

Notizen.

Zum Geometrie-Unterricht. Im ersten Hefte der Vierteljahrsschrift (1877) regt Herr Prof. Fiedler die Frage des Geometrieunterrichtes an, wozu ich mir erlaube auf Grund physio-psychologischer Studien einige Gedanken zu entwickeln. Mit Herrn Prof. Fiedler durchaus einverstanden, wenn er das Zeichnen als die erste Grundlage der Geometrie betrachtet, glaube diesem verehrten Lehrer doch entgegenzutreten zu müssen, sofern derselbe die Perspective (Centralprojection) eine abstracte Nachbildung des Sehprozesses nennt. — Welches immer der Punkt sein mag, den wir als Scheitel des Strahlbüschels im Auge voraussetzen: der einfach gedachte Knotenpunkt in der Linse, in welchem die Richtungslinien des Sehens sich kreuzen; der Drehpunkt des Auges hinter der Linse, in welchem die Blicklinien zusammentreffen, oder endlich der Mittelpunkt der Geraden, welche die Drehpunkte beider Augen verbindet und die man benützt, um das Zusammenspiel ihrer Drehungen bei binocularer Tiefenwahrnehmung zu erklären; jedesmal ist nur einer der mechanischen Vorbedingungen des Sehens genügt, zu denen immer noch eine photochemische Zersetzung des Seeröth in den Zapfen und Stäbchen der Netzhaut und eine weitere Dissociationsarbeit in den Stoffen der Nervenzellen kommen muss, um die physiologische Vorstellung des Sehprozesses zu vollenden. Andererseits deckt das Phantasiebild des Strahlbüschels sich weit besser mit der Vorstellung von der Bewegungsart unserer Glieder überhaupt, indem bei diesen durch Ansatz und Lagerung der Muskeln Drehung um bestimmte Axen bevorzugt ist. Zutreffender könnte man demnach das Strahlbüschel als abstracte Nachbildung der Tastbewegung definiren, wobei die Drehung des Augapfels mit inbegriffen wäre. Solcher Erklärung steht jedoch die Thatsache entgegen, dass der Mensch ursprünglich nur dessen bewusst wird, was ausser ihm liegt: der Sinneseindrücke und der Wirkung seiner Bewegungen.

Erst spät und auf Umwegen macht sich die Wissenschaft klar, was im Menschen während seiner Thätigkeit vorgeht. Es können deshalb wohl Wahrnehmungen und aus solchen abgeleitete Einbildungsvorstellungen, aber nicht Wahrnehmungsprozesse nachgebildet sein. Aus diesem Grunde scheint mir die Annahme berechtigt: man habe die Einbildungsvorstellung, dass die scheinbare Grösse der Gegenstände mit dem Gesichtswinkel sich ändert, dem Sehprozess substituirt, den man in Wirklichkeit nicht kannte. — Das Strahlbüschel aber ist das Zeichen für eine Verbindung von Winkeln, welche, durch diese Form zusammengehalten, in geometrischen Vorstellungen sich häufig wiederholte, demzufolge als Ganzes bewusst ward. Dasselbe erlangt jedoch seine volle Bedeutung erst indem es einen Zahlenausdruck: das Doppelverhältniss, figürlich vertritt. Das Strahlbüschel nämlich bleibt fest und der Werth des Doppelverhältnisses sich gleich, während eine Gerade um ihren Schnittpunkt mit einem der Strahlen sich dreht und die Strecken jener zwischen diesen ihre Grössen ändern. Auf Association von Raum- und Zahlvorstellungen beruht, wie das projectivische Schliessverfahren, so das geometrische Denken überhaupt. Vermittelt wird die Association durch Versinnlichung der Vorstellungen, durch den Ausdruck derselben. Deshalb müssen wir zunächst das Wesen der Ausdrucksformen in's Auge fassen. Es kommen hauptsächlich in Betracht: Zeichnung, Zahl, Sprache. — Die Zeichnung ist die genaue Wiederholung der Raumvorstellung. Beide kommen durch das Zusammenwirken von Tastbewegung und Gesichtsempfindung zu Stande, denn weit besser als das Betrachten einer fertigen Figur entspricht der Akt des Zeichnens selbst dem Akte der Raumvorstellung. — Ueber den stetig weissen Grund der ebenen Zeichenfläche zieht die tastende Hand schwarze Linien, welche Flächentheile begrenzen, und wird dabei durch die Augen regulirt, welche denjenigen der Hand mit ähnlichen Bewegungen folgen. — Die Nervenendigungen des Tast- und Sehorganes breiten sich über Hautflächen stetig aus, den Empfindungen jeder Endigung schreiben wir locale Färbung¹⁾ zu, wodurch Orientirung

¹⁾ Vgl. Wundt, Grundzüge der physiolog. Psychologie, pag. 482

auf der Oberfläche der Körpertheile, der Haut wie der Netzhaut, denkbar wird. Diese localen Empfindungen, Lokalzeichen, verschmelzen zur Vorstellung einer stetigen Fläche, als welche wir den Raum zunächst auffassen. — Jede unserer Bewegungsäusserungen, welcher Art sie sonst sein mag, bringt 3 Momente zum Bewusstsein: Ausgangs-, Endpunkt, Richtung, welche zum Begriff: Gerade verschmelzen und in Folge steter Wiederholung zum bestimmenden Element des Raumes werden. Dadurch erhält der Letztere die Form eines ebenen Raumes und sein Sinnbild ist die Zeichenfläche. — Bei Tastbewegungen combiniren sich ferner Tastempfindungen mit Innervationsgefühlen, Empfindungen der Muskelanstrengung, in der Weise, dass zwar jene den allgemeinen Hintergrund bilden, während der Dauer der Bewegung selbst jedoch von den Innervationsgefühlen überstimmt werden; wie denn auch die Aufmerksamkeit an den Ein- und Absetzpunkten der genauen Berührung, während dem Ziehen der Linien dagegen dem stetigen Verlauf der Tastbewegung sich vorzüglich zuwendet. Bei den Endpunkten kommt somit ein rascher Wechsel im Grade der Tastempfindung, ein Contrast, zum Bewusstsein. Aehnliche Contraste machen sich auch bei Gesichtsempfindungen²⁾ geltend, wenn der Blickpunkt z. B. eine punktirte Linie durchläuft, über den Umriss einer Form in's Innere oder die Umgebung derselben streift. Dieser Contrast lehrt uns sowohl im Tast- als im Gesichtsraum die Punkte als getrennt voneinander unterscheiden, während stetige Kanten und Linien als Ganzes zwischen den von ihnen begrenzten Flächen erscheinen. Indem dieser Gradwechsel der Empfindung mit der Zeitvorstellung verschmilzt, ergibt sich der Umfang der Bewegung, die Länge, insofern jener verschiedene Localzeichen betrifft, die Richtung der Bewegung. Das Motiv also, durch welches wir die Raumpunkte als auseinanderliegende erkennen, dient uns auch zur Ordnung derselben im ebenen Raum der Localzeichen wie auf der Bild-

