

ABHANDLUNGEN
DER MATHEMATISCH-PHYSISCHEN KLASSE
DER SÄCHSISCHEN
AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ACHTUNDDREISSIGSTER BAND

**MIT 17 TAFELN, 1 KARTE
UND 57 FIGUREN IM TEXT**

LEIPZIG
BEI S. HIRZEL
1921

ALPHABETISCH

DER MATHEMATIK-UNIVERSITÄT DRESDEN

DER SACHSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ACHTZEHNTES BUCH

MIT 11 TAFELN I KARTE
UND 12 TAFELN IM TEXT

LEIPZIG

BEI S. HIRN

1891



INHALT.

- Nr. 1. B. Peter †, Parallaxenbestimmungen an dem Repsold'schen Heliometer der Leipziger Sternwarte. Bearb. v. H. Naumann. 1920.
 2. F. Kossmat, Die mediterranen Kettengebirge in ihrer Beziehung zum Gleichgewichtszustande der Erdrinde. Mit 1 Kartentafel und 6 Textfiguren. 1921.
 3. Fr. Rinne, Röntgenographische Feinbaustudien. Mit 32 Figuren. 1921.
 4. O. Wiener, Das Grundgesetz der Natur und die Erhaltung der absoluten Geschwindigkeiten im Äther. Mit 9 Abb. 1921.
 5. H. Held, Über die Entwicklung des Axenskeletts der Wirbeltiere. Mit 8 Tafeln. 1921.
 6. Fr. Hayn, Die Plejaden. Mit 1 Tafel. 1921.
 7. S. Garten, Beiträge zur Vokallehre. I. Analyse der Vokale mit dem Quinckeschen Interferenzapparat. Mit 3 Tafeln und 3 Textfiguren. 1921.
 8. — — II. Eigentöne der Mundhöhle bei Einstellung auf verschiedene Vokale ohne Betätigung der Stimme. Mit 1 Tafel und 2 Textfiguren. 1921.
 9. — — u. F. Kleinknecht, Beiträge zur Vokallehre. III. Die automatische harmonische Analyse der gesungenen Vokale. Mit 4 Tafeln und 5 Textfiguren. 1921.
-

INHALT

1. E. Pöhl, Die Entwicklung der internationalen Beziehungen in den Jahren 1919 bis 1933. Leipzig, 1934. 120 S.	1
2. F. Kossel, Die Bedeutung der internationalen Beziehungen in der Entwicklung der Welt. Leipzig, 1934. 120 S.	2
3. F. Kossel, Die Bedeutung der internationalen Beziehungen in der Entwicklung der Welt. Leipzig, 1934. 120 S.	3
4. D. Winter, Die Entwicklung der Welt in den Jahren 1919 bis 1933. Leipzig, 1934. 120 S.	4
5. H. Heide, Über die Entwicklung der internationalen Beziehungen. Leipzig, 1934. 120 S.	5
6. H. Heide, Die Entwicklung der internationalen Beziehungen. Leipzig, 1934. 120 S.	6
7. H. Heide, Die Entwicklung der internationalen Beziehungen. Leipzig, 1934. 120 S.	7
8. ———, Die Entwicklung der internationalen Beziehungen. Leipzig, 1934. 120 S.	8
9. ———, Die Entwicklung der internationalen Beziehungen. Leipzig, 1934. 120 S.	9
10. ———, Die Entwicklung der internationalen Beziehungen. Leipzig, 1934. 120 S.	10

BEITRÄGE ZUR VOKALLEHRE

II. EIGENTÖNE DER MUNDHÖHLE
BEI EINSTELLUNG AUF
VERSCHIEDENE VOKALE
OHNE BETÄTIGUNG DER STIMME

VON

S. GARTEN

DES XXXVIII. BANDES

DER ABHANDLUNGEN DER MATHEMATISCH-PHYSISCHEN KLASSE
DER SACHSISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

N^o VIII

MIT TAFEL I UND 2 TEXTFIGUREN



LEIPZIG
BEI B. G. TEUBNER

1921

Einzelpreis 2 Mark 50 Pf.

Hierzu 900% Teuerungszuschlag
des Verlags 1921

ABHANDLUNGEN DER MATHEMATISCH-PHYSISCHEN KLASSE DER SÄCHSISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN ZU LEIPZIG

- I. BAND. (1. Bd.)* 1852. brosch. Preis *M.* 13.60.
 A. F. MÖBIUS, Über die Grundformen der Linien der dritten Ordnung. Mit 1 Tafel. 1849. *M.* 2.40.
 P. A. HANSEN, Auflösung eines beliebigen Systems von linearen Gleichungen. — Über die Entwicklung der Größe $(1 - 2\alpha H + \alpha^2)^{-\frac{1}{2}}$ nach den Potenzen von α . 1849. *M.* 1.20
 A. SEEBECK, Über die Querschwingungen elast. Stäbe. 1849. *M.* 1.—
 C. F. NAUMANN, Über die cyclocentrische Conchospirale u. über das Windungsgesetz von Planorbis Corneus. 1849. *M.* 1.—
 W. WEBER, Elektrodynamische Maßbestimmungen (Widerstandsmessungen). 2. Abdruck. 1863. *M.* 3.—
 F. REICH, Neue Versuche mit der Drehwage. 1852. *M.* 2.—
 M. W. DROBISCH, Zusätze z. Florent. Problem. Mit 1 Taf. 1852. *M.* 1.60.
 W. WEBER, Elektrodynamische Maßbestimmungen (Diamagnetismus). Mit 1 Tafel. 2. Abdruck. 1867. *M.* 2.—
- II. BAND. (4. Bd.) 1855. brosch. Preis *M.* 20.—
 M. W. DROBISCH, Über musikalische Tonbestimmung und Temperatur. Mit 1 Tafel. 1852. *M.* 3.—
 W. HOFMEISTER, Beiträge zur Kenntniss der Gefäßkryptogamen. I. Mit 18 Tafeln. 1852. *M.* 4.—
 P. A. HANSEN, Entwicklung des Produkts einer Potenz des Radius Vectors mit dem Sinus oder Cosinus eines Vielfachen der wahren Anomalie in Reihen, die nach den Sinussen oder Cosinussen der Vielfachen der wahren, excentrischen oder mittleren Anomalie fortschreiten. 1853. *M.* 3.—
 — Entwicklung der negativen und ungraden Potenzen der Quadratwurzel der Function $r^2 + r'^2 - 2 r r' (\cos U \cos U' + \sin U \sin U' \cos J)$. 1854. *M.* 3.—
 O. SCHLÖMILCH, Über die Bestimmung der Massen und der Trägheitsmomente symmetrischer Rotationskörper von ungleichförmiger Dichtigkeit. 1854. *M.* —.80.
 — Über einige allgemeine Reihenentwickelungen und deren Anwendung auf die elliptischen Funktionen. 1854. *M.* 1.60.
 P. A. HANSEN, Die Theorie des Äquatoreals. 1855. *M.* 2.40.
 C. F. NAUMANN, Über die Rationalität der Tangenten-Verhältnisse tanzozonaler Krystallflächen. 1855. *M.* 1.—
 A. F. MÖBIUS, Die Theorie der Kreisverwandtschaft in rein geometrischer Darstellung. 1855. *M.* 2.—
- III. BAND. (5. Bd.) 1857. brosch. Preis *M.* 19.20
 M. W. DROBISCH, Nachträge zur Theorie der musikalischen Tonverhältnisse. 1855. *M.* 1.20.
 P. A. HANSEN, Auseinandersetzung einer zweckm. Methode z. Berechn. d. absoluten Störungen d. klein. Planeten. 1. Abhdlg. 1856. *M.* 5.—
 R. KOHLRAUSCH und W. WEBER, Elektrodynamische Maßbestimmungen, insbesondere Zurückführung der Stromintensitätsmessungen auf mechanisches Maß. 2. Abdruck. 1889. *M.* 1.60.
 H. D'ARREST, Resultate aus Beobachtungen der Nebelflecken und Sternhaufen. Erste Reihe. 1856. *M.* 2.40.
 W. G. HANKEL, Elektr. Untersuchungen. 1. Abhdlg.: Üb. d. Mess. d. atmosph. Elektrizität nach absol. Maße. Mit 2 Taf. 1856. *M.* 6.—
 W. HOFMEISTER, Beiträge zur Kenntnis der Gefäßkryptogamen. II. Mit 13 Tafeln. 1857. *M.* 4.—
- IV. BAND. (6. Bd.) 1859. brosch. Preis *M.* 22.50.
 P. A. HANSEN, Auseinandersetzung e. zweckmäßig. Methode z. Berechn. d. absoluten Störungen d. klein. Planeten. 2. Abhdlg. 1875. *M.* 4.—
 W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. 2. Abhdlg.: Über die thermo-elektrischen Eigenschaften des Boracites. 1857. *M.* 2.40.
 — Elektrische Untersuchungen. 3. Abhdlg.: Über Elektrizitätserregung zwischen Metallen und erhitzten Salzen. 1858. *M.* 1.60.
 P. A. HANSEN, Theorie der Sonnenfinsternisse und verwandten Erscheinungen. Mit 2 Tafeln. 1858. *M.* 6.—
 G. T. FECHNER, Über ein wichtiges psychophysikalisch. Grundgesetz u. dessen Beziehung zur Schätzung der Sterngrößen. 1858. *M.* 2.—
 W. HOFMEISTER, Neue Beiträge zur Kenntnis der Embryobildung der Phanerogamen. I. Dikotyledonen m. ursprüngl. einzelligem, nur durch Zellteilung wachsend. Endosperm. Mit 27 Taf. 1859. *M.* 8.—
- V. BAND. (7. Bd.) 1861. brosch. Preis *M.* 24.—
 W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. 4. Abhdlg.: Über das Verhalten d. Weingeistflamme in elektr. Beziehung. 1859. *M.* 2.—
 P. A. HANSEN, Auseinandersetzung einer zweckm. Methode z. Berechn. d. absoluten Störungen d. klein. Planeten. 3. Abhdlg. 1859. *M.* 7.20.
 G. T. FECHNER, Üb. ein. Verhält. d. binocularen Sehens. 1860. *M.* 5.60.
 G. METTENIUS, 2 Abhdlgen: I. Beiträge zur Anatomie d. Cycadeen. Mit 5 Taf. II. Über Seitenknospen bei Farnen. 1860. *M.* 3.—
 W. HOFMEISTER, Neue Beiträge zur Kenntnis der Embryobildung d. Phanerogamen. II. Monokotyledonen. Mit 25 Taf. 1861. *M.* 8.—
- VI. BAND (9. Bd.) 1864. brosch. Preis *M.* 19.20.
 W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. 5. Abhdlg.: Maßbestimmungen der elektromotor. Kräfte. 1. Teil. 1861. *M.* 1.60
 — Messungen über die Absorption der chemischen Strahlen des Sonnenlichtes. 1862. *M.* 1.20.
 P. A. HANSEN, Darlegung der theoretischen Berechnungen der in den Mondtafeln angewandten Störungen. 1. Abhdl. 1862. *M.* 9.—
 G. METTENIUS, Üb. d. Bau v. Angiopteris. Mit 10 Taf. 1863. *M.* 4.40.
 W. WEBER, Elektrodynamische Maßbestimmungen, insbesondere über elektrische Schwingungen. 1864. *M.* 3.—
- VII. BAND (11. Bd.) 1865. brosch. Preis *M.* 17.—
 P. A. HANSEN, Darlegung der theoretischen Berechnung der in den Mondtafeln angewandten Störungen. 2. Abhdl. 1864. *M.* 9.—
 G. METTENIUS, Über d. Hymenophyllaceae. Mit 5 Taf. 1864. *M.* 3.60.
 P. A. HANSEN, Relationen einestheils zwischen Summen u. Differenzen u. andernteils zwischen Integralen u. Differentialen. 1865. *M.* 2.—
 W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. 6. Abhdlg.: Maßbestimmungen der elektromotor. Kräfte. 2. Teil. 1865. *M.* 2.80.
- VIII. BAND. (13. Bd.) 1869. brosch. Preis *M.* 24.—
 P. A. HANSEN, Geodätische Untersuchungen. 1865. *M.* 5.60.
 — Bestimmung des Längenunterschiedes zwischen den Sternwarten zu Gotha und Leipzig, unter seiner Mitwirkung ausgeführt von Dr. Auwers und Prof. Bruhns im April des Jahres 1865. Mit 1 Figurentafel. 1866. *M.* 2.80
 W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. 7. Abhdlg.: Über die thermoelektr. Eigensch. d. Bergkrystalles. M. 2 Taf. 1866. *M.* 2.40.
 P. A. HANSEN, Tafeln der Egeria mit Zugrundelegung der in den Abhandlungen der K. S. Ges. d. Wissenschaften in Leipzig veröffentlichten Störungen dieses Planeten berechnet und mit einleitenden Aufsätzen versehen. 1867. *M.* 6.80.
 — Von der Methode der kleinsten Quadrate im Allgemeinen und in ihrer Anwendung auf die Geodäsie. 1867. *M.* 6.—
- IX. BAND. (14. Bd.) 1871. brosch. Preis *M.* 18.—
 P. A. HANSEN, Fortgesetzte geodätische Untersuchungen, bestehend in zehnten Supplementen zur Abhandlung von der Methode der kleinsten Quadrate im Allgemeinen und in ihrer Anwendung auf die Geodäsie. 1868. *M.* 5.40.
 — Entwicklung e. neuen veränd. Verfahrens zur Ausgleichung e. Dreiecksnetzes mit besond. Betracht. d. Falles, in welchem gewisse Winkel vorausbestimmte Werte bekommen sollen. 1869. *M.* 3.—
 — Supplement zu der geodätische Untersuch. benannten Abhdlg. die Reduktion d. Winkel ein. sphäroid. Dreiecks betr. 1869. *M.* 2.—
 W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. 8. Abhdlg.: Über die thermoelektr. Eigensch. des Topases. Mit 4 Tafeln. 1870. *M.* 2.40.
 P. A. HANSEN, Bestimmung d. Sonnenparallaxe durch Venusvorübergänge vor d. Sonnenscheibe mit besond. Berücksichtig. d. i. J. 1874 eintreffenden Vorüberganges. Mit 2 Planigloben. 1870. *M.* 3.—
 G. T. FECHNER, Zur experiment. Ästhetik. 1. Teil. 1871. *M.* 2.—
- X. BAND. (15. Bd.) 1874. brosch. Preis *M.* 21.—
 W. WEBER, Elektrodynamische Maßbestimmungen, insbesondere über das Prinzip der Erhaltung der Energie. 1871. *M.* 1.60.
 P. A. HANSEN, Untersuchungen des Weges eines Lichtstrahls durch eine belieb. Anzahl v. brechenden sphär. Oberflächen. 1871. *M.* 3.60.
 C. BRUHNS und E. WEISS, Bestimmung der Längendifferenz zwischen Leipzig und Wien. 1872. *M.* 2.—
 W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. 9. Abhdlg.: Über die thermoelektr. Eigensch. d. Schwerspathes. M. 4 Taf. 1872. *M.* 2.—
 — Elektrische Untersuchungen. 10. Abhdlg.: Über die thermoelektr. Eigenschaften des Aragonites. Mit 3 Tafeln. 1872. *M.* 2.—
 C. NEUMANN, Über die den Kräften elektrodynamischen Ursprungs zuzuschreibenden Elementargesetze. 1873. *M.* 3.80
 P. A. HANSEN, Von der Bestimmung der Teilungsfehler eines gradlinigen Maßstabes. 1874. *M.* 4.—
 — Über d. Darstellung d. grad. Aufsteigens u. Abweichens d. Mondes in Funktion d. Länge in d. Bahn u. d. Knotenlänge. 1874. *M.* 1.—
 — Dioptr. Untersuchungen mit Berücksicht. d. Farbenzerstreuung u. d. Abweich. wegen Kugelgestalt. 2. Abhdlg. 1874. *M.* 2.—
- XI. BAND. (18. Bd.) 1878. brosch. Preis *M.* 21.—
 G. T. FECHNER, Üb. d. Ausgangswert d. kleinst. Abweichungssumme, dess. Bestimmung, Verwendung und Verallgemein. 1874. *M.* 2.—
 C. NEUMANN, Über das von Weber für die elektrischen Kräfte aufgestellte Gesetz. 1874. *M.* 3.—
 W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. 11. Abhdlg.: Über die thermoelektrischen Eigenschaften des Kalkspathes, des Berylls, des Idocrases und des Apophyllites. Mit 3 Tafeln. 1875. *M.* 2.—
 P. A. HANSEN, Über die Störungen der großen Planeten, insbesondere des Jupiter. 1875. *M.* 6.—
 W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. 12. Abhdlg.: Über die thermoelektrischen Eigenschaften des Gypses, des Diopsids, des Orthoklases, des Albits u. des Periklins. Mit 4 Taf. 1875. *M.* 2.—
 W. SCHEIBNER, Dioptrische Untersuchungen, insbesondere über das Hansensche Objektiv. 1876. *M.* 3.—
 C. NEUMANN, Das Webersche Gesetz bei Zugrundelegung der unitarischen Anschauungsweise. 1876. *M.* 1.—
 W. WEBER, Elektrodynam. Maßbestimmungen, insbesondere über die Energie der Wechselwirkung. Mit 1 Tafel. 1878. *M.* 2.—
- XII. BAND (20. Bd.) 1883. brosch. Preis *M.* 22.—
 W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. 13. Abhdlg.: Über die thermoelektrischen Eigenschaften des Apatits, Brucits, Coelestins, Prehnits, Natroliths, Skolezits, Datoliths und Axinitis. Mit 3 Tafeln. 1878. *M.* 2.—
 W. SCHEIBNER, Zur Reduktion elliptischer Integrale in reeller Form. 1879. *M.* 5.—
 — Supplement zur Abhandlung über die Reduktion elliptischer Integrale in reeller Form. 1880. *M.* 1.50.
 W. G. HANKEL, Elektr. Untersuchungen. 14. Abhdlg.: Über d. photo- u. thermoelektr. Eigensch. d. Flußspathes. Mit 3 Taf. 1879. *M.* 2.—
 C. BRUHNS, Neue Best. d. Längend. zwisch. d. Sternwarte in Leipzig u. d. neuen Sternwarte auf d. Türkenschanze in Wien. 1880. *M.* 2.40.
 C. NEUMANN, Über die peripolaren Koordinaten. 1880. *M.* 1.50.
 — Die Verteil. d. Elektrizität auf ein Kugelkalotte. 1880. *M.* 2.40.
 W. G. HANKEL, Elektr. Untersuch. 15. Abhdlg.: Über die aktino- und piezoelektr. Eigenschaften des Bergkrystalles und ihre Beziehung zu den thermoelektrischen. Mit 4 Tafeln. 1881. *M.* 2.—
 — Elektrische Untersuchungen. 16. Abhdlg.: Über die thermoelektr. Eigenschaften d. Helvins, Mellits, Pyromorphits, Mimetesits, Phenakits, Pennins, Diophasen, Strontianits, Witherits, Cerussits, Euklases und Titanits. Mit 3 Tafeln. 1882. *M.* 2.—
 — Elektrische Untersuchungen. 17. Abhdlg.: Über die bei einigen Gasentwickelungen auftretenden Elektrizitäten. 1883. *M.* 1.80

