

(Aus dem physiologischen Institut zu Breslau.)

Einige Beobachtungen über die Absonderung der Salze im Speichel.

Von

Moritz Werther, cand. med.

1. Aufgabe der Untersuchung.

In seiner Abhandlung „über secretorische und trophische Drüsennerven“¹⁾ hat R. Heidenhain unter Anderm gezeigt, dass der Salzgehalt sowohl des Submaxillar- als des Parotidenspeichels von der Stärke der Nervenreizung abhängt, durch welche das Secret dieser Drüsen gewonnen wird. Tetanisirt man die Nerven abwechselnd mit schwächeren und mit stärkeren Inductionsströmen, so beschleunigt jede Reizverstärkung die Absonderung des Wassers, aber in noch höherem Maasse die Absonderung sowohl der organischen als der anorganischen Secretbestandtheile: der Salzgehalt des Speichels steigt also mit der Geschwindigkeit seiner Secretion.

Bei den Versuchen, auf welche sich dieser Satz stützt, ist bisher nur der Gesamtgehalt an Salzen in der Speichelflüssigkeit bestimmt worden. Es erscheint aber im Interesse einer der-einstigen Theorie der Absonderung wünschenswerth zu wissen, ob an der Erhöhung der Salzprocente alle in der Flüssigkeit enthaltenen Salze gleichmässig oder ob daran gewisse Salze vorwiegend theilhaft sind.

Eine Beantwortung dieser Frage wird um so interessanter, als Merkel²⁾ vor Kurzem auf Grund anatomischer Untersuchungen eine neue Hypothese über die Absonderungsstätte der einzelnen Bestandtheile (Wasser, organische Substanzen, Salze) des Speichels

1) Dies Archiv Bd. XVII, S. 1, 1878.

2) Die Speichelröhren. Rectoratsprogramm von Fr. Merkel. Leipzig 1883.

in der Drüse aufgestellt hat, welche sich Eingang verschaffen zu wollen scheint¹⁾).

Merkel fand, dass Stücke von Speicheldrüsen, welche unter reichlichem Luftzutritt mit einer 1—2procentigen Lösung von Pyrogallussäure behandelt werden, eine intensive Bräunung derjenigen Theile ihrer Gänge zeigen, welche mit Stäbchenepithel ausgekleidet sind. Durch eine Reihe von chemischen Reactionen, welche der Leser im Original nachsehen mag, wurde er zu der Annahme geführt, dass die Ursache jener Braunfärbung eine in den bezeichneten Epithelien vorausgesetzte, — aber freilich nicht direct nachgewiesene — Verbindung von Kalk mit Albuminaten sei. Da er weiter an den Stäbchenepithelien thätiger Drüsen gewisse Veränderungen dieser Gebilde gegenüber dem Ruhezustande wahrgenommen zu haben glaubt, gelangt er zu der Hypothese, dass dieselben die Aufgabe haben, die Kalkverbindungen des Speichels auszuschcheiden, und nicht bloss diese, sondern auch die übrigen Speichelsalze. Schwierigkeiten scheinen auf den ersten Anblick dieser Hypothese aus dem Befund an der Kaninchenparotis zu erwachsen: die Stäbchenepithelien dieser Drüse bräunen sich nämlich in Pyrogallussäure nicht, wie sie es in der Submaxillaris desselben Thieres und des Hundes thun. Merkel umgeht diese Schwierigkeit mit den Worten: „man muss nur annehmen, dass in ihrem Secret die Kalkverbindungen fehlen.“

Im Verfolg der Hypothese über die Absonderung der Salze stellt Merkel eine zweite über die Secretion des Wassers auf: er nimmt an, dass letztere dem zwischen den Acinis und den Stäbchengängen gelegenen „Schalkstück“ obliege: dasselbe sei zur Absonderung von Flüssigkeit bestimmt, um das sonstige zähflüssige Secret zu verdünnen.

Weiterhin untersucht nun Merkel verschiedenen Speicheldrüsen in Bezug auf den Entwicklungsgrad der verschiedenen, nach seinen Vorstellungen bei der Absonderung direct beteiligten Epithelien, nämlich das Epithel der Alveolen, der Schaltstücke und der Speichelröhren, und leitet aus seiner Hypothese, welche noch durch den Zusatz vervollständigt wird, dass das Alveolarepithel die organischen Bestandtheile des Speichels liefere, Schlussfolgerungen

1) Vgl. P. Schiefferdecker, Zur Kenntniss des Baues der Schleimdrüsen. Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. 23, S. 402.

über die Zusammensetzung der Secrete der betreffenden Drüsen ab, welche in Uebereinstimmung mit den Thatsachen stehen sollen.

In der Parotis des Kaninchens z. B. nehme das Schaltstück einen breiten Platz ein, während das sich nicht bräunende Stäbchenepithel nur in geringer Ausdehnung vorhanden ist. Das Secret müsste also ganz besonders wasserreich und dabei salz-, namentlich kalkarm sein.

In der Sublingualis des Hundes gehe indifferentes Ausführungsgangepithel bis an die Alveolen heran, das spezifische Epithel der Schaltstücke fehle ganz, Stäbchenepithel komme nur in eingesprengten Inseln vor, während das Alveolarepithel sehr reich entwickelt sei. Danach ist ein Secret zu erwarten, reich an organischen Substanzen, arm an Wasser und an Salzen, namentlich an Kalk. Merkel sagt: „die ungemein zähe und wasserarme Beschaffenheit des Sublingualis-Speichels wird allenthalben betont; über die in demselben enthaltenen Salze liegen leider keine Analysen vor.“

In der Parotis des Hundes ist nach Merkel die Zahl der Speichelröhren auf Kosten des Alveolarepithels stark vermehrt und ist ungefähr so ausgedehnt, wie in der Submaxillaris desselben Thieres. Das Schaltstück ist lang, das in Pyrogallussäure sich bräunende Stäbchenepithel reicht weit in die grossen Aeste des Speichelganges hinein. Nach den Merkel'schen Principien müsste also ihr Secret gegenüber dem der Sublingualis sich durch Wasser- und Salz-, namentlich Kalkreichthum auszeichnen. Eine Bestätigung für den besondern Kalkreichthum des Secretes findet Merkel in der bekannten, häufig auftretenden Trübung desselben; allein, wie Heidenhain nachgewiesen, beruht die Trübung der Hauptsache nach auf der Abscheidung organischer Bestandtheile¹⁾.