²⁾ Vgl. Riehl: Der Raum als Gesichtsvorstellung in Avenarius, Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philosophie, Jahrg. I, pag. 222. Der Grund meiner Abweichung folgt unten, S. 328, Z. 7 v. u.

fläche. — In Bezug auf die Wahrnehmung des Körperlichen gehen Tast- und Sehorgan verschiedene Wege; die Zeichnung begleitet sie beide. Während jenes den Körper allseitig umfährt, besitzt dieses in der Fähigkeit die Blicklinien beider Augen in nähern oder fernern Blickpunkten zusammentreffen zu lassen, das Mittel, von Einem Standpunkte aus die Tiefendimension zu schätzen. Die Messungsergebnisse des Getastes darzustellen, wählt nun die Zeichnung mehrere und solche Bildebenen, welche charakteristische Umriss zeigen; unter diesen empfehlen sich zumeist senkrechte und wagrechte, weil sie unserer Körperstellung und Arbeitsweise am besten entsprechen. — Soll dagegen die Tastbewegung einer Hand die combinirten Wahrnehmungen beider Augen ausdrücken, so führen zunächst wiederholte Versuche, durch die Augen selbst vermittelte Vergleichen zwischen der sichtbaren Spur der Handbewegung und der Wahrnehmung zur Uebereinstimmung von Bild und Vorstellung. Man gelangt indessen zu einem Grössenverhältniss, welches der Vorstellung zu genügen verspricht, wenn die Beobachtung, dass mit der Entfernung vom Standpunkte die scheinbare Grösse der Körper abnimmt, verbunden wird mit dem Phantasiebild des gleichzeitig abnehmenden Gesichtswinkels, des Winkels, den die Blicklinie während der Drehung eines fingirten Auges, in der Mitte zwischen den beiden wirklichen, beschreibt. Immerhin weichen die Maler von den theoretischen Umrissen der Perspective ab, um störende Verzerrungen zu meiden. Der Versuch behauptet also schliesslich die Oberhand über die geometrische Theorie, weil diese auf Voraussetzungen beruht, welche mit den wirklichen Vorgängen beim Sehprozess nur theilweise übereinstimmen. Desto vollkommener decken sich Zeichnung und Vorstellung, denn der Maler ruhet nicht, bis er im Bilde sieht, was er sich vorstellt. — Die Netzhautbilder beider Augen verschmelzen zu Einer Vorstellung, dessgleichen die Innervationsgefühle, die mit den Drehungen jedes Auges sich ergeben, zu einer stetigen Reihe, welche wir als Tiefendimension des Raumes auffassen. Die Zeichnung, indem sie dieselbe aus geometrischen Gründen als senkrecht zur Bildebene erklärt, macht von der Tiefendimension Gebrauch: einerseits um die

verschiedenen Risse unter sich in logischen Zusammenhang zu bringen; anderseits um die Beziehung zwischen scheinbarer Grösse und Gesichtswinkel einfach auszudrücken. — So begleiten einander Schritt um Schritt Zeichnen und Vorstellen im Raume. Stets ist es die Thätigkeit derselben Organe, des Tast- und Gesichtssinnes, welche die Entwicklung beider vermittelt. Die Bildebene versinnlicht die Vorstellung des Raumes im Allgemeinen, eines ebenen Continui der Localzeichen. Die Contrastse der Tast- und Lichtempfindung, welche bei Bewegung von Hand und Augen bewusst werden, begründen an Körper und Bild das Aussereinanderliegen der Punkte und deren Anordnung im Raume. Bei Darstellung des Körperlichen folgt die Zeichnung dem umfahrenden Tastorgan durch verschiedene Bildebenen; sucht, von geometrischer Reflexion unterstützt, die Umrisse nachahmend festzuhalten, welche der vereinigte Blickpunkt beider Augen beschreibt; führt endlich auch das Continuum der Innervationsgefühle, die Tiefendimensionen in ihre Bilder ein. — Weil sie durch die gleichen Organe entsteht und sämtliche Elemente der Raumvorstellung enthält, darf man die Zeichnung eine genaue Wiederholung der Raumvorstellung nennen. — Zahl. Wer gewohnt ist, nach Maasszahlen zu zeichnen, mag einwenden, die Zeichnung sei niemals so genau als die Vorstellung. Hierauf das Folgende. So genau als wir sehen, können wir zeichnen; aber ebenso genau ist auch unsere Vorstellung, nicht mehr, nicht minder; denn diese ist durch die Vollkommenheit bedingt, in welcher die einzelnen Empfindungen zum Bewusstsein gelangen. Aber so genau als die Zahl vor-schreibt, können wir allerdings oft nicht zeichnen, da wir die Zahl als Begriff auffassen. Im Begriffe liegt die Forderung vollkommener Reinheit der Vorstellungselemente von jeder Spur spezieller Empfindung. Die Elemente des Zeitbegriffes z. B. Zeitanfang, Zeitende, Zeitstrecke ziehen so tausendfältig bei jeder Art von Empfindung zusammen durch das Blickfeld des Bewusstseins, dass die wechselnden Qualitäten dieser Empfindungen zurtücktreten gegenüber der Aneignung jener Elemente; gleichwohl kann das Bewusstsein dieselben stets mit jeder Qualität von Empfindungen zu einer

Zeitvorstellung zerfliessen lassen. Indem wir nun eine Strecke messen, zählen wir allerdings nur eine Reihe gleichartiger Zeitvorstellungen, welche die Genauigkeit des Maasses nicht übertreffen; um jedoch die Zahlvorstellung zu notiren, brauchen wir die Ziffer, welche zugleich den Zahlenbegriff vertritt; weil die Elemente des letztern fester angeeignet sind, als die der ursprünglichen Zahlvorstellung; erinnern wir uns zuerst des Begriffes. — Mit den Zahlbegriffen sind jedoch Raumbegriffe auf's innigste verschwistert, denn Tastbewegungen sind eine gemeinsame Grundlage beider. Oben sahen wir; wie die Gerade zum bestimmenden Element des Tastraums wird; setzen wir dort zu den Endpunkten statt Richtung die Strecke, so erhalten wir zugleich die Vorstellung der Zwischenzeit; aus gleichen Zeitstrecken leiten wir den Zahlbegriff ab. Dieser also ruft nach dem Gesetz gegenseitiger Erweckung innig verwandter Begriffe, den Raumbegriff wach. Desswegen fördert das Messen sowie das Ableiten von Gleichheiten aus der Figur zugleich die Entwicklung allgemeiner Raumbegriffe, während das Zeichnen allein zu sehr Verschmelzung der Raumvorstellung mit bestimmten Gesichtswahrnehmungen begünstigt, wodurch Beschränktheit der Auffassung entsteht. — Wir können demnach sagen: Mittelst der Zahl wird die Raumvorstellung zum Raumbegriff verdichtet. — Werden Raumbegriffe durch Zeichnen und Messen gewonnen, anstatt in Definitionen dargeboten, dann allein bilden sie thatsächlich den Grund der subjectiven Gewissheit geometrischer Einsicht. Nichtsowohl die Anschaulichkeit (wie Lange behauptet³⁾) als die Möglichkeit vielseitiger Prüfung sichert den Raumbegriffen diese Unumstösslichkeit. Erstlich dürfen wir die Ursachen zu Erscheinungen des geistigen Lebens nie bloss im Sinnengebiet suchen, am wenigsten ausschliesslich in Einer Provinz desselben, weil das geistige Leben aus der Wechselwirkung äusserer Eindrücke und innerer Thätigkeit entspringt, wobei in gesundem Zustand alle Organe mehr oder weniger betheilt sein sollen. Sodann darf die Mitwirkung der Tastbewegungen zur Bildung der

³⁾ Vgl. Lange, Logische Studien a. m. O.

