

# Die Assimilation des Eisens aus den Cerealien.

Von

G. von Bunge.

Professor in Basel.

(Der Redaction zugegangen am 20. Februar 1898.)

Bei meinen Bestimmungen des Eisengehaltes unserer wichtigsten Nahrungsmittel<sup>1)</sup> musste es auffallen, dass der Reis einen weit geringern Eisengehalt aufweist, als alle andern Cerealien. Der Reis enthält auf 100 gr. Trockensubstanz nur 1 bis 2 mgr., Gerste, Roggen, Weizen dagegen enthalten 1.5 bis 5.5 mgr. Fe. Beim Suchen nach dem Grunde dieses Unterschiedes musste ich mir sofort sagen, dass das Reiskorn, wie es von uns genossen wird, wie es im Handel erscheint und von mir zur Analyse verwandt wurde, nicht dem Gerstenkorn oder Weizenkorn entspricht, sondern den Graupen oder dem weissen Mehl. Das Reiskorn ist bereits von der Samenschale befreit. Das Gerstenkorn wird erst bei der Graupenbereitung durch einen besonderen Process des Mahlens von der Schale getrennt. Vom Weizen wird beim Beuteln des Mehles die Schale als sogenannte Kleie entfernt. In den Schalen musste also die Haupteisenmenge der Cerealien stecken. Ich veranlasste deshalb Herrn Stud. Häusermann,<sup>2)</sup> das feine Weizenmehl und die Kleie, das Gerstenkorn und die Graupen getrennten Analysen zu unterwerfen. Auf der folgenden Tabelle stelle ich die Ergebnisse unserer Analysen zusammen:

Auf 100 gr. Trockensubstanz kommen mgr. Fe:

Reis . . . . .	1—2
Gerstengraupen . . . . .	1.4—1.5
Weizenmehl . . . . .	1.6
Gerste . . . . .	1.5

<sup>1)</sup> Bunge. Diese Zeitschr. Bd. XVI, S. 173. 1891.

<sup>2)</sup> E. Häusermann. Diese Zeitschr. Bd. XXIII, S. 586. 1897.

Roggen . . . . .	4.9
Weizen . . . . .	5.5
Weizenkleie . . . . .	8.8

Es drängt sich uns nun die praktisch wichtige Frage auf, ob der Organismus des Menschen und der Thiere im Stande ist, die Eisenverbindung der Kleie zu assimiliren.

Zur Entscheidung dieser Frage habe ich zunächst einen Versuch mit Ratten ausgeführt. Von 8 jungen Ratten aus einem Wurf wurden 4 mit Weissbrod und 4 mit Weizenkleienbrod gefüttert. Die Thiere waren am 6. November 1897 geworfen worden. Nach Ablauf der dreiwöchentlichen Säuglingszeit blieben sie noch bei der Mutter bis zum 6. Dezember, erhielten aber mit der Mutter zusammen nur eisenarme Nahrung: Milch, Reis und Weissbrod. Am 6. Dezember wurden die Jungen von der Mutter getrennt. Jedes Junge kam in einen besonderen Glaskäfig, bestehend aus einer Glasplatte und einem drübergestülpten grossen Glastrichter in der von Socin<sup>1)</sup> beschriebenen Weise. Die Käfige wurden numerirt und die Thiere I—IV erhielten Weissbrod, die Thiere V—VIII Weizenkleienbrod. Beide Brodarten waren in gleicher Weise mit Wasser und Hefe gebacken. Nur in der ersten Woche erhielten die Thiere zum Brod etwas Milch, später nur Wasser. Auf das Brod wurde ein wenig Butter gestrichen, weil die Thiere es so lieber frassen und das Brod wahrscheinlich auch zu fettarm ist für die ausschliessliche Nahrung. Die Butter enthält nur Spuren von Eisen und wurde von den Weissbrod- und Kleienbrodthieren in annähernd gleicher Menge verzehrt. Die Thiere waren während der ganzen Versuchszeit anscheinend vollkommen munter. Am 11. und am 14. Januar, sowie am 4. und am 7. Februar 1898 wurde je ein Paar der Versuchsthiere und zwar jedes Mal ein Weissbrodthier und ein Kleienbrodthier getödtet und der Hämoglobingehalt im Gesamtorganismus nach der später zu beschreibenden Methode colorimetrisch bestimmt. Das Resultat überblickt man auf der folgenden Tabelle:

---

<sup>1)</sup> C. A. Socin. Diese Zeitschr. Bd. XV. S. 115. 1890.