Die von Merkel an seine histologischen Befunde geknüpften Hypothesen sind einer Prüfung durch den Versuch zugänglich. Prof. Heidenhain stellte mir nun die doppelte Aufgabe:

- 1) durch Analyse der Salze der verschiedenen Speichelarten die Stichehaltigkeit der Hypothesen und Schlüsse Merkel's zu untersuchen;
- 2) festzustellen, welche Speichelsalze sich bei der durch Reizver-

1) R. Heidenhain, secretorische und trophische Drüsenerven. Dies Archiv Bd. 17, S. 22.

stärkung (s. oben) herbeigeführten procentischen Zunahme des Salzgehaltes betheiligen.

2. Methode der Untersuchung.

Ueber die Methode der Gewinnung der verschiedenen Speichelarten brauche ich keine nähere Mittheilungen zu machen, da dieselben aus den Arbeiten des hiesigen Instituts hinreichend bekannt sind¹⁾.

Die Analysen des Speichels habe ich sämmtlich im chemischen Laboratorio des Instituts unter steter Anleitung und Theilnahme des Herrn Dr. F. Röhmann angestellt. Der dabei eingeschlagene Weg war folgender:

Der Speichel wurde in trocknen Reagensgläsern aufgefangen und mit sehr empfindlichem Lacmuspapier seine Reaction untersucht. Da er freie Kohlensäure enthält, darf hierbei nur auf die bleibende Färbung des Reagenspapieres Werth gelegt werden, weil die augenblickliche Färbung durch die erst allmählich abdunstende Kohlensäure beeinflusst wird. Demnächst wurde der Speichel in Porcellantiegel von vorher bestimmtem Gewicht übergefällt, gewogen, eingedampft, bei 100—110° bis zu constantem Gewichte getrocknet, um den Procentgehalt an festen Theilen zu bestimmen.

Der Rückstand wurde bei mässiger Hitze verkohlt, die Kohle mit Wasser ausgelaugt, die Flüssigkeit durch ein schwedisches Filter abfiltrirt, im Porcellantiegel zur Trockne verdampft, der Rückstand über der Flamme gelinde erhitzt und nach dem Erkalten gewogen: lösliche Salze. Diese Salze wurden wiederum in Wasser gelöst, um die Alcalescenz der Lösung (Na_2CO_3) durch

1) Es sei hier bemerkt, dass die Gland. sublingualis hier und da noch immer mit Unrecht misstrauisch angesehen wird. — Maly (Hermann's Handbuch V, 2, S. 20) meint, dass die Glandulae sublinguales beim Hunde als selbständig mündende Drüsen nicht vorkämen. Allein die Drüse hat stets einen besondern Ausführungsgang, nach aussen von dem Gange der Gland. submaxillaris gelegen. Derselbe ist weit genug zur Einführung einer Glascantüle. — Hoppe-Seyler (Physiologische Chemie S. 197) scheint zweifelhaft in Bezug auf die Einwirkung der Chorda tympani auf die Glandula sublingualis. Aber bei Reizung der Chorda wird stets ebenso unfehlbar die Unterzungendrüse, wie die Unterkieferdrüse zur Absonderung gezwungen, wie in den physiologischen Vorlesungen hier in Breslau alljährlich demonstrirt wird.

Titriren mit Zehntelnormalschwefelsäure zu bestimmen. In derselben Lösung wurde darauf das Chlor mit Silbernitrat und neutralem chromsaurem Kalium titirt.

Die mit Wasser vollständig ausgelaugte Kohle wurde im Porcellantiegel getrocknet und geglüht, um die in Wasser unlöslichen Salze zu bestimmen. Sie wurden in Essigsäure gelöst, die Hauptmenge der letzteren durch Ammoniak abgestumpft, die Flüssigkeit mit oxalsaurem Ammoniak gefällt, der Niederschlag nach 24 Stunden abfiltrirt, getrocknet und im Platintiegel geglüht, um den Kalk zu wägen. Spuren von Kalk finden sich auch im Gemenge der löslichen Salze (als Chlorcalcium), aber sie sind für eine quantitative Bestimmung zu gering.

Betreffs der durch diesen Untersuchungsgang erhaltenen Resultate ist Folgendes zu bemerken:

- 1) Da der Speichel kleine Eiweissmengen enthält, deren Schwefel beim Veraschen in Schwefelsäure übergeht, wird durch letztere ein Theil des kohlen-sauren Natriums zersetzt werden und deshalb der Werth für das letztere zu gering ausfallen. Für die Zwecke der vorliegenden Untersuchung ist dieser Umstand ohne Belang.
- 2) Das Chlor ist insgesammt als Chlornatrium berechnet, obschon dasselbe nach bereits vorliegenden Analysen zum guten Theile an Kalium gebunden ist.
- 3) In manchen Fällen (s. die Tabellen) sind die Kalkmengen so gering, dass die unvermeidlichen Untersuchungsfehler merklich ins Gewicht fallen.

3. Die Speichelsalze und die Merkel'schen Hypothesen.

Ich gebe nun zunächst die Resultate der Analysen, welche sich auf das Secret der drei grossen Speicheldrüsen des Hundes beziehen. Um die Drüsen möglichst gleichmässig zu erregen, wählten wir als Reizmittel statt des electricischen Stromes die intravenöse Injection von Pilocarpin. Nur bei dem vierten Versuche, bei welchem wir auf den Parotidenspiegel verzichteten, wurde die Chorda electricisch mit Inductionsströmen mässiger Stärke gereizt.

