

J o u r n a l
für
Chemie und Physik

in Verbindung
mit
mehreren Gelehrten

herausgegeben

von

Dr. Fr. W. Schweigger - Seidel,
außerordentlichem Professor der Medicin auf der Universität zu Halle.

LXVII. Band.
(Der dritten Reihe siebenter Band.)
Mit drei Kupfertafeln.

H a l l e,
bei **E d u a r d A n t o n.**

1 8 3 3.

Neues Jahrbuch
der
Chemie und Physik.

Eine wissenschaftliche Zeitschrift
des
pharmaceutischen Instituts zu Halle.

Unter besonderer Mitwirkung

der

*HH. Benzenberg, Bischof, Büttger, Brandes, Duflos, Fechner,
Fuchs, Goebel, Kämtz, von Kobell, Nöggerath, Ohm, Otto,
Pellisor, Prückner, Reichenbach, Schübler, Schweigger, Stro-
meyer, Wach, Wackenroder, Weisse, Wurzer und Zeise,*

herausgegeben

von

Dr. Fr. W. Schweigger-Seidel,

aufserordentlichem Professor der Medicin auf der Universität zu Halle.

Siebenter Band.

(1833. Band I.)

Mit drei Kupfertafeln.

H a l l e,
bei **Eduard Anton.**

1833.

Galvanismus.

Zur Theorie der galvanischen Kette,

von

G. S. O h m.

Herr Professor *Fechner* hat in dieser Zeitschrift (1833. Bd. VII. S. 127) seine Meinung in Betreff der Erörterungen, welche ich in derselben Zeitschrift (Bd. III und IV.) niedergelegt habe, abgegeben. Da durch Herrn *Fechner's* Einwürfe nicht die Thatsachen, an denen ich meine Erörterungen fortgeführt habe, angefochten worden sind, so würde ich mich nicht verpflichtet fühlen, dagegen meine Stimme zu erheben, indem der Thatbestand nach wie vor derselbe bleibt, und ich, bei der heutigen wissenschaftlichen Geschäftigkeit, in solcher Angelegenheit doch wohl noch auf die Theilnahme irgend eines Dritten rechnen darf, zumal jetzt, wo Herrn *Fechner's* Arbeiten das Interesse an dem Gegenstande so sehr gehoben haben. Allein ich bin bei Durchlesung jener Einwürfe auf mehrere Stellen gestossen, die mich befürchten lassen, dass ein Missverständniss, welches vielleicht auch auf einen andern Leser sich übertragen könnte, den Hauptantheil an ihrem Daseyn hat, so dass ich nicht umhin kann, noch einige Worte meinen früheren Aeusserungen nachzuschicken, um dadurch wo möglich einer Verwirrung der Ansichten vorzubeugen, zu welcher der fragliche Punct nur gar zu leicht Gelegenheit darbietet. Es ist mir lieb, den Sinn von Worten, die nichts als eine vorurtheilsfreie Prüfung entgegengesetzter Ansichten herbei zu führen beabsichtigten, jetzt durch Thatsachen aufhellen zu können, die Herrn

Fechner's seitdem erschienenen Massbestimmungen, auf welche unsere Literatur mit Stolz hinweist, in sich enthalten.

Herr *Fechner* sagt an dem gedachten Orte (S. 128): „Ich kann die aus meinen Versuchen gezogenen Folgerungen bis jetzt keineswegs durch *Ohm's* Gegenerörterungen für entkräftet ansehen.“ „Dieses würde nur dann der Fall seyn, wenn ich die Unanwendbarkeit des von mir zum Masse der galvanischen Wirkungen für die betrachteten Umstände gewählten Verfahrens wirklich anerkennen könnte; ist jedoch das Verfahren an sich zulässig und mittelst desselben richtig beobachtet worden: so scheint mir, es lassen diese Versuche keine andere Deutung zu, als ich ihnen gegeben habe, da diese Deutung ja im Grunde nur der Ausspruch der beobachteten Thatsachen selbst, mit Anwendung einer bequemen Benennung dafür ist.“ Und in der Note selbst heisst es: „Wenn *Ohm's* Ansicht die richtige ist, so sind meine Beobachtungen nicht bloß ein wenig, sondern ganz falsch; denn die Differenz, um die es sich zwischen uns handelt, ist zu gross, um durch leichte Irrthümer der Versuche gedeckt zu werden.“ In diesen Sätzen sprechen sich Gedanken aus, welche die Kluft zwischen dem, was ich sagen wollte, und der Art, wie es aufgefasst worden ist, ganz offen aufdecken; daher schicke ich noch folgende Erläuterungen nach.

