hebt als ein Absorptionsvorgang an, aber als ein besonderer, durch den für das sehende Wesen eben das Bild der Lichtquelle da ist. Das sehende Wesen tut etwas, das über die Absorption des Lichtes hinausgeht; es schafft das Bild, das ohne es nicht da wäre. Und dieses Bild trennt sich beim Reflexionsvorgang von der Lichtquelle, es erscheint in einem anderen Raume, in einem Raume, der nur für das sehende

Wesen eine Bedeutung hat, während es beim unmittelbaren Sehen der Lichtquelle mit dieser vereint bleibt.

Damit ist ein neues Rätsel hingestellt: Was ist das für eine Tätigkeit, durch die das sehende Wesen das Bild der Lichtquelle schafft?

*

Das Bild, das vom ebenen Spiegel entworfen wird, ist gerade so groß wie die durch es



groß wie die durch es wiedergegebene Wirklichkeit und liegt symmetrisch zu ihr mit Bezug auf die Spiegelebene. Das ist die Tatsache, von der man bei der Betrachtung der Reflexion ausgehen sollte. In ihr steckt auch das bekannte Reflexionsgesetz von der Gleichheit von Einfallswinkel α und

Reflexionswinkel β , und die beigelegte Zeichnung (Fig. 1) beweist schon durch den Anblick die Gültigkeit dieses Gesetzes, wenn die Symmetrie von Lichtquelle L und Spiegelbild B derselben vorausgesetzt wird. Wenn $LF = BF$ ist und wenn die Winkel LFS und BFS Rechte [264] sind, dann müssen die Dreiecke LFS und BFS kongruent sein, und dann sind die drei Winkel γ je einander gleich. Dann aber sind, wenn die punktierte Linie in S auf der Spiegelebene senkrecht steht, auch α und β einander gleich.

Gewöhnlich demonstriert man das Reflexionsgesetz durch Versuche mit schmalen Lichtkegeln oder Lichtzylindern und leitet daraus die Symmetrie von Lichtquelle und Spiegelbild ab. Dabei muß man eine endlich große Pupillenöffnung voraussetzen. Die Ableitung ist daher etwas umständlicher als die hier gegebene, bei der das Reflexionsgesetz aus der symmetrischen Bildlage abgeleitet wird. Viel wesentlicher ist aber der methodische Unterschied. Der übliche Weg vom Reflexionsgesetz zur Bildsymmetrie baut das Gesichtserlebnis aus den nicht erlebten Strahlen auf; er stempelt damit von vornherein das unmittelbare Erlebnis als ein

Sekundäres, hinter dem der Reflexionsprozeß als Konstitutives und Primäres verborgen bleibt. Die Seele wird mit ihrem unmittelbaren Erleben auf sich selbst zurückverwiesen. Die Wirklichkeit wird so gedacht, daß das wirkliche Erleben der Seele darin keinen Platz hat. – Ganz anders steht es damit, wenn von der Bildsymmetrie als unmittelbar erlebter Tatsache ausgegangen wird (die sich ja auch leicht experimentell demonstrieren läßt). Wenn man dann im oben angegebenen Sinne das Reflexionsgesetz ableitet, dann gewinnt es eine völlig andere Bedeutung: Es ist nun nicht mehr nicht erlebtes Aufbauelement des Erlebens, sondern es stellt eine begriffliche Beziehung dar zwischen den Elementen des gesamten Licht-Seh-Vorgangs, unter der Voraussetzung, daß dabei eine Reflexion mitwirkt. Das sehende Wesen kann sich nun selbst in den räumlich bestimmten Vorgang eingefügt fühlen; und die Beziehung zwischen den Elementen dieses Vorgangs, wie sie im Reflexionsgesetz ausgesprochen ist, ist ein im Erlebnis selbst wirksames, ist etwas, woran die Seele selbst mitwirkt, denn sie setzt selbst das Bild dahin, wo es dem Reflexionsgesetz entsprechend ist. –

Damit ist ganz bewußt auf ein Postulat unserer ganzen modernen Physik verzichtet, das dem Physiker ganz besonders tief in den Knochen steckt, das Postulat, daß sich die Erscheinungen aus bestimmten Urelementen einfacher Art aufbauen lassen müssen. Diesem Postulat gemäß ist eine physikalische Tatsache erst dann voll verstanden, wenn sie auf das gleiche Grundelement zurückgeführt ist, aus dem alle anderen bisher bekannten Tatsachen schon aufgebaut sind. Der Vertreter dieses Postulats müßte zu der hier gegebenen Darstellung, die [265] von der Bildsymmetrie ausgeht und aus ihr das Gesetz der Reflexion ableitet, sagen: «Es ist ganz interessant, daß man auch auf diese Weise zum Reflexionsgesetz kommen kann, denn das ist ein Beweis mehr für die grundlegende Bedeutung dieses Gesetzes. Und um so mehr haben wir Grund daran festzuhalten, daß die Bildsymmetrie mit Hilfe des Reflexionsgesetzes aufgebaut wird, wobei nur darauf hingewiesen sein mag, daß auch das Reflexionsgesetz noch nicht das letzte und elementarste Aufbauelement ist, daß es vielmehr selbst wieder aus dem Schwingungsvorgang abgeleitet werden muß usw.» – Demgegenüber ist zu sagen: Alles Zurückführen des unmittelbar im Raume Erlebten auf einheitliche Aufbauelemente bedeutet nur, daß wir das Interesse für das Erlebte ersetzen durch das Interesse für dieses Aufbauelement. Aber damit kommen wir

