

herzuleiten, worüber, sowie über einige mißglückte Versuche der Art die Abhandlung weitere Auskunft giebt. — Wenn es gelänge, eine hinlänglich empfindliche Torsionswaage mit ganz constanter Schwingungszeit herzustellen, so würde die Lösung des Problems auf diese Weise nicht ohne Interesse seyn.

Endlich habe ich die Drehwaage zu diamagnetischen Versuchen angewendet. Da diese indessen theils früher veröffentlicht wurden, theils, in so weit sie die verschiedene Abstofsung von Bergkrystall und Kalkspath in der Richtung der Krystallaxe und senkrecht darauf betreffen, von Hrn. Tyndall (diese Ann. Bd. 83, S. 384) mit entschiedenerem Erfolge ausgeführt worden sind, so enthalte ich mich hier einer weiteren Besprechung derselben.

### III. *Ueber die Schätzung der Gröfse und der Entfernung der Gesichtsubjecte aus der Convergenz der Augenaxen; von Prof. Hermann Meyer in Zürich.*

**B**ereits im Jahre 1842 <sup>1)</sup> habe ich eine Beobachtung bekannt gemacht, welche sehr geeignet ist, zu beweisen, dafs wir das Bewufstseyn von dem Grade der Convergenz unserer Augenaxen oder vielmehr von der Thätigkeit der diese Convergenz bestimmenden *musculi recti interni oculi* als ein wesentliches Moment in unser Urtheil über die Gröfse und Entfernung der äufseren Gegenstände aufzunehmen pflegen.

Ich habe nämlich damals durch einen Versuch nachgewiesen, dafs wir bei gleicher Gröfse der Netzhautbilder

1) Ueber einige Täuschungen in der Entfernung und Gröfse der Gesichtsubjecte. — Archiv von Roser und Wunderlich. Band I. 1842.

einen kleinen näheren Gegenstand zu sehen glauben, wenn wir die Augen in sehr convergenter Stellung halten, dagegen einen gröfseren und ferneren, wenn die Augen weniger convergent stehen. Der bezeichnete Versuch wird so angestellt, dafs man einen mit congruenten Figuren bedeckten Papierbogen in bequeme Sehweite hält und dann entweder durch nähere oder durch fernere Fixirung Doppelbilder der einzelnen Figuren erzeugt. In dem Augenblicke, in welchem die Doppelbilder benachbarter Figuren sich decken, tritt dann die Erscheinung ein, dafs der Bogen und seine Figuren näher und kleiner oder ferner und gröfser erscheinen. Für die genauere Beschreibung des Versuches und Anwendung desselben zur Erklärung einiger pathologischen Fälle mufs ich auf den Aufsatz selbst verweisen <sup>1</sup>).

Dieser Versuch ist aber sehr schwierig anzustellen und Vielen will er gar nicht gelingen, weil eine sehr grofse Uebung in der Bewegung der Augen zu seiner Ausführung gehört. Sehr viel leichter kann derselbe Satz mit Hülfe des Stereoskopes gewonnen und dazu mit gröfserer Schärfe bewiesen werden.

Ehe ich jedoch den Versuch beschreiben kann, mufs ich die besondere Einrichtung angeben, welche ich an meinem Stereoskope für die Beobachtung und Berechnung dieses und des folgenden Versuches getroffen habe.

Die beiden Spiegel stehen rechtwinklich gegen einander, und sind ihrer ganzen Fläche nach frei, d. h. durch nichts bedeckt. Ein Stirnausschnitt in dem oberen Brette sichert für jeden Versuch möglichst dieselbe Lage des Kopfes und somit der Augen. Die hintere Wand des Kastens zwischen den Spiegeln und den Seitenbrettern fehlt. Die Seitenbretter sind nach beiden Seiten hin ziemlich lang und sind mit zwei Scalen bezeichnet, deren ein-

1) Der gleiche Versuch ist seitdem noch einmal von Brewster beschrieben worden. Vgl. *Phil. mag.* XXX., p. 366. *D. Brewster on the Knowledge of distance given by binocular vision*, und Berliner physikalischer Jahresbericht. Band III. S. 188.

