vielleicht das Ueberwiegen aufsteigender Ströme beim künstlichen Tetanisiren eines von Mitte und unterem Ende abgeleiteten Vorderarms ¹⁾ aus dem Umstande, dass die Neigung zum Schwitzen am Vorderarm gegen die Hand hin zunimmt. Diese aufsteigenden Ströme verhinderten bekanntlich den bei heftiger Reizung zu erwartenden decrementiellen, absteigenden Actionsstrom, regelmässig zum Durchbruch zu kommen; den letzteren Versuch wird der Eine von uns nunmehr wiederholen, sobald er eine Person findet, an der, wegen Nichtschwitzens, vielleicht der du Bois'sche Willkürversuch nicht gelingt; Atropindarreichung wäre freilich auch hier das sicherste Mittel.

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Ueber telephonische Reproduction von Vocalklängen.

Von

L. Hermann.

Vor Kurzem habe ich auf eine eigenthümliche theoretische Schwierigkeit aufmerksam gemacht, welche sich aus der von mir beobachteten Thatsache erhebt, dass man Sprachlaute noch versteht bei Einschaltung mehrerer, bis zu vier, Inductionen zwischen sprechendes und angesprochenes Telephon. Findet bei jeder Induction das allgemeine Gesetz statt, dass $e = f\left(\frac{dP}{dt}\right)$, resp. $e = f\left(\frac{dJ}{dt}\right)$, so muss bei den Inductionsströmen fünfter Ordnung das Intensitätsverhältniss der Partialtöne eines Klanges dergestalt verändert sein, dass dessen Character sich total ändert. Entweder also ist die Klangfarbe nichts weniger als ein treuer Ausdruck des Intensitätsverhältnisses der Partialtöne, oder das genannte Inductionsgesetz hat für oscillatorische inducirende Vorgänge keine Gültigkeit ²⁾.

1) L. Hermann, dies Arch. XVI. p. 416.

2) Vergl. dies Archiv XVI. p. 314. Zu meinen früheren Mittheilungen

Am Schlusse eines durch meine erste Mittheilung über das Telephon (dies Archiv XVI. p. 264) veranlassten Zusatzes zu seiner Theorie des Telephons schreibt du Bois-Reymond¹⁾ folgende Worte: „Bis auf Weiteres kann Niemand zeigen, dass dies (nämlich die Aenderung der Klangfarbe) nach der von mir aufgestellten Theorie des Telephons in stärkerem Maasse geschehen müsse, als es in Wirklichkeit der Fall ist“. Ich will nun etwas ausführlicher nachweisen, dass dies in der That zur Zeit wo diese Worte geschrieben wurden, durch meinen Versuch mit eingeschobenen Inductionen bereits gezeigt war; du Bois-Reymond kannte anscheinend meinen bezüglichen Versuch zu dieser Zeit noch nicht, obgleich das ihn enthaltende Heft des Pflüger'schen Archivs (XVI. Heft 6 und 7) am 26. Januar d. J., das den du Bois'schen Aufsatz enthaltende und mit ihm abschliessende Heft des du Bois'schen Archiv's (1877, Heft 6) aber erst am 24. Februar erschienen ist.

Wir besitzen nämlich jetzt durch eine unter Helmholtz's Leitung angestellte Untersuchung von F. Auerbach²⁾ numerische Bestimmungen über die relative Intensität der Partialtöne in gesungenen Vocalklängen, und können also leicht die durch die Inductionen nach der Theorie bewirkten Aenderungen ausrechnen, und mit der Wirklichkeit vergleichen.