Herrn *Fechner's* Versuche haben dargethan, dass, um die Erscheinungen in der hydroelektrischen Kette unter allen Umständen gehörig repräsentiren zu können, man im Zähler derjenigen Formel, welche ich für unveränderliche (nicht wogende) Ketten aufgestellt habe, eine Verminderung (wenigstens zuweilen), im Nenner hingegen immer eine Vermehrung (die in den verschiedenen Perioden der Wirkung verschieden und in späteren Perioden oft sehr gross ausfallen kann) anzubringen habe. Gegen dieses Ergebniss der Versuche, welches, wie ich glaube, deren allgemeinsten und reinsten Ausdruck ist, habe ich nie einen Zweifel erhoben, und

werde auch nie einen erheben, weil ich von ihm zu viel eigene thatsächliche Beweise in Händen habe. Wie gross auch jene Unterschiede sich zeigen, ich setze darum in die volle Richtigkeit der *Fechner'schen* Versuche auch nicht den geringsten Zweifel, denn ich habe sie mit meinen eigenen Augen in nicht geringerer Stärke wahrgenommen; ja, was noch mehr sagen will, jene Unterschiede sind mir durchaus nöthig, wenn ich nicht in Widerspruch mit meinen eigenen Worten gerathen will. Ich sehe mich gezwungen, diesen Punct noch schärfer hervorzuheben, als es bisher geschehen ist, weil eine andere Aeusserung *Fechner's* in einer späteren Note es dringend zu erfordern scheint; daher mag noch folgende Erklärung hier ihre Stelle finden.

Wenn man *nach meiner eigenen Weise* die Erscheinungen an der hydroelektrischen (wogenden) Kette der Berechnung unterwerfen wollte, so müsste es nach den Formeln geschehen, die ich für diesen Fall in dem Anhang zu meiner „galvanischen Kette“ gegeben habe. Diess ist aber von Herrn *Fechner* nirgends geschehen, und daran hat er ganz wohl gethan, indem jener Anhang fast Schritt vor Schritt in sich selber Misstrauen setzt; aber nichts desto weniger bleibt es wahr, dass Herr *Fechner* meine Vorschrift, jene Erscheinungen zu berechnen, verlassen, und sich seine eigene, unmittelbar aus den Beobachtungen geschöpfte, gebildet hat. Dieser Umstand thut aber meiner Theorie keinen Eintrag, vielmehr kommt er ihr nicht wenig zu Statten; da Herr *Fechner* seinerseits genau bei derjenigen Berechnungsform stehen geblieben ist, mit welcher jener Anhang abschliesst. In der That, jener Anhang schliesst (S. 244) in folgender Weise: „so erhält man

$$s' = s - \frac{\varphi\lambda}{L} (s' + \psi\omega\alpha),$$

eine Gleichung, deren Gestalt recht dazu geeignet ist, die Natur der durch die chemische Umwandlung herbeigeführten Aenderung des Stroms im Allgemeinen anzudeuten,

und deren Aussagen mit den vielen Erfahrungen, die ich über das Wogen der Kraft in der Hydrokette gemacht, und nur zum kleinsten Theile mitgetheilt habe, recht gut zusammen stimmen.“ — Löst man aber diese Gleichung nach der Grösse S' auf, so findet man:

$$S' = \frac{LS - \varphi\lambda\psi\omega\alpha}{L + \varphi\lambda},$$

und diese geht, weil $S = \frac{A}{L}$ ist, (Anhang S. 239) über in:

