

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Münster i. W.)

Beiträge zur Physiologie der Verdauung.

I. Mitteilung.

Die Eigenschaften und die Zusammensetzung des durch Scheinfütterung gewonnenen Hundemagensaftes.

Von

R. Rosemann.

Einleitung.

Durch die von Pawlow und Schumowa-Simanowskaja¹⁾ angegebene Methode der „Scheinfütterung“ sind wir in den Stand gesetzt, absolut reinen Magensaft in beinahe beliebig grossen Mengen zu gewinnen; nur das Sekret der Milchdrüsen und der Nieren steht in ähnlicher Quantität zur Verfügung. Während aber Milch und Harn eine grosse Reihe verschiedenartigster Substanzen gemengt enthalten, zeichnet sich der Magensaft ihnen gegenüber durch eine verhältnismässig einfache Zusammensetzung aus. Die Funktion der Milchdrüse, eine für den wachsenden Organismus geeignete Ernährungsflüssigkeit herzustellen, die Funktion der Niere, die für den Organismus überflüssigen, schädlichen oder ihm fremdartigen Stoffe aus demselben auszuschcheiden, bringt es mit sich, dass die Drüsenthätigkeit in diesen Fällen sehr verschiedenartigen Aufgaben angepasst sein muss, was ein Verständnis der hierbei in Betracht kommenden Vorgänge in entsprechendem Maasse erschweren wird. Bei den Magendrüsen liegen die Verhältnisse einfacher, da hier das Sekret nur einer einzigen, im wesentlichen sich stets gleichbleibenden Bestimmung zu dienen hat und dementsprechend einfacher zusammen-

1) J. P. Pawlow und E. O. Schumowa-Simanowskaja, Beiträge zur Physiologie der Absonderungen. Die Innervation der Magendrüsen beim Hunde. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1895 S. 54. — J. P. Pawlow, Die Arbeit der Verdauungsdrüsen. Deutsch von A. Walther S. 13 u. 63. Wiesbaden 1898.

gesetzt sein kann. Wenn wir überhaupt hoffen dürfen, in die Vorgänge bei der Drüsentätigkeit etwas weiter einzudringen, als das bisher leider der Fall ist, so dürfte dafür gerade eine Drüse, bei der die Aufgaben und Bedingungen ihrer Tätigkeit vergleichsweise so einfach liegen, wie bei den Magendrüsen, in besonderem Maasse geeignet erscheinen. Die selbstverständliche Voraussetzung einer derartigen Untersuchung müsste freilich eine möglichst eingehende Kenntnis der Eigenschaften und der Zusammensetzung des betreffenden Drüsensekretes, zunächst unter normalen, dann unter experimentell abgeänderten Bedingungen sein. Es ist nun sehr auffallend, dass unsere Kenntnisse von den Eigenschaften und der Zusammensetzung des Magensaftes, obwohl derselbe jetzt so leicht zugänglich ist, noch ziemlich geringfügige sind, jedenfalls weit zurückstehen gegen die Kenntnis der Eigenschaften und der Zusammensetzung von Milch und Harn.

Es existiert eigentlich nur eine einzige Veröffentlichung über eine etwas eingehendere Analyse des Magensaftes von Frau Schoumow-Simanowsky¹⁾. Daneben finden sich in der Literatur nur gelegentliche Angaben über einzelne Eigenschaften oder Bestandteile des Magensaftes, auf die ich weiter unten zurückkommen werde. Wie wenig Beachtung aber auch diese Mitteilungen bisher gefunden haben, geht wohl am besten aus der Tatsache hervor, dass eine Reihe von Lehrbüchern der Physiologie²⁾ [mit Ausnahme des Lehrbuchs von Tigerstedt³⁾] die Zusammensetzung des Magensaftes auf Grund der alten Analysen von Bidder und Schmidt⁴⁾ angeben, ohne

1) E. O. Schoumow-Simanowsky, Sur le suc stomacal et la pepsine chez les chiens. Archives des sciences biologiques publiées par l'institut impérial de médecine expérimentale à St.-Pétersbourg t. 2 p. 463—493. 1893. In deutscher Übersetzung: Archiv f. exper. Pathol. u. Pharmakol. Bd. 33. S. 336—352. 1894.

2) L. Hermann, Lehrbuch der Physiologie, 13. Aufl., S. 566. Berlin 1905. — M. v. Frey, Vorlesungen über Physiologie S. 145. Berlin 1904. — L. Landois-R. Rosemann, Lehrbuch der Physiologie des Menschen, 11. Aufl., S. 292. Berlin-Wien 1905. — E. A. Schäfer, Text-book of physiology vol. 1 p. 350. Edinburgh u. London 1898.

3) R. Tigerstedt, Lehrbuch der Physiologie des Menschen, 2. Aufl., Bd. 1 S. 257. Leipzig 1902.

4) F. Bidder und C. Schmidt, Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel S. 61, 70, 73. Mitau und Leipzig 1852. — C. Schmidt, Über die Konstitution des menschlichen Magensaftes. Annal. d. Chemie und Pharmazie Bd. 92 S. 46. 1854.

die wesentlich abweichenden Werte von Schoumow-Simanowsky zu erwähnen, obwohl daran kein Zweifel bestehen kann, dass, wie Hammarsten¹⁾ auch hervorhebt, die Analysen von Bidder und Schmidt sich auf unreinen Magensaft beziehen und daher von untergeordnetem Werte sind, während Schoumow-Simanowsky wirklich reinen Magensaft zur Untersuchung verwenden konnte. Die Analysen von Bidder und Schmidt geben daher, wie sich weiter unten zeigen wird, ein durchaus falsches Bild von der Zusammensetzung des Magensaftes. Selbst H. Friedenthal²⁾, der Hundemagensaft aus dem Pawlow'schen Institute zur Verfügung hatte, gibt den Gehalt des Magensaftes an festen Stoffen im Durchschnitt zu 27 pro Mille an, offenbar ebenfalls auf Grund der Analysen von Bidder und Schmidt; dieser Wert ist aber ungefähr 5 mal zu gross!

In auffallendem Gegensatz zu dieser mangelhaften Kenntnis von der Zusammensetzung des Magensaftes steht die Eilfertigkeit, mit der man bis in die neueste Zeit darangegangen ist, die Vorgänge bei der Magensaftabsonderung zu erklären, einzelne Erscheinungen dabei, wie die Bildung der Salzsäure, wohl gar auf „einfache physikalisch-chemische Prozesse“ zurückzuführen. Voraussetzung für einen derartigen Versuch sollte doch eine möglichst eingehende Kenntnis aller in dem Drüsensekrete vorkommenden Bestandteile sein und eine darauf gegründete Vergleichung der Zusammensetzung des Sekretes mit der Zusammensetzung derjenigen Flüssigkeit, aus der dasselbe in letzter Instanz doch unzweifelhaft stammt, d. h. des Blutes res. Blutplasmas. Eine derartige Vergleichung ist aber, soweit ich sehe, bisher niemals versucht worden.

Ich habe daher die in einer Reihe von Scheinfütterungsversuchen vom Hunde gewonnenen Magensäfte in der Absicht untersucht, mir ein möglichst vollständiges Bild von den Eigenschaften und der Zusammensetzung des Magensaftes zu verschaffen. Ich verhehle mir nicht, dass man die hierbei gefundenen Werte nicht ohne weiteres als Zusammensetzung des „normalen Hundemagensaftes“ ausgeben kann. Denn bei der Scheinfütterung wird ja ohne Frage der Magen-

1) O. Hammarsten, Lehrbuch der physiologischen Chemie, 6. Aufl., S. 355. Wiesbaden 1907.

2) H. Friedenthal, Beiträge zur Kenntnis der Fermente. 1. Teil: Die chemische Natur der Fermente. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1900 S. 186.

saft unter Bedingungen abgesondert, die von denen bei dem gewöhnlichen Ablauf der Verdauungsvorgänge nicht unwesentlich verschieden sind. Einmal kommt hier der Umstand in Betracht, dass bei der Gewinnung des Magensaftes durch Scheinfütterung das Sekret sogleich nach seiner Bildung das Mageninnere verlässt, während es unter gewöhnlichen Verhältnissen darin bleibt, also längere Zeit noch mit der Schleimhaut in Berührung ist. Wahrscheinlich wird die Menge des Sekretes im letzteren Falle geringer sein; vielleicht kann auch die Zusammensetzung dadurch geändert werden. Versuche nach dieser Richtung hin beabsichtige ich anzustellen. Und zweitens kommt bei der Scheinfütterung nur das eine Reizmoment zur Wirkung, welches durch die Aufnahme der Nahrung gegeben wird, dagegen fallen alle die Reize weg, die die Speisen bei ihrer Anwesenheit im Magen selbst auslösen. Den hierdurch gebildeten Magensaft kann man bekanntlich erhalten, wenn man bei einem Hunde einen sogenannten „kleinen Magen“ anlegt. Die Menge des aus einem solchen „kleinen Magen“ zu gewinnenden Sekretes ist aber so gering, dass diese Methode der Magensaftgewinnung, wenigstens zunächst, nicht für mich in Betracht kommen konnte. Auf etwaige Unterschiede des Sekrets aus einem „kleinen Magen“ und des durch Scheinfütterung erhaltenen Magensaftes wird weiter unten noch einzugehen sein.

Meine Versuche sind an einer Hündin angestellt, der ich am 30. Juni 1906 die Magenfistel und am 13. August 1906 die Oesophagusfistel angelegt habe. Bei der ersten Operation wog das Tier 23650 g, nach derselben nahm es infolge nicht ganz ausreichender Ernährung ziemlich stark ab und wog bei der zweiten Operation 21100 g; das Gewicht sank weiter und betrug am 19. August nur noch 18420 g. Während dieser Zeit hatte ich versucht, das Tier mit Suppen zu ernähren, die aus Tropon¹⁾, Schmalz und Wasser hergestellt wurden. Da dieses Verfahren sich aber nicht als zweckmässig erwies, ging ich vom 19. August an zu einer anderen Ernährung über. Aus gehacktem Pferdefleisch und geriebener Semmel (sog. Paniermehl), zuweilen mit einem geringen Zusatz von Kochsalz wurde (ungefähr im Verhältnis 5 : 2) eine gut knetbare Masse hergestellt, die in kleine

1) Das für diese Versuche erforderliche Tropon war mir von der Direktion der Tropon-Werke in liebenswürdigster Weise unentgeltlich zur Verfügung gestellt worden, wofür ich auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank ausdrücken möchte.

Würste von etwa Fingerlänge geformt wurde. Hiervon erhielt das Tier bei jeder Fütterung (morgens und abends) je 1 Pfund in den Magen geschoben, dazu zum Schluss $\frac{1}{2}$ Liter Milch. Bei dieser Ernährung nahm das Gewicht des Tieres schnell zu; es schwankte weiterhin zwischen 21 und 24 kg. In der zweiten Hälfte des Januars 1907 erhielt das Tier täglich drei Mahlzeiten von je 1 kg Fleisch-Semmelmischung (wie oben zubereitet) und dazu pro Tag 1 Liter Milch. Das Gewicht stieg dabei bis auf 27720 g. Wie sehr die Produktion des Magensaftes durch den wechselnden Ernährungs-zustand beeinflusst wird, wird sich weiter unten zeigen.

Ich teile im folgenden die Resultate von 25 Scheinfütterungsversuchen mit. Von diesen sind jedoch nur 17 unter gewöhnlichen Ernährungsverhältnissen angestellt; sie kommen für den Inhalt dieser Mitteilung im wesentlichen allein in Betracht. Die Versuche 7, 8, 9 und 10 sind bei reiner Fleischfütterung, also bei einer Cl-armen Ernährung, angestellt, die Versuche 13, 14, 15 und 16 bei Hunger. Ich werde auf diese Versuche in einer späteren Mitteilung, welche die Magensaftabsonderung bei Hunger und Cl-armer Diät behandeln wird, eingehender zurückkommen.

Vor jeder Scheinfütterung liess ich den Hund anfänglich $\frac{1}{2}$ —1 Tag hungern, um so „das leidenschaftliche Verlangen nach der Nahrung“, das nach Pawlow das eigentlich wirksame auslösende Moment bei der Scheinfütterung darstellt, möglichst zu steigern. Später habe ich dem Tier aber auch gelegentlich am Nachmittage des dem Versuch voraufgehenden Tages seine regelmässige Mahlzeit geben lassen; ich habe nicht bemerkt, dass dadurch das Resultat der Scheinfütterung irgendwie beeinflusst worden wäre; der Hund frass auch dann mit derselben Gier wie sonst. — Bei Beginn der Scheinfütterung liess ich zunächst den etwa im Magen vorhandenen Inhalt abfliessen, dann folgte in den ersten zehn meiner Versuche eine Spülung des Magens mit destilliertem Wasser. Von dieser Spülung bin ich später aber durchweg abgegangen. Einmal gewann ich den Eindruck, als ob unter dem Einfluss dieser Spülung besonders leicht ein Zurücktreten galligen Darminhalts in den Magen stattfand, und dann gelang es niemals, das zur Spülung verwandte Wasser wieder völlig aus dem Magen herauszubekommen; ein Teil desselben trat offenbar in den Darm über, ein Teil blieb wohl auf der Schleimhaut resp. in den Falten und Buchten derselben zurück. Dadurch wurde dann der zunächst nach der Spülung aufgefangene Magensaft verdünnt, und

erst die späteren Partien hatten offenbar die normale Zusammensetzung. Ich liess daher von Versuch 11 an die Spülung mit destilliertem Wasser fort; sogleich nach Entleerung des nüchternen Mageninhalts begann die Scheinfütterung und das Auffangen des Sekrets. Es wurde dann zunächst eine Viertelstunde lang der abfliessende Saft gesammelt (Magensaft 0— $\frac{1}{4}$). Dieser Saft spülte dann zugleich etwa noch vorhandenen Mageninhalt hinaus. Nach Schluss der ersten Viertelstunde wurde dann der Magensaft stündlich aufgefangen, meist 3 Stunden lang (bezeichnet als Magensaft $\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{4}$, $1\frac{1}{4}$ — $2\frac{1}{4}$, $2\frac{1}{4}$ — $3\frac{1}{4}$). In den ersten Versuchen habe ich zuweilen auch den Magensaft halbstündlich aufgefangen. — Im Versuch 2, der in einer andern Absicht angestellt wurde, war die Magenfistelkanüle während der Scheinfütterung verschlossen; nach Beendigung des Versuchs wurde der Saft, der sich inzwischen im Magen angesammelt hatte, soweit er nicht in den Darm übergetreten war, aufgefangen. Wegen dieser abweichenden Versuchsbedingungen nimmt auch dieser Versuch gegenüber den anderen eine Sonderstellung ein.

Bei der Scheinfütterung erhielt der Hund rohes, in Stücke geschnittenes Fleisch. Das aus der Oesophagusfistel herausgefallene Fleisch frass er aber nur sehr selten noch einmal; er verschmähte es auch, wenn es durch Waschen mit Wasser von dem anhängenden Speichel befreit war. Obwohl dieses Fleisch dann äusserlich dem frischen, noch nicht verwendeten Fleisch völlig glich, unterschied der Hund doch beide Fleischsorten stets mit grösster Sicherheit. Wurde das schon einmal verschluckte Fleisch dagegen ausgekocht, so frass es der Hund ohne Zögern nochmals. Gelegentlich wurde auch Brot und Semmel bei der Scheinfütterung verwendet und vom Hunde sehr gern genommen. Fast immer hatte das Tier bei der Scheinfütterung grossen Durst und soff vorgesetztes Wasser manchmal ohne Unterbrechung 5 Minuten lang. Dieser Durst war auch dann vorhanden, wenn an den dem Versuch vorhergehenden Tagen die Flüssigkeitsversorgung des Körpers anscheinend ausreichend gewesen war.

Physikalische Eigenschaften.

Menge. Die folgende Tabelle I gibt einen Überblick über alle 25 Versuche. Aus derselben ist das Körpergewicht, die Gesamtmenge des in jedem Versuch gewonnenen Magensaftes, die Dauer des Versuchs und die daraus berechnete durchschnittliche Saftmenge pro Stunde

Tabelle I.

Nr.	Datum	Gewicht des Hundes g	Dauer des Versuches Stunden	Gesamt- menge des Magensaftes ccm	Mittlere Menge d. Magensaftes pro Stunde ccm
1.	26. Aug. 1906	21 400	1 ³ / ₄	400	229
2.	3. Sept. 1906	21 750	—	160	—
3.	7. Sept. 1906	22 270	4 ¹ / ₂	612	136
4.	5. Okt. 1906	24 520	3 ¹ / ₂	621	177
5.	12. Okt. 1906	24 100	3 ¹ / ₂	917	262
6.	18. Okt. 1906	22 670	4 ¹ / ₂	580	129
7.	20. Okt. 1906	22 300	3	350	117
8.	24. Okt. 1906	21 030	3	443	148
9.	27. Okt. 1906	18 740	1	18	18
10.	31. Okt. 1906	18 900	1 ¹ / ₂	119	79
11.	30. Nov. 1906	—	3 ¹ / ₄	815	251
12.	12. Dez. 1906	—	3 ¹ / ₄	844	260
13.	13. Dez. 1906	—	2 ¹ / ₄	239	106
14.	14. Dez. 1906	—	2 ¹ / ₄	243	108
15.	15. Dez. 1906	—	3 ¹ / ₄	775	238
16.	17. Dez. 1906	—	3 ¹ / ₄	401	123
17.	11. Jan. 1907	21 820	3 ¹ / ₄	555	171
18.	15. Jan. 1907	21 870	3 ¹ / ₄	300	92
19.	19. Jan. 1907	22 070	3 ¹ / ₄	449	138
20.	26. Jan. 1907	25 770	3 ¹ / ₄	878	270
21.	1. Febr. 1907	—	3 ¹ / ₄	814	250
22.	5. Febr. 1907	26 650	3 ¹ / ₄	872	268
23.	9. Febr. 1907	27 720	3 ¹ / ₄	844	260
24.	16. Febr. 1907	27 600	3 ¹ / ₄	743	229
25.	23. Febr. 1907	26 400	3 ¹ / ₄	782	241

zu ersehen. Die Menge des Saftes schwankt in den einzelnen Versuchen sehr stark; alle Beobachter heben übereinstimmend hervor, dass gegenüber diesen Schwankungen der Prozentgehalt an Salzsäure als annähernd konstant bezeichnet werden kann. Wenn man die Versuche 2, 7—10 und 13—16 wegen der Besonderheiten der Versuchsanordnung (s. oben) ausser Betracht lässt, so variiert die absolute Menge des Magensaftes von 300 ccm (Versuch 18) bis 917 (Versuch 5) und die durchschnittliche stündliche Produktion von 92 ccm bis 270 (Versuch 20), beide Male also ungefähr um das Dreifache. Hierfür kommt in erster Linie der Ernährungszustand des Tieres in Betracht. Leider habe ich, da ich auf diese Beziehung erst später aufmerksam wurde, nicht in allen Versuchen das Körpergewicht zu Beginn des Versuchs notiert. In denjenigen Versuchen, in denen das Körpergewicht des Tieres über 24 kg lag, betrug die stündliche Saftmenge 229—270 ccm mit der einzigen Ausnahme des Versuchs 4, in dem bei einem Gewicht von 24 520 g doch nur 177 ccm pro Stunde produziert wurden. Umgekehrt betrug in den Versuchen

mit einem Körpergewicht von 21—23 kg die stündliche Saftmenge nur 92—138 ccm. Eine Ausnahme macht hier nur der Versuch 17, in dem trotz des niedrigen Gewichts von nur 21 820 g, doch 171 ccm pro Stunde zur Absonderung kamen. Eine zweite Ausnahme (Versuch 1) ist nur scheinbar; denn in diesem Versuch war die Versuchsdauer sehr viel kürzer als sonst; da aber, wie gleich hervorgehoben werden wird, die Absonderungsgeschwindigkeit im Anfang des Versuchs erheblich grösser als gegen das Ende ist, so wird bei einer derartig kurzen Versuchsdauer die stündliche Saftmenge natürlich höher erscheinen müssen als sonst. Im einzelnen ist natürlich die Beziehung zwischen Körpergewicht und Magensaftmenge keine strenge, aber im allgemeinen kann man doch wohl behaupten, dass die grösseren Saftmengen vorwiegend bei höherem Körpergewicht beobachtet werden. Dem entspricht auch, wie ich hier einer späteren Mitteilung vorgreifend bemerken möchte, das Verhalten der Saftmenge nach längerem Hunger. Nach dem letzten Versuch (25), in dem eine durchschnittliche stündliche Saftmenge von 241 ccm bei einem Körpergewicht von 26 400 g beobachtet worden war, wurde der Hund am Nachmittag des 23., am 24. und 25. Februar in der üblichen Weise gefüttert. Hätte ich am 26. Februar eine Scheinfütterung vorgenommen, so wäre mit Bestimmtheit eine hohe durchschnittliche Saftmenge pro Stunde zu erwarten gewesen. Statt dessen liess ich den Hund nunmehr 9 Tage hungern bis zum 6. März einschliesslich und machte am 7. März einen Scheinfütterungsversuch in der gewohnten Weise. Ich erhielt bei einem Körpergewicht des Hundes von 22 590 g in $3\frac{1}{4}$ Stunden 417 ccm, also pro Stunde 128 ccm.