Raubegriffe nicht unterschätzt werden. Zahlvorstellungen durch gehörte Töne und getastete Streiche, Raumvorstellungen durch gezeichnete und gesehene Linien versinnlicht und vielfältigt, stünden gleichmächtig nebeneinander; nun kann die gesehene Linie durch die Tastbewegung unmittelbar gemessen werden, der Ton aber durch den Taktstreich nicht. Die Möglichkeit unmittelbarer Verifikation des Gesehenen durch den Tastsinn verleiht dem Raumbegriff die Ueberzeugungskraft, wodurch selbst die Zahl vorzugsweise an räumliche Versinnlichung gewiesen ist. — Zeichnung und Zahl, jene den Vorstellungsinhalt, diese das Formgesetz des Denkens darstellend, reichen zum Ausdruck der Raumbegriffe vollständig aus; nach gehörig cotirten Rissen kann jeder Kundige sich eine vollkommen deutliche Vorstellung von einem Bauwerk, einer Maschine bilden. — Der Sprache müssen wir dennoch unsere Aufmerksamkeit schenken, weil sie gleichsam die grosse Börse ist, auf welcher sämtliche Richtungen des Denkens verkehren, auch ihre Vertreter trifft leider theilweise die Schuld mit leeren Aktientiteln zu handeln. Als allgemeines Tauschmittel benützt nämlich die Sprache das Klangbild des artikulirten Lautes, indem sie die Vorstellungen und Begriffe jeder möglichen Sinneswahrnehmung in bestimmte Lautzeichen, Worte, umsetzt. Abgesehen davon, dass bei solcher Vermittelung jederzeit ursprüngliche Vorstellungselemente sich ablösen, indem sie nicht erinnert werden, während die geschäftige Phantasie fremde mit einflicht, liegt schon darin eine Gefahr für den reellen Werth des Wortes, dass man schneller durch das Gehör ein Klangbild desselben auffasst und einprägt, als man durch eigene Prüfung von seinem Vorstellungsinhalt sich Rechenschaft gibt; denn ohnehin hält eine Neigung zur Trägheit den Menschen an dem sinnlich Wahrnehmbaren wie bei alten Gewohnheiten fest. Zwar bleiben aus diesem Grunde sogar Zeichnung und Zahl vor oberflächlicher Aneignung nicht bewahrt; doch fordern sie weit mehr die selbstthätige Prüfung auf, weil sie der Sinneswahrnehmung näher stehen als das doppelt symbolisirende Wort. — Haben sich aber durch Anschauen und Zeichnen klare Vorstellungen gesammelt, so kann die Sprache Con-

zentration der Aufmerksamkeit auf die wesentlichen Elemente dieser Vorstellung fördern, wie die Zahl und aus demselben Grunde. Das Lautzeichen nämlich vertritt der Erinnerung hauptsächlich die Vorstellungselemente, welche einer grössern Menge von gleichartigen Vorstellungen gemeinsam zukommen, desshalb häufiger im Blickfelde des Bewusstseins zusammentreffen und fester zum Begriffe verschmelzen. — Auch den Umfang der Raumvorstellungen vermag der Sprachausdruck wenigstens zu erhalten. Erfolgt auf die Frage: Welche Lage haben die Geraden *ab*, *cd* zu einander? die lakonische Antwort: senkrecht, so hat der Schüler gewiss nur die Umgebung des Scheitels angesehen; wird er jedoch durch weitere Fragen dazu geführt und angehalten, sein Urtheil in einen ganzen Satz zu kleiden, so muss er wenigstens um der Buchstabenbezeichnung der Endpunkte willen die Linien durchlaufen. — Endlich vermag die sprachliche Fassung auch den Inhalt der Vorstellungen fester anzueignen, sofern Bildung und Umformung der Sätze auf wirkliche Phantasiethätigkeit sich stützen, was aber nur dann der Fall ist, wenn man nicht Phrasen des Lehrbuches nachleiert, sondern das Sprachgefühl des Schülers selbst anruft.

Unter den betrachteten Ausdrucksformen gebührt sonach mit Bezug auf räumliches Denken der Zeichnung die erste Stelle, weil sie die genaue Wiederholung der Raumvorstellung ist, der Zahl die zweite, weil sie die Vorstellung durch einfache Erinnerung zum Begriffe verdichtet, der Sprache die dritte, weil sie denselben Zweck nur mittelst Uebersetzung durch Klangbilder erfüllt. Räumliches Denken soll der Geometrieunterricht entwickeln; indem er den Ausdruck der Vorstellung durch Zeichnung, Zahl und Sprache vervollkommnet. In welcher Stufenfolge kann das geschehen? Nachdem oben gezeigt worden, dass Zeichnung und Zahl ausreichen, um Raumvorstellungen deutlich auszudrücken, darf ich mich darauf beschränken, jene Stufen durch diese beiden Darstellungsmittel zu kennzeichnen.

I. Maassform und Maasszahl. Im Anschauungsunterricht der Volksschule hat die Raumlehre zunächst genaue Wahrnehmung der Gestalt und Lage von Gegenständen der

Umgebung zu erzielen. Das planlose Schweifen der kindlichen Phantasie muss gebannt werden durch Richtung der Aufmerksamkeit auf bezeichnende Merkmale: Ecken, Kanten, Flächen, welche sich zu klaren Vorstellungen der Dinge verschmelzen sollen. Messen führt den Zahlbegriff ein und mit ihm werden die Raumbegriffe der Grösse und der Form gewonnen. Noch ist bloss der ebene Raum der Localzeichen klar bewusst, noch haftet die Auffassung an einzelnen Ansichten der Gegenstände. Hier knüpfen wir an, diejenigen auswählend, welche zugleich einfach und charakteristisch hervortreten: Das Quadrat der Würfelseite, das Rechteck des Stabes, den Kreis der Walze; wir zeichnen sie nach dem Augenmaasse, messen sie, zeichnen sie auf nach dem Maasse, theilen sie ein, rechnen ihren Flächenraum aus, selbst vom Rauminhalt einzelner Körper gelingt es eine Vorstellung zu gewinnen. Weiter schreitend üben wir Zeichnen und Messen zuerst am Sichtbaren, darauf an der Erinnerung und halten uns im Ganzen hauptsächlich an die Bedürfnisse des Handwerksgehilfen, der nach Zeichnung arbeitet. Ansicht, Grundriss, Durchschnitt einfacher gewerblicher Erzeugnisse nebst Berechnung ihres Flächen- und Körperinhaltes gehören deshalb schon auf diese Stufe. Jedoch biete man nur Grundformen solcher Gegenstände mit Maasszahlen, welche vorzugsweise Vielfache von 2, 3, 5 sind und sinnfällige Verhältnisse aufweisen; Sorge dafür, dass diese Grundformen in Fällen der Anwendung als fest angeeignete Maassformen dem Gedächtnisse zur Verfügung stehen.