zelne Glieder einen Centimeter groß sind; beide Reihen begegnen sich in der Mitte der Länge des Brettes in einem Nullpunkte und gehen von diesem auseinander laufend die eine mit ihren höheren Nummern gegen den Beobachter zu, die andere mit ihren höheren Nummern von dem Beobachter weg. Erstere Reihe nenne ich die *Minus-Reihe*, letztere die *Plus-Reihe*. Als Nullpunkt ist derjenige Punkt bezeichnet, dessen in das Auge derselben Seite reflectirter Strahl den Spiegel unter einem Winkel von  $45^\circ$  trifft, so daß also die Strahlen beider Nullpunkte nach ihrer Reflexion in symmetrischem Parallelismus in beide Augen fallen. Den Berechnungen an diesem Instrumente legte ich folgende Maße als gegeben zu Grunde:

Entfernung der optischen Mittelpunkte <sup>1)</sup> beider Augen  
50 Mllm.

Halbmesser des Auges 15 Mllm.:

Entfernung des optischen Mittelpunktes eines Auges von dem Mittelpunkte seiner Seite nach der Länge des gebrochenen Strahls gemessen 240 Mllm. (Nämlich von dem optischen Mittelpunkte des Auges bis zum Spiegel 85 Mllm., und von dem Spiegel bis zum Nullpunkt 155 Mllm.)

Mit diesen Voraussetzungen war es nicht schwierig zu berechnen:

die Länge des gebrochenen Strahles eines jeden Eintheilungspunktes,  
die Winkel, unter welchen die reflectirten Strahlen sich in dem optischen Mittelpunkte des Auges kreuzen,  
die Größe des Netzhautbildes eines jeden Centimeters der Reihen.

Auf diese Grundlagen konnten sodann die in dem Folgenden angeführten Rechnungen gestützt werden.

An

---

1) Die Annahme einer kugeligen Gestalt des Augapfels und eines mit dem Mittelpunkte desselben zusammenfallenden Drehpunktes, der zugleich optischer Mittelpunkt ist, gewähren für diesen Versuch, so wie für den folgenden, hinlängliche Genauigkeit.

An dem so eingerichteten Stereoskope wird nun der Versuch in folgender Weise angestellt: Man steckt zwei congruente oder auch stereoskopisch gezeichnete Figuren in die Seitenbretter möglichst nahe dem Nullpunkte hin. Hat man dann das einfache Bild von beiden Figuren gewonnen, dann läßt man diese langsam verschieben, so daß sie auf höhere Nummern der Minus-Reihen zu stehen kommen. Während dies geschieht, bemerkt man sodann eine *sehr bedeutende* Verkleinerung und Näherung des Bildes. Läßt man dann die Figuren wieder gegen den Nullpunkt hinschieben, so wird das Bild ebenso rasch wieder bedeutend größer und ferner gerückt. Die Verkleinerung und Näherung des Bildes fällt also auch hier mit der stärkeren Convergenz der Augenaxen zusammen und die Vergrößerung und Entfernung mit der geringeren Convergenz derselben. Es ist sehr zu bedauern, daß es kein Mittel giebt, diese scheinbaren Verschiedenheiten in Größe und Entfernung mit Zahlen zu bestimmen; der Versuch würde dadurch sehr an Schärfe gewinnen.

---

Wenn wir nach der Erklärung dieser Erscheinung forschen, so muß gewiß, ehe wir uns auf das Gebiet der psychischen Mitwirkung zurückziehen, die Möglichkeit abgeschnitten seyn, daß irgend eine materielle Ursache der Grund derselben sey. Eine Aussicht auf eine Erklärung aus materiellen Verhältnissen giebt nun aber die mit dem Zurückziehen der Figuren verbundene Verkleinerung ihres Netzhautbildes. Es ist deshalb zu untersuchen, ob diese Verkleinerung der in dem Versuche beobachteten Verkleinerung entspreche. Die Berechnung der Größe des Netzhautbildes für einen jeden Centimeter der Minusreihe giebt aber folgende Werthe:

für Centimeter I	(zwischen 0 und 1) . . . .	0,6250 Mllm.
” ” II	(zwischen 1 und 2) . . . .	0,6223 ”
” ” III	(zwischen 2 und 3) . . . .	0,6179 ”
” ” IV	(zwischen 3 und 4) . . . .	0,6117 ”
” ” V	(zwischen 4 und 5) . . . .	0,6035 ”
” ” VI	(zwischen 5 und 6) . . . .	0,5936 ”
” ” VII	(zwischen 6 und 7) . . . .	0,5821 ”
” ” VIII	(zwischen 7 und 8) . . . .	0,5692 ”

