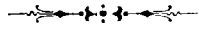


Ueber die Menge und Vertheilung
des
Kaliums, Natriums und Chlors
im Menschenblut.



Von

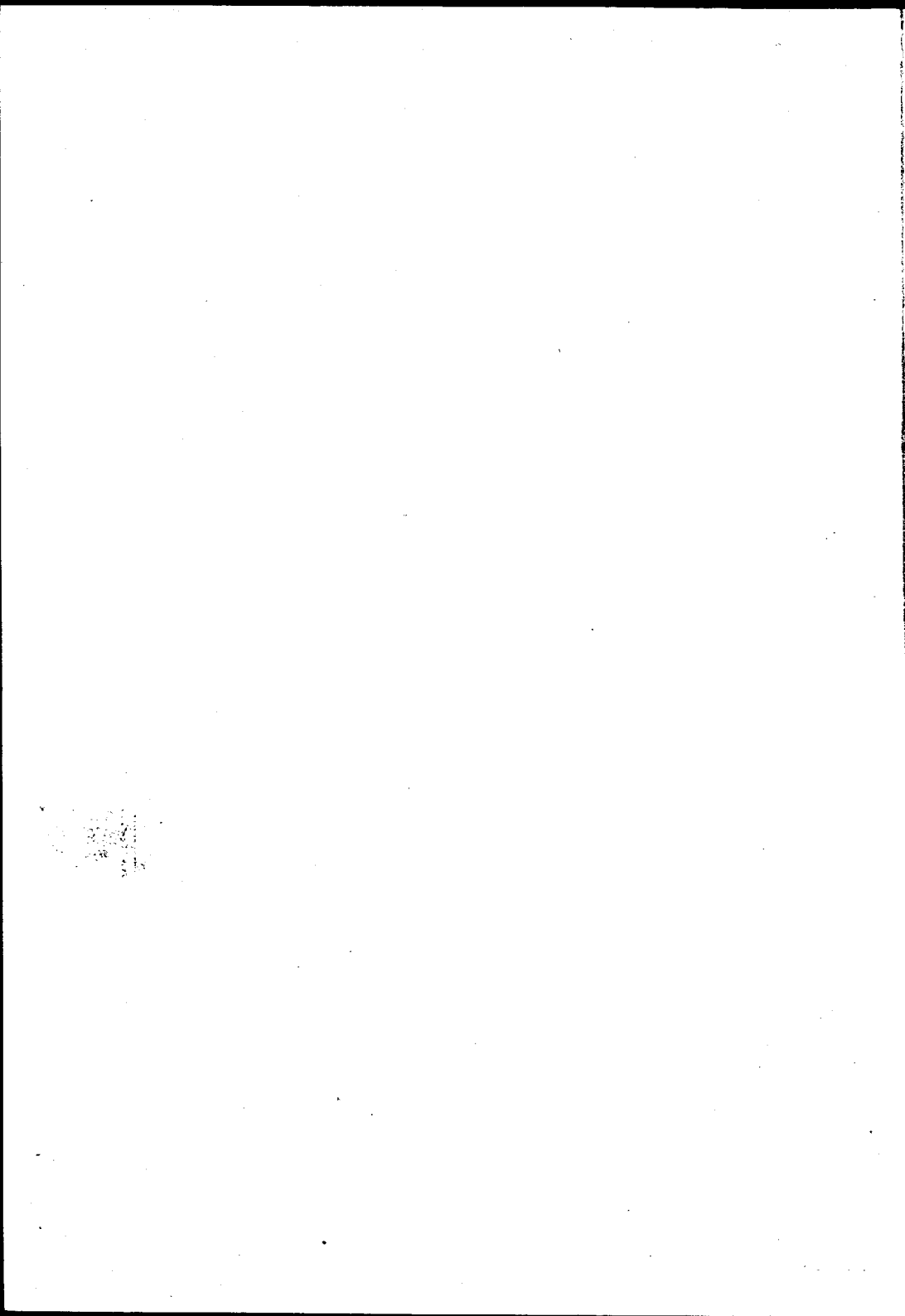
Rudolf Wanach.



ST. PETERSBURG.

Commercielle Schnellpressen-Druckerei „EUGEN THIEL“[®], Blagoweschenski Platz № 3.

1888.



Ueber die Menge und Vertheilung
des
Kaliums, Natriums und Chlors
im Menschenblut.



Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Grades

eines

Doctors der Medicin

verfasst und mit Bewilligung

Einer Hochverordneten Medicinischen Facultät der Kaiserlichen Universität

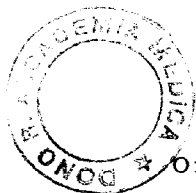
zu DORPAT

zur öffentlichen Vertheidigung bestimmt

von

RUDOLF WANACH

aus Kurland.



Ordentliche Opponenten:

Privatdoc. Dr. F. Krüger.—Prof. Dr. B. Körber.—Prof. Dr. A. Schmidt.



ST. PETERSBURG.

Commercielle Schnellpressen-Druckerei „EUGEN THULE“, Blagoweschenski Platz № 3.

1888.

Gedruckt mit Genehmigung der medicinischen Facultät.
Referent: Professor Dr. Alexander Schmidt.
Dorpat, den 6. April 1888.

№ 119.