II. Figur und Gleichheit. Tritt beim Auffassen der Form die Vorstellung des Stofflichen zurück und wendet sich dafür die Aufmerksamkeit den Grössen zu, so nennen wir die Form Figur. Das gleichartig Wiederkehrende, welches dabei zuerst dem Bewusstsein sich aufdrängt, fassen wir durch die Zahl als Gleichheit. Wesentlich ist für diese Stufe: das Freiwerden der Vorstellung von der starren Form, der bestimmten Zahl, Bedingung dazu: Vielfache Reproduction der Vorstellungen unter mannigfaltigen Verhältnissen. Dadurch treten die Elemente in die verschiedensten Associationen ein, übt sich die Aufmerksamkeit für jeden Fall die ent-

scheidenden zu wählen. Kurz: Die Figuren müssen wiederholt unter verschiedenen Annahmen gezeichnet und die Rechnungen mit anderen Zahlen ausgeführt werden. Das Erkennen der Gleichheit mit dem Augenmaass bleibe der entscheidende practische Gewinn! — Beweis und Satz sind Formen, das Erkannte zu ordnen, zu fassen, sie mögen als reife Frucht vorausgegangenen Zeichnens und Rechnens hervortreten. Das Gedächtniss schärfe man mehr für Anschauungen als für Sätze, komme mit der Zeichnung nur dann und so lange zu Hülfe, als die Phantasie dieser Stütze dringend bedarf. — Massgebend für Auswahl und Umfang des Lehrstoffes auf dieser Stufe sind die theoretischen Kenntnisse und Aufgaben des Werkführers und technischen Zeichners. — Im ebenen Raum ordnen wir die Figuren nach den Gesichtspunkten der Congruenz, Flächengleichheit und Aehnlichkeit, an die Kreisrechnung schliesst sich die Trigonometrie. Nachdem schon die vorige Stufe mit den einzelnen Rissen der Körper vertraut gemacht und durch die eingeschriebenen Maasszahlen auf die paarweise gemeinsamen Dimensionen hingewiesen, dürfen wir die Bildebenen jetzt zusammenstossen, an der Hand von Körpermodellen Orthogonalprojection und Perspective zeigen, Fragen über Körperschnitte, Schatten erledigen, soweit sie praktisches Interesse haben, woran sich natürlich die Sätze der Stereometrie, der Volumberechnung knüpfen, die wir so durch genaue Zeichnung stützen und zur Messenschätzung erweitern können.

III. Ort und Gleichung. Aus der Zusammenfassung verschiedener Erscheinungen derselben Figur entspringt die Vorstellung des Festen und des Veränderlichen; durch den Wechsel in den Werthen derselben Gleichheit entwickelt sich die Vorstellung von ihrer gegenseitigen Abhängigkeit. Die Linie ist der Ort, in welchem Punkte sich bewegen, der Punkt ist der Ort in welchem verschiedene Linien zusammentreffen. Die Lage des Punktes auf der Linie oder die Richtung der Linie vom Punkte aus wird festgestellt durch eine Gleichung, welche das Gesetz der Abhängigkeit constanter und veränderlicher Werthe ausdrückt. Hier also treten die Grundgebilde der neuern Geometrie aus vorherge-

gangenen Figurenreihen als die gemeinsamen Maasselemente hervor, und hier ist gleichzeitig die Möglichkeit geboten, die erweiterte Raumauffassung durch die Zahl entsprechend auszudrücken. Wenn Ort an Ort sich misst, bilden Coordinatensysteme, eine Verbindung von Orten, das zweckentsprechende Maasselement; gerade wie auf den vorigen Stufen, wo Linie mit Linie, Winkel mit Winkel verglichen ward, auch Linien und Winkel die Maasseinheit gaben. Jedesmal galten die Maasselemente als Symbol für gewisse Klassen gleichartiger Vorstellungen, Desswegen gelangen wir von der ebenen Figur aus mit dem gleichen Rechte zu Punktreihe und Strahlbüschel, wie von der Projectionslehre aus geschieht. Die Perspective war allerdings eine Veranlassung zur Conception auch des ebenen Strahlbüschels; aber die unerlässliche Vorbedingung zur Bildung des ebenen Raumbegriffes kann nur die ebene Figur sein. — Ordnung der Gebilde im ebenen Raum der Localzeichen ist das erste Glied, Zusammenhang des ebenen Bildes in der Körpervorstellung mit der Tiefendimension, dem Continuum der Innervationsgefühle, das zweite Glied der totalen Raumschauung, unseres Hauptzieles. Kinder greifen nach dem Monde, geheilte Blindgeborene glauben die gesehenen Gegenstände unmittelbar auf ihren Augen liegen. Nicht allein in der Geometrie hat sich die Scheidung von Planimetrie und Stereometrie festgesetzt, auch das Freihandzeichnen ging in alter Zeit schon beim Unterricht „vom Flachen zum Runden“ über. Tiefenwahrnehmung muss aus Tastbewegungen mit Hülfe vergleichender Vorstellungen erst erlernt werden, indessen das Continuum der Localzeichen schon mit den Tastempfindungen aus Reflexbewegungen gegeben ist. Die Scheidung zwischen der Ebene und dem Körperraum hat ihren psychologischen Grund, nur die dogmatische Strenge der Durchführung bleibt, wie anderwärts, ungerechtfertigt, weil sie den naturgemässen Wechsel in der Anspannung verschiedener Geisteskräfte hemmt. — Ob wir jedoch in der Ebene oder im Körperraum arbeiten, Zeichnung und Zahl nehmen auf dieser Stufe mehr und mehr symbolischen Charakter an, indem sie die Vorstellung durch die maassgebenden Grössen eher andeuten als wirklich umschreiben