Wenn ich unter Ausschluss der Versuche 1, 2, 7—10 und 13—16 aus den übrigbleibenden 15 Versuchen das Mittel nehme, so erhalte ich bei einer durchschnittlichen Versuchsdauer von 3,45 Stunden eine Gesamtmenge von 708 ccm pro Versuch, d. h. eine durchschnittliche stündliche Magensaftproduktion von 205 ccm. Pawlow¹⁾ gibt an, dass er von Hunden, die „so gierig waren, dass sie nicht müde wurden, 5 bis 6 Stunden lang (bei der Scheinfütterung) zu fressen, bis zu 700 ccm Magensaft“ erhalten habe, also pro Stunde 117—140 ccm. Hierbei dürfte allerdings die lange Dauer des Versuchs den Stunden-

1) J. P. Pawlow, Die Arbeit der Verdauungsdrüsen. Deutsch von A. Walther S. 64. Wiesbaden 1898.

wert heruntergedrückt haben. Konowaloff¹⁾, der immer nur während einer Stunde, also in der Periode der grössten Absonderungsgeschwindigkeit, den Magensaft sammelte, erhielt in 45 Sitzungen, die je 1 Stunde dauerten, 10 606 ccm, also pro Stunde 236 ccm. Bei meinen Versuchen betrug in den Versuchen 4, 5 und 6, in denen der Magensaft halbstündlich aufgefangen wurde (vgl. Tabelle II) die in der ersten Stunde abgesonderte Menge 343, 370, 314, im Mittel 342 ccm; in den Versuchen 11, 12, 17—25, in denen der Magensaft nach der ersten Viertelstunde in stündlichen Portionen gesammelt wurde (vgl. Tabelle III), betrug die Menge in der ersten Stunde (Zeitraum $\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{4}$) im Mittel der elf Versuche 337 ccm. Für kürzere Zeiträume wird die Geschwindigkeit voraussichtlich noch höher steigen können. Schoumow-Simanowsky²⁾ gibt an, dass die Absonderung des Saftes in ihren Versuchen bis auf 25 ccm in 5 Minuten sich steigerte, das würde einer stündlichen Menge von 300 ccm entsprechen. In meinen Versuchen war die Geschwindigkeit der Absonderung offenbar zuweilen noch wesentlich höher, betrug doch in Versuch 11 die in einer Stunde abgesonderte Menge sogar 430 ccm, zur Zeit der grössten Absonderungsgeschwindigkeit im Verlaufe dieser Stunde wird sie also noch höher gewesen sein. Natürlich müsste bei der Vergleichung der Werte für die Magensaftmenge, die verschiedene Untersucher gefunden haben, vor allem die verschiedene Grösse der Versuchstiere, die leider nicht immer angegeben ist, berücksichtigt werden.

Bei der Magensaftabsonderung wird dem tierischen Körper in verhältnismässig kurzer Zeit eine sehr grosse Flüssigkeitsmenge entzogen; in bezug auf die Geschwindigkeit der Absonderung dürften die Magendrüsen wohl den meisten Drüsen überlegen sein. Im Versuch 5, in dem die grösste Saftmenge zur Abscheidung gelangte, wurden in $3\frac{1}{2}$ Stunden 917 ccm abgesondert; dabei betrug das Körpergewicht des Tieres 24 100 g. Nimmt man die Blutmenge zu $\frac{1}{13}$ des Körpergewichts an, so hätte das Tier 1854 g Blut enthalten, die in $2\frac{1}{2}$ Stunden abgesonderte Magensaftmenge hätte also ungefähr die Hälfte der Blutmenge betragen. Das ist sicherlich eine sehr

1) P. Konowaloff, Die käuflichen Pepsinpräparate im Vergleich zum normalen Magensaft. Inaug.-Diss. St. Petersburg 1893 (russisch). Zitiert nach dem Referat in Maly's Jahresber. Bd. 23 S. 289. 1893.

2) E. O. Schoumow-Simanowsky, Über den Magensaft und das Pepsin bei Hunden. Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmakol. Bd. 33 S. 337. 1894.

starke sekretorische Leistung. Andererseits kommt während der Ruhe die Magensaftabsonderung vollkommen zum Stillstand. Für eine befriedigende theoretische Erklärung der Magensaftsekretion entsteht also nicht nur die Frage nach der Art der Kräfte, die eine so grosse Flüssigkeitsmenge in so kurzer Zeit zu befördern vermögen, sondern zugleich auch die nicht weniger schwere Aufgabe, das fast plötzliche Wirksamwerden dieser Kräfte beim Übergang von Ruhe zur Tätigkeit verständlich zu machen. Wenn auch unter gewöhnlichen Verhältnissen die Menge des abgesonderten Magensaftes wahrscheinlich geringer sein wird, so muss es dennoch während der Magenverdauung zu einer zeitweiligen Entziehung eines nicht unbeträchtlichen Flüssigkeitsquantums aus dem Bestande des Organismus kommen. Es liegt nahe, daran zu denken, dass die während der Magenverdauung, besonders nach einer reichlicheren Nahrungsaufnahme, auftretenden Erscheinungen der Müdigkeit und der Unlust zu geistiger Tätigkeit mit diesen Änderungen im Flüssigkeitsbestande des Körpers in einem Zusammenhange stehen könnten. Ich komme weiter unten hierauf noch einmal zurück.

Tabelle II.

Stunde	Versuch 4	Versuch 5	Versuch 6	Versuch 7	Versuch 8
0— $\frac{1}{2}$	195	174	169	117	104
$\frac{1}{2}$ —1	148 } 343	196 } 370	145 } 314	79 } 196	99 } 203
1— $1\frac{1}{2}$	131	184	102	52	96
$1\frac{1}{2}$ —2	68 } 199	141 } 325	43 } 145	43 } 95	72 } 168
2— $2\frac{1}{2}$	31	103	21	31	45
$2\frac{1}{2}$ —3	29 } 60	75 } 178	34 } 55	28 } 59	27 } 72
3— $3\frac{1}{2}$	19	44	20	—	—
$3\frac{1}{2}$ —4	—	—	21	—	—
4— $4\frac{1}{2}$	—	—	25	—	—
Summe	621	917	580	350	443

Tabelle III.

Stunde	Vers. 11	Vers. 12	Vers. 13	Vers. 14	Vers. 15	Vers. 16	Vers. 17	Vers. 18	Vers. 19	Vers. 20	Vers. 21	Vers. 22	Vers. 23	Vers. 24	Vers. 25
0— $\frac{1}{4}$	85	64	21	31,5	65	18	50	46	39	30	78	43	54	65	38
$\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{4}$	430	410	140	131,5	310	173	270	175	210	367	380	398	342	362	365
$1\frac{1}{4}$ — $2\frac{1}{4}$	210	280	78	80,0	255	130	200	59	84	259	215	249	298	164	235
$2\frac{1}{4}$ — $3\frac{1}{4}$	90	90	—	—	145	80	35	20	116	222	141	182	150	152	144
Summe	815	844	239	243	775	401	555	300	449	878	814	872	844	743	782

Der Verlauf der Absonderung während des einzelnen Versuchs ist sehr regelmässig (Tab. II u. III); die in der Zeiteinheit

abgesonderte Menge Magensaft erreicht verhältnismässig schnell (im Verlauf der ersten halben Stunde) ihren Höhepunkt und sinkt dann allmählich ab. Man könnte sich vorstellen, dass der bei der Scheinfütterung gesetzte Reiz allmählich in seiner Intensität nachlässt und so die Verringerung der Sekretion bedingt; in der Tat frisst ja der Hund im Anfang des Versuchs mit der grössten Gier, die dann allmählich abnimmt, bis das Tier schliesslich überhaupt aufhört zu fressen. Ich glaube aber, dass dieses Moment zum wenigsten nicht das einzige ist, welches die gleichmässige Abnahme der Sekretion bedingt. Es dürfte meiner Meinung nach dabei die Verarmung des Körpers an Flüssigkeit und an den für die Bildung der spezifischen Bestandteile des Sekretes notwendigen Körpern (Chloride, Muttersubstanzen des Pepsins) eine Rolle spielen. Ich habe im Versuch 19, in welchem in der ersten Viertelstunde 39, in der darauffolgenden Stunde 210 ccm Magensaft abgesondert worden waren, nach 1 $\frac{1}{4}$ -stündiger Dauer des Versuchs 500 ccm körperwarmes destilliertes Wasser in den Anus einfliessen lassen. Die Sekretion in der zweiten Stunde betrug nur 84 ccm, stieg aber in der dritten Stunde auf 116 ccm und war am Schluss des Versuchs jedenfalls lebhafter als sonst. Da sonst in keinem Versuche die Absonderung in der dritten Stunde grösser war als in der zweiten, darf man diese Erscheinung wohl sicherlich auf die Wassereingiessung zurückführen. Die Beobachtung zeigt, dass in der Tat die Wasserverarmung des Körpers während der ersten Zeit der Sekretion die Abnahme der Sekretmenge in den folgenden Stunden zum wenigsten mit bedingt.

Farbe. Der vollkommen reine Magensaft ist farblos; doch zeigte er in meinen Versuchen stets eine schwache Opaleszenz. Häufig kommt es vor, dass aus dem Darm zurücktretender gallenfarbstoffhaltiger Inhalt den Magensaft verunreinigt, er sieht dann gelb bis grün aus, beim Stehen an der Luft geht die Farbe in reines Grün und Blau über. Mir schien es, als ob dieser Rücktritt von Galle besonders häufig dann eintrat, wenn der Magen vor Beginn des Versuchs mit destilliertem Wasser ausgespült worden war; ich habe daher in späteren Versuchen von dieser Spülung abgesehen. Auch der Hunger (1—2 Tage lang) vor dem Versuch begünstigt den Gallerücktritt; in dem schon oben erwähnten Hungerversuch, in welchem der erste Scheinfütterungsversuch nach 9 Tage langem Hungern ausgeführt wurde, war in diesem und den folgenden Versuchen der Rücktritt von Galle ganz besonders stark und erfolgte

fortdauernd während des ganzen Versuchs. Ich hatte den Eindruck, dass der Pylorus dauernd offen stand und eine lebhaft anti-peristaltische Bewegung den Darminhalt fortwährend in den Magen zurückbeförderte.

Gelegentlich habe ich auch eine schwach gelblich-bräunliche Färbung des Magensaftes beobachtet, die nicht auf Beimengung von Galle zurückzuführen war; denn die Färbung änderte sich beim Stehen an der Luft nicht. Ich nehme an, dass es sich hier um geringfügige Beimengung von verändertem Blutfarbstoff handelt. Dass es bei lebhafter Sekretion und stark erweiterten Gefässen gelegentlich zu kleinen Blutaustritten kommen kann, ist ja sehr wahrscheinlich; durch die Säure des Magensaftes wird dann sofort Zerlegung des Blutfarbstoffs eintreten müssen. Die Färbung war aber immer so geringfügig, dass es mir nicht gelang, Hämatin oder ein anderes Derivat des Blutfarbstoffs nachzuweisen. Dagegen habe ich in dem schon mehrfach erwähnten langdauernden Hungerversuch, nachdem durch einen Scheinfütterungsversuch dem Körper 417 ccm Magensaft entzogen waren, am nächsten Tage bei einer wiederholten Scheinfütterung ein Sekret erhalten, welches deutlich blutig gefärbt war; man konnte spektroskopisch O-Hb mit Leichtigkeit darin nachweisen. Was hier unter pathologischen Bedingungen in so ausgesprochenem Maasse eintrat, mag unter gewöhnlichen Verhältnissen auch einmal in ganz geringem Umfange vorkommen und dann jene schwach gelblich-bräunliche Färbung veranlassen.

Tabelle IV.

		Drehung im 220 mm-Rohr	Organische Substanz %	$[\alpha]$
Versuch 1	1. Portion	- 0,24°	} 0,2730	40,0°
	2. Portion	- 0,25°		
	3. Portion	- 0,24°		
Versuch 3	Gesamtmagensaft	- 0,24°	0,3004	36,3°
Versuch 18	Magensaft $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{4}$ und $\frac{2}{4}$ - $\frac{3}{4}$ gemischt	- 0,37°	0,4340	38,8°
Versuch 21	Magensaft $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{4}$	- 0,17°	—	—
	Magensaft $\frac{2}{4}$ - $\frac{3}{4}$	- 0,26°	—	—

Optische Drehung. Infolge seines Gehaltes an eiweissartigen Substanzen dreht der Magensaft nach links. Tabelle IV zeigt die von mir ausgeführten Bestimmungen. Ich habe in den drei ersten Versuchen auch den Gehalt an organischer Substanz bestimmt

(Differenz von Trockenrückstand und Asche); im letzten Stab sind die gefundenen Drehungen auf die organische Substanz bezogen und so die spezifische Drehung berechnet. Wenn auch die organische Substanz nicht ganz aus Eiweiss besteht, vielleicht sogar verschiedene Eiweisskörper enthält, so bekommt man doch auf diese Weise eine ungefähre Vorstellung von der Grössenordnung der hier in Betracht kommenden spezifischen Drehung. — Ganz im Gegensatz zu meinen Beobachtungen steht die Angabe von Schoumow-Simanowsky¹⁾, wonach der Hundemagensaft in einem 2 dm langen Rohr um 0,7 bis 0,73° nach links drehte. Die von Schoumow-Simanowsky untersuchten Magensäfte enthielten im Mittel 0,393 % organische Substanz; bezieht man darauf, wie oben, die beobachtete Drehung, so ergibt sich eine spezifische Drehung von 91,6°. Der Grund dieser erheblichen Differenz zwischen den Werten Schoumow-Simanowsky's und meinen ist mir nicht klar. Möglich wäre es, dass es sich dabei um Veränderungen der organischen Substanz des Magensaftes handelte, wie sie von Schoumow-Simanowsky in anderer Beziehung beobachtet worden sind. Ich habe wenigstens die Bestimmung der optischen Drehung immer erst frühestens am Tage nach der Gewinnung des Magensaftes vorgenommen, vielleicht ist die Drehung gleich nach der Entleerung des Magensaftes grösser. Es wäre das sicher ein sehr bemerkenswerter Befund; ich behalte mir Untersuchungen nach dieser Richtung hin vor.

Spezifisches Gewicht. Das spezifische Gewicht habe ich nur in den ersten meiner Versuche mit dem Aräometer bestimmt; es betrug 1002—1004. Schoumow-Simanowsky gibt an 1003 bis 1005,9; Konowaloff²⁾ 1004,78; Friedenthal³⁾ 1004.

Gefrierpunktserniedrigung. Die Gefrierpunktserniedrigung des bei der Scheinfütterung gewonnenen Hundemagensaftes ist bisher nur von Sasaki⁴⁾, einem Schüler Bickel's, bestimmt worden.

1) E. O. Schoumow-Simanowsky, Über den Magensaft und das Pepsin bei Hunden. Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmakol. Bd. 33 S. 338. 1894.

2) P. Konowaloff, Die käuflichen Pepsinpräparate im Vergleiche zum normalen Magensaft. Inaug.-Diss. St. Petersburg 1893 (russisch). Zitiert nach dem Referat in Maly's Jahresber. Bd. 23 S. 289. 1893.

3) H. Friedenthal, Beiträge zur Kenntnis der Fermente. I. Teil. Die chemische Natur der Fermente. Arch. f. [Anat. u.] Physiol. 1900 S. 186.

4) K. Sasaki, Experimentelle Untersuchungen über den osmotischen Druck des reinen Magensaftes unter verschiedenen Bedingungen. Berl. klin. Wochenschr. 1905 S. 1386—1387.

Tabelle V.

Versuch	Zeit in Stunden vom Beginn der Scheinfütterung	Menge	Δ der einzelnen Portionen	Δ des gesamten Magensaftes
1	1 ³ / ₄	400	—	0,622
2	—	160	—	0,561
3	0 ¹)	42	0,574	0,572
	1. Portion	137	0,582	
	2. "	118	0,545	
	3. "	123	0,588	
	4. "	96	0,565	
4	5. "	138	0,578	0,596
	0	54	0,599	
	0— ¹ / ₂	195	0,580	
	¹ / ₂ —1	148	0,617	
	1—1 ¹ / ₂	131	0,617	
	1 ¹ / ₂ —2	68	0,597	
	2—2 ¹ / ₂	31	0,568	
	2 ¹ / ₂ —3	29	0,558	
	3—3 ¹ / ₂	19	0,549	
	0— ¹ / ₂	174	0,528	
5	¹ / ₂ —1	196	0,599	0,582
	1— ¹ / ₂	184	0,594	
	1 ¹ / ₂ —2	141	0,596	
	2—2 ¹ / ₂	103	0,597	
	2 ¹ / ₂ —3	75	0,588	
	3—3 ¹ / ₂	44	0,575	
	0— ¹ / ₂	169	0,549	
6	¹ / ₂ —1	145	0,579	0,561
	1—1 ¹ / ₂	102	0,569	
	1 ¹ / ₂ —2	43	0,568	
	2—2 ¹ / ₂	21	0,518	
	2 ¹ / ₂ —3	34	0,552	
	3—3 ¹ / ₂	20	0,550	
	3 ¹ / ₂ —4	21	0,546	
	4—4 ¹ / ₂	25	0,548	
7	0	49	0,520	0,490
	0— ¹ / ₂	117	0,428	
	¹ / ₂ —1	79	0,521	
	1—1 ¹ / ₂	52	0,521	
	1 ¹ / ₂ —2	43	0,512	
	2—2 ¹ / ₂	31	0,525	
8	2 ¹ / ₂ —3	28	0,528	0,520
	0	14	0,514	
	0— ¹ / ₂	104	0,481	
	¹ / ₂ —1	99	0,530	
	1—1 ¹ / ₂	96	0,528	
	1 ¹ / ₂ —2	72	0,545	
20	2—2 ¹ / ₂	45	0,531	0,615
	2 ¹ / ₂ —3	27	0,517	
	¹ / ₄ —1 ¹ / ₄	367	0,616	
	1 ¹ / ₄ —2 ¹ / ₄	259	0,616	
24	2 ¹ / ₄ —3 ¹ / ₄	222	0,614	0,597
	0— ¹ / ₄	65	0,588	
	¹ / ₄ —1 ¹ / ₄	362	0,610	
	1 ¹ / ₄ —2 ¹ / ₄	164	0,580	
25	2 ¹ / ₄ —3 ¹ / ₄	152	0,590	0,638
	0— ¹ / ₄	38	0,604	
	¹ / ₄ —1 ¹ / ₄	365	0,643	
	1 ¹ / ₄ —2 ¹ / ₄	235	0,641	
	2 ¹ / ₄ —3 ¹ / ₄	144	0,628	

1) Der bei der Eröffnung des Magens abfließende nüchterne Mageninhalt.

Tabelle V gibt die von mir beobachteten Werte. Meine Gefrierpunktbestimmungen sind mit dem gewöhnlichen Beckmann'schen Apparat ausgeführt, unter Benutzung eines von der Physikalisch-technischen Reichsanstalt geprüften Thermometers. Die Temperatur der Kühlflüssigkeit betrug $-3-5^{\circ}$, die Unterkühlung wurde stets, nachdem sie 1° erreicht hatte, durch Impfung unterbrochen. Jede Bestimmung wurde dreimal ausgeführt und aus den erhaltenen Werten, die stets um weniger als $0,01^{\circ}$, meist nur um einige tausendstel Grad voneinander differierten, das Mittel genommen. Der Gefrierpunkt des destillierten Wassers wurde an jedem Tage, und zwar vor Beginn und nach Schluss jeder Reihe von Bestimmungen festgelegt. Das Thermometer war fast ganz frei von thermischer Nachwirkung, einer Erscheinung, die gerade bei Gefrierpunktbestimmungen, wie ich an anderen Thermometern zu beobachten Gelegenheit hatte, sehr störend werden kann¹⁾. — Die Tabelle gibt die Gefrierpunktserniedrigung der einzelnen Magensäfte an, wie sie in den Versuchen hintereinander aufgefangen wurden. Im Versuch 3 ist dabei auf die Zeit keine Rücksicht genommen worden; in den späteren Versuchen wurde halbstündlich oder stundenweise aufgefangen (vgl. Stab 2 der Tabelle). Aus den Werten für die Gefrierpunktserniedrigung der einzelnen Portionen ist dann die Gefrierpunktserniedrigung des gesamten gemischten Magensaftes berechnet worden nach folgender Überlegung. Aus der Gefrierpunktserniedrigung jedes einzelnen Magensaftes ergibt sich der Molengehalt desselben, und hieraus und aus der Zahl der Kubikzentimeter die absolute Menge der darin vorhandenen Molen; durch Addition findet man die absolute Menge der in dem gesamten Magensaft abgetrennten Molen und so den Molengehalt und die Gefrierpunktserniedrigung des gesamten Magensaftes. Natürlich ist diese Rechnung nur zulässig unter der Voraussetzung, dass durch das Zusammenmischen der verschiedenen Portionen die Dissoziation nicht geändert worden ist; bei der geringen molekulären Konzentration und der geringfügigen Verschiedenheit der einzelnen Portionen dürfte diese Voraussetzung wohl im wesentlichen zutreffen.