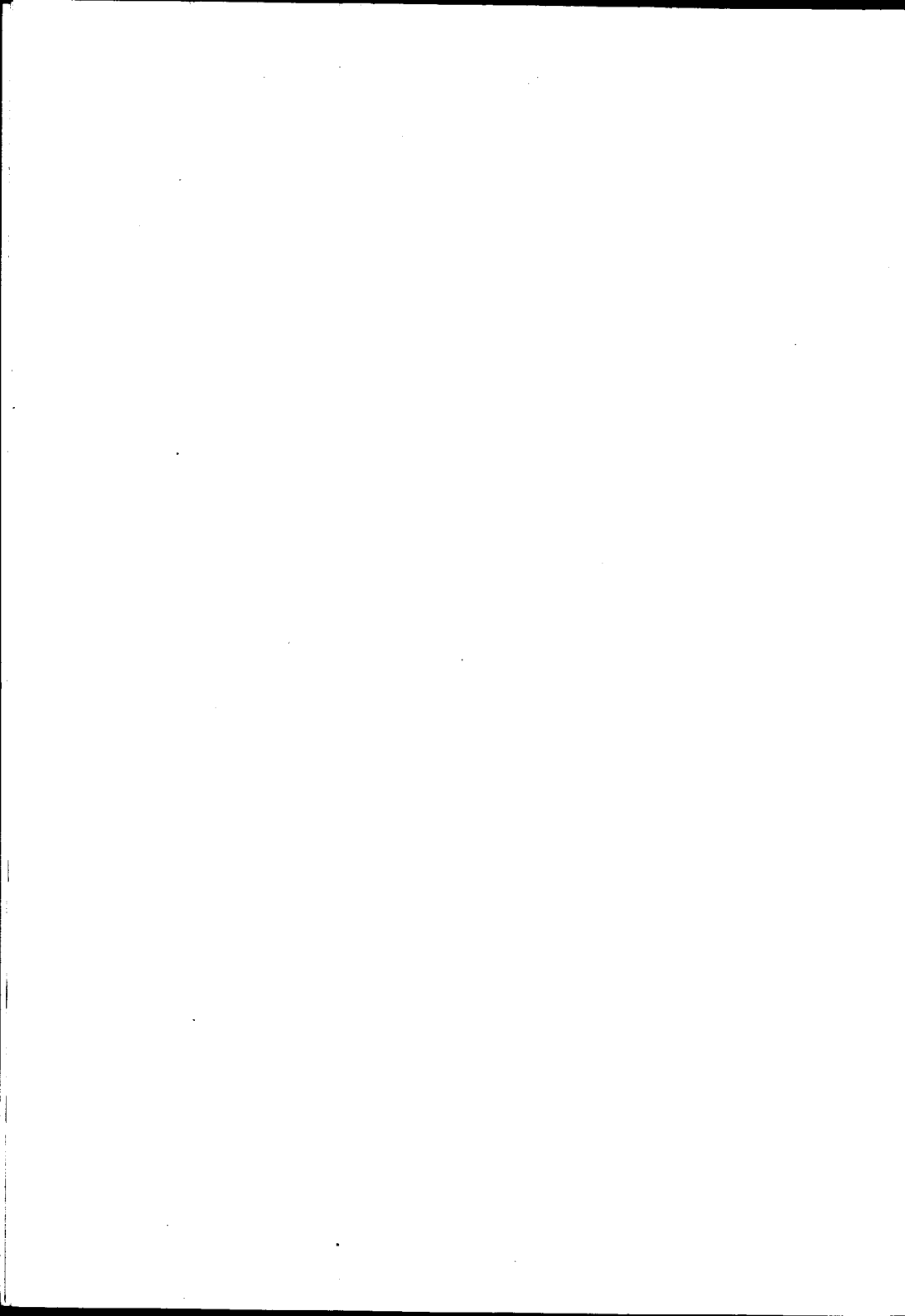
Decan: **Raehmann.**

MEINEN ELTERN
IN LIEBE UND DANKBARKEIT
GEWIDMET.



Herrn Professor Alexander Schmidt
spreche ich hiermit für das liebenswürdige
Interesse, das er dieser, auf seine Anregung
und unter seiner Leitung entstandenen Arbeit
zugewandt hat, meinen aufrichtigsten Dank aus.





Einleitung.

Dass die anorganischen Bestandtheile des Blutes in den Blutzellen und in der Zwischenflüssigkeit verschieden vertheilt sind, ist eine seit dem Erscheinen der berühmten Arbeit von Carl Schmidt¹⁾ bekannte Thatsache. Es war aber bisher nicht möglich, genau zu bestimmen, **wieviel** von einer gewissen Säure oder Base in einem gegebenen Blutquantum den Blutkörperchen, wieviel dem Plasma—oder, im defibrinirten Blut, dem Serum—angehört; um das zu bestimmen, muss man vor Allem das Verhältniss von Blutkörperchen und Zwischenflüssigkeit im gegebenen Blut kennen. Ist dieses Verhältniss bekannt, so bedarf es bekanntlich nur einer Analyse des Plasmas, resp. Serums einerseits, und des Gesamtblutes andererseits um durch eine einfache Rechnung die quantitative Zusammensetzung der Blutkörperchen zu finden.

Da nun Serum und Gesamtblut der Untersuchung leicht zugänglich sind, handelt es sich darum, das «Blutkörperchenprocent», d. h. die Gewichtsmenge der Blutkörperchen in 100 Theilen Blut zu

¹⁾ Carl Schmidt, Charakteristik der epidemischen Cholera. 1850.

bestimmen. Für die farblosen Blutkörperchen ist diese Aufgabe noch ungelöst. Eine, wie es scheint, bei allen Blutarten anwendbare Methode zur Bestimmung des procentischen Gehaltes des defibrinirten Blutes an **rothen** Blutkörperchen ist aber durch die im hiesigen physiologischen Institut unter Leitung von Alexander Schmidt ausgeführten Arbeiten von Sommer¹⁾, Götttschel²⁾, Kupffer³⁾ und Arronet⁴⁾ ausgebildet worden; Arronet hat nachgewiesen, worin die wesentlichsten der Methode anhaftenden Fehlerquellen bestehen, und wie dieselben eliminiert werden können; er war auch der erste, der die Methode zu einer quantitativen Analyse des Menschenblutes verwandte. Er bestimmte in 9 Fällen die Grösse b (so wird in den genannten Arbeiten das Blutkörperchenprocent bezeichnet). Mit Hilfe des aus diesen 9 Fällen gewonnenen Durchschnittswerthes der Grösse b lassen sich nun in bekannter Weise die im Serum und Gesamtblut quantitativ bestimmten anorganischen Substanzen annähernd richtig auf die rothen Blutkörperchen und die Zwischenflüssigkeit verrechnen.

Unter den mineralischen Blutbestandtheilen beanspruchen die Alkalien und das Chlor das grösste Interesse, nicht nur weil sie den grössten Theil der Blutmasse bilden, sondern auch weil sich physiolo-

¹⁾ Sommer, Zur Methodik der quantitat. Blutanalyse Diss. 1883.

²⁾ Götttschel, Vergleichende Analyse des Bluts etc. Diss. 1883.

³⁾ Kupffer, Analyse septisch inficirten Hundeblutes Diss. 1884.

⁴⁾ Arronet, Quantit. Analyse d. Menschenblutes etc. Diss. 1887.

gisch und pathologisch bedeutsame Fragen an sie knüpfen. Ich verweise in dieser Beziehung auf die bekannten Arbeiten G. Bunge's, namentlich dessen Analysen verschiedener Thierblutarten¹⁾. Das Natrium verdient noch besondere Beachtung. Sacharjin²⁾ hielt es nämlich mit Berücksichtigung der analytischen Daten von Carl Schmidt für wahrscheinlich, dass alles im Menschenblut enthaltene Na dem Serum angehört. Er konnte die Frage auf experimentellem Wege nicht entscheiden, weil er keine geeignete Methode dazu fand. Die Frage ist deshalb von grosser Bedeutung, weil, wenn die Vermuthung Sacharjin's sich bestätigen sollte, das Blutkörperchenprocent durch die Bestimmung des Natriums im Serum und Gesamtblut sehr einfach und sicher gefunden werden könnte.

Zuverlässige Bestimmungen der Alkalien und des Chlors im Menschenblut habe ich, abgesehen von den C. Schmidt'schen Analysen und den Chlorbestimmungen Arronet's, in der mir zugänglichen Literatur nicht gefunden. Theils sind die angewandten analytischen Methoden nicht angegeben — und gerade auf diese kommt es viel an, da Bunge³⁾ und Behaghel von Adlerskron⁴⁾ nachgewiesen haben, dass alle ältern Methoden zur Bestimmung der Alkalien

¹⁾ G. Bunge, Zur quantit. Blutanalyse, Ztschr. f. Biol. Bd. XII.

²⁾ Sacharjin, Zur Blutanalyse, Virchows Arch. Bd. XXI p. 337.

³⁾ Bunge, Liebig's Annalen Bd. 172 pag. 16 und Ztschr. für Biol. Bd. X pag. 296.

⁴⁾ Behaghel v. Adlerskron, Ztschr. für analyt. Chemie von Fresenius Jahrg. XII Heft 4.

und des Chlors mit bedeutenden Fehlerquellen behaftet sind—theils sind die analytischen Daten nicht genau genug angegeben. Das gilt namentlich auch von den Arbeiten älterer französischer Autoren, die sich noch am meisten mit den Blutsalzen beschäftigt haben. Als Beispiel führe ich die Angaben von Poggiale¹⁾ an. Nach ihm enthalten 1000 Gr. Blut

- 4,67 Chlorkalium und Chlornatrium
- 1,37 phosphorsaures Natrium
- 0,44 schwefelsaures Natrium
- 0,48 kohlen-saures Kalium und Natrium

Becquerel und Rodier²⁾ finden in 1000 Gr. «calcinierten» Blutes

- 3,1 Chlornatrium
- 2,5 lösliche Salze
- 0,334 Phosphate
- 0,565 Eisen.

Aus solchen und ähnlichen Daten lässt sich nicht viel machen, da die einzelnen Elemente nicht von einander getrennt sind, und es doch gerade darauf ankommt, ihr gegenseitiges Mengenverhältniss festzustellen.