*) Die eingeklammerten Ziffern geben die Zahl des Bandes in der Reihenfolge der Abhandlungen beider Klassen an

BEITRÄGE ZUR VOKALLEHRE

II. EIGENTÖNE DER MUNDHÖHLE
BEI EINSTELLUNG
AUF VERSCHIEDENE VOKALE
OHNE BETÄTIGUNG DER STIMME

VON

S. GARTEN

DES XXXVIII. BANDES
DER ABHANDLUNGEN DER MATHEMATISCH-PHYSISCHEN KLASSE
DER SÄCHSISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

N^o VIII

MIT TAFEL I UND 2 TEXTFIGUREN

LEIPZIG
BEI B. G. TEUBNER
1921

BEITRÄGE
ZUR VOKALLEHRE

II. EIGENTONE DER MUNDHÖHLE
BEI EINSTELLUNG
AUF VERSCHIEDENE VOKALE
OHNE BETÄTIGUNG DER STIMME

2. GARTEN

Vorgetragen für die Abhandlungen am 28. Februar 1921.
Das Manuskript eingeliefert am 28. Februar 1921.
Der letzte Bogen druckfertig erklärt am 20. Dezember 1921.

1922 W 789

II. TEIL

EIGENTÖNE DER MUNDHÖHLE*
BEI EINSTELLUNG
AUF VERSCHIEDENE VOKALE
OHNE BETÄTIGUNG DER STIMME

VON

S. GARTEN

MIT TAFEL I UND 2 TEXTFIGUREN

Als ein durch Plüsteren, d. h. durch Anströmen eines Luftstromes durch die kunstmäßig geöffnete Stimmritze die Luft in der Mundhöhle in Schwingungen zu versetzen gesucht, so der Annahme, dass die dabei auftretenden Schwingungen den Schwingungen entsprechen würden, wie sie beim stimmhaften Klang der Vokale vorhanden wären. Die Erzeugung der Eigenschwingungen erinnert, also, wie schon Hermann¹⁾ bemerkt, an die Hervorbringung derselben in einem Resonator, über dessen Öffnung ein Luftstrom geblasen wird.

Hermann²⁾ erwähnt 1901 vergebliche Versuche, die geformtesten Vokale zu registrieren. Später sind von Weiss³⁾ solche Registrierungen erfolgreich ausgeführt worden, bei denen er sich als Registrierinstrument seines Phonoskopes bediente. Das Instrument ist, was für die Registrierung der Flüstergeräusche von Vorteil ist, hoch empfindlich, nur scheint es sich zur einwandfreien Wiedergabe höherer Töne nach den bisherigen Anordnungsvorschlägen weniger gut zu eignen, als der von mir verwendete Schallschreiber.⁴⁾

¹⁾ Donders, Ueber die Natur der Vokale. Arch. f. höh. Behz. 1. 1855 S. 137. Donders hörte beim Plüsteren der Vokale die Mundhörentöne so deutlich und sicher heraus, dass er direkt sagen konnte: „ich besitz in meinen Vokalen eine zuverlässige Stimmgabel“. Auch beim Sprechen mit Schamme sind jene Eigentöne nach ihm im Vokal Klang vorhanden.

²⁾ Hermann, Fortgesetzte Untersuchungen über die Konsonanten. Pfl. Arch. 31. 1901 S. 31.

³⁾ Weiss, Die Kurven der registrierten und beim gesungenen Vokale etc. Pfl. Arch. 102 1911 S. 367.

⁴⁾ Garten, Ein Schallschreiber mit sehr kleiner Seilanzweitung. Ann. d. Phys. 4. Folge. Bd. 38 1913 S. 276.

II. THEIL

EIGENTÖNE DER MUNDHÖHLE
BEI EINSTELLUNG
AUF VERSCHIEDENE VOKALE
OHNE BETÄTIGUNG DER STIMME

VON

S. GARTEN

Vorgelesen für die Abhandlung am 28. Februar 1821.
Das Manuscript eingeleitet am 28. Februar 1821.
128 MIT JAHRE HUND-SACHSISCHEN

Die Eigentöne der Mundhöhle, wie sie bei Einstellung derselben auf die verschiedenen Vokale ohne Betätigung der Stimme erhalten werden.

Schon oft ist versucht worden, unter Ausschluss der Stimmbandschwingungen die Eigentöne der Mundhöhle, wie sie bei Einstellung auf verschiedene Vokale wahrgenommen werden, genau zu bestimmen.

Ich muss auf diese Bestimmungsmethoden namentlich für diejenigen Leser, die den Teil I nicht kennen, auf S. 5—8 hier nochmals kurz eingehen. Dabei sind einzelne Punkte, die in der Einleitung zu Teil I nur kurz angedeutet werden konnten, hier näher ausgeführt, um eine Vergleichsbasis für die folgenden Untersuchungen zu gewinnen.

Als eins der einfachsten Hilfsmittel hat man, wie zuerst *Donders*¹⁾, durch Flüstern, d. h. durch Austreiben eines Luftstromes durch die kontinuierlich geöffnete Stimmritze die Luft in der Mundhöhle in Schwingungen zu versetzen gesucht, in der Annahme, dass die dabei auftretenden Schwingungen den Schwingungen entsprechen würden, wie sie beim stimmhaften Klang der Vokale vorhanden wären. Die Erzeugung der Eigenschwingungen erinnert, also, wie schon *Hermann* bemerkt,²⁾ an die Hervorbringung derselben in einem Resonator, über dessen Oeffnung ein Luftstrom getrieben wird.

*Hermann*²⁾ erwähnt 1901 vergebliche Versuche, die geflüsterten Vokale zu registrieren. Später sind von *Weiss*³⁾ solche Registrierungen erfolgreich ausgeführt worden, bei denen er sich als Registrierinstrument seines Phonoskopes bediente. Das Instrument ist, was für die Registrierung der Flüstergeräusche von Vorteil ist, hoch empfindlich, nur scheint es sich zur einwandfreien Wiedergabe höherer Töne nach den bisherigen Aichungsversuchen weniger gut zu eignen, als der von mir verwendete Schallschreiber.⁴⁾

¹⁾ *Donders*. Ueber die Natur der Vokale. Arch. f. holl. Beitr. I. 1858 S. 157. *Donders* hörte beim Flüstern der Vokale die Mundhöhlentöne so deutlich und sicher heraus, dass er direkt sagen konnte, „ich besitze in meinen Vokalen eine zuverlässige Stimmgabel“. Auch beim Sprechen mit Stimme sind jene Eigentöne nach ihm im Vokal-klang vorhanden.

²⁾ *Hermann*, Fortgesetzte Untersuchungen über die Konsonanten. Pflg. Arch. 83. 1901 S. 21.

³⁾ *Weiss*, Die Kurven der geflüsterten und leise gesungenen Vokale etc. Pfl. Arch. 142 1911 S. 567.

⁴⁾ *Garten*, Ein Schallschreiber mit sehr kleiner Seifenmembran. Ann. d. Phys. 4. Folge. Bd. 48 1915 S. 276.

Weiss gibt S. 576 als Lage für die charakteristischen Töne für die geflüsterten Vokale folgende Werte an.

U	zwischen	400	und	600,	im	Mittel	450
O	"	550	"	710,	"	"	610
A	"	700	"	840,	"	"	760
E	"	2200	"	2600,	"	"	2500
I	"	2500	"	3100,	"	"	2900

Mit dem Schallschreiber in seiner älteren Form hatte ich früher bei einer Flüsterkurve des A gelegentlich 1000 bzw. 981 Schwingungen erhalten.⁵⁾

Eine zweite Reihe von Untersuchungen beschäftigt sich damit, die Höhe der Mundtöne festzustellen, die nicht auf physiologische Weise durch Flüstern hervorgerufen sind, sondern durch mechanische Erschütterung der verschiedensten Art, wie man sie der Mundhöhle selbst oder ihren Wandungen zuleiten kann. Hierher gehört der Versuch von Gutzmann,⁶⁾ der die Schwingungen einer Jahrmarktpfeife durch einen Schlauch der Mundhöhle zuführte. Es entstand dann, ganz unabhängig von der Tonhöhe der Pfeife, je nach der Mundstellung ein A-, O-, U-, E- oder I-Laut. Gutzmann konnte diese künstlich erzeugten Vokale bei der Mundstellung für A, O und U aufnehmen und fand bei der harmonischen Analyse eine Verstärkung derjenigen Teiltöne, die etwa in der Höhe der den Vokalen zugeschriebenen Formanten lagen.

Im Einzelnen finden sich bei G. folgende Angaben: bei der Mundstellung für A trat der dritte Teilton, d. h. c3 (1024), ausserordentlich stark hervor. Bei O war neben dem Grundton noch der zweite Teilton stark, d. h. der Formant würde zwischen f1 und f2 liegen, „in der Tat entspricht c2 dem Formant des O“. Bei U konnte er freilich nur feststellen, dass der Grundton f1 sehr stark hervortrat. Da die Aufnahmen mit dem Mertens-Leppin'schen Apparat gemacht sind, dessen Konstanten, soweit mir bekannt, bisher nicht mitgeteilt wurden, und der Apparat mit „Schalltrichter“ versehen war, so konnte das an sich jedenfalls sehr sinnreiche Verfahren zur objektiven Feststellung der Eigentöne der Mundhöhle meines Erachtens noch keine endgültige Entscheidung liefern, und es wäre eine Wiederholung der Versuche mit geeigneteren Hilfsmitteln, als sie G. zur Verfügung standen, jedenfalls erwünscht. Wie G. erwähnt, hat schon Gluck den künstlichen Kehlkopf zur Produktion der Vokale benutzt. Die Kurve eines solchen, mit künstlichem Kehlkopf hervorgebrachten Vokales ist, wie Gutzmann erwähnt, allerdings ohne Analyse, bereits bei Rousselot, (La Parole 1902) abgebildet.

Schon Helmholtz⁷⁾ hatte versucht, die Fähigkeit der Mundhöhle, auf bestimmte zugeleitete Schwingungen in Resonanzschwingungen zu geraten, dazu zu benutzen, die für die Vokale charakteristischen Teiltöne festzustellen. Helmholtz brachte vor die Mundhöhle, die so geformt war wie bei der Aussprache eines bestimmten Vokales, verschiedene Stimmgabeln und stellte fest,

⁵⁾ Garten, Ueber die Verwendung der Seifenmembran zur Schallregistrierung. Zeitschr. f. Biol. 1911 Bd. 56 S. 67.

⁶⁾ Gutzmann, Die Analyse künstlicher Vokale. Verh. d. Ver. deutscher Laryngologen 1911 S. 476, und Gutzmann, Physiol. d. Stimme und Sprache. Braunschweig 1909, S. 124.

⁷⁾ Helmholtz, Lehre von den Tonempfindungen. 6. Aufl. 1913. S. 177.

bei welcher Stimmgabel eine Verstärkung des Stimmgabeltones durch die Mundhöhle eintrat. Die Ergebnisse von Helmholtz und die bei Flüstersprache von Donders (s. o.) erhaltenen wurden von ersterem in folgender Tabelle zusammengestellt, in der auch noch die Werte zugefügt sind, die A u e r b a c h bei Perkussion des Schildknorpels erhielt.⁸⁾

Vocal	Tonhöhe nach Donders	Tonhöhe nach Helmholtz	Tonhöhe nach Auerbach
U	f'	f (später fis'—g')	f'
O	d'	b'	a'
A	b'	b''	{ c'' (Åschwed.) f'' (A voll)
Ö	g?	cis'''	
Ü	a''	g'''—as'''	
E	cis'''	b'''	g'—a' 9)
I	f'''	d'''	f'

Neuerdings hat A b r a h a m¹⁰⁾ sehr verschiedenartige Mittel angewendet, um die Luft in der Mundhöhle bei den Vokalstellungen ohne Beteiligung des Kehlkopfes in Eigenschwingungen zu versetzen und hat dann mit Hilfe seines feinen Gehöres subjektiv die Tonhöhe des Mundhöhlentones festgestellt. Er benutzte in erster Linie die Klopföne, wie sie beim Beklopfen des Schädels, der Backen oder eines vor den Mund gehaltenen Plessimeters auftreten, zur Bestimmung. Ausserdem die schon oben erwähnten natürlichen Flüstertöne, sowie das Anblasen der Mundhöhle von aussen mittels Gummiballons (Poltzer-Spritze). Endlich zeigte er auch noch, dass bei allmählicher Ueberführung eines Vokales, z. B. A in Ue und I das stetig höher werdende tonale Geräusch an bestimmten Stellen der Geräuschskala rein tonal einem Pfeifton ähnlich wird. An diesem Punkt würde der Mundhöhlenton gerade auf einen Teilton des Grundtones fallen. Dieses im Helmholtz'schen Sinne für Hervorbringung des Vokals geforderte Verhältnis von Grundton und Mundhöhlenton ist aber nach A b r a h a m durchaus nicht das für Erkennung des Vokales günstigste Verhältnis.

A b r a h a m sagt S. 231: „ja die Vokalität der gesungenen Vokale erscheint mir gerade an den Stellen, an denen das Mundhöhlengeräusch sich zum Ton durch Resonanz verstärkt, viel weniger deutlich als an allen anderen Stellen. Die musikalische Tonqualität tritt an den erwähnten Punkten an Stelle der Vokalität in die Wahrnehmung.“ Die subjektive Methode, die namentlich für Oktavenverhältnisse doch wohl auch für ein sehr musikalisches Ohr mit einer gewissen Unsicherheit behaftet ist, ergab A b r a h a m bei Untersuchung mit dem Plessimeter folgende Werte:

für Abraham	bei A h''—d'''	bei O c''—d''
„ v. Hb.	„ A b''—c'''	„ O d''—cis''
„ Frau Abraham	„ A h''—c'''	„ O c''
„ 3jähr. Sohn	„ A d''' e''' d'''	„ O d'' c'' d''

⁸⁾ A u e r b a c h, Bestimmung der Resonanztöne der Mundhöhle durch Perkussion. Annal. d. Physik u. Chemie N. F. III 1878 S. 152.

⁹⁾ Für e und i konnte A u e r b a c h mit seiner Methode nur die tiefen Mundhöhlentöne erhalten.

