

Physiologische und chemische Studien an Torpedo.

Von

Th. Weyl.

(Der Redaktion zugegangen am 28. Juni 1883.)

X.1) Zur Analyse des electrischen Organs von Torpedo.

§ 1. Historisches.

Unsere Kenntnisse über die chemische Zusammensetzung des electrischen Organs von Torpedo¹⁾ sind bis auf den heutigen Tag sehr dürftig geblieben.

Die wenigen Angaben über diesen Gegenstand, welche die mir zugängliche Literatur darbot, stellte ich im Folgenden zusammen.

J. Davy²⁾ fand den Wassergehalt des Organs zu 93%. Den ersten Versuch einer qualitativen und quantitativen Analyse des electrischen Organs unternahm Matteucci³⁾ zu einer Zeit, da die physiologische Chemie noch kaum dem Namen nach existirte.

¹⁾ Nr. I—IX, vergl. Du Bois Archiv 1883.

²⁾ Die Chemie der electrischen Organe von Malopterurus und Gymnotus scheint bisher nicht einmal in Angriff genommen zu sein.

³⁾ Philosoph. Transact. 1832 (cit. nach Schlossberger, Chemie der Gewebe, Bd. 2, S. 132).

⁴⁾ Vergl. Froriep's Neue Notizen etc. Bd. 5, S. 215 (1838). Das Original war mir nicht zugänglich. — Nach Schlossberger (Chemie der Gewebe, Bd. 2, S. 132 1856) fand Matteucci 91,4% Wasser. Etwas abweichende Angaben macht Valentin, der sich gleichfalls auf Matteucci beruft im Handwörterbuch der Physiologie, Bd. I, S. 255 (1842).

Er fand bei der ersten Bestimmung 9,2%, bei der zweiten 10,4% Trockensubstanz. Daraus berechnet sich eine Mittelzahl von 90,2% Wasser und 9,8% festem Rückstand. Von diesem waren 47,6% in kaltem Alkohol, 13,4% in heissem Wasser löslich, 39% in Alkohol unlöslich.

Als Bestandtheile des Organs nennt er: Milchsäures Kali, Fleischextrakt, Phocenin, «eine dem Elain des Hirns analoge fette Substanz», eine andere fette Substanz, welche bei gewöhnlicher Temperatur fest ist, Eiweiss, Spuren von Gelatina, endlich Kochsalz.

Die eiweissartige Substanz, welche das Hirn bedeckt, unterscheidet sich nach seiner Meinung von der Substanz des Organs nur durch eine grössere Quantität Wasser.

Schliesslich weist er ausdrücklich auf die Analogie zwischen der Zusammensetzung der Hirnsubstanz und der des electrischen Organs hin.

Nach Schlossberger¹⁾ dem wohl nur in Spiritus conservirte Organe zur Verfügung standen, fehlt der Leim nahezu ganz, dagegen ist Eiweiss und Schleim vorhanden. Der Aschengehalt des bei 110° getrockneten Organs wurde zu 2,69% bestimmt. Die Asche reagirte alkalisch.

Es folgen die wichtigen Untersuchungen von Frerichs und Städeler²⁾, sowie von Städeler allein. Dieselben führten zur Entdeckung des Harnstoffs und des Scyllits in fast sämtlichen Organen der Plagiostomen.

Kurze Zeit später veröffentlichte M. Schultze³⁾ die Resultate einer chemischen Untersuchung des electrischen Organs und des Schwanzorgans von Raja, welche er mit Heintz's Hülfe im Hallenser Laboratorium ausführte. Da er nur über sparsames Material verfügte, musste er von einer eingehenderen Prüfung der Bestandtheile des Organs Abstand nehmen.

¹⁾ Schlossberger, a. a. O., S. 132 und 133.

²⁾ Journal für praktische Chemie, Bd. 73, S. 48 (1858); Bd. 76, S. 58 (1859).

³⁾ Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle, Bd. 5, S. 39 (1860) 2. Abhandlung. — Abgedruckt im Journal für praktische Chemie, Bd. 82, S. 1 (1860).