Nummer des Versuchstieres.	Geschlecht.	Körpergewicht beim Beginne des Versuches am 6. Dez. 1897.	Datum der Tödtung.	Körpergewicht nach der Tödtung.	Zunahme des Körpergewichtes.	Gewicht des Felles und Darmes.	Körpergewicht — Fell und Darm.	Absolutes Gewicht des Hämoglobins im ganzen Thiere — Fell und Darm.	Hämoglobin auf 1000 gr. Körpergewicht berechnet.
I.	♀	41,5	d. 11. Jan. 1898	42,45	0,95	10,00	32,45	0,2047	6,31
II.	♂	49,0	d. 14. Jan. 1898	54,80	5,80	11,90	42,90	0,2783	6,49
III.	♂	47,0	d. 4. Febr. 1898	42,55	— 4,45	9,17	33,38	0,1868	5,60
IV.	♂	44,1	d. 7. Febr. 1898	61,05	16,95	14,05	47,00	0,2883	6,13

Ernährung mit Weissbrod.

Ernährung mit Kleinbrod.

V.	♂	66,0	d. 11. Jan. 1898	51,65	8,65	13,75	40,90	0,2863	7,00
VI.	♀	44,5	d. 14. Jan. 1898	48,70	4,20	11,50	37,20	0,2795	7,51
VII.	♀	40,0	d. 4. Febr. 1898	70,75	30,75	17,68	53,07	0,3567	6,72
VIII.	♂	44,5	d. 7. Febr. 1898	83,95	39,45	19,45	64,50	0,4743	7,35

Trotz der grossen individuellen Verschiedenheiten der Thiere tritt doch die Blutarmuth der Weissbrodthiere deutlich hervor. Der niedrigste Hämoglobingehalt der Kleienbrodthiere ist doch noch etwas höher als der höchste Hämoglobingehalt der Weissbrodthiere. Noch weit grösser aber ist der Unterschied, wenn wir die absoluten Hämoglobinmengen betrachten. Die Kleienbrodthiere waren weit rascher gewachsen und dennoch war der Hämoglobingehalt höher: sie hatten also weit mehr Hämoglobin aus ihrer Nahrung assimiliert. Die Weissbrodthiere waren auffallend im Wachstum zurückgeblieben, ja das Thier Nr. III hatte sogar im Laufe von 2 Monaten sein Körpergewicht um 4,45 gr. vermindert. Dieses Thier frass, namentlich gegen Ende des Versuches, weniger als die übrigen, war jedoch anscheinend stets vollkommen munter und die Section ergab nichts Abnormes.

Auf der folgenden Tabelle stelle ich die Körpergewichtszunahme und den Hämoglobingehalt der gleichzeitig getödteten Paare nebeneinander:

	Ernährung mit Weissbrod			Ernährung mit Kleienbrod		
	Körpergewichtszunahme.	Absolute Hämoglobinmenge.	Hämoglobin pro Mille des Körpergewichtes.	Körpergewichtszunahme.	Absolute Hämoglobinmenge.	Hämoglobin pro Mille des Körpergewichtes.
getödtet den 11. Jan.	0,95	0,2047	6,31	8,65	0,2863	7,00
14. Jan.	5,80	0,2783	6,49	4,20	0,2795	7,51
4. Febr.	— 4,45	0,1868	5,60	30,75	0,3567	6,72
7. Febr.	16,95	0,2883	6,13	39,45	0,4743	7,35
Summe:	19,25	0,9581	24,53	83,05	1,3968	28,58
Durchschnitt:	4,81	0,2395	6,13	20,76	0,3492	7,14

Man ersieht aus dieser Zusammenstellung, dass die Körpergewichtszunahme der 4 Kleienbrodthiere zusammen mehr als das 4fache von derjenigen der Weissbrodthiere beträgt: die absolute Hämoglobinmenge beträgt das 1½fache.

Noch auffallender ist der Unterschied, wenn wir nur die beiden am Schlusse des Versuches, am 4. und 7. Februar, getödteten Paare vergleichen. Die beiden Weissbrodthiere waren zusammen nur um 12,5 gr. gewachsen, die beiden Kleienbrodthiere um 70,2 gr., also um das nahezu 6fache. Der absolute Hämoglobingehalt der beiden Weissbrodthiere zusammen betrug 0,4751, derjenige der beiden Kleienbrodthiere 0,8310, also fast das Doppelte.

Ich glaube daher aus diesem Versuche schliessen zu dürfen, dass die Eisenverbindungen der Kleie resorbiert und assimilirt zur Hämoglobinbildung verwerthet worden sind.

