

# Bemerkungen zur Frage der Celluloseverdauung beim Hunde und über die Methoden der quantitativen Cellulosebestimmung.

Von

Dr. H. Lohrlich-Chemnitz.

(Der Redaktion zugegangen am 16. September 1910.)

In einer früheren Arbeit<sup>1)</sup> habe ich Versuche darüber angestellt, ob der Hund imstande ist, Cellulose zu verdauen. Die älteren Angaben hierüber<sup>2)</sup> lauteten negativ. Die Berechtigung, diese Angaben nachzuprüfen, war zweifellos vorhanden. Denn einmal schien es a priori bei dem so gleichartigen anatomischen Bau der Verdauungsorgane des Carnivoren und Menschen unwahrscheinlich, daß der Carnivore nicht imstande sein sollte, Cellulose in gleicher Weise zu verdauen wie der Mensch. Andererseits war zu den v. Knieriemischen Versuchen<sup>2)</sup> sehr grobe Cellulose wie Watte, Leinwand und Gras verfüttert worden, Stoffe, von denen mindestens die beiden ersten so schwer angreifbar sind, daß wohl auch der Pflanzenfresser und der Mensch kaum nennenswerte Mengen davon verdauen dürften.

Ich verfütterte daher an Hunde neben Fleischkost reine Cellulose, die nach der von Simon und mir<sup>3, 4)</sup> angegebenen Methode aus Weißkraut hergestellt worden war. In drei Versuchen fand ich dabei, daß von der verfütterten Cellulose 31,1%, 37,45% und 5,4% nicht wieder erhalten wurden, und schloß daraus, daß der Hund Cellulose zu verdauen imstande ist.

Meine Versuche sind nun neuerdings von Scheunert und Lötsch<sup>5, 6)</sup> nachgeprüft worden mit dem Resultate, daß die Autoren beim Hund keine Celluloseverdauung nachweisen konnten. Es hat sich dabei herausgestellt, daß in meinen Versuchen die positive Celluloseverdauung auf einer Täuschung beruht, hervorgerufen dadurch, daß ich, im Gegensatz zu meinen sämtlichen sonstigen Versuchen, bei den Hunderversuchen auf chemischem Wege (Simon-Lohrlich) dargestellte Reincellulose verfüttert habe. Scheunert und Lötsch konnten nachweisen, daß diese nach unserer Methode dargestellte Reincellulose bei nochmaliger Behandlung mit der gleichen Methode Substanz-

verluste bis zu 30% erleiden kann. Es ist dies ein Umstand, den ich bei Anstellung meiner Hunderversuche leider nicht berücksichtigt habe und der die Celluloseverdauung in meinen Versuchen vorgetäuscht hat. Offenbar ist, wie dies aus den Versuchen von Scheunert und Lötsch hervorgeht, bei der zweiten Behandlung im Kote die schon einmal demselben Verfahren unterworfenen verfütterte Reincellulose so angegriffen worden, daß Celluloseverluste eingetreten sind.

Die sonstigen Bedenken, die Scheunert und Lötsch gegen die Methodik meiner Hunderversuche äußern, daß nämlich lufttrockene, nicht absolut trockene Cellulose berechnet worden und daß der Aschegehalt der verfütterten Cellulose nicht berücksichtigt worden sei, sind hinfällig. Es ist selbstverständlich, daß die verfütterte Cellulosemenge immer aschefreie Cellulose-trockensubstanz bedeutet. Es ist dies allerdings nicht ausdrücklich bemerkt worden.

Ich habe daraufhin, um die Frage auch meinerseits nochmals zu kontrollieren, unter Vermeidung des obengenannten Fehlers noch einen Hunderversuch ausgeführt.