Ich habe in 4 Blutproben die Menge des Kaliums und Natriums und in einer derselben ausserdem auch noch das Chlor bestimmt. Da jede Blutprobe aus dem Blut zweier Individuen bestand (s.

¹⁾ Poggiale, Comptes rendus Tome XXV. 2. 1847.

²⁾ Becquerel und Rodier, Recherches sur la composition du sang. Paris 1844.

unten), erhalte ich im Ganzen einen Durchschnittswerth von 8 Fällen für die Kalium- und Natriumbestimmung und von 2 Fällen für die Chlorbestimmung. Ausserdem habe ich 2 Kalium- und Natriumbestimmungen von Carl Schmidt und je 2 Chlorbestimmungen von Carl Schmidt und Arronet, im Ganzen also 10 Kalium- und Natriumbestimmungen und 6 Chlorbestimmungen verrechnet.

— ♦ —

Methode der Analyse.

Ich bin bei der Bestimmung des Kaliums und Natriums im Wesentlichen der von Bunge wiederholt geprüften und wegen ihrer Zuverlässigkeit empfohlenen Methode gefolgt. Bei der Chlorbestimmung verfuhr ich in derselben Weise wie Arronet.

Das Blut entnahm ich mittelst Venaesection gesunden, dem Arbeiterstande angehörigen Männern von mittlerem Lebensalter. Da ich zu jeder Analyse gegen 300 Ccm. Blut verbrauchte und dieses Quantum nicht einem einzigen Individuum entziehen mochte, entnahm ich zu je einer Analyse zweien Männern je 150 Ccm. Blut. Die beiden in vollkommen reinen und sorgfältig getrockneten Gläsern aufgefangenen Blutportionen wurden zusammengewaschen und sofort durch Schlagen mit einem Fischbeinstab defibrinirt.

Nach Entfernung des Fibrins, das dem Stabe vollständig anhaftete, wurde das Blut gut durchgeschüttelt, um eine gleichmässige Mischung zu erzielen, c. 130 Ccm. davon auf eine Centrifuge gebracht und 4—5 Stunden centrifugirt. Von dem Rest des Blutes wurde der grösste Theil in ein mit einem Uhrschildchen bedecktes Becherglas von bekanntem Gewicht gegossen und gewogen.—Das centrifugirte Blut hatte sich bei dem IV. Versuch in annähernd gleiche Volumina Serum und Blutkörperchenbrei getheilt, bei den übrigen Versuchen betrug nach dem Centrifugiren das Volumen des Serums c. $\frac{2}{5}$ des gesammten Blutvolumens. Das Serum war immer klar, gelb gefärbt. Es wurde mit einer Pipette möglichst vollständig abgehoben und gewogen. In den Blutkörperchenbrei tauchte ich eine mit dem Finger an ihrem obern Ende verschlossene Pipette bis an den Boden, öffnete sie, sog die unteren Schichten des Blutkörperchenbreies ab und wog sie. In den gewogenen Mengen des Gesamtblutes, des Serums und Blutkörperchenbreies bestimmte ich nun das Kalium und Natrium. Die zu untersuchende Flüssigkeit wurde unter Zusatz von Baryt (1 Theil Baryt auf 10 Theile des annähernd berechneten Trockenrückstandes der Flüssigkeit) in einer Platinschale zur Trockne verdampft, der Rückstand verkohlt, die Kohle mit heissem Wasser extrahirt, und darauf bei schwacher Rothgluth vollkommen verascht. Zur Asche goss ich dann das Wasserextract der Kohle, dampfte

mit concentrirter Salzsäure ein, löste den Rückstand in Wasser unter Zusatz einiger Tropfen Salzsäure und filtrirte (da natürlich der beim Veraschen gebildete schwefelsaure Baryt ungelöst blieb). Das Filtrat wurde auf ein kleines Volumen eingedampft, mit Barytwasser bis zur Bildung des Häutchens versetzt, auf dem Dampfbad erwärmt, heiss filtrirt, das Filtrat mit Ammoniak und kohlen saurem Ammon gefällt, nach einigen Stunden filtrirt, das Filtrat zur Trockne verdampft. Dann wurden die Ammoniaksalze abgeraucht, der Rückstand mit concentrirter Oxalsäurelösung eingedampft und schwach gegläht. Meist löste sich der Rückstand nicht ganz klar in Wasser, es wurde daher noch einmal filtrirt, mit Salzsäure eingedampft und gegläht. Die gewogenen Chloralkalien wurden dann mit Platinchlorid in der üblichen Weise getrennt, das Chlorkalium aus dem gewogenen Kaliumplatinchlorid berechnet, die Menge des Chlornatriums durch Subtraction des Chlorkaliums von der Summe der Chloralkalien gefunden. Die dem Chlorkalium resp. Chlornatrium entsprechende Menge Kalium resp. Natrium wurde unter Benutzung der unten angegebenen Atomgewichte berechnet.

Zu der bei meinem IV. Versuch im Serum und Blut ausgeführten Chlorbestimmung versetzte ich die gewogenen Flüssigkeiten mit Essigsäure bis zur amphoteren Reaction, dann mit dem 15 fachen Volumen absoluten Alcohols, erhitzte 48 Stunden später auf dem Sandbade allmählig bis 78° C., filtrirte nach dem



Abkühlen, wusch das auf dem Filtrum befindliche Eiweiss mit 73⁰/₁₀₀ Alcohol (und zwar mit dem Doppelten der zur Eiweissfällung verbrauchten Alcoholmenge), darauf mit absolutem Alcohol, Aether und heissem Wasser aus, dampfte das Filtrat auf ein kleines Volumen ein und filtrirte es, da es sich dabei etwas trübte, noch einmal. Dann dampfte ich in einer Platinschale zur Trockne ein, verkohlte nach Zusatz von etwas kohlensaurem Natron, extrahirte die Kohle mit heissem Wasser, veraschte sie, nahm die Asche mit Wasser auf und goss die Lösung zum Wasserextract der Kohle. Die Salzlösung wurde nun auf ein kleines Volumen eingedampft, mit Salpetersäure und salpetersaurem Silber versetzt, das ausgefällte Silberchlorid gewaschen, getrocknet, gewogen und daraus das Chlor berechnet.

Ich habe allen Berechnungen folgende, dem «Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse» von Hoppe-Seyler entnommene Atomgewichte zu Grunde gelegt:

$$K = 39, 14$$

$$Na = 23, 05$$

$$Cl = 35, 46$$

$$Pt = 197, 00$$

$$Ag = 107, 93$$

Meine analytischen Daten sind folgende:

Versuch I.

61,0578 Serum geben 0,5350 NaCl + KCl, woraus

$$0,0798 \text{ K}_2\text{PtCl}_6 = \begin{cases} 0,5106 \text{ NaCl} = 0,8363\% = 0,3295\% \text{ Na} \\ 0,0244 \text{ KCl} = 0,0400\% = 0,0210\% \text{ K} \end{cases}$$

57,9862 Blut geben 0,4451 NaCl + KCl, woraus

$$0,6054 \text{ K}_2\text{PtCl}_6 = \begin{cases} 0,2600 \text{ NaCl} = 0,4484\% = 0,1767\% \text{ Na} \\ 0,1851 \text{ KCl} = 0,3192\% = 0,1675\% \text{ K} \end{cases}$$

70,2023 Blutkörperchenbrei geben 0,5385 NaCl + KCl, woraus

$$1,3259 \text{ K}_2\text{PtCl}_6 = \begin{cases} 0,1332 \text{ NaCl} = 0,1897\% = 0,0747\% \text{ Na} \\ 0,4053 \text{ KCl} = 0,5773\% = 0,3029\% \text{ K} \end{cases}$$

Versuch II.