nicht an ein Ziel. Denn jedes Element, aus dem wir das Erlebte aufbauen wollen, erweist sich bei näherem Zusehen selbst wieder als etwas, das aus anderem erst aufgebaut werden müßte. So verlieren wir das eigentlich Erlebte immer mehr aus den Augen und geraten in eine Bewegung, die kein Ende hat, und die uns verführt, eine Welt in unseren Gedanken aufzubauen, zu der unser Erleben nie einen Zugang haben kann. – Wir wollen statt dessen dem anderen Postulat folgen, das uns auffordert, das Gesehene wirklich im Raume zu verfolgen und es immer genauer und genauer sehen zu lernen. Dann werden wir allerdings bemerken, daß wenn wir das Gesehene durch bestimmte Vorrichtungen immer mehr und mehr nach der einen oder anderen Richtung hin einengen, andere und immer andere Erscheinungen auftreten; wir werden die Gesetze und Bedingungen der ursprünglichen und dieser neuen Phänomene auffinden und wir werden erkennen, daß es die gleichen Gesetze sind, die auch der konstruktive Physiker ausspricht, wenn vielleicht auch in andere Worte geformt. Und alles, was der konstruktive Physiker an Tatsachen aufdecken kann, wird auch in unserem Gedankenbilde Platz finden. Ein Unterschied wird nur gefunden werden in der Seelenhaltung beim konstruktiven Physiker und bei unserem neuen Physiker. Jener wird sich mit seinem Erleben von der Welt des Geschehens ausgeschlossen fühlen, dieser wird das Erlebte selbst als den Ausdruck seines Eingespanntseins in die Natur wissen, er wird sich betrachten als ein Glied im Zusammenhang all der vielen Bedingungen, an die eine Erscheinung gebunden ist, und er wird diese Bedingungen als Glieder des großen Gedankenzusammenhangs erleben, den er finit dem Kern seines Seelenwesens denkend erfaßt.

[266] Es ist reizvoll aus diesen Gesichtspunkten heraus von dem ebenen Spiegel zu den gekrümmten Spiegeln den Übergang zu suchen, indem man auch hier ganz von dem Gesehenen ausgeht. Man kann finden, daß die abgewandelte Lage und Größe des Bildes Gesetzen entspricht, die sich ohne Hinzunahme von hypothetischen Aufbauelementen darstellen und auch experimentell aufzeigen lassen⁴. – Nur eine kleine Bemerkung über die Spiegelung an gekrümmten Spiegeln soll noch eingeschaltet werden. Der einfachste Fall der Erscheinung nach liegt vor, wenn die Krümmung sphärisch, und zwar zum Lichte hin konvex ist. Dann wird das Bild

⁴ Das soll an anderer Stelle ausführlich behandelt werden.

kleiner als die Wirklichkeit und um so kleiner, je stärker die Krümmung ist, je kleiner also der Radius der gekrümmten Fläche ist. Eine kleine spiegelnde Kugel gibt ein vollständiges Bild der Welt um sie herum. Und allein durch dieses Bild ist sie sichtbar. Man sieht nicht ihre Materie, man sieht nur in ihr ein Bild der ganzen Welt um sie herum. So machen auch nur die unzähligen Unebenheiten einen Körper als solchen sozusagen sichtbar, weil jeder seiner Höcker ein Bild der Welt um ihn herum gibt und weil diese unzähligen kleinsten Bilder zusammenfließen zum Anblick der rauhen Fläche, die dann weißlich erscheint. Die Reflexion gibt uns erst das Gesichtserlebnis der Körperwelt.

★

Das von der reflektierenden Fläche von neuem ausgehende Licht ist anders geartet als das unmittelbar von der Lichtquelle ausgehende: Man sagt, es sei *polarisiert*. Man meint damit die Tatsache, daß das an einem nicht metallischen Spiegel reflektierte Licht, wenn es von neuem auf eine reflektierende Fläche auftrifft, sich verschieden verhält, je nachdem ob es bei der zweiten Reflexion in der ersten Reflexionsebene bleibt oder nicht. Im zweiten Falle wird es an der zweiten reflektierenden Fläche stärker abgeschwächt als im ersten Falle.

Man muß diese Erscheinung immer in ihrem Zusammenhang betrachten. Es ergibt sich dann das Folgende: Das unmittelbar von der Lichtquelle ausgehende Licht ist ein dreidimensionales Phänomen. Wenn nun das Licht an einem ebenen Spiegel reflektiert wird, dann ist sein weiterer Weg durch das Reflexionsgesetz bestimmt. Er verläuft bekanntlich in der Ebene, die durch die Einfallrichtung und das sogenannte Einfallslot bestimmt ist, und bildet mit dem Einfallslot den gleichen Winkel, den das einfallende Licht mit dem Einfallslot macht.