Während Zeichnung und Zahlausdruck auf der vorigen Stufe noch in ihrer vollständigen Ausführung die Stelle eines Untersuchungsobjectes ausfüllten, verdichten sie sich jetzt zu blossen Marksteinen am Wege der Gedanken. Die Ziele bestimmt auf dieser Stufe die Wissenschaft selbst. — Vom Anschauen, Betasten der Körper giengen wir aus, damals ward nur das ebene Continuum der Localzeichen klar bewusst; aus Ecken und Kanten schlossen sich Umrisse zusammen, einzelne Ansichten; was die Augen sagten, wusste man noch nicht zu deuten, man griff nach den Dingen, betastete sie, lernte sie messen. — Indem der Formenreichthum sich mehrt, die Hand zeichnend Figuren nach- und neubildet, lernt man auch mit dem Auge Gleichheiten und Aehnlichkeiten in denselben erkennen, die verschiedenen Risse vereinigen sich zur Körpervorstellung, aus der Vergleichung des Nahen und Fernen wird uns die Wirkung der Tiefe im Bilde bewusst. — Inzwischen haben sich manigfaltige Figurenreihen zusammengefunden, wir suchen sie zu überschauen, indem wir sie durch Bewegung auseinander ableiten und nach ihrer Verwandtschaft ordnen. — Die Raumschauung, die aus Empfindungen und Bewegungen durch unbewusste Verschmelzung des gemeinsam Erregten entspringt, bietet eine Manigfaltigkeit geschlossener Formen, die uns fremd erscheint, weil wir sie nur ausser uns suchen. Die Raumschauung dagegen, die aus bewussten Schlussreihen sich aufbaut, entfaltet einen Organismus durch Bewegung sich entwickelnder Gebilde, der unserm Geist entspricht, weil seine Gestalten aus unseren Vorstellungen erwachsen, seine Bewegungsgesetze unseren Denkgewohnheiten gemäss eingerichtet sind. Jederzeit ist unsere Raumschauung für uns die räumliche Natur selbst; wir begreifen die Körperwelt ausser uns eben so weit, als unsere Raumvorstellungen, unsere Maasse reichen. — Die Stufen des Geometrieunterrichtes, die soeben mit wenigen Zügen zusammengefasst wurden, sind nun in Wirklichkeit als gleichberechtigte Anschauungsweisen nebeneinander gestellt. Die Wissenschaft von den Raumbestanden verhält sich in einzelnen ihrer Zweige mehr direkt messend, in anderen hauptsächlich zeichnend, in dritten mit Vorliebe über-

schauend. So der einzelne Mensch! Wie sein Leben wechselt zwischen Wachsein und Schlaf, kann er auch nur beim Wechsel in Anspannung seiner Geisteskräfte gesund bleiben. Er wird sich darum bald dem Tastsinn vertrauen, messen, bald das Sehorgan beanspruchen, zeichnen, bald die Phantasie sich in freier Umschau ergehen lassen. Keiner einzelnen Auffassungsweise gehört dauernd das Vorrecht die richtige zu sein; sondern in jedem Fall derjenigen, welche der Geistesanlage und dem Zweck am genauesten entspricht.

Oben zeigten wir, dass die Gewissheit unserer Erkenntniss von der Vielseitigkeit ihrer Prüfung durch verschiedene Organe abhängig sei; was die letztern für den Körper, sind die einzelnen Zweige für die Wissenschaft. Darum begründet den sichern Fortschritt geometrischen Wissens allein das Zusammenwirken von messender, zeichnender und überschauender Bearbeitung der Raumgestalten.

[F. Graberg.]

Kritische Bemerkungen zu der Entdeckung des Hrn. Börnstein über den Einfluss des Lichtes auf den electricen Leitungswiderstand von Metallen. Vor Kurzem hat Hr. Börnstein in Heidelberg in der Schrift: Der Einfluss des Lichtes auf den electricen Leitungswiderstand von Metallen, Heidelberg 1877 (Habilitationsschrift), (ein Auszug dieser Schrift ist im Philos. Mag., June 1877, Vol. 3, p. 481 enthalten) über eine Reihe von ihm ausgeführter Untersuchungen berichtet, aus welchen er folgende Resultate zieht:

1. Die Eigenschaft, durch Einwirkung von Lichtstrahlen einen geringeren electricen Leitungswiderstand zu erlangen, ist nicht auf die Metalloide Selen und Tellur beschränkt, sondern kommt auch dem Platin, Gold und Silber zu, höchst wahrscheinlich überhaupt allen Metallen.
2. Die Leitungsfähigkeit eines Leiters wird durch den Durchgang selbst des schwächsten electricen Stromes, z. B.

eines durch schwache Magneto-Induction hervorgerufenen Stromes, ganz erheblich (bis zu mehr als ein Procent) vermindert und nimmt nach Aufhören des Stromes ihren früheren Werth allmählich wieder an.

3. Ganz analog dem Verhalten der Leitungsfähigkeit ist das Verhalten der Lichtempfindlichkeit eines Leiters gegenüber dem Durchgang eines electricischen Stromes.

Bei der Ausführung meiner Untersuchungen über die Wärmeentwicklung des stationären electricischen Stromes, über deren Resultate in diesem Hefte Bericht erstattet worden ist, war ich, um möglichen Fehlern vorzubeugen, dazu gedrängt worden, die Frage eingehend zu untersuchen: wird der Widerstand eines metallischen Leiters durch den blossen Durchgang eines electricischen Stromes in messbarer Weise verändert oder nicht? Aus den angestellten Messungen ergab sich (wie auf S. 300 dieses Hefts angegeben ist) das Resultat: So lange die Stärke eines electricischen Stromes unter dem Werthe 6 (absolutes electromagnetisches Maass) bleibt, bewirkt der blosser Durchgang des Stromes durch einen Leiter (Platindraht) keine deutlich nachweisbare Veränderung in dem Leitungswiderstande des letzteren, d. h. ist die etwa eintretende Aenderung im Leitungswiderstande gleich oder kleiner als die bei den schärfsten Widerstandsmessungen auftretenden Beobachtungsfehler. Um sicher nachweisbare Aenderungen im Leitungswiderstande dünner Platindrähte durch den blossen Durchgang eines electricischen Stroms zu erzielen, musste ich Ströme anwenden, deren Stärke den Werth 7 überstieg.

Das Resultat 2) der Untersuchungen des Hrn. Börnstein steht demnach mit der Summe meiner Erfahrungen in auffalendem Widerspruch. Zugleich lässt dasselbe die Ergebnisse aller bisherigen Widerstandsmessungen als höchst unzuverlässig erscheinen. Wenn schon der schwächste, durch Magneto-Induction hervorgerufene Strom den Widerstand seines Leiters um mehr als ein Procent vorübergehend zu ändern vermag, so sind genaue Widerstandsmessungen principiell unmöglich. Diese principielle Wichtigkeit der Frage hat mich veranlasst, zu untersuchen, auf welcher Seite der begangene Fehler liegen könnte. Eine Durchsicht der Arbeit des Hrn.

B. hat mir ergeben, dass das Resultat 2) nebst den Resultaten 1) und 3), höchst wahrscheinlich, ja vielleicht sicher, nichts Anderes als Folgen zweier Versehen sind, die Hr. B. bei der Ausführung seiner Untersuchungen begangen hat.