$$S' = \frac{A - \varphi\lambda\psi\omega\alpha}{L + \varphi\lambda}.$$

In dieser Gleichung stellt S' die Grösse des Stromes in der dem Wogen unterworfenen Kette vor, A die ursprüngliche elektromotorische Kraft, L den Gesamtwiderstand, wie er aus dem Leitungsvermögen der einzelnen Theile sich bestimmen lässt; φ , λ , ψ , ω , α aber bezeichnen Grössen, welche hauptsächlich von der Natur der Flüssigkeit abhängig sind. Man sieht hieraus, dass auch ich jene Verminderung im Zähler und Vermehrung im Nenner, auf welche Herr *Fechner* im Laufe seiner Beobachtungen gestossen ist, nachgewiesen und als in der Erfahrung gegründet anerkannt habe. Herrn *Fechner's* nicht genug zu rühmende Massbestimmungen geben mir den Muth dazu, einige Stellen meiner Schrift hier wieder aufzufrischen *), und, wenn die literarische

*) S. 9 steht: „Ich kann in meiner Lage nichts weiter für ihn (den Anhang) thun, als ihn gutherzigen Menschen mit der Wärme eines Vaters zu empfehlen, der, von blinder Affenliebe nicht bethört, sich daran begnügt, auf das freie, offene Auge, womit sein Kind arglos die arge Welt anguckt, hinzudeuten.“ — Und S. 75 steht: „Was hingegen jene Modification galvanischer Ketten betrifft, die durch eine, von dem Strome zunächst ausgehende, und sodann auf ihm selbst wieder zurück wirkende, chemische Umwandlung der Kette veranlasst wird, so habe ich ihr in dem Anhang eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet.“ „Der darin eingehaltene Gang stützt sich auf eine sehr grosse Menge über den Gegenstand angestellter Versuche, deren Mittheilung ich aber darum unterlasse, weil

Sitte diess zulässt, die Versicherung hinzuzufügen, dass jene Stellen nicht die Rolle einer gemeinen *captatio benevolentiae* zu übernehmen beauftragt waren.

Also nicht die Aenderungen, welche Herr *Fechner* bei der Berechnung seiner Versuche anzubringen sich veranlasst sah, sind es, die ich bestreite, damit bin ich völlig einverstanden. So wie er aber weiter geht und behaupten will, dass die Aenderung im Zähler deswegen, weil sie den Zähler angeht, auf eine Aenderung in der elektromotorischen Kraft sich beziehen müsse, und dass die Aenderung im Nenner blos darum, weil sie im Nenner vorfällt, eine Aenderung im Widerstand anzuzeigen habe: so läuft er, meiner Ansicht nach, Gefahr, den Ausspruch von Thatsachen in eine willkürliche, durch Nichts begründete Meinung zu verkehren; denn ich sehe nicht ein, warum nicht eben so gut die Aenderung im Nenner aus einer Aenderung der elektromotorischen Kraft, und die Aenderung im Zähler aus einer Abänderung des Leitungswiderstandes sollte hervorgehen können. Ob die eine, oder die andere, oder vielleicht irgend eine dritte Deutung die richtige sey, muss auf jeden Fall durch andere, und von den vorigen ganz verschiedene Aussprüche von Thatsachen erst noch entschieden werden; denn zur gründlichen Erkenntniss der Natur ist eine richtige Deutung von quantitativen, zuverlässigen Bestimmungen eben so sehr erforderlich, als es diese Bestimmungen selber sind. Gegen die von Herrn *Fechner* seinen Versuchen untergelegte Deutung nun sind meine Erörterungen gerichtet, nicht gegen die vermeintliche Abweichung seiner Rechnungsweise von meinen

sie einer weit 'grössern Bestimmtheit fähig zu seyn scheinen, als damals die Nichtberücksichtigung mancher dabei einwirkenden Elemente mir gestattete, deren Erwähnung ich aber hier für nöthig erachte, damit die sich selber stets beweisende Weise, womit ich in dem Anhang vorwärts schreite, und die ich der Wahrheit schuldig zu seyn glaubte, nicht etwa die Theilnahme, mehr als billig ist, dadurch von sich abziehe.“