[267] Der Lichtweg nach der Reflexion ist dadurch an eine bestimmte Ebene gebunden, die senkrecht zur reflektierenden Ebene steht, und deren Lage im übrigen von der Lage der Lichtquelle und von der Stelle auf der Spiegelfläche, die vom Lichte getroffen wird, abhängt. – Das Licht hat nach der Reflexion gewissermaßen eine Geschichte, an die es in seinem weiteren Verlauf gebunden ist. Die Ebene, in der es sich nun weiterbewegt, man nennt sie die Einfallsebene, gehört nun zu dem Lichte hinzu. Dieses ist nun nicht mehr im gleichen Sinne dreidimensional zu nennen wie das unmittelbar von der Lichtquelle ausgehende. Man muß es als

zweidimensional bezeichnen, da es an die Reflexionsebene so gebunden ist, daß es besonders stark abgeschwächt wird, wenn man es aus dieser Ebene herausbringen will. – Diese Tatsache legt den Gedanken nahe, daß im Lichtvorgang ein zunächst verborgener Vorgang enthalten sei, der mit den Raumesrichtungen quer zur Fortpflanzungsrichtung des Lichtes zu tun hat, ein transversaler Vorgang. Das wurde bei der Entdeckung der Polarisation auch sofort bemerkt. Es war aber durchaus nicht notwendig, diesen transversalen Vorgang nun als das konstitutive Element des Lichtes selbst anzusehen, als die eigentliche Wirklichkeit hinter dem Lichteerlebnis. Das war ein Irrweg. Aber es bleibt immer bedeutsam, daß der Polarisationsvorgang den Blick darauf lenkt, daß ein transversaler Vorgang das Licht begleitet. Und daher kann er auch methodisch als Anstoß genommen werden, diesen transversalen Vorgang zu suchen und als Phänomen zutage zu fördern. Die Polarisation selbst aber soll in erster Linie so betrachtet werden, daß in jeder Einzelheit dieses Vorgangs sich die bedingenden Elemente zeigen, die das Licht nun an eine bestimmte Ebene binden, die geradezu das Schicksal des Lichtes auf seinem weiteren Wege darstellt.

*

Heute ist man gewöhnt, einen Lichtvorgang mehr oder weniger so zu betrachten, daß man nur Rücksicht auf das nimmt, was mit dem den Raum durcheilenden Lichte *an der zu untersuchenden Stelle* vorgeht. Eine besondere Frucht dieser Methode ist die *Relativitätstheorie* von Minkowski, Lorentz und Einstein. Deshalb wird gerade an den Tatsachen, die zur Relativitätstheorie geführt haben, sich besonders deutlich der Wert der Betrachtung des Lichtvorgangs im Sinne der hier gemeinten dreigliedrigen Einheit zeigen. Da kommt in erster Linie und ausschlaggebend die Tatsache in Betracht, *daß die [268] Lichtgeschwindigkeit in bezug auf die Bewegung des vom Licht getroffenen Körpers konstant ist*, d.h. daß wenn von derselben Sonne Licht auf zwei Weltenkörper fällt, von denen sich der eine etwa auf die Sonne zu bewegt, der andere von ihr weg, doch auf beiden Körpern die Geschwindigkeit des ankommenden Lichtes gleich groß gefunden wird. Man hat dies, was sich ja in der Tat aus den Michelsonschen Versuchen ableiten läßt, so formuliert, daß zwei *Beobachter*, die sich in verschiedener Weise relativ zur Lichtquelle bewegen, die Lichtgeschwindigkeit gleich groß finden. Das aber ist eine Umdeutung, durch die das verschleiert wird, worauf es ankommt. Spricht man

von zwei Beobachtern des Lichts, dann hat man es damit zu tun, daß das gleiche Lichtphänomen zweimal unter verschiedenen Umständen – die aber dann nichts mit dem Lichte zu tun hätten – beobachtet wird. Denn es hat natürlich mit dem Wesen des Lichtes gar nichts zu tun, was derjenige tut, der es beobachtet. Man sieht sich vor einen unlösbaren Widerspruch gestellt. Wie kann es kommen, daß beide Beobachter, von denen der eine dem Lichte entgegeneilt, der andere es begleitet, die Geschwindigkeit des gleichen Lichtquantums gleich finden? Nach aller Logik müßten sie verschiedene Geschwindigkeiten herausbekommen. Man rettet sich in die sogenannten Lorentz-Transformationen, die alles Denken auf den Kopf stellen, indem sie die Zeit zersplittern.

Man merkt dabei nicht, daß man Voraussetzungen gemacht hat, die nicht zutreffen. Man spricht aus der Vorstellung heraus, daß die beiden Beobachter das Licht auf seine Geschwindigkeit so untersuchen, wie man die Geschwindigkeit eines Eisenbahnzugs mißt. Das kann man ja ohne weiteres dadurch machen, daß man als seitlicher Beobachter den Zug an sich vorübersausen läßt und dabei beobachtet, wieviel Zeit ein einzelner Wagen, dessen Länge bekannt sein möge, braucht, um an einer bestimmten Marke vorüberzufahren. Dieselbe Methode läßt sich auch noch anwenden, wenn der Beobachter selbst in einem fahrenden Wagen sitzt und nun das Vorüberfahren des Eisenbahnwagens auf eine mitgeführte Marke bezieht. Er wird eben dann die Relativgeschwindigkeit des Zuges in bezug auf seinen eigenen Wagen bestimmen. – Etwas Ähnliches läßt sich aber nicht ausführen, wenn statt des Eisenbahnzuges das Licht gesetzt wird. Man kann nicht seitlich vom Lichte stehend vielleicht eine einzelne Schwingung aufs Korn nehmen und beobachten, wie lange sie braucht, um an unserer Marke vorbeizukommen. Daher können es auch nicht zwei Beobachter, die untereinander verschiedene Geschwindigkeiten haben. In Wirklichkeit kann man die Geschwindigkeit [269] des Lichtes nur messen, wenn man es irgendwie auf einer Fläche auftreffen läßt und damit natürlich am Weitergehen hindert. An dieser Stelle kann dann ein Beobachter die Geschwindigkeit aus irgendwelchen Verhältnissen erschließen. Wollte ein zweiter Beobachter an einer andern Stelle des gleichen Lichtweges das gleiche tun, dann könnte es in diesem Augenblick der erste nicht mehr, weil der zweite ihm mit seiner Versuchsanordnung das Licht wegnimmt. Läßt aber der zweite etwas Licht durch seine Versuchsanordnung hindurch, dann haben die beiden Beobachter ja verschiedene