Der Größenunterschied des Netzhautbildes des Centimeters I und des Centimeters VIII beträgt demnach 0,0558 Mllm. d. i. ungefähr  $\frac{1}{17}$  von der Größe des Netzhautbildes des Centimeters I. Eine Figur von 1 Centimeter Größe müßte demnach durch Veränderung ihres Netzhautbildes um  $\frac{1}{17}$  scheinbar kleiner werden, wenn sie aus dem Centimeter I in das Centimeter VIII des Seitenbrettes gerückt wird. Eine solche Größenveränderung ist aber kaum bemerklich, während die in dem Versuche hervortretende Größenveränderung sehr bedeutend ist.

*Die Veränderung der Größe des Netzhautbildes kann deshalb nicht als Ursache der scheinbaren Größenveränderung des Bildes angesehen werden.*

Eine Größenveränderung des Netzhautbildes eines Gegenstandes kann aber nicht nur auf eine Veränderung in der Größe desselben hinweisen, sondern auch auf eine Veränderung in der Entfernung desselben. Haben wir vorher den ersteren Punkt berücksichtigt und uns die Entfernung des Bildes als die gleiche gedacht, so haben wir jetzt uns die Größe des Bildes als die gleiche zu denken und zu untersuchen, ob die in diesem Falle durch die Berechnung sich herausstellenden scheinbaren Unterschiede in der Entfernung mit den Beobachtungen in dem Versuche übereinstimmen. Berechnen wir nun, in welcher geraden Entfernung vor dem einzelnen Auge ein Gegenstand von 1 Centimeter Größe gelegen seyn müßte, um ein so großes Netzhautbild zu geben, wie die einzelnen Centimeter der Reihe, so finden wir folgende Werthe, um ein so großes Netzhautbild zu geben wie

Centimeter I	mufs	der	Gegenstand	entfernt	seyn	240,00	Mllm.
"	II	"	"	"	"	241,03	"
"	III	"	"	"	"	242,71	"
"	IV	"	"	"	"	245,20	"
"	V	"	"	"	"	248,53	"
"	VI	"	"	"	"	252,70	"
"	VII	"	"	"	"	257,70	"
"	VIII	"	"	"	"	263,52	"

Nach diesem müfste demnach, wenn die Gröfse des Netzhautbildes die Schätzung der Entfernung bestimmen würde, ein Gegenstand von 1 Centimeter Gröfse, in das Centimeter I gestellt, 240 Mllm. weit erscheinen, in das Centimeter VIII gestellt aber 263,52 Mllm. d. h. er würde um ungefähr den zehnten Theil *weiter* weggerückt erscheinen. Dieser Unterschied in der scheinbaren Entfernung stimmt aber nicht mit dem in dem Versuche wahrzunehmenden Unterschiede, und auferdem erscheint auch in dem Versuche das Bild des Gegenstandes, wenn die Figuren in dem Centimeter VIII stehen, viel *näher* gerückt.

