

# Vergleichende Studien über den Gehalt verschiedenartiger Nervensubstanz an Aschenbestandteilen. <sup>1)</sup>

Von  
Arthur Weil.

(Aus dem physiologischen Institute der Universität Halle a. S.)

(Der Redaktion zugegangen am 28. Januar 1914.)

Wenn man die bis jetzt erschienenen Untersuchungen über die Aschenbestandteile des Gehirns — über die peripheren Leitungsbahnen fehlen ausführlichere Angaben — überblickt, so fällt sogleich die große Differenz zwischen den Angaben der einzelnen Autoren auf. <sup>2)</sup> Eine Erklärung für diese Unterschiede der Analysenresultate, die wohl kaum durch eine mangelhafte Methodik entstanden sind, geben meine unten veröffentlichten Analysen der grauen und weißen Substanz: Sämtliche Autoren, mit Ausnahme von Koch und Thudichum, untersuchten die gesamte Hirnsubstanz, ohne in Grau und Weiß zu trennen; sie berücksichtigten nicht, daß beide eine verschiedene Zusammensetzung haben, und deshalb erhielten sie bei der nicht einheitlichen Probeentnahme stets wechselnde prozentuale Verhältnisse von Grau zu Weiß in den einzelnen Proben und damit verschiedene Analysenresultate. — Eine weitere Fehlerquelle liegt in der Art der Berechnung; meistens wurden die gewonnenen absoluten Zahlen nur auf die wasserfreie Gehirnsubstanz bezogen; man erhielt dadurch, ebenso wie bei der einseitigen Umrechnung auf das lebendfrische Organ ein falsches Bild von der prozentualen Zusammensetzung; erst durch die Kombination beider und durch den Vergleich mit dem Prozentgehalt der Asche an den einzelnen Bestandteilen gewinnt man eine Vorstellung von den Beziehungen zwischen Zentralorgan und Leitungsbahnen.

Als erster veröffentlichte Geoghegan <sup>3)</sup> vier Aschenanalysen von alkoholextrahierten menschlichen Gehirnen, welche

<sup>1)</sup> Preisarbeit der medizinischen Fakultät der Universität Halle a. S. Eingereicht am 8. VIII. 1913; am 27. I. 1914 mit dem Preis ausgezeichnet.

<sup>2)</sup> Vgl. A. Weil, Die Chemie des Gehirns, Zeitschrift für die ges. Neurol. u. Psychiatrie, Abt. Refer., Bd. 7, S. 1, 1913.

<sup>3)</sup> E. G. Geoghegan, Über die anorganischen Gehirnsalze nebst einer Bestimmung des Nucleins, Diese Zeitschrift, Bd. 1, S. 330, 1877/78.

absolut unbrauchbar sind. Die für die Oxyde angegebenen Werte wurden von mir auf die Elemente umgerechnet, und ich erhielt so die folgende Tabelle:

Tabelle I.

1000 g frische Substanz enthalten nach Geoghegan:

Ca . . .	0,005	0,020	0,014	0,020
Mg . . .	0,016	0,068	0,060	0,072
P . . .	0,457	0,313	0,658	0,455
S . . .	0,076	0,034	0,045	0,044
Cl . . .	1,2	0,43	1,32	1,06
Na . . .	1,00	0,45	1,11	0,78
K . . .	1,63	0,58	1,77	1,52
Fe . . .	0,0024	0,022	0,022	0,0073

Die übrigen in der Literatur zerstreuten Werte stelle ich in zwei weiteren Tabellen zusammen.

Tabelle II.

100 g frische Substanz enthalten g Asche:

Beobachter	Gesamt- hirn	Grau	Weiß	Rücken- mark	Nerven
Abderhalden u. Weil <sup>1)</sup> u. <sup>2)</sup>	—	1,53	2,38	1,91	1,07 (Rind)
Geoghegan <sup>3)</sup> . . . . .	0,64 <sup>9)</sup>	—	—	—	—
Forster <sup>4)</sup> . . . . .	1,58	—	—	—	—
Masuda <sup>5)</sup> . . . . .	1,47	—	—	—	—
Petrowsky <sup>6)</sup> . . . . .	—	2,6	1,8	—	—
Thudichum <sup>7)</sup> . . . . .	—	1,0	1,7	—	—
Volkmann <sup>8)</sup> . . . . .	1,41	—	—	—	—

<sup>1)</sup> E. Abderhalden und A. Weil, Vergleichende Untersuchungen über den Gehalt der verschiedenen Bestandteile des Nervensystems an Aminosäuren, I. Mitteilung, Diese Zeitschrift, Bd. 81, S. 207, 1912.