55,1027 Serum geben 0,5059 NaCl + KCl, woraus

$$0,0686 \text{ K}_2\text{PtCl}_6 = \begin{cases} 0,4849 \text{ NaCl} = 0,8800\% = 0,3467\% \text{ Na} \\ 0,0210 \text{ KCl} = 0,0381\% = 0,0200\% \text{ K} \end{cases}$$

51,2265 Blut geben 0,4219 NaCl + KCl, woraus

$$0,5773 \text{ K}_2\text{PtCl}_6 = \begin{cases} 0,2454 \text{ NaCl} = 0,4790\% = 0,1887\% \text{ Na} \\ 0,1765 \text{ KCl} = 0,3445\% = 0,1808\% \text{ K} \end{cases}$$

72,5093 Blutkörperchenbrei geben 0,5621 NaCl + KCl, woraus

$$1,3079 \text{ K}_2\text{PtCl}_6 = \begin{cases} 0,1623 \text{ NaCl} = 0,2238\% = 0,0882\% \text{ Na} \\ 0,3998 \text{ KCl} = 0,5514\% = 0,2893\% \text{ K} \end{cases}$$

Versuch III.

44,5628 Serum geben 0,4103 NaCl + KCl, woraus

$$0,0656 \text{ K}_2\text{PtCl}_6 = \begin{cases} 0,3902 \text{ NaCl} = 0,8756\% = 0,3450\% \text{ Na} \\ 0,0201 \text{ KCl} = 0,0406\% = 0,0213\% \text{ K} \end{cases}$$

54,0221 Blut geben 0,4433 NaCl + KCl, woraus
 0,6672 K_2PtCl_6 = $\begin{cases} 0,2393 \text{ NaCl} = 0,4430\% = 0,1745\% \text{ Na} \\ 0,2040 \text{ KCl} = 0,3776\% = 0,1981\% \text{ K} \end{cases}$

68,8847 Blutkörperchenbrei geben 0,5734 NaCl + KCl, woraus
 1,3489 K_2PtCl_6 = $\begin{cases} 0,1610 \text{ NaCl} = 0,2337\% = 0,0921\% \text{ Na} \\ 0,4124 \text{ KCl} = 0,5987\% = 0,3141\% \text{ K} \end{cases}$

Versuch IV.

59,5676 Serum geben 0,5510 NaCl + KCl, woraus
 0,0833 K_2PtCl_6 = $\begin{cases} 0,5355 \text{ NaCl} = 0,8956\% = 0,3529\% \text{ Na} \\ 0,0175 \text{ KCl} = 0,0294\% = 0,0154\% \text{ K} \end{cases}$

47,7709 Blut geben 0,4071 NaCl + KCl, woraus
 0,5429 K_2PtCl_6 = $\begin{cases} 0,2411 \text{ NaCl} = 0,5047\% = 0,1989\% \text{ Na} \\ 0,1660 \text{ KCl} = 0,3475\% = 0,1823\% \text{ K} \end{cases}$

51,9459 Blutkörperchenbrei geben 0,4132 NaCl + KCl, woraus
 1,0450 K_2PtCl_6 = $\begin{cases} 0,0937 \text{ NaCl} = 0,1804\% = 0,0711\% \text{ Na} \\ 0,3195 \text{ KCl} = 0,6151\% = 0,3227\% \text{ K} \end{cases}$

16,2599 Serum geben 0,2315 AgCl = 0,0573 Cl = 0,3530%
 11,0903 Blut > 0,1160 > = 0,0287 > = 0,2588%

Stelle ich die analytischen Daten von mir, Carl Schmidt und Arronet kurz zusammen, so erhalte ich Folgendes.

Es enthalten:

	100 Gr. Serum.			100 Gr. Blut.			100 Gr. Blkörperbrei.	
	Na.	K.	Cl.	Na.	K.	Cl.	Na.	K.
Nach meinem Vers. I	0,3295	0,0210	—	0,1767	0,1675	—	0,0747	0,3029
» » » II	0,3467	0,0200	—	0,1887	0,1808	—	0,0882	0,2893
» » » III	0,3450	0,0213	—	0,1745	0,1981	—	0,0921	0,3141
» » » IV	0,3529	0,0154	0,3530	0,1939	0,1823	0,2588	0,0711	0,3227
» Carl Schmidt I	0,3444	0,0316	0,3563	0,1902	0,1739	0,2620	—	—
» » » II	0,3187	0,0331	0,3661	0,2574	0,1617	0,2845	—	—
» Arronet I	—	—	0,3112	—	—	0,2704	—	—
» » » II	—	—	0,3464	—	—	0,2708	—	—
Durchschnitt . .	0,3395	0,0237	0,3467	0,1977	0,1774	0,2693	0,0815	0,3073

Wollen wir nun zunächst feststellen, ob die Voraussetzung Sacharjin's, dass alles Na dem Serum angehört, möglich ist. Es müssen dann nämlich die aus dem Natriumgehalte des Serums und Gesamtblutes berechneten Werthe für das Blutkörperchenprocent annähernd mit den von Arronet gefundenen übereinstimmen. In meiner Analyse I. entsprechen 0,3295 Na 100 Serum, folglich entsprechen den im Blut gefundenen $0,1767 \text{ Na} \frac{0,1767}{0,3295} \cdot 100 = 53,6267$ Serum (nach der Proportion $X : 0,1767 - 100 : 0,3295$). Es würden also unter der Sacharjin'schen Annahme in meiner Analyse I. 100 Theile Blut aus 53,6267

Serum und 46,3733 Blutkörperchen bestehen. Verfahre ich in gleicher Weise mit meinen andern Versuchen und den C. Schmidt'schen Analysen, so ergibt sich, dass 100 Blut enthalten:

		rothe Blutkörp.	Serum
Analyse	I.	46,3733	53,6267
»	II.	45,5725	54,4275
»	III.	49,4205	50,5795
»	IV.	43,6384	56,3616
C. Schmidt	I.	44,7735	55,2265
»	II.	19,2344	80,7656

Das procentische Blutkörperchengewicht des Menschenblutes erscheint in diesen Zahlen beträchtlich niedriger als es von Arronet bestimmt worden ist; das Mittel meiner 4 nach Sacharjin ausgeführten Bestimmungen beträgt 46,2512⁰/₀, während es bei Arronet sich auf 49,38, resp. 50,38⁰/₀ beläuft; von diesen beiden letzten Zahlen bezieht die erstere sich auf die Annahme, dass sämmtliches Chlor der Blutkörperchen nur als Chlornatrium, die letztere aber auf die Annahme, dass dasselbe nur als Chlorkalium in ihnen enthalten ist; sie stellen also Grenzwerte dar¹⁾. Da aber die Blutkörperchen, wie gleich aus meiner vorstehenden Tabelle ersichtlich ist, jedenfalls viel reicher an Kalium als an Natrium sind, so ist sicher, dass die zweite Zahl der Wahrheit näher kommt als die erste, wenn sie ihrerseits auch zu

¹⁾ l. c. pag. 65 und 66. Diese Grenzwerte sind bei Arronet mit 50,38 und 51,38 beziffert, was, wie sogleich zu erschen ist, auf einem Additionsfehler beruht.

hoch sein mag. Ich werde in Folgendem annehmen, dass das Menschenblut im Mittel aus 50⁰/₀ Blutkörperchen und 50⁰/₀ Serum besteht.

Diese relative Kleinheit des aus meinen analytischen Daten nach der Sacharjin'schen Methode berechneten Blutkörperchenprocentes spricht nicht für die Richtigkeit der dieser Methode zu Grunde gelegten Annahme, dass **alles** Na dem Blutserum angehört, wenn auch nicht bezweifelt werden kann, dass die Blutkörperchen sehr wenig davon enthalten. Wird aber dieses Wenige nach Sacharjin dem Serum zugezählt, so ist klar, dass die Rechnung ein zu hohes Serum—und ein **zu niedriges Blutkörperchengewicht** ergeben muss. Vertheilt man dagegen die in meiner Tabelle enthaltenen Zahlen für das Na unter der Annahme, dass das Menschenblut im Mittel 50⁰/₀ Blutkörperchen enthält, so findet man den procentischen Natriumgehalt der rothen Blutkörperchen in meinem Versuch I zu 0,024, im Versuch II zu 0,031, im Versuch III zu 0,002 und im Versuch IV zu 0,044. Er ist also viel kleiner als derjenige des Blutserums (vergl. die Tabelle).