Nach 20jähriger Pause erwachte von Neuem das Interesse an der Chemie des electrischen Organs.

Während ich zu Neapel Materialien für eine physiologische Chemie des electrischen Organs sammelte, veröffentlichte Krukenberg¹⁾ einige analytische Daten über den gleichen Gegenstand.

A. Anorganische Stoffe.

§ 2. Bestimmung des festen Rückstandes.

Zur Bestimmung des festen Rückstandes wurde zunächst das Organ der einen Seite vom Rücken aus freipräparirt. Dann schnitt ich mit einer Cooper'schen Schere 4—5 Stückchen Organ aus verschiedenen Gegenden der oberflächlichen und tieferen Schichten heraus und legte sie zwischen vorher gewogene, gut abgeschliffene Uhrgläser, um jeden Verlust durch Verdunstung zu vermeiden. Nachdem jetzt auch die Bauchseite freigelegt war, wurden auch von dieser vier oder fünf Proben in der oben angegebenen Weise entnommen.

Die gewogene Masse trocknete zunächst auf dem Wasserbade bei ca. 60°, dann zuletzt im Trockenschranke bei 110° bis zu constantem Gewichte.

Die erhobenen Werthe zeigt Tabelle I.

Da der Wassergehalt möglicherweise mit der Jahreszeit wechseln könnte, füge ich hinzu, dass die Bestimmungen an *Torpedo marmorata* im August und September 1880, die beiden Versuche an *Torpedo oculata* zu Neapel im November des gleichen Jahres ausgeführt wurden.

(Tabelle I folgt auf nächster Seite.)

Im Mittel beträgt also der Wassergehalt 88,82%²⁾. Dabei wurde Versuch 2, welcher an einem durch andau-

¹⁾ Zerstreut in den Untersuchungen aus dem physiologischen Institut der Universität Heidelberg, herausgegeben von W. Kühnē und in Krukenberg's Vergleichend-physiologische Studien.

²⁾ J. Davy fand 93%, Matteucci 91,4% Wasser. Nach Schlossberger (Thierchemie. Bd. II, S. 132) haben beide wohl (!) bei 100° getrocknet.

enden Strychnintetanus erschöpften Fische angestellt war, nicht mit berücksichtigt. Ich hatte leider keine Zeit durch fernere Versuche festzustellen, ob das Organ durch Strychnintetanus seinen Wassergehalt vermindere.

Für den Muskel findet nach J. Ranke¹⁾ das umgekehrte statt.

Tabelle I.

Nr.	Organ gr.	Wasser gr.	Wasser p.Ct. des frischen Organs.
A. <i>Torpedo marmorata</i> .			
1.	7,6158	6,7831	89,06
2.	3,0336	2,5722	(84,7)
3.	11,6676	10,4565	89,6
4.	14,5306	12,9295	88,8
B. <i>Torpedo oculata</i> .			
5.	11,9648	10,6434	88,9
6.	15,5365	13,650	87,8

§ 3. Aschenanalysen.

Die Methoden der Analyse waren die gebräuchlichen. Sie ergeben sich aus den angefügten analytischen Belägen (S. 550). Es wurde ausschliesslich in Plattingefässen verascht. Die Fische gehörten zur Species *Oculata* und stammten aus dem Golf von Neapel.

Analyse I und II. Das frische, von Haut und Nerven möglichst befreite und gewogene Organ wurde auf Porzellanplatten in dünner Schicht ausgebreitet und zuerst in der Sonne, dann auf dem Wasserbade vorläufig entwässert, darauf im Mörser zu einem feinen Pulver zerrieben und zuletzt im Luftbade bei 105—110° bis zu constantem Gewichte getrocknet.

Analyse III und IV. Das frische und wie oben (Analyse I und II) angegeben präparierte Organ wird gewogen, dann mit grossen Mengen absoluten Alkohols (ca. 3 l. pro 100 gr. frisches Organ), zuletzt mit absolutem Aether so lange extrahirt, als letzterer noch etwas auf-

¹⁾ Tetanus, S. 69.

nahm. Hierzu gehörten ca. 3 l. Aether pro 100 gr. frisches Organ. Das alkoholische Extrakt wird bei 40° verdunstet und mit dem ätherischen Extrakt übergossen. Das Lecithin¹⁾ wird hierdurch extrahirt, um als $Mg^2P^2O^7$ bestimmt zu werden.