<sup>2)</sup> Dieselben, II. Mitteilung, Diese Zeitschrift, Bd. 83, S. 425, 1913.

<sup>3)</sup> E. G. Geoghegan, Über die anorganischen Gehirnsalze nebst einer Bestimmung des Nucleins, Diese Zeitschrift, Bd. 1, S. 330, 1877/78.

<sup>4)</sup> J. Forster, Versuch über die Aschebestandteile der Nahrung, Zeitschrift f. Biologie, Bd. 9, S. 363, 1873.

<sup>5)</sup> N. Masuda, Beitrag zur Analyse des Gehirns. Biochem. Zeitschrift, Bd. 25, S. 161, 1910.

<sup>6)</sup> D. Petrowsky, Zusammensetzung der grauen und weißen Substanz des Gehirns, Arch. f. d. ges. Physiol., Bd. 7, S. 367, 1873.

<sup>7)</sup> J. L. W. Thudichum, Die chemische Konstitution des Gehirns des Menschen und der Tiere, Tübingen 1901.

<sup>8)</sup> Nach Vierordt, Anatomische, physiologische und physikalische Daten und Tabellen, Jena 1888.

<sup>9)</sup> Nach Extraktion mit Äther und Salzsäure.

Tabelle III.  
1000 g frische Substanz enthalten:

Beobachter	K	Na	Ca	Mg	Fe	P	S	Cl	
v. Bibra <sup>1)</sup> . . . . .	—	—	—	—	—	3,47	—	—	
Forster <sup>2)</sup> . . . . .	—	—	—	—	0,07	2,6	—	—	
Koch <sup>3)</sup> . . . . .	—	—	—	—	—	—	0,73 *	—	*Grau
Kutanin <sup>4)</sup> . . . . .	—	—	—	—	—	3,04 §	1,48**	—	**Weiß
Langlois u. Richet <sup>5)</sup>	—	—	—	—	—	—	—	1,39	
Magnus-Levy <sup>6)</sup> . . .	—	0,85	0,11	0,23	0,08	—	—	1,30	
Masuda <sup>7)</sup> . . . . .	—	—	—	—	—	2,6	—	—	
Nencki <sup>8)</sup> . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	1,41	
Novi <sup>9)</sup> . . . . .	3,93	0,90	—	—	—	—	—	1,28	
Schulz <sup>10)</sup> . . . . .	—	—	—	—	—	—	1,29	—	
Simon <sup>11)</sup> . . . . .	—	—	—	—	—	3,64 §	—	—	§Kälber- gehirn
Thudichum <sup>12)</sup> . . .	0,60	0,82	—	—	—	—	—	—	
Wahlgren <sup>13)</sup> . . . .	—	—	—	—	—	—	—	1,40	
Zaleski <sup>14)</sup> . . . . .	—	—	—	—	0,083	—	—	—	
Durchschnitt . . . . .	—	0,86	0,11	0,23	0,078	2,9	1,29	1,36	

<sup>1)</sup> v. Bibra. Über das Gehirn, Annal. d. Chemie, Neue Reihe, Bd. 9, S. 201, 1853.

<sup>2)</sup> J. Forster, Versuch über die Aschebestandteile der Nahrung, Zeitschrift f. Biolog., Bd. 9, S. 363, 1873.

<sup>3)</sup> W. Koch, Zur Kenntnis der Schwefelverbindungen des Nervensystems, Diese Zeitschr., Bd. 53, S. 496, 1907 u. Bd. 70, S. 94, 1910.

<sup>4)</sup> M. Kutanin, Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des Gehirns bei verschiedenen Tieren, Dissertation, Berlin 1910.

<sup>5)</sup> Langlois u. Richet, Chlorgehalt der Organe, Journ. de Physiol. et de Pathol. génér., 1900, S. 471.

<sup>6)</sup> A. Magnus-Levy. Über den Gehalt normaler menschlicher Organe an Chlor, Calcium, Magnesium und Eisen, sowie an Wasser, Eiweiß und Fett, Biochem. Zeitschr., Bd. 24, S. 363, 1910.