Lichtquanten, und es kam ja gerade darauf an, daß das gleiche Licht von beiden untersucht wird. Der Vergleich mit dem Eisenbahnzug ist eben ganz falsch und wäre nur dann richtig, wenn man die Geschwindigkeit des Eisenbahnzugs etwa dadurch feststellen wollte, daß man ihn auf ein Hindernis auffahren ließe, um aus dem Grade der Zerstörung, die dadurch angerichtet wird, auf seine Geschwindigkeit zu schließen. Aber dann könnte der Versuch eben auch nur von *einem* Beobachter gemacht werden, denn wenn der Zug schon vor dem Prellbock des ersten Beobachters aufgehalten würde, dann käme er eben nicht bis an den Prellbock des zweiten. Es kommt eben darauf an, daß die Geschwindigkeit des Lichts nur dadurch gemessen werden kann, daß man es irgendwie auffängt und damit als Licht vernichtet. Soll der gleiche Versuch noch einmal gemacht werden, dann wird er auf alle Fälle an einem andern Lichtquantum gemacht.

Soll nun der zweite Beobachter eine andere Bewegung haben als der erste, *darin muß diese Bewegung ja in erster Linie die Versuchsordnung haben*, durch die das Licht aufgefangen wird. *Auf diese kommt es an, nicht auf den Beobachter*. Findet man nun, daß die Lichtgeschwindigkeit relativ zum Beobachter immer die gleiche ist, so hat man dafür eigentlich zu sagen: *Die Lichtgeschwindigkeit relativ zum auffangenden Körper ist immer die gleiche*. Das ist der wahre Tatbestand des Michelson-Versuches und der anderen Tatsachen, die zur Relativitätstheorie geführt haben. – Darin liegt nun gar nichts, was zur Aufstellung der Lorentz-Transformationen nötigte. Unser Satz bedeutet nichts anderes, *als daß sich das Licht in seiner Geschwindigkeit nicht nach der Lichtquelle, sondern nach dem auffangenden Körper einrichtet*. Das Licht verlangsamt sich – in bezug auf die Lichtquelle – da, wo ihm der auffangende Körper entgegenkommt, es bewegt sich – relativ zur Lichtquelle – schneller, wo der auffangende Körper sich von ihm hinwegbewegt, es richtet sich nach dem auffangenden Körper.

[270] Dieser Gedanke hat allerdings nur dann einen Sinn, wenn man geneigt ist, jeden Lichtvorgang im ganz wirklichen Zusammenhang der genannten dreigliedrigen Einheit zu betrachten. Es ist eben für das den Raum durcheilende Licht gar nicht gleichgültig, wie der Körper sich bewegt, auf den es am Ende seines Weges auftreffen wird. Die Bewegungsform dieses Körpers gehört zum Lichtvorgang genau so hinzu wie etwa zum Gesamtgeschehen an einer tönenden Orgelpfeife die Länge des Stiefels hinzuge-

hört. Wie sich die aus dem Fuß der Pfeife herauskommende Luft in ihrem Schwingen auf diese Länge einrichtet, so richtet sich das Licht, das den Raum durchheilt, auf den Bewegungszustand des Finsteren ein. Und das Licht, das an diesem einen Finsteren mit seinem bestimmten Bewegungszustand vorbeikommt und auf ein anderes Finsteres mit anderem Bewegungszustand auftrifft, richtet sich in seiner Geschwindigkeit nach dem Bewegungszustand dieses zweiten Finsteren ein.

*

Die Bedeutung der dreigliedrigen Einheit des Lichtvorgangs zeigt sich noch an einer andern viel zu wenig beachteten Erscheinung: Man hat zum Beweise, daß dem Lichte eine Wellenbewegung zugrunde liege, den Fresnelschen Spiegelversuch herangezogen. Durch diesen Versuch sollen Lichtquanten, die verschiedene Wege zurückgelegt haben, wenn sie irgendwo wieder zusammentreffen, sich gegenseitig verstärken oder auch abschwächen. Aber der Versuch geht nur, wenn man es mit Lichtquanten aus der gleichen Lichtquelle zu tun hat. Versucht man Lichtquanten von verschiedener Herkunft in der geschilderten Weise aufeinander wirken zu lassen, so entsteht das Phänomen der abwechselnden Erhellung und Abdunklung nicht. Die Interferenz, wie man diese Erscheinung nennt, kommt nicht zustande. Lichtquanten der gleichen Lichtquelle wirken aufeinander, wenn sie sich auf der gleichen auffangenden Fläche treffen, gleichgültig, welcherlei verschiedene Wege sie inzwischen durchlaufen haben. – Auch hier zeigt sich, daß man die Dreiheit Lichtquelle, lichtdurchfluteter Raum, lichtauffangender Körper als Einheit der Erscheinung berücksichtigen muß, diese Einheit ist Bedingung für das Auftreten der Interferenz.