Ich thue ersteres zunächst für das helle A, auf die Note c gesungen. Es ergibt sich

Ordnungszahl:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Relative Intensität der Partialtöne									
nach Auerbach:	5	7	12	20	15	30	7	4	1
Dieselbe ³⁾ nach 1 Ind.:	5	14	36	80	75	180	49	32	9
„ „ 2 „	5	28	108	320	375	1080	343	256	81
„ „ 3 „	5	56	324	1280	1875	6480	2401	2048	729
„ „ 4 „	5	112	972	5120	9375	38880	16807	16384	6561
„ „ 5 „	5	224	2916	20480	46875	233080	117649	131072	59049

über das Telephon erlaube ich mir noch zu bemerken, dass wenn daselbst von Differentiirung einer Fourier'schen Reihe die Rede war, letztere nur die kürzeste Bezeichnung sein sollte für eine Summe periodischer Functionen mit verschiedener Periode. In Wirklichkeit handelt es sich in unserm Falle immer nur um eine endliche Anzahl von solchen. Eine unendliche Reihe könnte bekanntlich nur in einzelnen Fällen in der angegebenen Weise differentirt werden, da im Allgemeinen die abgeleitete Reihe nicht convergent sein wird.

1) Arch. für Anatomie und Physiologie, Physiol. Abth. 1877. p. 582.

2) Annalen der Physik, Ergänzungsband VIII. p. 177.

3) Selbstverständlich sind die Relativzahlen verschiedener Querreihen nicht unter einander vergleichbar.

Auerbach hat die Intensitätsverhältnisse so berechnet, dass die Gesamtintensität des Klanges (die Quersumme) gleich 100 ist. Ich will nun ebenfalls die Zahlen der inducirten Klänge so umrechnen, dass die Quersumme überall 100 ist. So ergibt sich (Zahlen unter 0,1 gleich 0 gesetzt):

Vocal A auf Note c.

Ordnungszahl:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ursprüngl. Verhältn.:	5	7	12	20	15	30	7	4	1
Verh. nach 1 Induct.:	1,0	2,9	7,5	16,7	15,6	37,5	10,2	6,7	1,9
" " 2 "	0,2	1,1	4,2	12,3	14,4	41,6	13,2	9,9	3,1
" " 3 "	0	0,4	2,1	8,4	12,3	42,6	15,8	13,5	4,8
" " 4 "	0	0,1	1,0	5,4	10,0	41,3	17,8	17,4	7,0
" " 5 "	0	0	0,5	3,3	7,7	38,1	19,2	21,4	9,7

Die hervorragenden Partialtöne sind, wie auch in den folgenden Tabellen fett gedruckt. Vergleicht man die oberste und die unterste dieser Zahlenreihen, so sieht man deutlich die gewaltige Aenderung des Intensitätsverhältnisses. Die tieferen Partialtöne schwinden immer mehr, während höhere intensiv hervortreten. Trotzdem bleibt in diesem Einzelfall allerdings der stärkste Partialton, nämlich der sechste, auch noch nach der 5. Induction der stärkste.

Dass dies jedoch durchaus nicht immer so ist¹⁾, ergibt sich sogleich, wenn man z. B. A auf höhere Noten legt, oder wenn man andere Vocale nimmt. Im Folgenden werde ich erstens nur

1) Es rührt dies im angeführten Falle nämlich nur daher, dass zufällig der stärkste Partialton ziemlich weit hinausliegt. Die Differentiirungen haben die Tendenz die relative Intensität der tiefsten Partialtöne am meisten zu vermindern, die der höchsten am stärksten zu erhöhen. Die folgende Tabelle macht dies übersichtlich für den Fall von 10 ursprünglich ganz gleichen Partialtönen (jeder 10 Procent); diejenigen, welche am wenigsten verändert werden, also die Grenze zwischen Verminderung und Verstärkung bilden, sind mit einem * versehen.

Ordnungszahl:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Verh. ursprüngl.	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Nach 1 Induct.	1,8	3,6	5,5	7,3	9,1*	10,9*	12,7	14,5	16,4	18,2
" 2 "	0,3	1,0	2,3	4,2	6,5	9,4*	12,7*	16,6	21,1	26,0
" 3 "	0	0,3	0,9	2,1	4,1	7,1*	11,3*	16,9	24,1	33,1
" 4 "	0	0	0,3	1,0	2,5	5,1	9,5*	16,2*	25,9	39,5
" 5 "	0	0	0,1	0,5	1,4	3,5	7,6*	14,8*	26,7	45,3

die 4. und 5. Induction berücksichtigen, und zweitens die Zahlen gleich so berechnen, dass die Quersumme 100 ist.