Formeln, und was ich gesagt habe, ist nicht aus der Luft gegriffen, sondern von meinen Erfahrungen mir an die Hand gegeben. Die festeste, nicht durch ein eiteles Raisonement gebildete, sondern von beobachteten That-sachen, langsam zwar, aber unwiderstehlich, hervorgerufene Ueberzeugung, hat mir jene Einreden in die Feder dictirt; indessen ob die Natur der Sache dazu zwingt, oder ob bloß meine individuelle Auffassungsweise sich dazu verleiten liess, diess kann ich um so mehr auf sich beruhen lassen, als ich mit jenen Einreden zugleich sichere Mittel angezeigt zu haben glaube, wodurch jeder Naturforscher mittelst einiger Versuche sich sein eigenes Urtheil bilden kann. Was könnte es auch viel nützen, wollte ich bestimmte Zahlen für mich sprechen lassen? Darum mag man mir es schon gestatten, den Weg zu gehen, den ich für den bessern halte, wenn er gleich der längere ist. In der Lehre vom Galvanismus, wie sie war, muss sich manches Vorurtheil erst noch allmählig ablösen, bevor die Wahrheit sich wird Platz verschaffen können.

Obwohl ich nirgends gegen die Richtigkeit der *Fechner'schen* Versuche, da wo sie einigermassen zu erheblichen Differenzen führen, aufgetreten bin, so habe ich doch allerdings gegen solche Folgerungen aus ihnen mein Bedenken geäußert, die sich auf so geringe Unterschiede stützen, dass man sie mit Fug als innerhalb der Grenze des möglichen Beobachtungsfehlers liegend ansehen kann. Herr *Fechner* schien mir auf die Untrüglichkeit seiner Versuche innerhalb gar zu enger Grenzen unbedingtes Vertrauen zu setzen, und diese meine Meinung hat durch seine seitdem erschienenen Massbestimmungen, deren hohen Werth ich desswegen keineswegs verkenne, eine neue Stärke erlangt. Da der Gewinn, den die Wissenschaft aus dergleichen Versuchen sich holen kann, hauptsächlich von der Art und Weise abhängt, wie sie sich derselben bedient, so glaube ich ihr einen Dienst zu leisten, wenn ich den Sinn und Umfang meiner Zweifel aus Herrn *Fechner's* eigenen Versuchen fest zu stellen mich anschiebe. Zu dem Ende gehe ich von der Betrachtung eines Versu-

ches aus, der sich in den Massbestimmungen S. 175 (Versuchsreihe 96. K. c.) vorfindet, und den Einfluss des Wogens auf die zu nehmenden Masse am besten zu erkennen giebt.

Als der Kreis der Kette abwechselnd mit einer 55fachen (55 *l*) und der einfachen (1 *l*) Drahtlänge geschlossen erhalten wurde, gab die Beobachtung folgende Resultate:

	55 <i>l</i> .	1 <i>l</i> .	55 <i>l</i> .	1 <i>l</i> .	55 <i>l</i> .
0 Min.	25 +	14,5	27	16 —	29
	51 —	29	54	32	56,5
	76 —	44	80	49	84
	101	59	106 +	66	111
	126	75	132 +	83	137
	151	90	159	101	164
	176	106	185	119	192
		122		136	
		138 +		154	
		155			
5 Min.	126	90	129 +	96	133
10 —	126	91	129 —	—	132
15 —	126	—	128	101	131,5
30 —	126	—	129	—	—

Die unter den Drahtlängen (55 *l* und 1 *l*) stehenden Zahlen geben die Schwingungszeiten an, welche unter 0 Min. zu den respective 4, 8, 12 u. s. f. ersten Oscillationen, bei 5, 10, 15 und 30 Min. hingegen zu 20 dort stattgefundenen Oscillationen erforderlich waren. Ein den Zahlen angehängtes + oder — Zeichen giebt zu erkennen, dass die Zeit etwas grösser oder kleiner beobachtet worden ist, als die Zahl anzeigt, ohne dass dieser Unterschied als Bruchtheil einer Einheit näher bestimmt worden ist. Die den Zahlen zu Grunde liegende Zeiteinheit ist $\frac{1}{3}$ einer Secunde.