¹⁰⁾ A b r a h a m, Töne und Vokale der Mundhöhle, Ztschr. f. Psychologie 1916 Bd. 74 Heft 3 und 4.

Aehnliche Werte ergab ihm das Anblasen der Mundhöhle mit der Gummiballonspritze. Auffallend und später noch zu erörtern ist der Befund *Abrahams*, dass bei kindlicher Stimme — es handelte sich um den dreijährigen Sohn — die Vokalhöhen identisch mit der des Erwachsenen waren. „Trotz der sehr verschiedenen Grösse (d. h. der Mundhöhle) wird bei den einzelnen Vokalen unbewusst die gleiche Tonhöhe intendiert.“ Vergl. hierzu auch *Helmholtz*, Lehre von den Tonempfindungen S. 172: „Dagegen sind die Eigentöne der Mundhöhle fast unabhängig von Alter und Geschlecht.“ „Was der kindlichen und weiblichen Mundhöhle an Geräumigkeit abgeht, kann durch engeren Verschluss der Oeffnung leicht ersetzt werden, so dass die Resonanz doch ebenso tief werden kann, wie in der grösseren männlichen Mundhöhle.“ Soweit die bisherigen Untersuchungsmethoden. Mit wenigen Ausnahmen gründen sie sich auf das subjektive Verfahren. Wie die angeführten Tabellen zeigen, sind in zahlreichen Fällen recht beträchtliche Unterschiede in der Höhe der Eigentöne angegeben worden. Es mag genügen, auf die Werte für die Mundstellung beim Vokal *a* nochmals hinzuweisen: g^2 (Weiss), b^1 (Donders), b^2 (Helmholtz), c^2-f^2 (Auerbach), h^2-d^3 (Abraham). Eine nochmalige Bestimmung der Mundhöhlentöne mit objektiver Registrierung der Schwingung erschien daher erwünscht.

Da nach meinen Erfahrungen die Eigenschwingungen eines Resonators leicht durch einen Knall, der mittelst elektrischen Funkens vor der Resonatoröffnung erzeugt wird, hervorzurufen sind, hielt ich es für nicht aussichtslos, zunächst auf diesem Wege die Luft der Mundhöhle bei verschiedenen Vokalstellungen in Eigenschwingungen zu versetzen und diese Schwingungen mit dem Schallschreiber zu registrieren.

Eine solche Registrierung versprach zugleich, neben der Aufklärung der Frage nach dem Eigenton der Mundhöhle bei verschiedenen Vokalstellungen, uns einen Aufschluss über die Dämpfungsgrösse der Mundhöhle, dieses Resonators mit nachgiebigen Wandungen, zu geben. Es ist namentlich im Hinblick auf die Versuche *Scriptures*¹¹⁾, aus der registrierten, gedämpften Vokalcurve die ungedämpfte zu konstruieren, von Wichtigkeit festzustellen, ob bei den verhältnismässig einfachen Schwingungsreihen, wie sie hier ohne Stimme durch Knall erzeugt werden, bei den verschieden hohen Tönen das gleiche Dämpfungsverhältnis besteht, und welche Grösse es etwa besitzt.

¹¹⁾ *Scripture*, *Researches in experiment. Phonetics*. Washington 1906

I. Die durch den Funkenknall hervorgerufenen Schwingungen der Mundhöhle.

Um durch den Funkenknall eine zur Registrierung ausreichende Schwingung der Luft der Mundhöhle zu erzielen, wurde ein kräftiger, etwa 1 cm langer Funke des Induktoriums, in dessen sekundären Kreis zwei Leydener Flaschen eingeschaltet waren, verwendet. Die Drahtenden, zwischen denen der Funke übersprang, waren in einem kleinen Teller aus Siegelack von ca. 2 cm Durchmesser eingelassen, der in der Mitte etwas vertieft war, so dass die Umgebung des Mundes vor dem Ueberspringen des Funken geschützt blieb. Wie man sich leicht durch das Gehör überzeugt, ist es für den Versuch ausgeschlossen, den Funken, was natürlich sicherer gewesen wäre, in einem kleinen Glastrichter oder dergleichen überspringen zu lassen, weil die Eigenschwingungen eines solchen Hohlraumes sofort den Klang verändert hätten. Will man kräftige Eigenschwingungen der Mundhöhle erhalten, so muss der Funke bis auf ca. 5—10 mm der Mundhöhle genähert werden. Die in der Mundhöhle entstehenden Schwingungen wurden bei einem Teil der Versuche durch einen dicht vor den Mund gehaltenen Gummischlauch dem Schallschreiber zugeleitet, in anderen Versuchen durch ein direkt in die Mundhöhle eingeschobenes dünnes Glasrohr, das die Weite der Mundöffnung nicht merklich beeinträchtigte. Um die durch die Atmung bedingten Luftstösse möglichst vom Schallschreiber fernzuhalten, wurde das Glasrohr am Ende um 90 Grad abgebogen, so dass nach Einführung in die Mundhöhle die Ebene seiner Oeffnung in der Sagittalebene lag. Für Wiederholung der Versuche sei darauf hingewiesen, dass die starken Funkenentladungen, die ja direkt vor dem Munde stattfinden, vermutlich infolge der Ozonbildung die Schleimhaut der Mundhöhle stark reizen. Jedenfalls empfiehlt es sich, immer nur ganz kurze Zeit die Mundhöhle der Wirkung des Funkens auszusetzen.

Um die Mundhöhle möglichst in der zur Hervorbringung eines bestimmten Vokals geeigneten Form zu erhalten, wurde meist unmittelbar vor dem Versuch der Vokal leise geflüstert und dann jene Stellung nach Möglichkeit während der Aufnahme festgehalten. Dass dies meist ziemlich gut gelang, konnte man an dem dem Funkenknall eigentümlichen Vokalcharakter erkennen. Da während des Versuches, offenbar durch den Strom der Atemluft, die Mundhöhlenluft dauernd in schwache Eigenschwingung versetzt war, laufen bisweilen auch unabhängig vom Knall, wie man auf den Kurven erkennt, schwache Schwingungen ab, durch die wohl in manchen Fällen die Unregelmässigkeiten in der Abnahme der nach Knall auftretenden Schwingungen mitbedingt sein dürften.

Von den in der geschilderten Weise registrierten Schwingungen der Mundhöhle seien folgende Beispiele für die verschiedenen Vokale angeführt. Fig. 62¹²⁾ zeigt eine bei A-Stellung auf Funkenknall erhaltene Schwingungsreihe. Wie sehr häufig bei Funkenknall beobachtet man auch hier, dass die Amplituden nicht, wie man erwarten sollte, zuerst maximal sind, sondern während der ersten 2—3 Schwingungen noch zunehmen. Welche Ursachen hierfür in Betracht kommen (Interferenzen mit an anderen Punkten reflektierten Wellen?)

¹²⁾ Die Numerierung der Tafelfiguren in Teil II schliesst sich an die Numerierung der Tafelfiguren in Teil I an.

vermag ich nicht anzugeben. Sehr häufig beobachtet man, und so auch hier, dass die ersten Schwingungen noch eine feine Zähnelung aufweisen, die etwa dem dritten Teilton der Seifenmembran ($n = 6594$) entsprechen würde, und vielleicht durch den Knall direkt in dieser hervorgerufen ist. Vgl. hierzu Garten a. a. O. S. 296.

Die Ausmessung der Schwingungen ergibt, dass der unter diesen Umständen erhaltene Eigenton der Mundhöhle bei 1117 liegt, also auffallend hoch gegenüber den bisherigen fremden und auch eigenen Beobachtungen über die Tonhöhe der A-Formanten (s. hierzu die Bemerkung auf S. 17—18). Wie weitere Versuche ergaben, ist eine 1000 übersteigende Schwingungszahl aber die Regel, wenigstens bei der diesen Versuch ausführenden Person (G. 45 Jahre Bariton). So zeigt Fig. 63 eine andere, durch Funkenknall gewonnene Schwingungskurve der auf den Vokal A eingestellten Mundhöhle. Auch hier beträgt die Schwingungszahl zufällig gerade wieder 1117. Wie die Tabelle zeigt, war unter 10 Versuchen die Schwingungszahl nur einmal kleiner als 1000.

Schwingungszahl der Mundhöhle von G. bei Einstellung auf A.

1201
(1374)
1117
1030
1089
1058
1021
822
1130
1078
1117

im Mittel 1066,3.

Bei Ermittlung des Durchschnittes habe ich davon abgesehen, den zweiten Wert 1374 mit in Rechnung zu setzen, da er so stark von allen anderen abweicht, dass er offenbar auf einen Versuchsfehler zu beziehen ist. Es kann ja sehr leicht bei den Versuchen vorkommen, dass versehentlich doch einmal eine abweichende Mundstellung eingenommen und nicht rechtzeitig bemerkt wird. Von den bisher mitgeteilten Werten über Eigentöne der Mundhöhle bei der A-Stellung wird der von mir gefundene Wert am besten mit dem von Abraham mit der Plessimetermethode erhaltenen Werte h^2-d^3 (910 bis 1152), den er bei seiner eigenen Mundhöhle fand, übereinstimmen. Ähnlich war auch der Wert bei der Mundhöhle von Frau Abraham: h^2-c^1 (910 bis 1024). Auch bei Anblasen mit der Politzer Spritze — ein meinem ganz ähnliches Verfahren, — erhielt Abraham den gut stimmenden Wert c^3 (1024).

Ebenso wie für A lassen sich mit der Funkenmethode sehr deutliche, mit dem Ohr in ihrem Vokalcharakter erkennbare Eigentöne der Mundhöhle bei O und U erhalten. Hierbei ergaben sich ausnahmslos Werte, die im Vergleich zu den auf anderem Wege gefundenen meist wesentlich höher lagen. Wie bestehende Tabelle zeigt, war als Mittelwert für die Eigentöne der Mundhöhle für O 805, für U 727 gefunden worden. Es muss aber hervorgehoben werden,

was ja auch mit der Aehnlichkeit beider Vokale und dem leichten Uebergang des einen in den anderen in Zusammenhang steht, dass in Einzelfällen bei O der Eigenton bis auf den bisweilen bei U beobachteten herabgeht.

Schwingungszahl der Eigentöne der Mundhöhle

bei O	bei U
783	630
739	761
748	705
719	694
931	720
838	765
874	742
	760
	765
im Mittel 805	im Mittel 727

Natürlich wurde unter diesen Umständen besonders darauf geachtet, ob bei der bestimmten Mundstellung der betreffende Vokalcharakter hervortrat, was ganz sicher der Fall war. Wie wir weiter unten sehen werden, erhält man auch beim Anblasen der Mundhöhle von vorn durch kurze Luftstösse mittels der Sirene ganz ähnliche Werte, so dass die hohe Schwingungszahl sicher nicht in irgend einer Weise von der Funkenmethode vorgetäuscht wird, sondern wirklich von der Stellung der Mundhöhle bedingt ist. Auch wird trotz des auf der Kurve sichtbaren hohen Eigentones mit dem Ohre doch ein deutlicher U- bzw. O-ähnlicher Laut erhalten.

Von den Versuchen bei O-Stellung der Mundhöhle ist in Fig. 64 ein Beispiel wiedergegeben. Die Schwingungszahl beträgt hier 874. Besonders leicht gelingt es, bei U-Stellung längere Reihen von Eigenschwingungen der Mundhöhle zu erhalten, was mit der grösseren Verengerung der Mundöffnung zusammenhängen dürfte. Ist doch bei jedem Resonator die Dämpfung mit Verkleinerung der Oeffnung herabgesetzt, worauf neuerdings erst wieder *Waetzmann* hinwies (*W. Resonanztheorie des Hörens* 1912 S. 38). Bei Verkleinerung der Dämpfung wird aber ein kurzer Anstoss eine längere Schwingungsreihe des elastischen Körpers liefern. Aus der beistehenden Figur 65 der Mundtenschwingungen bei U-Stellung geht dieses auch deutlich hervor (vergl. auch die unten mitgeteilten Messungen über die Dämpfungsverhältnisse). Die Schwingungszahl betrug in diesem Versuch 765, war also deutlich kleiner als bei der Einstellung der Mundhöhle auf O.

Während die geschilderte Methode für die A-, O- und U-Stellung der Mundhöhle mir regelmässig deutliche Schwingungskurven ergab, gelang es bei E und I, wo ja der vordere Teil der Mundhöhle stark verengt ist, nur ausnahmsweise, wohl bei besonders günstiger Stellung der Mundöffnung und des zur Ableitung eingeführten Glasrohres, entsprechende Schwingungsreihen zu erhalten. Auch *Gutzmann* hat dieser Schwierigkeit Erwähnung getan. Fig. 66 zeigt eine brauchbare Kurve bei Einstellung der Mundhöhle auf E mit schätzungsweise 2365 Schwingungen.¹³⁾ Bei I-Stellung ist in Fig. 67 eine

¹³⁾ Da nur wenige Schwingungen vorhanden waren, ist die Messung natürlich hier ziemlich ungenau.

längere Schwingungsreihe erhalten. Die Schwingungszahl betrug hier 2621 bzw. 2683. Beistehende Tabelle enthält die Werte aller bei E- und I-Stellung erhaltenen Schwingungen, bei denen eine Ausmessung möglich war. Auf die Befunde bei E und I darf aber kein grösserer Wert gelegt werden, weil nicht regelmässig solche Kurven bei E- und I-Stellung erhalten werden können, und weil der Eigenton der Seifenmembran, wie an anderem Ort dargelegt, bereits im Gebiet des E-Formanten liegt.

Schwingungszahl der Mundhöhle von G

bei E	bei I
1878	2621
1916	2683
(1618) ¹⁴⁾	2909
2365	
2466	
<hr/>	<hr/>
im Mittel 2156	im Mittel 2738

Uebrigens zeigen die Mittelwerte 2156 für E und 2738 für I eine gute Uebereinstimmung mit den für I und E aus den Vokalkurven berechneten Formanten.

Wie schon oben kurz erwähnt, ist bei einem Resonator die Dämpfung um so kleiner, je kleiner die Resonatoröffnung ist. Es würde demnach zu erwarten sein, dass bei A die Dämpfung am stärksten, bei O geringer und bei U am geringsten ist. Im Hinblick auf die von *Scripture* vorgeschlagene Methode, die Schallkurven erst dann zu analysieren, wenn man sie auf Grund der Dämpfung in ungedämpfte Schwingungen umgerechnet hat, hielt ich es für angezeigt, das Dämpfungsverhältnis an einigen Kurven zu bestimmen. Ich verstehe hierbei unter Dämpfungsverhältnis das Verhältnis zweier einander unmittelbar folgender, also in entgegengesetzter Richtung vom schwingenden Punkt zurückgelegten ganzen Schwingungswege (Ordinatenwerte). Sind auch die von der Mundhöhle erhaltenen Schwingungskurven weit davon entfernt, eine einfache unkomplizierte Kurve mit ganz regelmässigen Abschwüngen, also konstantem Dämpfungsverhältnis zu liefern, — in vereinzelt Fällen wurde sogar im Kurvenverlauf infolge von Unregelmässigkeiten das Dämpfungsverhältnis kleiner als 1.—, so gab doch der Mittelwert der ersten 9 bis 10 Schwingungen für A, O, U folgende charakteristischen Unterschiede.

Dämpfungsverhältnis im Mittel

bei A-Stellung:	bei O-Stellung:	bei U-Stellung:
1,20	1,15	1,06
1,17		1,13
<hr/>		<hr/>
davon das Mittel 1,19		davon das Mittel 1,10

Auf Mitteilung der Einzelwerte kann hier umso eher verzichtet werden, als die unten beschriebenen Schwingungen bei Anblasen der Mundhöhle mit der Schlitzsirene sich etwas besser zu derartigen Messungen eigneten. Jedenfalls muss man bei etwaigen Rekonstruktionsversuchen der ungedämpften Kurven damit rechnen, dass je nach Formant, bzw. Mundhöhlenform ein anderes Dämpfungsverhältnis in Rechnung gesetzt werden müsste.

¹⁴⁾ Der eingeklammerte Wert wurde als Versuchsfehler beim Durchschnitt nicht mitgerechnet.

Die durch Anblasen der Mundhöhle mittels Schlitzsirene erzeugten Eigenschwingungen.