Vocal A auf Note c_1 .

Ordnungszahl:	1	2	3	4	5	6
Ursprüngl. Verhältn.						
(Auerbach):	11	21	36	22	8	2
Verh. nach 4 Induct.:	0	2,0	17,7	34,2	30,3	15,7
" " 5 "	0	0,9	12,1	31,1	34,5	21,4

Vocal A auf Note g_1 .

Ordnungszahl:	1	2	3	4	5
Ursprüngl. Verhältn.					
(Auerbach):	19	42	25	10	2
Verh. nach 4 Induct.:	0,3	10,3	31,0	39,2	19,1
" " 5 "	0	5,6	25,4	42,8	26,1

Vocal E auf Note c.

Ordnungszahl:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ursprüngl. Verhältn.										
(Auerbach):	9	13	25	18	10	8	7	5	2	1
Verh. nach 4 Induct.:	0	0,2	2,4	5,5	7,5	12,4	20,0	24,4	15,6	11,9
" " 5 "	0	0	1,0	3,0	5,1	10,1	19,0	26,5	19,1	16,2

Vocal I auf Note c.

Ordnungszahl:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ursprüngl. Verhältn.											
(Auerbach):	10	16	12	21	14	9	7	5	3	2	1
Verh. nach 5 Induct.:	0	0	0,3	2,2	4,6	7,3	12,3	17,1	18,5	20,9	16,8

Vocal „dumpfes U“ auf Note c.

Ordnungszahl:	1	2	3	4	5	6	7
Ursprüngl. Verhältn.							
(Auerbach):	27	25	14	22	7	4	1
Verh. nach 5 Induct.:	0	0,8	5,5	22,9	22,2	31,6	17,1

Vocal „helles O“ auf Note c.

Ordnungszahl:	1	2	3	4	5	6	7	8
Ursprüngl. Verhältn.								
(Auerbach):	9	16	36	14	12	9	4	1
Verh. nach 5 Induct.:	0	0,2	3,8	6,2	15,9	30,3	29,1	14,2

Man erkennt auf das Deutlichste, dass das Intensitätsverhältniss der Partialtöne nach der 5. Induction nicht die geringste Analogie mehr zeigt mit dem ursprünglichen Verhältniss; es ist gar nicht daran zu denken, dass wenn wirklich die Klangfarbe ein treuer Ausdruck dieses Verhältnisses ist, ja wenn sie überhaupt auch nur das mindeste mit diesem Verhältniss zu thun hat, und wenn wirklich das angewandte Inductionsgesetz gültig ist, ein Vocalklang nach 5 Inductionen noch erkannt werden könnte ¹⁾.

Sehen wir nun, wie sich der betr. Versuch gestaltet. Ich habe schon früher mitgetheilt, dass man mit 4 eingeschobenen Inductionen, also nach 5 Inductionen im Ganzen, die menschliche Stimme noch gut erkennt, und sogar Worte, z. B. Zahlen, noch ziemlich verstehen kann.

Um nun diesen Versuchen grössere Beweiskraft zu geben, habe ich neuerdings sie so eingerichtet, dass der Sprecher, welcher in einem entfernten Zimmer sich befindet, das von ihm willkürlich Gesprochene aufschreibt, und der Hörer das Gehörte notirt oder besser dictirt; nachher werden beide Protocolle verglichen. Wiederum waren zwischen beide Telephone (gewöhnliche aus der Fabrik von Siemens & Halske) 4 Inductionsrollenpaare eingeschaltet, nämlich 2 doppelt gewickelte Boussol-Hydrorollen und 2 doppelt gewickelte Multiplicatorgewinde.

Ich theile zunächst ein Beispiel mit, in welchem Zahlen gesprochen wurden.

Sprecher der Laboratoriumsdiener Graf; Hörer Hermann.