In der ersten zu 55 *l* gehörigen Beobachtungscolumne findet man bei 5, 10, 15 und 30 Minuten stets genau 126 Zeithetheile zu 20 Oscillationen erforderlich. Auf dieselbe Zahl 126 stösst man bei den 20 ersten Oscillationen unter 0 Min.; auch wenn man mit Weglassung der 4. er-

sten die 20 folgenden nimmt. Nur in dem einen Falle, wenn man mit Weglassung der ersten 8 Oscillationen die 20 folgenden nimmt, findet man die Zahl 125 \pm . Es lässt sich kaum je ein stärkerer Erfahrungsbeweis für die Constanz der Wirkung während dieser halben Stunde erwarten. Die Voraussetzung einer völligen Constanz giebt aber für die unter 0 Min. stehenden Zahlen folgende:

25,2; 50,4; 75,6; 100,8; 126; 151,2; 176,4.

Diese Zahlen weichen von den beobachteten nur an einer einzigen Stelle um etwa $\frac{1}{2}$ Zeittheilchen ab; ich glaube nicht, dass man desshalb die Annahme einer völligen Constanz schlechthin verwerfen könne. So wie sich hier eine Beständigkeit der Wirkung auf das Deutlichste geltend gemacht hat, so spricht sich in der nächsten zu 55 l gehörigen Beobachtungsspalte ein unverkennbares Ansteigen der Wirkung aus. Gesetzt nun, es hätte ein dritter Beobachter gefunden, dass die Zahlen, worin sich dieses Ansteigen ausspricht, eine arithmetische Reihe bilden, unter welcher Voraussetzung die dort beobachteten Zahlen etwa folgende:

$27\frac{1}{3}$; $59\frac{2}{3}$; 80; $106\frac{1}{3}$; $132\frac{2}{3}$; 159; $185\frac{1}{3}$

vorzustellen hätten, so könnte, nach meiner Meinung, diesem Beobachter der eine Unterschied von wieder ungefähr $\frac{1}{2}$ Zeittheil nicht als ein untrüglicher Gegenbeweis entgegengestellt werden. Ich halte es für gleich gefährlich, im ersten Fall aus dem sehr geringen Unterschied im Isochronismus der ersten und der folgenden 4 Oscillationen mit Bestimmtheit auf eine Aenderung in der Wirkung zu schliessen, als im andern Fall aus dem scheinbaren Isochronismus der Oscillationen die völlige Beständigkeit der Wirkung abzulesen. Wo ich Zweifel in die absolute Richtigkeit von Herrn *Fechner's* Versuchen setze, betreffen diese nirgends grössere Abweichungen, als die angezeigten sind, und ich glaube nicht, damit der Kunst und Sorgfalt des Experimentators zu nahe getreten zu seyn. Ich will die Gefahr, der man sich aussetzt, wenn man so unerheblichen Differenzen einen zu grossen Werth beilegt, durch ein aus Herrn *Fechner's* Versuchen entnommenes

Beispiel recht anschaulich zu machen versuchen. Dazu wähle ich die in den Massbestimmungen (S. 81) befindliche Versuchsreihe 58. A aus, bei welcher sich Herr *Fechner* in folgender Weise ausspricht: „Diese Werthe scheinen sich nicht wohl anders repräsentiren zu lassen, als wenn man sie drei verschiedenen Wirkungszuständen beimisst.“ Dann nimmt er in die Berechnung drei verschiedene Werthe, sowohl für die elektromotorische Kraft, als für den Widerstand des Uebergangs, auf, und zwar für erstere die: 68,0; 81,3; 102, und für letztern die: 3,29; 6,21; 27,9, und erhält so Zahlen, die den beobachteten ziemlich gut genügen. Sucht man zu den von ihm berechneten Kräften die entsprechende Zahl der Zeittheile auf *), so findet man, dass die Summe aller Abweichungen von den beobachteten Zahlen 3,11 Zeittheile beträgt, so dass also die Summe aller über 21 Beobachtungen vertheilten Beobachtungsfehler $1\frac{1}{4}$ Secunde betrüge. Ich habe dieselbe Versuchsreihe mit den unveränderlichen Elementen $A = l$, $l = 0,0122$, $d = 0,0528$, $w = 0,0581$ berechnet, und Resultate erhalten, in welchen die Summe aller als absolut betrachteten Fehler 7,01 Zeittheile, also auf 21 Beobachtungen ungefähr 3 Secunden betrüge. Dabei findet sich unter den einzelnen Abweichungen nach Herrn *Fechner's* Rechnungsweise eine, die grösser ist, als die grösste unter den meinigen, und keine der bei mir auftretenden Differenzen beträgt über $\frac{3}{4}$ Zeittheil, d. h. keine setzt einen Beobachtungsfehler von mehr als $\frac{1}{2}$ Secunde voraus. Der Unterschied zwischen der Summe der positiven und negativen Differenzen ist bei mir $+ 0,65$ Zeittheil, bei Herrn *Fechner* $- 1,21$ Zeittheil. Erwägt man hierbei, dass Herr *Fechner* um einen an sich so unerheblichen Beobachtungsfehler zu vermindern, 4 neue