Ein mittelgroßer kurzhaariger Hund wurde 4 Tage lang mit kleinen Mengen kargewiegten Pferdefleisches gefüttert, wozu am vierten Tage 0,3 g Carminpulver gegeben wurde. Am 5. Tage hungerte der Hund und erhielt dann am 6., 7. und 8. Tage täglich eine Zulage von Weißkraut zum Fleisch. Dieses Weißkraut wurde so präpariert, daß getrocknetes, im Handel erhältliches Weißkraut fein gewogen, noch stärker getrocknet, im Mörser nach Möglichkeit fein verrieben und durchgeseiht wurde. Eine größere Menge so hergestellten gesiebten Weißkrautes wurde sorgfältig gemischt und von der Mischung ein gewisses Quantum, zum Verfüttern bestimmt, in einem luftdicht schließenden Glase abgewogen. Zu gleicher Zeit wurden mit kleinen Mengen derselben Mischung mehrere luftdicht schließende Wiegegläschen beschickt; diese kleinen Quanten dienten zur Bestimmung des Cellulosegehaltes des Weißkrautes und besaßen also denselben Wassergehalt wie das verfütterte Weißkraut. Es beziehen sich die unten folgenden Weißkrautzahlen also stets auf lufttrockenes Kraut. Das zum Verfüttern bestimmte Weißkraut wurde nun an den erwähnten drei Tagen, nachdem der inzwischen ausgeschiedene Fleischkot keine Reste von Cellulose mikroskopisch erkennen ließ, in drei Portionen rest- und verlustlos verfüttert. Das Kraut wurde dazu mit heißem Wasser angerührt, bis es zu einem dicken Brei aufgequollen war, und dann mit möglichst wenig Fleisch und etwas Salz gut vermischt. Der Hund fraß nach vorausgegangenem Hungertag das geringe Fleischquantum mit dem

Kraut begierig auf. Am 9. Tage bekam der Hund wieder Fleisch mit 0,3 g Carmin, die nächsten 2 Tage weiter Fleisch und hernach Knochen. Auf diese Weise gelang es, den weiskrauthaltigen Kot innerhalb der Carmin-tage genau abzugrenzen.

Der gesamte gesammelte Kot wurde zunächst auf dem Wasserbade in gewogener Schale lufttrocken gemacht. Dann wurde er aus der Schale möglichst ohne Verluste entfernt, im Mörser unter peinlichster Vermeidung von Verlusten zu Pulver verrieben, gut gemischt, in der ursprünglichen Schale im Trockenschrank scharf getrocknet und dann als absoluter Trockenkot gewogen. Von diesem Trockenkot wurden kleine Quanten, zur Cellulosebestimmung im Kot dienend, in gleichzeitig im Trockenschranke getrocknete gut schließende Wiegegläschen gegeben. Die unten folgenden Kotzahlen beziehen sich also immer auf Trockensubstanz.

Die Cellulosebestimmung im Weiskraut und im Kot wurde nach der Methode Simon-Lohrlich ausgeführt.

Im einzelnen gestaltete sich der Versuch folgendermaßen:

Tag	Fütterung
1.—3.	Fleisch.
4.	Fleisch mit 0,3 g Carmin.
5.	Hunger.
6.	Insgesamt 177,4 g Weiskraut mit wenig Fleisch.
7.	
8.	
9.	Fleisch mit 0,3 g Carmin.
10.—11.	Fleisch.
12.	Knochen.

#### Cellulosebestimmung im Weiskraut.

	I.	II.
Wiegegias + Weiskraut . . . . .	= 31,6242	= 32,3666
— Wiegegias . . . . .	29,7925	30,7469
Verwendetes Weiskraut . . . . .	= 1,8317	= 1,6197
Filter trocken . . . . .	= 0,8437	= 0,8250
Wiegegias + Filter + aschehaltige Cellulose .	= 31,6800	= 31,6495
— Wiegegias . . . . .	30,7405	30,7404
Filter + aschehaltige Cellulose . . . . .	= 0,9395	= 0,8091
— Filter . . . . .	0,8437	0,8250
Aschehaltige Cellulose . . . . .	= 0,0958	= 0,0841
— Asche (unter Berücksichtigung der Filterasche)	0,0036	0,0022
Reincellulosegehalt des Weiskrautes . . .	= 0,0922	= 0,0819
	= 5,03%	= 5,06%.