Gesprochen.	Verstanden.	Gesprochen.	Verstanden.
1	2	48	48
19	13	14	14
24	24	32	31
36	36	3	3
14	14	8	8
7	7	9	1
11	10	2	2
22	23	16	16
33	33		

1) Es wäre möglich, dass bei 4 eingeschalteten Inductionen, also Inductionsströmen fünfter Ordnung, doch nur 4malige Differentiation in Betracht kommt, weil die Vorgänge im zweiten Telephon nicht hinreichend theoretisch klar sind, um sicher zu sein, dass hier nicht eine Integration sich einschleibt, die also für unsere Folgerungen eine Differentiation compensiren würde. (Vgl. dies Archiv XVI. p. 265.)

In dieser Reihe sind von 17 hintereinander gesprochenen Zahlen 11 (65 %) vollkommen richtig, und 6 (35 %) unrichtig verstanden worden; wenn man diese 6 Missverständnisse betrachtet, so sieht man, dass in ihnen wenigstens die Vocale richtig verstanden worden sind; zerlegt man die aus zwei Zahlworten bestehenden Fälle in ihre beiden Bestandtheile, so sind von 27 Zahlworten 21 (78 %) richtig und nur 6 (22 %) missverstanden worden, aber auch in diesen 22 % waren die Vocale richtig.

Man merkt aber deutlich, dass das Verständniss der Vocale durch die Consonanten (von denen besonders r ungemein deutlich ist) sehr gefördert wird, wie überhaupt Worte viel leichter zu verstehen sind als einzelne Laute. Dies bestätigten folgende, aus einer ganzen Reihe ähnlicher entnommene Versuche mit blossen Vocalen (dieselben wurden etwas angehalten). Die Protocolle sind genau so wiedergegeben wie sie geschrieben sind, d. h. bei Zweifeln war der erstgenannte Vocal der wahrscheinlichere.

Sprecher Graf, Sprecher Luchsinger, Sprecher Hermann,
Hörer Hermann. Hörer Hermann. Hörer Luchsinger.

Gespr.	Verst.
a	a
o	ä—ö
e	e
u	u oder i?
ö	e
ü	i
i	ü
a	a
u	o
e	e
o	ä—ö
i	ü
ä	ä
ö	e oder ö?
ü	ü
o	ä
e	e
i	i
ä	ö
a	a
ö	ö
ü	ü
u	u
o	ö
a	a
ä	ö

Gespr.	Verst.
o	o
i	e oder i?
e	ä
ü	i
a	a
e	e oder ä?
u	u oder o?
i	i
ä	ä
ö	ä höher
o	o
i	i
u	o oder u?
ü	e
a	a
ei	ei
e	e
ä	ä
i	i

Gespr.	Verst.
o	o
i	e
e	e
a	a
u	e
ei	ei
ä	ä
a	a
o	ö
ü	ö
ö	ö
a	a
ei	ei
ä	ä
i	e
u	ö
i	ü

Unter diesen Versuchen ist

Gesprochen		Verstanden
a	9 mal	immer richtig.
e	7 "	5 mal richtig, 1 mal ä, 1 mal zweifelh. ob e oder ä.
i	10 "	4 mal richtig, 3 mal ü, 2 mal e, 1 mal zweifelh. ob i oder e.
o	8 "	3 mal richtig, 1 mal ä, 2 mal ö, 2 mal zwischen ä und ö.
u	7 "	1 mal richtig, 1 mal o, 1 mal ö, 1 mal e, 1 mal zweifelh. ob u oder i, 2 mal zweifelh. ob u oder o.
ä	7 "	5 mal richtig, 2 mal ö.
ö	5 "	2 mal richtig, 1 mal ä, 1 mal e, 1 mal zweifelh. ob ö oder e.
ü	6 "	2 mal richtig, 2 mal i, 1 mal ö, 1 mal e.
ei	3 "	immer richtig.

Im Ganzen 62 Fälle, worunter

Richtig	34 = 55 %
Verwechslung mit verwandten Vocalen, oder Unentschiedenheit in dieser Richtung	17 = 27½ %
Verwechslung mit fernstehenden Vocalen (e mit i, o mit ä oder ö, u mit e oder ö, ü mit e) . .	11 = 17½ %

Man sieht, dass auch einzelne Vocale im Allgemeinen gut erkannt werden, da nur 17 ½ % entschiedene Irrthümer vorkommen. Am sichersten werden erkannt a und ei, dann folgt ä, e, i, dann o, ö, ü, am schlechtesten u. i wird leicht mit ü; ä mit ö verwechselt. Bei weniger sorgfältiger Aussprache hört man leicht statt u, und auch statt i, einen eigenthümlichen zwischen ä und ö liegenden, im Englischen viel gebrauchten Laut.