Tabelle I.

	Dauer des Auf- fangens.	Menge d. unter- suchten Flüssigk.	Wasser.	Fester Rück- stand.	Organ. Bestand- theile.	Anorgan. Bestand- theile.	In H ₂ O unlös- liche Salze.	CaO der- selben.	In H ₂ O lösliche Salze.	Alkalies- tanz be- rechnet als Na ₂ CO ₃ .	Chlorge- halt be- rechnet als ClNa.
Hand I	Submax.	22,84 gr	98,77	1,23	—	—	—	—	0,56	0,16	0,335
	Parotis	22,40 "	99,14	0,86	—	—	—	—	0,56	0,19	0,239
	Subling.	1,56 "	97,88	2,12	—	—	—	—	1,10	0	0,706
Hand II	Submax.	20,38 "	98,87	1,13	0,66	0,47	0,042	0,019	0,43	0,17	0,150
	Parotis	20,51 "	99,26	0,74	0,06	0,68	0,045	0,030	0,64	0,17	0,078
	Subling.	2,05 "	98,47	1,53	0,19	1,34	0,068	0,034	1,27	0	1,080
Hand III	Submax.	20,69 "	98,32	1,68	1,02	0,66	0,073	0,020	0,58	0,11	0,329
	Parotis	16,40 "	99,26	0,81	0,40	0,41	0,054	0,027	0,36	0,17	0,085
	Subling.	9,33 "	98,63	1,37	0,43	0,94	0,044	0,025	0,90	0	0,514
Hand IV	Submax.	40,53 "	98,745	1,255	0,62	0,64	0,042	—	0,60	—	—
	Subling.	12,63 "	98,72	1,28	0,34	0,94	0,017	—	0,93	Min. Alkaliesc.	—

Die Zahlen der obigen Tabelle lehren zunächst einige interessante Thatsachen allgemeinerer Natur kennen.

Bekanntlich ist das Secret der Unterzungendrüse ausserordentlich viel zäher, als das der Unterkieferdrüse. Man vermuthete deshalb, dass jenes viel reicher an organischen Substanzen, namentlich an Mucin, sein werde als dieses. Directe Bestimmungen an reinem Sublingualspeichel lagen bisher nicht vor. Aus den obigen Zahlen geht nun hervor:

- 1) dass der Wassergehalt des Sublingualsecretes sich ungefähr in denselben Grenzen bewegt, wie der des Submaxillarspeichels;
- 2) dass der Gehalt an organischen Bestandtheilen in ersterer Flüssigkeit durchgängig erheblich geringer ist als in letzterer.

Demnach liegt der Grund der zähen Beschaffenheit des Sublingualspeichels keineswegs in besonders hohem Mucingehalte, wie man bisher vermuthet hat. Die Ursache ist vielmehr in seiner neutralen oder doch kaum alkalischen Reaction zu suchen: kohlen-saures Natrium kommt¹ unter seinen Salzen nicht in quantitativ bestimmbarer Menge vor. Die Zähigkeit von Mucinlösungen ist bekanntlich abhängig von ihrem Alkaligehalte; stumpft man das Alkali ab, so wird die Lösung zäher und zäher, bis bei Säureüberschuss Ausfällung des Schleimes erfolgt.

- 3) Gegenüber dem Mindergehalt an organischer Substanz fällt der hohe Gehalt an Salzen, besonders an Chloriden, im Sublingualspeichel im Vergleiche zu dem Submaxillarspeichel sehr auf. Nach Sertoli (Hoppe-Seyler, Physiol. Chemie S. 438) beträgt der Chlornatriumgehalt des Hundesblutes 0,59%; im Sublingualspeichel kann der Chlorgehalt, als Natriumverbindung berechnet, bis auf 1% steigen. Man sieht beim Abdampfen desselben mitunter grosse Krystalle anschliessen.

Um nun an den Zahlen der obigen Tabelle die Merkel'schen Hypothesen zu prüfen, erscheint eine Umrechnung in der Weise zweckmässig, dass die einzelnen Procentgehalte der drei Secrete auf einen bestimmten Procentgehalt als Einheit bezogen werden. Wir setzen demnach für die drei ersten Versuche den Gehalt des Parotidensecretes, für den vierten den Gehalt des Submaxillarsecretes, gleich Eins. Dann ergeben sich folgende Verhältnisszahlen.

Tabelle II.

	Rückstand.	Org. Substanz.	Salze.	Lösl. Salze.	Alkalescenz als Na_2CO_3 .	Chlorgehalt als ClNa .	Unlös. Salze.	CaO unlös. Salze.
Hund I	{ Parotis	1	—	—	1	1	—	—
	{ Submax.	1,43	—	—	1	0,84	1,4	—
	{ Subling.	2,465	—	—	1,96	0	2,95	—
Hund II	{ Parotis	1	1	1	1	1	1	1
	{ Submax.	1,52	11,0	0,7	0,67	0,41	1,92	0,93
	{ Subling.	2,07	3,17	2,0	2,0	0	13,85	1,51
Hund III	{ Parotis	1	1	1	1	1	1	1
	{ Submax.	2,07	2,55	1,61	1,61	0,65	3,87	1,35
	{ Subling.	1,7	1,075	2,3	2,5	0	9,58	0,44
Hund IV	{ Submax.	1	1	1	1	—	1	—
	{ Subling.	1,02	0,545	1,48	1,55	s. schw. Alkal.	—	0,405

Eine Durchmusterung der Tabelle lehrt, dass in derselben keine der Merkel'schen Hypothesen eine Stütze findet.