Aber noch anderes ergibt sich daraus. Am lichtdurchfluteten Tage durchziehen von unzähligen Lichtquellen Lichtvorgänge jeden Teil des Raumes. Sie stören sich in keiner Weise, so daß sie miteinander Interferenzerscheinungen bildeten. Jeder dieser Lichtvorgänge ist für sich, [271] ist eine Einheit, soweit er von einer bestimmten Lichtduelle kommt und von einem bestimmten Körper aufgefangen wird. Interferenz würde nur innerhalb dieser bestimmten dreigliedrigen Einheit stattfinden. Wenn man nun aus der Tatsache der Interferenz auf die dem Lichte zugrunde liegende Wellenbewegung schließen will und diese Wellenbewegung als Bewegung eines Äthers auffassen will, ganz gleich wie man sich diesen Äther denken mag, dann müßte man eigentlich sich so vie-

le voneinander unabhängige Äther denken, als es dreigliedrige Lichteinheiten gibt, denn nur innerhalb einer solchen findet Interferenz statt. – Die Tatsache, daß Lichtvorgänge verschiedener Lichtquellen keine Interferenz miteinander ergeben, macht jede Theorie eines einheitlichen Äthers, der jedem Lichtphänomen zugrunde läge, unmöglich. Sie zwingt dazu, das Licht als ein ganz und gar unmaterielles Geschehen zu betrachten. – Und da drängt sich nun ein sehr wichtiger Vergleich auf. Jedes Lichtphänomen besteht aus der Lichtquelle, dem Lichtraum und dem auffangenden Körper. Jedes solche Lichtphänomen ist von jedem andern unabhängig. Sie stören sich nicht, sie addieren sich nur, wenn sie etwa den auffangenden Körper gemeinsam haben. Und dabei umfaßt eigentlich jedes Lichtphänomen den ganzen Raum, ist nur am intensivsten an dem Orte, der durch Lichtquelle, Körper und Raum zwischen beiden bestimmt ist. – Ganz ähnlich verhält es sich mit den menschlichen Bewußtseinstatsachen. Die menschlichen Bewußtseine umfassen jedes für sich die ganze Welt, wenn auch jedes Bewußtsein sich in der Hauptsache auf einen bestimmten Ausschnitt der Welt konzentriert. Und wenn auf einen bestimmten Ausschnitt der Welt viele Bewußtseine gerichtet sind, so stören sie sich doch gegenseitig nicht. Sie durchdringen sich, ohne sich zu stören. Was in der Körperwelt nicht eintreten kann, gegenseitiges Durchdringen am gleichen Raume, was aber für die Bewußtseine gilt, das gilt ebenso für die Lichtphänomene. Die Lichtvorgänge durchdringen sich tatsächlich so, wie sich nur Bewußtseine gegenseitig durchdringen können.

★

Für den *Lichtraum* ist bezeichnend, daß für ihn eine Polarität besteht zwischen der Lichtquelle und dem lichtauffangenden Körper. Er ist durch diese einander entgegengesetzten Grenzen abgeschlossen. Das sind wirkliche Grenzen des Lichtraumes, über die das Licht nicht hinweg kann, ohne sich zu verwandeln. Und diese beiden Grenzen verhalten sich zueinander wie positiv und negativ in der Mathematik. Für [272] das Licht ist ganz real die Lichtquelle der Quellpunkt, der Körper die Versinkstelle. Im körperlosen Raume wäre die Versinkstelle der Weltenumkreis. Das wird durch die Anwesenheit von lichtabsorbierenden und lichtreflektierenden Körpern nur modifiziert, der Lichtraum wird eingengt.

Der Gegensatz zwischen Lichtquelle und Körper, man könnte auch sagen: Gegensatz zwischen Licht und Finsternis muß nun, da er so entscheidend das gesamte Lichtphänomen bestimmt, in jeder

Einzelheit des Lichtphänomens wieder auftreten. In der Tat findet man ihn wieder in dem Aufbau der Farbenskala, überhaupt in dem Phänomen der Farbigkeit, man muß ihn aber auch wiederfinden in der periodischen Bewegung, die ja das Licht tatsächlich begleitet. Denn wenn auch nicht davon die Rede sein kann, daß eine rhythmische Bewegung dem Lichtphänomen als eigentlicher objektiver Vorgang sozusagen konstitutiv zugrunde läge, so muß doch aus der Tatsache der Interferenz von Lichtvorgängen entnommen werden, daß ein rhythmischer Vorgang das Licht begleitet.

Aber dieser rhythmische Vorgang kann gar nichts zu tun haben mit irgendeinem noch so feinverteilt gedachten Stoffe und dessen Bewegungen, wie wir gesehen haben. Er muß ein spezifisches Lichtgeschehen sein, wenn auch ein solches, das mit den uns zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln nicht unmittelbar zugänglich ist. Denn wenn es nicht ein Geschehen am und im Lichte wäre, dann wäre es auch nicht denkbar, daß man es durch besondere Anordnungen sichtbar machen, d. h. also zu einem zugänglichen Lichtphänomen machen könnte, wie das am Fresnelspiegel geschieht. Zwei Wellenbewegungen an einem anderen Wesen als dem Lichte können, wenn man sie zur Interferenz bringt, eben nur Interferenzerscheinungen von der Art zeigen, wie sie in den beiden interferierenden Wellenbewegungen eben vorliegen. Nur wenn die Wellenbewegung am Lichte selbst vorgeht, können ihre Interferenzen als Lichterscheinungen auftreten⁵.