Das verdunstete, eventuell gewogene²⁾ alkoholische Extract wird verascht, die Asche dem Wasserextracte des mit Alkohol und Aether erschöpften Organs zugeführt.

Um die bekannten, oft discutirten Fehler bei Einäscherung thierischer (und pflanzlicher) Organe nach Möglichkeit zu vermeiden, namentlich um die Anwesenheit von Carbonaten in der Asche nicht zu überschen, wurde die mit Alkohol und Aether erschöpfte Masse vor der Veraschung mit Wasser extrahirt und erst dann bei möglichst niedriger Temperatur verkohlt.

Nachfolgende Tabelle vereinigt die absoluten Aschenwerthe.

(Tabelle II folgt auf nächster Seite.)

Aus Tabelle II ergibt sich unter Benutzung von Tabelle III, dass der mittlere Aschengehalt³⁾ des electrischen Organs von *Torpedo oculata* berechnet aus drei Einzelbestimmungen 1,67% des frischen Organs beträgt.

Tabelle III.

Nr.	I.	III.	IV.
Organ frisch . . .	14,004	37,5	114,0
Asche in % des frischen Organs .	1,55	1,59	1,87

Die übrigen procentischen Aschenwerthe zeigt Tabelle IV.

(Tabelle IV folgt auf Seite 547.)

Von einer weiteren Gruppierung der Aschenbestandtheile zu Salzen wurde Abstand genommen, da wir kaum im Stande sind in allen Fällen mit Sicherheit anzugeben, zu welchen Verbindungen sich die einzelnen Componenten einer Aschen-

¹⁾ Vergl. später: Quantitative Lecithin-Bestimmungen.

²⁾ Vergl. später: Alkohol-Extrakt des Organs.

³⁾ $\frac{1,55 + 1,59 + 1,87}{3} = 1,67$. — Schlossberger (a. a. O.)

findet 2,69% Asche. Diese Differenz ist wohl darauf zurückzuführen dass Schlossberger die Phosphorsäure des Lecithins als zur «Asche» gehörig betrachtete.

Tabelle II.

Analyse-Nr.	I.		II.		III.		IV.	
	löslich	unlöslich	Summe.	löslich	unlöslich	Summe.	löslich	unlöslich
Frisches Organ	14,004	—	—	—	—	37,5	—	114,0
Löslich . . .	0,2115	—	1,2044	—	—	0,5556	—	1,8796
Unlöslich . . .	0,0061	—	0,0455	—	—	0,0411	—	0,2547
Asche	0,2176	—	1,2499	—	—	0,5997	—	2,1343
Cl	—	—	0,3663	0,1276	—	0,1276	0,7606	0,7606
SO ³	—	—	0,0254	0,04085	—	0,04085	0,0433	0,0433
P ² O ⁵	—	0,0224	0,1555	0,0813	0,0256	0,1069	0,1945	0,3071
CO ²	—	—	vorhanden	vorhanden	—	vorhanden	vorhanden	vorhanden
Alkalien	—	—	0,972	0,4035	—	0,4035	1,6068	1,6068
K	—	—	—	0,0194	—	0,0194	0,076	0,076
Ca	0,0194	0,0109	0,0303	0,015	0,0043	0,0193	0,0085	0,0442
Mg	0,0203	0,0263	0,0466	0,005	0,0032	0,0082	0,009	0,0129
Fe	—	—	—	—	0,0025	0,0025	—	0,0138
SiO ²	—	—	—	—	0,0045	0,0045	—	0,0862

lösung in dieser vereinigten, geschweige denn in der Lage auch nur zu errathen, welche Molecüle die in der Asche enthaltenen Stoffe im lebenden Organe bildeten.