Aus dieser doppelten Ursache kann *die Verschiedenheit der Gröfse des Netzhautbildes auch nicht Ursache der scheinbaren Verschiedenheiten in den Entfernungen der Bilder seyn.*

In den eben gegebenen Beweisführungen ist das eine Mal die scheinbare Entfernung, und das andere Mal die scheinbare Gröfse als gleich-bleibend gedacht worden, und dennoch fanden wir die Differenzen, welche sich durch die Rechnung herausstellten, viel zu klein, als dafs sie mit der Beobachtung stimmen könnten. Es ist nicht zu übersehen, dafs die Kleinheit der Differenzen noch mehr hervortreten müfs, wenn wir Gröfse *und* Entfernung variabel denken, indem die Gröfse des Netzhautbildes eine Function beider ist. Es ist jedoch nicht nöthig dieses hier weiter auszuführen, indem in dem Vorhergehenden schon zur Genüge der Beweis enthalten ist, dafs das angegebene materielle Moment nicht der Grund der in dem Versuche bemerkbaren Erscheinung ist. Es bleibt uns also nichts übrig als zu prüfen, ob die Rechnungen, welche wir anstellen in

der Voraussetzung, daß jene aus den psychischen Momenten in der Sinnesanschauung hergenommene Erklärung die richtige sey, mit der Erfahrung übereinstimmen.

Nach dieser Voraussetzung setzen wir das Bild des Gegenstandes an die Stelle, auf welches beide Augenaxen in ihrer Convergenz sich gegenseitig durchschneiden. Es ist also zuerst durch die Rechnung zu untersuchen, welches die Entfernung dieses Convergenzpunktes bei der Fixirung der Spiegelbilder von den einzelnen Punkten der Minusreihe sey. Dafür stellen sich nun folgende Werthe heraus: Für die Convergenz auf die Spiegelbilder der Punkte

	Entfernung des Convergenzpunktes der Augenaxen von dem optischen Mit- telpunkte des einzelnen Auges.	von der Mitte der Ver- bindungslinie der optischen Mittelpunkte beider Augen.
0	$\infty$	$\infty$
1 . . . .	600,538 Mllm.	600,043 Mllm.
2 . . . .	301,179 "	300,286 "
3 . . . .	201,682 "	200,133 "
4 . . . .	152,175 "	150,107 "
5 . . . .	122,666 "	120,092 "
6 . . . .	103,155 "	100,081 "
7 . . . .	89,366 "	85,784 "
8 . . . .	80,966 "	75,068 "

Untersuchen wir nun zugleich, wie groß ein Gegenstand, an den eben angegebenen Convergenzpunkten gelegen, seyn müßte, um ein Netzhautbild zu geben, welches gleich ist dem Netzhautbilde der bei der jeweiligen Fixirung neben dem Axenpunkte der Augen liegenden Centimeter der Reihe, so finden wir zuerst, daß bis in die zweite Decimale kein Unterschied gefunden wird zwischen den anzunehmenden Größen der beiden Theilräume, welche rechts und links von der Axe bei der jeweiligen Fixirung zu liegen kommen; nur für den Theilraum 0 bis 1 beträgt der Unterschied 0,02 Mllm. Wir können deshalb ohne Fehler

nur den einen der beiden neben dem fixirten Punkte liegenden Theilräume berücksichtigen und erhalten dadurch den richtigen Maafsstab für die Bestimmung der scheinbaren Entfernung des Gegenstandes entsprechenden Gröfse desselben. Bei der Fixirung der Spiegelbilder folgender einzelner Punkte mufs aber ein Gegenstand, in dem alsdann gegebenen Convergenzpunkte der Augenaxen gelegen, folgende Gröfse haben, damit sein Netzhautbild gleich ist dem Netzhautbilde eines der beiden neben dem fixirten Punkte liegenden Centimeter der Reihe:

Fixirungspunkt.	Gröfse des Gegenstandes.
1 . . . . .	25,00 Mllm.
2 . . . . .	12,49 "
3 . . . . .	8,33 "
4 . . . . .	6,25 "
5 . . . . .	5,00 "
6 . . . . .	4,17 "
7 . . . . .	3,57 "
8 . . . . .	3,20 "