- 1) Das Sublingualsecret sollte nach Merkel reich an organischer Substanz, arm an Wasser und an Salzen, besonders an Kalk sein, Dank der relativ bedeutenden Entwicklung des Alveolarepithels und dem Mangel des specifischen Schaltstück- und Stäbchenepithels. In Wirklichkeit ist es an organischen Substanzen durchgängig ärmer, als das Submaxillarsecret, an Salzen durchgängig viel reicher und an Kalk etwas reicher. Bei dem zweiten Versuche waren allerdings die absoluten Mengen des zur Analyse verwandten Secrets so gering, dass die Kalkbestimmung nicht volle Sicherheit beanspruchen darf. Bei dem dritten Versuche aber, wo über 9 grm Secret zur Disposition standen, erscheint sie vollkommen einwurfsfrei. — Der Wassergehalt, für welchen nach Merkel die Schaltstücke zu sorgen haben, sollte bei dem Sublingualspeichel weit geringer sein als bei den übrigen Secreten. Er ist aber in Versuch IV ebenso gross, bei III ein wenig grösser,

bei II u. I ein wenig kleiner als in dem Submaxillarspeichel. Die Geringfügigkeit des Unterschiedes in den beiden letzteren Versuchen entspricht durchaus nicht der Hypothese Merkel's, nach welcher die Differenz sehr gross sein müsste; die beiden ersteren Versuche (III und IV) sprechen direct gegen dieselbe.

2) Der Parotisspeichel des Hundes müsste der reichen Entwicklung des Stäbchenepithels wegen weit salz- und namentlich kalkreicher sein, als der Sublingualspeichel. In dem letzteren ist aber die Gesamtsumme der Salze doppelt so gross und die Kalkmenge ungefähr ebenso gross, als in dem ersteren.

Ausser den Versuchen an den drei Speichelarten des Hundes haben wir auch einige Beobachtungen an dem Parotidenspeichel des Kaninchens angestellt, deren Resultate die folgende Tabelle enthält:

Tabelle III.

Kaninchen.	Dauer des Auffangens.	Injicirtes Pilocarpin.	Menge des Secretes.	Wasser.	Feste Bestandtheile.	Organische Substanzen.	Salze.	In H ₂ O unlösl. Salze.	CaO derselb.	In H ₂ O lösl. Salze.	Alkaliesceenz als Na ₂ CO ₃ .	Chlor als ClNa.
I	2 Std.	0,01 gr	16,27 gr	98,52	1,48	0,62	0,86	0,024	0,010 (?)	0,84	—	—
II	2 „	0,02 „	13,79 „	98,80	1,20	0,35	0,85	0,029	0,007 (?)	0,83	0,085	0,68
III	2 „	0,03 „	52,96 „	98,93	1,09	0,29	0,804	0,008	0,0015	0,796	0,070	0,706

Merkel erwartet von der Parotis des Kaninchens, dass ihr Secret ganz besonders wässerig und dabei kalkfrei (S. 18) oder kalkarm (S. 24) sei.

Der mittlere Wassergehalt des obigen Parotidenspeichels beträgt 98,75; für die Submaxillaris des Hundes ist er in der obigen Tabelle 98,68, für die Sublingualis 98,47. Die Werthe sind also nahezu gleich, trotzdem dass die nach Merkel Wasser secernirenden Schaltstückepithelien in der letzteren Drüse ganz fehlen, in der Kaninchenparotis sehr ausgebildet sind.

Wenn ferner die Stäbchenepithelien für die Salzabsonderung verantwortlich gemacht werden sollen, so wird dieser Hypothese so wenig aus der Kaninchendrüse, wie aus den Hundedrüsen eine Stütze erwachsen können. Der Salzgehalt des Parotidenspeichels

von Kaninchen ist trotz der reichlichen Stäbchenepithelien geringer (0,80—0,86), als der Salzgehalt des Sublingualspeichels vom Hunde (0,94—1,34).

Allenfalls könnte der geringe Kalkgehalt des Ohrspeichels beim Kaninchen von Merkel für seine Hypothese verwerthet werden (da die Speicheldrüsen dieser Drüse durch Pyrogallussäure sich nicht bräunen), wenn nicht der relativ hohe Kalkgehalt des Sublingualspeichels beim Hunde trotz des Mangels der Stäbchenepithelien oder wenigstens trotz ihrer verschwindend geringen Ausbildung der entschiedensten Protest gegen den von Merkel vermutheten Zusammenhang zwischen Stäbchenepithel und Kalkabsonderung einlegten.

Die Hoffnung, die ausserordentlichen Verwicklungen des Absonderungsvorgangs in den Speicheldrüsen durch Vertheilung mehrerer absondernder Rollen auf mehrere histologische Drüsenelemente dem Verständnisse näher zu bringen, hat sich bezüglich der an sich ja sehr interessanten Untersuchung Merkel's leider nicht verwirklicht. Seine Hinweisungen auf die Differenzen der quantitativen Ausbildung, welche die Speichelgänge verschiedener Drüsen in ihren einzelnen Abtheilungen zeigen, bleiben werthvolle Ergebnisse seiner Studien, auch wenn ihr Sinn für jetzt noch nicht klar liegt. Aber es hat sich wiederum gezeigt, wie bedenklich es ist, auf mikrochemische Farbenreactionen allein bestimmte Schlüsse zu gründen; sie haben sich nur allzu oft als trügerisch erwiesen. Als Virchow vor einigen dreissig Jahren die Blaufärbung der corpuscula amylacea durch Jod und Schwefelsäure entdeckte, glaubte er zuerst in ihnen Gebilde vor sich zu haben, welche aus pflanzlicher Cellulose beständen, bis die Elementaranalyse den Stickstoffgehalt der Amyloidsubstanz nachwies. Die Jodschwefelsäurereaction hatte Veranlassung gegeben, ganz verschiedene Dinge zu identificiren, wie Merkel durch die ähnliche Pyrogallussäurereaction des Kalkes und der Stäbchenepithelien bewogen wurde, ersteren in letzteren zu suchen. Da aber die Gld. sublingualis Stäbchenepithelien höchstens in verschwindender Menge, ja überhaupt keine mit Pyrogallussäure sich bräunenden Elemente besitzt und trotzdem ein Secret von nicht geringem Kalkgehalt liefert, erwies sich der Schluss aus der Farbenreaction als unhaltbar. Es soll damit nicht gesagt sein, dass jene Epithelien mit der Absonderung überhaupt Nichts zu schaffen hätten; ihren etwaigen Antheil an der-

selben kennen wir aber noch nicht und er wird um so fraglicher, als die von Merkel beschriebenen secretorischen Veränderungen der Stäbchen im hiesigen Institute nicht wiedergefunden werden konnten, worüber demnächst Hr. Weinhold in seiner Inaugural-Dissertation Ausführlicheres berichten wird.