Fraglich erschien es mir dagegen, ob auch das raschere Wachstum der Kleienbrodthiere aus der reichlicheren Eisenzufuhr zu erklären sei, oder ob wir annehmen müssen, dass die reichlichere Zufuhr des Materials zur Knochenbildung, insbesondere der höhere Kalkgehalt des Kleienbrodes, hierbei eine Rolle gespielt habe. Ich habe daher ausser dem Eisengehalt auch den Gehalt an Phosphorsäure, Kalk und Magnesia in den beiden zu meinem Versuche benutzten Brodarten genau bestimmt.

Auf 100 gr. Trockensubstanz kommen:

im Weissbrod:	im Kleienbrod:
1.5 mgr. Fe.	5.6 mgr. Fe.
45.5 .. CaO	77.2 .. CaO.
49.4 .. MgO	248.7 .. MgO.
280.5 .. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	900.2 .. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .

Man ersieht aus dieser Zusammenstellung, dass der Unterschied im Kalkgehalt der beiden Brodarten kein grosser ist. Der Kalkgehalt im Weissbrod beträgt  $\frac{2}{3}$ , der Eisengehalt dagegen nur  $\frac{1}{4}$  von dem des Kleienbrods. Es erscheint daher wahrscheinlich, dass der Eisenmangel die Ursache der Wachstumshemmung bei den Weissbrodthieren gewesen ist. Gegen die Annahme, dass es der Kalkmangel gewesen sei, spricht auch noch der Umstand, dass die Thiere mit dem Trinkwasser reichlich Kalk aufnahmen. Indessen wissen wir noch nicht, ob die anorganischen Kalkverbindungen des Wassers assimilirt

werden. An Phosphorsäure und Magnesia litten die Thiere jedenfalls keinen Mangel, da die Menge der Phosphorsäure im Gesamtorganismus der Säugethiere nur wenig grösser ist als die des Kalkes, die Menge der Magnesia 20 mal geringer.<sup>1)</sup> Leider war die Menge des von meinen Ratten verzehrten Weissbrodes und Kleienbrodes nicht bestimmt worden. Diesen Mangel meines Versuches will ich nicht verschweigen. Ich hoffe bei meinen weiteren Experimenten die Schwierigkeiten, die sich der Bestimmung der Nahrungsmenge dieser kleinen Versuchsthiere entgegenstellen, zu überwinden und dabei zu interessanten Resultaten zu gelangen. Es muss sich herausstellen, ob das Gesetz des Minimums, welches das Pflanzenwachstum beherrscht, auch für das wachsende Thier seine Geltung hat.

Betonen möchte ich zum Schluss, dass wir die an Ratten gewonnenen Resultate nicht ohne Weiteres auf den Menschen übertragen dürfen. Ich beabsichtige daher, noch Versuche an jungen Hunden auszuführen. Sollte es sich herausstellen, dass der kurze Darm der Carnivoren die Eisenverbindungen der Kleie bewältigt, so wäre die Resorption vom Darne des Menschen nicht zu bezweifeln. Die Versuche an grösseren Thieren hätten ausserdem den Vortheil, dass die aufgenommenen Nahrungsmengen sich besser vergleichen liessen.

### Methode der Hämoglobinbestimmung.

Die mit Aether getödteten Thiere werden gewogen. Darauf werden sie enthäutet. Sodann wird die Bauchhöhle eröffnet und der gesammte Verdauungscanal vom Oesophagus bis zum After sorgfältig vom Mesenterium abpräparirt und herausgeschnitten. Die Haut und der Verdauungscanal werden gewogen und das Gewicht wird vom Körpergewicht abgezogen. Die Haut ist sehr blutarm. Bei dem Versuche, sie mit Wasser zu extrahiren, würde man nur sehr geringe Hämoglobinnengen in Lösung bekommen, dabei aber Gefahr laufen, färbende Ver-

<sup>1)</sup> Bunge. Z. f. Biologie. Bd. 10. S. 321—323. 1874.