Wollen wir nun aus diesen beiden Tabellen Schlüsse für unseren Satz ziehen, so werden wir uns nicht verhehlen dürfen, dafs wir die für die Fixirung auf den Punkt 1 gewonnenen Werthe nicht mit in Berücksichtigung ziehen dürfen, weil bei derselben die Richtung der einzelnen Augenaxe nur um  $2^{\circ} 23',15$  von dem symmetrischen Parallelismus abweicht und bei einer so bedeutenden Annäherung an denselben unser Urtheil nothwendig sehr unsicher werden mufs. Wir wollen deshalb nur die Fixirungen auf die Punkte 2 und 8 unter einander vergleichen; und da finden wir denn, dafs das Bild einer Figur, welche auf dem Theilpunkte 2 steht, 300,286 Mllm. weit erscheinen mufs, wenn wir das Bild wirklich an den Convergenzpunkt der Augenaxen versetzen, während das Bild derselben Figur, wenn sie auf dem Theilpunkte 8 steht, nur 75,068 Mllm. weit erscheint. Bei der Verschiebung der Figur von dem Punkte 2 auf den Punkt 8 mufs sich demnach das Bild derselben scheinbar um  $\frac{3}{4}$  seiner ursprünglichen

Entfernung *nähern*. Bei dieser Näherung muß aber auch seine scheinbare Gröfse *abnehmen* von 12,49 Mllm. auf 3,20 Mllm. d. h. um ungefähr  $\frac{3}{4}$  seiner ursprünglichen Gröfse.

Vergleichen wir nun diese Resultate mit den Resultaten des Versuches, so finden wir eine merkwürdige Uebereinstimmung, denn die scheinbaren Gröfsen- und Entfernungsdifferenzen schwanken *wenigstens* um das Vierfache des bei der Fixirung auf 8 sichtbaren Bildes. Leider müssen wir uns mit dieser Schätzung begnügen, denn den Grad der Täuschung können wir nicht in bestimmten Zahlen aussprechen. Aber es genügt doch diese Uebereinstimmung, unseren Satz vollständig zu beweisen, und wir haben somit an diesem Versuch ein leichtes Mittel mit möglichster Schärfe den Einfluss zu beweisen, welchen das Bewußtseyn von der Convergenz unserer Augenaxen (d. h. von der Thätigkeit der *musculi recti interni oculi*) auf die Schätzung der Entfernung und der Gröfse der Gesichtsubjective äußert.

---

In der Figur 1 Taf. II. habe ich die Einrichtung des Stereoskopes und die Constructionen dargestellt, welche den Berechnungen zu Grunde gelegt wurden. Dafs die relativen Gröfsen- und Entfernungsverhältnisse der Augen, der Spiegel und der Seitenbretter, sowie die relative Gröfse der Reihenglieder an den Seitenbrettern nicht die richtigen sind, ändert an den Principien der Construction nichts. Ich mußte mir diese kleine Unrichtigkeit erlauben, um nicht eine zu grofse Zeichnung machen zu müssen.

In der Figur stellen aber dar:

*A* und *A* — die beiden Augen,

*ab* und *ae* — die beiden Spiegel,

*cd* — das Seitenbrett mit seiner doppelten Scale.

Das der Minus-Reihe entsprechende Strahlenbündel ist für die einzelnen Punkte ausgezeichnet; die in den Spiegel einfallenden Strahlen sind bis zu ihrem Vereinigungspunkt hinter dem Spiegel fortgesetzt; und die aus dem Spiegel

ausfallenden Strahlen bis zu den Convergenzpunkten, welche dann immer mit der Zahl des entsprechenden Punktes des Seitenbrettes gezeichnet sind. Die an den Convergenzpunkten gelegenen queren Linien bezeichnen die gedachte Gröfse der an denselben gedachten Gegenstände.

Aus dieser Construction ist die Methode der einzelnen Berechnungen aus den gegebenen Voraussetzungen leicht zu erkennen.