Damit ist der Ausgangspunkt gegeben. Nun muß man sich weiter wieder daran erinnern, daß doch in der Dreiheit, die hier als die Grundlage jedes Lichtphänomens erkannt wurde, die Lichtquelle und der auffangende Körper einen Gegensatz bilden, und daß der Raum zwischen diesen beiden Polen etwas Neutrales darstellt. Daß das so ist, zeigte sich schon darin, daß der Raum als solcher nur in sozusagen [273] «unendlicher Dicke» das bewirkt, was ein absorbierender Körper von geringfügiger Dicke auch bewirken kann, nämlich vollständige Auslöschung des Lichts. Ein mäßiges Stück des Raumes läßt das Licht gewissermaßen ungehindert und ungeschwächt durch sich hindurch. Es ist dem polaren Gegensatz zwischen Lichtaussenden und Lichtauffangen gegenüber neutral. Daher erscheint es ja auch dunkel, wenn auch Licht hindurchgeht.

⁵ Beim Schall liegen die Verhältnisse anders.

Die Schwingung, die im Fortbewegen des Lichtes durch den Raum da ist, kann nun nur darin bestehen, daß die vom Lichte berührten Raumstellen sich in ihrem Verhalten abwechselnd mehr der Art der Lichtquelle nähern oder mehr der Art des lichtaufsaugenden Körpers. Der Raum zwischen der Lichtquelle und dem lichtauffangenden Körper pulsiert geradezu an jedem Punkte selbst zwischen der Fähigkeit der Lichtaussendung und der Fähigkeit der Lichtaufnahme, wie er im großen von der Lichtaussendung und der Lichtaufnahme begrenzt ist. Die Lichtquelle wirkt so, daß der Raum um sie herum einen Impuls zur Lichtaussendung empfängt. Er wird – zunächst in der unmittelbaren Umgebung der Lichtquelle – zum Lichtaussenden befähigt. Und diese Eigenschaft des Raumteiles rings um die Lichtquelle geht sogleich auf die Nachbarschaft über, während der soeben zum Lichtaussenden befähigte Raumteil nun in das Gegenteil überschlägt, in die Fähigkeit zum Lichtaufsaugen. Auch dies geht dann auf die benachbarten Raumteile über und schlägt an seinem ursprünglichen Orte in Fähigkeit zum Lichtaussenden um.

So wird einerseits jede Raumstelle abwechselnd lichtaussendefähig und lichtaufsaugefähig, wenn sie von dem Strome des Lichtes getroffen wird. Andererseits wandert die Lichtaussendefähigkeit und die Lichtaufsaugefähigkeit mit der bekannten Lichtgeschwindigkeit durch den Raum. Damit ist die Schwingung, die ja zweifellos stattfindet, in das Lichtphänomen selbst hineingenommen, und zwar so, daß doch die Ergebnisse der Lichtforschung durchaus darin aufgehen: Diese Lichtschwingungen des Raumes sind nicht Schwingungen irgendeines ausgedachten Mediums, eines Lichtäthers, sondern des Lichttraumes selbst. Sie sind aber nicht sichtbar, nicht nur weil ihre Geschwindigkeit zu groß ist, sondern weil es sich ja im Raume selbst nicht um Lichtaussendung und Lichtabsorption, sondern nur um die Fähigkeit dazu handelt. Erst im Auftreffen auf Körper könnte diese Schwingung zu einem erlebbaren Lichtvorgang werden. Die Schwingung, die das Licht begleitet, ist also durchaus nicht prinzipiell unsichtbar, sondern so wie das Licht, das im Raume in der Tat unbedingt unsichtbar ist, sich [274] durch die ihm in den Weg gestellte Körperfläche verrät, so müßte eine ins Höchstmaß gesteigerte Kinematographie auch die Lichtwellen zeigen, wenn man das Licht an einer weißen Fläche streifend entlangführte und die nun hell beleuchtete Fläche genügend rasch kinematographierte. Dann würde das Schwingen

der nun wirklich gewordenen Lichtaussendung und Lichtaufsaugung zur Erscheinung kommen.