Wurde die Tonhöhe gewechselt, so erschien der Vocal in tieferen Lagen deutlicher.

Wenn nach 5 Inductionen die Vocale noch in so hohem Grade verstanden werden, so kann entweder die bestehende Theorie der Klangfarben unmöglich richtig sein oder es kann nicht jeder Induction eine Differentiation entsprechen; denn die nach letzterer Theorie sich ergebenden Intensitätsverhältnisse der Partialtöne sind, wie die obigen Zahlen lehren, von den ursprünglichen so ungeheuer und so ganz unvergleichbar verschieden, dass von einem Wiedererkennen keine Rede sein könnte. Das Characteristische des Vocals liegt nach der neueren Form der Helmholtz'schen Theorie, wie sie von F. Auerbach entwickelt ist, in einem bestimmten Intensitätsverhältniss der Partialtöne, welches bei dem gleichen Vocal allerdings je nach der Höhe des Grundtons verschieden ist, weil ausser einem relativen Moment auch noch ein

absolutes in's Spiel kommt. Ein Vocal kann also mit einem ganz veränderten Intensitätsverhältniss der Partialtöne nur dann in gewissen Fällen seinen Character behalten, wenn er auf eine andere absolute Tonhöhe versetzt wird; dies ist aber bei der telephonischen Uebertragung nicht der Fall. Man könnte einen Augenblick daran denken, dass der durch die Inductionen bedingte Wegfall der tieferen Partialtöne gleichsam den ganzen Vokalklang erhöht, dies ist jedoch erstens, wie man unmittelbar wahrnimmt, nicht im mindesten der Fall, zweitens ist das neue Intensitätsverhältniss auch keineswegs dasjenige wie es dem betr. Vocal für einen entsprechend höheren Grundton zukommen würde; man kann dies ebenfalls leicht aus den obigen Tabellen ersehen.

Endlich könnte Jemand geneigt sein, den geringen Grad von Verundeutlichung der Vocale doch als die Wirkung der Klangänderung durch die Differentiationen anzusehen, obgleich die Theorie ergibt, dass die Vocale völlig unkenntlich werden müssten. Um mir selber in dieser Beziehung vollste Gewissheit zu verschaffen, stellte ich ähnliche Versuche wie die obigen, aber ohne eingeschobene Inductionen, d. h. mit gewöhnlicher Telephonverbindung an. Ich war aber höchst überrascht, die isolirten Vocale hier kaum deutlicher zu verstehen, als im früheren Falle. Sie sind zwar lauter, aber die Anzahl der Missverständnisse ist ziemlich eben so gross. Als Beispiel diene folgender Versuch.

(Directe Telephonverbindung.) Sprecher Graf, Hörer Hermann.

Gespr.	Verst.	Gespr.	Verst.	Gespr.	Verst.	Gespr.	Verst.
a	a	ü	ü	ü	u	ä	ä
o	o	o	o	ö	o	u	u
e	u oder o?	a	a	a	ä	o	o
ü	u	u	o	i	ü	ö	o
ö	o						

(Desgl.) Sprecher Hermann, Hörer Graf.