Die Annahme, dass auch die rothen Blutkörperchen einen, wenngleich geringen Natriumgehalt besitzen, lässt sich auch durch die nachfolgende Ueberlegung stützen. Enthält nämlich das Serum sämtliches Na, so kann ich mit Hilfe derselben Rechnung, die zur Bestimmung des Serum- und Blutkörperchenprocentes des **Gesamtblutes** aus-

geführt wurde, die Menge des Serums und der Blutkörperchen in 100 Theilen des centrifugirten Blutkörperchenbreies bestimmen. Es ergibt sich dann, dass 100 Blutkörperchenbrei enthalten:

	Blutkörperchen.	Serum.
in Analyse I	77,3293.	22,6707.
» » II	74,5601.	25,4399.
» » III	73,3043.	26,6957.
» » IV	79,8526.	20,1474.

Unter der Voraussetzung der Richtigkeit der Sacharjin'schen Hypothese hätten wir also nun das Verhältniss zwischen Blutkörperchen und Serum in unsern 4 Analysen sowohl für das Blut mit normalem (vergl. pag. 18) als auch für dasjenige mit vermindertem Serumgehalt ermittelt. Folglich können wir nun auch auf Grund der betreffenden analytischen Daten unserer Tabelle den procentischen Gehalt der Blutkörperchen an **Kalium** sowohl für das normale als für das serumarme Blut berechnen. Selbstverständlich muss diese Rechnung nun aber für den procentischen Kaliumgehalt der rothen Blutkörperchen in beiden Fällen identische Zahlen ergeben oder die Hypothese, welche der Rechnung zu Grunde gelegt wurde, war falsch. Um die Art der Berechnung zu illustriren nehme ich wieder die in meiner Analyse I gefundenen Zahlen. 100 Theile Blut enthalten daselbst, unter Sacharjin's Annahme, 53,6267 Serum und 46,3733 Blutkörperchen (s. oben). Da 100 Serum 0,0210 Kalium enthalten, enthalten 53,6267 Serum

$\frac{0,0210 \cdot 53,6267}{100} = 0,0113$ Kalium. Diese Zahl von den in 100 Th. Blut gefundenen 0,1675 K. abgezogen giebt offenbar die in 46,3733 Blutkörperchen enthaltene Kaliummenge: $0,1675 - 0,0113 = 0,1562$ K. Folglich enthalten 100 Th. Blutkörperchen $\frac{0,1562}{46,3733} \cdot 100 = 0,3368$ K. In ganz analoger Weise lässt sich aus dem Blutkörperchenbrei der procentische Kaliumgehalt der rothen Blutkörperchen berechnen. Das Resultat ist folgendes:

100 Theile Blutkörperchen enthalten Kalium

	nach der Berechnung der Analyse des Bluts	nach der Berechnung der Analyse des Blut- körperchenbreies	Differenz.
Analyse I	0,3368	0,3855	0,0487
» II	0,3728	0,3812	0,0084
» III	0,3790	0,4207	0,0417
» IV	0,3978	0,4002	0,0024

Wie man sieht, stimmen die beiden Zahlenreihen nicht überein und die Differenzen schwanken bei den einzelnen Analysen ganz beträchtlich. Das kann 2 Gründe haben: entweder sind meine Analysen unzuverlässig oder die Voraussetzung, unter der ich die ganze Rechnung gemacht habe, dass nämlich alles Na dem Serum angehört, ist falsch. Dass Ungenauigkeit der Analysen an der mangelhaften Uebereinstimmung der beiden Zahlenreihen schuld ist, kann ich nicht zugeben, da die Einfachheit der Methode, der Umstand, dass ich alle Analysen mit denselben Reagentien gemacht und alle Manipulationen, wie Filtriren, Trocknen, Wägen etc. mit aller möglichen

Vorsicht ausgeführt habe, durchaus dagegen sprechen. Vollends sprechen die Resultate der zweiten Analyse von C Schmidt gegen die Sacharjin'sche Hypothese. Wir finden hier den Natriumgehalt des Gesamtblutes nur um ein Unbedeutendes geringer, als den des Serums; dies würde am natürlichsten wohl so zu deuten sein, dass in diesem Falle ausnahmsweise die Blutkörperchen nahezu ebenso natriumreich sind wie das Serum; wird den Blutkörperchen überhaupt ein Natriumgehalt zugeschrieben, so erscheinen solche ausnahmsweise Erhöhungen desselben um so weniger undenkbar, als, wie ich später zeigen werde, die Aschenbestandtheile der Blutkörperchen thatsächlich viel grössern quantitativen Schwankungen unterliegen, als diejenigen des Serums. Will man aber an der Vorstellung, dass sämmtliches Na des Bluts dem Serum angehört, festhalten, so gelangt man zu dem höchst unwahrscheinlichen Resultat, dass **dieses** Blut aus 80,77 Theilen Serum und 19,23 Theilen Blutkörperchen bestanden habe. Die Unwahrscheinlichkeit wird noch grösser, sobald man sich die Ziffern für den Kaliumgehalt dieses Bluts ansieht; dieselben stimmen mit denjenigen in den übrigen Versuchen gut überein. Da nun erfahrungsgemäss das Kalium weit überwiegend den Blutkörperchen angehört, so mussten in diesem Fall die kaum 20⁰/₁₀₀ des Gesamtbluts ausmachenden Blutkörperchen ganz übermässig reich sein an Kalium.— Vollends zu widersinnigen Resultaten gelangt man,

sobald man es versucht, auf Grundlage der Hypothese vom alleinigen Natriumbesitz des Serums, das Chlor auf **die Blutkörperchen und das Serum** zu vertheilen; da nämlich C. Schmidt in 100 Theilen **Serum** 0,3661 Cl fand, müssen allein jene 80,7210% **Serum** $\frac{80,7210 \cdot 0,3661}{100} = 0,2954$ Cl enthalten; C. Schmidt fand aber in 100 Theilen **Gesammtblut** nur 0,2845 Cl. Daraus folgt für diese Analyse mit absoluter Nothwendigkeit, dass ein Theil des Na den Blutkörperchen angehört. Nimmt man aber an, auch **dieses** Blut habe aus 50% Blutkörperchen und 50% Serum bestanden, so ergibt sich, dass die ersteren 0,2028% Cl enthielten. Arronet fand 0,2203 und 0,1869% Cl. Die berechnete Chlorziffer erscheint also durchaus wahrscheinlich.