Statt durch Funkenknall lässt sich die Luft der Mundhöhle, ebenso wie die Luft von Resonatoren, durch einzelne Luftstösse in Eigenschwingungen versetzen, wenn man die Luftstösse der Mundhöhle durch den geöffneten Mund zuleitet. Schon *Scripture* (a. a. O. S. 112) hatte an Metallresonatoren und an Resonatoren mit nachgiebigen Wandungen gezeigt, dass man namentlich durch sehr kurze Luftstösse Eigenschwingungen in den Hohlräumen hervorbringen kann. Mittels einer für diesen Zweck konstruierten Sirene brachte er in den festwandigen Resonatoren und denen mit nachgiebigen Wandungen Eigenschwingungen hervor, durch die er die Vokale A, E, I, O, U gut nachahmen konnte. Auch *Hermann* (1911) erwähnt entsprechende Versuche, in denen es ihm gelang, durch stossweises Anblasen geeigneter Resonatoren die Vokale a, o und u hervorzubringen. Merkwürdigerweise war, abgesehen von den im Prinzip ähnlichen Versuchen *Gutzmanns* mit der Jahrmarktspfeife niemand darauf verfallen, die Mundhöhle als Resonator stossweise anzublase und dabei zugleich die sich ergebenden Schwingungen mittels Schallsehreibers aufzunehmen.

Die Erzeugung der Eigenschwingungen der Mundhöhle durch die Sirene, wie ich sie im Folgenden anwendete, hat den grossen Vorteil vor der Verwendung der Lippenpfeife, dass man einzelne getrennte Luftstösse in beliebig langen Intervallen verwenden und damit, wie bei der Funkenmethode, eine längere Reihe von allmählich abnehmenden Eigenschwingungen erhalten kann, die jedenfalls nur anfangs durch den natürlich immerhin an sich auch kompliziert verlaufenden Luftstoss entstellt sein können.

Nähert man den geöffneten Mund bis etwa 3 cm der Sirenenscheibe direkt gegenüber der zum Anblasen dienenden Rohrspitze, so nimmt man schon bei ganz langsamer Folge der Luftstösse (40—50) je nach Stellung der Mundhöhle den Vokalklang von A, O und U deutlich wahr. Erhöht man die Stosszahl auf 100 oder mehr, so nimmt der Klang deutlicher den Charakter eines auf die betreffende Tonhöhe gesungenen Vokales an. Ich werde weiter unten auf diese „künstlich gesungenen“ Vokale zurückkommen. Um den Klang dem Schallsehreiber zuzuleiten, — auch für die Auskultation war die Methode nützlich, — führte ich ein U-förmiges Glasrohr um den Mundwinkel herum mit dem einen Schenkel in die Mundhöhle ein, während das andere Ende durch Schlauch mit dem Schallsehreiber in Verbindung stand. So erhielt ich bei der Registrierung Mundhöhlenschwingungskurven, die für die Vokale A, O, U regelmässige und charakteristische Unterschiede darboten. Für die E- und I-Stellung der Mundhöhle konnte ich entsprechend der Enge der Mundöffnung mit dieser Methode bisher noch kein befriedigendes Ergebnis erzielen.

Von den bei A- und O-Stellung erhaltenen zahlreichen Kurven mag es hier genügen, drei von G. gewonnene anzuführen. In Fig. 68 bei A-Stellung tritt, ganz ähnlich, wie bei den Funkenknallversuchen, eine rasche Schwingung von 1052 auf. Bemerkenswert ist auch hier das starke Dekrement, wie es durch die weite Mundöffnung beim A mitbedingt wird. In Fig. 69 wurde die auf O eingestellte Mundhöhle angeblasen. Die Schwingungszahl betrug hier 740

und das Dämpfungsverhältnis ist, wie schon der Anblick der Kurve lehrt, ein wesentlich kleineres. Auch in der abgebildeten Kurve treten, wie häufig, Unregelmässigkeiten im Gang der Abnahme der Schwingungen hervor, als Zeichen dafür, dass der Vorgang noch mit anderen Prozessen interferiert.

Fig. 70 endlich zeigt Ende und Anfang einer charakteristischen Schwingungskurve bei U-Stellung. Die Schwingungszahl beträgt hier 574 und die Abnahme der Schwingungen vollzieht sich entsprechend der Enge der Oeffnung bei der Mundstellung sehr langsam. Beistehende Tabellen geben einen Ueberblick über die bei den verschiedenen Mundstellungen erhaltenen Werte. Ausser an mir, G., habe ich die Versuche noch an Herrn R. (53 Jahr), an meiner Frau (35 Jahre) und Fräulein Sch. (20 Jahre alt) ausgeführt. Vereinzelt Versuche an zwei weiteren männlichen Versuchspersonen übergehe ich, da die betreffenden in der willkürlichen Einstellung ihrer Mundhöhle offenbar zu ungeübt waren und dadurch unsichere Ergebnisse geliefert hätten.

Schwingungszahl der Mundhöhle von G. bei Anblasen mit Schlitzsirene:

bei A-Stellung	O-Stellung	U-Stellung
1052	740	656
1020	813	584
986	710	574
996	712	702
1082	669	563
1039	657	565
996	666	
<hr/>	<hr/>	<hr/>
im Mittel 1025	710	607

Schwingungszahlen der Mundhöhle von Herrn R. bei Anblasen mit Schlitzsirene:

bei A-Stellung	O-Stellung	U-Stellung
767	552	550
738	565	544
822	737	539
758	667	526
795	592	539
780	726	417
797		458
817		423
		471
		571
<hr/>	<hr/>	<hr/>
im Mittel 784	640	503,8

Wie der Vergleich der von G. und R. erhaltenen Werte zeigt, liegen die Eigentöne der Mundhöhle bei R. durchgängig tiefer. Besonders tritt dieses bei der Einstellung auf den Vokal A hervor, wo statt 1025 als Mittelwert nur 784 gefunden wurde. Auch wenn bei rascherer Folge der Sirenenstösse bei G. und R. gewissermassen ein künstlicher Vokal A erzeugt wurde, trat der Unterschied, dass die Schwingungen der Mundhöhle bei G raschere als bei R waren, deutlich hervor. Bei gesungenem A standen dagegen, wie Vergleichsaufnahmen auf gleichem Grundton bei R und G ergaben (vergl. die beistehenden Durchzeichnungen [9 I 16 1—2, 39 und 40]) die direkt messbaren Längen der einzelnen Teilschwingungen für beide Versuchspersonen sehr gute Uebereinstimmung.

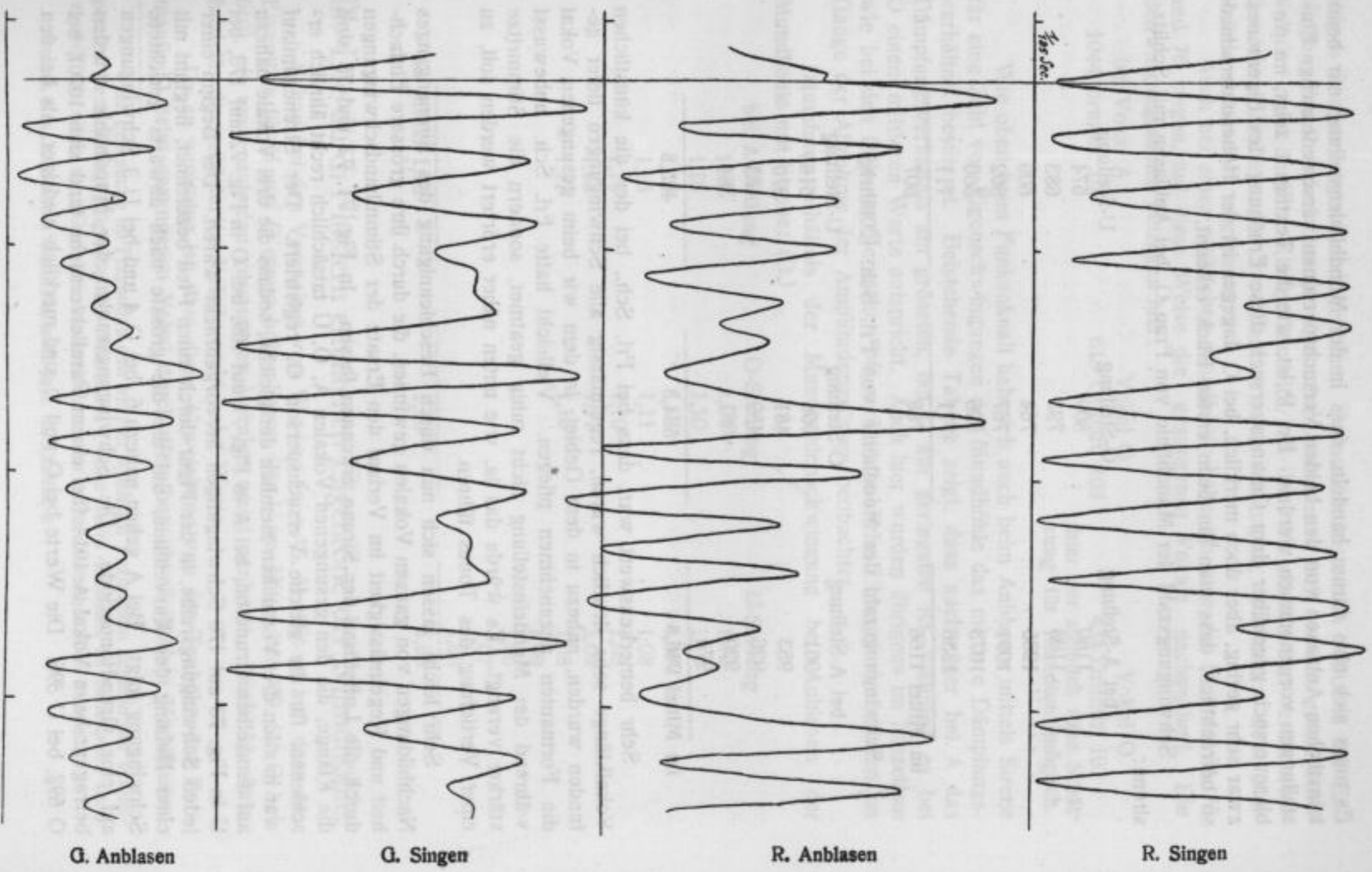


Fig. 1

Es muss sich also darum handeln, dass in der Mundhöhlenstellung nur beim künstlichen Anblasen von den beiden Versuchspersonen verschiedenartige Einstellungen vorgenommen werden. Bei R ist, wie die Textfig. 1 zeigt, im Anblaseversuch gegenüber dem Gesangsversuch diese Erhöhung des Eigentones zwar sehr gering, aber doch merklich, bei G dagegen ist der Höhenunterschied so beträchtlich, dass man ihn beim ersten Blick erkennt.

Schwingungszahl der Mundhöhle von Frau G. bei Anblasen mit Schlitzsirene:

bei A-Stellung	O-Stellung	U-Stellung
1160	809	574
1103	793	683
1235	764	609
1091	767	502
1073	826	560
1336	771	711
<hr/>	<hr/>	<hr/>
im Mittel 1166	788	607

Schwingungszahl der Mundhöhle von Frl. Sch. (20jährig):

bei A-Stellung	O-Stellung	U-Stellung
961	506	516?
953	481	370
926	489	433
920	661	384
974		
<hr/>	<hr/>	<hr/>
im Mittel 946,8	534,3	425,8

Sehr bemerkenswert war, dass bei Frl. Sch., bei der die künstlichen Vokalklänge sehr deutlich waren, regelmässig alle Schwingungen tiefer gefunden wurden, nahezu in dem Gebiet, in dem wir beim gesungenen Vokal die Formanten anzunehmen pflegen. Vielleicht hatte Frl. Sch. unbewusst während der Mundeinstellung nicht ruhig geatmet, sondern die Stimmritze stärker verengt. Es würde das ja, wie unten näher erörtert werden soll, zu einer Vertiefung des Tones führen.

Sehr leicht lassen sich nun durch Beschleunigung des Sirenenganges Nachbildungen von ganzen Vokalen gewinnen, die durch ihre grössere Einfachheit und Regelmässigkeit im Verlauf den Ersatz der Stimmbandschwingungen durch die Luftstösse der Sirene erkennen lassen. In Fig. 71, 72 und 73 sind die Klänge, die den gesungenen Vokalen A, O, U tatsächlich recht ähnlich erschienen, für die gleiche Versuchsperson G. registriert. Der Sirenenumlauf war in allen drei Versuchen ziemlich der gleiche, sodass die drei Vokale nahezu auf demselben Grundton, bei A in Fig. 71 auf 169, bei O in Fig. 72 auf 173, bei U in Fig. 73 auf 170 Schwingungen hervorgebracht waren. Der Beginn einer jeden Schwingungsreihe, in der Figur durch einen Pfeil bezeichnet, beginnt mit einer Hebung der Kurvenlinie, auf die die grösste nach abwärts gerichtete Schwingung folgt. Bei A gehen nahezu 6, bei O 4 und bei U 3 Schwingungen auf eine Grundtonperiode. Die Schwingungszahlen der Mundhöhle würden betragen: beim Vokal A 1014 (bei einem Parallelversuche fand sich 1070), bei O 692, bei U 396. Die Werte bei O und U sind merklich niedriger, als bei den

obigen Bestimmungen der Eigentöne. Vermutlich hatte sich während des Erklings des Vokalschalles die Versuchsperson, da es sich um den gesungenen Vokalen recht ähnliche Klänge handelte, mit ihrer Mundhöhle den veränderten Entstehungsbedingungen im Interesse der Erzeugung besonders deutlicher Vokale unbewusst angepasst.

Auch bei einer weiblichen Mundhöhle habe ich, wie die Figuren 74, 75 und 76 zeigen, auf diese Weise die gesungenen Vokale nachgeahmt. Die Schwingungszahlen betragen hier:

bei Vokal A	Vokal O	Vokal O
1044 Grundt. 103	618 Grundt. 103	434 Grundt. 102
		(hier nur ziemlich rohe Schätzung für Mundton möglich.)

Wie oben beim Funkenknall habe ich auch beim Anblasen mittels Sirene für eine Zahl von Eigenschwingungen der Mundhöhle das mittlere Dämpfungsverhältnis bestimmt. Beistehende Tabelle zeigt, dass auch hier bei A das Dämpfungsverhältnis am grössten, bei U am geringsten ist, während es bei O einem mittleren Werte entspricht. Auch hier wurden übrigens im Einzelnen wie bei den früheren Versuchen oft recht erhebliche Unregelmässigkeiten im Gange der Abnahme der Amplitudengrössen beobachtet.

Dämpfungsverhältnis der Mundhöhlenschwingung bei Anblasen der Mundhöhle mit Sirene: (G.)

bei A-Stellung	O-Stellung	U-Stellung
1,24	1,08	1,12
1,18	1,10	1,15
1,19	1,07	1,07
1,13	1,11	1,08
1,19	1,10	1,06
1,13	1,11	1,09
1,17	1,13	1,08
		1,09
		1,06
		1,07
		1,06
<hr/>	<hr/>	<hr/>
im Mittel 1,18	1,10	1,08

III. Die durch Flüstern erhaltenen Eigentöne der Mundhöhle.

Schon bei den Versuchen von Weiss (s. o. S. 5) fällt es auf, dass die Eigentöne für U und O etwas höher liegen (für U im Mittel bei 450, für O bei 610), als man nach den gesungenen Vokalen meist annimmt. Auch Abraham fand für die geflüsterten Vokale recht hohe Werte.

Da zu vermuten ist, dass diese Abweichung von der Tonhöhe des Formanten¹⁵⁾ beim gesungenen Vokal durch dieselben physikalischen Verhältnisse

¹⁵⁾ Ich gebrauche im Folgenden den kurzen Ausdruck Formanten anstelle der schlep-penden Bezeichnung „Eigentön der Mundhöhle“, ohne damit zunächst zu behaupten, dass es sich um einen zum Grundton harmonischen oder unharmonischen Ton handelt.

wie bei meinen bisher geschilderten Versuchen — weite Oeffnung der Glottis — bedingt ist, musste von vornherein erwartet werden, dass die möglichst einwandfreie Registrierung geflüsterter Vokale Werte der gleichen Grössenordnung geben würde, wie sie beim Knall und Anblasen der Mundhöhle von vorn mit der Sirene erhalten worden waren.

Bei den im Folgenden beschriebenen Flüsterkurven wurde, teils wie beim A, einfach der zum Schallschreiber führende Schlauch mit seinem freien Ende vor die Mundhöhle gehalten, teils, wie namentlich bei U, ein am Ende rechtwinklig abgebogenes Rohr wie oben S. 9 beschrieben in die Mundhöhle eingeführt und die bei diesem Vokal die Membran störende starke Luftströmung noch dadurch vom Schallschreiber abgehalten, dass in dem zu ihm führenden Zuleitungsrohr seitliche Oeffnungen angebracht wurden. Die Versuche wurden alle an G. selbst ausgeführt. Eine Flüsterkurve für A ist in Fig. 77 wiedergegeben. Man sieht Reihen von etwa gleichlangen Schwingungen, die aber in ganz unregelmässiger Folge, offenbar abhängig von der Art des Anblasens, in ihrer Amplitude wechseln. Als Schwingungszahl ergab sich 971, ein Wert, der also dem Mittelwert der Mundhöhlenresonanz beim Anblasen des A (1013) sehr nahe steht. Etwas höher war der bei Knall beobachtete Mittelwert 1025.