*) Diese Reduction der berechneten Zahlen auf die unmittelbar wahrgenommenen ist bei der *Fechner'schen* Versuchsweise nicht genug anzuempfehlen, weil man sonst immer nur ein höchst verzerrtes Bild der Sache vor Augen haben wird, wie ich schon an einem andern Ort auseinander gesetzt habe.

Hilfsgrößen von verhältnissmässig grossem Umfang in die Rechnung einzuführen gezwungen war: so wird man sich nicht wundern können, wenn ich so sehr darauf bestehe, dass auf Folgerungen, deren Prämissen sich fast ganz in dem möglichen Beobachtungsfehler verlieren, nicht mit allzugrosser Sicherheit gebaut werden möge; man wird bei einigem Nachdenken meine gute Absicht hierbei nicht wohl verkennen können.

Diese Aufforderung zu möglichster Vorsicht in dergleichen Fällen wird aber noch dringender geboten, wenn sich in der Art, wie die Versuche angestellt worden sind, an sich schon, wenn auch wieder eben so kleine Unsicherheiten nachweisen lassen. Dass aber die *Fechner'sche* Versuchsweise, namentlich da, wo sie die Wirkungen der Kette in einer spätern Periode untersucht, nicht völlig frei von solchen Unsicherheiten ist, davon geben die Massbestimmungen an vielen Orten die beste Rechenschaft. Um die Quelle dieser Unsicherheiten recht deutlich wahrzunehmen, braucht man blos den vorhin mitgetheilten Versuch 96. K. c. näher zu zergliedern. — Nach vorgenommenem Wechsel in der Leitung gab 55 l während der ersten 4 Oscillationen 27 Zeittheile, 5 Minuten später waren aber zu 4 Oscillationen nur noch 25,8 Zeittheile erforderlich; beim zweiten Wechsel waren zu den 4 ersten Oscillationen 29 Zeittheile erforderlich, 5 Minuten später aber nur noch 26,6. Man sieht hieraus, dass man ein Paar Zeittheile mehr oder weniger findet, je nachdem man die zu 4 Oscillationen erforderliche Zeit gleich im Anfange des geschehenen Wechsels oder 5 Minuten später aufsucht, und dieser Unterschied ist offenbar nur dem Wogen der Kette, nicht einer progressiven Verschlechterung der Wirkung zuzuschreiben, weil die Kraft mit der Zeit zugleich zu-, nicht abnimmt. Bei Versuchen, wie der in Rede stehende ist, bringt dieser Umstand freilich keinen Nachtheil, eben weil er Gegenstand derselben ist. Wenn aber, wie bei den *Fechner'schen* Versuchen oft geschieht, der Wechsel in der Leitung über 6 und mehr Leiter der Reihenfolge