Nun gibt es ja Möglichkeiten, die fortschreitenden Lichtschwingungen gewissermaßen zum Stehen zu bringen. Das geschieht überall da, wo die Lichtwellen ein und derselben Lichtquelle in irgendeiner Art so geführt werden, daß die einen den andern entgegenlaufen müssen oder wo auch nur ein Teil des Lichtes anders geführt wird wie der andere, und dann beide Lichtquanten sich irgendwo wieder treffen. Man kann nun jede dieser Möglichkeiten auf die eine zurückführen, die darin besteht, daß das Licht auf einen Spiegel trifft und an ihm reflektiert wird. Denn dabei wird ja das später an den Spiegel herankommende Licht schon vor dem Spiegel auf dasjenige Licht stoßen, das schon vom Spiegel zurückkehrt. Dieser Vorgang hat ein Analogon in der Reflexion der Luftwellen etwa in der Kundtschen Klangröhre. Bei den Luftwellen hat man es mit Verdünnung und Verdichtung der Luft zu tun, und diese schreiten mit der bekannten Schallgeschwindigkeit vorwärts. Bei der Reflexion begegnen nun die von der Reflexion zurückkommenden Verdichtungen und Verdünnungen ihren Nachfolgern, die noch auf dem Wege zur Reflexion begriffen sind, und diese Begegnung gibt Anlaß zum Auftreten der sogenannten stehenden Wellen: an Stellen, wo eine ankommende Verdichtung mit einer zurückkommenden zusammentrifft, entsteht eine besonders große Verdichtung, wo zwei Verdünnungen zusammentreffen, entsteht eine besonders starke Verdünnung, wo aber eine Verdünnung mit einer Verdichtung zusammentrifft, da lieben sie sich auf und es tritt der normale Dichtezustand der Luft ein. Nun zeigt sich bekanntlich, daß es bei der Reflexion von Luftwellen in sich selbst (und das Entsprechende gilt für alle andern Wellen auch) gewisse Stellen gibt, an denen die Luft ihren normalen Dichtezustand nie verliert, und daß andere Stellen da sind, an denen starke Verdichtung mit starker Verdünnung abwechselt. Der Rhythmus dieses Abwechselns ist der gleiche wie der, der sich an der fortschreitenden Schwingung zeigt, die reflektiert wurde. Und der Abstand der Stellen starker Schwingung voneinander ist gleich der halben «Wellenlänge» der reflektierten Schwingung. Entsprechendes ist auch von den Lichtschwingungen zu sagen: Es gibt vor dem Spiegel Flächen, an denen [275] Lichtaussendefähigkeit mit Lichtaufsaugefähigkeit rasch wechselt, und dazwischen Flächen, an denen stets die ankommende Welle sich mit der zurückkommenden aufhebt, und die Schichten starker Schwingung ha-

ben da, wo sie einander am nächsten sind, einen Abstand voneinander gleich der halben Wellenlänge des Lichtes. Da dieser Abstand äußerst gering ist, so kann man nur mit Hilfe stärkster Vergrößerung ihn in den Bereich der Sichtbarkeit bringen. Bei der sogenannten direkten Farbenphotographie Lippmanns beruht das Entstehen des Bildes gerade auf diesem Vorgang. Man läßt da das Licht durch eine durchsichtig gehaltene, lichtempfindliche Emulsion auf eine an der Emulsion anliegende Quecksilberschicht fallen; das Licht erzeugt dann Schichten starker Schwingung zwischen nun wirklicher Aussendung und wirklicher Aufsaugung und dazwischen Schichten der Ruhe in der lichtempfindlichen Schicht. Macht man von der belichteten und entwickelten Emulsion dünne Querschnitte, läßt sie aufquellen und bringt sie noch unter ein sehr stark vergrößerndes Mikroskop, so kann man die geschwärzten Schichten starker Schwingung sehen. In der beigegebenen Zeichnung (Fig. 2)

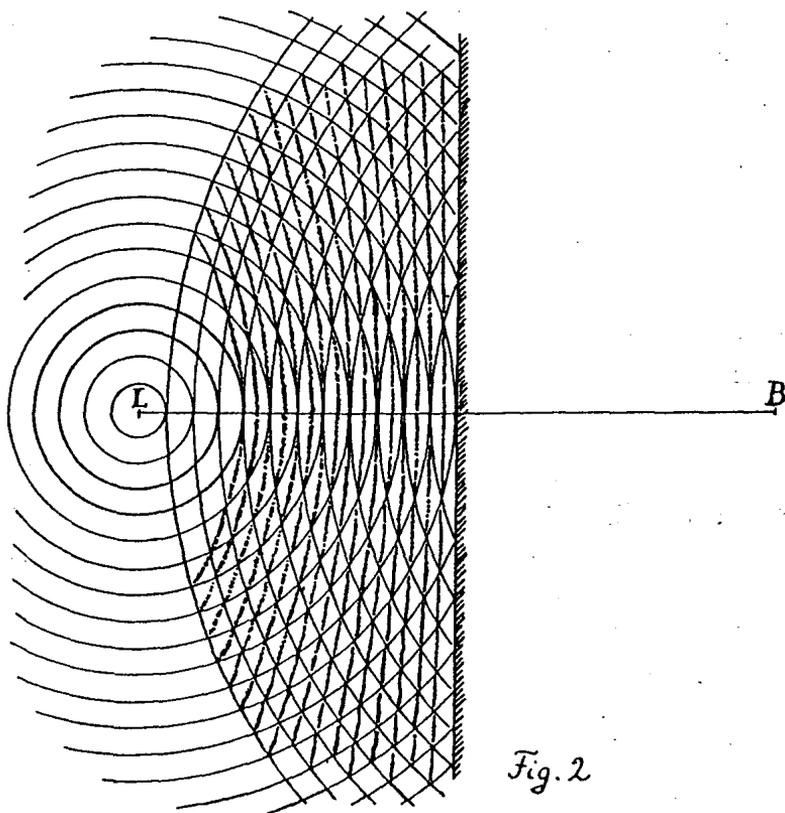


Fig. 2

[276] ist links eine Lichtquelle. L und rechts ihr Spiegelbild B zu denken, in der Mitte der Durchschnitt durch den Spiegel. Die