unreinigungen der Haut mitzulösen, welche die colorimetrische Bestimmung stören müssten. Durch die Beseitigung des blutreichen Darmes begeht man jedenfalls einen Fehler. Es kommt aber bei diesen Versuchen nicht darauf an, genaue Zahlen für den absoluten Hämoglobingehalt der Thiere zu erhalten, sondern darauf, vergleichbare Werthe zu gewinnen. Wir wollen wissen, ob die Kleienbrodthiere mehr Hämoglobin enthalten als die Weissbrodthiere oder nicht. Wollten wir den ganzen Verdauungsapparat extrahiren, so würden Gallenfarbstoff und andere färbende Substanzen aus dem Darminhalte in Lösung gehen und die colorimetrische Bestimmung stören. Wollten wir den Inhalt des eröffneten Verdauungscanals fortspülen, so würden wir die Hauptmenge des Blutes aus der Darmwand mit fortspülen. Der unvermeidliche Fehler wird daher am kleinsten, wenn man den ganzen Verdauungscanal entfernt. Nur müssen wir uns Rechenschaft darüber abgeben, wie gross dieser Fehler sein könnte. Zu diesem Zwecke habe ich das Gewicht des leeren Verdauungscanals bestimmt.

Eine weibliche Ratte wird mit Aether getödtet und gewogen. Das Körpergewicht beträgt 153,6 gr. Der Verdauungscanal wird herauspräparirt, der Länge nach aufgeschlitzt und der Inhalt mit Wasser fortgespült. Darauf wird der gereinigte Verdauungscanal für einen Augenblick auf Fliesspapier gelegt, — ohne ihn jedoch abzupressen — und darauf gewogen. Das Gewicht beträgt 9,7 gr., also 6,3 % des Körpergewichts. Das aus den Blutgefässen beim Ausspülen ausgetretene Blut muss wenigstens theilweise durch Wasser ersetzt worden sein, welches nahezu dasselbe Gewicht hat. Aber auch wenn wir zugeben, dass der bluthaltige Darm schwerer gewesen war, so wird das Gewicht doch jedenfalls weniger als 10 % des Körpergewichtes betragen haben. Der Fehler, welcher durch Entfernung des Darms bei der Hämoglobinbestimmung entsteht, könnte also erst an der zweiten Stelle hervortreten. Unsere Zahlen über den Hämoglobingehalt der Weissbrod- und Kleienbrodthiere aber zeigen bereits Differenzen in der ersten Stelle. Ein deutlicher Fehler in der zweiten Stelle aber könnte nur entstehen, wenn bei dem einen Thiere alles Blut des Darmes

entfernt wird, bei dem andern fast nichts. Thatsächlich aber betragen die Unterschiede immer nur einen kleinen Bruchtheil des gesammten Darmblutes, auch wenn bei dem einen Thiere der Darm zufällig ungewöhnlich blutreich, bei dem anderen ungewöhnlich blutarm ist. Der Fehler tritt vielleicht erst in der dritten Stelle zu Tage. Wir müssen ferner bedenken, dass dieser Fehler doch nicht immer in einem Sinne ausfällt, nicht etwa nur zu Gunsten der Kleienbrodthiere oder nur der Weissbrodthiere, sondern bald zu Gunsten der einen, bald der andern, so dass nach der mathematischen Wahrscheinlichkeitsrechnung dieser Fehler sich um so vollständiger ausgleichen muss, je grösser die Versuchsreihe, und schliesslich bei der Berechnung des Durchschnittswerthes vollkommen verschwinden.

Die vom Darm und Fell befreiten Thiere wurden mit einer Scheere möglichst fein zerschnitten, in einem Porzellanmörser mit Wasser übergossen, zerdrückt und zerrieben, einen halben Tag in der Kälte stehen gelassen, nochmals zerdrückt und zerrieben. Darauf wird der Brei mit der hämoglobinhaltigen Lösung durch einen feinen Leinwandlappen colirt und ausgewunden. Der Rückstand wird in den Mörser zurückgebracht, alle stärker roth gefärbten Stücke werden nochmals mit der Scheere feiner zerschnitten. Darauf wird der Brei nochmals mit Wasser übergossen, zerrieben und längere Zeit in der Kälte stehen gelassen, colirt etc. und dieser Process wiederholt, bis die colirte Flüssigkeit nicht mehr gefärbt ist.

Das Volumen der colirten Flüssigkeit wird genau bestimmt und darauf wird die Flüssigkeit filtrirt. Um ein absolut klares Filtrat zu erhalten, wie es die colorimetrische Bestimmung erfordert, müssen die folgenden 3 Bedingungen erfüllt sein: 1. man muss in der Kälte arbeiten; 2. man muss geeignetes Filtrirpapier anwenden; 3. die Filter dürfen nicht zu gross sein.