4. Die Steigerung des procentischen Salzgehaltes des Speichels durch Verstärkung der Reizung.

Die folgenden Versuche wurden sämmtlich an der Gld. submaxillaris chloralisirter und curarisirter Hunde angestellt. Zur Gewinnung des Speichels diente die in bekannter Weise eingeleitete Reizung der chorda tympani durch die Inductionsströme des Magnetelectromotors. Ich muss ausdrücklich hervorheben, was bei den Speichelversuchen im hiesigen Institute seit langer Zeit bemerkt worden ist, dass der Erfolg der Reizung nicht bloss von der Stellung der secundären Rolle des Inductoriums, sondern in überraschend hohem Maasse auch von dem Orte des Nerven abhängt, an welchem die (immer einander sehr genäherten) Electroden liegen; kleine Verrückungen können schon sehr erhebliche Schwankungen der Absonderungsgeschwindigkeit herbeiführen. Die Ursache liegt ohne Zweifel in dem neuerlich von Grützner und von Hering hervorgehobenen Umstande, dass in der Nähe des Nervenquerschnittes der Nervenstrom sich zu den erregenden Strömen algebraisch summirt, was in dem vorliegenden Falle um so erheblichere Einwirkung hat, als die erregenden Ströme an sich sehr schwach sind. Der Oeffnungsinductionsstrom, auf welchen es wesentlich ankommt, wird mithin, je nach seiner Richtung, durch den Nervenstrom bei Annäherung der Electroden an den Querschnitt einen merklichen positiven oder negativen Zuwachs erfahren.

Ich lasse nun zunächst eine tabellarische Uebersicht über meine gesammten Zahlen folgen, zu welcher eine weitere Erläuterung nicht nöthig ist.

Tabelle
(Unmittelbare

No. des Versuchs.	No. der Reizung.	Dauer der Reizung.	Schlittenstand.	Secretmenge.	Secretmenge in 1 Min.	Wasser.	Feste Theile.	Organ. Substanzen.
I	1	93 Min.	370—335	16,48	0,177	99,01	0,99	0,60
	2	15 "	280—140	12,03	0,802	98,72	1,28	0,76
	3	63 "	320—295	17,29	0,274	99,59	0,41	0,12
	4	18 "	230—130	12,93	0,718	99,23	0,77	0,37
II	1	100 "	385—335	17,64	0,176	99,35	0,65	0,30
	2	16 "	300—240	14,23	0,890	98,45	1,55	1,12
	3	75 "	350—335	16,16	0,216	99,67	0,33	0,12
	4	15 "	240—210	16,24	1,082	98,94	1,06	0,64
III	1	55 "	405—363	11,49	0,209	99,07	0,926	0,51
	2	5 "	280	12,47	2,494	98,20	1,798	1,03
	3	26 "	342—335	9,74	0,375	99,15	0,848	0,41
	4	5 "	300—260	12,44	2,488	98,55	1,453	0,74
	5	71 "	340—320	14,00	0,197	99,53	0,474	0,17
	6	12 "	280—260	18,86	1,572	98,94	1,064	0,41
IVa	1	64 "	320—300	15,40	0,241	98,91	1,09	0,70
	2	12 "	240—230	14,18	1,182	98,60	1,40	0,78
	3	39 "	300	13,21	0,339	99,47	0,53	0,21
	4	11 "	220—170	11,36	1,033	98,91	1,09	0,56
IVb	1	64 "	300—280	14,63	0,229	99,02	0,98	0,60
	2	12 "	240—210	13,16	1,092	98,76	1,24	0,79
	3	39 "	285—275	11,28	0,289	99,56	0,44	0,19
	4	11 "	220—170	12,48	1,135	98,83	1,17	0,73
Va	1	46 "	390—355	10,83	0,235	98,94	1,06	0,58
	2	15 "	250—140	15,68	1,045	98,14	1,86	1,09
Vb	1	46 "	365—330	11,47	0,249	98,86	1,14	0,64
	2	16 "	310—260	12,17	0,761	98,43	1,57	—
VIa	1	39 "	370—300	9,72	0,249	98,65	1,35	0,88
	2	16 "	310—250	8,74	0,546	98,05	1,95	1,33
	3	51 "	310—275 resp. 335	11,27	0,221 0,467	98,31 98,57	0,69 1,43	0,38 0,89
VIb	4	18 "	240—160	8,40	—	—	—	—
	1	36 "	365—300	9,5	0,26	—	—	—
	2	20 "	240—190	8,65	0,432	97,44	2,56	1,90
	3	47 "	300—280 resp. 320	11,59	0,247	99,11	0,89	0,47
4	11 "	280—260	8,91	0,810	98,78	1,22	0,69	

IV.

Versuchsergebnisse.)