Tabelle IV.
In 100 gr. Asche sind enthalten:

Analyse Nr.	II.	III.	IV.	In 100 Meerwasser ¹⁾ zwischen Sardinien und Neapel.
Cl. . .	29,3	21,28	35,1	2,34
SO ² . .	2,0	6,8	2,07	0,25
P ² O ⁵ . .	12,4	17,8	14,4	Spüren.
Alkalien.	77,4	67,2	75,3	3,107
K Cl . .	Spuren.	0,9	1,09	0,078
Na Cl . .	77,7	66,3	74,21	3,029
Ca. . .	2,4	3,22	2,7	0,047
Mg . .	3,7	1,3	0,6	0,134
Fe. . .	nicht	0,4	0,06	
Si O ³ . .	bestimmt.	0,7	4,04	?

Wissen wir doch seit längerer Zeit, dass z. B. die Eiweissstoffe und andere gewebebildenden Substanzen stets von unorganischen Körpern begleitet sind. So hat, um nur ein Beispiel anzuführen, O. Schmiedeberg in seiner Arbeit über das Onuphin²⁾ eine Verbindung von Onuphin mit Kaliumphosphat isolirt.

Wäre es unter diesen Umständen nicht unwissenschaftlich, die Aschen-Analysen thierischer und pflanzlicher Gewebe zu gruppiren wie der Mineraloge die Ergebnisse seiner Gesteinsanalysen?

Aus den mitgetheilten Analysen folgt, dass im electrischen Organe wahrscheinlich Carbonate enthalten sind. Ich sage wahrscheinlich und möchte damit andeuten, dass ihre Anwesenheit erst dann mit Sicherheit behauptet werden kann, wenn dieselben aus dem intacten Organe in Substanz dargestellt sind.

¹⁾ Vergl. J. Roth: Allgemeine und chemische Geologie, Bd. J. S. 524. Berechnet aus Analyse Nr. 6.

²⁾ Mittheilungen aus der zoologischen Station zu Neapel 1882. S. 373.

haupt Kalium gefunden wurde, verhält sich $KCl : NaCl = 1,35 : 100$ und wie $0,69 : 100$.

Offenbar spielt im electrischen Organ das Natrium eine grössere Rolle, als im Muskel, wenn es gestattet ist Organ und Säugethiermuskel mangels passenderer Vergleichsobjecte in Parallele zu stellen.

Auch die geringe Eisenmenge, welche gefunden wurde, bestätigt wohl die schon von mehreren Forschern beobachtete relative Blutarmuth des Organs.

Noch einige Worte über die Werthe für P^2O^5 . Da — wenigstens in Analyse III und IV — das Lecithin vor der Veraschung extrahirt wurde (s. o. S. 545), wird die in der Asche vorhandene Phosphorsäure, soweit bisher bekannt, auf die Phosphate und auf das Nuclein zu beziehen sein. Ausserdem habe ich mich überzeugt, dass im Organe eine Verbindung von Phosphaten mit einem mucinähnlichen Körper vorkommt, über welchen ich demnächst ausführlicher berichten werde. †

Die Methode der Nucleinbestimmung nach Kossel scheint auf das Organ nicht direkt anwendbar zu sein.

Wir sind also vorläufig nicht im Stande die «anorganischen» von den «organischen» Phosphaten des Organs quantitativ zu trennen und müssen uns daher bis auf weiteres mit Bestimmungen wie die vorliegenden behelfen¹⁾.

(Fortsetzung folgt.)

¹⁾ Bei späteren Analysen wird auf etwaiges Vorkommen von Ammoniak in der Asche zu achten sein, da ich in einigen Versuchen nach Neubauer's Methode (Neubauer und Vogel: Analyse des Harns, 7. Aufl.) schwache aber deutliche Ammoniakreaktion erhielt. Uebrigens sind Fäulnisserscheinungen bei dem Klima Neapels schwer auszuschliessen.

Im Destillate des mit Magnesia versetzten Wasserextraktes lassen sich reichlich substituirt Ammoniake nachweisen. Dieselben sind Zeretzungsprodukte organischer Verbindungen und sollen im zweiten Theile dieser Mittheilung ausführlicher besprochen werden.