1. Was das Filtrat trübt, sind Fetttröpfchen. Das Fett ist in der Wärme weich, passt sich den Filterporen an und schlüpft hindurch. In der Kälte erstarren die Fetttröpfchen. Das Filtrat ist zwar Anfangs noch trübe, allmählich aber verstopfen

sich die Filterporen und man erhält ein absolut klares Filtrat. Nur muss man dafür sorgen, dass während des Filtrirens keine Verdunstung eintritt. Zu diesem Zwecke filtriren wir in meinem Laboratorium durch einen bedeckten Trichter in einen enghalsigen Ballon hinein in der Kälte. Die filtrirte Flüssigkeit darf, wenn sie noch nicht klar ist, nicht auf den Trichter zurückgegossen werden, sonst könnte doch eine Concentration durch Verdunstung eintreten. Man muss zur colorimetrischen Bestimmung eine nur einmal filtrirte Flüssigkeit benutzen. Das ganze colorirte Extract braucht natürlich nicht filtrirt zu werden; es genügen für die colorimetrische Bestimmung 10 bis 20 cem. Das Gesamtvolumen des Extractes ist ja bereits vorher bestimmt worden.

2. Auf die richtige Art des Filtrirpapieres kommt Alles an. Ich bediente mich des groben Filtrirpapieres von Schleicher und Schüll Nr. 591. Ein einfaches Filter von diesem Papier genügt.

3. Das Filter darf nicht zu gross sein. Es scheint, dass der Druck einer hohen Flüssigkeitssäule einzelne Filterporen erweitert und die Fetttropfchen hindurchpresst.

Der Hämoglobingehalt des so gewonnenen absolut klaren Filtrates wurde durch Vergleichung mit einer Lösung reinen Hämoglobins von bekanntem Gehalte in planparallelen Trögen bestimmt. Durch mehrfache Versuche in meinem Laboratorium haben wir uns davon überzeugt, dass diese colorimetrische Methode auf drei Stellen genaue Werthe gibt. Sind doch selbst die Atomgewichte nicht genauer bestimmt. Deshalb haben wir es auch unterlassen, das Oxyhämoglobin in Kohlenoxydhämoglobin überzuführen.

Alle Fehlerquellen unserer Hämoglobinbestimmungsmethode kommen gar nicht in Betracht im Vergleich zu dem grössten und ganz unvermeidlichen Fehler — der individuellen Verschiedenheiten der Versuchsthiere. Diesen Fehler haben wir so vollständig vermindert, als er sich vermindern lässt, indem wir stets nur Thiere aus einem Wurf verglichen.

## Zahlenbelege.

Bei den colorimetrischen Bestimmungen ging ich von zwei Lösungen reiner Pferdehämoblobinkristalle<sup>1)</sup> aus, die ich der Kürze wegen als Normallösungen bezeichnen will. Die Normallösung I diente zur Bestimmung bei den am 11. und 14. Januar getödteten Ratten I, II, V und VI, die Normallösung II zur Bestimmung bei den übrigen Ratten III, IV, VII und VIII.

25 ccm. der Normallös. I gaben

1. 0.2062 gr. bei 120° C. getrocknetes Hämoglobin
2. 0.2022

---

Mittel: 0.2042

Von dieser Lösung wurde eine auf das 5fache verdünnte Lösung zur colorimetrischen Vergleichung benutzt.

50 ccm. der Normallös. II gaben

1. 0.3401 gr. trockenes Hämoglobin
2. 0.3391

---

Mittel: 0.3396

Von dieser Lösung wurde eine auf das Doppelte und eine auf das 5fache verdünnte Lösung zu colorimetrischer Bestimmung benutzt.

Ratte I. Körpergewicht, nach Abzug von Fell und Darm: 32.45 gr. Volumen des colorierten Extractes: 188 ccm. 15 ccm. der  $\frac{1}{5}$ -Normallösung I mit 7.5 ccm. Wasser verdünnt zeigten dieselbe Farbenintensität wie das filtrirte Extract. Daraus berechnet: 0.2047 absolute Hämoglobinnenge und 6.31 p. M. des Körpergewichtes.

Ratte II. Körpergewicht: 42.9. Extract: 184 ccm. 10 ccm.  $\frac{1}{5}$ -Normallösung I mit 0.8 ccm. Wasser verdünnt. Absolutes Hämoglobin: 0.2783 = 6.49 p. M.

Ratte III. Körpergewicht: 33.38. Extract: 227 ccm. 10 ccm. Normallösung II + 6.5 ccm. Wasser. 0.1868 absolutes Hämoglobin = 5.597 p. M.