Der Versuch 7 und 8 kommt für die Gefrierpunktserniedrigung des normalen Magensaftes nicht in Betracht, da diese beiden Ver-

1) Ich halte es durchaus für geboten, bei Gefrierpunktbestimmungen die angewandte Technik genau zu beschreiben. Leider geschieht das häufig nicht; man ist dann nicht in den Stand gesetzt, die Genauigkeit der angegebenen Werte zu beurteilen, die von dem angewandten Verfahren sehr abhängt.

suche bei chlorarmer Diät angestellt sind; es sei schon hier darauf hingewiesen, wie deutlich unter diesen Versuchsbedingungen der Wert für die Gefrierpunktserniedrigung herabgesetzt ist. In den Versuchen 20, 24, 25 fand keine vorübergehende Spülung des Magens statt; die Reinigung des Magens von etwa noch vorhandenem nüchternen Mageninhalt erfolgte hier durch den in der ersten Viertelstunde abfließenden und besonders aufgefangenen Magensaft. Im Versuch 3—6 wurde der Magen vor Beginn der Scheinfütterung mit destilliertem Wasser ausgespült; da hierbei unzweifelhaft geringe Mengen des Spülwassers in den Buchten und Falten der Schleimhaut zurückgeblieben sind, so erklärt es sich, dass zuweilen die zuerst aufgefangenen Portionen Magensaft eine so auffallend geringe Gefrierpunktserniedrigung aufwiesen wie in Versuch 5: 0,528 und Versuch 6: 0,549. Ich halte es auch nicht für ausgeschlossen, dass bei der Spülung ein Teil des Spülwassers in den Anfangsteil des Darms gelangt, hier eine Zeitlang verbleibt und dann erst später bei gelegentlicher Eröffnung des Pylorus in den Magen zurücktritt. Auf diese Weise würden dann auch die zuweilen in späteren Stadien des Versuchs auftretenden niedrigen Werte der Gefrierpunktserniedrigung eine einfache Erklärung finden, wie in Versuch 3, zweite Portion: 0,545 und Versuch 6 (Stunde 2—2 $\frac{1}{2}$): 0,518. Bei der Portion mit dem Werte 0,545 finde ich im Protokoll auch angegeben, dass sie, im Gegensatz zu den andern Portionen, schwach gelblichgrün gefärbt gewesen ist. In den späteren Versuchen, in denen ich die Spülung ganz unterliess, habe ich niemals so niedrige Werte für die Gefrierpunktserniedrigung gefunden; ich kann nur bedauern, dass ich nicht schon früher von der Spülung Abstand genommen habe. In Versuch 1 wurde der Magen mit einer 0,9 %igen NaCl-Lösung ausgespült; da diese eine Gefrierpunktserniedrigung von ca. 0,54 hat, kann durch Beimischung geringer Reste der Spülflüssigkeit keine wesentliche Beeinflussung des Wertes für die Gefrierpunktserniedrigung des Magensaftes veranlasst worden sein. Versuch 2 nimmt endlich eine Sonderstellung insofern ein, als hier die Fistelöffnung während des Versuchs dauernd geschlossen blieb und erst zuletzt der angesammelte Magensaft entleert wurde.

Überblickt man unter Berücksichtigung dieser Besonderheiten die gefundenen Werte der Gefrierpunktserniedrigung des Magensaftes, so fällt sofort auf, dass sie alle in der Nähe der Gefrierpunktserniedrigung des Blutes liegen. Als Wert für die Gefrierpunkts-

erniedrigung des normalen Hundeserums gibt Hamburger¹⁾ im Mittel von 55 in der Literatur mitgeteilten Beobachtungen 0,571 an; die einzelnen Werte schwanken aber in sehr weiten Grenzen, von 0,549 bis 0,692. Ob wirklich unter normalen Verhältnissen bei einwandfreier Methodik der Bestimmung so grosse Schwankungen der Gefrierpunktserniedrigung des Hundeblytserums vorkommen, erscheint mir sehr zweifelhaft. Ich möchte nur darauf hinweisen, dass Heidenhain²⁾ selbst angibt, er habe bei seinen Bestimmungen aus ihm nicht bekannten Gründen die Gefrierpunktserniedrigung einer 1 %igen NaCl-Lösung stets grösser gefunden als andere Beobachter; danach dürften also wohl auch seine Werte für die Gefrierpunktserniedrigung des Hundeblytserums entsprechend zu hoch ausgefallen sein. Bei den Untersuchungen von Fano und Bottazzi³⁾ betrug die Temperatur des Kühlbades -12° C.; bei einer so tief unter dem zu erwartenden Gefrierpunkt liegenden Kühltemperatur wird aber die Gefrierpunktserniedrigung zu gross gefunden; vielleicht erklären sich so die hohen von Fano und Bottazzi angegebenen Werte. Ähnliche in der Art der Untersuchung gelegene Momente mögen die Schuld an den grossen Differenzen der in der Literatur mitgeteilten Werte tragen. Wenn man daher die Beziehungen zwischen Gefrierpunktserniedrigung des Magensaftes und des Blutes untersuchen will, so bleibt nichts anderes übrig, als zugleich mit der Scheinfütterung auch eine Blutentziehung vorzunehmen und die Gefrierpunktserniedrigung des Blutes festzustellen. Ich habe das bisher leider nur einmal, im Versuch 25, ausgeführt, und zwar wurde sowohl vor Beginn als auch nach Schluss des Versuchs Blut aus einer Vene des Unterschenkels durch eine in dieselbe eingeführte Kanüle entnommen. Das Blut floss sofort in das Gefriergefäss des Beckmann'schen Apparates, das in einer Kältemischung von -10° C. stand; es gefror darin sofort, wurde dann später aufgetaut und blieb nun flüssig, so dass jetzt die Gefrierpunktsbestimmung in der üblichen Weise damit ausgeführt werden konnte. Die Gefrierpunktserniedrigung

1) H. J. Hamburger, Osmotischer Druck und Ionenlehre in den medizinischen Wissenschaften Bd. 1 S. 458 u. 459. Wiesbaden 1902.

2) Heidenhain, Neue Versuche über die Aufsaugung im Dünndarm. Pflüger's Arch. Bd. 56 S. 588. 1894.

3) G. Fano und F. Bottazzi, Sur la pression osmotique du sérum du sang et de la lymphe en différentes conditions de l'organisme. Archiv. italienn. de biol. t. 26 p. 45. 1896.

des Blutes vor dem Versuch war 0,589, nach dem Versuch 0,600, die Gefrierpunktserniedrigung des Magensaftes $\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{4}$: 0,643, des Magensaftes $1\frac{1}{4}$ — $2\frac{1}{4}$: 0,641, des Magensaftes $2\frac{1}{4}$ — $3\frac{1}{4}$: 0,628, im gesamten gemischten Magensaft (berechnet): 0,638. Die Gefrierpunktserniedrigung des Magensaftes war hier also sicher merklich grösser als die des Blutes, besonders in den ersten beiden Stunden, also zur Zeit der grössten Sekretionsgeschwindigkeit, in der dritten Stunde sinkt sie dann, bleibt aber noch immer grösser als die Gefrierpunktserniedrigung des Blutes. Ein ähnliches Verhalten zeigen die Versuche 4 und 20; ich halte es wenigstens für sehr wahrscheinlich, dass die hier beobachteten Werte für die Gefrierpunktserniedrigung des Magensaftes 0,617 und 0,616 grösser als die Gefrierpunktserniedrigung des Blutes sind. Auch der von Friedenthal¹⁾ untersuchte, aus dem Pawlow'schen Institute stammende Hundemagensaft hatte eine hohe Gefrierpunktserniedrigung: 0,61. Umgekehrt kann aber auch die Gefrierpunktserniedrigung des Magensaftes etwas niedriger sein als die des Blutes; ich glaube wenigstens, dass die gegen Ende der Sekretion in Versuch 4 und 6 beobachteten Werte 0,549 und 0,548 unter dem Wert für die Gefrierpunktserniedrigung des Blutes gelegen haben. Ganz ausgesprochen ist dies der Fall in den Versuchen 7 und 8 bei chlorarmer Ernährung; ich halte es wenigstens für ausgeschlossen, dass dabei die Gefrierpunktserniedrigung des Blutes gleichfalls einen so niedrigen Wert erreicht haben sollte.

Es ergibt sich also aus meinen Versuchen eine gewisse Unabhängigkeit der Gefrierpunktserniedrigung des Magensaftes von der des Blutes; im allgemeinen stimmen beide Werte annähernd überein, es kann aber der Wert für den Magensaft bei hoher Sekretionsenergie ebensowohl merklich über, wie bei geringer Sekretionsenergie unter dem Werte des Blutes liegen.

Sasaki²⁾ folgert aus seinen Versuchen, „dass der bei der Scheinfütterung von der ganzen Magenschleimhaut abgesonderte Saft in der Regel bluthypotonisch ist“. Ich teile seine Werte in Tabelle VI mit; sie liegen allerdings fast durchweg unter dem Wert

1) H. Friedenthal, Beiträge zur Kenntnis der Fermente. 1. Teil. Die chemische Natur der Fermente. Arch. f. [Anat. u.] Physiol. 1900 S. 186.

2) K. Sasaki, Experimentelle Untersuchungen über den osmotischen Druck des reinen Magensaftes unter verschiedenen Bedingungen. Berl. klin. Wochenschr. 1905 S. 1387.

Tabelle VI.

Vers. Nr.	Hund	Schein- fütterung mit	Sekretion	Zeit- dauer Min.	Menge ccm	Gefrier- punkt ° C.	Freie HCl	Ge- sam- Azid.	Salz- säure %
1	A.	Pferde- fleisch	1. Portion	} 30 {	—	— 0,60	—	—	—
			2. "		—	— 0,58	—	—	—
			3. "		—	— 0,57	—	—	—
2	A.	Pferde- fleisch	1. Portion	} 45 {	6,0	— 0,47	negat.	80	0,292
			2. "		5,5	— 0,52	80	100	0,365
			3. "		8,0	— 0,51	80	105	0,383
			4. "		5,5	— 0,54	80	108	0,394
3	A.	Pferde- fleisch	1. Portion	5	—	—	—	—	—
			2. "	20	7	— 0,60	95	115	0,420
			3. "	10	5	— 0,53	105	120	0,438
			4. "	20	6	— 0,51	105	110	0,402
1	B.	Pferde- fleisch 10 Min. lang	1. Portion	10	13,0	— 0,52	75	120	0,438
			2. "	5	7,5	— 0,51	85	125	0,456
			3. "	20	6,1	— 0,45	65	105	0,383
2	B.	Pferde- fleisch 10 Min. lang	1. Portion	10	8	— 0,55	75	105	0,383
			2. "	10	5	— 0,59	80	120	0,438
			3. "	20	7	— 0,51	100	130	0,475
3	B.	Pferdefleisch 10 Min. lang	1. Portion	10	8	— 0,53	60	100	0,365
			2. "	20	6	— 0,51	55	95	0,347
4	B.	Rind- fleisch 5 Min. lang	1. Portion	8	6,5	— 0,46	40	100	0,365
			2. "	5	8,0	— 0,52	90	125	0,456
			3. "	5	8,5	— 0,52	100	145	0,529
			4. "	5	9,0	— 0,54	100	140	0,511
			5. "	5	8,0	— 0,57	110	145	0,529
			6. "	5	6,0	— 0,55	110	140	0,511
			7. "	5	} 9,0	— 0,55	100	140	0,511
			8. "	5		— 0,55	100	140	0,511
			9. "	10	6,5	— 0,54	105	140	0,511

der Gefrierpunktserniedrigung des Hundesblutes; eine Gefrierpunkts-erniedrigung des Magensaftes, die grösser als die des Blutes war, hat Sasaki überhaupt nicht beobachtet. Ich glaube aber, dass die Befunde Sasaki's nicht allgemein gültig sind, da es sich in seinen Versuchen fast durchweg um eine auffallend geringe Sekretions-energie handelt. Leider hat Sasaki seine Versuche nur sehr kurz mitgeteilt; er macht keine Angaben über die Grösse seines Versuchstieres und über die von ihm angewandte Methode der Gefrierpunktsbestimmung. Die Mengen des aus dem ganzen Magen gewonnenen Magensaftes sind auffallend niedrig und sehr ungleichmässig. Ich stelle im folgenden die Dauer der einzelnen Versuche, die gesamte dabei gewonnene Saftmenge und die daraus berechnete Absonderungsgeschwindigkeit pro Stunde zusammen.

		Dauer des Versuchs	Saftmenge	Absonderungs- geschwindigkeit pro Stunde
Hund A.	Versuch 2	45 Min.	25,0 ccm	33 ccm
	" 3	55 "	18,0 "	20 "
Hund B.	Versuch 1	35 "	26,6 "	46 "
	" 2	40 "	20,0 "	30 "
	" 3	30 "	14,0 "	28 "
	" 4	53 "	61,5 "	70 "

Die Absonderungsgeschwindigkeit im Versuch 4 beim Hunde B war also mehr als doppelt so gross, wie in den Versuchen 2 und 3 bei demselben Hunde, obwohl gerade in den letzteren Versuchen die Scheinfütterung 10, in Versuch 4 nur 5 Minuten gedauert hatte. Die geringe Menge des Magensaftes, die Sasaki in seinen Versuchen gewann, lässt vermuten, dass es sich nur um ein kleines Versuchstier gehandelt haben wird. Auffallend bleibt aber auch dann die geringe Azidität des Magensaftes. Sasaki teilt dieselbe in sogenannten Aziditätsgraden mit, die Zahlen geben an, wieviel Kubikzentimeter $\frac{1}{10}$ Normal-Alkali von 100 ccm Magensaft zur Neutralisation verbraucht werden würden. Ich habe daraus den Prozentgehalt an Säure, auf HCl bezogen, berechnet (letzter Stab der Tabelle). Wie man sieht, sind die Werte für einen durch Scheinfütterung gewonnenen Magensaft ausserordentlich niedrig; Schoumow-Simansowsky¹⁾ gibt den HCl-Gehalt der von ihr untersuchten Magensäfte auf 0,46—0,58 % an, was mit meinen Befunden übereinstimmt. Derartige niedrige Werte, wie Sasaki, fand ich nur bei geringer Sekretionsgeschwindigkeit am Anfang oder gegen Ende des Versuchs, auf der Höhe der Sekretion lag der HCl-Gehalt des Magensaftes stets über 0,5 %, Werte, wie sie Sasaki nur in seinem letzten Versuche erreicht. Ich halte daher die Behauptung für gerechtfertigt, dass es sich in den Versuchen Sasaki's aus Gründen, die bei der kurzen Mitteilung nicht ersichtlich sind, um eine geringe Sekretionsenergie gehandelt hat; nur dafür ist also die Angabe Sasaki's zutreffend, dass der Magensaft bluthypotonisch sei²⁾.

1) E. O. Schoumow-Simansowsky, Über den Magensaft und das Pepsin bei Hunden. Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmakol. Bd. 33 S. 341. 1894.

2) Sasaki macht auch keine Angabe über die von ihm angewandte Methode der Gefrierpunktsbestimmung. Bei dem ihm nur zur Verfügung stehenden geringfügigen Mengen liessen sich jedenfalls mit dem gewöhnlichen Beckmann'schen Apparat keine zuverlässigen Bestimmungen ausführen.

In befriedigender Übereinstimmung mit meinen Befunden am Hunde stehen die Beobachtungen, die über den Gefrierpunkt des menschlichen Magensaftes von Sommerfeld¹⁾ gemacht worden sind. Es handelte sich dabei um ein zehnjähriges Mädchen, dem wegen völliger Undurchgängigkeit der Speiseröhre (infolge von Laugenverätzung) eine Magenfistel, sowie ausserdem eine Oesophagusfistel angelegt worden war. Es wurde der beim Kauen von Speisen reflektorisch abgesonderte Magensaft untersucht. A. Bickel²⁾, der an dieser Patientin ebenfalls Versuche anstellte, gibt an, „dass dieser Kausaft des Kindes stets bluthypotonisch war; sammelte man ihn in einzelnen Portionen, während das Kind fortgesetzt Speisen kaute, so zeigten die einzelnen Saftportionen hinsichtlich ihrer Gefrierpunkte und der Werte für ihr elektrisches Leitungsvermögen keine völlige Übereinstimmung; indessen waren die Unterschiede, besonders in den Gefrierpunktwerten, wesentlich geringer, als ich (Bickel) sie bei den verschiedenen Saftportionen einer Verdauungsperiode bei meinen Versuchshunden (Hunden mit ‚kleinem Magen‘ nach Pawlow) feststellen konnte“. Genauere Zahlenangaben über die von ihm beobachteten Werte macht Bickel leider nicht. Sein Schüler Sasaki³⁾ berichtet mit Bezug auf diese Untersuchungen Bickel's: „Fast allemal war dieser Saft bluthypotonisch. Sein Gefrierpunkt lag ca. 0,5—1,0 ° C. oder noch etwas mehr unter dem Gefrierpunkt des menschlichen Blutes von — 0,56 ° C.“ Diese Zahlenangaben sind freilich ganz unverständlich; denn man begreift nicht, wie der Gefrierpunkt einer bluthypotonischen Flüssigkeit 1 ° C. unter — 0,56 ° C. liegen soll. Vermutlich handelt es sich um einen Druckfehler; vielleicht soll es heissen 0,05—0,1 ° C. unter — 0,56 ° C., und es soll darunter ein Gefrierpunkt von — 0,51 bis 0,46 ° C. gemeint

1) P. Sommerfeld und H. Roeder, Über das physikalische Verhalten von Lösungen im menschlichen Magen. Berl. klin. Wochenschr. 1904 S. 1301 bis 1302. — P. Sommerfeld, Zur Kenntnis der Sekretion des Magens beim Menschen. Sitzungsber. der Berl. physiol. Gesellsch. 14. Juli 1905. Arch. f. [Anat. u.] Physiol. 1905 Supplbd. S. 455.

2) A. Bickel, Experimentelle Untersuchungen über den Magensaft. Berl. klin. Wochenschr. 1905 S. 60.

3) K. Sasaki, Experimentelle Untersuchungen über den osmotischen Druck des reinen Magensaftes unter verschiedenen Bedingungen. Berl. klin. Wochenschr. 1905 S. 1386.

sein¹⁾. — Mit diesen Angaben stimmen die, welche Sommerfeld²⁾ selbst gemacht hat, nicht überein. Er sagt: „der Gefrierpunkt (des Kausaftes) schwankte zwischen 0,47—0,65 ° C., lag aber in sehr vielen Versuchen bei — 0,61 ° C.“ Da nun der Gefrierpunkt des menschlichen Blutes sehr konstant zwischen 0,56—0,58 ° C. liegt, so schwankte der Gefrierpunkt des Kausaftes hier also ganz ähnlich wie in meinen Versuchen am Hunde um den Gefrierpunkt des Blutes; in sehr vielen Versuchen war aber der Kausaft — entgegen den Angaben Bickel's — bluthypertonisch. Vielleicht beruht diese Differenz in den Angaben Bickel's und Sommerfeld's darauf, dass beide unter verschiedenen Verhältnissen experimentierten. Es ist mir aufgefallen, dass Sommerfeld und Roeder³⁾ in ihrer ersten Veröffentlichung über diesen Fall vom 12. Dezember 1904³⁾ und ebenso Bickel⁴⁾ in seiner Mitteilung vom 8. Dezember 1904⁴⁾ nur von der Magen-, aber nicht von der Speiseröhrenfistel sprechen; von dieser ist erst in dem Vortrage Sommerfeld's vom 14. Juli 1905 die Rede. Wahrscheinlich ist daher die Speiseröhrenfistel bei der Patientin erst im Laufe der ersten Hälfte des Jahres 1905 angelegt worden. Trifft das zu, dann liegt die Vermutung sehr nahe, dass bei den vor Anlegung der Speiseröhrenfistel ausgeführten Scheinfütterungsversuchen von Sommerfeld und Röder und Bickel der Magensaft durch Speichel verunreinigt worden ist. Denn wenn auch von einer „völligen Undurchgängigkeit der Speiseröhre“ bei der Patientin die Rede ist, so soll damit doch

1) Überhaupt wird durch Ausdrücke, wie: „der Gefrierpunkt einer Flüssigkeit liegt unter resp. über einem andern, tiefer resp. höher als ein anderer“ in den meisten Fällen die grösste Unklarheit verursacht; man muss immer erst aus anderen Bemerkungen des Autors ersuchen, was er eigentlich meint. In dem obigen Beispiel meint Sasaki, da er von einer bluthypotonischen Flüssigkeit redet, mit dem Ausdruck: „der Gefrierpunkt des Magensaftes liegt unter — 0,56 °“ offenbar: die Gefrierpunktserniedrigung ist kleiner als 0,56; das könnte man aber mit mindestens demselben Rechte so ausdrücken: „der Gefrierpunkt liegt über — 0,56 °!“ Es wäre gewiss sehr wünschenswert, wenn man allgemein mit Δ nicht den Gefrierpunkt, sondern die Gefrierpunktserniedrigung bezeichnete; Ausdrücke wie: „die Gefrierpunktserniedrigung ist grösser, resp. kleiner als 0,56“ sind dann ganz eindeutig.