Das verfütterte Weiskraut enthält demnach im Mittel 5,045% Cellulose.

Verfüttert wurden 177,4 g Weiskraut = 8,95 g Cellulose.

## Trockenkot und Cellulosebestimmung im Kot.

Die Trockenkotmenge beträgt **98,9 g**.

3 Kotanalysen (in derselben Weise ausgeführt wie im Weißkraut) ergaben folgende Cellulosewerte:

2,5271 Kot enthalten 0,2516 Cellulose = 9,96 %

2,1690 „ „ 0,2143 „ = 9,88 %

3,3421 „ „ 0,3312 „ = 9,91 %.

Im Mittel enthält der Kot **9,92 %** Cellulose.98,9 g Trockenkot enthalten **9,81 g** „

Das Resultat des Versuches ist demnach:

Verfüttert: **8,95 g** Cellulose.Wiedergefunden: **9,81 g** „

Es geht also auch aus diesem Versuche das Unvermögen des Hundes, Cellulose zu verdauen, hervor, und ich vermag danach meine früheren Angaben über eine positive Celluloseverdauung beim Hunde nicht aufrecht zu erhalten. Neuerdings ist das gleiche auch von v. Hösslin<sup>7)</sup> in zwei Versuchen nachgewiesen worden; dabei zeigte sich, daß auch bei wochenlanger Fütterung von Cellulose am Hunde keine Anpassung an diese neue Nahrung und keine Fähigkeit, Cellulose zu verdauen, eintritt. Damit ist die Frage der Celluloseverdauung beim Hunde nun definitiv in negativem Sinne entschieden.

Weiterhin möchte ich noch einige Bemerkungen über die 1904 veröffentlichte Cellulosemethode Simon-Lohrisch und über die Rohfaser- und Cellulosemethoden im allgemeinen anschließen.

Scheunert, Lötsch und Grimmer<sup>5, 6, 8, 9)</sup> haben bei Anwendung meiner Methode häufig große Differenzen in den Kontrollanalysen gefunden und führen dies darauf zurück, daß die konzentrierte Kalilauge und das Mercksche 30%ige Wasserstoffsperoxyd unkontrollierbare Mengen von Cellulose zerstören. Daß die genannten Substanzen einen Teil der Cellulose zerstören können, ist nicht zu bestreiten. Allein, wo hätten wir heutzutage eine Methode der quantitativen Cellulosebestimmung, bei der Celluloseverluste durch die angewendeten Chemikalien sich vermeiden ließen? Durch Hoffmeister wissen wir, daß schon verdünnte Laugen Cellulose lösen können: auch verdünnte Mineralsäuren lösen Cellulose, wenn auch in geringem Grade (vgl. hierüber die Literatur bei Lohrisch<sup>4, 10)</sup>). Schon