In Fig. 78, bei der Flüsterkurve des O, sind, wie schon der blose Augenschein lehrt, die Schwingungen wesentlich länger. Auch hier sieht man den für die Flüsterkurven charakteristischen unregelmässigen Wechsel der Amplitudengrösse. Als Schwingungszahl fand sich in der vorliegenden Kurve 786; das Mittel der Mundhöhlenresonanz für den Vokal O beim Anblasen betrug nur etwas weniger: 744; beim Knall war als mittlere Schwingungszahl der etwas höhere Wert 805 gefunden worden. Noch längere Schwingungen zeigt die in Fig. 79 wiedergegebene Flüsterkurve für U. Hier wurde als Schwingungszahl 727 ermittelt. Demgegenüber betrug die Eigenschwingungszahl beim Anblasen im Mittel 604 und bei den Knallversuchen sogar gerade 727. In beistehender Tabelle sind die Eigenschwingungszahlen bei sämtlichen Flüsterversuchen von G. zusammengestellt.

Eigenschwingungen der Mundhöhle beim Flüstern:

bei A-Stellung	O-Stellung	U-Stellung
1004	879	727
1017	749	702
893	738	711
961	771	721
860	722	687
		629
		655
		678
<hr/>	<hr/>	<hr/>
im Mittel 947	772	689

Also auch hier hat die Bestimmung, wenigstens für U und O höhere Werte ergeben, als man sie nach den Formanten der gesungenen Vokale auf Grund aller bisherigen Untersuchungen annehmen durfte.

Erklärungsversuch für die Unterschiede in der Tonhöhe der Formanten bei gesungenen Vokalen und der Tonhöhe der durch Flüstern oder andere Erschütterungen erzeugten Schwingungen der Mundhöhlenluft.

Zur Erklärung des Unterschieds der Schwingungszahlen zwischen Formant und Mundhöhlenton nach Erschütterung könnten verschiedene Momente angeführt werden. Man könnte erstens sagen, bei Flüstern und dergleichen vermag auch der Geübte die Mundhöhlenstellung, wie sie beim Singen oder Sprechen des betreffenden Vokales eingenommen wird, nur sehr unvollkommen nachzuahmen. Diese Erklärung ist nicht allzu wahrscheinlich, da die bei der verschiedenen Stellung der Mundhöhle künstlich erzeugten Vokale zwar eigenartig klingen, doch recht gut erkennbar sind und immer wieder in ganz ähnlicher Weise reproduziert werden können. Es nimmt also jedenfalls die Mundhöhle recht genau wieder die gleiche Form an. Namentlich lässt sich dieses bei der Erzeugung der künstlichen Vokale an der Sirene oder bei dem Gutzmann'schen Versuch mit der Jahrmarktpfeife demonstrieren. Dass die Mundhöhle dabei freilich genau die gleiche Form wie beim Singen des Vokals hat, lässt sich nicht beweisen. Bei genauer Selbstbeobachtung hat man jedenfalls die Empfindung, dass beim Uebergang vom Singen zum Flüstern keine merkliche Formänderung der Mundhöhle einzutreten braucht. Zweitens könnte man vermuten, dass in der beim Singen erhaltenen Vokalkurve vielleicht doch der höhere Formant, wie man ihn nach anderen Erschütterungen der Mundhöhlenluft erhält, vorhanden wäre, aber durch Interferenz mit zahlreichen anderen Schwingungen, die harmonischen Teiltönen des Stimmtons entsprächen, gewissermassen verhüllt sei. Wären in diesem Fall andere zum Stimmtone harmonische Teiltöne die Ursache für die grössere Länge der scheinbaren Formantenschwingungen, so müsste man erwarten, dass mit wechselnder Tonhöhe sich auch der Einfluss dieser in verschiedener Weise geltend machte. Als dritte Möglichkeit käme in Betracht das andere Verhältnis der Oeffnungen der Stimmritze während des Singens einerseits und während der Erschütterungen durch Flüstern und dergleichen andererseits. Während wir annehmen können, dass die vordere Oeffnung unter beiden Bedingungen die gleiche Grösse und Form innehält, wissen wir, dass beim Singen, soweit es sich zunächst um Bruststimme handelt, nur für sehr kurze Zeit die Stimmritze freigegeben wird und auch dann nur eine äussert geringe Breite besitzt. Bei der Kopfstimme ist ja die Stimmritze wesentlich weiter und es fällt der vollkommene Schluss weg. (Vergl. M u s e h o l d, Allgem. Akustik, 1913, S. 127.) Wir werden also vermuten können, dass in der Regel beim Singen die Mundhöhle nach dem Kehlkopf zu als ein vollkommen abgeschlossenes Rohr betrachtet werden kann, wenn es sich darum handelt, die Eigenschwingungen der Mundhöhle zu bestimmen. Beim Flüstern dagegen und ebenso beim ruhigen Atmen, wie es meistens während der Versuche, durch Knall oder Anblasen Schwingungen in der Mundhöhle hervorzubringen, innegehalten wurde, ist der Kehlkopf verhältnismässig weit geöffnet. Wir haben daher in der Mundhöhle, wenn wir uns das Problem zunächst ganz vereinfacht vorstellen wollen, ein Rohr mit zwei freien Oeffnungen vor uns. Im Falle der Bruststimme würde es sich dagegen um ein Rohr handeln, welches nur an der einen Seite offen, an der anderen dagegen geschlossen wäre. Endlich könnten wir bei der Kopfstimme vielleicht

sagen, wir hätten es mit einem Rohr zu tun, welches an der einen Seite weit, an der anderen Seite nur ganz wenig geöffnet wäre. Im ersten Fall werden an den beiden freien Oeffnungen Schwingungsbäuche herrschen können, in der Mitte ein Schwingungsknoten sich finden, wenn wir in irgend einer Weise durch Erschütterungen die Luft in dem Rohr in Schwingungen versetzen. Es würde demnach, wenn wir die Länge des Rohres mit L bezeichnen, die halbe Wellenlänge der entstehenden Schwingung ($\frac{1}{2} \lambda$) der Rohrlänge entsprechen, oder $\lambda = 2 L$. Im zweiten Fall wird an dem freien Ende ein Schwingungsbauch, am geschlossenen Ende ein Schwingungsknoten bestehen. L ist demnach hier $= \frac{1}{4} \lambda_1$ oder $\lambda_1 = 4 L$. — In letzterem Falle ist also die Eigenschwingungszahl halb so gross, wie im Falle des doppelt offenen Rohres. Im Falle des partiell geöffneten Rohres, und nur um ein solches kann es sich in unserem Falle handeln, wird der Schwingungsknoten mit der Zunahme der Weite der Oeffnung von dem teilweise geöffneten Ende gegen die Mitte zu verschoben werden. Es liegt also die Schwingungszahl zwischen den beiden genannten Grenzwerten.

Bei den verschiedenen Vokalen ist nun die vordere Oeffnung der Mundhöhle aber bekanntlich sehr verschieden weit. Beim A stellt gewissermassen die Mundhöhle einen nach vorn zu sich öffnenden weiten Trichter dar, bei dem der Querschnitt dieser Oeffnung so gross ist, dass ein Verschluss oder eine selbst weitere Oeffnung der Stimmritze auf die Eigenschwingungen der Mundhöhle nicht mehr von grossem Einfluss sein kann. Anders bei O und U, wo ja die vordere Oeffnung ziemlich stark verengt ist. Hier wird eine geringe Erweiterung der Stimmritze schon eine beträchtliche Erhöhung des Eigentones der Mundhöhle liefern.

Wie wir sehen, stimmen diese Ueberlegungen sehr gut mit dem tatsächlichen Verhalten der beim Anblasen, Flüstern und dergl. gefundenen Eigentöne zu den Formanten der gesungenen Vokale. Bei O und U liegen, nach den meisten bisherigen Beobachtungen, die Formanten wesentlich tiefer, als die von mir gefundenen Werte für die Eigenschwingungen. Bei A besteht nur ein geringer Unterschied, und zwar im richtigen Sinne, d. h. die Schwingungszahl des Formanten liegt etwas tiefer, als die des entsprechenden Eigentones. Die oben gefundenen geringfügigeren Veränderungen der Eigentöne der Mundhöhle beim A vermögen vielleicht eine von mir bereits früher gefundene Tatsache zu erklären. Ich habe bei Versuchen an einer Sängerin in Giessen mehrfach feststellen können, dass die Formanten bei Kopfstimme regelmässig höher lagen, als bei Bruststimme. Wir sehen jetzt, dass diese Klangänderung eine natürliche Folge der physikalischen Aenderung des Mundhöhle-Abschlusses nach unten sein kann. Bei der Kopfstimme ist die Stimmritze verhältnismässig weit geöffnet und es kommt während keiner Phase der Stimmbandschwingungen überhaupt zu einem völligen Abschluss. Bei der Bruststimme ist dagegen die Oeffnung geringfügig und von kurzer Dauer, während die Stimmbänder einige Zeit aneinander gepresst bleiben. Im letzteren Falle müsste also eine Vertiefung des Mundhöhlentones eintreten.

Ja man wird vielleicht in der Untersuchung der Abhängigkeit des Mundhöhlentones von der Schwingung der Stimmbänder sogar noch einen Schritt weiter gehen können. Während jeder Grundtonperiode wird, namentlich beim Brustton, die Stimmritze eine Zeit lang nahezu geschlossen sein. Während-

dessen müsste der Eigenton der Mundhöhle sich vertiefen und umgekehrt während der Erweiterungsperiode sich etwas erhöhen. Es würde also beim Singen der Eigenton der Mundhöhle garnicht eine constante Höhe besitzen, sondern innerhalb jeder Grundtonperiode seine Tonhöhe in geringerem Masse ändern müssen.

Versuch, am Modell die Höhe des Mundhöhlentones durch Veränderung in der Weite der Stimmritze zu beeinflussen.

Am Lebenden sind die Verhältnisse, die bei Aenderung der Stimmritzenweite zu einer Aenderung des Mundhöhlentones führen können, wesentlich komplizierter, als in der obigen Darlegung angenommen wurde. Insbesondere grenzt die Stimmritze trachealwärts nicht, wie ich zunächst schematisch darstellte, an die freie Luft, sondern es befindet sich unterhalb der Stimmritze in Form der Trachea mit ihren Verzweigungen wiederum ein grösserer Hohlraum, der bei geöffneter Stimmritze die Schwingungen im Mundhöhlenraum sehr wohl beeinflussen kann.¹⁶⁾

Die unmittelbarste Prüfung des Einflusses der Stimmritzenweite auf die Höhe des Mundtones wäre in dem naheliegenden Versuch zu sehen, beim Menschen einmal bei weiter Stimmritze in Flüsterstellung den Mundhöhlenton zu registrieren, das andere Mal bei geschlossener Stimmritze, z. B. beim Pressen, während man sich bemüht, die alte Mundhöhlenstellung inne zu halten. Diesbezügliche Versuche führten zu keinem klaren Ergebnis, was damit zusammenhängen mag, dass bei der Pressbewegung und dem Glottisschluss immer unkontrollierbare andere Veränderungen in der Mund- und Rachenhöhle unterlaufen, die, wie es scheint, von grösserem Einfluss sein können, als die Veränderungen der Stimmritzenweite. Ich habe mich deshalb auf einen mehr schematischen Versuch an der Tierleiche beschränkt.

¹⁶⁾ In neuerer Zeit hat Z w a a r d e m a k e r (Nederl. Tijdschrift voor Geneesk. 1913 S. 647) die Frage nach dem Resonanzeffekt mehrerer miteinander kommunizierender Resonatoren durch das Experiment zu beantworten versucht. Auch er berücksichtigt als Resonator das subglottische Gebiet und nimmt im ganzen für die Resonanz der Luftwege eine Zusammenstellung von 4—5 Resonatoren an von wechselnder Grösse und von wechselnder Weite der Zwischenkanäle.

An je 2 ungleich grossen, miteinander verbundenen Resonatoren hat er mit dem Rayleighschen Spiegelchen Intensitätsbestimmungen vorgenommen bei Zuleitung der Töne verschiedenster Höhe.

Es fand sich:

1. Ein allgemeines tiefes Maximum.
2. Ein Nebenmaximum, das dem Resonanzton des grössten Resonators entspricht.
3. Ein starkes hohes Maximum, das sich mit dem Eigenton des kleinsten Resonators deckt.

Bei Verengung des Zwischenkanals werden alle Resonanztöne vertieft. Dazu bemerkt er, was für die Eigentöne der Mundhöhle von Bedeutung ist: „Bij engen tuschenkanaal kunnen de maxima, di wij in den grooten en in den kleinen resonator opmerkten, aan verschillende toonhoogten beantwoorden. Er is wel geen twijfel aan of zij worden daarbij onderling onharmonisch.“

Ein aus Glas hergestellter Hohlraum, dessen senkrecht zur Längsachse gelegte Querschnitte ungefähr kreisförmig waren (vergl. beistehende Figur 2, auf der die künstliche Mundhöhle in $\frac{1}{2}$ der natürlichen Grösse wiedergegeben ist), wurde direkt in die unterhalb des Kehlkopfes querdurchschnittene Trachea eines grossen Hundes eingesetzt. Das untere Ende (B) der künstlichen Mundhöhle ist durch einen Siegellackrand so weit verengt, dass sich hier ein nach vorn und hinten spitz zulaufender Spalt, „die künstliche Stimmritze“, von 10 mm Länge bildet, deren Breite in der Mitte 5 mm beträgt. Durch Einsetzen eines passend geschnittenen Korkes lässt sich die künstliche Stimmritze vollständig



Fig. 2

verschliessen. Durch die Mundöffnung A ist ein dünnes Glasröhrchen in den Hohlraum eingeführt, um die hier entstehenden Luftschwingungen dem Schallschreiber zuzuleiten. Unmittelbar vor der Mundöffnung A läuft die Sirenen-scheibe, durch deren Spalten der Hohlraum periodisch angeblasen wird.

Wie bei der Mundhöhle, gelingt es auch bei diesem Glashohlraum, durch die kurzen Luftstösse beim Anblasen der Sirene eine Reihe von Schwingungen der Luft des Hohlraums zu erzielen. Dabei ergab sich, dass bei geschlossener Stimmritze eine längere und regelmässiger Schwingungsreihe auftrat, als nach Oeffnung derselben. Bei Ausmessung der Schwingungszahl in beiden Fällen fand sich, wie weiter unten im Einzelnen gezeigt werden soll, dass durch Oeffnung der Stimmritze, der theoretischen Forderung entsprechend, eine beträchtliche Erhöhung der Schwingungszahl auftrat. Im Einzelnen wird dies durch folgende Versuche veranschaulicht:

Fig. 81 zeigt die recht regelmässige Schwingungskurve der künstlichen Mundhöhle, wie sie bei geschlossener Stimmritze durch das periodische Anblasen erhalten wird. Die Schwingungszahl betrug hier 583. Wesentlich verschieden erscheint die Schwingungskurve der Mundhöhle nach Eröffnung

der künstlichen Stimmritze und Verbindung der Mundhöhle mit der Trachea. Wie in Fig. 80 dargestellt ist, nimmt die Zahl der Schwingungen ($n=714$) beträchtlich zu und es treten regelmässig nach einigen Schwingungen, wie aus noch weiteren Versuchen hervorgeht, gröbere Unregelmässigkeiten auf, die wohl auf die Schwingungen der Luft in der Trachea zurückzuführen sind. Wenn man die Stimmritze statt mit der Trachea direkt mit der äusseren Luft in Verbindung setzt, erhält man eine regelmässiger und länger sichtbare Reihe von Nachschwingungen, als in ersterem Fall. Es werden demnach die Unregelmässigkeiten bei Verbindung der Stimmritze mit der Trachea wohl mit Interferenzerscheinungen zwischen den Schwingungen in der Trachea und den Schwingungen in der Mundhöhle zusammenhängen.