2) P. Sommerfeld, Arch. f. [Anat. u.] Physiol. 1905. Supplbd. S. 455.

3) P. Sommerfeld und H. Roeder, Über das physikalische Verhalten von Lösungen im menschlichen Magen. Berl. klin. Wochenschr. 1904 S. 1301.

4) A. Bickel, Experimentelle Untersuchungen über den Magensaft. Berl. klin. Wochenschr. 1905 S. 60.

wohl nur gesagt sein, dass eine ausreichende Ernährung durch die Speiseröhre unmöglich war; dass nicht dennoch geringe Mengen Speichel die Striktur haben passieren können, wird vor Anlegung der Speiseröhrenfistel nicht auszuschliessen gewesen sein. Dass aber ein zehnjähriges Mädchen imstande sein sollte, bei angestrenzter Kauarbeit jede Schluckbewegung zu vermeiden, halte ich kaum für möglich. Jedenfalls spricht die Tatsache, dass nach Anlegung der Speiseröhrenfistel die Werte für die Gefrierpunktserniedrigung des Magensaftes in sehr vielen Fällen grösser waren als vorher, sehr für meine Vermutung.

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bei den Versuchen, die U m b e r¹⁾ an einem 59jährigen Patienten mit Magenfistel anstellte. U m b e r betont zwar, dass „nach einigen Vorübungen der Kranke im Vermeiden von unwillkürlichen Schluckbewegungen während des Kauens, sowie im unausgesetzten Ausspeien des Speichels eine absolute Sicherheit erlangt hatte“; ich möchte es gleichwohl bezweifeln, ob eine völlige Speichelfreiheit des Magensaftes sich in dieser Weise erreichen lässt. U m b e r beobachtete Werte der Gefrierpunktserniedrigung des Magensaftes zwischen 0,15 und 0,82. Die ausserordentlich niedrigen Werte legen die Vermutung, dass eine Verunreinigung mit Speichel dennoch stattgefunden hat, gewiss sehr nahe. Bei den geringen Mengen Magensaft, die der Patient lieferte (die Gefrierpunktserniedrigung von 0,15 z. B. wurde in 3 ccm Sekret festgestellt, die in 9 Minuten gewonnen wurden), genügen geringfügige Beimischungen von Speichel, wie sie durch ganz unmerkliches Herunterfliessen an den Wänden der Speiseröhre entlang bedingt sein können, bereits, um eine merkliche Herabsetzung der Gefrierpunktserniedrigung zu bewirken.

B i c k e l²⁾ berichtet noch über Scheinfütterungsversuche an einem anderen Fall, einem 23jährigen Mädchen mit Magen- und Speiseröhrenfistel. Von der Gefrierpunktserniedrigung des hierbei gewonnenen Magensaftes wird leider nur gesagt, „dass die Gefrierpunktswerte der einzelnen Saftmengen voneinander innerhalb enger Grenzen differieren und durchaus in der Nähe des Gefrierpunktes des menschlichen Blutes liegen“.

1) U m b e r, Die Magensaftsekretion des (gastrostomierten) Menschen bei „Scheinfütterung“ und Rektalernährung. Berl. klin. Wochenschr. 1905 S. 56—60.

2) A. B i c k e l, Experimentelle Untersuchungen über die Magensaftsekretion beim Menschen. Deutsch. med. Wochenschr. 1906 S. 1325.

Weit grössere Differenzen als sie in den bisher erwähnten Versuchen gefunden wurden, in denen das Sekret der ganzen Magenschleimhaut zur Untersuchung kam, hat Bickel¹⁾ bei der Untersuchung des Magensaftes von Hunden konstatiert, denen ein sogenannter „kleiner Magen“ nach Pawlow angelegt worden war. Das Sekret stammte hier also nur von einem Teile der Magenschleimhaut, aus dem Fundus des Magens. Die Werte für die Gefrierpunktserniedrigung des gesamten Magensaftes, der von dem kleinen Magen in 3 Stunden nach einer Fütterung mit Milch oder Fleisch abgesondert wurde, schwankten von 0,52—1,21; die Gefrierpunktserniedrigung einzelner Portionen des Magensaftes lag in dem einen Versuche zwischen 0,55 und 1,18, in dem andern zwischen 0,54 und 0,79. Wir haben hier also im Prinzip dieselbe Erscheinung wie bei der Gefrierpunktserniedrigung des Saftes der ganzen Magenschleimhaut; nur sind die Schwankungen der Gefrierpunktserniedrigung im Saftes des Fundus viel erheblicher und die Werte derselben übersteigen den Wert der Gefrierpunktserniedrigung des Blutes oft in viel erheblicherem Grade. Man muss danach annehmen, dass die Fähigkeit, die molekulare Konzentration des produzierten Sekretes in weiten Grenzen unabhängig von der molekularen Konzentration des Blutes zu gestalten, eine besondere Eigenschaft der Schleimhaut des Fundusteiles ist, die ja auch sonst gegenüber der anderen Schleimhaut eine Sonderstellung einnimmt. Das Sekret der Schleimhaut des Pylorusteils dürfte dagegen in weit engeren Grenzen in seiner Konzentration an die des Blutes gebunden sein. Mischen sich beide Sekrete miteinander, so werden die Schwankungen des Sekretes der Fundusschleimhaut natürlich stark ausgeglichen werden, wie wir das bei den Gefrierpunktwerten des gesamten Magensaftes beobachteten. Die Richtigkeit dieser Vorstellung würde sich prüfen lassen an einem Hunde mit kleinem Magen, bei dem sowohl der kleine wie auch der grosse Magen durch eine Fistel zugänglich gemacht und ausserdem eine Ösophagusfistel angelegt worden wäre: bei Scheinfütterung könnte man das Sekret der beiden Magenabschnitte getrennt auffangen und seine molekulare Konzentration untersuchen.

1) A. Bickel, Untersuchungen über den Magensaft. München. mediz. Wochenschr. 1904 S. 1642—1643. — Experimentelle Untersuchungen über den Magensaft. Berl. klin. Wochenschr. 1905 S. 60 u. 61.

Jedenfalls stellt die Fähigkeit der Magenschleimhaut, die molekulare Konzentration ihres Sekretes in gewissen Grenzen unabhängig von der des Blutes zu gestalten, eine sehr bemerkenswerte Eigenschaft dieser Drüsen dar. Mit Recht hat Bickel¹⁾ hervorgehoben, dass diese Tatsache zeigt, „wie wenig rein physikalische Vorgänge im Sinne der Osmose bei der Saftproduktion eine Rolle spielen können, — — — — dass, wenn nicht alles, so doch die Hauptsache bei der Saftbildung nur beruhen kann auf einer spezifischen Tätigkeit der lebendigen Drüsensubstanz, d. h. auf Kräften, die wir in ihrer eigenartigen Zusammenwirkung im Haushalte der Drüsenzelle noch nicht genauer kennen und über die wir höchstens Vermutungen zu äussern vermöchten.“ Im Laufe der weiteren Untersuchung des Magensaftes werden sich noch mehr Tatsachen ergeben, die in dem gleichen Sinne sprechen.

Auf die Beziehungen zwischen der Gefrierpunktserniedrigung des Magensaftes und seiner chemischen Zusammensetzung wird weiter unten einzugehen sein.

Chemische Zusammensetzung.

Trockensubstanz, Asche, organische Substanz. Wenn man Magensaft für die Trockensubstanzbestimmung eindampft, so schwärzt sich der Rückstand — wie schon Nencki und Sieber²⁾ angeben — durch die stark konzentrierte Salzsäure; hat man grössere Mengen in Arbeit genommen, so bekommt man den Rückstand auch schwer trocken; die Genauigkeit der Bestimmung wird dadurch natürlich beeinträchtigt. Nencki und Sieber haben den Saft mit der genau erforderlichen Menge Natronhydrat neutralisiert, dann bis zur Trockne eingedampft und vom Trockengewicht das Gewicht des entstandenen NaCl abgezogen. Ich habe stets ohne weiteres eingedampft und dann zwischen 100—110 ° C. getrocknet, bei der Trockensubstanzbestimmung in 1480 ccm gemischten Magensaftes musste ich aber schliesslich bei 110—115 ° C. trocknen, um Gewichtskonstanz zu erreichen. — Die Trockensubstanz verbrennt leicht beim Erhitzen; kleinere Mengen kann man, ohne dass die Schale ins Glühen kommt, schon fast völlig weiss brennen. Ich habe

1) A. Bickel, Berl. klin. Wochenschr. 1905 S. 64.

2) M. Nencki und N. Sieber, Beiträge zur Kenntnis des Magensaftes und der chemischen Zusammensetzung der Enzyme. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 32 S. 301. 1901.

stets die bei niedriger Temperatur erhaltene Kohle mehrfach mit Wasser extrahiert und dann erst endgültig verbrannt, um Verluste von Chloralkalien zu vermeiden.

Die folgende Tabelle VII gibt meine Resultate; ich füge die von Schoumow-Simanowsky¹⁾ angegebenen Werte zum Vergleiche hinzu.

Tabelle VII.

Eigene Bestimmungen.

Versuch	Zur Bestimmung verwandte Menge ccm	Trockenrückstand %	Asche %	Organische Substanz %
1	100	0,3760	0,1030	0,2730
2	50	0,6588	0,1702	0,4886
3	450	0,4419	0,1415	0,3004
11	300	0,2604	0,0847	0,1757
12	10	—	0,1050	—
18	25	0,5700	0,1360	0,4340
20	20	0,5015	0,2040	0,2975
Mittel	—	0,4681	0,1349	0,3282
Gemischter Magensaft f	1480	0,3873	0,1267	0,2606
mehrerer Versuche }	1350	—	0,1360	—
Gesamt-Mittel .	—	0,4277	0,1325	0,2944

Bestimmungen von Schoumow-Simanowsky.

1	—	0,428	0,160	0,268
2	—	0,536	0,140	0,396
3	—	0,600	0,114	0,486
4	—	0,580	0,094	0,486
5	—	0,496	0,166	0,330
Mittel	—	0,528	0,135	0,393

Pawlow und Schoumow-Simanowsky²⁾ geben in ihrer ersten Mitteilung über die Scheinfütterung folgende Werte für den Trockenrückstand des Magensaftes an: 0,350 — 0,375 — 0,425 — 0,450 — 0,483 — 0,500 — 0,500 — 0,525 — 0,563 — 0,575 — 0,586 — 0,600 — 0,625 — 0,625 — 0,643 — 0,800 — 0,900 — 0,966; als Mittel aller ihrer Bestimmungen 0,47 %. Denselben Wert

1) E. O. Schoumow-Simanowsky, Über den Magensaft und das Pepsin bei Hunden. Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmacol. Bd. 33 S. 342. 1894.

2) J. P. Pawlow u. E. O. Schumowa-Simanowskaja, Beiträge zur Physiologie der Absonderungen. Die Innervation der Magendrüsen beim Hunde. Arch. f. [Anat. u.] Physiol. 1895 S. 58—59.

(0,478 %) als Mittel gibt Konowaloff¹⁾ an. Etwas geringere Werte fanden Nencki und Sieber²⁾ für den Trockenrückstand, nämlich: 0,1600 — 0,2632 — 0,2872 — 0,2972 — 0,3319 — 0,3405 — 0,3647 — 0,4074, im Mittel 0,306.

Nencki und Sieber geben an, dass der geringere Gehalt an festem Rückstand im Magensaft ihres Hundes (verglichen mit dem Hunde von Schoumow-Simanowsky) seinen Grund darin habe, dass ihr Hund verhältnismässig weniger Kohlehydrate erhielt. Der Hund von Schoumow-Simanowsky erhielt täglich 700 g Fleisch, 600 g Brot, 1 Liter Milch und 1 Liter Wasser; der von Nencki und Sieber 1,2 kg Fleisch, 400 g Brot, 1 Liter Hafersuppe. Als Nencki und Sieber das Verhältnis der Nahrungsstoffe in der Weise änderten, dass der Hund 500 g Fleisch, 600 g Brot und 1 Liter Hafersuppe erhielt, schwankte der Gehalt an festem Rückstand zwischen 0,3—0,4 %, „war also entschieden merklich höher als bei überwiegender Fleischnahrung“. Mir scheint die Berechtigung dieser Annahme sehr gering; denn in den Versuchen 2, 3, 4, 5 von Nencki und Sieber schwankt der Gehalt an festem Rückstand trotz der überwiegenden Fleischnahrung, die der Hund hierbei erhielt, auch zwischen 0,3—0,4 %; und bei völlig gleichbleibender Ernährung finden sich Schwankungen von 0,16—0,4 %. Mein Hund erhielt täglich ungefähr 700 g Fleisch, 300 g trockene geriebene Semmel und 1 Liter Milch, also eine Ernährung, die der im Schoumow-Simanowsky'schen Versuch etwa gleichkommt; dennoch liegt mein Mittelwert tiefer. Auch ich beobachtete bei gleicher Ernährung des Hundes Schwankungen im Trockensubstanzgehalt von 0,26—0,66 %. Wodurch diese Schwankungen verursacht werden, ist ganz unklar; in einer einfachen Beziehung zur Art der Ernährung stehen sie aber wohl kaum.

Der mittlere Wert für den Aschengehalt ist bei Schoumow-Simanowsky und mir fast derselbe: 0,13 %; aber auch hier zeigen die einzelnen Magensäfte ziemlich erhebliche Schwankungen. Das-

1) P. Konowaloff, Die käuflichen Pepsinpräparate im Vergleiche zum normalen Magensaft. Inaug.-Diss. St. Petersburg 1893 (russisch). Zitiert nach dem Referat in Maly's Jahresber. Bd. 23 S. 289. 1893.

2) M. Nencki u. N. Sieber, Beiträge zur Kenntnis des Magensaftes und der chemischen Zusammensetzung der Enzyme. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 32 S. 302. 1901.

selbe gilt natürlich für den Gehalt an organischer Substanz¹⁾. Ich habe daran gedacht, dass vielleicht Beziehungen zwischen dem Gehalt an organischen Stoffen oder an Salzen und der Absonderungsgeschwindigkeit vorhanden sein könnten, ähnlich wie Heidenhain²⁾ sie beim Speichel gefunden hat, aber es existiert in dieser Hinsicht beim Magensaft keinerlei Regelmässigkeit.

Vergleicht man diese Werte mit denen, die Bidder und Schmidt³⁾ für die mittlere Zusammensetzung des Magensaftes des Hundes mit unterbundenen Speichelausführungsgängen angeben, so ergibt sich aufs deutlichste, dass die von ihnen untersuchten Magensäfte durch Verdauungsprodukte der Nahrung verunreinigt gewesen sind. Sie fanden den Gehalt an Trockenrückstand zu 2,694 0/0, den an organischer Substanz zu 1,713 0/0, also durchweg Werte, die etwa sechsmal zu hoch sind. Bei der Art ihrer Versuchsanordnung (sie geben selbst an [S. 38], dass der Magensaft stets von Speiseresten, verschluckten Haaren, Sand u. dgl. verunreinigt war) ist das auch selbstverständlich; denn wenn sie auch von den Verunreinigungen abfiltrierten und der filtrierte Magensaft „immer eine vollkommen klare und durchsichtige Flüssigkeit darstellte, beim Hunde von wasserheller oder blassgelblicher Farbe“, so waren doch natürlich in dem Filtrat die während der Verdauung löslich gewordenen Bestandteile der zuvor aufgenommenen Nahrung mitenthalten. — Sehr viel näher der Wahrheit kommen die Werte, die C. Schmidt⁴⁾ für die Zusammensetzung des menschlichen Magensaftes angibt, den er von einer Patientin mit Magenfistel gewann. Er fand im Mittel Trockenrückstand 0,56 0/0, organische Substanz 0,32 0/0, also Werte, wie sie auch im wirklich reinen Hundemagensaft zur Be-

1) Sehr auffallend ist es, dass Nencki u. Sieber (Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 32 S. 302. 1901) bei ihrer Untersuchung des Pepsins die von ihnen gefundenen Werte für P und Fe auf „den festen Rückstand“ des Magensaftes beziehen und in Prozenten desselben angeben. Bei dem hohen Aschengehalt des Trockenrückstandes (in meinen Versuchen 31 0/0!) wäre es doch notwendig, jene Werte in Prozenten der organischen Substanz (Trockenrückstand minus Asche) zu berechnen.

2) R. Heidenhain in Hermann's Handbuch d. Physiol. Bd. 5 (1) S. 49—53. Leipzig 1883.

3) F. Bidder u. C. Schmidt, Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel S. 61. Mitau u. Leipzig 1852.

4) C. Schmidt, Über die Konstitution des menschl. Magensaftes. Annal. d. Chemie u. Pharmazie Bd. 92 S. 46. 1854.

obachtung kommen. Da Schmidt die Magensaftabsonderung bei seiner Patientin dadurch in Gang brachte, dass er „am frühen Morgen bei leerem Magen einige Dutzend trockene Erbsen mit etwas Wasser in die Magenfistel hineinbrachte“, so war hier die Möglichkeit einer Verunreinigung wenigstens nicht so gross wie bei den Hunden. Immerhin ist auch dieser von Schmidt untersuchte menschliche Magensaft nicht als ein reines, normales Sekret zu betrachten; die Verunreinigung durch verschluckten Speichel war nicht ausgeschlossen; der Gehalt an HCl (0,02 %!) ausserordentlich gering. — Es braucht wohl kaum besonders hervorgehoben zu werden, dass trotz dieser Mängel, die damals eben nicht zu vermeiden waren, die mühevollen Untersuchungen von Bidder und Schmidt die Kenntnisse von der Sekretion des Magensaftes in grundlegender Weise gefördert haben; vor allem wurde das Vorhandensein freier Salzsäure im Magensaft durch sie unzweifelhaft gemacht.

Organische Substanz. Die organische Substanz des Magensaftes stellt sicher einen sehr komplizierten Körper dar. Ich habe bisher nur gelegentlich einige Untersuchungen über dieselbe angestellt und verweise in dieser Beziehung auf die Arbeiten von Schoumow-Simanowsky¹⁾, Friedenthal²⁾, Nencki und Sieber³⁾, Pekelharing⁴⁾. Es geht aus diesen Arbeiten jedenfalls das eine hervor, dass die organische Substanz des Magensaftes ausserordentlich leicht zersetzlich ist, sogar schon beim Stehen des Magensaftes bei Zimmertemperatur Veränderungen erleidet. Auf diese Tatsache wird bei ferneren Untersuchungen mehr Rücksicht genommen werden müssen, als das bisher geschehen ist. Ich habe den Magensaft meist wenige Stunden bis längstens einen Tag nach der Gewinnung untersucht. Er gab die Millon'sche Reaktion, auf Zusatz von Salpetersäure in der Kälte keine Fällung, beim Erhitzen schwache flockige Fällung und Gelbfärbung, die beim Übersättigen

1) E. O. Schoumow-Simanowsky, Über den Magensaft und das Pepsin bei Hunden. Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmakol. Bd. 33 S. 336—352. 1894.

2) H. Friedenthal, Beiträge zur Kenntnis der Fermente. 1. Teil. Die chemische Natur der Fermente. Archiv f. [Anat. u.] Physiol. 1900 S. 185—189.

3) M. Nencki und N. Sieber, Beiträge zur Kenntnis des Magensaftes und der chemischen Zusammensetzung der Enzyme. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 32 S. 291—319. 1901.

4) C. A. Pekelharing, Mitteilungen über Pepsin. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 35 S. 8—30. 1902.

mit NH_3 intensiv wurde, deutliche Biuretreaktion. Schoumow-Simanowsky¹⁾ gibt an, dass im frischen Magensaft die Biuretreaktion fehlt und erst beim Stehen auftritt. Zusatz des gleichen Volumens gesättigter Ammonsulfatlösung gab Fällung, ebenso Zusatz von Alkohol. Beim Erhitzen bis zum Kochen trat reichliche weisse, flockige Fällung ein, auch dann, wenn vorher der Magensaft genau neutralisiert worden war. Im Gegensatz hierzu sagt Friedenthal²⁾: „Neutralisiert man Hundemagensaft, so bleibt er klar und zeigt beim Kochen nicht einmal eine Trübung.“ Ich muss dieser Angabe auch in ihrem ersten Teile widersprechen; denn beim Neutralisieren des Magensaftes tritt schon in der Kälte regelmässig eine Trübung ein, die sich bei Eintritt der Neutralität wieder völlig aufklärt; kocht man den nunmehr klaren Saft, so entsteht jetzt wiederum eine Fällung. Das Auftreten der Trübung beim allmählichen Neutralisieren und das Verschwinden der Trübung im Moment der Neutralisation habe ich bei der Titration der Magensäfte regelmässig beobachtet; war die zuerst aufgetretene Trübung verschwunden, so bedurfte es noch weniger Tropfen $\frac{1}{10}$ norm. Natronlauge bis zur Rotfärbung des Phenolphthaleins. Ich habe diese Erscheinung bei keinem der von mir untersuchten Magensäfte vermisst, das Auftreten resp. Verschwinden der Trübung diente mir geradezu als Maassstab zur ungefähren Beurteilung, wieviel $\frac{1}{10}$ norm. Natronlauge noch zuzusetzen war. Die abweichende Angabe Friedenthal's ist vielleicht darauf zurückzuführen, dass der von ihm untersuchte Magensaft schon etwa 14 Tage alt war.