Nach alledem glaube ich mit Sicherheit annehmen zu können, dass die Voraussetzung, unter der diese Rechnungen gemacht wurden, falsch war und dass somit **ein Theil des im Menschenblut enthaltenen Na den Blutkörperchen angehört.**

Um eine ganz genaue Vertheilung der Alkalien und des Chlors im Menschenblut vorzunehmen müsste man also in jeder Blutprobe zunächst nach der von Arronet angewandten Methode das Blutkörperchenprocent, ferner das Chlor und ausserdem noch die Alkalien im Serum und im Gesammtblut bestimmen. Da es mir aber zunächst um Erlangung von Durchschnittswerthen und nicht um absolute Genauigkeit für jeden einzelnen Fall zu thun ist, so genügt es,

wenn ich mit Zugrundelegung des von mir aus der Arronet'schen Arbeit entnommenen Durchschnittswerthes der Grösse b (50%) die von mir, Carl Schmidt und Arronet gefundenen analytischen Daten verrechne. Die Art der Berechnung ist nach meinen obigen Ausführungen wohl klar und brauche ich dieselbe hier nicht noch einmal anzugeben. Da nach meiner, auf der Arronetschen Arbeit beruhenden Voraussetzung Blutkörperchen und Serum beim Menschen **durchschnittlich** gleiche Gewichtstheile des Gesamtblutes bilden (je 50,0%), so werde ich in der nachfolgenden Tabelle das Na, K und Cl auf die Blutkörperchen und das Serum von 200 Gewichtstheilen Gesamtblut vertheilen. Die Tabelle wird dabei ebenso übersichtlich, als wenn ich von 100 Theilen Blut ausginge, und die Ziffern für den Na-, K- und Clgehalt der Blutkörperchen einerseits und des Serums andererseits sind zugleich **procentische**. Auch die Arronetschen Chlorbestimmungen werde ich unter derselben Voraussetzung in Betreff der Blutzusammensetzung in die Tabelle aufnehmen, obgleich das thatsächliche Verhältniss zwischen Blutkörperchen und Serum in diesen Versuchen besonders bestimmt worden ist. Nach Anbringung der Correctur, und zwar unter der Voraussetzung, dass die rothen Blutkörperchen nur Kalisalze und keine Natronsalze enthalten, bestand nämlich das Blut thatsächlich in dem I. Arronetschen Versuch aus 46,86 Blutkörperchen und 53,14 Serum,

und in dem II. aus 49,36 Blutkörperchen und 50,64 Serum. Die auf dieser Grundlage berechneten Ziffern für das Cl werde ich des Vergleiches wegen gleichfalls in die betreffenden Rubriken der Tabelle aufnehmen, und zwar in Klammern; der Vergleich mit meinen Chlorziffern zeigt, wie klein der Fehler ist, der durch meine Grundannahme über die mittlere Zusammensetzung des Menschenblutes bewirkt wird.

200 Gr. Menschenblut enthalten:

	100 Gr. Blutkörper.			100 Gr. Serum.		
	Na.	K.	Cl.	Na.	K.	Cl.
Nach meinem Versuch I	0,0238	0,3140	—	0,3295	0,0210	—
» » » II	0,0306	0,3416	—	0,3467	0,0200	—
» » » III	0,0040	0,3748	—	0,3450	0,0213	—
» » » IV	0,0450	0,3492	0,1646	0,3529	0,0154	0,3530
» Carl Schmidt I	0,0360	0,3162	0,1672	0,3444	0,0316	0,3568
» » » II	0,1960	0,2902	0,2028	0,3187	0,0331	0,3661
» Arronet I	—	—	0,2296 (0,2241)	—	—	0,3112
» » » II	—	—	0,1952 (0,2058)	—	—	0,3464
Mittel . . .	0,0559	0,3310	0,1919	0,3392	0,0234	0,3467

Zum Schluss möchte ich noch einige bemerkenswerthe Thatsachen, die sich aus meinen Analysen ergeben, hervorheben.

Der Kalium- und Natriumgehalt der Blutkörperchen schwankt innerhalb viel weiterer Grenzen

als der des Serums. Es beträgt nämlich die Differenz zwischen dem Maximum und Minimum

	des Natriums	des Kaliums
in 100 Serum	0,0342	0,0177
in 100 Blutkörper.	0,1920	0,0864

Die Schwankungen des Chlorgehaltes sind im Serum und in den Blutkörperchen ziemlich gleich, die Differenz zwischen der grössten und kleinsten Chlormenge beträgt in 100 Serum 0,0549, in 100 Blutkörperchen 0,0595. Es scheint also, dass im Ueberschuss dem Blut zugeführte Alkalien von den Blutkörperchen gebunden werden, während das Serum sich eine annähernd gleiche Zusammensetzung bewahrt. Bemerkenswerth ist in dieser Beziehung auch die von Bunge gefundene Thatsache, dass das Serum **verschiedener** Thierblutarten ziemlich gleiche Mengen von Kalium und namentlich von Natrium enthält, während die Blutkörperchen in dieser Beziehung grosse Unterschiede zeigen. Ich füge der Zusammenstellung von Bunge die von mir gefundenen Zahlen an.

1000 Theile Serum enthalten:

	K ₂ O	Na ₂ O
Hundeblut 1. (Bunge)	0,20	4,34
Hundeblut 2. (C. Schmidt)	0,35	4,73
Rinderblut 1. (Bunge)	0,25	4,35
Rinderblut 2. (Sertoli)	0,22	4,15
Schweineblut } (Bunge)	0,27	4,27
Pferdeblut }	0,27	4,43

Menschenblut	1.	} (C. Schmidt)	0,38	4,63
»	2.		0,40	4,29
Menschenblut	1.	} (Ich)	0,25	4,44
»	2.		0,24	4,67
»	3.		0,26	4,65
»	4.		0,19	4,75

Dagegen enthalten 1000 Theile Blutkörperchen:

		K ₂ O	Na ₂ O
Schweineblut	} (Bunge)	5,54	0
Pferdeblut		4,84	0
Rinderblut		0,75	2,09
Hundeblut		0,25	3,14
Menschenblut (Durchschnitt meiner Analysen)		3,99	0,75

Schliesslich sei noch bemerkt, dass übereinstimmend mit den Befunden von C. Schmidt und Bunge¹⁾ auch in den von mir untersuchten Blutproben nicht die ganze Menge der Alkalien mit anorganischen Säuren zu Salzen verbunden sein kann. C. Schmidt findet in seinen beiden Analysen in 1000 Theilen Blut, nachdem er alle gefundenen Säuren und Basen auf einander verrechnet hat 0,921 und 1,522 überschüssiges Natron. In meiner Analyse IV beträgt die der gefundenen Chlormenge aequivalente Menge Na:

in 100 Theilen Serum:	in 100 Theilen Blut:
0,2295.	0,1682.

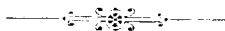
¹⁾ Hermann, Handbuch der Physiol. 1880. Bd. IV. 1 pag. 125.

Es müssten demnach im Serum 0,1234 Na und alle andern Basen (Kali, Kalk, Magnesia), im Blut 0,0307 Na und die übrigen Basen durch andre Säuren gebunden sein, was bei den geringen Mengen von im Blut vorhandener Schwefel- und Phosphorsäure nicht gut möglich ist. Ebenso verhält es sich mit den Blutkörperchen. Denken wir uns in meiner Analyse IV alles Cl der Blutkörperchen mit K verbunden, so bleiben noch in 100 Theilen Blutkörperchen 0,1675 K. und die übrigen Basen (Natron, Kalk, Magnesia) ungesättigt. Wieviel von den in der Blut- asche gefundenen Alkalien noch etwa an die Kohlen- säure gebunden, wie viel in organischen Verbindungen, unter andern mit Globulinen, vorhanden ist, muss durch neue experimentelle Untersuchungen festgestellt werden.

DORPAT

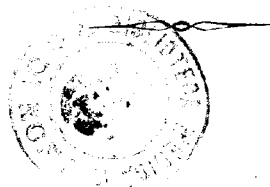
Physiologisches Institut,

den 30 November 1887.