Zur Begründung der oben genannten Aussprüche hat sich Hr. B. dreier verschiedener Methoden bedient. Zuerst bestimmte er das Verhältniss der Widerstände w und w_1 eines und desselben Leiters im unbelichteten und belichteten Zustand nach dem Wheatstone'schen Brückenverfahren. 98 Versuche ergaben, dass der Widerstand eines dünnen Platindrahts in Folge von Belichtung im Mittel um $\frac{1}{8333}$ verkleinert wird; aus 62 weiteren Versuchen folgte, dass der Widerstand eines dünnen Goldblatts durch Belichtung im Mittel um circa $\frac{1}{7000}$ seines anfänglichen Werthes abnimmt. Für jeden mit Widerstandsmessungen hinreichend Vertrauten liegen diese constatirten Widerstands-Unterschiede an der Grenze der mit den besten Hilfsmitteln sicher constatirbaren Widerstandsdifferenzen. Immerhin könnte man zugeben, dass diese Mittelzahlen einen factischen Einfluss der Belichtung auf den Widerstand eines Metalles wahrscheinlich machen, sobald die Resultate jedes Versuchs, oder doch der bei weitem zahlreichsten Versuche nach derselben Richtung fallen. Das ist nun aber durchaus nicht der Fall. Es ergaben z. B. die Versuche, die Hr. B. mit zwei frischen Platindrähten an drei auf einander folgenden Tagen ausführte (S. 15 seiner Schrift): Der Widerstand der benutzten Platindrähte wird durch Bestrahlung mit Natriumlicht verändert in dem Verhältniss:

1 : 1 — 0.000633	1 : 1 + 0.000086
1 : 1 — 0.000172	1 : 1 + 0.000098
1 : 1 + 0.000031	1 : 1 + 0.000023
1 : 1 — 0.000027	1 : 1 — 0.000166
1 : 1 — 0.000013	1 : 1 + 0.000082
1 : 1 — 0.000041	1 : 1 + 0.000112
	1 : 1 + 0.000093

In 6 Fällen erzeugte die Bestrahlung eine Verminderung des Widerstandes, in 7 Fällen eine Erhöhung; der Mittelwerth ergibt allerdings eine Widerstandsverminderung in Folge der Bestrahlung gleich $\frac{1}{22700}$, worauf jedoch wenig Gewicht zu legen ist. Denn lässt man von diesen 13 Beobachtungen die erste weg, so ändert der Mittelwerth das Vorzeichen und die genannten Beobachtungen liefern bei Ausschluss der ersten in qualitativer Hinsicht das entgegengesetzte Resultat. Aehnliche Resultate ergeben die übrigen Beobachtungen. Hr. B. selbst scheint der Meinung zu sein, dass die Ergebnisse dieser ersten Versuchsmethode den Einfluss der Belichtung nicht hinreichend sicher hervortreten lassen. Doch glaubt er dieses etwas ungewisse Endergebniss auf Rechnung der Beobachtungsmethode setzen zu müssen, da ihm die beiden übrigen benutzten Untersuchungsmethoden den Einfluss der Belichtung auf den Widerstand eines Metalles ganz deutlich anzuzeigen scheinen.

Diese beiden Methoden (die von Hrn. W. Weber in die Praxis der Widerstandsmessungen eingeführt wurden) gestatteten Hrn. B. mit äusserst schwachen, durch Magneto-Induction hervorgerufenen Strömen die Widerstandsvergleichen vornehmen zu können. In der ersten dieser Methoden bildet er einen geschlossenen Kreis aus einem empfindlichen Multiplicator, einem W. Weber'schen Magnet-Inductor und dem zu untersuchenden Widerstande. Die Nadel des Multiplicators wird mittelst des Magnet-Inductors nach der „Zurückwerfungsmethode“ in Gang gesetzt und aus den constanten Grenzbögen a und b , a_1 und b_1 , welche die Nadel bei unbelichtetem und belichtetem eingeschaltetem Widerstande beschreibt, wird auf die Veränderung geschlossen, welche der eingeschaltete Widerstand durch die Belichtung erleidet. Bedeutet w_0 die Summe der Widerstände des ganzen Kreises mit Ausnahme des zu untersuchenden Widerstandes, wird der Werth des letzteren in unbelichtetem Zustande gleich w und in belichtetem Zustande gleich w_1 gesetzt, so ist die Grösse

$$\psi = \frac{a^2 + b^2}{\sqrt{ab}} \text{ dem Werthe } w_0 + w \quad \left. \vphantom{\psi} \right\} \text{ reziprok pro-} \\ \text{und } \psi_1 = \frac{a_1^2 + b_1^2}{\sqrt{a_1 b_1}} \text{ dem Werthe } w_0 + w_1 \quad \left. \vphantom{\psi_1} \right\} \text{ portional.}$$

An die Stelle des Widerstandes w resp. w_1 setzte Hr. B. ein Goldblatt von circa 3 Q. E. Widerstand und ermittelte die Werthe 2ψ und $2\psi_1$ bei unbestrahltem und bei (mit Natriumlicht) bestrahltem Goldblatt. Die von Hrn. B. mitgetheilten Ergebnisse seiner Beobachtungen nach dieser Methode sind:

Erste Reihe.

	Goldblatt unbestrahlt	Goldblatt bestrahlt
	$2\psi = 639.52$	$2\psi_1 = 639.27$
	638.11	638.86
	637.56	637.91
	637.02	637.41
	637.24	637.40
Der Mittel-	636.10	636.88
werth ist:	$\overline{2\psi} = 637.59$	$\overline{2\psi_1} = 637.95$

Am folgenden Tage wurden die Versuche wiederholt. Es fand sich:

Zweite Reihe.

	Goldblatt unbestrahlt	Goldblatt bestrahlt
	$2\psi = 641.24$	$2\psi_1 = 640.60$
	640.26	640.39
Der Mittel-	639.98	639.62
werth ist:	$\overline{2\psi} = 640.49$	$\overline{2\psi_1} = 640.20$

Ich habe diese Beobachtungsergebnisse angeführt um zunächst hervorzuheben, was Hr. B. hervorzuheben unterlässt: Diese Zahlen zeigen auf das Deutlichste, dass ein Einfluss der Belichtung auf den Widerstand eines metallischen Leiters mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht vorhanden ist: nach der ersten Beobachtungsreihe würde sich der Widerstand des Goldblattes in Folge der Belichtung vermindern (entsprechend der Differenz $\overline{2\psi_1} - \overline{2\psi} = +0.36$), nach der zweiten Beobachtungsreihe dagegen vergrössern (entsprechend der fast gleich grossen Differenz $\overline{2\psi} - \overline{2\psi_1} = +0.29$). Und um weiter die Folgerung, die Hr. B. daraus gezogen hat:

„Durch diese Beobachtungen ist bewiesen: durch blosses Hindurchleiten electricischer Ströme wird der Leitungswiderstand der dünnen Goldschicht für die Dauer etwa eines Tages um mehr als ein Procent vermehrt“ als unbegründet zu erklären.