Schoumow-Simanowsky³⁾ gibt an, dass die durch Alkohol bewirkte Fällung reichlicher war, als die durch Kochen erzeugte; ich habe dieselbe Beobachtung gemacht. Magensaft von Versuch 18 gab bei der Fällung mit dem 10fachen Volumen Alkohol 0,1887 % Eiweiss, beim Kochen nach vorhergehender Neutralisierung und schwachem Ansäuern mit Essigsäure nur 0,1043 %. Schoumow-Simanowsky meint, dass der Unterschied bedingt sein könne einmal dadurch, dass durch das Kochen mit der Salzsäure ein Teil des Eiweisses in Albumose umgewandelt wird und so der Fällung entgeht, zweitens dadurch, dass der Eiweissniederschlag durch Alkohol

1) l. c. S. 338.

2) l. c. S. 186.

3) l. c. S. 340.

mehr Asche einschliesst. Die erste Erklärung trifft bei meinem Befund jedenfalls nicht zu, da ich den Magensaft vorher neutralisiert hatte, ein stärkeres Mitreissen von Asche durch den Alkoholniederschlag erscheint mir wenig wahrscheinlich, besonders wenn man den überhaupt nur geringen Aschegehalt des Magensaftes bedenkt. Ich habe in den durch Alkohol und durch Kochen erhaltenen Niederschlägen den N-Gehalt nach Kjeldahl bestimmt; der durch Alkohol erhaltene Niederschlag enthielt 12,2%, der durch Kochen 13,1% N. Das sind sehr niedrige Werte, wenn man bedenkt, dass in der mittelst Dialyse des Magensaftes gefällten Substanz Nencki und Sieber¹⁾ 14,33%, Pekelharing²⁾ 14,44%, im Mittel also 14,39% N fanden. Den geringen N-Gehalt meiner Niederschläge etwa durch einen hohen Aschengehalt derselben zu erklären (bei der geringen Menge der Niederschläge habe ich denselben nicht bestimmen können), erscheint mir nicht zulässig; ich möchte eher annehmen, dass sowohl beim Kochen der schwach essigsauen Lösung als auch bei der Fällung mit Alkohol Zersetzungen der komplizierten organischen Substanz eintreten, vielleicht Abspaltungen N-reicherer Körper, und dass diese Zersetzungen beim Kochen und bei der Alkoholfällung in verschiedener Weise vor sich gehen. Dann wäre auch das verschiedene Gewicht der beim Kochen und durch Alkohol erhaltenen Niederschläge leicht verständlich.

In Versuch 1 und 18 habe ich direkt den N-Gehalt des Magensaftes nach Kjeldahl bestimmt. Ich fand in dem Magensaft von Versuch 1, der 0,2730% organische Substanz enthielt, 0,03556% N, und in dem Magensaft von Versuch 18 mit 0,4340% organischer Substanz 0,05404% N. Nimmt man nach den Untersuchungen von Nencki und Sieber und Pekelharing den Stickstoffgehalt der im Magensaft vorhandenen eiweissartigen Substanz zu 14,39% an, so kann man aus dem N-Gehalt des Magensaftes die Menge der darin vorhandenen eiweissartigen Substanz berechnen. Für den Magensaft von Versuch 1 ergibt sich dann für einen N-Gehalt von 0,03556% ein Eiweissgehalt von 0,2471%; da der Gehalt an organischer Substanz 0,2730% betrug, so würde dieser Magensaft 0,0259% organische, nicht eiweissartige Substanz enthalten haben. Im Versuch 18 würde einem N-Gehalt von 0,05404% entsprechen

1) l. c. S. 305.

2) l. c. S. 21.

ein Gehalt von 0,3755 % Eiweiss; die organische Substanz betrug 0,4340 %, also würden bleiben für organische, nicht eiweissartige Substanz 0,0585 %. Voraussetzung für diese Rechnung ist, dass der gesamte Stickstoff des Magensaftes in Form von Eiweiss in ihm enthalten ist. Das trifft nun jedenfalls in aller Strenge nicht zu. Nencki¹⁾ hat nachgewiesen, dass häufig Sulfoocyansäure im Magensaft vorkommt, auch wenn keine Verunreinigung mit Speichel stattgefunden hat, und auch ich habe mich von dem Vorhandensein dieses Körpers in den von mir untersuchten Magensäften mehrfach überzeugt. Es handelt sich hierbei aber stets nur um minimale Spuren, die für die obige Rechnung irrelevant sind. Man könnte allerdings annehmen, dass ein Teil des im Magensaft enthaltenen N noch in anderen uns unbekannt organischen, nicht eiweissartigen Verbindungen vorhanden sei. Wenn diese Annahme auch bisher durch keine Beobachtung gestützt ist, so lässt sich doch ungefähr eine Vorstellung gewinnen, wie gross die Menge solcher nicht eiweissartiger Substanzen höchstens sein könnte. Die durch Alkohol erzeugte Fällung besteht jedenfalls aus Eiweiss; nimmt man an, dass dabei alles Eiweiss des Magensaftes ausgefällt würde — was wohl auch sehr unwahrscheinlich ist —, so blieben im Versuch $18 \cdot 0,4340 - 0,1887 = 0,2453$ % solcher Substanzen übrig. In den von Schoumow-Simonsky mitgeteilten fünf Versuchen würde dieser Wert im Mittel 0,223 % betragen. Ich zweifle aber nicht daran, dass diese Zahl bei weitem zu hoch gegriffen ist, dass vielmehr die organischen, nicht eiweissartigen Verbindungen des Magensaftes nur einen viel geringeren Bruchteil der gesamten organischen Substanz ausmachen.

Ich werde zu diesen Überlegungen über die Menge der etwa im Magensaft vorhandenen organischen, nicht eiweissartigen Substanzen veranlasst durch gewisse Ausführungen Bickel's über den Aufbau der molekularen Konzentration des Magensaftes, die ich bei der Wichtigkeit der Sache wörtlich in ihrem Zusammenhange zitiere. Bickel sagt: „Die physikalisch-chemischen Analysen, die ich oben

1) M. Nencki, Über das Vorkommen von Sulfoocyansäure im Magensaft. Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. Bd. 28 S. 1318—1320. 1895. — M. Nencki u. N. Sieber, Beiträge zur Kenntnis des Magensaftes und der chemischen Zusammensetzung der Enzyme. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 32 S. 307. 1901.

2) A. Bickel, Experimentelle Untersuchungen über den Magensaft. Berl. klin. Wochenschr. 1905. S. 63 u. 64.

mitteilte, wie meine Mineralwasserversuche zeigen, dass die gesamte molekulare Konzentration des Magensaftes von zwei Faktoren abhängig ist: 1. von der Zahl der gelösten Elektrolyten und 2. von der Zahl der gelösten Nicht-Elektrolyten¹⁾).

Das Verhältnis dieser beiden Faktoren zueinander kann in mannigfaltiger Weise wechseln; es besteht jedenfalls keine konstante Beziehung zwischen der Grösse des Elektrolytengehaltes und der Grösse der molekularen Gesamtkonzentration.

Wie sich die Elektrolytenkonzentration zu dem Säure- bzw. H-Ionengehalt des Saftes stellt, ist eine weitere Frage, die Herr Dr. Fraenckel an dem Saft des kleinen Magens meiner Versuchstiere näher untersucht hat, und über die er demnächst berichten wird. Ich möchte hier nur auf die am Pawlow'schen Hunde gewonnene Erfahrung hinweisen, dass auch im reinen Magensaft die Gesamtazidität nur zum Teil durch die Anwesenheit freier Salzsäure bedingt ist, dass normalerweise unter bestimmten Bedingungen von der Wand des Magenfundus sogar eine stark saure Flüssigkeit abgeschieden werden kann, die überhaupt keine freie Salzsäure enthält.

Was nun die Nicht-Elektrolyten betrifft, die, wie sich aus meinen Analysen ergibt, beim Aufbau der molekularen Gesamtkonzentration des Magensaftes sogar eine hervorragende Rolle spielen können, so fehlen uns darüber bis jetzt genaue Anhaltspunkte, mit welchen chemischen Verbindungen wir es zu tun haben könnten. Grossmolekulare Körper, wie Eiweissstoffe, Schleim usw., können es jedenfalls nicht sein, denn diese lassen den Gefrierpunkt so gut wie unbeeinflusst. Es bleibt der rein chemischen Untersuchung des Magensaftes vorbehalten, über diese Frage uns weitere Aufschlüsse zu geben.“

Nach Bickel sollen also noch unbekannte Nicht-Elektrolyte, und zwar Körper von verhältnismässig kleinem Molekül „beim Aufbau der molekularen Gesamtkonzentration des Magensaftes sogar eine hervorragende Rolle spielen können“; er hofft, dass die chemische Untersuchung des Magensaftes über diese Frage weitere Aufschlüsse geben wird. Ich glaube nun, dass gerade die chemische Untersuchung aufs deutlichste zeigt, dass diese Annahme Bickel's jeden-

1) Das geht doch eigentlich nicht aus den Analysen Bickel's hervor, sondern gilt ohne weiteres für jede Flüssigkeit, die Elektrolyte und Nicht-Elektrolyte enthält.

falls für den bei der Scheinfütterung gewonnenen Magensaft nicht zutrifft. Nimmt man an — was ich für das Wahrscheinlichste halte —, dass der bei weitem grösste Teil des im Magensaft enthaltenen N in Form von Eiweiss vorhanden ist, so bleiben, wie oben gezeigt, für etwaige organische, nicht eiweissartige Körper höchstens (im Versuch 18) 0,06 % übrig. Das ist aber ein so geringfügiger Gehalt, dass er für die molekulare Konzentration, um was für Körper es sich auch handeln möge, überhaupt nicht in Betracht kommen kann. Nimmt man an, dass ein Teil des N im Magensaft in Form nicht eiweissartiger Substanzen vorkommt, so würde sich, wie oben gezeigt, die Menge derselben höchstens auf 0,25 % belaufen können. Um zu beurteilen, welche Rolle dieser Betrag für die molekulare Gesamtkonzentration spielen könnte, müsste man die Molekulargrösse dieser Verbindungen kennen, die uns ja aber ganz unbekannt sind. Da aber die Bedeutung dieser Substanzen um so grösser sein würde, je kleiner ihr Molekül wäre, kann man hier die Rechnung wieder für jene Annahme Bickel's möglichst günstig gestalten, indem man die Molekulargrösse möglichst klein annimmt. Da nun jene Nicht-Elektrolyten im Molekül wenigstens ein Atom C und ein Atom N enthalten müssen, so können meines Erachtens keine Körper in Betracht kommen, die ein kleineres Molekül als etwa der Harnstoff (60) haben. Nimmt man also einmal an, dass jene 0,25 % Nicht-Elektrolyten ein Molekulargewicht von 60 hätten, so ergäbe sich daraus eine Gefrierpunktserniedrigung von $0,08^{\circ}$. Da nun der Magensaft eine Gefrierpunktserniedrigung von etwa $0,60^{\circ}$ hat, so sieht man, dass — selbst unter Annahmen, die für die Bickel'sche Auffassung übertrieben günstig sind — der Anteil der Nicht-Elektrolyten an der molekularen Gesamtkonzentration ein recht geringer sein würde. In Wirklichkeit werden unzweifelhaft die Verhältnisse aber noch viel ungünstiger liegen. Ich werde unten zeigen, dass in der Tat die im Magensaft nachgewiesene Menge von Elektrolyten fast völlig ausreicht, um die molekulare Konzentration desselben zu erklären.

Man könnte vielleicht geneigt sein, eine wesentliche Beteiligung von Nicht-Elektrolyten an der molekularen Gesamtkonzentration des Magensaftes zwar nicht bei dem durch Scheinfütterung gewonnenen Sekret, dagegen bei dem Sekret des „kleinen Magens“ anzunehmen, an dem ja Bickel seine Untersuchungen angestellt hat. Da dieses Sekret in seiner molekularen Konzentration sich von dem bei der Scheinfütterung gewonnenen wesentlich unterscheidet, hätte eine der-

artige Annahme von vornherein nichts Unwahrscheinliches. Als bewiesen könnte sie meiner Meinung nach aber nur gelten, wenn die in einem solchen Magensaft nachgewiesene Menge der Elektrolyte nicht ausreichte, um die zugleich beobachtete molekulare Gesamtkonzentration zu erklären. Bickel macht über den Gehalt der von ihm untersuchten Magensäfte an Elektrolyten keine Angaben; er teilt nur die Werte für die Gefrierpunktserniedrigung und die elektrische Leitfähigkeit mit. Er sagt nun, dass „sich aus seinen Analysen ergibt, dass die Nicht-Elektrolyte beim Aufbau der molekularen Gesamtkonzentration sogar eine hervorragende Rolle spielen können“; wie er aber zu diesem Schluss gelangt, ist mir nicht ganz klar. Es scheint so, als ob er den Wert der elektrischen Leitfähigkeit ohne weiteres als ein Maass für den Gehalt an Elektrolyten ansieht, und nun aus der Tatsache, dass elektrische Leitfähigkeit und Gefrierpunktserniedrigung in seinen Bestimmungen nicht parallel gehen, den Schluss zieht, dass eben Nicht-Elektrolyte an der molekularen Gesamtkonzentration einen hervorragenden Anteil nehmen können. Einen derartigen Schluss halte ich für ganz unberechtigt. Die elektrische Leitfähigkeit einer Lösung hängt nicht nur von der Menge, sondern auch von der Art der in ihr vorhandenen Elektrolyte ab. Ich werde weiter unten zeigen, dass als Elektrolyte im Magensaft nur HCl, NaCl und KCl in Betracht kommen. Diese können aber in ganz verschiedenen gegenseitigen Mischungsverhältnissen im Magensaft enthalten sein. Nun beträgt das Äquivalentleitvermögen (bei unendlicher Verdünnung und bei 18°) für HCl 383,9, für KCl 131,2, für NaCl 110,3, d. h. es ist für Salzsäure rund dreimal so gross als für die Chloralkalien. Überwiegt daher die HCl die Chloralkalien, so wird das Leitungsvermögen erhöht werden, und umgekehrt — auch bei völlig gleicher molekularer Gesamtkonzentration. Es ist daher sehr wohl denkbar, dass, wenn von zwei Magensäften, deren Gehalt an HCl, NaCl und KCl nicht bekannt ist, der eine (*A*) eine kleinere Gefrierpunktserniedrigung, aber eine grössere Leitfähigkeit als der zweite (*B*) hat, gleichwohl nicht nur die molekulare Gesamtkonzentration, sondern auch in gleichem Maasse der Gehalt an Elektrolyten in *B* grösser ist als in *A*, trotz der geringeren Leitfähigkeit von *B*. Diese kann durch ein Überwiegen der Chloralkalien und ein Zurücktreten der Salzsäure bedingt worden sein. Das gegenseitige Verhältnis von Gefrierpunktserniedrigung und Leitfähigkeit verschiedener Magensäfte bei unbekannter Zusammensetzung der-

selben kann daher nicht als eine ausreichende Unterlage angesehen werden für so weitgehende Folgerungen, wie es die Behauptung ist, dass noch unbekannte organische Verbindungen an der molekularen Gesamtkonzentration des Magensaftes einen hervorragenden Anteil nehmen können. Bis zu einem exakten Beweise des Gegenteils bin ich daher der Meinung, dass für die molekulare Gesamtkonzentration des Magensaftes nur die Elektrolyte eine wesentliche Rolle spielen.

Schliesslich will ich noch bemerken, dass ich mehrfach den Magensaft auf Milchsäure untersucht habe. 50 ccm Magensaft wurden mit Äther ausgeschüttelt, der Äther verdampft und die wässrige Lösung des Rückstandes mit dem Uffelmann'schen Reagens geprüft: das Resultat war stets negativ. Allgemein nimmt man ja auch an, dass die im Mageninhalt häufig vorkommende Milchsäure nicht ein Bestandteil des Sekretes der Magendrüsen ist, sondern aus der aufgenommenen Nahrung stammt.

Anorganische Bestandteile. Die anorganischen Bestandteile des Magensaftes sind die Salzsäure und die Asche. Die Salzsäure wurde mit $\frac{1}{10}$ norm. Natronlauge unter Verwendung von Phenolphthalein als Indikator titriert. — Für die Analyse der Asche musste bei dem geringen Gehalte des Magensaftes daran eine grössere Menge Magensaft in Arbeit genommen werden, die von verschiedenen Versuchen stammte. Es wurde hierfür nur solcher Magensaft verwandt, der absolut farblos war, also sicher keine Gallenbestandteile enthielt. Ich habe zwei solcher Aschenanalysen ausgeführt.

1. 1480 ccm Magensaft, nämlich:

650 ccm Magensaft vom Versuch	12	0,5968 % HCl,
450 ccm " " "	17	0,5439 % HCl,
380 ccm " " "	19	0,5384 % HCl,
<hr/>		
1480 ccm Magensaft		0,5657 % HCl

gaben nach dem Eindampfen und Trocknen 5,7323 Trockensubstanz = 0,3873 % und nach dem Verbrennen (die Kohle wurde mehrfach mit Wasser extrahiert) 1,8755 = 0,12672 % Gesamtasche. Die Asche wurde mit Wasser behandelt, dabei gingen in Lösung 1,8408 = 0,12438 % wasserlösliche Asche; es blieben zurück 0,0347 = 0,00234 % wasserunlösliche Asche. Diese löste sich in verdünnter Salzsäure bis auf ganz geringe Spuren auf. Die lösliche Asche enthielt 0,9397 NaCl + 0,8678 KCl = 1,8075 Chloralkalien; diese machten

also 98,2% der löslichen Asche aus; ausserdem wurde in der löslichen Asche SO_3 bestimmt. In der wasserunlöslichen, mit HCl gelösten Asche konnte Ca, Mg, P_2O_5 bestimmt, Fe qualitativ nachgewiesen werden.

2. 1350 ccm Magensaft, nämlich:

440 ccm vom Versuch	21	0,5402 % HCl,
735 ccm „ „	22	0,5639 % HCl,
175 ccm „ „	23	0,5694 % HCl,
1350 ccm		0,5569 % HCl

gaben nach dem Eindampfen, Trocknen (die Bestimmung der Trockensubstanz ist leider verloren gegangen) und Verbrennen: 1,8366 = 0,13604 % Gesamtasche. Davon waren in Wasser löslich 1,8101 = 0,13408 % wasserlösliche Asche, in Wasser unlöslich, aber in verdünnter HCl bis auf geringfügige Spuren löslich 0,0265 = 0,00196 %. Die wasserlösliche Asche enthielt 0,6782 NaCl + 1,1133 KCl = 1,7915 Chloralkalien; diese machten also 99,0% der wasserlöslichen Asche aus. Ausserdem wurde in der wasserlöslichen Asche SO_3 , in der wasserunlöslichen Asche Ca, Mg, P_2O_5 bestimmt und Fe qualitativ nachgewiesen. Die folgende Tabelle VIII gibt eine Übersicht über die Zusammensetzung der Asche aus den beiden untersuchten Portionen Magensaft.

Tabelle VIII.

	1480 ccm Magensaft		1350 ccm Magensaft	
	im ganzen	%	im ganzen	%
Trockensubstanz	5,7323	0,38732	—	—
Gesamtasche	1,8755	0,12672	1,8366	0,13604
Wasserlösliche Asche. . .	1,8408	0,12438	1,8101	0,13408
Na	0,3703	0,02502	0,2672	0,01979
K	0,4554	0,03077	0,5843	0,04328
Cl	0,9938	0,06715	0,9393	0,06958
SO_3	0,0175	0,00118	0,0127	0,00094
Wasserunlösliche Asche.	0,0347	0,00234	0,0265	0,00196
Ca	0,0033	0,00022	0,0010	0,00007
Mg	0,0072	0,00049	0,0072	0,00053
P_2O_5	0,0091	0,00061	0,0093	0,00068

Salzsäure, Chloride, Gesamtchlor. Die Azidität des Mageninhaltes wird bekanntlich bedingt: 1. durch Salzsäure, zum Teil frei, zum Teil an Eiweiss gebunden; 2. durch Milchsäure und andere organische Säuren; 3. durch saure Phosphate. Für die Azidität des Magensaftes kommen aber die Körper unter 2 und 3 nicht in

Betracht. Milchsäure kommt im Magensaft nicht vor (vgl. S. 502); nach Schoumow-Simanowsky¹⁾ soll der Magensaft allerdings „zuweilen Spuren von flüchtigen Fettsäuren“ enthalten, die aber quantitativ offenbar keine Rolle spielen. Dasselbe gilt von den sauren Phosphaten; denn die Menge der Phosphorsäure im Magensaft (in meinen Bestimmungen 0,0007 ‰, nach Schoumow-Simanowsky²⁾ 0,004 ‰) ist verschwindend gering und dürfte noch dazu überwiegend aus dem P des Pepsins stammen. Die Azidität des Magensaftes wird also nur durch Salzsäure bedingt; die Titration mit Phenolphthalein als Indikator gibt also direkt die Menge der vorhandenen Salzsäure an. Die Salzsäure ist zum Teil frei, zum Teil locker an Eiweiss gebunden; ich habe bei meinen Bestimmungen darauf keine Rücksicht genommen, da das Verhältnis der freien zur locker gebundenen Salzsäure für mich kein weiteres Interesse hatte. Angaben darüber finden sich bei Sasaki³⁾. Bickel⁴⁾ gibt an, dass „normalerweise unter bestimmten Bedingungen von der Wand des Magenfundus sogar eine stark saure Flüssigkeit abgeschieden werden kann, die überhaupt keine freie Salzsäure enthält“.