eingezeichneten, quer schraffierten Linien bedeuten die Schichten stärkster Schwingung⁶. Diese Linien sind nicht gerade, sondern stellen Hyperbeln dar, so daß die Schichten der stärksten Lichtschwingung als Rotationshyperboloide anzusehen sind. Daraus ergibt sich, daß die Abstände dieser Schichten sich nach außen immer mehr vergrößern, und daß daher Stellen aufzufinden sind, wo diese Abstände die Sichtbarkeitsgrenze überschreiten. Sichtbar werden die Schichten als solche ja dadurch nicht, so wenig sie in der Mitte (mitten zwischen der Lichtquelle und ihrem Spiegelbild) sichtbar sind. Während man die Schichten aber am Scheitel der Hyperboloide nur durch die vergrößerte Photographie sichtbar machen kann, kann man sie außen auch etwas weniger mittelbar zu Gesicht bekommen, nämlich dadurch, daß man sie von einem mattweißen Schirm durchschneiden läßt. Nur das auf Körper auffallende Licht ist ja wenigstens scheinbar sichtbar – in Wirklichkeit wird nur das Bild der Lichtquelle sichtbar, ganz gleich, ob es sich um Licht handelt, das in der Fortbewegung begriffen ist, oder um solches, das durch Reflexion gleichsam zum Stehen gebracht wurde.

Im Grunde kann man jeden Interferenzvorgang am Licht auf das Geschilderte zurückführen. Immer hat man es da, wo von einer Lichtquelle verschiedene Lichtvorgänge ausgehen und bei ihrem Gang durch den Raum sich irgendwo wieder treffen, mit der Entstehung von Flächen stärkster Schwingung und dazwischen mit Flächen der Indifferenz zu tun. Eine bestimmte Formung des Raumes kommt zustande, es sondert sich Schichten ab, in denen das Licht sich dauernd selbst aufhebt, Indifferenzschichten (Schwingungsknoten) und zwischen ihnen solche, in denen ein Hin- und Herschwingen stattfindet zwischen Lichtaussendung und Lichtaufsaugung.

Wenn man sich nun aber klarmacht, daß ja die Lichtaufsaugung eigentlich von den materiellen Körpern ausgeht, dann muß man sagen: In diesen Zonen stärkster Schwingung (Schwingungsbäuchen) nähert sich der Raum abwechselnd mehr dem Zustand der Lichtquelle und [277] dem der materiellen Körper. Aus der Betrachtung des Lichtes in dem hier gemeinten Sinn muß man dazu kommen, Materieein und Lichtquellesein als entgegenge-

⁶ Die Lage dieser Schichten ist eigentlich davon abhängig, ob die Spiegelung nur dichteren oder dünneren Medium geschieht. Auf diesen Unterschied kommt es aber hier nicht an.

setzte Zustände des Raumes anzusehen. Wenn man die Materie als etwas positiv Seiendes ansehen will, wie das ja unserer heutigen Auffassung am meisten entspricht, dann muß man die Lichtquellen, sofern sie Lichtquellen sind, als etwas Negatives auffassen. Aber man muß sich auch sagen, daß möglicherweise in den Schichten stärkster Schwingung ebenso wie sich dort die Lichtwirkung besonders verstärkt, eben auch die immer wiederholte «Vermaterialisierung» des Raumes zu wirklichem Entstehen von Materie sich steigern könnte.

Das gibt ganz neue Gesichtspunkte für die Auffassung des Spektrums. Wenn wirklich Materie-Entstehung mit Lichtentstehung und insbesondere mit stehenden Lichtschwingungen, man könnte auch sagen mit *Lichtstauung* zu tun hätte, dann wäre es ja sehr verständlich, warum die Körper, wenn sie durch Wärmezufuhr zum intensivem Lichtaussenden gebracht werden, gerade ganz bestimmte Arten des Lichtes aussenden. Sie nähern sich damit wieder dem Zustande ihres Entstehens aus der Lichtstauung. Und sie verlegen nun ja schließlich ihre ganze Individualität gerade in die Art ihres Leuchtens (während sie z. B. in ihrem Verhalten der Wärme gegenüber gerade bei hoher Temperatur alle Individualität verlieren). – *Ein bestimmter Stoff muß danach aus einem bestimmt sich verhaltenden Licht bei dessen Stauung hervorgegangen sein.* –

Das wieder legt den Gedanken nahe, daß wenn wir im Lichte eines Himmelskörpers wie etwa der Sonne die Spektren der Erdenkörper finden, wir durchaus nicht gezwungen sind, anzunehmen, daß die Sonne aus den gleichen Stoffen bestehe wie die Erde, sondern daß wir auch annehmen können, daß sie kraft der unräumlichen Wesenheit ihres besonderen Lichtes, das sie gerade in dieser Art ausstrahlt, auf der Erde diese Stoffe erzeugt hat, ohne daß sie selbst deshalb materiell zu sein brauchte. Ihr Lichtwesen, ihre materielle Negativität schreibt ihr Spektrum in unsere Apparate. Wir finden aber die Linien dieses Spektrums an den gasig leuchtenden Stoffen der Erde wieder, *weil sie das Licht wieder ausstrahlen, aus dem sie entstanden sind.*

*

Was hier vorgebracht wurde, erhebt keinen Anspruch, mehr zu sein als eine Skizze, die das gewaltige Gebiet der Wissenschaft vom Lichte nicht im entferntesten umfassen kann, und aus der nur langsam ein [278] umfassendes Bild vielleicht einmal wer-

den kann. – In der Waldorfschule konnten schon mancherlei Apparate und Versuchsanordnung entwickelt werden, die das Vorgebrachte den Schülern zu konkretem Erlebnis zu bringen erlauben. Mancherlei ist über das schon Geschaffene hinaus geplant. Ein weiterer Aufsatz soll von diesen Einrichtungen Bericht erstatten.