beim alten Weender-Verfahren haben wir keinerlei Garantie dafür, daß nicht ein Teil der Cellulose und der sonstigen Rohfaserbestandteile gelöst wird und beim Filtrieren zu Verlust geht. Naturgemäß ist die Gefahr, daß Cellulose bei der quantitativen Methode gelöst resp. zerstört wird, um so größer, je intensiver wirkende Chemikalien benutzt werden. Und darin liegt eben die Schwierigkeit jeder Cellulosemethode, daß wir gezwungen sind, auf die zu untersuchende Substanz mit kräftigen chemischen Mitteln einzuwirken, um aus einem Gemisch von Eiweiß, Fett, Kohlenhydraten, inkrustierenden Substanzen und Cellulose die Cellulose möglichst rein herauszuschälen, zu welchem Zwecke wir eben die übrigen Substanzen zerstören müssen. Keine der bisherigen Methoden ist so beschaffen, daß es dabei ohne Celluloseverluste nachweisbar abginge. Die angewendeten chemischen Mittel wirken entweder zu schwach und wir erhalten keine Reincellulose; oder sie wirken zu energisch und dann gibt es eben Celluloseverluste. Den richtigen Mittelweg innezuhalten sehe ich vorläufig noch keine Möglichkeit. Wir wissen nicht, bis zu welchem Grade der Konzentration bei der Untersuchung cellulosehaltigen Materials auf Reincellulose wir Laugen, Säuren und andere Oxydationsmittel ( $H_2O_2$ , Kaliumchlorat) einwirken lassen dürfen, wenn sie in ihrer lösenden resp. zerstörenden Wirkung eben vor der Cellulose Halt machen sollen. Dazu reichen unsere Kenntnisse von der chemischen Beschaffenheit reiner Cellulose noch nicht aus. Nun mag ja die Einwirkung des 30%igen  $H_2O_2$ , zumal in Verbindung mit Kalilauge, eine besonders intensive sein und es mögen dadurch vielleicht etwas größere Fehler bedingt werden als mit anderen Methoden. Dann leiden aber auch eine Anzahl andere Methoden an den gleichen Fehlern: z. B. wird beim Königschen Glycerinschwefelsäureverfahren<sup>11)</sup> ebenfalls reichlich mit  $H_2O_2$  bei Anwesenheit von Ammoniak gearbeitet; bei der Langeschen Methode<sup>12)</sup> wird konzentrierte Kalilauge bei hohen Temperaturen angewendet; und bei der von Scheunert und Lötsch<sup>5, 8)</sup> neuerdings vorgeschlagenen Modifikation der Methode Simon-Lohrisch treten ebenfalls durch die konzentrierte Kalilauge unvermeidliche Celluloseverluste ein.

Aus dem Vorstehenden erhellt, und darüber muß man sich klar sein, daß jede Methode eine anders beschaffene Cellulose liefert, sodaß sich die Cellulose, die ich mit meiner Methode erhalte, sicherlich nicht mit der Cellulose anderer Methoden vergleichen läßt. Die Cellulose ist nun einmal vorläufig noch eine nicht scharf definierbare und deshalb auch nicht quantitativ exakt bestimmbare Substanz. Damit müssen wir uns abfinden und müssen mit den quantitativen Cellulosemethoden, wenn auch ungern, ein Kompromiß abschließen dahingehend, daß an die quantitativen Cellulosemethoden eben nicht der strenge Maßstab angelegt werden kann, der bei anderen quantitativen chemischen Methoden, etwa den N-Bestimmungsmethoden, selbstverständlich unerlässlich ist. Wenn Simon und ich anfangs die Hoffnung hegten, unsere Methode zu einer ganz exakten quantitativen im strengsten chemischen Sinne ausbauen zu können, so haben wir doch bald die Schwierigkeiten eingesehen, die sich dem entgegenstellen, und haben uns mit dem Erreichbaren begnügt. Ich räume also Scheunert gern ein, daß, wenn wir unsere Methode eine «quantitative» nennen, dies cum grano salis zu verstehen ist. Bei reichlichem und langjährigem Arbeiten mit der Methode ist es mir natürlich auch vorgekommen, daß mitunter die Kontrollanalysen weitgehende Differenzen zeigten. In solchen Fällen muß man eben 3 oder 4 Analysen mehr ausführen. Im allgemeinen aber, muß ich sagen, habe ich kaum so große Differenzen (10—15%) in den Kontrollanalysen gesehen wie Scheunert mit Grimmer und Lötsch<sup>5, 6, 8, 9)</sup> und v. Hösslin und Lesser.<sup>13)</sup> Ich habe schon früher eine Anzahl Analysenwerte veröffentlicht,<sup>4)</sup> die zum Teil gut übereinstimmen, zum Teil aber auch gewisse Differenzen zeigen.