Ausserdem finden sich in Asche Spuren von Mangan.

Analytische Beläge zu den Aschen-Analysen I—IV.

Analyse Nr. I.

14,004 gr. frisches Organ	= 1,5426, trocken bei 105—110°	= 0,2176 gr.
Asche = 1,55% des frischen Organs	löslich	0,2115 = 97,2
	unlöslich	0,0061 = 2,8
		0,2176 100

Analyse Nr. II.

A. Wasser-Extrakt = 200 ccm.

I. BaSO ⁴ in	25 ccm. = 0,0093
id.	200 ccm. = 0,0744 = 0,0254 SO ³
	= 2,03 SO ³ in 100 Asche.
II. AgCl in	25 ccm. = 0,1851
id.	200 ccm. = 1,4808 = 0,3663 Cl
	= 29,3 Cl in 100 Asche.

III. P ² O ⁵ in	50 ccm. = 0,0520 Mg ² P ² O ⁷
id.	200 ccm. = 0,2080 = 0,1331 P ² O ⁵

IV. CaO in	22 ccm. = 0,0030
id.	200 ccm. = 0,0272 = 0,0194 Ca.

V. Mg ² P ² O ⁷ in	22 ccm. = 0,0103 Mg ² P ² O ⁷
id.	200 ccm. = 0,0936 = 0,0203 Mg.

VI. Alkalien in	50 ccm. = 0,234
id.	200 ccm. = 0,972 = 77,7 Alkalien in 100 Asche.

B. HCl-Extrakt = 160 ccm.

VII. CaO	50 ccm. = 0,0048
id.	160 ccm. = 0,1536 = 0,0109 Ca
	0,0194 Ca im H ² O-Extrakt
	0,0109 Ca im HCl-Extrakt
	0,0303 Ca in der Gesamt-Asche = 2,4 Ca
	in 100 Asche.

VIII. Mg ² P ² O ⁷ in	50 ccm. = 0,038
id.	160 ccm. = 0,122 = 0,0263 Mg
	0,0263 Mg im HCl-Extrakt
	0,0203 Mg im H ² O-Extrakt
	0,0466 Mg in der Gesamt-Asche =
	3,7 Mg in 100 Asche.

IX. Mg ² P ² O ⁷ in	50 ccm. = 0,0116 Mg ² P ² O ⁷
id.	160 ccm. = 0,0351 Mg ² P ² O ⁷ = 0,0224 P ² O ⁵
	0,0224 P ² O ⁵ im HCl-Extrakt
	0,1331 P ² O ⁵ im H ² O-Extrakt
	0,1555 P ² O ⁵ in der Gesamt-Asche =
	12,4 P ² O ⁵ in 100 Asche.

Anmerkung: SiO², Fe nicht bestimmt.

Analyse Nr. III.

37.5 gr. Organ mit Alkohol und Aether extrahirt etc.

löslich . . . 0,5556

unlöslich . . 0,0441

Asche . . . 0,5997 = 1,59% des frischen Organs.

A. Wasser-Extrakt = 150 ccm.

I. AgCl in . . . 25 ccm. = 0,0855

id. . . . 150 ccm. = 0,5130 = 0,12762 Cl = 21,28 Cl in 100
Asche.II. Mg²P²O⁷ in 25 ccm = 0,0211id. . . . 150 ccm. = 0,1266 = 0,0813 P²O⁵.III. BaSO⁴ in . . 50 ccm. 0,0395id. . . . 150 ccm. 0,1185 0,04085 SO³ 6,8 SO³ in
100 Asche.

IV. Alkalien in . . 50 ccm 0,1345

id. . . . 150 ccm. 0,4035 67,2 Alkalien in 100 Asche.

V. K²PtCl⁶ in . . 50 ccm. 0,041id. . . . 150 ccm. 0,123 0,0194 K 3,2 K in 100
Asche.

VI. CaO 50 ccm. 0,007

id. . . . 150 ccm. 0,021 0,015 Ca.