Noch auf einem anderen Wege konnten die Eigentöne der künstlichen Mundhöhle hervorgerufen werden. Es liess sich, wie bei den bekannten Versuchen, durch einen über die Mundöffnung streichenden Luftstrom eine Flasche anzublasen, der Luftraum der künstlichen Mundhöhle leicht zum Tönen bringen. Hierbei erhielt man eine länger anhaltende und noch gleichmässiger Schwingung der Mundhöhlenluft, als bei dem Anblasen mittels der Sirene. Dabei zeigte sich auch wieder, dass sich bei geschlossener Glottis die Mundhöhle leichter als bei geöffneter anblasen liess. In Fig. 82 ist die Mundhöhlenschwingung, wie sie nach Glottisschluss bei einem derartigen Anblasen erhalten wurde, wiedergegeben. Die Schwingungszahl betrug hier 614, war also, wie die untenstehende Tabelle zeigt, etwas höher, als bei den meisten Versuchen mit stossweisem Anblasen. Aber auch hier ergeben sich, wie Fig. 83 zeigt, raschere Schwingungen, nachdem man bei geöffneter Glottis die Mundhöhle mit der Trachea verbunden hat. Als Schwingungszahl wurde in diesem Versuch 676 bestimmt. In der beistehenden Tabelle sind zunächst die mit der obigen Mundhöhle 1 erhaltenen Ergebnisse zusammengestellt, und zwar zuerst die Versuche mit stossweisem Anblasen und im Anschluss daran die wenigen Versuche, die bei kontinuierlichem, über die Mundöffnung streichendem Luftstrom angestellt wurden. Darunter sind noch einige Versuche mit einer zweiten, anders geformten Mundhöhle ausgeführt, bei der von dem eigentlichen kugelförmigen Hohlraum von 5 cm ein Rohr von 5 cm Länge und 1,2 cm Durchmesser erst zur Stimmritze führte. Wohl infolge dieses längeren Ansatzes sind die Unterschiede bei Schluss und Oeffnung der Glottis nicht so beträchtlich, wie bei Mundhöhle 1.

M u n d h ö h l e 1. Stimmritze 5 mm breit, 10 mm lang.

A. Stossweises Anblasen mit Sirene.

Schwingungszahlen

bei offener	bei geschlossener Stimmritze
677	587
689	587
714 (Versuch 80)	620
717	585
694	583 (Versuch 81)
695	572
<hr/> im Mittel 698	<hr/> 589
692 (gegen freie Luft).	

B. Durch kontinuierlichen, über die Mundöffnung streichenden Luftstrom angeblasen.

676 (Versuch 83) 614 (Versuch 82)
661

Mundhöhle 2. Stimmritze 5 mm breit, 8 mm lang.
Stossweise mit Sirene angeblasen.

Schwingungszahlen

bei offener bei geschlossener Stimmritze

405 386

412 380

Stimmritze 2 mm breit, 6 mm lang

432 387

416

405

438 (gegen freie Luft).

Stimmritze 5 mm breit, 11 mm lang

437 404

443

476 (gegen freie Luft).

Aus der beistehenden Tabelle ergibt sich die theoretisch zu erwartende, aber mit Rücksicht auf den Einfluss der mit dem Kehlkopf in Verbindung stehenden tieferen Luftwege ohne Versuche nicht leicht zu beweisende Tatsache, dass bei Oeffnung der Stimmritze sich der Eigenton der Mundhöhle erhöht. Im Dezimalbruch ausgedrückt, würde bei der verwendeten Mundhöhle das Verhältnis der Schwingungszahlen zwischen den Schwingungen bei geöffneter und geschlossener Glottis 1,176 betragen. Der Unterschied würde also in diesem Falle etwa einer kleinen Terz entsprechen. Da mit Aenderungen der Dimensionen der schematischen Mundhöhle (vergl. z. B. die Ergebnisse mit Mundhöhle 2) sich dieses Verhältnis ändert, ist es durchaus möglich, dass die Aenderung der Tonhöhe bei unserer wirklichen Mundhöhle eine wesentlich andere, wahrscheinlich kleinere, ist, als in dem schematischen Versuch.

Die obige Feststellung, dass mit der Weite der Stimmritze sich die Höhe des Mundhöhlentones ändern muss, erscheint, was hier nochmals hervorgehoben sei, für die ganze Formantfrage von besonderer Bedeutung. Bei allen den Vokalen, wo die Luft der Mund- und Rachenhöhle im Ganzen in Schwingung gerät, ist es nicht ausgeschlossen, dass innerhalb jeder Grundtonperiode kleinere Aenderungen in der Höhe des Mundtones mit der periodischen Aenderung der Weite der Stimmritze einhergehen. Ausserdem aber würden, wie schon oben dargelegt, die verschiedenen Schwingungszahlen der Mundhöhlentöne bei Kopf- und Brustton, beim Singen und Flüstern sich zum Teil durch die verschiedene Weite der Stimmritze bei den verschiedenen Arten der Stimmgebung erklären lassen.

Zusammenfassung.

Da die bisherigen in verschiedener Weise durchgeführten Versuche, die Eigentöne der Mundhöhle zu bestimmen, welche unter Ausschluss der Stimmbandschwingungen zustande kommen, für die einzelnen Vokale ziemlich abweichende Ergebnisse geliefert hatten (D o n d e r s, H e l m h o l t z, A u e r b a c h, A b r a h a m), wurden nach mehreren bisher noch nicht angewendeten Verfahren die Schwingungen der Mundhöhle bei den verschiedenen Vokalen direkt aufgezeichnet und aus den Kurven die Schwingungszahlen gemessen.

Das erste Verfahren gründet sich darauf, durch einen direkt vor dem Mund überspringenden kräftigen Induktionsfunken die Mundhöhlenluft nach Art eines Resonators in Eigenschwingungen zu versetzen. Die Schwingungen der Mundhöhle werden dann durch eine „Mundsonde“ dem Schallschreiber zugeleitet. Man hört beim Ueberspringen des Funkens namentlich bei rascher Wiederholung einen vokalähnlichen Klang, der auch meist richtig erkannt wird. Die Bestimmung lässt sich wegen der Lage des vorderen engen Mundkanals bei e und i schwer und nur bei a, o, u glatt durchführen. Als Mittelwert fand sich bei einer Baritonstimme (G) für den Vokal a 1066, für o 805 und u 727 Schwingungen pro Sekunde. Gelegentliche Bestimmungen gaben für e 2556 und für i 2738 Schwingungen.

Entsprechend den verschiedenen Grössen der Mundhöhlenöffnung zeigt das Dämpfungsverhältnis der durch den Knall erzeugten Reihen von Eigenschwingungen gesetzmässige Unterschiede, und zwar ist es bei a am grössten, um über o nach u abzunehmen, was mit der bekannten physikalischen Tatsache übereinstimmend, dass Resonatoren mit kleinerer Oeffnung weniger gedämpft sind.

Als zweites Verfahren diente mir das Anblasen der Mundhöhle mit einer Schlitzsirene. Ist die Zahl der Luftstösse grösser, z. B. mehr als 100, so nimmt der Klang sehr deutlich den Charakter eines auf die betreffende Tonhöhe gesungenen Vokals an. Die Durchschnittswerte der Eigentöne der Mundhöhle für G. lagen in diesen Versuchen in ähnlichen Tonhöhen, wie bei der ersten Versuchsreihe (a 1025, o 710, u 607). Allerdings sind hier die Schwingungszahlen für o und u im Durchschnitt um ca. 100 Schwingungen niedriger. Bei einer anderen Männerstimme R. sind die Werte für alle 3 Vokale sogar beträchtlich geringer (a 784, o 640, u 504). Der Unterschied kann, abgesehen von individuellen Differenzen, zum Teil, wie unten noch zu erörtern ist, durch die verschiedene Weite der Stimmritze erklärt werden. Bei einer Frauenstimme (Frau G.) wurden Werte erhalten, die denen von G. ähnlich waren, nur zeigte das a noch einen merklich höheren Durchschnittswert (a 1166, o 788, u 607). Niedrigere Werte, die eher denen von R. nahe kamen, ergaben sich bei einer 20jährigen Dame mit a 947, o 534, u 426. Wurde bei raschem Gang der Sirenen-scheibe eine Nachbildung des Vokalklanges versucht, so stellte sich anscheinend für o und u die Mundhöhle reflektorisch auf einen noch etwas tieferen Eigentönen ein, soweit sich das aus einer einfachen Proportionalmessung ermitteln liess. Für G. ergab ein Versuch bei a 1014, o 692 und u 396, bei einer Frauenstimme, Frl. Sch., für a 1044, o 618 und u 434.

Zum Vergleich mit den durch äussere physikalische Einwirkungen erhaltenen Eigentönen wurden endlich auch noch die beim Flüstern registrierbaren Eigenschwingungen der Mundhöhle untersucht. Es fand sich für G. bei

a 947, o 772, u 689. Es sind das also Werte, die mit den oben angeführten, durch Funkenknall und Anblasen erhaltenen, gut übereinstimmen.

Wie obige Resultate beweisen, hatten sich bei verschiedenen Versuchspersonen namentlich für die Vokale o und u Werte der Eigentöne ergeben, die beträchtlich höher waren als die bisher beobachteten, namentlich lagen bei den gesungenen Vokalen die hier vermuteten Verstärkungsgebiete oder Formanten in der Tonskala wesentlich tiefer. Als Ursache hierfür kam der bisher wohl garnicht beachtete Umstand in Betracht, dass sich, wie theoretisch zu fordern ist und sich an einem Modell experimentell beweisen liess, der Eigentön der Mundhöhle mit Erweiterung der Stimmritze erhöht. Am Modell konnte diese Erhöhung bis zu einer kleinen Terz betragen. Da während des Flüsterns die Stimmritze wesentlich weiter ist als beim Singen, wird dieser Unterschied sehr wohl bei den Vokalen, die mit relativ enger Mundöffnung hervorgebracht werden (o und u), einen Unterschied in der Tonhöhe hervorrufen. Aber auch während der Schwingung der Stimmbänder kann der rasche Wechsel der Stimmritzenbreite vielleicht eine geringe Schwankung der Tonhöhe innerhalb einer Grundtonperiode veranlassen.

Erklärung der Abbildungen.

Die Abbildungen sind von links nach rechts zu lesen, die Kurve am Fuss der Figur stellt die Schwingungen einer Zungenpfeife dar von $n = 185$. Die Kurve oberhalb entspricht der Schwingung des Eisenteilchens auf der Seifenmembran des Schallschreibers. Die Numerierung beginnt mit Fig. 62 als Fortsetzung der Numerierung der ersten Arbeit.

Eigenschwingungen der Mundhöhlenluft, hervorgerufen durch Funkenknall.

Fig. 62. Bei Einstellung der Mundhöhle auf den Vokal a, $n = 1117$.

Fig. 63. Desgl.

Fig. 64. Bei Einstellung der Mundhöhle auf den Vokal o, $n = 874$.

Fig. 65. " " " " " " " u, $n = 765$.

Fig. 66. " " " " " " " e, $n = 2365$.

Fig. 67. " " " " " " " i, $n = 2621$ bzw. 2683.

Anblasen der Mundhöhle durch die Spalten der Sirenen-scheibe.

Fig. 68. Bei a-Stellung $n = 1052$.

Fig. 69. " o " $n = 740$.

Fig. 70. " u " $n = 574$.

Bei rascherem Sirenengang

werden durch das schnell sich folgende stossweise Anblasen den Vokalen ähnliche, nur vereinfachte Kurven erzeugt.

Fig. 71. a auf 169 Schw. $n = 1014$

Fig. 72. o " 173 " $n = 692$ } Bariton (G)

Fig. 73. u " 170 " $n = 396$ }

Fig. 74. a " 103 " $n = 1044$ } Sopran (Frl. Sch.)

Fig. 75. o " 103 " $n = 618$ }

Fig. 76. u " 102 " $n = 434$ }

Registrieren der Eigentöne der Mundhöhle beim Flüstern.

Fig. 77. „a“ $n = 971$.

Fig. 78. „o“ $n = 786$.

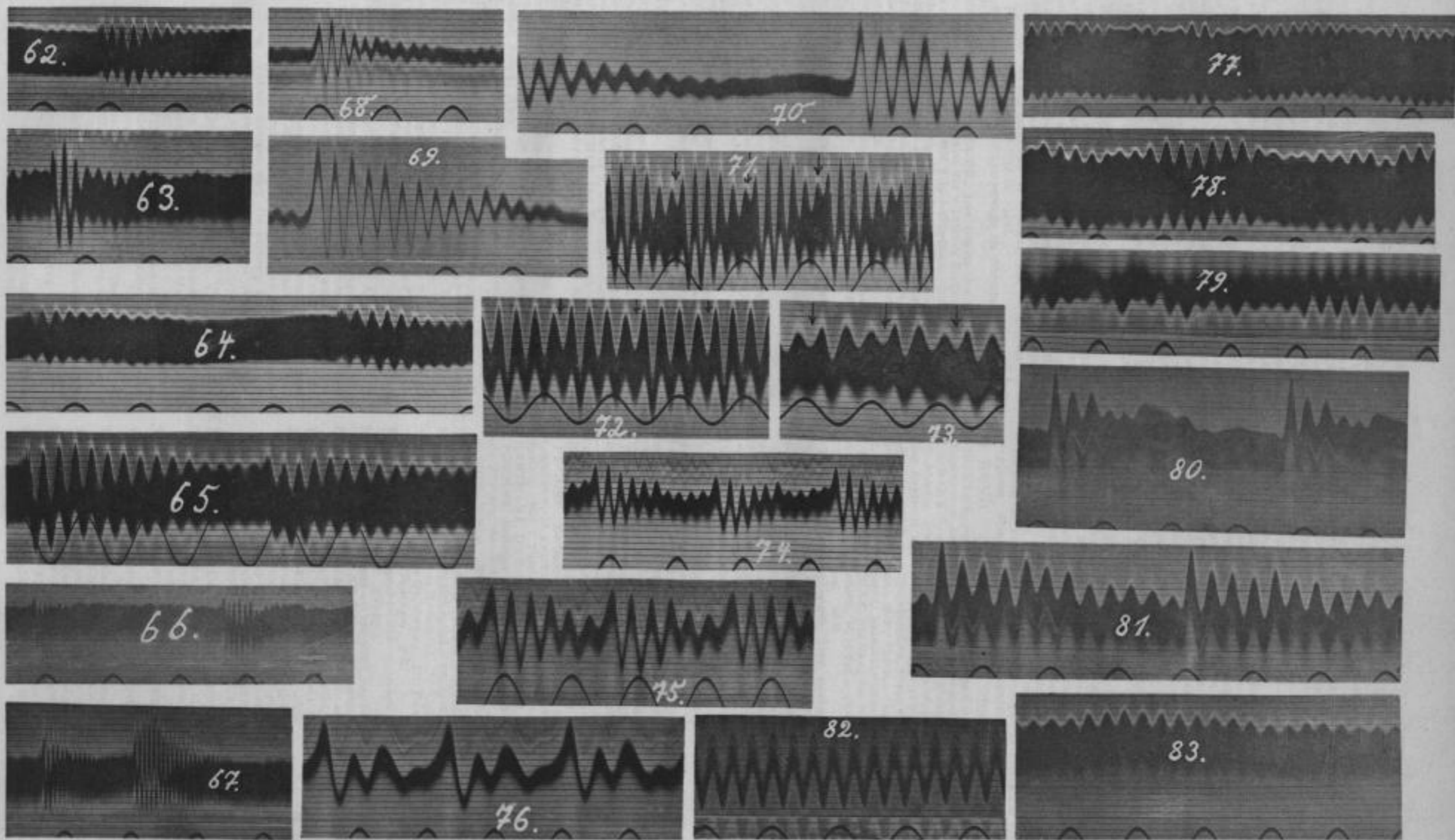
Fig. 79. „u“ $n = 727$.

Fig. 80. Künstliche Mundhöhle, durch weite „Stimmritze“, mit Hundetrachea verbunden mit Spaltsirene angeblasen, $n = 714$.

Fig. 81. Desgl. nach Abschluß der Stimmritze, $n = 583$.

Fig. 82. Anblasen der künstlichen Mundhöhle durch einen anhaltend über die Oeffnung streichenden Luftstrom, Stimmritze geschlossen, $n = 614$.

Fig. 83. Desgl. bei offener Stimmritze, $n = 676$.