Es kamen in den Kontrollanalysen z. B. Werte vor wie:

1,61% — 1,55%,

3,97% — 4,07%,

0,282% — 0,208%,

also Differenzen, die man für sonstige chemische quantitative Methoden nicht gelten lassen könnte, die aber bei meiner Methode mit in Kauf genommen werden müssen und die zeigen.

daß ich von vornherein nicht zu hohe Ansprüche an die quantitative Exaktheit der Methode gestellt habe. Andererseits zeigen z. B. meine Raupenversuche<sup>1)</sup> sehr schön, wie exakt die Methode arbeiten kann. Auch die Zahlen im obigen Hunderversuche zeigen doch eine relativ recht gute Übereinstimmung der Analysen, die auf alle Fälle für den in Betracht kommenden Zweck genügt. Gelegentlich allerdings trifft man wohl auch einmal Fälle an, in denen auch in zahlreichen Analysen keine rechte Übereinstimmung zu erzielen ist. Hier spielt offenbar die Beschaffenheit des Untersuchungsmaterials eine Rolle. In solchen Fällen muß man sich dann eben mit einem Mittelwerte aus den am meisten übereinstimmenden Analysen zufrieden geben. Führt man dabei aber eine genügend große Anzahl Analysen aus, so ist die Fehlerbreite dann auch keine allzu große.

Als Simon und ich unsere Methode ausarbeiteten, taten wir dies in der Absicht, ein möglichst kurzes Verfahren zu besitzen. Eine quantitative Cellulosemethode, die für die Zwecke der Klinik und für physiologisch-chemische Untersuchungen beim Menschen brauchbar sein soll, muß den Vorzug der Kürze haben, denn es fehlt im allgemeinen die Zeit, um tagelang an einigen Analysen zu arbeiten. In dieser Hinsicht sind alle älteren Methoden unbrauchbar: das Weender Verfahren nimmt unter Umständen 2—3 Tage, noch viel längere Zeit aber nehmen andere Methoden, z. B. die von Schulze, Hoffmeister, König u. a. in Anspruch (vergleiche hierzu Lohr<sup>4)</sup>). Die Methode Simon-Lohr<sup>4)</sup> dagegen erlaubt, die Analysen in ca. 5 Stunden fertig zu stellen. Ferner kam es uns darauf an, möglichst reine Cellulose zu erhalten. Hierzu waren natürlich eingreifend wirkende Mittel (Lauge,  $H_2O_2$ ) nötig, um die Cellulose möglichst befreit von den inkrustierenden Substanzen zu erhalten. Wenn dadurch auch die Genauigkeit der Methode etwas gelitten hat, so ist damit andererseits der Vorteil der Gewinnung sehr reiner Cellulose gegeben, und das muß doch schließlich der Zweck jeder Cellulosemethode sein. In der Tat entdeckt man, wenn man die nach unserem Verfahren hergestellte Cellulose mikrochemisch (Jodchlorzink) untersucht, nur sehr spärliche Beimengungen inkrustierender Sub-

stanzen. Beimengung von Stärke habe ich auch bei Untersuchung sehr stärkehaltigen Materials nicht finden können (vergleiche Lohrisch,<sup>10</sup>) S. 11). Kürze und Gewinnung sehr reiner Cellulose sind jedenfalls zwei unbestreitbare Vorzüge der Methode.

Meiner langjährigen Erfahrung nach ist die Methode Simon-Lohrisch durchaus brauchbar, wenn es sich darum handelt, Ausnutzungsversuche anzustellen, bei denen es auf einen Vergleich zwischen der eingeführten und ausgeschiedenen Cellulose ankommt. Wenn man hierbei im Fütterungsmaterial und im Kot die Cellulose mit unserer Methode bestimmt, die Methode beherrscht, insbesondere größten Wert darauf legt, daß die Kochzeiten in allen Analysen peinlichst genau eingehalten werden, daß immer die gleichen Mengen Lauge und  $H_2O_2$  bei gleicher Hitze angewendet werden, so erhält man meist Analysenresultate (vergleiche obigen Hundeversuch), die sich sehr wohl verwerten lassen und vor allen Dingen völlig genügen, um die zugeführte mit der ausgeschiedenen Cellulose zu vergleichen. Auch v. Hösslin spricht sich neuerdings in diesem Sinne aus.<sup>7)</sup> Die sorgfältigste Herstellung ganz gleichmäßiger Verhältnisse bei den einzelnen Analysen ist bei unserer Methode ebenso nötig wie z. B. bei der Verzuckerung der Hemicellulosen durch Hydrolyse. Hierbei erhält man nach Schulze<sup>14)</sup> fast niemals die der Theorie nach zu erwartende Zuckermenge vollständig, sondern es tritt neben der Inversion der Hemicellulosen zu Zucker bei zu langem Kochen eine Wirkung entgegengesetzter Art, eine Reversion ein, sodaß man um so weniger Zucker erhält, je länger man kocht. Auch hier lassen sich gut übereinstimmende Resultate nur dann erzielen, wenn immer eine ganz gleichmäßige Ausführung der Methode stattfindet. Es ist also in der physiologischen Chemie nicht nur unsere Methode, deren man sich mit einer gewissen Vorsicht bedienen muß.