Salze.	Unlösliche Salze.	CaO der unlösl. Salze.	Lösliche Salze.	Chlorgehalt auf ClNa berechnet.	Alkal. auf Na ₂ CO ₃ berechn.	Bemerkungen.
0,39	0,034	0,014	0,36	0,28	0,032	Hund. Submaxillardrüse. Chordareizung. Sympath. durchschnitten. Vor dem Versuch viel Speichel verloren.
0,52	0,021	0,011	0,49	0,35	0,101	
0,29	0,014	0,008	0,27	0,14	0,037	
0,40	0,010	0,006	0,39	0,30	0,033	
0,35	0,019	0,011	0,34	0,29	0,042	Alles ebenso. Sympath. nicht durchschnitten. Der Hund hat vorher keinen Speichel verloren.
0,43	0,060	0,015	0,37	0,30	0,067	
0,21	0,015	0,009	0,20	0,13	0,029	
0,42	0,030	0,012	0,39	0,27	0,046	
0,41	0,023	0,019	0,39	0,28	0,078	Sympath. durchschnitten. Chordareizung, Der nicht sehr grosse Hund secretirt ausgezeichnet.
0,77	0,057	0,021	0,71	0,58	0,085	
0,44	0,028	0,018	0,41	0,31	0,060	
0,71	0,023	0,019	0,69	0,55	0,098	
0,31	0,022	0,014	0,28	0,19	0,042	
0,65	0,017	0,007	0,64	0,50	0,090	
0,39	0,053	0,021	0,34	0,21	0,040	
0,62	0,090	0,017	0,53	0,41	0,040	
0,32	0,014	0,013	0,31	0,22	0,030	
0,53	0,022	0,015	0,50	0,35	0,070	
0,38	0,047	0,018	0,34	1)		
0,45	0,031	0,015	0,45			
0,25	0,015	0,011	0,24			
0,44	0,025	0,013	0,42			
0,48	0,029	0,014	0,45	0,31	0,10	Abwechselnd Reizung beider Seiten a = rechts, b = links. Die Secrete auffallend stark alkalisch.
0,77	0,072	0,018	0,70	0,49	0,11	
0,50	0,017	0,015	0,48	0,31	0,09	
—	—	0,013	—	—	—	
0,48	0,032	0,011	0,44	0,33	0,074	Abwechselnd. Reizung beider Drüsen bei verschieden grosser Verstärkung auf beiden Seiten.
0,62	0,046	0,024	0,57	0,43	0,091	
0,31	0,018	0,017	0,29	0,22	0,080	
0,53	0,027	0,019	0,51	0,40	0,101	Bei a ₃ und b ₃ wurde ein neues Element genommen, so dass der Schlittenstand geändert werden musste.
0,66	0,067	0,027	0,59	0,44	0,098	
0,43	0,016	0,016	0,41	0,29	0,101	
0,53	0,009	0,015	0,52	0,37	0,142	

1) Bei IVb wurde in der Lösung der löslichen Salze das Ca als CaO bestimmt. Es ergab sich für 1 = 0,0034, für 2 = 0,0068, für 3 = 0,0027, für 4 eine unmessbar kleine, aber doch deutlich sichtbare Menge.

Die Zahlen der vorliegenden Tabelle bestätigen durchgehends den von Heidenhain aufgestellten Satz, dass mit der Verstärkung der Reizung nicht bloss die Absonderungsgeschwindigkeit des Wassers wächst, sondern auch die der festen, sowohl der organischen als der anorganischen, Bestandtheile des Secretes, und zwar die der festen Bestandtheile in höherem Maasse als die des Wassers, so dass der procentische Gehalt der Flüssigkeit in Folge der Reizverstärkung in die Höhe geht.

Bei näherer Vergleichung der früheren Zahlenergebnisse Heidenhain's¹⁾ mit den meinigen ergeben sich nur zwei unwesentliche Unterschiede. Erstens ist in H.'s Zahlen das Maximum des Procentgehaltes an Salzen 0,66%, während in meinen Zahlen zwei Mal die Ziffer 0,77% vorkommt; die Differenz rührt vermuthlich von dem Grade der Reizverstärkung her.

Zweitens zeigt sich in H.'s Tabelle nach einer stärkeren Reizung häufig, so lange die Drüse nicht ermüdet war, eine Nachwirkung, welche sich in der Zusammensetzung des Secretes der nächstfolgenden schwächeren Reizung äussert. „Wenn man zwischen zwei ungefähr gleich schwache Reizungen eine stärkere einschleibt, so sinken bei der zweiten schwachen Reizung die Absonderungsgeschwindigkeit und der Salzgehalt ungefähr auf die Werthe, welche sie bei der ersten schwachen Reizung hesitzen, während der Gehalt an organischen Substanzen hoch über seinem Anfangswerthe stehen bleibt.“ Dieses Verhalten zeigen die Zahlen meiner Tabelle nirgends, und zwar aus folgendem Grunde. Bei Heidenhain's Versuchen wurden zur chemischen Bestimmung immer nur 3—4 grm Speichel aufgefangen, bei meinen Versuchen die drei- bis vierfache Menge. Die Nachwirkung der starken Reizung bezieht sich nur auf die allererste Speichelmenge, welche nach derselben durch schwächere Reizung gewonnen wird. Von der Zusammensetzung dieses ersten Speichels können meine Zahlen keine Vorstellung geben, weil derselbe nicht für sich, sondern gemischt mit der doppelten bis dreifachen Menge späteren Secretes aufgefangen wurde, welches letztere an Procentgehalt sehr erheblich verarmt ist.

Nach diesen Vorbemerkungen gehe ich nun zur genaueren Discussion meiner Zahlen mit Bezug auf die Frage über, in deren

1) Dies Archiv Bd. XVII, S. 3.

Interesse meiner Untersuchung unternommen wurde. Um die Uebersicht zu erleichtern, leite ich aus der die unmittelbaren Versuchsergebnisse enthaltenden Tabelle IV eine übersichtlichere Tabelle V in folgender Weise ab. Indem ich für je zwei aufeinander folgende Reizungen, von denen die erstere die schwächere, die zweite die stärkere ist, die der ersten entsprechenden Ziffern (für Absonderungsgeschwindigkeit, Procentgehalt u. s. f.) in die der zweiten Reizung entsprechenden Ziffern dividire, erhalte ich Verhältnisszahlen, welche ich als „Verstärkungsquotienten“ bezeichnen will. Die folgende Tabelle giebt diese Quotienten in vollständiger Uebersicht.