Ausser der Titration der Salzsäure habe ich mehrfach auch den Gesamt-Cl-Gehalt des Magensaftes bestimmt, und zwar in zweifacher Weise. Entweder wurde das gesamte Cl direkt im Magensaft gravimetrisch oder durch Titration nach Volhard bestimmt, — oder es wurde der Magensaft verkohlt, die Kohle extrahiert und im Extrakt das Cl gravimetrisch oder durch Titration nach Volhard bestimmt und zu diesem Cl der Asche das in der titrimetrisch bestimmten HCl enthaltene Cl hinzuaddiert. Die folgende Tabelle IX gibt eine Übersicht über diejenigen Bestimmungen, in denen ich an demselben Magensaft beide Verfahren angewandt habe.

Wie die Tabelle zeigt, ist der Wert für den Gesamt-Cl-Gehalt, der bei direkter Bestimmung im Magensaft gefunden wird (Stab 1), regelmässig etwas höher als der, welcher erhalten wird durch

1) E. O. Schoumow-Simanowsky, Über den Magensaft und das Pepsin bei Hunden. Archiv f. experim. Pathol. u. Pharmakol. Bd. 33 S. 338. 1894.

2) l. c. S. 342.

3) K. Sasaki, Experimentelle Untersuchungen über den osmotischen Druck des reinen Magensaftes unter verschiedenen Bedingungen. Berl. klin. Wochenschr. 1905 S. 1386 u. 1387.

4) A. Bickel, Experimentelle Untersuchungen über den Magensaft. Berl. klin. Wochenschr. 1905 S. 64.

Tabelle IX.

Ver- such		1. Gesamt-Cl, im Magen- saft direkt bestimmt ‰	2. HCl, titriert ‰	3. Cl in HCl ‰	4. Cl in der Asche bestimmt ‰	5. Summe von 3 u. 4. ‰	6. Differenz zwischen 1 u. 5 ‰
1	Gesamter Magensaft	0,6028 ¹⁾	0,5475	0,5325	0,0499 ¹⁾	0,5824	0,0204
2	Gesamter Magensaft	0,5432 ²⁾	0,4435	0,4313	0,0898 ¹⁾	0,5211	0,0221
11	Magensaft 1/4—1 1/4	0,6212 ³⁾	0,5749	0,5591	0,0485 ³⁾	0,6076	0,0136
	Magensaft 1/4—1 1/4	0,6424 ³⁾	0,5822	0,5662	0,0594 ³⁾	0,6256	0,0168
25	Magensaft 1 1/4—2 1/4	0,6424 ³⁾	0,5749	0,5591	0,0715 ³⁾	0,6306	0,0118
	Magensaft 2 1/4—3 1/4	0,6302 ³⁾	0,5603	0,5449	0,0727 ³⁾	0,6176	0,0126
Mittel		0,6137	0,5472	0,5322	0,0653	0,5975	0,0162

Summierung des in der HCl enthaltenen Cl und des in der Asche bestimmten Cl (Stab 5). In Stab 6 ist die Differenz dieser beiden Bestimmungen aufgeführt. Ich habe zuerst daran gedacht, der Grund dieser Erscheinung könne darin liegen, dass bei der direkten Cl-Bestimmung im Magensaft etwas Silber von dem Eiweiss des Magensaftes niedergeschlagen würde und so in den AgCl-Niederschlag gelangte. Dass diese Erklärung nicht zutreffend ist, zeigt Versuch 2, in dem durch Verbrennen mit Soda und Salpeter alles Eiweiss zerstört wurde und gleichwohl die direkte Cl-Bestimmung in der Asche wieder einen etwas höheren Wert lieferte. Die Erscheinung ist vielmehr zurückzuführen auf das Vorhandensein von NH₄Cl im Magensaft, worauf schon Reissner⁴⁾ aufmerksam gemacht hat⁵⁾. Bei

1) Gravimetrisch.

2) Der ganze Magensaft wurde mit Soda und Salpeter (Cl-frei) versetzt, eingedampft, verascht, in der Asche das Cl gravimetrisch bestimmt.

3) Nach Volhard bestimmt.

4) O. Reissner, Über das Verhalten des Chlors im Magen und die Ursache des Salzsäuremangels bei Magenkrebs. Zeitschr. f. klin. Medizin Bd. 44 S. 75. 1902. — Zur Methodik der Salzsäurebestimmung am Mageninhalt. Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 48 S. 110. 1903.

5) Allerdings nimmt Reissner an, dass das NH₃ des Mageninhaltes nicht aus dem Magensaft, sondern aus dem Speichel stammt. Er gibt an, dass er bei reinem Hundemagensaft (aus dem Sekundärmagen eines Hundes mit Pawlow'scher Magenfistel) in zwei Versuchen nach Neutralisation keinen Chlorverlust beim Verkohlen gefunden habe.

der Veraschung des Magensaftes verflüchtigt sich das NH_4Cl ; der Wert für das Cl wird dann also um so viel zu klein ausfallen, als dem Cl des NH_4Cl entspricht. Wird der Magensaft direkt analysiert oder aber nach Zusatz von überschüssigem Alkali verascht, so wird das Cl des NH_4Cl mit bestimmt. Ich habe in Versuch 11 ausser den in der Tabelle angegebenen noch eine dritte Bestimmung gemacht, bei der ich den Magensaft genau neutralisierte, dann veraschte und in der Asche das Gesamt-Cl nach Volhard bestimmte; ich fand so 0,6090 % Cl. Bei diesem Verfahren musste ebenfalls das NH_4Cl der Bestimmung entgehen; in der Tat stimmt der gefundene Wert mit dem, der sich durch Summierung des Cl in HCl und in Asche ergibt (0,6076), gut überein. Die Zahl in Stab 6 gibt also die Menge Cl an, die im Magensaft an NH_3 gebunden ist; im Mittel meiner sechs Bestimmungen 0,0162 %, dem würde entsprechen 0,0078 % NH_3 . Das Vorkommen von NH_3 im Mageninhalt ist von Rosenheim¹⁾ und von Strauss²⁾ nachgewiesen worden; aus meinen Versuchen geht hervor, dass in der Tat auch der reine Magensaft regelmässig eine geringe Menge NH_3 enthält. Ich habe einmal (Magensaft $1\frac{1}{4}$ — $2\frac{1}{4}$ vom Versuch 20) das NH_3 direkt bestimmt in derselben Weise wie Rosenheim. 100 ccm Magensaft wurden neutralisiert, mit Essigsäure und Gerbsäure völlig ausgefällt, filtriert und mit Kalkmilch versetzt in den Schlösingschen Apparat gebracht; ich erhielt 0,00778 % NH_3 , also denselben Wert wie oben³⁾. Rosenheim fand im Mageninhalt 0,01—0,015 %; Strauss fand zweimal überhaupt kein NH_3 , in acht anderen Fällen 0,010—0,021 %; natürlich ist hier zu dem NH_3 -Gehalt des Magensekretes noch der des Speichels hinzugekommen. Der Ammoniak-

1) Th. Rosenheim, Über das Vorkommen von NH_3 im Mageninhalt. Zentralbl. f. klin. Medizin 13. Jahrg. 1892 S^t 817.

2) H. Strauss, Über das Vorkommen von Ammoniak im Mageninhalt und die Beeinflussung der neueren Salzsäurebestimmungsmethoden durch dasselbe. Berl. klin. Wochenschr. 1893 S. 398.

3) Zu diesen Bestimmungen muss frischer Magensaft verwendet werden. Als ich in dieser Weise einen Magensaft untersuchen wollte, der allerdings schon fast 3 Monate gestanden hatte, aber dem äussern Ansehen nach unverändert war, gab er eine sehr geringfügige, aber über 14 Tage andauernde NH_3 -Entwicklung. Offenbar hatte sich beim Stehen die Eiweisssubstanz des Magensaftes so verändert, dass sie durch Essigsäure und Gerbsäure nicht völlig gefällt wurde; die zurückgebliebene eiweissartige Substanz zersetzte sich dann unter der Einwirkung der Kalkmilch allmählich unter NH_3 -Entwicklung.

gehalt des Magensaftes ist deswegen von Interesse, weil er den des Blutes erheblich übertrifft. Nach Horodynski, Salaskin und Zaleski¹⁾ enthält arterielles Hundeblood in 100 g 0,41 mg NH_3 , das Pfortaderblut 3—4,5 mal so viel, also höchstens 1,85 mg. Setzt man das Verhältnis von Blutkörperchen zu Plasma rund wie 40:60, so würde das Plasma (wenn das NH_3 nur im Plasma enthalten wäre) höchstens 0,003 g NH_3 in 100 g enthalten können, also noch nicht halb so viel, als der Magensaft im Durchschnitt. Dabei habe ich den NH_3 -Gehalt des Blutes so hoch angenommen, wie er wohl nur selten erreicht werden wird. Es geht hieraus hervor, dass das NH_3 nicht etwa durch blosse Diffusion aus dem Blutplasma in den Magensaft gelangen kann; es muss eine besondere Quelle für den höheren NH_3 -Gehalt des Magensaftes vorhanden sein. Es ergäben sich hier zwei Möglichkeiten. Einmal könnte die eigenartige Umwandlung, welche die Eiweisssubstanz des Magensaftes sehr bald nach der Entleerung beim Stehen erleidet, unter NH_3 -Abspaltung vor sich gehen; dann würde also das NH_3 erst nach der Bildung des Magensaftes in demselben entstehen. Liesse sich dagegen zeigen, dass NH_3 in den oben angegebenen Mengen auch in dem ganz frischen Magensaft vorhanden ist, so müsste es meiner Meinung nach als ein Produkt der Zelltätigkeit bei der Bildung des Magensaftes aufgefasst werden. Das wäre dann ein weiterer Beweis dafür, dass Lebensvorgänge in der Zelle von uns noch unbekannter Natur bei der Sekretion des Magensaftes eine wichtige Rolle spielen. Jedenfalls verdient der Gegenstand weiteres Interesse.

Von den unorganischen Bestandteilen des Magensaftes kommen, wie eine Betrachtung der Tabelle VIII zeigt, der Menge nach nur HCl, NaCl und KCl wesentlich in Betracht. Wenn also, wie ich oben behauptete, für die molekulare Gesamtkonzentration des Magensaftes die Nicht-Elektrolyte keine irgendwie bemerkenswerte Rolle spielen, so muss sich die beobachtete Gefrierpunktserniedrigung eines Magensaftes aus seinem Gehalt an HCl, NaCl und KCl erklären lassen. Dabei ist es nicht einmal nötig, die Mengen der einzelnen Cl-Verbindungen zu kennen, sondern es genügt die Kenntnis des Gesamt-Cl-Gehaltes, um daraus die Gefrierpunktserniedrigung berechnen zu

1) W. Horodynski, S. Salaskin u. J. Zaleski, Über die Verteilung des Ammoniaks im Blute und den Organen normaler und hungernder Hunde. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 35 S. 249 u. 251. 1902.

können, wie die folgende Überlegung zeigt. Sind in einer Flüssigkeit 35,45 g Cl im Liter (gleichgültig ob an H, Na oder K gebunden) enthalten, so enthält sie im Liter ein Gramm-Molekül; die Gefrierpunktserniedrigung würde also, vorausgesetzt, dass keine Dissoziation stattfindet, 1,85 betragen, also für 1 % Cl $\frac{1,85}{3,545}$. Bei vollständiger Dissoziation würde die Gefrierpunktserniedrigung doppelt so gross sein, also für 1 % Cl $\frac{2 \cdot 1,85}{3,545}$. Bei den mittleren Konzentrationsverhältnissen des Magensaftes dürften etwa 85 % der Moleküle dissoziiert sein. Enthält daher ein Magensaft x % Cl, so würden davon auf nicht-dissoziierte Moleküle $\frac{x \cdot 15}{100}$, auf dissoziierte $\frac{x \cdot 85}{100}$ kommen; die Gefrierpunktserniedrigung würde also betragen

$$\frac{1,85 \cdot 15 \cdot x}{3,545 \cdot 100} + \frac{1,85 \cdot 2 \cdot 85 \cdot x}{3,545 \cdot 100} = \frac{1,85}{3,545} \cdot 1,85 \cdot x = 0,9654 x.$$

Multipliziert man also den Gesamt-Cl-Gehalt mit 0,9654, so erhält man die Gefrierpunktserniedrigung, welche durch die im Magensaft vorhandene HCl, NaCl und KCl bewirkt werden würde. Die folgende Tabelle X gibt eine Vergleichung der beobachteten Gefrierpunktserniedrigung mit der berechneten.

Fast durchweg ist die beobachtete Gefrierpunktserniedrigung etwas grösser als die berechnete; in Stab 4 sind die Differenzen aufgeführt. Da ausser HCl, NaCl, KCl andere Elektrolyte nur in ganz verschwindenden Mengen im Magensaft vorkommen (vgl. Tab. VIII), so würde der Betrag dieser Differenz auf Rechnung von Nicht-Elektrolyten zu setzen sein. Ich glaube aber, dass wahrscheinlich der Betrag noch etwas zu hoch sein dürfte. Ich habe die Dissoziation der Elektrolyte des Magensaftes zu 85 % angenommen; da unter den Elektrolyten aber die Salzsäure überwiegt, so dürfte tatsächlich die Dissoziation noch grösser sein. Das würde natürlich den Wert in Stab 3 noch etwas erhöhen und so die Differenz in Stab 4 noch weiter herunterdrücken. Jedenfalls geht aus der Tabelle auf das deutlichste hervor, dass fast die gesamte molekulare Konzentration des Magensaftes auf Rechnung der Elektrolyte kommt, und dass in Übereinstimmung mit dem Resultat der chemischen Untersuchung der organischen Substanz des Magensaftes (vgl. S. 498—502) die Nicht-Elektrolyte dabei nur eine ganz untergeordnete Rolle spielen.

Tabelle X.

Ver- such		1. /	2. Gesamt- Cl-Gehalt	3. /	4. Differenz zwischen 1 u. 3
		beob.		berechnet	
1	Gesamter Magensaft	0,622	0,6028	0,582	+ 0,040
2	Gesamter Magensaft	0,561	0,5432	0,524	+ 0,037
6	Magensaft 0—1/2	0,549	0,5575	0,538	+ 0,011
	1/2—1	0,579	0,5818	0,562	+ 0,017
	1—1 1/2	0,569	0,5757	0,556	+ 0,013
	1 1/2—2	0,568	0,5636	0,544	+ 0,024
	2—2 1/2	0,518	0,5575	0,538	— 0,020
	2 1/2—3	0,552	0,5818	0,562	— 0,010
	3—3 1/2	0,550	0,5696	0,550	± 0,000
	3 1/2—4	0,546	0,5696	0,550	— 0,004
	4—4 1/2	0,548	0,5575	0,538	+ 0,010
	0—1/2	0,428	0,4000	0,386	+ 0,042
7	1/2—1	0,521	0,5212	0,503	+ 0,018
	1—1 1/2	0,521	0,5212	0,503	+ 0,018
	1 1/2—2	0,512	0,5212	0,503	+ 0,018
	2—2 1/2	0,525	0,5212	0,503	+ 0,022
	2 1/2—3	0,528	0,5212	0,503	+ 0,025
	0—1/2	0,481	0,4727	0,456	+ 0,025
8	1/2—1	0,530	0,5272	0,509	+ 0,021
	1—1 1/2	0,528	0,5090	0,491	+ 0,037
	1 1/2—2	0,545	0,5272	0,509	+ 0,036
	2—2 1/2	0,531	0,5212	0,503	+ 0,028
	2 1/2—3	0,517	0,5151	0,497	+ 0,020
	0—1/4	0,588	0,5939	0,573	+ 0,015
24	1/4—1 1/4	0,610	0,6181	0,597	+ 0,013
	1 1/4—2 1/4	0,580	0,5818	0,562	+ 0,018
	2 1/4—3 1/4	0,590	0,5999	0,579	+ 0,011
25	0—1/4	0,604	0,6060	0,585	+ 0,019
	1/4—1 1/4	0,643	0,6424	0,620	+ 0,023
	1 1/4—2 1/4	0,641	0,6424	0,620	+ 0,021
	2 1/4—3 1/4	0,628	0,6302	0,608	+ 0,020

Der Gesamt-Cl-Gehalt des Magensaftes schwankt (wenn man von den Versuchen 7 und 8 absieht, die bei Cl-armer Ernährung ausgeführt sind), in engen Grenzen von 0,54—0,64 ‰. Da das Cl des Magensaftes unzweifelhaft aus dem Blute stammt, so liegt es nahe, den Cl-Gehalt des Magensaftes mit dem des Blutes resp. des Blutplasmas zu vergleichen. Für den Cl-Gehalt des Hundeblutes liegen Analysen vor von Abderhalden¹⁾ und von Nencki und Schoumow-Simanowsky²⁾. Abderhalden fand

1) Abderhalden, Zur quantitativen vergleichenden Analyse des Blutes. Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 25 S. 88 u. 94. 1898.

2) M. Nencki und E. O. Schoumow-Simanowsky, Studien über das Chlor und die Halogene im Tierkörper. Arch. f. exper. Pathol. und Pharmakol. Bd. 34 S. 328. 1894.

im Hundeblyte 0,2935 und 0,2908 ‰, Nencki und Schoumow-Simanowsky 0,250 — 0,235 — 0,275 — 0,283 — 0,296 ‰ Cl. Ich selbst habe in Versuch 25 in dem Blut meines Hundes, welches ich vor Beginn und nach Schluss des Versuchs entnahm, eine Cl-Bestimmung gemacht. Das Blut wurde getrocknet, vorsichtig verkohlt, die Kohle mehrfach mit Wasser extrahiert, dann völlig verbrannt, der Rückstand ebenfalls mit Wasser extrahiert und in der wässerigen Lösung das Cl nach Volhard bestimmt. Ich fand im Blute vor dem Versuch 0,270, nach dem Versuch 0,237 ‰ Cl. Als Mittel aus den neun Bestimmungen von Abderhalden, Nencki und Schoumow-Simanowsky und mir ergibt sich 0,27 ‰ Cl. Der Cl-Gehalt des Magensaftes ist also mehr als doppelt so hoch wie der des Blutes. Vielleicht kann es richtiger erscheinen, wenn man den Cl-Gehalt des Magensaftes mit dem des Blutplasmas resp. Blutserums vergleicht, da das in den Blutkörperchen enthaltene Cl für die Bildung des Magensaftes jedenfalls nicht direkt in Betracht kommt. Abderhalden gibt für den Cl-Gehalt des Hundeblytserums 0,4023 und 0,4138 ‰ an. Bei Bugarszky und Tangl¹⁾ finden sich für den NaCl-Gehalt des Hundeblytserums folgende Werte: 0,464 — 0,510 — 0,621 — 0,568 — 0,638 — 0,547 — 0,615 — 0,547 — 0,538, aus denen sich für den Cl-Gehalt berechnet 0,282 — 0,309 — 0,377 — 0,345 — 0,387 — 0,332 — 0,373 — 0,332 — 0,326, und im Mittel 0,340 ‰ Cl, also ein wesentlich kleinerer Wert als der Abderhalden's. Aber selbst wenn man den höchsten Wert Abderhalden's zugrunde legt (0,41), enthält der Magensaft erheblich mehr Cl als das Blutserum. Es scheint mir das eine sehr wichtige Tatsache zu sein, die bei den Versuchen, die Magensaftabsonderung auf einfach physikalisch-chemische Vorgänge zurückzuführen, nicht berücksichtigt worden ist. Denn mit jeder derartigen Erklärung ist diese Tatsache, jedenfalls bei dem heutigen Stande unserer Kenntnisse unvereinbar. Auch hier ergibt es sich als eine notwendige Folgerung aus der chemischen Zusammensetzung des Magensaftes, dass die Lebenstätigkeit der Drüsenzelle bei dem Sekretionsvorgang eine wesentliche Rolle spielt. Das Auffallendste dabei ist, dass die Magenschleimhaut selbst einen ziemlich geringen

1) St. Bugarszky und F. Tangl, Physikalisch-chemische Untersuchungen über die molekularen Konzentrationsverhältnisse des Blutserums. Pflüger's Archiv. Bd. 72 S. 549. 1898.