XIII. BAND. (22. Bd.) 1887. brosch. Preis *M.* 30.—

- G. T. FECHNER, Über die Frage des Weberschen Gesetzes u. Periodizitätsgesetzes im Gebiete des Zeitsinnes. 1884. *M.* 2.80.
 — Über die Methode der richtigen und falschen Fälle in Anwendung auf die Maßbestimmungen der Feinheit oder extensiven Empfindlichkeit des Raumsinnes. 1884. *M.* 7.—
 W. BRAUNE u. O. FISCHER, Die bei der Untersuchung v. Gelenkbewegungen anzuwendende Methode, erläutert am Gelenkmechanismus des Vorderarmes beim Menschen. Mit 4 Taf. 1885. *M.* 2.—
 F. KLEIN, Über die elliptischen Normalkurven der n^{ten} Ordnung und zugehörige Modulfunktionen der n^{ten} Stufe. 1885. *M.* 1.80.
 C. NEUMANN, Über die Kugelfunktionen P_n und Q_n , insbesondere über die Entwicklung der Ausdrücke $P_n(z_1 + \sqrt{1-z_1^2} \sqrt{1-z_1^2} \cos \Phi)$ und $Q_n(z_1 + \sqrt{1-z_1^2} \sqrt{1-z_1^2} \cos \Phi)$. 1886. *M.* 2.40.
 W. HIS, Zur Geschichte des menschlichen Rückenmarkes und der Nervenwurzeln. Mit 1 Tafel und 10 Holzschnitten 1886. *M.* 2.—
 H. BRUNS, Über eine Aufg. der Ausgleichsrechnung. 1886. *M.* 2.—
 R. LEUCKART, Neue Beiträge zur Kenntnis des Baues und der Lebensgeschichte der Nematoden. Mit 3 Tafeln. 1887. *M.* 7.—
 C. NEUMANN, Über die Methode des arithmetischen Mittels 1. Abhdlg. Mit 11 Holzschnitten. 1887. *M.* 3.20.

XIV. BAND. (24. Bd.) 1888. brosch. Preis *M.* 42.—

- J. WISLICENUS, Über die räuml. Anordnung d. Atome in organisch. Molekülen u. ihre Bestimmung in geometr.-isomeren ungesättigten Verbindungen. Mit 186 Figuren. 2. Abdruck. 1887. *M.* 4.—
 W. BRAUNE und O. FISCHER, Untersuchungen über die Gelenke des menschlichen Armes. 1. T.: Das Ellenbogengelenk v. O. Fischer. 2. T.: Das Handgelenk von W. Braune und O. Fischer. Mit 12 Holzschnitten und 15 Tafeln. 1887. *M.* 5.—
 J. P. MALL, Die Blut- und Lymphwege im Dünndarm des Hundes. Mit 6 Tafeln. 1887. *M.* 5.—
 W. BRAUNE und O. FISCHER, Das Gesetz der Bewegungen in den Gelenken an der Basis der mittleren Finger und im Handgelenk des Menschen. Mit 2 Holzschnitten. 1887. *M.* 1.—
 O. DRASCH, Untersuchung über die papillae foliatae et circumvallatae d. Kaninchens u. Feldhasen. Mit 8 Tafeln. 1887. *M.* 4.—
 W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen 18. Abhdlg. Fortsetzung der Versuche über das elektrische Verhalten der Quarz- und der Boracitkrystalle. Mit 3 Tafeln. 1887. *M.* 2.—
 W. HIS, Zur Geschichte des Gehirns, sowie der zentralen u. peripherischen Nervenbahnen. Mit 3 Taf. u. 27 Holzschn. 1888. *M.* 3.—
 W. BRAUNE und O. FISCHER, Über den Anteil, den die einzelnen Gelenke des Schultergürtels an der Beweglichkeit des menschlichen Humerus haben. Mit 3 Tafeln. 1888. *M.* 1.60.
 G. HEINRICIUS und H. KRONECKER, Beiträge zur Kenntnis des Einflusses der Respirationsbewegungen auf den Blutlauf im Aortensysteme. Mit 5 Tafeln. 1888. *M.* 1.80.
 J. WALTHER, Die Korallenriffe der Sinaihalbinsel. Mit 1 geologischen Karte, 7 lithogr. Taf., 1 Lichtdrucktaf. u. 34 Zinkotyp. 1888. *M.* 6.—
 W. SPALTEHOLZ, Die Verteilung der Blutgefäße im Muskel. Mit 3 Tafeln. 1888. *M.* 1.80.
 S. LIE, Zur Theorie der Berührungstransformationen. 1888. *M.* 1.—
 C. NEUMANN, Über die Methode des arithmetischen Mittels 2. Abhdlg. Mit 19 Holzschnitten. 1888. *M.* 6.—

XV. BAND. (26. Bd.) 1890. brosch. Preis *M.* 35.—

- B. PETER, Monographie der Sternhaufen G. C. 4460 u. G. C. 1440, sowie e. Sterngruppe bei σ Piscium. Mit 2 Taf. u. 2 Holzschn. 1889. *M.* 4.—
 W. OSTWALD, Über die Affinitätsgrößen organischer Säuren u. ihre Beziehung zur Zusammensetzung u. Konstitution ders. 1889. *M.* 5.—
 W. BRAUNE und O. FISCHER, Die Rotationsmomente der Beugemuskeln am Ellbogengelenk des Menschen. Mit 5 Tafeln und 6 Holzschnitten. 1889. *M.* 3.—
 W. HIS, Die Neuroblasten und deren Entstehung im embryonalen Mark. Mit 4 Tafeln. 1889. *M.* 3.—
 W. PFEFFER, Beiträge zur Kenntnis der Oxydationsvorgänge in lebenden Zellen. 1889. *M.* 5.—
 A. SCHENK, Über Medullosa Cotta und Tubicaulis Cotta. Mit 3 Tafeln. 1889. *M.* 2.—
 W. BRAUNE und O. FISCHER, Über den Schwerpunkt des menschlichen Körpers mit Rücksicht auf die Ausrüstung des deutschen Infanteristen. Mit 17 Tafeln und 18 Figuren. 1889. *M.* 8.—
 W. HIS, Die Formentwicklung des menschlichen Vorderhirns vom Ende des 1. bis zum Beginn des 3. Monats. Mit 1 Taf. 1889. *M.* 2.80.
 J. GAULE, Zahl und Verteilung der markhaltigen Fasern im Froschrückenmark. Mit 10 Tafeln. 1889. *M.* 3.—

XVI. BAND. (27. Bd.) 1891. brosch. Preis *M.* 21.—

- P. STARKE, Arbeitsleistung u. Wärmeentwicklung bei der verzögerten Muskelzuckung. Mit 9 Tafeln u. 3 Holzschnitten. 1890. *M.* 6.—
 W. PFEFFER, I. Über Aufnahme und Ausgabe ungelöster Körper. — II. Zur Kenntnis der Plasmahaut und der Vacuolen nebst Bemerkungen über den Aggregatzustand des Protoplasmas und über osmotische Vorgänge. Mit 2 Tafeln und 1 Holzschn. 1890. *M.* 7.—
 J. WALTHER, Die Denudation in der Wüste und ihre geologische Bedeutung. Untersuchungen über die Bildung der Sedimente in den ägyptischen Wüsten. Mit 8 Tafeln und 99 Zinkätzungen. 1891. *M.* 8.—

XVII. BAND. (29. Bd.) 1891. brosch. Preis *M.* 33.—

- W. HIS, Die Entwicklung des menschlichen Rautenhirns vom Ende des 1. bis zu Beginn des 3. Monats. I. Verläng. Mark. Mit 4 Tafeln und 18 Holzschnitten. 1891. *M.* 4.—
 W. BRAUNE und O. FISCHER, Die Bewegung des Kniegelenks, nach einer neuen Methode am lebenden Menschen gemessen. Mit 19 Tafeln und 6 Figuren. 1891. *M.* 5.—
 R. HAHN, Mikrometrische Vermessung des Sternhaufens $\Sigma 762$ ausgeführt am zwölfjährigen Äquatoral der Leipziger Sternwarte. Mit 1 Tafel. 1891. *M.* 6.—
 F. MALL, Das retikuliertes Gewebe und seine Beziehungen zu den Bindegewebsfibrillen. Mit 11 Tafeln. 1891. *M.* 5.—
 L. KREHL, Beiträge zur Kenntnis der Fällung und Entleerung des Herzens. Mit 7 Tafeln. 1891. *M.* 5.—
 J. HARTMANN, Die Vergrößerung des Erdschattens bei Mondfinsternissen. Mit 1 lithogr. Tafel u. 3 Textfiguren. 1891. *M.* 8.—

XVIII. BAND. (31. Bd.) 1893. brosch. Preis *M.* 24.—

- W. HIS jun., Die Entwicklung des Herznervensystems bei Wirbeltieren. Mit 4 Tafeln. 1891. *M.* 5.—
 C. NEUMANN, Über einen eigentümlichen Fall elektrodynamischer Induction. Mit 1 Holzschnitt. 1892. *M.* 3.—
 W. PFEFFER, Studien zur Energetik der Pflanze 1892. *M.* 4.—
 W. OSTWALD, Über die Farbe der Ionen. Mit 7 Taf. 1892. *M.* 2.—
 O. EICHLER, Anatom. Untersuchungen über die Wege des Blutstromes im menschl. Ohrlabyrinth. Mit 4 Taf. u. 3 Holzschn. 1892. *M.* 3.—
 H. HELD, Die Beziehungen des Vorderseitenstranges zu Mittel- und Hinterhirn. Mit 3 Tafeln. 1892. *M.* 1.20.
 W. G. HANKEL und H. LINDENBERG, Elektrische Untersuchungen. 19. Abhdlg.: Über die thermo- und piezoelektrischen Eigenschaften der Krystalle des chlorsauren Natrons, des unterschwefelsauren Kalis, des Seignettesalzes, des Resorcins, des Milchsüßers und des dichromsauren Kalis. Mit 3 Tafeln. 1892. *M.* 1.80.
 W. BRAUNE u. O. FISCHER, Best. d. Trägheitsmomente d. menschl. Körpers u. seiner Glieder. Mit 5 Taf. u. 7 Figur. 1892. *M.* 4.—

XIX. BAND. (32. Bd.) 1893. brosch. Preis *M.* 12.—

- J. T. STERZEL, Die Flora des Rotliegenden im Plauenschen Grunde bei Dresden. Mit 13 Tafeln. 1893. *M.* 12.—

XX. BAND. (33. Bd.) 1893. brosch. Preis *M.* 21.—

- O. FISCHER, Die Arbeit der Muskeln und die lebendige Kraft des menschlichen Körpers. Mit 2 Tafeln u. 11 Figuren 1893. *M.* 4.—
 E. STUDY, Sphärische Trigonometrie, orthogonale Substitutionen und elliptische Funktionen. Mit 16 Figuren. 1893. *M.* 5.—
 W. PFEFFER, Druck- und Arbeitsleistung durch wachsende Pflanzen. Mit 14 Holzschnitten. 1893. *M.* 8.—
 H. CREDNER, Zur Histologie der Faltenzähne paläozoischer Stegocephalen. Mit 4 Tafeln und 5 Textfiguren. 1893. *M.* 4.—

XXI. BAND. (35. Bd.) 1895. brosch. Preis *M.* 27.—

- O. EICHLER, Die Wege des Blutstromes durch den Vorhof und die Bogengänge des Menschen. Mit 1 Doppeltafel. 1894. *M.* 1.—
 W. G. HANKEL und H. LINDENBERG, Elektrische Untersuchungen. 20. Abhdlg.: Über die thermo- und piezoelektrischen Eigenschaften der Krystalle des brom- und überjodsauren Natrons, des Asparagins, des Chlor- und Brombaryums, sowie des unterschwefelsauren Baryts und Strontians. Mit 2 Tafeln. 1894. *M.* 1.60.
 S. LIE, Untersuch. üb. unendl. kontinuierliche Gruppen. 1895. *M.* 5.—
 W. BRAUNE u. O. FISCHER, Der Gang des Menschen. I. T.: Versuch am unbelast. u. bel. Mensch. M. 14 Taf. u. 26 Textfig. 1895. *M.* 12.—
 H. BRUNS, Das Eikonol. 1895. *M.* 5.—
 J. THOMAE, Untersuchungen über zwei-zweideutige Verwandtschaften und einige Erzeugnisse derselben. 1895. *M.* 3.—

XXII. BAND. (37. Bd.) 1895. brosch. Preis *M.* 20.—

- H. CREDNER, Die Phosphoritknollen des Leipziger Mitteloligocäns und der norddeutschen Phosphoritzone. Mit 1 Tafel. 1895. *M.* 2.—
 O. FISCHER, Beiträge zu einer Muskeldynamik. 1. Abhdlg.: Über die Wirkungsweise eingelenk. Musk. M. 8 Taf. u. 15 Textfig. 1895. *M.* 9.—
 R. BOEHM, Das südamerikanische Pfeilgift Curare in chemischer und pharmakol. Bezieh. I. T.: Das Tubo-Curare. Mit 1 Taf. 1895. *M.* 1.80.
 B. PETER, Beobachtungen am sechszölligen Repsold'schen Heliometer der Leipziger Sternwarte. Mit 4 Textfig. u. 1 Doppeltaf. 1895. *M.* 6.—
 W. HIS, Anatom. Forschungen über Joh. Seb. Bach's Gebeine u. Antlitz nebst Bemerk. üb. dessen Bilder. Mit 15 Textfig. u. 1 Taf. 1895. *M.* 2.—

XXIII. BAND. (40. Bd.) 1897. brosch. Preis *M.* 29.—

- P. DRUDE, Über die anomale elektrische Dispersion von Flüssigkeiten. Mit 1 Tafel und 2 Textfiguren. 1896. *M.* 2.—
 — Zur Theorie stehender elektr. Drahtwellen. M. 1 Taf. 1896. *M.* 5.—
 M. v. FREY, Untersuchungen über die Sinnesfunktionen der menschl. Haut. 1. Abh.: Druckempfind. u. Schmerz. M. 16 Textfig. 1896. *M.* 5.—
 O. FISCHER, Beiträge zur Muskelstatik 1. Abhdlg.: Über das Gleichgewicht zwischen Schwere und Muskeln am zweigliedrigen System. Mit 7 Tafeln und 21 Textfiguren. 1896. *M.* 6.—
 J. HARTMANN, Die Beob. d. Mondfinstern. M. 4 Textfig. 1896. *M.* 5.—
 O. FISCHER, Beiträge zu einer Muskeldynamik. 2. Abhdlg.: Über die Wirkung der Schwere und beliebig r Muskel auf das zweigliedrige System. Mit 4 Taf. und 12 Textfig. 1897. *M.* 6.—

XXIV. BAND. (42. Bd.) 1898. brosch. Preis *M.* 23.50.

- R. BOEHM, Das südamerikanische Pfeilgift Curare in chemischer und pharmakologischer Beziehung. II. Teil (Schluß): I. Das Catebassencurare. II. Das Topfcurare. III. Über einige Curarerinden. Mit 4 Tafeln und 1 Textfigur. 1897. *M.* 3.—
 W. WUNDT, Die geometrisch-optischen Täuschungen. Mit 65 Textfiguren. 1898. (Vergr.) *M.* 5.—
 B. PETER, Beobachtungen am sechszöll. Repsold'schen Heliometer der Leipz. Sternwarte. 2. Abhdlg. Mit 2 Textfig. u. 1 Taf. 1898. *M.* 5.—
 H. CREDNER, Die sächsischen Erdbeben während der Jahre 1889 bis 1897. Mit 5 Taf. u. 2 in d. Text gedruckte Kärtch. 1898. *M.* 4.50.
 W. HIS, Über Zellen- und Synkytenbildung, Studien am Salmonidenkeim. Mit 14 Figuren im Text 1898. *M.* 4.—
 W. G. HANKEL, Elektrische Untersuchungen. 21. Abhdlg.: Über die thermo- und piezo-elektrischen Eigenschaften der Krystalle des ameisensauren Baryts, Bleioxyds, Strontians und Kalkes, des salpetersauren Baryts und Bleioxyds, des schwefelsauren Kalis, des Glycocolis, Taurins und Quercits. Mit 2 Tafeln. 1899. *M.* 2.—

XXV. BAND. (43. Bd.) 1900. brosch. Preis *M.* 26.30.

- O. FISCHER, Der Gang des Menschen. II. T.: Die Bewegung des Gesamtschwerpunktes und die äußeren Kräfte. Mit 12 Tafeln und 5 Textfiguren. 1899. *M.* 8.—
 W. SCHEIBNER, Über die Differentialgleichungen der Mondbewegung. 1899. *M.* 1.50.
 W. HIS, Protoplasmastudien am Salmonidenkeim. Mit 3 Tafeln und 21 Textfiguren. 1899. *M.* 5.—
 W. OSTWALD, Periodische Erscheinungen bei der Auflösung des Chroms in Säuren. Erste Mitteilung. Mit 6 Tafeln. 1899. *M.* 3.—
 S. GARTEN, Beiträge zur Physiologie des elektrischen Organes des Zitterrochen. Mit 1 Lichtdruck- u. 3 lithograph. Taf. 1899. *M.* 5.—
 W. SCHEIBNER, Zur Theorie des Legendre-Jacobischen Symbols $(\frac{n}{m})$. 1900. 1. Abhandlung. *M.* 1.80.
 W. OSTWALD, Dampfdrucke ternärer Gemische. Mit 36 Textfiguren 1900. *M.* 2.—

XXVI. BAND. (45. Bd.) 1901. brosch. Preis *M.* 36. —

- E. BECKMANN, Neue Vorrichtungen zum Färben nichtleuchtender Flammen (Spektrallampen). Mit 2 Tafeln. 1900. *M.* 2. —
 W. OSTWALD, Periodische Erscheinungen bei der Auflösung des Chroms in Säuren. Zweite Mitteil. Mit 16 Textfig. 1900. *M.* 2.50.
 O. FISCHER, Der Gang des Menschen. III. T.: Betracht. über die weiteren Ziele der Untersuch. u. Überblick über die Bewegungen der unteren Extremitäten. Mit 7 Taf. u. 3 Textfig. 1900. *M.* 6. —
 W. HIS, Lecithoblast und Angioblast der Wirbeltiere. Histogenetische Studien. Mit 102 Textfiguren. 1901. *M.* 8. —
 S. GARTEN, Über rhythmische, elektrische Vorgänge im quergestreiften Skelettmuskel. Mit 13 Doppeltafeln. 1902. *M.* 5.50.
 B. FICK, Über die Bewegungen in den Handgelenken. Mit 8 Figuren im Text, 7 photograph. u. 3 lithograph. Tafeln. 1901. *M.* 6.50.
 O. FISCHER, Der Gang des Menschen. IV. T.: Über die Bewegung des Fußes und die auf denselben einwirkenden Kräfte. Mit 3 Tafeln und 11 Textfiguren. 1902. *M.* 5.50.