Gespr.	Verst.	Gespr.	Verst.	Gespr.	Verst.	Gespr.	Verst.
a	a	ei	ei	o	o	ü	ä
e	e	i	e	u	ö	a	a
u	o	ü	ö	i	ä	e	e
o	ö	a	a	ö	e	ä	ä
ä	ä						

Wenn also auch beim gewöhnlichen Telephoniren das Verständniß der Vocale an sich nicht viel sicherer ist, als wenn noch 4 Inductionen eingeschoben sind (in beiden Fällen werden Worte besser verstanden als einzelne Laute, weil ein gut verstandener Laut einen andern schlecht verstandenen errathen hilft), so ist noch sicherer als vorher festgestellt, dass die Induction nicht mit einem die Klangfarbe auch nur einigermaassen ändernden Vorgang verbunden sein kann. —

Endlich ist es mir gelungen, eine Entscheidung der Frage, ob bei der Induction die behauptete Phasenänderung stattfindet, dadurch herbeizuführen, dass ich die oscillirenden Ströme mit den von ihnen inducirten Strömen interferirend auf ein Telephon wirken liess.

In einem Zimmer befindet sich eine Inductionsrolle J , welcher eine stark magnetisirte und in Schwingung versetzte Stimmgabel genähert wird. Die dadurch inducirten oscillirenden Inductionsströme, welche ich A nennen will, werden in ein anderes Zimmer geleitet und gehen dort unter Vermittelung der Wippe W_1 durch das Telephon T und das eine Gewinde ($a\ e$) einer doppelgewickelten feindrähtigen Hydorrolle R . Liegt die Wippe W_1 nach oben, so ist das Telephon von den Strömen A ausgeschlossen, so dass diese nur durch das Gewinde ae gehen. Die im zweiten Gewinde $a_1\ e_1$ inducirten Ströme zweiter Ordnung, welche ich B nennen werde, können mittels des Schlüssels S ebenfalls den Enden m und n des Telephons zugeleitet werden, und zwar, vermöge des Stromwenders W_2 , nach Belieben in beiden Richtungen. Man kann also auf das Telephon T wirken lassen: 1. die Ströme A allein (Wippe W_1 nach unten, Schlüssel S offen), 2. die Ströme B allein

(W_1 nach oben, S geschlossen), 3. die Ströme A und B zugleich (W_1 nach unten, S geschlossen), und zwar in beiden Richtungsverhältnissen, je nach Lage von W_2 .

Findet nun bei der Induction in R eine Umwandlung von Sinusfunction in Cosinusfunction oder umgekehrt, also eine Phasenverschiebung um $\frac{1}{4}$ Periode Statt, so müssen sich die Ströme A und B, sobald sie gleichzeitig auf das Telephon wirken, in ihrer Wirkung unter allen Umständen gegenseitig verstärken, welches auch ihre Richtungsbeziehung sei. Denn wenn zwei isarithmetische pendelartige Schwingungen mit $\frac{1}{4}$ Periode Phasendifferenz interferiren, und ihre Amplituden A und B sind, so resultirt eine isarithmetische Schwingung von der Amplitude $\sqrt{A^2 + B^2}$.

Wir führen nun den Versuch aus. Die Ströme A für sich machen den Stimmgabelton kräftig hörbar, ebenso, aber etwas schwächer, die Ströme B für sich. Combinirt man aber beide, so wird, je nach Lage der Wippe W_2 , der Ton entweder bis fast zum Verschwinden geschwächt, oder fast bis zur Verdoppelung verstärkt. Offenbar hört man Intensitäten, welche den Werthen $A - B$, resp. $A + B$ entsprechen¹⁾.

Dieser Versuch zeigt auf das Schlagendste, dass die Phasen der Ströme A und B keineswegs um $\frac{1}{4}$ Periode verschieden sind, sondern genau zusammen fallen. Liegt die Wippe W_2 so, dass die Ströme A und B gleiche Richtung in der Telephonrolle haben, so verstärken sie sich, im andern Falle schwächen sie sich.

Aus der Wippenlage, bei welcher Verstärkung eintritt, kann man nun umgekehrt bei Berücksichtigung der Richtungen entnehmen, nach welchem Gesetze die oscillirenden Ströme inducirend wirken. Es ergiebt sich, dass die Ströme des Gewindes $a_1 e_1$ den inducirenden im Gewinde $a e$ beständig entgegen-