Gehalt an Cl besitzt. Nach den wertvollen Analysen, die Nencki und Schoumow-Simanowsky¹⁾ über den Cl-Gehalt der einzelnen Organe des Hundekörpers angestellt haben, enthält die Magenschleimhaut bei einem mittleren Trockensubstanzgehalt von 20,3 % (der des Blutes war 20,49) im Durchschnitt von fünf Bestimmungen 0,093 % Cl. Dieser Cl-Gehalt übertrifft zwar regelmässig den der Darmschleimhaut, die im Mittel von drei Bestimmungen nur 0,04 % Cl enthielt, steht aber erheblich zurück hinter dem Cl-Gehalt folgender Organe: Lunge (0,150 %), Haut (0,145 %), Niere (0,122 %), Milz (0,107 %), Gehirn (0,100 %). Dabei bleibt es sich fast ganz gleich, ob die Magenschleimhaut im Stadium der Verdauung oder während des Hungers untersucht wird. Nencki und Schoumow-Simanowsky²⁾ teilen folgenden sehr wichtigen Versuch mit. Ein Hund von 10,5 kg erhält 820 g Fleisch und wird 3 Stunden später getötet. In 100 Teilen trockner Magenschleimhaut fanden sich 0,2073 ClK + 0,504 ClNa = 0,7113 ClK + ClNa. Ein anderer Hund von 10,2 kg Gewicht wurde nach 50 stündigem Hunger getötet. In 100 Teilen trockner Magenschleimhaut fanden sich 0,1526 ClK + 0,5878 ClNa = 0,7404 ClK + ClNa. Ich habe diese Zahlen auf Cl umgerechnet. Danach enthielt die Magenschleimhaut des in der Verdauung getöteten Hundes 0,4046 % Cl in der Trockensubstanz = 0,0821 % Cl in der feuchten Substanz, die Magenschleimhaut des hungernden Tieres 0,4293 % Cl in der Trockensubstanz = 0,0871 % Cl in der feuchten Substanz. Die Werte für den Cl-Gehalt der feuchten Magenschleimhaut sind also in beiden Fällen fast gleich; sie liegen noch etwas unter dem Mittelwert (0,093 %), den Nencki und Schoumow-Simanowsky bei der Untersuchung der Magenschleimhaut von fünf anderen Hunden fanden. Wir haben also bei der Absonderung des Magensaftes auf der einen Seite das Blut mit 0,27 % Cl, resp. das Blutplasma mit höchstens 0,41 % Cl, auf der andern Seite den Magensaft mit 0,54—0,64 % Cl und dazwischen die sezernierende Magenschleimhaut mit nur 0,09 % Cl. Selbst wenn man von der Bildung der freien Salzsäure ganz absieht, enthält schon die Tatsache, dass eine Schleimhaut von so niedrigem Cl-Gehalt aus einer

1) M. Nencki und E. O. Schoumow-Simanowsky, Studien über das Chlor und die Halogene im Tierkörper. Arch. f. exper. Pathol. und Pharmakol. Bd. 34 S. 328. 1894.

2) l. c. S. 313.

Flüssigkeit von höherem Cl-Gehalt eine Flüssigkeit von noch höherem Cl-Gehalt bildet, genug Unverständliches und zeigt, wie weit wir von einem Verständnis des Sekretionsvorganges auch nur in seinen einfachsten Beziehungen entfernt sind.

Da der Gesamt-Cl-Gehalt des Magensaftes nur in verhältnismässig engen Grenzen schwankt, so hängt die Menge des in einem Versuch ausgeschiedenen Gesamt-Cl hauptsächlich von der Menge des Magensaftes ab. Wie gross diese Menge des im gesamten Magensaft ausgeschiedenen Cl unter günstigen Bedingungen werden kann, zeigt die folgende Tabelle XI, in der ich diejenigen Versuche zusammengestellt habe, in denen eine grosse Saftmenge (700—900 ccm) zur Abscheidung gelangte. Die Werte für den Gesamt-Cl-Gehalt (Stab 6) sind in Versuch 24 und 25 direkt im Magensaft nach Volhard bestimmt. In Versuch 11 ist dagegen nur der Cl-Gehalt der Asche bestimmt worden, zusammen mit dem Cl der HCl ergab das einen Wert von 0,5963 % Cl. Dieser Betrag ist zu klein um diejenige Menge Cl, welche in Form von NH_4Cl vorhanden war (vgl. S. 506); diese Menge beträgt nach Tabelle IX S. 39 im Mittel 0,0162 %, ergibt sich also als Gesamt-Cl-Gehalt $0,5963 + 0,0162 = 0,6125$ %. In den Versuchen 5, 12, 20, 21, 22, 23 habe ich nur die Salzsäure titriert und die darin enthaltene Menge Cl berechnet. Dieser Wert muss vermehrt werden um den Betrag des Cl der Asche und des Cl in NH_4Cl . Das Cl der Asche beträgt nach Tabelle IX im Mittel 0,0653 %; nach Tabelle VIII wurden in der Asche von 1480 ccm Magensaft gefunden 0,0672 % und in der Asche von 1350 ccm Magensaft 0,0696 %; im Mittel dieser drei Werte ergibt sich 0,0674 % Cl in der Asche. Dazu kommt 0,0162 % Cl in Form von NH_4Cl , zusammen 0,0836 % Cl. In den oben erwähnten Versuchen ist daher der Wert für den Gesamt-Cl-Gehalt (Stab 6) so berechnet worden, dass zu dem Cl der HCl (Stab 5) regelmässig 0,0836 hinzuaddiert worden ist. Dass diese Korrektur annähernd das Richtige trifft, jedenfalls nicht zu gross ist, ergibt sich aus Versuch 24 und 25, in denen der Wert des direkt bestimmten Gesamt-Cl-Gehalts minus Cl der HCl: 0,0938 und 0,0876 beträgt.

Die Menge des in einem Versuch mit dem Magensaft ausgeschiedenen Cl kann danach bis 4,5—5,5 g betragen. Nehme ich das mittlere Körpergewicht meines Hundes hoch zu 26 kg an, so würde die Blutmenge desselben 2 kg betragen; darin würden bei einem mittleren Cl-Gehalt des Blutes von 0,27 % also 5,4 g Cl ent-

halten sein. Eine genaue Berechnung kann ich für den Versuch 25 anstellen, in dem ich das Blut des Hundes am Beginn und nach Schluss des Versuchs auf seinen Cl-Gehalt untersucht habe. Der Hund wog bei Beginn des Versuchs 26,400 g, die Blutmenge betrug also 2031 g, darin waren 0,2701 % Cl = 5,4856 g Cl. In diesem Versuche wurden mit dem Magensaft 4,9923 g Cl abgeschieden. Es kann also mit dem Magensaft in $3\frac{1}{4}$ Stunden annähernd ebensoviel Chlor aus dem Körper ausgeschieden werden, als in der ganzen Blutmenge des Tieres enthalten ist. Natürlich ersetzt das Blut seinen Cl-Verlust aus dem Cl des übrigen Körpers; in Versuch 25 betrug der Cl-Gehalt des Blutes nach Schluss des Versuchs 0,2369 % gegen 0,2701 % am Anfang, also nur unbedeutend weniger.

Tabelle XI.

1. Ver- such	2. Dauer Stunden	3. Menge des Magensafts ccm	4. HCl %	5. Cl in HCl %	6. Gesamt-Cl %	7 Gesamt-Cl in d. ganzen Menge
24.	$3\frac{1}{4}$	743	0,5248	0,5104	0,6042	4,4894
25.	$3\frac{1}{4}$	782	0,5663	0,5508	0,6384	4,9923
11.	$3\frac{1}{4}$	815	0,5657	0,5502	0,6125	4,9919
5.	$3\frac{1}{2}$	917	0,4976	0,4840	0,5676	5,2049
12.	$3\frac{1}{4}$	844	0,5846	0,5686	0,6522	5,5045
20.	$3\frac{1}{4}$	878	0,5210	0,5068	0,5904	5,1838
21.	$3\frac{1}{4}$	814	0,5129	0,4989	0,5825	4,7416
22.	$3\frac{1}{4}$	872	0,5540	0,5388	0,6224	5,4274
23.	$3\frac{1}{4}$	844	0,5378	0,5230	0,6066	5,1196

Es ist von Interesse, die im Magensaft ausgeschiedene Cl-Menge nicht nur mit dem Cl-Vorrat des Blutes, sondern auch mit der Gesamt-Cl-Menge des ganzen Körpers zu vergleichen. Eine annähernde Schätzung dieses Wertes lässt sich gewinnen auf Grund der Analysen des Cl-Gehaltes der einzelnen Organe, die Nencki und Schoumow-Simanowsky¹⁾ an fünf Hunden ausgeführt haben. Da Nencki und Schoumow-Simanowsky bei den meisten der von ihnen untersuchten Organe auch das Gewicht angeben, so kann man daraus berechnen, wieviel Prozent des Körpergewichts das betreffende Organ ausmacht, und nach dem mittleren Cl-Gehalt des Organs, mit welchem Betrage es sich an der gesamten Cl-Menge des Körpers beteiligt. Nur für die Haut, die ziemlich

1) l. c. S. 328.

Cl-reich ist, geben Nencki und Schoumow-Simanowsky nicht das Gewicht an. Ich habe daher aus den von Schöndorff¹⁾ angegebenen Werten den Anteil der Haut am Körpergewicht berechnet; er beträgt danach im Mittel 13,13 %. Für die Blutmenge ist $\frac{1}{13}$ des Körpergewichts = 7,69 % eingesetzt. In dieser Weise habe ich in der folgenden Tabelle XII den Anteil am Cl-Gehalte des ganzen Körpers für diejenigen Organe berechnet, die am Cl-reichsten sind; sie machen zusammen 23,29 % des Körpergewichtes aus. Nencki und Schoumow-Simanowsky geben noch für folgende Organe den Cl-Gehalt an: Pannicul. adipos. 0,076, Magenschleimhaut 0,093, Leber 0,025, Knochenmark 0,034, Muskel 0,033, Nierenfett 0,032, Knochen 0,033, Darmschleimhaut 0,040. Diese Werte sind fast durchweg sehr klein; ich habe daher für den Rest der Körpersubstanz (76,71 % des Körpergewichtes) einen mittleren Cl-Gehalt von 0,05 % angenommen. Dieser Wert ist sicher eher zu gross wie zu klein, da die Muskulatur mit nur 0,033 % Cl²⁾ offenbar einen grossen Teil dieses Restes der Körpersubstanz ausmacht; auf den verhältnismässig hohen Cl-Gehalt des Panniculus adiposus (0,076 %) dürfte auf diese Weise mehr als notwendig Rücksicht genommen sein.

Danach enthält also der Körper des Hundes durchschnittlich 0,08 % Cl. Für meinen 26 kg schweren Hund würde also der gesamte Cl-Gehalt des Körpers 20,8 g betragen. Es kann mithin durch den Magensaft in $3\frac{1}{4}$ Stunden ein Viertel des gesamten Cl-Vorrates des Körpers zur Ausscheidung gelangen. Wird dieser gewaltige Verlust nicht durch die Nahrung ersetzt, so muss natürlich die weitere Magensaftabsonderung durch

1) B. Schöndorff, Über den Maximalwert des Gesamtglykogengehalts von Hunden. Pflüger's Arch. Bd. 99 S. 191. 1903.

2) Allerdings gibt Katz (Die mineral. Bestandteile des Muskelfleisches. Pflüger's Arch. Bd. 63 S. 46. 1896) den Cl-Gehalt des Hundefleisches viel höher nämlich zu 0,08052 % an. Vielleicht ist dieser hohe Wert (der höchste, den Katz, mit Ausnahme des Schellfischfleisches, beobachtet hat) durch einen besonders grossen Blutreichtum des Fleisches bedingt gewesen. Nencki und Schoumow-Simanowsky haben ihre Hunde offenbar durch Verblutung getötet; dadurch wurde wenigstens ein Teil des Blutes aus den Muskeln entfernt. Da ich bei meiner Berechnung die Blutmenge mit $\frac{1}{13}$ des Körpergewichtes, also die Gesamtblutmenge in Rechnung gesetzt habe, müsste eigentlich der Cl-Gehalt des völlig blutfreien Muskelfleisches zugrunde gelegt werden, der noch niedriger als 0,033 sein dürfte.

Tabelle XII.

1. 100 g Körpersubstanz des Hundes bestehen aus	2. Mittlerer Cl-Gehalt nach Nencki u. Schoumow- Simanowsky in Proz.	3. Absolute Cl-Menge in der in Tab I angegebenen Menge des Organs
Blut 7,69	0,268	0,0206
Lunge 0,84	0,150	0,0013
Haut 13,13	0,145	0,0190
Niere 0,49	0,122	0,0006
Milz 0,25	0,107	0,0003
Gehirn 0,49	0,100	0,0005
Pankreas 0,26	0,051	0,0001
Rückenmark 0,14	0,043	0,0001
23,29	—	0,0425
Rest 76,71	0,05	0,0384
Summe 100,00	—	0,0809

die Verarmung des Körpers an Cl Not leiden. Nachdem im Versuch 12 vom 12. Dezember 1906 der normal ernährte Hund in $3\frac{1}{4}$ Stunden 844 ccm Magensaft mit 0,5846 % HCl und 0,6522 % Gesamt-Cl = 5,5045 Cl im ganzen ausgeschieden hatte, liess ich das Tier hungern, machte aber an den folgenden Tagen in der gewohnten Weise Scheinfütterungsversuche. Am 13. Dezember schied der Hund in $2\frac{1}{4}$ Stunden nur noch 239 ccm Magensaft mit 0,5144 % HCl aus, d. h. im ganzen 1,1956 Cl in Form von HCl; nach diesem Versuch erhielt er zum Ersatz der verloren gegangenen Flüssigkeit im Laufe des Tages 2 Liter destilliertes Wasser in den Magen. Am 14. Dezember war die Sekretion noch geringer: in $2\frac{1}{4}$ Stunden wurden 243 ccm mit nur 0,4171 % HCl ausgeschieden, im ganzen also nur noch 0,9859 Cl in Form von HCl. (Ich habe in diesen Versuchen weder Bestimmungen des Gesamt-Cl noch des Cl der Asche gemacht; nur in der Asche des Magensaftes $\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{4}$ vom Versuch 14 habe ich das Cl bestimmt und fand 0,1182 %, einen auffallend hohen Wert. Von der Anbringung einer Korrektur für das Cl der Asche und Cl des NH_4Cl an den obigen Werten muss daher wegen der Unsicherheit der Schätzung abgesehen werden; es kann nur gesagt werden, dass die Werte für das ausgeschiedene Gesamt-Cl natürlich etwas höher sein würden als für das Cl in HCl allein.) Im Laufe des 14. Dezember erhielt dann der Hund 2 Liter 1 %iger NaCl-Lösung in den Magen; am 15. Dezember lieferte er darauf in $3\frac{1}{4}$ Stunden 775 ccm Magensaft mit 0,5344 % HCl, also 4,0279 Cl allein in Form von HCl! Ich werde auf diese Verhältnisse in einer späteren Mitteilung näher eingehen. Hier sei nur er-

wähnt, dass man in der Scheinfütterung eines hungernden Hundes offenbar ein ausgezeichnetes Mittel hat, dem Körper des Tieres in kürzester Zeit erhebliche Cl-Mengen zu entziehen; verlor doch mein Hund in dem oben angeführten Versuch in 3 Tagen $5,5045 + 1,1956 + 0,9859 = 7,6860$ Cl (sogar noch etwas mehr, vgl. oben); das sind 37 % des gesamten Cl-Vorrates des Körpers. Die bisher für diesen Zweck angewandte Methode der Ernährung mit Cl-frei gemachter Nahrung führt bekanntlich sehr viel langsamer zum Ziele.

Bei dem normalen Ablauf der Verdauung wird natürlich die bei der Magensaftsekretion in den Magen abgeschiedene Cl-Menge nachträglich wieder resorbiert. Solange dieselbe sich aber im Innern des Magens resp. Darms befindet, ist sie aus dem Bestande des Organismus zeitweilig ausgeschieden. Wenn auch die Menge des Magensaftes und somit auch die des darin enthaltenen Cl unter gewöhnlichen Verhältnissen geringer sein mag als bei der Scheinfütterung, so müssen doch bei jeder reichlichen Nahrungsaufnahme sehr erhebliche Verschiebungen in der Verteilung des Cl im Organismus zustande kommen, so dass man von einer zeitweiligen relativen Cl-Verarmung des Körpers sprechen kann. Ich habe schon oben (S. 476) darauf hingewiesen, dass die bei der Magensaftausscheidung stattfindende Wasserabgabe für den Organismus nicht gleichgültig sein kann; das gilt in noch viel höherem Maasse von der Cl-Abgabe. Ich bin sehr geneigt, die nach reichlicher Nahrungsaufnahme auftretenden Erscheinungen allgemeiner Müdigkeit, Unfähigkeit zu geistiger Arbeit hiermit in Zusammenhang zu bringen. Gewöhnlich erklärt man dieselben durch die veränderte Verteilung des Blutes während der Verdauung und die dadurch bedingte relative Blutleere des Gehirns. Aber eine derartige Veränderung in der Verteilung des Blutes kommt auch unter anderen Verhältnissen vor, z. B. bei lebhafter Muskeltätigkeit, ohne dass jene Symptome wie während der Verdauung auftraten. Hier kommt meiner Meinung nach der Wasser- und Cl-Abgabe aus dem Körper zum mindesten eine Mitwirkung zu.

Über den Gehalt an Gesamt-Cl, Cl in Form von HCl und Cl der Asche in den einzelnen Portionen eines Versuchs geben die folgenden Tabellen XIII und XIV Aufschluss. Bei den Versuchen 4—8, in denen vor Beginn der Scheinfütterung der Magen mit destilliertem Wasser ausgespült wurde, sind die Werte für den in der ersten halben Stunde abgesonderten Magensaft wahrscheinlich zu niedrig, da zurückgebliebenes Spülwasser eine Verdünnung des Magensaftes bewirkt hat; sie bleiben daher im folgenden ausser Betracht.

Tabelle XIII.

Stunde	Versuch 4						Versuch 5						Versuch 6							
	Menge ccm		HCl		Cl in HCl		Menge ccm		HCl		Cl in HCl		Menge ccm		HCl		Cl in HCl		Gesamt-Cl	
	o/o	im ganzen	o/o	im ganzen	o/o	im ganzen	o/o	im ganzen	o/o	im ganzen	o/o	im ganzen	o/o	im ganzen	o/o	im ganzen	o/o	im ganzen	o/o	im ganzen
0-1/2	195	0,4928	0,9608	0,4793	0,9346	0,3322	0,5780	0,3231	0,5622	169	0,4672	0,7896	0,4544	0,7680	0,5575	0,9422				
1/2-1	148	0,5512	0,8158	0,5361	0,7934	0,5293	1,0376	0,5148	1,0090	145	0,5439	0,7887	0,5290	0,7671	0,3818	0,8436				
1-1 1/2	131	0,5512	0,7222	0,5361	0,7023	0,5256	0,9672	0,5112	0,9406	102	0,5402	0,5510	0,5254	0,5359	0,5757	0,3872				
1 1/2-2	68	0,5366	0,3649	0,5219	0,3549	0,5548	0,7822	0,5396	0,7609	43	0,4928	0,2119	0,4793	0,2061	0,5636	0,2424				
2-2 1/2	31	0,5001	0,1551	0,4864	0,1508	0,5621	0,5789	0,5467	0,5631	21	0,3285	0,0690	0,3195	0,0671	0,5575	0,1171				
2 1/2-3	29	0,4818	0,1397	0,4686	0,1359	0,5256	0,3984	0,5112	0,3834	34	0,3796	0,1291	0,3692	0,1256	0,5818	0,1978				
3-3 1/2	19	0,4672	0,0888	0,4544	0,0863	0,5110	0,2249	0,4970	0,2187	20	0,4015	0,0803	0,3905	0,0781	0,5696	0,1139				
3 1/2-4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21	0,3468	0,0728	0,3373	0,0708	0,5696	0,1196				
4-4 1/2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	0,3468	0,0867	0,3373	0,0843	0,5575	0,1394				
Summe resp. Mittel	621	0,5229	3,2473	0,5086	3,1582	0,4976	4,5631	0,4840	4,4379	580	0,4792	2,7791	0,4661	2,7030	0,5695	3,3032				

Stunde	Versuch 7						Versuch 8								
	Menge ccm		HCl		Cl in HCl		Menge ccm		HCl		Cl in HCl		Gesamt-Cl		
	o/o	im ganzen	o/o	im ganzen	o/o	im ganzen	o/o	im ganzen	o/o	im ganzen	o/o	im ganzen	o/o	im ganzen	
0-1/2	117	0,1716	0,2008	0,1669	0,1669	0,1953	0,4000	0,4680	104	0,3650	0,3796	0,3550	0,3692	0,4727	0,4916
1/2-1	79	0,4417	0,3489	0,4296	0,3893	0,3893	0,5212	0,4117	99	0,4745	0,4698	0,4615	0,4569	0,5272	0,5219
1-1 1/2	52	0,4526	0,2353	0,4402	0,2289	0,2289	0,5212	0,2710	96	0,4563	0,4381	0,4438	0,4261	0,5090	0,4886
1 1/2-2	43	0,4234	0,1820	0,4118	0,1770	0,1770	0,5212	0,2241	72	0,4709	0,3590	0,4580	0,3297	0,5272	0,3796
2-2 1/2	31	0,4088	0,1267	0,3976	0,1232	0,1232	0,5212	0,1616	45	0,4526	0,2037	0,4402	0,1981	0,5212	0,2345
2 1/2-3	28	0,3869	0,1084	0,3763	0,1054	0,1054	0,5212	0,1459	27	0,3942	0,1064	0,3834	0,1035	0,5151	0,1591
Summe resp. Mittel	350	0,3435	1,2021	0,3341	1,1691	1,1691	0,4807	1,6823	443	0,4372	1,9366	0,4252	1,8835	0,5091	2,2553

24 *

Tabelle XIV.