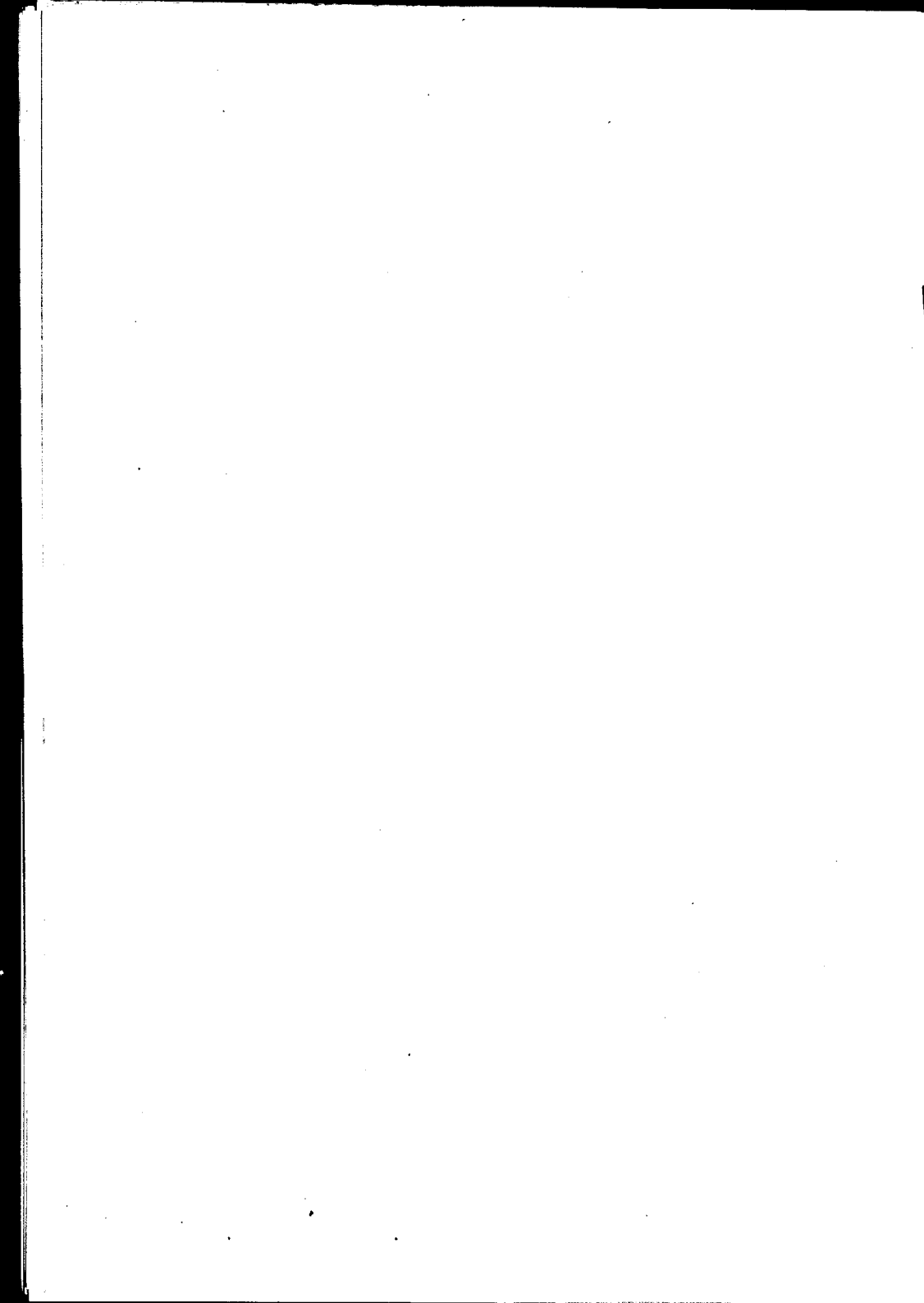


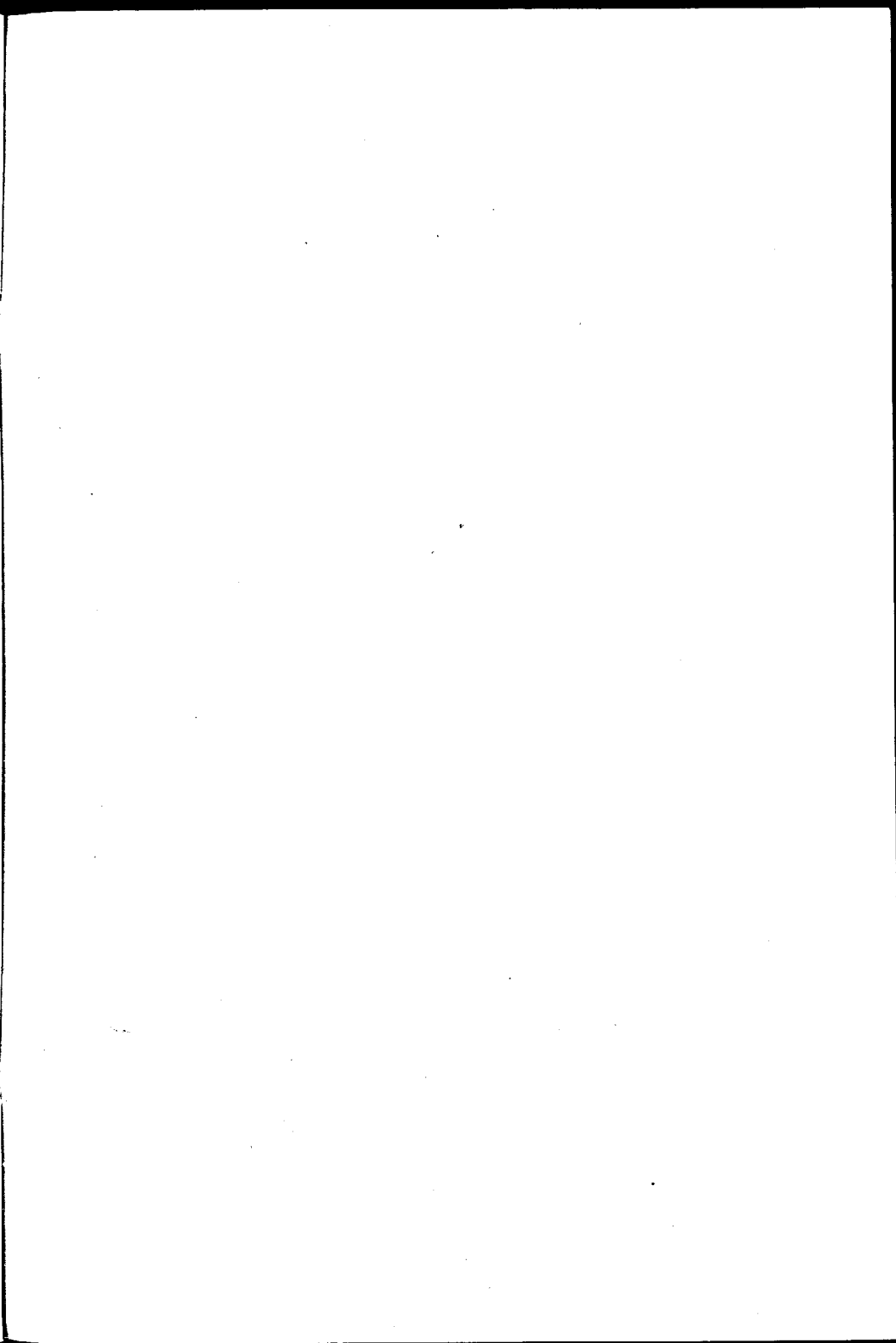
Thesen.