nach sich erstreckt, und die Kette dabei nie aufhört geschlossen zu seyn, so wird zwar jener Einfluss des Wogens von einem Leiter zum nächsten unter ähnlichen Umständen kaum merklich seyn, selbst wenn man das Mass der Kraft 5 Minuten lang verfolgen wollte, weil es im Verhältnisse des geringern Falles von einem Leiter zu seinem nächsten sich schwächer zeigt; aber nichts desto weniger geht das Wogen, während der ganzen Zeit des Geschlosseneyns, nach jedem vorgefallenen Wechsel seinen Gang fort und hat Einfluss auf die Kraft, welche jeder der folgenden Leiter anzeigt, so dass die Kraft, welche der letzte Leiter, wenn er an die Reihe kommt, während seiner ersten 4 Oscillationen zu erkennen giebt, nicht mehr dieselbe seyn wird, als wenn der Uebergang unmittelbar vom ersten zum letzten Leiter gemacht worden wäre, sondern diese wird um so viel höher gefunden werden, als durch die vorangegangenen Leiter im Verhältnisse zu der Zeit, während welcher sie in der Kette verweilten, bedingt ist. Wenn sich auch mit Recht voraussetzen lässt, dass bei der grossen Sorgfalt, womit Herr *Fechner* alle in die Augen fallenden Störungen zu vermeiden strebte, keine grossen Unsicherheiten dieser Art in dessen Versuche eingegangen seyn werden, so ist doch nicht zu zweifeln, dass auf diesem Wege Variationen sich geltend gemacht haben werden, die den ursprünglichen Beobachtungsfehler noch um ein Merkliches zu erhöhen im Stande waren. Insbesondere sind diese Variationen da zu fürchten, wo Aenderungen in den Dimensionen der Flüssigkeit vorgenommen worden sind, weil zu deren Beendigung in der Regel mehr Zeit erforderlich ist, und auch ohnehin dabei leicht ungewöhnliche Störungen eintreten können. Aber auch schon beim Wechsel von bloß metallischen Leitern wird man den nachtheiligen Einfluss des Wogens auf feste Zahlbestimmungen in späteren Perioden ganz deutlich gewahr, wenn man die Masse zuerst vom besten Leiter zum schlechtesten und dann rückwärts vom schlechtesten zum besten nimmt; man erhält im letztern Fall ungleich grössere Masse bei denselben Leitern, als im erstern, und diess

geht oft so weit, dass derselbe Leiter in dem einen Fall ein vielfach grössere Kraft anzeigt, als im andern. Diese Verschiedenheit kann indessen wieder nicht einer allmähigen Verschlechterung der Kette zur Last gelegt werden, weil sonst die Kräfte beim Rückgange geringer ausfallen müssten, da sie doch im Gegentheile grösser werden. Gerade dieser Umstand bewog mich, bei der veränderlichen Kette von meiner anfänglichen Versuchsweise ganz abzugehen, und zu derjenigen, welche ich in den gedachten Erörterungen angezeigt habe, und die von meiner frühern wesentlich verschieden ist, meine Zuflucht zu nehmen. Ich weiss nicht, ob Herr *Fechner* von dieser Erscheinung Kenntniss genommen hat, denn der Versuch (Massbestimmungen S. 77) ist von anderer Art; jedenfalls aber wird es ihm ein Leichtes seyn, sich von der Richtigkeit meiner Angabe zu überzeugen. Ist aber diese Thatsache ausser Zweifel gestellt, so lässt sich, meiner Ansicht nach, die geringere oder grössere Unzuverlässigkeit solcher Versuche nicht mehr in Abrede stellen; denn welche von den zusammengehörigen Werthen soll man in die Rechnung aufnehmen: die beim Hingang, oder die beim Hergang gefundenen? Ein arithmetisches Mittel aus beiden zu nehmen, wie Herr *Fechner* in dem eben angezeigten Falle thut, kommt mir höchst bedenklich vor, weil die Unterschiede sich offenbar auf einen durch den Wechsel der Leiter selbst erst herbeigeführten Zustand der Kette beziehen, von dessen Natur die Bedeutung eines solchen arithmetischen Mittels nothwendig abhängt. Wie gross aber auch immer die durch das Wogen der Kette veranlassten irregulären Störungen in besonderen Fällen werden können, so kann ihr Einfluss in den Massbestimmungen bei den sorgsamem Massregeln, die von Herrn *Fechner* überall getroffen worden sind, doch stets nur von geringer Bedeutung seyn, und ich wiederhole diess, nur da recht fühlbar werden, wo an sich sehr kleinen Abweichungen von den Beobachtungen eine Hauptrolle zugeheilt wird.