<sup>7)</sup> N. Masuda, Beitrag zur Analyse des Gehirns, insbesondere über den Cholesterin und Fettsäuregehalt, Biochem. Zeitschr., Bd. 25, S. 161, 1910.

<sup>8)</sup> M. Nencki u. E. O. Schoumow-Simanowsky, Studien über das Chlor und die Halogene im Tierkörper, Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol., Bd. 34, S. 313, 1894.

<sup>9)</sup> J. Novi, Einfluß des Chlornatriums auf die chemische Zusammensetzung des Gehirns, Arch. f. die ges. Physiol., Bd. 48, S. 320, 1891.

<sup>10)</sup> H. Schultz, Über den Schwefelgehalt menschlicher und tierischer Gewebe, Arch. f. die ges. Physiol., Bd. 54, S. 561, 1893.

<sup>11)</sup> Fr. Simon, Zur Kenntnis der Autolyse des Gehirns, Diese Zeitschrift, Bd. 72, S. 463, 1911.

<sup>12)</sup> J. L. W. Thudichum, Die chemische Konstitution des Gehirns des Menschen und der Tiere, Tübingen 1901.

<sup>13)</sup> V. Wahlgren, Über die Bedeutung der Gewebe als Chlordepots, Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmak., Bd. 61, S. 97, 1909.

<sup>14)</sup> St. Zaleski, Das Eisen der Organe bei Morbus maculosus Werlhoffii, Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmakol., Bd. 23, S. 80, 1881.

Bei meinen eigenen Untersuchungen interessierte mich zunächst die Frage: Wie unterscheiden sich Zentralorgan und Leitungsbahnen in bezug auf ihre anorganischen Bestandteile? Gleichzeitig aber suchte ich die Beziehungen zwischen dem Nervensystem des Menschen und der höher organisierten Tiere festzustellen. Zu diesen vergleichenden Untersuchungen wählte ich die nervösen Organe von Rindern, weil sich die meisten der bisher veröffentlichten Arbeiten über die Chemie des Gehirns mit diesen beschäftigen, und weil ich mir das nötige Material stets lebensfrisch am hiesigen Schlachthof von gesunden Tieren besorgen konnte. Schwieriger war es, einwandfreie menschliche Organe zu erhalten; ich gelangte aber durch das liebenswürdige Entgegenkommen der pathologischen Institute der Universität Halle und des Krankenhauses Magdeburg-Sudenburg in den Besitz von vier Gehirnen, die bei der Sektion keine pathologischen Veränderungen gezeigt hatten; es handelte sich in allen vier Fällen um Organe erwachsener männlicher Individuen, von denen drei an akuten Infektionskrankheiten zugrunde gingen (II und III der Tabellen an Pneumonie, IV an Typhus abdominalis) und einer (I) durch einen Unglücksfall ad exitum kam; das menschliche Rückenmark und die peripheren Nerven stammen von zwei Fällen von Peritonitis.

Auf Grund eingehender Analysen sämtlicher anorganischen Bestandteile der Rinde und weißen Substanz des Gehirns, des gesamten Kleinhirns, sowie des Rückenmarks vom Menschen und Rinde gewann ich folgende Tabellen, welche Durchschnittszahlen der im experimentellen Teil ausführlich wiedergegebenen Analysenwerte sind. (Siehe folgende Tabellen.)

Ich habe schon in der Art der Zusammenstellung der einzelnen Elemente die wichtigsten Ergebnisse meiner Untersuchungen zum Ausdruck gebracht: Man muß die anorganischen Bestandteile der Nervensubstanz in zwei Gruppen teilen; auf der einen Seite Calcium, Magnesium, Phosphor, Schwefel und Chlor; auf der anderen Seite Natrium, Kalium und Eisen. Die lebensfrischen Organe: Grau und Kleinhirn — Weiße Substanz des Gehirns und Rückenmarks enthalten die Elemente der ersten

Tabelle IV.