Stunde	Versuch 11						Versuch 12						Versuch 13									
	Menge		HCl		Cl in HCl		Cl in Asche		Menge		HCl		Cl in HCl		Cl in Asche		Menge		HCl		Cl in HCl	
	ccm	%	im ganzen	%	im ganzen	%	im ganzen	%	im ganzen	ccm	%	im ganzen	%	im ganzen	ccm	%	im ganzen	%	im ganzen	ccm	%	im ganzen
1/4	85	0,5298	0,4499	0,5148	0,4376	0,0697	0,0469	64	0,5001	0,3201	0,4864	0,3113	—	—	21	0,3212	0,0675	0,3124	0,0656	—	—	—
1/4—1/4	430	0,5749	2,4721	0,5591	2,4042	0,0485	0,1406	410	0,5950	2,4395	0,5787	2,3726	0,0515	0,2112	140	0,5329	0,7461	0,5183	0,7256	—	—	—
1/4—2 1/4	210	0,5749	1,2073	0,5591	1,1741	0,0338	0,0368	280	0,6023	1,6864	0,5858	1,6403	0,0394	0,1103	78	0,5329	0,4157	0,5183	0,4043	—	—	—
2 1/4—3 1/4	90	0,5347	0,4812	0,5201	0,4681	0,0424	0,0251	90	0,5420	0,4878	0,5272	0,4745	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Summe resp. Mittel	815	0,5657	4,6105	0,5502	4,4840	0,0306	0,2494	844	0,5846	4,9338	0,5086	4,7987	—	—	239	0,5144	1,2293	0,5003	1,1955	—	—	—

Stunde	Versuch 14						Versuch 15						Versuch 16								
	Menge		HCl		Cl in HCl		Menge		HCl		Cl in HCl		Menge		HCl		Cl in HCl		Cl in Asche		
	ccm	%	im ganzen	%	im ganzen	%	im ganzen	ccm	%	im ganzen	%	im ganzen	ccm	%	im ganzen	%	im ganzen	ccm	%	im ganzen	
1/4	31,5	0,3858	0,1058	0,3266	0,1029	65	0,4289	0,2788	0,4171	0,2711	18	0,3285	0,0591	0,3195	0,0575	—	—	—	—	—	—
1/4—1/4	131,5	0,4417	0,5808	0,4296	0,5649	310	0,5566	1,7254	0,5414	1,6783	173	0,5329	0,9219	0,5183	0,8967	0,0970	0,1678	—	—	—	—
1 1/4—2 1/4	80,0	0,4088	0,3270	0,3976	0,3181	255	0,5475	1,3961	0,5325	1,3579	130	0,5347	0,6951	0,5201	0,6761	0,1030	0,1339	—	—	—	—
2 1/4—3 1/4	—	—	—	—	—	145	0,5110	0,7410	0,4970	0,7207	80	0,5037	0,4030	0,4899	0,3919	0,1182	0,0946	—	—	—	—
Summe resp. Mittel	243	0,4171	1,0136	0,4057	0,9859	775	0,5344	4,1413	0,5198	4,0280	401	0,5155	2,0791	0,5043	2,0222	—	—	—	—	—	—

Tabelle XIV (Fortsetzung).

Stunde	Versuch 17				Versuch 18				Versuch 19				Versuch 20				Versuch 21				Versuch 22				Versuch 23					
	Menge		Menge		Menge		Menge		Menge		Menge		Menge		Menge		Menge		Menge		Menge		Menge		Menge		Menge			
	ccm	o/o	ccm	o/o	ccm	o/o	ccm	o/o	ccm	o/o	ccm	o/o	ccm	o/o	ccm	o/o	ccm	o/o	ccm	o/o	ccm	o/o	ccm	o/o	ccm	o/o	ccm	o/o		
	HCl		Cl in HCl		HCl		Cl in HCl		HCl		Cl in HCl		HCl		Cl in HCl		HCl		Cl in HCl		HCl		Cl in HCl		HCl		Cl in HCl			
1/4	50	0,3705	0,1112	0,3604	0,1082	30	0,3705	0,1112	0,3604	0,1082	78	0,4125	0,1774	0,4012	0,1725	43	0,4125	0,1774	0,4012	0,1725	54	0,4453	0,2405	0,4331	0,2339	54	0,4453	0,2405	0,4331	0,2339
1/4-1 1/4	270	0,5201	1,9088	0,5059	1,8565	367	0,5201	1,9088	0,5059	1,8565	380	0,5658	2,2518	0,5503	2,1902	398	0,5658	2,2518	0,5503	2,1902	342	0,5513	1,8855	0,5362	1,8338	342	0,5513	1,8855	0,5362	1,8338
1 1/4-2 1/4	200	0,5311	1,3756	0,5166	1,3379	259	0,5311	1,3756	0,5166	1,3379	215	0,5658	1,4088	0,5503	1,3703	249	0,5658	1,4088	0,5503	1,3703	298	0,5634	1,6790	0,5480	1,6330	298	0,5634	1,6790	0,5480	1,6330
2 1/4-3 1/4	35	0,5311	1,1791	0,5166	1,1468	222	0,5311	1,1791	0,5166	1,1468	141	0,5456	0,9980	0,5307	0,9658	182	0,5456	0,9980	0,5307	0,9658	150	0,4891	0,7837	0,4757	0,7186	150	0,4891	0,7837	0,4757	0,7186
Summe resp. Mittel	555	0,5210	4,5747	0,5068	4,4494	878	0,5210	4,5747	0,5068	4,4494	814	0,5540	4,8310	0,5388	4,6988	872	0,5540	4,8310	0,5388	4,6988	844	0,5378	4,5887	0,5230	4,4143	844	0,5378	4,5887	0,5230	4,4143

Stunde	Versuch 24				Versuch 25																									
	Menge		Menge		Menge		Menge																							
	ccm	o/o	ccm	o/o	ccm	o/o	ccm	o/o																						
	HCl		Cl in HCl		HCl		Cl in HCl																							
1/4	65	0,4763	0,3096	0,4633	0,3011	38	0,3833	0,1457	0,3728	0,1417	38	0,3833	0,1457	0,3728	0,1417	38	0,3833	0,1457	0,3728	0,1417	38	0,3833	0,1457	0,3728	0,1417	38	0,3833	0,1457	0,3728	0,1417
1/4-1 1/4	362	0,5566	2,0149	0,5414	1,9597	365	0,5822	2,1250	0,5662	2,0666	365	0,5822	2,1250	0,5662	2,0666	365	0,5822	2,1250	0,5662	2,0666	365	0,5822	2,1250	0,5662	2,0666	365	0,5822	2,1250	0,5662	2,0666
1 1/4-2 1/4	164	0,4745	0,7782	0,4615	0,7569	285	0,5749	1,3510	0,5591	1,3139	285	0,5749	1,3510	0,5591	1,3139	285	0,5749	1,3510	0,5591	1,3139	285	0,5749	1,3510	0,5591	1,3139	285	0,5749	1,3510	0,5591	1,3139
2 1/4-3 1/4	152	0,5238	0,7962	0,5095	0,7744	144	0,5603	0,8068	0,5449	0,7847	144	0,5603	0,8068	0,5449	0,7847	144	0,5603	0,8068	0,5449	0,7847	144	0,5603	0,8068	0,5449	0,7847	144	0,5603	0,8068	0,5449	0,7847
Summe resp. Mittel	743	0,5248	3,8989	0,5104	3,7921	782	0,5663	4,4285	0,5508	4,3069	782	0,5663	4,4285	0,5508	4,3069	782	0,5663	4,4285	0,5508	4,3069	782	0,5663	4,4285	0,5508	4,3069	782	0,5663	4,4285	0,5508	4,3069

Die Tabellen zeigen, dass der Gesamt-Cl-Gehalt des Magensaftes nur in sehr engen Grenzen schwankt. Die grösste Differenz kam in den Versuchen 24 und 25 vor mit einer Schwankung von 0,5818—0,6181 resp. 0,6060—0,6424, also um 0,036 oder 6 % des Wertes; man kann also wohl von einer fast völligen Konstanz des Gesamt-Cl-Gehaltes sprechen. Da, wie oben gezeigt, die molekulare Gesamtkonzentration fast allein vom Gesamt-Cl-Gehalt abhängt, ergibt sich hieraus, dass die molekulare Gesamtkonzentration des Magensaftes in einem Versuch keine wesentlichen Änderungen erfahren kann, was mit den in Tabelle V aufgeführten Werten der Gefrierpunktserniedrigung in guter Übereinstimmung steht. — Die absolute Menge des in einem bestimmten Zeitraum abgesonderten Gesamt-Cl hängt somit nur von der Menge des Magensaftes ab und weist dieselben Schwankungen wie diese auf (vgl. S. 477); sie steigt schnell zum Maximum an (im Laufe der ersten oder zweiten halben Stunde) und sinkt dann ziemlich gleichmässig ab. Die Ursache für dieses Verhalten dürfte auch hier darin gelegen sein, dass die disponiblen Chlorverbindungen des Körpers im Laufe der Absonderung mehr und mehr abnehmen.

Die Schwankungen im Prozentgehalt des Magensaftes an Cl in HCl und Cl der Asche sind etwas grösser als die im Gehalte an Gesamt-Cl; die Konstanz des letzteren Wertes bedingt dabei als notwendige Folge, dass die Schwankungen des Cl in HCl und des Cl der Asche in entgegengesetzter Richtung verlaufen; einem hohen Gehalt an Cl in HCl entspricht ein niedriger Gehalt an Aschen-Cl und umgekehrt. Für die Schwankungen im HCl-Gehalt des Magensaftes in den verschiedenen Portionen eines Versuchs hat Pawlow¹⁾ folgende Erklärung gegeben. Er nimmt an, dass der Magensaft im Momente der Absonderung stets mit einer konstanten Azidität produziert wird, dass aber nachträglich eine teilweise Neutralisation durch den alkalischen Magenschleim bedingt würde. Bei hoher Sekretionsgeschwindigkeit würde dadurch natürlich der HCl-Gehalt des Saftes viel weniger herabgesetzt, als bei spärlicher Absonderung; so erkläre sich das beinahe konstante Faktum, dass die Azidität des Saftes um so höher sei, je stärker die Sekretion ist und umgekehrt. Wenn im Laufe einer lebhaften Sekretion allmählich

1) J. P. Pawlow, Die Arbeit der Verdauungsdrüsen. Deutsch von Walther S. 38 und 39. Wiesbaden 1898.

der alkalische Magenschleim neutralisiert sei, so wäre nunmehr der Saft gleichmässig und zwar stark azid, einerlei ob er schnell oder langsam abgesondert werde; beim Abklingen der Sekretion vermisste man dann die niedrige Azidität, die im Anfange des Versuchs den entsprechenden Sekretionsgeschwindigkeiten eigen war.

Diese Auffassung erklärt also die Schwankungen im HCl-Gehalt des Magensaftes für eine rein zufällige Erscheinung und spricht ihnen somit für den eigentlichen Absonderungsvorgang jede Bedeutung ab. Ich kann mich damit nicht einverstanden erklären und schliesse mich U m b e r¹⁾ an, der der Meinung ist, dass „der zu verschiedenen Zeitpunkten von den Labdrüsen produzierte Saft wie bezüglich seiner gesamten Zusammensetzung, so auch bezüglich seiner Azidität verschiedene Konzentration aufweisen kann“. Freilich kann ich die Gründe, die U m b e r gegen die P a w l o w'sche Auffassung anführt, nicht als berechtigt anerkennen. Er sagt: „Wäre diese Vorstellung zutreffend, so müssten wir, meine ich, erwarten, dass der saure, schnell produzierte, wenig oder nicht durch neutralisierendes Alkali abgestumpfte Saft eine geringere molekulare Konzentration habe als der durch Eintreten von weiteren neutralisierenden Molekülen alkalischere Saft.“ Dieser Einwand beruht auf einem Irrtum. Wenn eine Salzsäure von bestimmtem Gehalt durch ein Alkali, etwa kohlen-saures Natron, mehr oder weniger neutralisiert wird, so ändert das wenig oder gar nichts an der Gefrierpunktserniedrigung; an Stelle der HCl-Moleküle treten eben NaCl-Moleküle, die molekulare Konzentration wird also nicht geändert (oder nur in ganz geringem, hier zu vernachlässigendem Maasse, wegen der Änderung der Dissoziation). Aus dem Verhalten der Gefrierpunktserniedrigung kann daher kein berechtigter Einwand gegen die P a w l o w'sche Auffassung hergeleitet werden. Ich finde aber die P a w l o w'sche Auffassung im Widerspruch mit den tatsächlichen Schwankungen des HCl-Gehaltes, die ich in meinen Versuchen beobachtet habe (Tabelle XIII u. XIV). Der HCl-Gehalt des Magensaftes bleibt sich mehrfach in der ersten und zweiten Stunde völlig gleich (Versuch 11, 13, 22) oder steigt sogar noch in der zweiten Stunde etwas an (Versuch 12, 16, 20, 23); hier müsste also nach P a w l o w in der zweiten Stunde keine Neutralisation mehr stattgefunden haben, der alkalische Magenschleim

1) U m b e r, Die Magensaftsekretion des (gastrostomierten) Menschen bei „Scheinfütterung“ und Rektalernährung. Berl. klin. Wochenschr. 1905 S. 58.

mithin verbraucht sein. Gleichwohl fällt aber in der dritten Stunde der HCl-Gehalt merklich. Hier bleibt also doch nichts weiter übrig, als anzunehmen, dass der Magensaft der dritten Stunde von Anfang an mit einem geringeren HCl-Gehalte produziert worden ist.

Das, was sehr annähernd konstant ist in der Zusammensetzung des Magensaftes, ist nach meiner Meinung nicht der HCl-Gehalt, sondern der Gesamt-Cl-Gehalt. Man kann sich den Vorgang bei der Absonderung des Magensaftes in zwei Akte zerlegt denken. Erstens muss von der Zelle eine Flüssigkeit mit bestimmtem Gesamt-Cl-Gehalt als Arbeitsmaterial aus dem Bestande des Körpers entnommen werden; der Gesamt-Cl-Gehalt dieser Flüssigkeit bleibt sich während eines Versuchs im wesentlichen gleich. In welchem Umfange nun aber zweitens aus den Chloriden dieser Flüssigkeit freie HCl abgespalten wird, wieviel von den Chloriden unzersetzt in den Magensaft gelangt, das hängt von der Sekretionsenergie der Zelle ab. Diese wird im allgemeinen gegen Ende der Magensaftproduktion sinken; damit sinkt dann zugleich der HCl-Gehalt des Saftes und steigt entsprechend der Gehalt desselben an Cl der Asche. Trifft diese Vorstellung zu, dann würde das Verhältnis von Cl in HCl zu Cl der Asche als Maassstab dienen können für die Grösse der Sekretionsenergie der Zelle. —

Das Chlor der Asche des Magensaftes ist im wesentlichen an K und Na gebunden; dabei ist der verhältnismässig hohe K-Gehalt sehr merkwürdig. Mir war es bei meinen Aschenanalysen des Magensaftes schon sehr bald aufgefallen, dass die Asche regelmässig nur etwa 50% Cl enthielt. Wäre die Asche vorwiegend NaCl gewesen, so wäre ein höherer Cl-Gehalt zu erwarten gewesen. Die Untersuchung der Asche aus zwei grösseren Mengen Magensaft (Tab. VIII) zeigte denn auch, dass der Magensaft sogar mehr K als Na enthielt; es verhielt sich K:Na in der einen Magensaftmenge (1480 ccm) wie 1:0,81, in der anderen (1350 ccm) sogar wie 1:0,46. Nach den *Abderhalden'schen*¹⁾ Analysen enthält Hundeblood

im Mittel $0,2545 \text{ K}_2\text{O} = 0,2113 \text{ K}$ und

$3,666 \text{ Na}_2\text{O} = 2,721 \text{ Na}$

pro Mille, also K:Na wie 1:12,9. Das Hundebloodserum enthält

$0,2625 \text{ K}_2\text{O} = 0,2180 \text{ K}$

$4,278 \text{ Na}_2\text{O} = 3,176 \text{ Na}$

pro Mille oder K:Na wie 1:14,6. Während also im Blute wie

1) *Abderhalden*, Zur quantitativen vergleichenden Analyse des Blutes. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 25 S. 88 und 94. 1898.

im Blutserum das Na das K gewaltig überwiegt, ist im Magensaft sogar K bis zum doppelten Betrage des Na enthalten. Bedenkt man, dass die geformten Bestandteile des Körpers bekanntlich ebenfalls mehr K als Na enthalten, so beweist dieses Überwiegen des K über das Na im Magensaft, dass die Chloralkalien des Magensaftes nicht etwa durch einfache Diffusion aus dem Blute in das Sekret gelangt sind, sondern dass sie aus dem Leibe der Zelle stammen, ihr als integrierende Bestandteile angehört haben.

Die nichtchlorhaltigen Bestandteile des Magensaftes sind gegenüber den Cl-Verbindungen nur in verschwindend geringer Menge vorhanden. Dazu kommt noch, dass aller Wahrscheinlichkeit nach die gefundene Schwefelsäure und Phosphorsäure erst durch die Verbrennung der organischen Substanz bei der Veraschung entstanden sind; der Magensaft selbst würde dann also überhaupt keine Schwefel- und Phosphorsäure enthalten. In einem unerklärlichen Widerspruch damit steht die Angabe von Róth und Strauss¹⁾, dass sie in Kochsalzlösungen, die beim Menschen in den Magen eingeführt und nach einiger Zeit wieder ausgehebert worden waren, durch qualitative Proben neben Kochsalz auch Sulfate, Phosphate nachweisen konnten. Es ist schwer verständlich, wie unter diesen Umständen Schwefelsäure und Phosphorsäure durch die Magenwand abgeschieden worden sein sollen, wenn sie bei lebhafter Sekretion im Magensaft vermisst werden. Nencki und Schoumow-Simanowsky²⁾ berichten über einen Versuch, in welchem ein Hund in 12 Tagen 70 g Na_2SO_4 erhielt; gleichwohl enthielt der Magensaft des Tieres danach „keine Spur weder freie Schwefelsäure noch schwefelsaures Salz.“

Von Metallen kommen ausser K und Na noch sehr geringe Mengen von Ca und Mg sowie Fe (qualitativ in der Asche nachgewiesen) im Magensaft vor. Auffallend ist die sehr geringe Menge des Ca und das verhältnismässige Überwiegen des Mg. — Das Eisen ist nach Nencki und Sieber³⁾ locker gebunden im Molekül des

1) W. Róth und H. Strauss, Untersuchungen über den Mechanismus der Resorption und Sekretion im menschlichen Magen. Zeitschr. f. klin. Mediz. Bd. 37 S. 12. 1899.

2) M. Nencki und E. O. Schoumow-Simanowsky, Studien über das Chlor und die Halogene im Tierkörper. Arch. f. exper. Pathol. und Pharmakol. Bd. 34 S. 320. 1894.

3) M. Nencki und N. Sieber, Beiträge zur Kenntnis des Magensaftes und der chemischen Zusammensetzung d. Enzyme. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 32 S. 302. 1901.

Pepsins; sie fanden in Prozenten des trockenen Rückstandes des Magensaftes im Mittel 0,42 % Fe, doch waren die Werte bei demselben und gleich ernährten Hunde grossen Schwankungen unterworfen (0,20—0,67 %). Da Nencki und Sieber den Prozentgehalt des von ihnen untersuchten Magensaftes an Trockenrückstand zu 0,306 angeben, berechnet sich der mittlere Prozentgehalt des Magensaftes an Fe zu 0,00129 (schwankend von 0,00061—0,00205 %). Mein Assistent, Herr Windelschmidt, hat nach der von Neumann¹⁾ angegebenen Methode eine Reihe von Fe-Bestimmungen im Magensaft ausgeführt. Er fand zweimal nur Spuren, in den anderen Bestimmungen 0,00062—0,00127—0,00145—0,00197—0,00421 % Fe; diese Werte entsprechen bis auf den letzten, auffallend hohen den Werten, die sich aus den Angaben von Nencki und Sieber berechnen lassen.

1) A. Neumann, Über eine einfache Methode der Eisenbestimmung bei Stoffwechselversuchen. Arch. f. [Anat. u.] Physiol. 1902 S. 362.