Tabelle V.

(Aus der Tab. IV abgeleitete Verstärkungsquotienten.)

No. des Versuchs.	No. der Reizung.	Secretmenge in 1 Min.	Fester Rückstand.	Organische Substanz.	Salze.	Unlösliche Salze.	CaO der unlöslichen Salze.	Lösliche Salze.	ClNa.	N ₂ CO ₃ .
I	1 u. 2	4,50	1,28	1,26	1,33	0,62	0,79	1,36	1,25	3,16
	3 u. 4	2,62	1,88	3,00	1,38	0,71	0,75	1,44	2,14	0,98
II	1 u. 2	5,05	2,38	3,73	1,22	3,15	1,36	1,08	1,03	1,59
	3 u. 4	5,00	3,21	5,33	2,00	2,00	1,33	1,95	2,08	1,59
III	1 u. 2	12,37	1,94	2,01	1,86	2,48	1,11	1,82	2,10	1,09
	3 u. 4	6,63	1,71	1,15	1,61	0,82	1,04	1,68	1,78	1,63
	5 u. 6	5,40	2,24	2,44	2,13	0,79	0,57	2,24	2,60	2,14
IV a	1 u. 2	4,10	1,28	1,11	1,58	1,70	0,81	1,50	1,95	1,00
	3 u. 4	3,04	2,05	2,66	1,65	1,57	1,15	1,61	1,59	2,33
IV b	1 u. 2	4,76	1,26	1,35	1,18	0,66	0,83	1,32	—	—
	3 u. 4	3,92	2,65	3,84	1,76	1,66	1,18	1,75	—	—
V a	1 u. 2	4,44	1,75	1,88	1,60	2,48	1,29	1,55	1,53	1,10
V b	1 u. 2	3,06	1,38	—	—	—	2,20	—	—	—
VI a	1 u. 2	2,19	1,44	1,51	1,29	1,44	2,18	1,30	1,30	1,22
	3 u. 4	2,11	2,06	2,34	1,71	1,50	1,12	1,73	1,82	1,26
VI b	3 u. 4	3,28	1,37	1,47	1,23	0,56	0,94	1,27	1,28	1,41

Ein Blick auf die vorstehende Tabelle lehrt, dass die Verstärkungsquotienten für die Absonderungsgeschwindigkeit, den Procentgehalt sowohl an gesammtem festem Rückstand, als an organischer Substanz und an Salzen, ferner für den Gehalt an löslichen Salzen im Ganzen, wie an Chloriden im Besondern ausnahmslos

positiv sind. Auch für das kohlensaure Natrium ist der Quotient in der grossen Mehrzahl der Fälle positiv, für die unlöslichen Salze dagegen schwankend, und zwar in 9 Fällen positiv, in 6 Fällen negativ.

Auf das die unlöslichen Salze betreffende Ergebniss glaube ich keinen zu grossen Werth legen zu sollen, da ihre absolute Menge doch sehr gering ist; sie betragen höchstens den sechsten Theil, in einzelnen Fällen aber sogar weniger als den dreissigsten Theil der löslichen Salze. Das Durchschnittsverhältniss der unlöslichen zu den löslichen Salzen ist 1:16,7 — wobei nur die letzte Ziffer der IV. Tabelle, als zu sehr abweichend, ausser Berechnung gelassen ist.

Um so grösseres Gewicht ist auf die Thatsache zu legen, dass der Verstärkungsquotient für den Procentgehalt an löslichen Salzen ausnahmslos positiv ist. Bei Verstärkung der Reizung nimmt also ihre Ausscheidung in stärkerem Verhältnisse zu als die des Wassers. Was für die löslichen Salze im Allgemeinen gilt, gilt auch im Besondern für die Chloride, welche den grössten Theil derselben ausmachen.

Es dürfte schwer gelingen, dies Ergebniss mit einer einfachen physikalischen Diffusions- oder Filtrationshypothese des Absonderungsvorganges in Einklang zu bringen; dasselbe zeigt nur von Neuem die ausserordentlichen Verwickelungen des Secretionsprocesses.

Aber freilich wissen wir auch mit dem Verhalten der Chloride im Blutplasma wenig genau Bescheid. Der Gehalt desselben an Chlornatrium ist nach der zusammenfassenden Erörterung Hoppe-Seylers¹⁾ nahezu unveränderlich und zwar ungefähr 0,5%; Steigerungen und Verminderungen in der Zufuhr durch den Darmkanal gehen entsprechende Aenderungen in der Ausscheidung durch die Nieren parallel. Angesichts der grossen Constanz des Chlornatriumgehaltes im Blutserum betont Hoppe-Seyler die Schwierigkeit, das Chlornatrium aus demselben durch Diffusion mit Wasser zu entfernen; nur durch sehr anhaltendes Behandeln im Dialysator werde das ClNa einigermassen von den zurückbleibenden Eiweissstoffen abgetrennt. Es sei hiernach anzunehmen, dass das Chlornatrium in einer Verbindung mit einem Eiweiss-

1) Hoppe-Seyler, Physiologische Chemie. Berlin 1881, S. 435.

stoffe im Blutserum enthalten sei, welche durch lange Diffusion mit Wasser allmählich dissociirt werde.

Folgt man diesem Gedankengange, so liegt es nahe anzunehmen, dass das Chlor nicht als freies Natriumchlorid, sondern in jener hypothetischen Eiweissverbindung in das Secret übergehe, — eine Hypothese, welche vielleicht darin eine besondere Stütze finden könnte, dass die Verstärkungsziffern für den Gehalt an organischen Substanzen und an Chloriden ziemlich Hand in Hand mit einander gehen. Ordnet man nämlich in Tabelle V die Verstärkungsefficienten für die organischen Procente in den einzelnen Versuchen in aufsteigender Reihe, so zeigt sich, dass die gleiche Reihenfolge auch für die löslichen Salze im Allgemeinen und für die Chloride gilt, wie folgende Uebersicht lehrt.