1000 g lebendfrische Substanz enthalten:

	Mensch				Rind			
	Grau	Gehirn		Rücken- mark	Grau	Gehirn		Rücken- mark
Klein- hirn		Weiß	Klein- hirn			Weiß		
1. Ca . . . .	0,104	0,103	0,142	0,179	0,132	0,128	0,163	0,321
2. Mg . . . .	0,196	0,203	0,260	0,380	0,230	0,227	0,411	0,483
3. P. . . . .	2,39	2,58	4,21	5,48	2,54	2,83	4,33	5,17
4. S. . . . .	0,56	0,61	0,92	0,85	0,59	0,60	0,98	1,04
5. Cl . . . .	1,13	1,08	1,51	1,52	1,23	1,41	1,76	1,30
<b>Sa. von 1—5</b>	<b>4,380</b>	<b>4,576</b>	<b>7,042</b>	<b>8,409</b>	<b>4,722</b>	<b>5,195</b>	<b>7,644</b>	<b>8,314</b>
6. Na . . . .	2,03	2,20	2,25	2,01	1,05	1,18	1,44	1,34
7. K . . . . .	3,45	3,49	3,38	3,61	3,40	3,05	2,50	2,61
8. Fe . . . .	0,068	0,050	0,064	0,055	0,048	0,057	0,074	0,051
<b>Sa. von 6—8</b>	<b>5,538</b>	<b>5,740</b>	<b>5,694</b>	<b>5,675</b>	<b>4,498</b>	<b>4,287</b>	<b>4,014</b>	<b>4,001</b>
<b>Gesamtasche</b>	<b>9,918</b>	<b>10,316</b>	<b>12,736</b>	<b>14,084</b>	<b>9,220</b>	<b>9,482</b>	<b>11,658</b>	<b>12,315</b>
Wasser . . .	833	815	702	644	820	800	712	631
Stickstoff . .	16,5	17,2	17,1	15,9	16,1	15,8	16,9	14,7

Tabelle V.

1000 g wasserfreie Trockensubstanz enthalten:

	Mensch				Rind			
	Grau	Gehirn		Rücken- mark	Grau	Gehirn		Rücken- mark
Klein- hirn		Weiß	Klein- hirn			Weiß		
1. Ca . . . .	0,62	0,56	0,48	0,70	0,73	0,64	0,57	0,87
2. Mg . . . .	1,17	1,11	0,87	1,48	1,28	1,14	1,42	1,31
3. P. . . . .	14,30	13,95	14,12	21,4	14,1	14,2	15,1	14,0
4. S. . . . .	3,35	3,30	3,08	3,32	3,28	3,00	3,41	2,82
5. Cl . . . .	6,76	5,85	5,07	5,94	6,82	7,05	6,12	3,52
<b>Sa. von 1—5</b>	<b>26,20</b>	<b>24,77</b>	<b>23,62</b>	<b>32,88</b>	<b>26,21</b>	<b>26,03</b>	<b>26,62</b>	<b>22,52</b>
6. Na . . . .	12,16	11,89	7,52	7,85	5,85	5,90	5,00	3,64
7. K . . . . .	20,65	18,85	11,35	14,10	18,9	15,3	8,70	7,10
8. Fe . . . .	0,35	0,27	0,55	0,22	0,27	0,29	0,20	0,14
<b>Sa. von 6—8</b>	<b>33,16</b>	<b>31,01</b>	<b>19,42</b>	<b>22,17</b>	<b>25,02</b>	<b>21,49</b>	<b>13,90</b>	<b>10,88</b>
<b>Gesamtasche</b>	<b>59,36</b>	<b>55,78</b>	<b>43,14</b>	<b>55,05</b>	<b>51,23</b>	<b>47,52</b>	<b>40,52</b>	<b>33,40</b>

Tabelle VI. — Zusammensetzung der Asche.

100 g Gesamtasche enthalten: <sup>1)</sup>

	Mensch				Rind			
	Grau	Gehirn Klein- hirn	Weiß	Rücken- mark	Grau	Gehirn Klein- hirn	Weiß	Rücken- mark
1. Ca . . .	1,0	1,0	1,1	1,3	1,4	1,3	1,4	2,6
2. Mg . . .	1,9	2,1	2,0	2,7	2,5	2,4	3,5	3,9
3. P . . .	24,1	25,0	32,8	39,0	27,5	29,9	37,3	41,9
4. S . . .	5,6	5,9	7,1	6,0	6,4	6,3	8,4	8,6
5. Cl . . .	11,4	10,5	11,8	10,8	13,3	14,9	15,2	10,5
6. Na . . .	20,8	21,2	17,6	14,2	11,4	12,4	12,3	10,9
7. K . . .	34,8	33,7	26,3	25,6	37,0	32,2	21,4	21,2
8. Fe . . .	0,6	0,6	1,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4