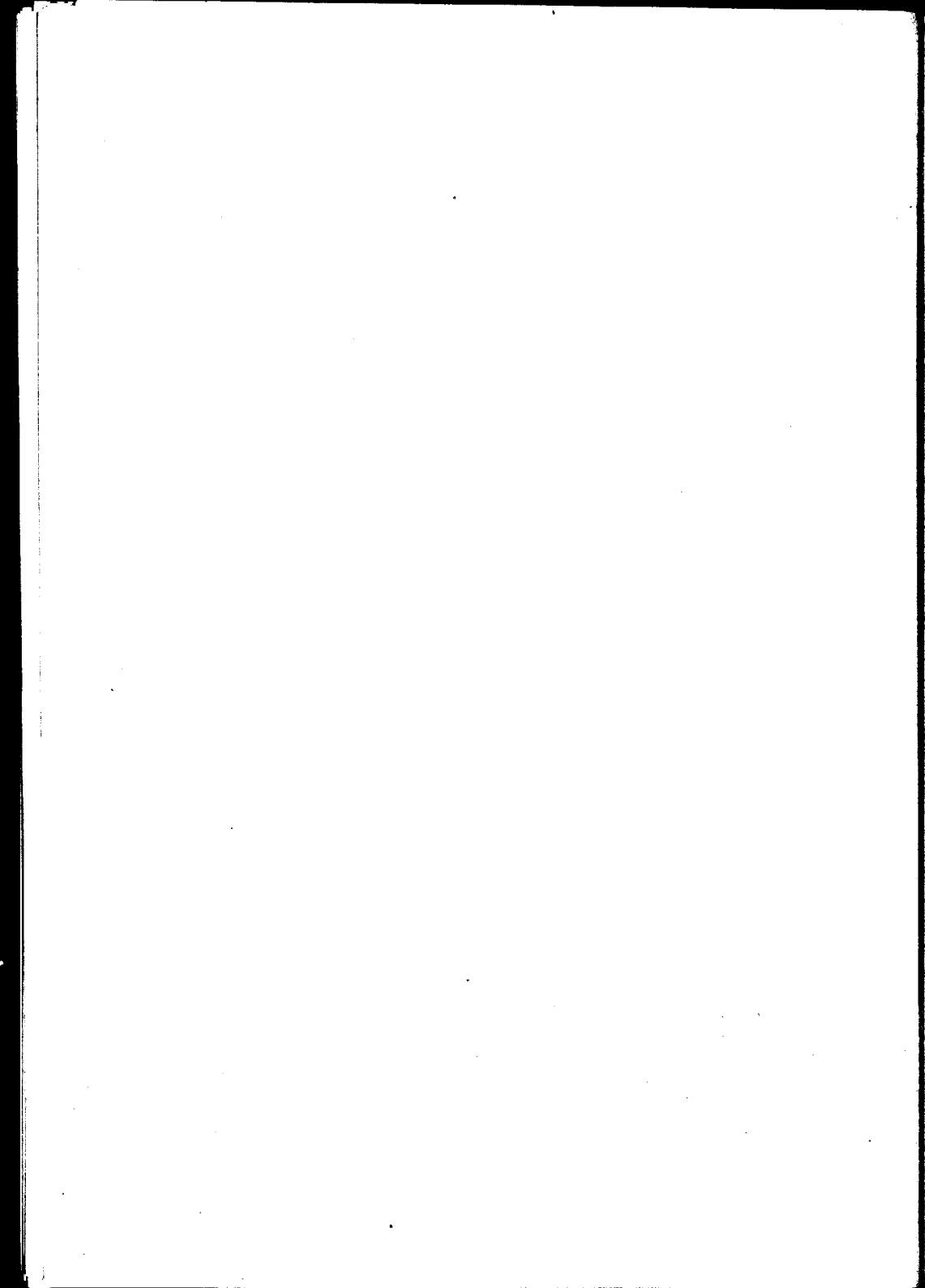
- I. Die Unterbindung eines verletzten Gefässes in der Continuität ist, wenn der Ort der Verletzung nicht unzugänglich ist, ein Kunstfehler.
- II. Eitrige Peritonitis indicirt die Eröffnung und Desinfection der Peritonealhöhle.
- III. Bei der Behandlung der Hysterie ist die Isolirung der Kranken das wichtigste Erforderniss.
- IV. Die Expectorantien im engern Sinn sind vollständig entbehrlich.
- V. Austrocknung und Erhitzung verdienen, wo sie überhaupt anwendbar sind, den Vorzug vor allen andern Desinficientien.
- VI. Die systematische Ventilation der Schulen sollte gesetzlich gefordert werden.

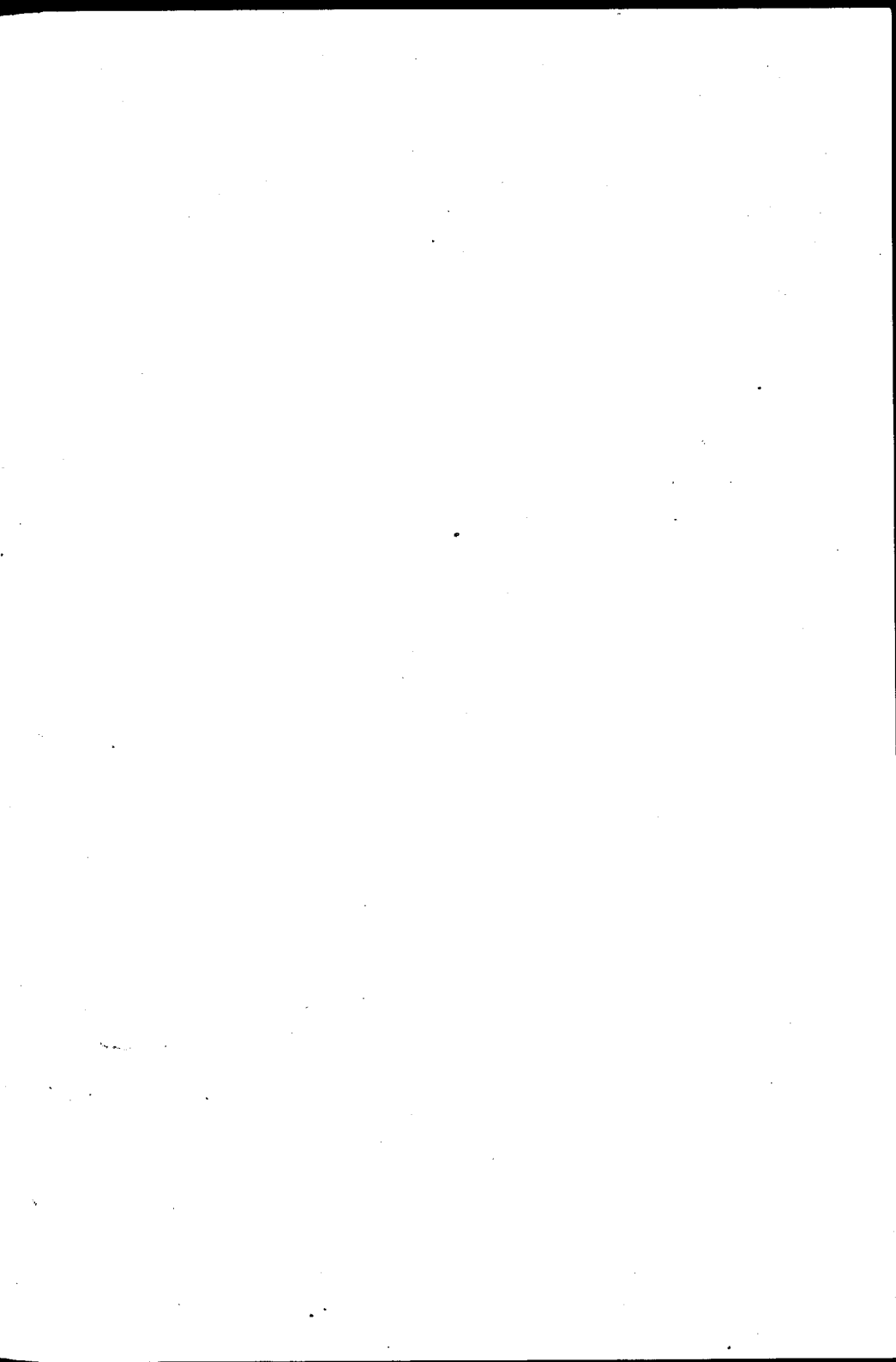


15458











14894