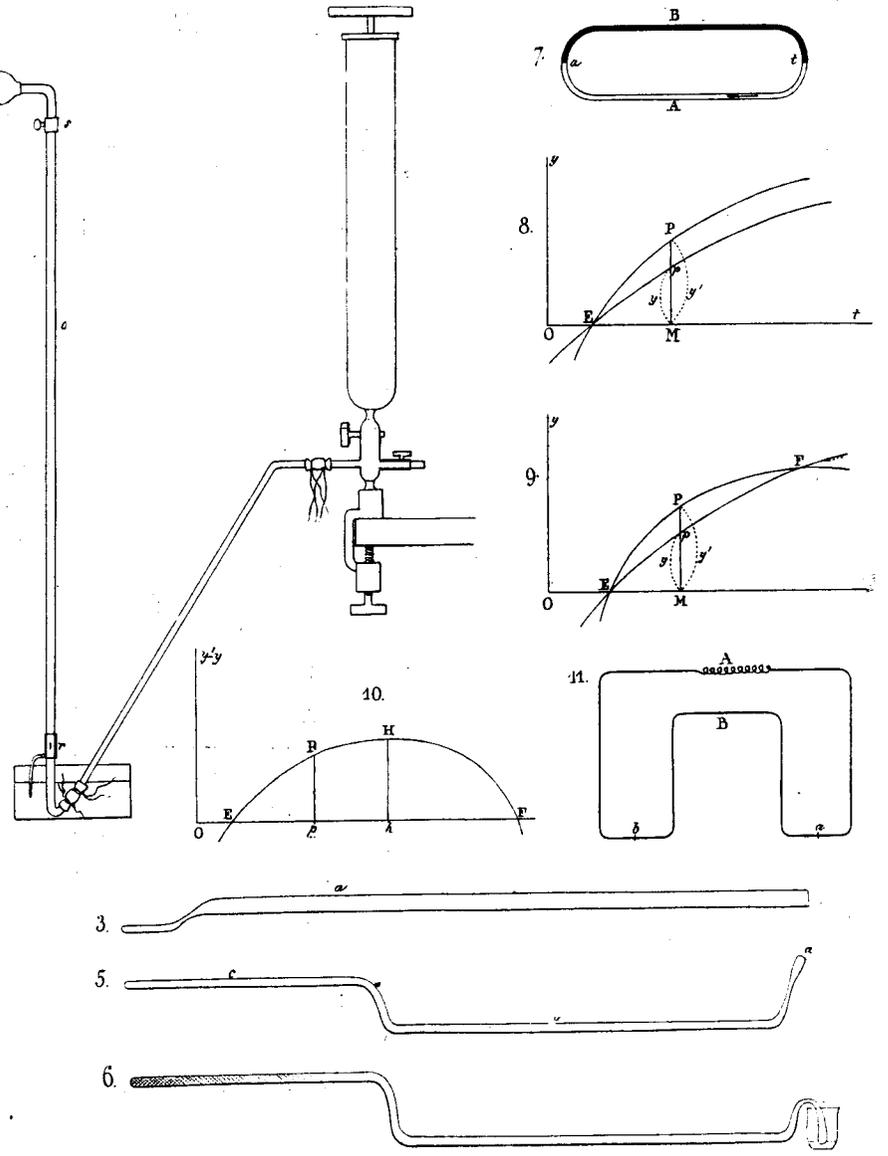
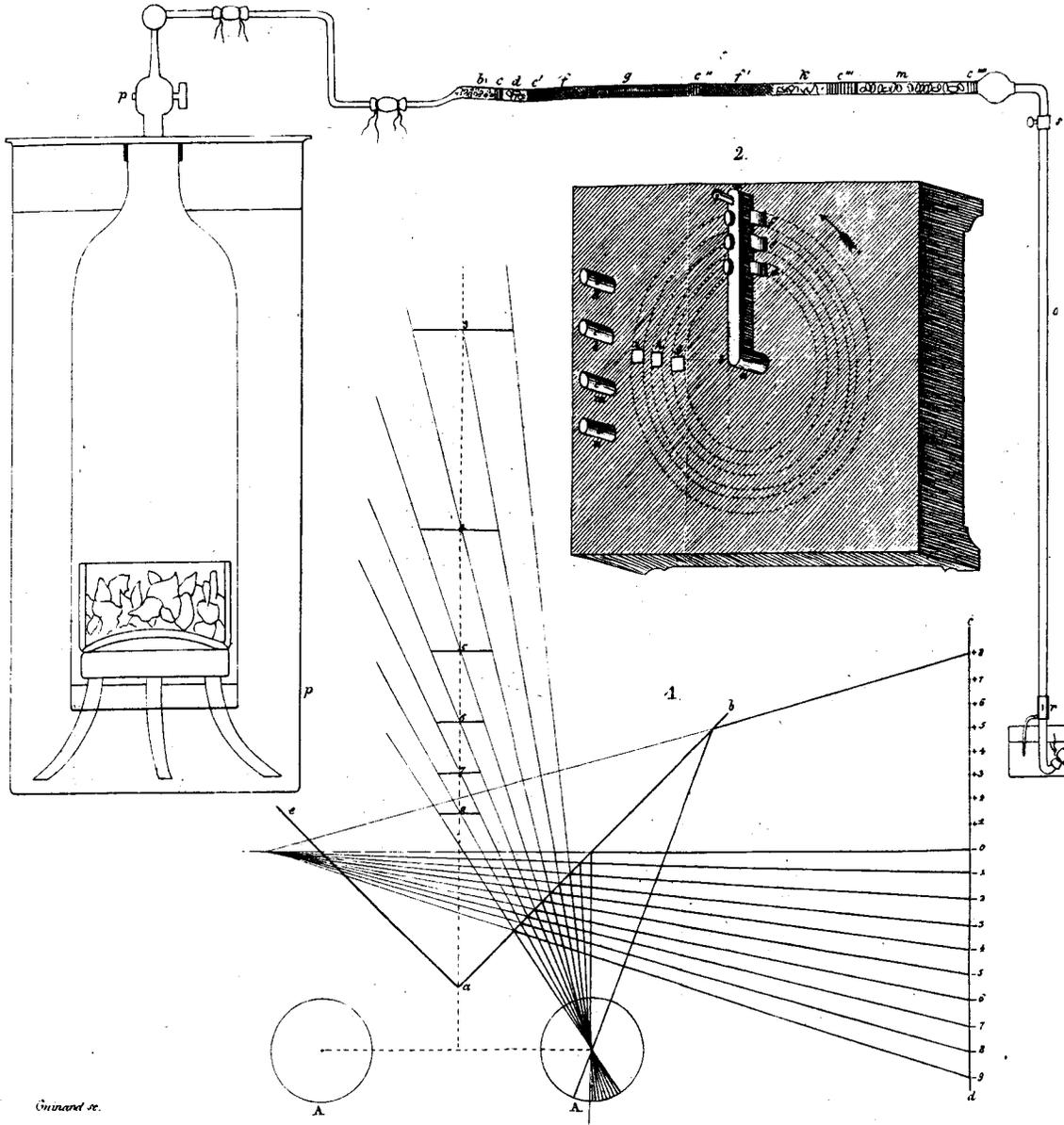
---