VII. Mg²P²O⁷ in 50 ccm = 0,0076

id. . . . 150 ccm. 0,0228 0,005 Mg.

B. HCl-Extrakt 100 ccm.

VIII. SiO² 0,0045 0,7 SiO² in 100 Asche.IX. Mg²P²O⁷ in 25 ccm. 0,010id. . . . 100 ccm. 0,040 0,0256 P²O⁵
0,0256 P²O⁵ im HCl-Extrakt
0,0813 " im H²O-Extrakt
0,1069 P²O⁵ in der Gesamt-Asche =
17,8 P²O⁵ in 100 Asche.X. FePO⁴ in . . . 50 ccm. 0,0034id. . . . 100 ccm. 0,0068 1,13 FePO⁴ in 100 Asche.

XI. CaO in 50 ccm. 0,0032

id. . . . 100 ccm. 0,0064 0,0043 Ca
0,0043 Ca im HCl-Extrakt
0,015 Ca im H²O-Extrakt
0,0193 Ca in der Gesamt-Asche
3,22 Ca in 100 Asche.XII. Mg²P²O⁷ in 50 ccm. 0,0075id. . . . 100 ccm. 0,015 0,00324 Mg
0,0032 Mg im HCl-Extrakt
0,005 Mg im H²O-Extrakt
0,0082 Mg in der Gesamt-Asche
1,3 Mg in 100 Asche.

Analyse Nr. IV.

A. Wasser-Extrakt		100 ccm.	1,8796 gr.	
I. AgCl in	25 ccm.	0,769		
id.	100 ccm.	3,076	0,76064 Cl	35,1 Cl in 100 Asche.
II. BaSO ⁴ in	25 ccm.	0,0624		
id.	100 ccm.	0,1252	0,043 SO ³	2,07 SO ³ in 100 Asche.
III. Mg P ² O ⁷ in	25 ccm.	0,0755		
id.	100 ccm.	0,3020	0,1945 P ² O ⁵	
IV. CaO in	25 ccm.	0,003		
id.	100 ccm.	0,012	0,00857 Ca	
V. Mg P ² O ⁷ in	25 ccm.	0,0105		
id.	100 ccm.	0,0420	0,009 Mg	
VI. Alkalien in	50 ccm.	0,8034		
id.	100 ccm.	1,6068	Alkalien	75,3 Alkalien in 100 Asche.
VII. K ² PtCl ⁶ in	50 ccm.	0,2372		
id.	100 ccm.	0,4744	0,0764	3,3 K in 100 Asche.
B. HCl-Extrakt		0,2547 gr.		
VIII. Fe PO ⁴ in	50 ccm.	= 0,0186		
id.	100 ccm.	= 0,0372	= 0,0138 Fe	= 0,06 Fe in 100 Asche.
IX. Mg P ² O ⁷ in	25 ccm.	= 0,0442		
id.	100 ccm.	= 0,1768	= 0,11260 P ² O ⁵	
			0,11260 P ² O ⁵ im HCl-Extrakt	
			0,1945 im H ² O-Extrakt	
			0,3071 P ² O ⁵ in der Gesamt-Asche	=
			14,4 P ² O ⁵ in 100 Asche.	
X. SiO ²	0,0862 gr.	= 4,04	SiO ² in 100 Asche.	
XI. CaO in	50 ccm.	= 0,0252		
id.	100 ccm.	= 0,0304	= 0,0357 Ca	
			0,0357 Ca im HCl-Extrakt	
			0,0085 Ca im H ² O-Extrakt	
			0,0442 Ca in der Gesamt-Asche	=
			2,7 Ca in 100 Asche.	
XII. Mg P ² O ⁷ in	50 ccm.	= 0,0093		
id.	100 ccm.	= 0,0186	= 0,0039 Mg	
			0,0039 Mg im HCl-Extrakt	
			0,009 Mg im H ² O-Extrakt	
			0,0429 Mg in der Gesamt-Asche	
			0,6 Mg in 100 Asche	

Soweit als möglich wurden die Tabellen von Kohlmann und Frerichs bei Berechnung der Analysen benutzt.