Hr. B. verlegt die Ursache der stetigen Abnahme der Zahlenwerthe von 2ψ und $2\psi_1$ einzig und allein in das untersuchte Goldblatt und berechnet darauf hin einen Widerstandszuwachs des Goldblattes während der ersten Beobachtungsreihe von $1\frac{1}{4}$ Procent. So lange aber der Nachweis dafür nicht geliefert worden ist, dass während der ganzen Beobachtungsreihe der Widerstand w_0 der übrigen Theile des Schliessungskreises vollkommen unverändert blieb, ist dieses Verfahren unzulässig. w_0 blieb nicht constant; nach der Angabe des Hrn. B. stieg die „Zimmertemperatur“ während der Beobachtungsreihe von 13.7 auf 14.3 C. Dadurch musste der Gesamtwiderstand des Schliessungskreises stetig zunehmen bis zu circa $\frac{1}{450}$ des anfänglichen Werthes. Diese Zunahme beträgt allerdings nur die Hälfte der Zunahme, welche aus den obigen Zahlenwerthen von 2ψ und $2\psi_1$ zu Anfang und zu Ende der ersten Beobachtungsreihe folgt. Die zweite Hälfte der Zunahme ist noch zu erklären. Ich glaube, die Erklärung lässt sich in ungezwungener Weise so geben: wenn die „Zimmertemperatur“ während der Beobachtungsreihe um 0.6 stieg, so ist vielleicht die mittlere Temperatur von Multiplicator, Inductor und Widerstand während derselben Zeit um einige 0.1 mehr gestiegen. Bei allen meinen absoluten Widerstandsmessungen, in denen die einzelnen Theile des benutzten Schliessungskreises über grössere Räume sich verbreiteten, habe ich immer beträchtliche Aenderungen der Temperatur über die einzelnen Theile des Schliessungskreises hin beobachtet und habe ich mehrfach Gelegenheit gehabt, die Bemerkung zu machen, dass man Fehler von 0.25 ja 0.50 in der Temperaturbestimmung begehen würde, falls man ohne Weiteres die „Zimmertemperatur“ gleich der mittleren Temperatur des benutzten galvanischen Schliessungskreises setzen wollte.

Bei diesen Umständen glaube ich fast mit Sicherheit behaupten zu dürfen: die beobachtete stetige Vergrösserung des

Widerstandes ist keine „Nachwirkung des electricen Stromes“, wie Hr. Börnstein glaubt folgern zu müssen, die nach Ablauf der Beobachtungen nach und nach wieder verschwand, sie ist vielmehr eine directe Wirkung der im Laufe der Beobachtungsreihe eingetretenen Temperaturerhöhung des Schliessungskreises. — Die hier benutzte Methode der Widerstandsbestimmung lässt nur dann richtige Werthe der zu messenden Widerstände gewinnen, wenn gleichzeitig mit möglichst feinen galvanometrischen Messungen ebenso genaue Temperaturbestimmungen über alle Theile des ausgedehnten Schliessungskreises und über die ganze Beobachtungszeit hin gemacht werden. Hr. B. hat dieses nicht gethan; er hat die Zehntausendstel der Skalentheile in den mittleren Galvanometerausschlägen noch in Rechnung gezogen, den Verlauf der „Zimmertemperatur“ aber nur in größeren Umrissen verfolgt.

Um nach einer weiteren Methode die Lichtempfindlichkeit einer von einem schwachen electricen Strom durchflossenen Metallplatte möglichst frei von störenden Einflüssen zu untersuchen, wendet Hr. B. die von Hrn. W. Weber in die Widerstandsmessungen eingeführte Dämpfungsmethode an. Es wird das logarithmische Decrement der Amplituden einer Multiplikatornadel beobachtet 1) während der Multiplikator offen ist, 2) während der Multiplikator durch einen eingeschalteten metallischen unbelichteten Leiter geschlossen ist und 3) während der Multiplikator durch den nämlichen metallischen, jedoch belichteten Leiter geschlossen ist. Werden die in diesen 3 Fällen beobachteten logarithmischen Decremente mit λ_0 , λ_1 bezeichnet, bedeutet w_0 den Widerstand des Multiplikators, w den Widerstand des untersuchten metallischen Leiters in unbelichtetem Zustande und w_1 den Widerstand desselben Leiters im belichteten Zustande, so ist (mit hinreichender Annäherung)

$\lambda - \lambda_0$ der Grösse $w_0 + w$ }
 und $\lambda_1 - \lambda_0$ der Grösse $w_0 + w_1$ } reciprok proportional.

Aus den beobachteten Differenzen $\lambda - \lambda_0$ und $\lambda_1 - \lambda_0$ kann bei constantem w_0 ein Rückschluss auf das Verhältniss $\frac{w_1}{w}$ gemacht werden.

Nach dieser Methode stellte Hr. B mit dünnen Platin-, Gold- und Silberplatten eine grosse Reihe von Versuchen an. Er glaubt aus denselben folgern zu müssen:

1. „Die Metalle Gold, Platin und Silber erlangen, ähnlich wie dies vom Selen und Tellur schon bekannt ist, durch Einwirkung von Lichtstrahlen einen Zuwachs von electricischer Leitungsfähigkeit, dessen Grösse nach den bisherigen Beobachtungen resp. bis zu 3, 4, 5 Procent der gesammten Leitungsfähigkeit betragen kann.“
2. „Die vom electricischen Strom erregte Verminderung der Leitungsfähigkeit, welche oben als electricische Nachwirkung bezeichnet wurde, ist begleitet von einer Abnahme der Lichtempfindlichkeit.“

Bei der Ableitung dieser Ergebnisse ist jedoch Hr. Börnstein von der Annahme eines Factums ausgegangen, das schwerlich bei seinen Messungen realisirt war: er nahm an, das logarithmische Decrement bei offenem Multiplicator sei eine unveränderliche Grösse, die für jeden Multiplicator nur „ein für alle Mal“ zu bestimmen sei. Diese Annahme ist unrichtig; λ_0 ist eine sehr veränderliche Grösse. Bei meinen absoluten Widerstandsmessungen habe ich Wochen hindurch Tag für Tag Gelegenheit gehabt, mich von der grossen Veränderlichkeit der Grösse λ_0 zu überzeugen. Um eine Idee von dem Umfange und der Art dieser Veränderlichkeit zu geben, führe ich die Ergebnisse an, die ich an drei ohne Wahl herausgegriffenen Beobachtungstagen erhalten habe:

4. April 1876.		16. Sept. 1876.		1. Oct. 1877.	
	λ_0		λ_0		λ_0
0—40	0.000577	0—80	0.000535	0—60	0.000314
40—80	559	80—180	410	60—120	426
80—120	484	240—300	332	120—180	523
150—190	429	380—440	317	180—240	560
240—300	403			240—300	517
				300—360	444
				360—420	418
				420—480	424
				480—560	423

Die Zahlen der ersten Reihe in jeder dieser 3 Tabellen bedeuten die Ordnungszahlen der Schwingungen, aus denen das logarithmische Decrement λ_0 abgeleitet wurde.