Gruppe in verschiedenen Mengen, dagegen gleiche Mengen der zweiten Gruppe. Berechnet man dagegen auf die wasserfreie Substanz, so ergibt sich, daß Zentralorgan und Nervenfasern gleiche Mengen der ersten und verschiedene Mengen der zweiten Gruppe enthalten. — Oder mit mit anderen Worten: Zentralorgan und Leitungsbahnen enthalten absolut gleiche Mengen von Ca, Mg, P, S, Cl; die Differenz in der elementären anorganischen Zusammensetzung beider beruht nur auf dem verschiedenen Wassergehalt, ist also nur eine Verschiedenheit der Konzentration. Na, K, Fe dagegen sind in beiden in gleicher Konzentration, aber in verschiedenen absoluten Mengenverhältnissen vorhanden, ebenso wie die einzelnen Aminosäuren oder wie der gesamte Stickstoff, wie ich vor kurzem zusammen mit Abderhalden<sup>2)</sup> zeigen konnte.

Als zweites bemerkenswertes Resultat ergibt sich aus meinen obigen Tabellen IV—VI die Ähnlichkeit zwischen

<sup>1)</sup> Die Summe aller anorganischen Bestandteile, 1—8 der Tabellen IV und V, gleich 100 gesetzt.

<sup>2)</sup> E. Abderhalden und A. Weil, l. c.

der Asche des Menschen- und Rindergehirns und zwischen der weißen Substanz des Rückenmarks beider; die entsprechenden Nervensubstanzen enthalten dieselben anorganischen Bestandteile, mit Ausnahme des Natriums, in denselben Mengenverhältnissen. Hieraus, sowie aus dem gleichen Stickstoffgehalt und aus der Ähnlichkeit im Gehalt an extrahierbaren Stoffen, die von Linnert<sup>1)</sup> nachgewiesen wurde, schließen zu wollen, daß die chemische Zusammensetzung beider gleich sei, und daß die psychischen Differenzen durch die quantitativen Unterschiede im Verhältnis der Rinde, die beim menschlichen Gehirn bedeutend stärker entwickelt ist, zur weißen Substanz zu erklären seien, ist selbstverständlich eine Utopie.

Drittens zeigen die Zahlen der Tabellen eine deutliche Übereinstimmung in der absoluten Zusammensetzung von Rinde und Kleinhirn; es mag dies wohl an der Art der Präparation liegen, da ich stets die Markfortsätze kurz abschnitt und hauptsächlich den Kleinhirnmantel verarbeitete. Die Ähnlichkeit zwischen der weißen Substanz des Großhirns und der des Rückenmarks ist nicht weiter auffällig, da ja beide Leitungsbahnen sind.

Schließlich noch einige Bemerkungen zu Tabelle VI: Wie sich beim Vergleich der Gesamtasche aus Tabelle IV mit Tabelle II ergibt, sind die Werte hierfür bis jetzt stets zu niedrig angegeben, und nur wenige entsprechen annähernd der Wirklichkeit, wenn man noch dazu berücksichtigt, daß ich stets die Analysen auf die reinen Elemente und nicht auf die bei der Veraschung entstehenden Verbindungen berechnet habe. Da man bei der trockenen Veraschung ohne Zusatz von Natriumcarbonat nie Verluste an P, S und Cl vollständig vermeiden kann, habe ich überhaupt auf die Bestimmung der Gesamtasche verzichtet und habe nur das prozentuelle Verhältnis der einzelnen Verbindungen zueinander aus der Summe der Einzelbestimmungen berechnet.

<sup>1)</sup> K. Linnert, Vergleichende chemische Gehirnuntersuchungen, Biochem. Zeitschr., Bd. 26, S. 44, 1910.