---

<sup>1)</sup> Dass das Pferdehämoblobin zur Bestimmung des Hämoglobins im Rattenblute benutzt werden darf, hat E. Häusermann nachgewiesen. Diese Zeitschr. Bd. XXIII. S. 558. 1897.

Ratte IV. Körpergewicht: 47.00. Extract: 191 ccm. 10 ccm.  $\frac{1}{2}$ -Normallösung II + 12.5 ccm. Wasser. 0.2883 absolutes Hämoglobin = 6.13 p. M.

Ratte V. Körpergewicht: 40.90. Extract: 215 ccm. 15 ccm.  $\frac{1}{5}$ -Normallösung I + 3.4 ccm. Wasser. 0.2863 absolutes Hämoglobin = 7.00 p. M.

Ratte VI. Körpergewicht: 37.2. Extract: 207 ccm. 10 ccm.  $\frac{1}{5}$ -Normallösung I + 2.1 ccm. Wasser. 0.2795 absolutes Hämoglobin = 7.51 p. M.

Ratte VII. Körpergewicht: 53.07. Extract: 250 ccm. 5 ccm.  $\frac{1}{2}$ -Normallösung II + 6.9 ccm. Wasser. 0.3567 absolutes Hämoglobin = 6.72 p. M.

Ratte VIII. Körpergewicht 64.50. Extract: 250 ccm. 10 ccm.  $\frac{1}{2}$ -Normallösung II + 7.9 ccm. Wasser. 0.4743 absolutes Hämoglobin = 7.35 p. M.

### Analyse der beiden Brodarten.

5,0281 gr. frisches Weissbrod (ohne Rinde) gaben bei 120° C bis zum constanten Gewichte getrocknet 2,4940 Rückstand = 49,60% Trockensubstanz.

155,9 gr. frisches Weissbrod (ohne Rinde) = 77,33 Trockensubstanz gaben:

0,0043 Fe PO<sub>4</sub> = 0,00202 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und 0,001595 Fe. Bei der Titration werden gebraucht 0,70 ccm. Chamäleonlösung (1 ccm. = 0,0010816 Fe. Daraus berechnet: 0,000757 Fe. Mittel<sup>1)</sup> zwischen der Bestimmung durch Wägung und der durch Titration: 0,001176 Fe = 0,00152 Fe auf 100 gr. Trockensubstanz.

0,0352 CaO = 0,04552% CaO (auf die Trockensubstanz berechnet 0,1060 Mg<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> = 0,06780 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und 0,0382 MgO = 0,0494% MgO 0,2300 Mg<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> = 0,1471 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Die Phosphorsäure berechnet sich aus der Summe der drei Bestimmungen: 0,00202 + 0,0678 + 0,1471 = 0,2169 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 0,2805% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

1) Die Bestimmung durch Wägung ergibt stets einen etwas zu hohen Werth, weil kleine Mengen Kieselsäure, Kalk etc. vom Eisenniederschlage mitgerissen werden. Die Bestimmung durch Titration fällt etwas zu niedrig aus, weil immer eine kleine Menge des reducirten Eisens beim Uebergiessen aus einem Gefässe ins andere etc. durch die Luft oxydirt wird. Das Mittel aus beiden Bestimmungen pflegt daher dem richtigen Werthe sehr nahe zu kommen. Nur wenn die absolute Eisenmenge so gering ist, wie in dem vorliegenden Falle, ist die Differenz relativ gross.

4,6628 gr. frisches Klerenbrod (ohne Rinde) gaben 2,5171 gr. Trockensubstanz = 53,98%.

96,20 gr. Brod = 51,93 gr. Trockensubstanz gaben:

0,0093  $\text{Fe PO}_4$  = 0,004373  $\text{P}_2\text{O}_5$  und 0,003449 Fe: zur Titration verbraucht 2,15 ccm. Chamäleonlösung (1 ccm. = 0,0010816 Fe) = 0,002325 Fe.  
Mittel: 0,002887 Fe = 0,00556 Fe auf 100 Trockensubstanz.

0,0401 CaO = 0,07722% CaO.

0,3584  $\text{Mg}_4\text{P}_2\text{O}_7$  = 0,2292  $\text{P}_2\text{O}_5$  und 0,1292 MgO = 0,2487% MgO.

0,3657  $\text{Mg}_4\text{P}_2\text{O}_7$  = 0,2339  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Aus den drei Bestimmungen berechnet: 0,46747  $\text{P}_2\text{O}_5$  = 0,9002%  $\text{P}_2\text{O}_5$ .