XXVII. BAND. (46. Bd.) 1902. brosch. Preis *M.* 35.30.

- E. GROSSMANN, Beobachtungen am Repsold'schen Meridiankreise d. r. von Kuffner'schen Sternwarte in Wien-Ottakring in den Jahren 1896—1898. Mit 4 Textfiguren. 1902. *M.* 6. —
 C. NEUMANN, Über die Maxwell-Hertz'sche Theorie. Mit 3 Textfiguren. 1901. 1. Abhandlung. *M.* 3.50.
 W. HIS, Beobachtungen zur Geschichte der Nasen- u. Gaumenbildung beim menschlichen Embryo. Mit 48 Figuren i. Text. 1901. *M.* 3.80.
 F. MARCHAND, Über das Hirngewicht des Menschen. 1902. *M.* 3. —
 O. FISCHER, Das statische und das kinetische Maß für die Wirkung eines Muskels, erläutert an ein- und zweigelenkigen Muskeln des Oberschenkels. Mit 12 Tafeln. 1902. *M.* 7.50.
 B. PETER, Beobachtungen am sechszöhl. Repsold'schen Heliometer der Leipziger Sternwarte. 3. Abhdlg. Mit 1 Tafel. 1902. *M.* 2.50.
 W. SCHEIBNER, Zur Theorie des Legendre-Jacobi'schen Symbols $\left(\frac{n}{m}\right)$, insbesondere über zweiteil. komplexe Zahlen. 2 Abhdlg. Mit 2 Textfiguren. 1902. *M.* 3.50.
 C. NEUMANN, Über die Maxwell-Hertz'sche Theorie. 2. Abhdlg. Mit 3 Textfiguren. 1902. *M.* 3.50.
 F. HAYN, Selenographische Koordinaten. 1. Abhdlg. 1902. *M.* 2. —

XXVIII. BAND. (49. Bd.) 1903. brosch. Preis *M.* 31. —

- H. HELD, Untersuchungen über den feineren Bau des Gehörorgans der Wirbeltiere. I. Zur Kenntnis des Cortischen Organs und des Goltz'schen Sinnesapparates bei Säugetieren. Mit 4 Doppeltafeln. 1 Tafel und 2 Figuren im Text. 1902. *M.* 6. —
 C. NEUMANN, Über die Maxwell-Hertz'sche Theorie. 3. Abhdlg. Mit 3 Textfiguren. 1902. *M.* 1.50.
 F. ZIRKEL, Über Urausscheidungen in rhein. Basalten. 1902. *M.* 3. —
 H. HELD, Über den Bau der Neuroglia und über die Wand der Lymphgefäße in Haut und Schleimhaut. Mit 60 Figuren im Text und auf Tafeln. 1903. *M.* 6.50.
 O. FISCHER, Der Gang des Menschen. V. T.: Die Kinematik des Bein-schwingens. Mit 5 Doppeltafeln und 8 Textfiguren. 1904. *M.* 5. —
 H. CRÖDNER, Der vogtländ. Erdbebenschwarm v. 13. Febr. bis zum 18. Mai 1903 u. seine Registrier. durch das Wiechertsche Pendelseismometer i. Leipzig. Mit 26 Seismogr. a. Textfig. u. 1 K. 1904. *M.* 5. —
 O. FISCHER, Der Gang des Menschen. VI. T.: Über den Einfluß der Schwere und der Muskeln auf die Schwingungsbewegung des Beins. Mit 3 Doppeltafeln und 7 Textfiguren. 1904. *M.* 4. —

XXIX. BAND. (51. Bd.) 1906. brosch. Preis *M.* 25.20.

- F. HAYN, Selenographische Koordinaten. 2. Abhdlg. Mit 4 Tafeln. 1904. *M.* 6. —
 H. HELD, Zur weiteren Kenntnis der Nervenendfüße und zur Struktur der Sehzellen. Mit 1 Doppeltafel. 1904. *M.* 2. —
 C. CORRENS, Gregor Mendels Briefe an Carl Nägeli 1866—1873. Ein Nachtrag zu den veröffentlichten Bastardierungsversuchen Mendels. Mit einem Faksimile. 1905. *M.* 3. —
 O. FISCHER, Über die Bewegungsgleichungen räumlicher Gelenk-systeme. Mit 6 Textfiguren. 1905. *M.* 3.50.
 A. NATHANSOHN, Über die Bedeutung vertikal. Wasserbeweg. für die Produktion des Planktons im Meere. Mit 1 Karte. 1906. *M.* 4. —
 E. MARX, Die Geschwindigkeit der Röntgenstrahlen. Mit 6 Textfiguren. 1906. I. Teil. *M.* 1.60.
 B. PETER, Beobachtungen am sechszölligen Repsold'schen Heliometer der Leipziger Sternwarte. 4. Abhdlg. Triangulation von 28 Sternen in den Hyaden. 1906. *M.* 3.50.
 H. BRUNS, Das Gruppenschema für zufäll. Ereignisse. 1906. *M.* 1.60.

XXX. BAND. (56. Bd.) 1909. brosch. Preis *M.* 22.40.

- F. HAYN, Selenographische Koordinaten. 3. Abhandlung. Mit 1 lithographischen Tafel. 1907. *M.* 4. —
 W. MÖBIUS, Zur Theorie des Regenbogens und ihrer experimentellen Prüfung. Mit 24 Figuren im Text. 1907. *M.* 5. —
 W. PFEFFER, Untersuchungen über die Entstehung der Schlafbewegungen der Blattorgane. Mit 36 Textfiguren. 1907. *M.* 8. —
 B. PETER, Parallaxenbestimmungen an dem Repsold'schen Heliometer der Leipziger Sternwarte. 1908. *M.* —.80.
 O. WIENER, Der Zusammenhang zwischen den Angaben der Reflexionsbeobachtungen an Metallen und ihren optischen Konstanten. Mit 18 Figuren im Text. 1908. *M.* 2.60.
 A. v. OETTINGEN, Elemente der projektiven Dioptrik. Mit 9 Figuren auf 2 Tafeln. 1908. *M.* 2. —

XXXI. BAND. (58. Bd.) 1909. brosch. Preis *M.* 25.20.

- O. FISCHER, Zur Kinematik des Listingschen Gesetzes. Mit 2 Tafeln und 32 Figuren im Text. 1909. *M.* 3.40.
 C. NEUMANN, Über das logarithmische Potential einer gewissen Ovalfläche. Mit 6 Abbildungen im Text. 1909. *M.* 3. —
 A. v. OETTINGEN, Robert Mayers wissenschaftlicher Entwicklungsgang im Jahre 1841. Vortrag, gehalten am 25. Mai 1908. 1909. *M.* 1. —
 E. v. MEYER, Über Zersetzungsweisen vierfach-alkylierter Ammoniumverbindungen. Nach eigenen Versuchen und Untersuchungen von E. Schwabe. 1909. *M.* 1. —

- H. HELD, Untersuchungen über d. feineren Bau d. Orlabyrinthes der Wirbeltiere. II. Zur Entwicklungsgesch. d. Cortischen Organs u. d. Macula Acustica bei Säugetieren u. Vögeln. M. 18 Taf. 1909. *M.* 7. —
 F. HAUSDORFF, Die Gradierung nach dem Endverlauf. 1909. *M.* 1.60.
 K. ROHN, Der Büschel von Flächen 2. Grades im Raume S_n und ein $(n+1)$ -Flach in besonderer Beziehung zu ihm. 1909. *M.* 1.20.
 F. MARCHAND, Über die normale Entwicklung und den Mangel des Balkens im menschl. Gehirn. M. 5 Taf. u. 32 Fig. i. T. 1909. *M.* 7. —

XXXII. BAND. (62. Bd.) 1913. brosch. Preis *M.* 35. —

- O. FISCHER, Zur Kinematik der Gelenke vom Typus des Humero-Radialgelenks. Mit 28 Figuren im Text. 1909. *M.* 3.50.
 E. MARX, Zweite Durchführung der Geschwindigkeitsmessung der Röntgenstrahlen. Experimentaluntersuchung. Mit 14 Figuren im Text und 10 Kurventafeln. 1910. *M.* 4. —
 W. PFEFFER, Der Einfluß von mechanischer Hemmung und von Belastung auf die Schlafbewegungen. Mit 31 Textfig. 1911. *M.* 6. —
 H. MIEHE, Javanische Studien. Mit 25 Textfiguren. 1911. *M.* 6. —
 E. GROSSMANN, Die Polhöhe der Leipziger Sternwarte. 1912. *M.* 3.50.
 O. WIENER, Die Theorie des Mischkörpers für das Feld der stationären Strömung. Erste Abhandlung: Die Mittelwertsätze für Kraft, Polarisation und Energie. Mit 9 Figuren im Text. 1912. *M.* 4. —
 K. H. SCHEUMANN, Petrographische Untersuchungen an Gesteinen des Polzengebietes in Nord-Böhmen, insbesondere über die Spaltungsserie der Polzenit-Trachydolerit-Phonolith-Reihe. Mit 34 Fig. im Text nach Zeichnungen des Verfassers. 1913. *M.* 8. —

XXXIII. BAND. (64. Bd.) 1917. brosch. Preis *M.* 25. —

- F. HAYN, Selenograph. Koordinaten. 4. Abhdlg. Mit 11 Taf. 1914. *M.* 8. —
 C. NEUMANN, Über die Dirichlet'sche Theorie der Fourierschen Reihen. Ein Versuch, die Dirichlet'sche Theorie so umzugestalten, daß sie Auskunft gibt nicht nur über die Gleichwertigkeit zwischen der gegebenen Funktion und der ihr entsprechenden Fourierschen Reihe, sowie über die Konvergenz der Reihe, sondern auch über d. Gleichmäßigkeit dieser Konvergenz. M. 7 Fig. i. T. 1914. *M.* 3. —
 C. NEUMANN, Franz Neumauns Beiträge zur Krystallonomie aus den Jahren 1823 und 1826. Ein Versuch, den wesentlichen Inhalt dieser vor fast hundert Jahren erschienenen fundamentalen Schriften in übersichtlicher und lückenloser Weise darzustellen. Mit 66 Figuren im Text und 22 Tafeln. 1916. *M.* 14. —

XXXIV. BAND. (65. Bd.) 1918 brosch. Preis *M.* 23. —

- W. PFEFFER, Beiträge zur Kenntnis der Entstehung der Schlafbewegungen. Mit 36 Figuren im Text. 1915. *M.* 6. —
 A. v. OETTINGEN, Die Grundlage d. Musikwissenschaft u. d. duale Reinstrument. Mit 2 Separattafeln u. 86 Taf. i. T. 1916. *M.* 8. —
 W. OSTWALD, Beiträge zur Farbenlehre. Erstes bis fünftes Stück. 1917. Mit 16 Figuren im Text. *M.* 9. —

XXXV. BAND. 1920. brosch. Preis *M.* 38.60.

- V. BJERKNES, Über thermodynamische Maschinen, d. unter Mitwirkung d. Schwerkraft arbeiten. Mit 4 Fig. im T. 1916. *M.* 1.60.
 — Über Wellenbewegung in kompressiblen, schweren Flüssigkeiten. 1916. *M.* 1.60.
 J. THOMAE, Über den Steinerschen Strahlenbüschel und den Dreispitz. Mit 15 Figuren im Text. 1916. *M.* 3. —
 R. GROSS, Zur Theorie des Wachstums- und Lösungsvorganges kristalliner Materie. 1918. Mit 32 Figuren im Text. *M.* 3. —
 J. T. STERZEL, Die organischen Reste des Kulms und Rotliegenden der Gegend von Chemnitz. Mit 15 Taf. u. 1 Textfig. 1918. *M.* 2. —
 M. UIBE, Über die Helligkeitsverteilung des diffusen Sonnenlichts am klaren Himmel. Mit 6 Figuren im Text und 28 Tafeln. *M.* 2.40.
 C. NEUMANN, Beiträge zum Studium der Randwertaufgaben. Mit 59 Figuren im Text. 1920. *M.* 15. —

XXXVI. BAND. (72. Bd.) 1920. brosch. Preis *M.* 24. —

- O. WIENER, Die streckenweise Berechnung der Geschloßflugbahnen. Mit 4 Figuren im Text. 1919. *M.* 3. —
 E. SCHIEBOLD, Die Verwendung der Lauediagramme zur Bestimmung der Struktur des Kalkspates. Mit 16 Figuren. 1919. *M.* 6. —
 F. ETZOLD, Die sächsischen Erdbeben während der Jahre 1907—1915. Mit 9 Textfiguren und 1 Tafel. 1919. *M.* 9.20.
 S. GARTEN, Über die Grundlagen unserer Orientierung im Raume. Mit 8 Abbildungen im Text und 4 Tafeln. 1920. *M.* 4.20.
 R. BECK, Über Protohamnopteris Baldaufi nov. sp., einem neuen verkieselten Farn aus dem Chemnitzer Rotliegenden. Mit 2 Tafeln und 8 Figuren im Text. 1920. *M.* 1.60.

XXXVII. BAND. 1920. brosch. Preis *M.* 34.80

- W. PENCK, Der Südrand der Puna de Atacama (NW-Argentinien). Ein Beitrag z. Kenntnis d. andinen Gebirgstypus u. zu d. Frage d. Gebirgsbildung. Mit 9 Taf., 1 Karte u. 17 Fig. im Text. 1920. *M.* 30. —
 R. A. PFEIFER, Myelogenetisch-anatomische Untersuchungen über das kortikale Ende der Hörleitung. Mit 3 Figuren im Text und 31 Tafeln. 1920. *M.* 4.80.

XXXVIII. Band.

- B. PETER†, Parallaxenbestimmungen an dem Repsold'schen Heliometer der Leipziger Sternwarte. Bearb. v. H. Naumann. 1920. *M.* 1.50.
 F. KOSSMATT, Die mediterranen Kettengebirge in ihrer Beziehung zum Gleichgewichtszustande der Erdrinde. Mit 1 Kartentafel und 6 Textfiguren. 1921. *M.* 3.50.
 FR. RINNE, Röntgenographische Feinbaustudien. Mit 32 Figuren. 1921. *M.* 5. —
 O. WIENER, Das Grundgesetz der Natur und die Erhaltung der absoluten Geschwindigkeit im Äther. Mit 9 Abb. 1921. *M.* 3.60.
 H. HELD, Über die Entwicklung des Axenskeletts der Wirbeltiere. Mit 8 Tafeln. 1921. *M.* 3.50.
 FR. HAYN, Die Plejaden. Mit 1 Tafel. 1921. *M.* 2.50.
 S. GARTEN, Beiträge zur Vokallehre. I. Analyse der Vokale mit dem Quinckeschen Interferenzapparat. Mit 3 Taf. u. 3 Textfig. 1921. *M.* 3. —
 — II. Eigentöne d. Mundhöhle bei Einstellung auf versch. Vokale ohne Betätigung der Stimme. Mit 1 Taf. u. 2 Textfig. 1921. *M.* 2.50.
 — u. F. KLEINKNECHT, Beiträge zur Vokallehre. III. Die automatische harmonische Analyse der gesungenen Vokale. Mit 4 Tafeln und 5 Textfiguren. 1921. *M.* 3.50.

Leipzig, März 1922.

B. G. Teubner.