Herr *Fechner* lässt gegen meine Erörterungen in einer Note (S. 131) zwei Thatsachen sprechen. — Was die

eine anlangt, dass nämlich zwei sonst völlig gleiche Ketten, von denen die eine aber eine schnellere Wirkungsabnahme erleidet, als die andere, doch *genau* gleiche Anfangskräfte geben: so kann sich dieses *genau* in jedem Falle nur in der gleich bei der Mittheilung von Versuchsreihe 96. K. c. besprochenen Beschränkung geltend machen. Von den in den Massbestimmungen (S. 204—207) stehenden Versuchen kann nur der Versuch 117 hieher gezogen werden, weil in saurem Wasser von vorn herein kein beträchtliches Wogen stattfindet; dieser beweist jedoch bloß, dass hier die Umstände gerade so beschaffen waren, dass die Wirkungsabnahme innerhalb der ersten 10 Secunden nicht wohl mehr als den 50sten Theil der ganzen Anfangskraft betragen konnte, was indessen nicht hindert, dass diese der Beobachtung entschlüpfte Abnahme innerhalb der ersten 10 Secunden doch mehr betragen konnte, als die ganze von der 10ten bis zur 15ten Minute gehende Veränderung. Dagegen finde ich im dritten Theile der neuesten Uebersetzung von *Biot's* Physik (S. 253) Versuche, welche direct darthun, was der eben erwähnte Versuch noch unentschieden lässt. — Was den zweiten, von der Wirkung der Zwischenbogen hergeholt, Einwurf betrifft, so kann er wohl auf nichts Anderm, als auf einer Wortverwechslung von meiner oder seiner Seite beruhen, denn es heisst dort: „Ferner, wenn man homogene Zwischenplatten in eine Kette einbringt, so können diese, nach *Ohm's* Voraussetzung, erst dann eine Schwächung bewirken, wenn von der Schliessung *unabhängige* Veränderungen darin sich ausgebildet haben, weil die Wirkung etwa daran auftretender Spannungen sich wegen *entgegengesetzter* Richtung von beiden Seiten compensiren müsste.“ Meine Ansicht der Zwischenbogen in Bezug auf Wirkungsabnahme aber macht keinen Unterschied zwischen ihnen und den Erregerplatten; sie hebt ausdrücklich hervor, dass vom Augenblicke der Schliessung an und *kraft derselben* Spannungen in *einerlei* Richtung erzeugt werden, wodurch eine, im ersten Augenblick am stärksten hervorbrechende, dann aber allmählig langsamer sich fort-

bildende Schwächung der Kraft zu Stande gebracht wird. — Wenn Herr *Fechner* (S. 133) vermuthet, dass der grossplattige Apparat, woran ich experimentirte, Schuld daran ist, dass ich den Widerstand des Ueberganges nicht auffinden konnte, weil dieser Widerstand im genau umgekehrten Verhältnisse zur Grösse der erregenden Oberfläche steht: so erwidere ich hierauf, dass zwar meine erregende Oberfläche wohl hundert Mal grösser, als die seinige in analogen Versuchen war, dass aber auch alle meine in die Kette eingeführten Leiter in noch grösserm Verhältnisse kleinere Werthe besaßen, so dass neben ihnen ein in demselben Verhältnisse kleinerer Widerstand des Ueberganges noch gleich fühlbar bleiben musste. Ich wählte grossplattige Apparate blos in der Absicht, um meine Beobachtungen nicht durch die Anwendung eines Multiplicators compliciren zu müssen. Herr *Fechner* wird sich ohne Zweifel bei einer genauern Durchsicht meiner Erörterungen leicht überzeugen können, dass ich dort, was er Widerstand des Ueberganges nennt, nicht abzuläugnen, sondern zu bestimmen mich bemühe.

Ich bekenne recht gern, dass das Verständniss meiner Erörterungen dem Leser einige Schwierigkeit machen wird, indessen dürfte diese in der Sache, nicht in der Darstellung zu suchen seyn; vielleicht aber lohnt sich die dazu erforderliche Mühe, die doch so sehr gross nicht seyn wird, wenn er nur recht unbefangen an die Sache geht und auf die den Erörterungen vorangeschickten experimentalen Arbeiten gehörig Rücksicht nimmt.