**Experimenteller Teil.**

Eine absolute Trennung von grauer und weißer Substanz ist mit unseren heutigen Hilfsmitteln nicht gut möglich; man kann aber bei Verwendung genügender Substanzmengen eine praktisch ausreichende Trennung schon dadurch erzielen, daß man nach dem Abziehen der Hirnhäute mit einem Skalpellstiele vorsichtig die Rinde abschabt und die weiße Substanz in schmalen, prismatischen Streifen herauspräpariert. Eine gute Kontrolle für die Reinheit ist die Bestimmung des Wassergehaltes (im Durchschnitt: Grau 84%, Weiß 70%). Da bei der sorgfältigen präparativen Trennung eine vollständige Ausnützung des vorhandenen Materials nicht möglich war, erhielt ich von einem Gehirn meist vier bis fünf Portionen zu 20 bis 35 g: nachdem die frische Substanz zunächst gewogen, dann blutfrei gewaschen war, veraschte ich zwei bis drei dieser Portionen nach der Neumannschen Methode, den Rest trocken, bei der Bestimmung von S mit Zusatz von  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , und  $\text{NaNO}_3$  bei der Analyse von Na und K ohne diesen.

Calcium bestimmte ich nur als  $\text{CaSO}_4$  durch Fällung mit Alkohol aus dem Säuregemisch nach den von Hanslian<sup>1)</sup> verbesserten Vorschriften Arons,<sup>2)</sup> da die anfangs zur Kontrolle ausgeführte Titration des Oxalats unzuverlässige und wechselnde Resultate gab. — Magnesium und Phosphor wurden als Ammoniummagnesiumphosphat gefällt und als Magnesiumpyrophosphat gewogen. Schwefel bestimmte ich als  $\text{BaSO}_4$ . Eisen wurde titrimetrisch bestimmt, nach den Angaben Hanslians<sup>1)</sup> durch Ausfällen mit Zinkphosphat, Lösen des Niederschlages in Salzsäure und Titration des aus KJ in Freiheit gesetzten Jods durch geeichte Natriumthiosulfatlösung unter Zusatz von Stärke als Indikator; ich erhielt so etwas niedrigere Werte, als bis jetzt für Eisen, das als Phosphat gefällt und berechnet war, angegeben wurden (vgl. Tabelle III). Natrium und Kalium wog ich zuerst als Chlorid, nachdem alle übrigen Aschebestandteile aus dem salzsauren Extrakt der trocken veraschten Substanz

<sup>1)</sup> R. Hanslian, Handbuch der biochem. Arbeitsmethoden, Bd. 7.

<sup>2)</sup> H. Aron, Handbuch der biochem. Arbeitsmethoden, Bd. 1.

durch  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{NH}_3$  und  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  gefällt waren. Durch wiederholtes Abrauchen mit konzentrierter Schwefelsäure wurden die Chloride in die Sulfate übergeführt, als solche wiederum gewogen und das Verhältnis von K und Na nach der Gleichung berechnet: Prozentgehalt des Chloridgemisches an  $\text{NaCl} = 2155,4 \times \frac{g_1}{g} - 2518,9$  ( $g_1$  Gewicht der Sulfate,  $g$  das der Chloride).<sup>1)</sup>

Zur Bestimmung des Chlors bediente ich mich einer von mir konstruierten Vorrichtung, die aus einem Jenaer Kjeldahl-Kolben mit eingeschliffenem Aufsatz bestand; in den letzteren war ein dünnes Glasrohr mit Hahn eingeschmolzen, das bis etwa 5 cm vom Boden des Kolbens entfernt war, und ein zweites gebogenes kürzeres von nur etwa 10 cm. Dieses kürzere war durch einen paraffinierten Gummischlauch mit einem zweiten gebogenen Glasrohr verbunden, das durch einen Gummistopfen in eine mit  $n/10$ -Silbernitrat gefüllte Saugflasche tauchte; diese stand schließlich mit einer Wasserstrahlpumpe in Verbindung. Das zweite längere Rohr wurde ebenfalls mit einer wie oben beschickten Saugflasche verbunden, um die angesaugte Luft salzsäurefrei zu erhalten. Nachdem die Substanz und das Säuregemisch in den abgekühlten Kolben gefüllt waren, begann ich langsam zu erhitzen und die gebildeten Dämpfe abzusaugen; nach mehreren Stunden entfernte ich schließlich die letzten Salzsäure- und Salpetersäuredämpfe durch energisches Kochen. Die  $n/10$ - $\text{AgNO}_3$ -Lösung wurde mit  $n/10$ -Rhodanammonium und Eisenalaun als Indikator zurücktitriert.