1) Man sieht leicht, dass bei der Combination für die Ströme A das Gewinde $a_1 e_1$ eine Nebenschliessung zur Telephonspirale bildet, und ebenso für die Ströme B die Gewinde $a e$ und J. Die schwächende Wirkung dieser Nebenschliessungen lässt sich durch besondere Versuche feststellen, ist jedoch unbedeutend, da die Gewinde $a e$ einen über 12mal so grossen Widerstand haben als die Telephonrolle (Siemens-Halske'sches Telephon). Auch die Wirkungen der Extrastrome kommen für unsern Versuch nicht in Betracht (s. unten).

gesetzt gerichtet sind. Oscillirende Ströme induciren also in einem parallelen Leiter entgegengesetzte Ströme von gleicher Phase, wofür man natürlich auch sagen kann (ohne dass jedoch dafür ein Grund vorliegt), gleichgerichtete Ströme mit $1/2$ Periode Phasendifferenz. — Wenn dies Gesetz auch für die Extraströme gilt, so müssen dieselben das telephonische Hören schwächen. In der That ist dies leicht zu constatiren. Schaltet man in den Kreis der Rolle J nur das Telephon T, und (mittels einer Wippe) abwechselnd eine Boussolrolle von 1257 S.-E. Widerstand, und einen nicht inductiv gewickelten Rheostatwiderstand von 1257 S. E. (Siemens'scher Rheostat) ein, so erscheint mit dem ersteren der Ton bedeutend schwächer, als mit dem letzteren; ja man kann den Rheostatwiderstand auf das Doppelte erhöhen, und der Unterschied besteht noch immer in gleichem Sinne. Ebenso erscheint, wenn man ein doppeltes Boussolgewinde in den Telephonkreis einschaltet, der Ton viel schwächer bei der Anordnung $a e a_1 e_1$, als bei der Anordnung $a e e_1 a_1$.

Unsre Frage ist hiermit entschieden. Ich habe aber ausserdem auch die Ströme dritter Ordnung, welche ich C nennen werde, mit den Strömen erster Ordnung A interferiren lassen. Hierzu wurde das Gewinde $a_1 e_1$ statt mit dem Telephon, mit dem ersten Gewinde einer zweiten Doppelrolle, und deren zweites Gewinde durch W_2 und S mit dem Telephon verbunden. In diesem Falle würde die Theorie $\frac{dJ}{dt}$ verlangen, dass die Ströme A und C um eine halbe Periode gegeneinander verschoben sind, die resultirende Intensität also $A \pm C$ wird, je nach Lage der Wippe W_2 . Dasselbe verlangt nun in diesem Falle auch unser, soeben gefundenes Gesetz; nur verlangt letzteres bei der Wippenlage Verstärkung, bei der das andre Gesetz Schwächung verlangt, und umgekehrt. Auch dieser Versuch könnte also, bei gehöriger Berücksichtigung der Richtungen, die Frage entscheiden. Allein der Versuch scheitert daran, dass die Ströme C, obgleich noch deutlich hörbar, im Vergleich zu A zu schwach sind, so dass die Intensitäten bei A, $A + C$, $A - C$ so gut wie gleich erscheinen.

Nachdem nunmehr jeder Zweifel beseitigt ist, dass die Induction durch oscillirende Ströme weder von der Schwingungszahl abhängig noch mit Phasenänderung verbunden ist, also inducirende

und inducirte Ströme nicht im Verhältniss von J und $\frac{dJ}{dt}$ stehen, wird man unbedenklich diesen Schluss auch auf die Induction durch oscillirendes Potential übertragen dürfen, wo also ebenso wenig das Verhältniss P zu $\frac{dP}{dt}$ besteht. Es sind nun zwei Möglichkeiten vorhanden, deren Entscheidung der Zukunft überlassen bleiben muss: entweder gilt für oscillirende Induction überhaupt ein anderes Inductionsgesetz als das gewöhnliche, oder es findet für die inducirte Intensität eine Summation der inducirten Momentankräfte, also eine Integration statt, eine Annahme, welche den electrischen Massen Trägheit zuschreiben würde.

Für unsre Hauptfrage ist festgestellt, dass die Membran beider Telephone einander genau parallel, synchronisch, und nach gleichem Gesetze hinsichtlich der Zusammensetzung der Schwingung, sich bewegen.