Jedenfalls berühren die anerkanntermaßen nicht unberechtigten Einwände Scheunerts gegen die Methode die Resultate und Schlußfolgerungen aus meinen zahlreichen Untersuchungen über Verdauung und Nährwert der Cellulose beim Menschen<sup>4, 1, 10)</sup> in keiner



Weise. Lediglich die Hunderversuche sind aus den oben angeführten Gründen zu korrigieren.

### Literatur.

1. Lohrisch, Über die Verdauung und Verwertung der Rohfaser und Cellulose im tierischen und menschlichen Organismus. Zentralblatt für die gesamte Physiologie und Pathologie des Stoffwechsels, 1907, Nr. 21.
  2. v. Knieriem, Über die Verwertung der Cellulose im tierischen Organismus. Zeitschrift für Biologie. Neue Folge, Bd. III.
  3. O. Simon und Lohrisch, Eine neue Methode der quantitativen Cellulosebestimmung in Nahrungsmitteln und Faeces. Diese Zeitschrift, 1904, Bd. XLII, Heft 1 und 2.
  4. Lohrisch, Über die Bedeutung der Cellulose im Haushalte des Menschen. Diese Zeitschrift, 1906, Bd. XLVII, Heft 2 und 3.
  5. Scheunert und Lötsch, Vermag der Hund Cellulose oder Rohfaser zu verdauen? Biochemische Zeitschrift, 1909, Bd. XX, Heft 1 u. 2.
  6. Dieselben, Über die Celluloseverdauung bei den Haustieren. 2. Mitteilung. Vermag der Hund Cellulose zu verdauen? Berliner tierärztliche Wochenschrift, 1909, Nr. 47.
  7. v. Hösslin, Zur Kenntnis der Celluloseverdauung. 2. Mitteilung. Die Ausnutzung der Cellulose beim Hund. Zeitschrift für Biologie, Bd. LIV.
  8. Scheunert und Lötsch, Über die quantitative Cellulosebestimmung mit Hilfe der Methoden von «Lange» und «Simon und Lohrisch». Diese Zeitschrift, 1910, Bd. LXV, Heft 3.
  9. Grimmer und Scheunert, Über die Celluloseverdauung bei den Haustieren. 4. Mitteilung. Über die Methode der quantitativen Cellulosebestimmung von Simon und Lohrisch. Berliner tierärztliche Wochenschrift, 1910, Nr. 7.
  10. Lohrisch, Der Vorgang der Cellulose- und Hemicelluloseverdauung beim Menschen und der Nährwert dieser Substanzen für den menschlichen Organismus. Zeitschrift für experimentelle Pathologie und Therapie, 1908, Bd. V.
  11. König, Die Zellmembran und ihre Bestandteile in chemischer und physiologischer Hinsicht. Landwirtschaftliche Versuchsstationen, 1907, Bd. LXV.
  12. Lange, Zur Kenntnis des Lignins. I. u. II. Mitteilung. Diese Zeitschrift, 1890, Bd. XIV.
  13. v. Hösslin und Lesser, Über die Zersetzung der Cellulose durch den Inhalt des Coecums des Pferdes. Zeitschrift für Biologie, Bd. LIV.
  14. E. Schulze, Über die zur Gruppe der stickstofffreien Extraktstoffe gehörenden Pflanzenbestandteile. Journal für Landwirtschaft, 1904, 52. Jahrgang.
-