Tabelle VI.

No. des Versuchs.	No. der Reizung.	Organ. Substanz.	Lösliche Salze.	ClNa.	Na ₂ CO ₃ .
I	1 u. 2	1,26	1,36	1,25	3,16
	3 u. 4	3,00	1,44	2,14	0,98
II	1 u. 2	3,73	1,08	1,03	1,59
	3 u. 4	5,33	1,95	2,08	1,59
III	3 u. 4	1,15	1,68	1,78	1,63
	1 u. 2	2,01	1,82	2,10	1,09
	5 u. 6	2,44	2,24	2,60	2,14
IVa	1 u. 2	1,28	1,50	1,95	1,00
	3 u. 4	2,66	1,61	1,59	2,33
IVb	1 u. 2	1,26	1,32	—	—
	3 u. 4	3,84	1,75	—	—
VIa	1 u. 2	1,51	1,30	1,30	1,22
	3 u. 4	2,34	1,73	1,82	1,26

Trotzdem dass diese Zahlenreihen der besprochenen Hypothese günstig erscheinen, warnt genauere Ueberlegung doch vor zu schnellem Eingehen auf dieselbe.

Denn der quantitativ bei Weitem vorwiegende organische Körper in dem Secrete der Unterkieferdrüse ist das Mucin, welches in der Drüse selbst gebildet wird. Albuminate finden sich

nur in äusserst geringer Menge, viel zu klein, um die grossen Mengen von Chloriden in chemischer Bildung mit sich zu führen.

Dazu kommt, dass in dem albuminatreicheren Secrete der Eiweissdrüsen der Gehalt an Eiweiss und an Salzen durchaus nicht immer parallel geht. Für die Parotis des Kaninchens z. B. fand Heidenhain¹⁾:

	Salze	Albuminate
in dem durch Reizung des Sympathicus gebildeten Speichel	0,42%	5,46%
in dem durch Pilocarpin gewonnenen Speichel	0,82%	0,31%.

Der viel albuminatreichere sympathische Speichel ist hier also gleichzeitig viel ärmer an Salzen.

Der Parotidenspeichel des Hundes ferner kann, wenn er bei Reizung des *nv. Jacobsonii* gebildet wird, durch gleichzeitige Reizung des Sympathicus an Albuminaten ausserordentlich bereichert werden, während der Salzgehalt sich nur wenig ändert²⁾.

Diese und andere ähnliche Erfahrungen machen die beim ersten Anblicke einladende Annahme unmöglich, dass die Chloride in den Speichel gebunden an organische Substanzen übergehen.

Aber wenn auch nicht in das Secret der Drüse, so doch vielleicht in ihre Zellen.

Denn es ist nicht ausser Acht zu lassen, dass die Vorgänge in den Zellen nicht bloss in der Einleitung der Wassersecretion und in der Abgabe präformirter Secretbestandtheile bestehen, sondern dass gleichzeitig auch das Protoplasma der Zellen an Masse zunimmt. Die Vermehrung desselben kann nur auf Kosten in die Zellen eintretender Albuminate geschehen. Dass bei stärkerer Reizung auch stärkeres Wachstum des Protoplasmas stattfindet, was natürlich stärkeren Verbrauch von Albuminaten bedingt, ist ausser Zweifel gestellt. Und so wäre es nicht unmöglich, dass die Steigerung des Gehaltes an Salzen resp. Chloriden in dem Secrete, welche bei Verstärkung der Reizung stattfindet, ein Ausdruck für

1) Ueber secretorische und trophische Drüsenerven. Dies Archiv Bd. XVII, S. 38.

2) Ueber secretorische und trophische Drüsenerven. Dies Archiv Bd. XVII, S. 31.

das rapidere Wachstum des Zellprotoplasmas wäre, welches aus dem Blute Albuminate in Verbindung mit Salzen empfängt, um jene als Baumaterialien für seinen Leib zu verbrauchen, diese an das Secret freizugeben. Doch werden über die Zulässigkeit dieser Hypothese erst künftige Erfahrungen entscheiden müssen.

(Physiologisches Laboratorium Bonn.)

Ueber die Wirkung der Wasserstrahlpumpe und die zweckmässige Einrichtung des Exsiccators.

Von

E. Pflüger.

Wenn man mit der Wasserstrahlpumpe, für welche mir ein Druck von 4 Atmosphären zu Gebote steht, einen Raum entleert, so sinkt bei einer Temperatur von 15–16° C. der Druck in demselben schliesslich bis auf den Werth von 11 mm Quecksilber.

Ich habe nun entdeckt, dass diese Spannung nur oder fast nur durch Wasserdampf und nicht mehr durch Luft bedingt ist. Der Beweis ist folgender.

Eine grosse Glasflasche sei durch einen eingeschliffenen durchbohrten Glasstopfen, der in ein mit Hahn versehenes Rohr ausläuft, hermetisch verschliessbar. Nachdem die Wasserstrahlpumpe die inwendig mit Wasser benetzte Flasche unter Vermittlung des mit Hahn versehenen Rohres entleert hat, bringt man dann das letztere mit dem Trockenraum meiner Quecksilberpumpe in hermetische Verbindung und evacuirt bis zu dem genannten Hahne der Flasche vollständig. Sobald die Barometerprobe der Trockenräume der Quecksilberpumpe auf Null steht, öffne man den Hahn der Flasche: die Barometerprobe bleibt unbewegt. Also enthielt die Flasche keine Luft mehr, welche von der Wasserstrahlpumpe vollständig ausgesogen worden war. Der Wasserdampf aber kann zur Barometerprobe der Quecksilberpumpe nicht gelangen, weil er auf seinem Wege dahin von der Schwefelsäure der Bimsteinstücke im Trockenraum absorbiert wird. Es drängt sich nun zunächst der Verdacht auf, dass ich mit der Quecksilberpumpe die von der Wasserstrahlpumpe vielleicht unvollständig evacuirte Flasche trotz