Diese Beobachtungen wurden an den Schwingungen eines circa $\frac{1}{2}$ pfündigen Magnets gemacht, der an einem langen dünnen Messingdrahte an der Decke des Zimmers aufgehängt war; Hr. Börnstein arbeitete bei seinem Multiplicator I mit einem einpfündigen Magnet, der an einem langen dünnen Eisendraht befestigt war. Die Erscheinung eines variablen λ_0 , die bei meinen Beobachtungen permanent zu beobachten war, ist sicher auch bei den seinigen in analoger Weise zu Tage getreten. Die von ihm mitgetheilten Zahlen lassen dieses deutlich erkennen. Die Grösse $\lambda - \lambda_0$ sollte bei den auf einander folgenden Beobachtungen bei unbelichtetem oder bei belichtetem metallischen Leiter nahezu constant sein; sie ist es aber bei Weitem nicht, weil Herr B. nicht den gerade jedesmal gültigen Werth von λ_0 zur Bildung der Differenz $\lambda - \lambda_0$ benutzt hat, sondern einen „ein für allemal“ bestimmten. So hat z. B. gleich die erste Reihe, die Hr. B. für die Differenz $\lambda - \lambda_0$ mittheilt, die auf einander folgenden Werthe: 0.04180, 0.04287 und 0,04259, also Werthe, die bis zu $2\frac{1}{2}$ Procent von einander abweichen.

Alle Folgerungen, die Hr. B. aus den Beobachtungen nach dieser Methode gezogen hat (und gerade diese sind es, die ihm als die zuverlässigsten erscheinen) sind daher so lange als nicht bewiesen anzusehen, als er nicht gezeigt hat, dass bei Berücksichtigung der Veränderlichkeit von λ_0 sich dieselben Resultate ergeben.

Fast mit Gewissheit lässt sich voraussagen, dass Hr. B. bei verbesserter Wiederholung seiner Versuche keinen Einfluss der Belichtung auf den Widerstand der Metalle und keine Nachwirkung des electricischen Stromes finden wird. Alle Beobachtungen, die ich in Betreff des Verhaltens der Grösse λ_0 gemacht habe, zeigen übereinstimmend, dass diese Grösse in der ersten Zeit jeder täglichen Beobachtungsreihe stark, später weniger auffallend variirt und schliesslich nach längerer Schwingungszeit einen nahezu constanten Werth annimmt. Dieselbe Erscheinung ist höchst wahrscheinlich auch in den Versuchen des Hrn. B. aufgetreten. In den letzten Beobach-

tungen eines jeden Tages war also sicher der Werth λ_0 nahezu constant, Hr. B's. Annahme also nahezu erfüllt. Entnehmen wir den Beobachtungsreihen, die Hr. B. für den Multiplicator I gewann, die letzten Werthe jedes Tages für $\lambda - \lambda_0$ und $\lambda_1 - \lambda_0$, so sind es die Werthe:

Goldblatt 2 unbelichtet. • Goldblatt 2 belichtet.

$$\lambda - \lambda_0 = 0.04279 \qquad \lambda_1 - \lambda_0 = 0.04277$$

$$0.04289 \qquad 0.04303$$

$$0.04313 \qquad 0.04358$$

$$0.04392 \qquad 0.04353$$

$$0.04325 \qquad 0.04337$$

$$0.04242 \qquad 0.04250$$

$$0.04209 \qquad 0.04159$$

Die Mittelwerthe: 0.04293

0.04291

sind also so gut wie vollkommen gleich; die kleine Differenz (die noch dazu zu Ungunsten der Börnstein'schen Folgerung über den Einfluss der Belichtung auf den Widerstand der Metalle spricht) hat keine Bedeutung, da sie viel kleiner ist, als der unvermeidliche Beobachtungsfehler. Ein Einfluss der Belichtung auf die Grösse eines metallischen Widerstandes ist also nicht zu erkennen.

Zürich, Anfang October 1877.

H. F. Weber.

Nachschrift.

Ich erhielt heute von Hr. Dr. W. Siemens eine Abhandlung: „Ueber die Abhängigkeit der electricen Leitungsfähigkeit des Selens von Wärme und Licht“ (Monatsber. der Berl. Academie, Juniheft 1877), in welcher er u. A. über Versuche referirt, die er zur Prüfung der Resultate des Hr. B. angestellt hat und die sodann durch Hr. G. Hansemann in vollkommenerer Weise ausgeführt wurden. Keines der Resultate des Hr. Börnstein wurde bestätigt. Da Hr. Siemens die möglichen Ursachen der eigenthümlichen Resultate des Hr. B. dahingestellt sein lässt („Welches die Ursachen der abweichenden Versuchsergebnisse des Hr. B. sind, lässt sich nicht beurtheilen, da die Versuche desselben hiezu nicht eingehend genug beschrieben sind“), so behalten die obigen Be-

merkungen, trotz der bereits erfolgten positiven Widerlegung der Resultate des Hrn. B., immer noch einiges Interesse, da sie die Ausgangspunkte zur Erklärung der falschen Resultate des Hrn. B. liefern.

13. October 77.

Notizen zur schweiz. Kulturgeschichte. (Fortsetzung).

269 (Forts.). Krusenstern an Horner, London 1814 VIII. 7 (Forts.): Diese Instrumente werden bei Cary gemacht, sowie auch ein von Leslie angegebener Apparat Eis dadurch hervorzubringen, dass man Wasser in einem irdenen Topfe über ein Gefäss setzt, das Schwefelsäure enthält, und das Ganze unter eine Luftpumpe bringt. (Ich drücke mich vielleicht nicht wissenschaftlich aus, aber Sie werden mich wahrscheinlich verstehen; auch kann es nicht neu mehr für Sie seyn). Leslie war sehr neugierig Ihre Memoiren zu sehen, und sobald er aus Paris zurückkommt, wohin er vor 4 Wochen gereist ist, habe ich ihm den 3. Band versprochen. Er hat auch eine Geometrie geschrieben, welche sehr gerühmt wird, und ist Mitarbeiter der Edinburgh Review. Die Herren Gelehrten in Edinburgh werden eine Geographie herausgeben; der mathematische und physische Theil ist Leslie übertragen; sobald er aus Paris zurückkömmt, soll der Druck anfangen. — Von Dr. Brewster, welcher auch in diesen Tagen nach Paris gereist ist, ist im vorigen Jahre erschienen „Treatise on new philosophical instruments with experiments on light and colours.“ Brewster gibt eine neue Encyclopädie heraus unter dem Titel: „Edinburgh Encyclopedia“; die Artikel sind meistens original; 7 parts bis D sind bis jetzt erschienen. — Flinders Reise ist vor 14 Tagen in 2 grossen Quartbänden nebst Atlas (Preis 8 Guineen) erschienen. Sie ist höchst merkwürdig, ich habe sie mit grossem Interesse gelesen. Flinders ist leider gestorben und zwar an dem nämlichen Tage, wo seine Reise zum erstenmal annoncirt ward. Seine Krankheit war eine Folge der beinahe 7jährigen Gefangenschaft auf Isle de France, in welcher ihn der Fran-