#### IV. *Zur Lehre von der Synergie der Augenmuskeln;* *von Prof. Hermann Meyer in Zürich.*

---

Es ist eine bekannte Thatsache, dafs der *musculus rectus externus oculi* zwar einen sehr grofsen Bewegungsbezirk hat, dafs aber dieser Muskel eines einzelnen Auges seine Thätigkeit nicht ganz unabhängig entfalten kann, indem er theilweise an die Mitwirkung des gleichnamigen Muskels der anderen Seite, theilweise an diejenigen des *m. rectus internus oculi* der anderen Seite gewiesen ist. Das Auffallendste hierbei ist das Zusammenwirken mit dem *m. rectus internus oculi* der anderen Seite. Um den Einflufs dieses Muskels auf den *m. rectus externus* kennen zu lernen, ist es nothwendig zu untersuchen, wie stark die beiden *m. recti externi* zusammenwirken können, und ob diese Zusammenwirkung in verschiedenen Schiefstellungen der beiden Augen einer Verschiedenheit unterworfen sey.

Ich stellte Versuche, welche über diese Punkte Belehrung geben sollten, an dem in dem vorigen Aufsätze beschriebenen Stereoskope an, indem ich in verschiedenen Stellungen der Augenaxen die mögliche Divergenz derselben auf folgende Weise untersuchte. Ich stellte ein mit einer senkrechten Linie bezeichnetes Papierblatt so, dafs die Linie gerade auf einen Theilpunkt der Plus-Reihe fiel, und schob dann auf dem anderen Seitenbrette in der Mi-



Günther sc.