Die so erhaltenen Werte, deren Durchschnittszahlen die Tabellen IV und V enthalten, stelle ich in den folgenden Tabellen zusammen. Die hier mit angeführten Analysen peripherer Nerven vom Menschen habe ich oben nicht berücksichtigt, da es schwer gelingt, die Nerven von älteren Leichen, im Gegensatz zu frischen Präparaten, frei von Bindegewebe zu erhalten, so daß die Resultate bei den kleinen Mengen, die mir zur Verfügung standen, nicht eindeutig ausgelegt werden können.

<sup>1)</sup> F. W. Küster. Logarithmische Rechentafeln für Chemiker, Leipzig 1911. Tabelle 10, S. 42.

Tabelle VII.

1000 g frische graue Substanz des Gehirns (Rinde) enthalten:

	Mensch				Rind		
	I	II	III	IV	I	II	III
Ca . . . . .	0,106	0,095	0,112	0,110	0,146	0,118	0,133
Mg . . . . .	0,202	0,191	0,200	—	0,232	0,213	0,247
P . . . . .	2,64	2,42	2,47	2,14	2,55	2,62	2,47
S . . . . .	—	0,59	0,52	0,61	0,67	0,54	0,56
Cl . . . . .	1,08	1,13	1,19	—	1,35	—	1,11
Na . . . . .	1,09	—	—	2,98	0,76	1,33	—
K . . . . .	2,87	—	—	4,02	3,44	3,35	—
Fe . . . . .	0,061	0,059	0,053	—	0,052	0,044	—
N . . . . .	—	—	17,9	16,5	—	—	16,1
H <sub>2</sub> O . . . . .	815	—	—	845	831	825	815

Tabelle VIII.

1000 g frische weiße Substanz des Gehirns enthalten:

	Mensch				Rind		
	I	II	III	IV	I	II	III
Ca . . . . .	0,146	0,138	0,140	0,151	0,180	0,147	0,161
Mg . . . . .	0,390	0,225	0,211	0,216	0,386	0,435	—
P . . . . .	4,25	4,27	4,08	4,12	4,29	4,42	4,27
S . . . . .	1,03	—	0,91	0,83	1,02	—	0,95
Cl . . . . .	1,58	1,40	1,55	—	1,69	1,85	1,74
Na . . . . .	—	2,17	—	2,33	1,25	1,63	—
K . . . . .	—	3,86	—	2,91	2,16	2,89	—
Fe . . . . .	0,067	0,061	0,059	0,068	0,066	0,082	—
N . . . . .	17,1	—	18,0	—	—	—	16,9
H <sub>2</sub> O . . . . .	—	679	708	726	727	720	699

Tabelle IX.

1000 g frisches Kleinhirn enthalten:

	Mensch			Rind	
	I.	II.	III.	I.	II.
Ca . . . . .	0,100	0,112	0,098	0,135	0,121
Mg . . . . .	0,140	0,186	0,284	0,221	0,233
P . . . . .	2,50	2,74	2,48	2,71	2,95
S . . . . .	0,67	0,53	0,62	—	0,72
Cl . . . . .	1,14	1,02	—	1,41	—
Na . . . . .	1,92	—	2,48	1,18	—
K . . . . .	3,26	—	3,72	3,05	—
Fe . . . . .	0,046	0,053	—	—	0,057
N . . . . .	—	16,4	17,9	—	15,8
H <sub>2</sub> O . . . . .	809	820	—	794	813

Tabelle X.

1000 g frische Substanz enthalten:

	Mensch			Rind	
	Rückenmark		Periphere Nerven	Rückenmark	
	I.	II.		I.	II.
Ca . . . . .	0,162	0,196	0,198	0,296	0,346
Mg . . . . .	0,320	0,441	—	0,457	0,508
P . . . . .	5,35	5,61	3,71	5,38	4,96
S . . . . .	0,85	—	—	0,93	1,14
Cl . . . . .	1,30	1,74	—	1,34	1,27
Na . . . . .	2,01	—	—	1,58	1,12
K . . . . .	3,61	—	3,95	2,31	2,94
Fe . . . . .	—	0,055	0,051	—	0,061
N . . . . .	—	15,9	—	14,5	14,8
H <sub>2</sub> O . . . . .	625	644	658	635	627