

Calorimetrische Milchuntersuchungen.

Von
Arthur Schlossmann.

(Aus dem Laboratorium des Dresdener Säuglingsheimes.)
(Der Redaction zugegangen am 13. Januar 1903.)

Die physiologische Richtung in der Kinderheilkunde hat an die Stelle von Methoden, die als Grundlage der Säuglingsernährung vorzugsweise die volumetrischen und die stofflichen Verhältnisse ins Auge fassten, solchen Anschauungen Geltung zu schaffen gewusst, bei denen in erster Linie dem Brennwerthe, also dem physiologischen Nutzeffecte, Rechnung getragen wird. Während nun die Aerzte in immer breiterem Maasse bei der Bestimmung dessen, was sie einem Kinde als Nahrung verabreichen, calorimetrischen Berechnungen Raum geben, fehlen uns eigentlich directe Brennwerthbestimmungen der Frauenmilch als die Grundlage für alle Säuglingsernährung merkwürdiger Weise noch fast gänzlich. Mit Recht sagen Czerny und Keller in ihrem Handbuche: «Den Berechnungen der Verbrennungswärme der Frauenmilch stehen bisher nur wenige directe Bestimmungen derselben gegenüber.» Bei dem Fehlen solcher genügender Unterlagen konnte es kommen, dass ein Autor wie Oppenheimer¹⁾ sagt: «Ich messe der ganzen Calorienberechnung, welche sich ja in Bezug auf die Frauenmilch doch mehr am angenommene als um wirklich beschriebene Grössen drehen kann, nur einen relativen, keinen positiven Werth bei.»

So verfügen wir nur über einige wenige Angaben in der Litteratur, aus denen zu ersehen ist, dass Frauenmilch direct im Calorimeter verbrannt wurde. Die ersten, die das überhaupt

1) Oppenheimer, Ueber das Verhältniss des Nahrungsbedarfes zu Körpergewicht und Körperoberfläche bei Säuglingen. Zeitschr. für Biologie, Bd. XXXII, 1901. S. 158.

gethan haben, dürften Rubner¹⁾ und Heubner sein. Sie fanden bei der Milch einer Frau I pro Liter 614,2 Calorien, bei der Milch der Frau II 723,9 Calorien. Das sind, wie man sieht, äusserst von einander abweichende Werthe, die sich um mehr als 100 Calorien pro Liter von einander unterscheiden. Auch bei Gaus²⁾ finden wir recht beträchtliche Differenzen zwischen der einen Milch und zwei anderen, die sich näherkommen. Es fanden sich in:

Milch I.	679,0	Calorien	pro	Liter ³⁾
Milch III.	742,6	»	»	»
Milch IV.	744,5	»	»	»

Weitere directe Brennwerthbestimmungen sind uns nicht bekannt. Bei meinen eigenen Untersuchungen, die ich unter dankenswerther Mitarbeit meines Assistenten, Herrn F. Rieger, angestellt habe, wurden folgende Zahlen ermittelt:

	Calorien pro Liter
1. Amme Gehlfuss, l. Brust	876,8
2. dieselbe, r. Brust	873,9
3. Amme Schuster	823,2
4. Amme Fuchs, l. Brust	806,3
5. Frau Strohbach	769,9
6. Amme Fuchs, r. Brust	756,9
7. Frau Lebelt, l. Brust	733,5
8. Amme Mitscherlich	719,1
9. Amme Nicodei (16. XII. 01)	710,8
10. Amme Menzel, r. Brust	701,6
11. dieselbe, l. Brust	697,4
12. Amme Tschinke	691,1
13. Amme Nicodei, r. Brust (24. XI. 02)	685,2
14. dieselbe, l. Brust (24. XI. 02)	669,5
15. Amme Michalek	664,3
16. Frau Lebelt, r. Brust	656,5
17. Mischmilch von 4 Ammen	656,4
18. desgl. von 5 Ammen	604,6
19. Amme Hermann	565,5

1) Rubner u. Heubner, Die natürliche Ernährung eines Säuglings. Zeitschr. für Biologie, Bd. XXXVI, 1898. S. 42.

2) Gaus, Ueber Nahrungsausnutzung des Neugeborenen. Jahrbuch für Kinderheilkunde, Bd. 55, 1902. S. 151.

3) Eigentlich pro Kilo, doch vernachlässige ich die kleine Differenz, damit die Werthe mit den meinen vergleichbar sind.

Wir sehen also auch hier ganz gewaltige Unterschiede im Brennwerth der einzelnen Milchen! Während das Maximum 876 Calorien beträgt, ist das Minimum 567, ein Unterschied von mehr als 300 Calorien, der um so drastischer auf uns wirkt, wenn wir bedenken, dass die Individuen, die wir mit Muttermilch nähren, eben die Säuglinge, eine absolut sehr geringe Energiezufuhr gebrauchen. Wollte Jemand aus so von einander entfernt liegenden Werthen ein Mittel ziehen, so würde dies 719,2 Calorien pro Liter betragen. Lässt man die beiden Mischmilchen, auf deren niederen Brennwerth ich später nochmals zu sprechen komme, fort, so beträgt das Mittel 729,6 Calorien pro Liter. Aus einer grossen Anzahl von einzelnen Frauenmilchen in den verschiedensten Lactationsperioden hatte ich¹⁾ früher, indem ich die durch Analyse gewonnenen Zahlen in der üblichen Weise der Rechnung zu Grunde legte, als Mittel 782 Calorien pro Liter Frauenmilch gefunden. Wesentlich niedriger war die ermittelte Durchschnittszahl bei dem Ernährungsversuch Launer-Drabent, den ich seiner Zeit veröffentlicht habe.²⁾ Hier betrug das Mittel pro Liter 687,3 Calorien, auch hier noch beträchtlich über der von Heubner³⁾ angenommenen Mittelzahl von 650 Calorien liegend. Ich betone jedoch ausdrücklich, dass es äusserst misslich ist, aus untereinander so differirenden Werthen überhaupt Durchschnitte zu ziehen und solche etwa bei Berechnungen der von einem Kinde aufgenommenen Calorien einzusetzen. Hier können wesentliche Irrthümer unterlaufen.

Der Grund für die grossen Schwankungen im Brennwerthe verschiedener Frauenmilchen liegt ohne Weiteres auf der Hand, er ist bedingt durch die grossen Unterschiede, die der Fettgehalt zeigt, und durch das Prävaliren der im Fett zur Verfügung gestellten Calorien im Vergleich zu den aus

1) Schlossmann, Zur Frage der natürlichen Säuglingsernährung. Archiv für Kinderheilkunde, Bd. XXX, S. 324.

2) Schlossmann, Weiteres zur Frage der natürlichen Säuglingsernährung. Archiv für Kinderheilkunde, Bd. XXXIII, S. 362.

3) Heubner, Die Energiebilanz des Säuglings. Zeitschr. für diätet. u. physikal. Therapie. Bd. V, 1901/1902, Heft 1, S. 6.

Eiweiss und Zucker stammenden. So betragen bei Gregor¹⁾ von 670 Rohcalorien, die ein Kind genießt, die aus Fett stammenden 67⁰/₁₀₀, in einem anderen Falle von 400: 55⁰/₁₀₀.

Nach dem gleichen Autor sollen in meinen Beobachtungen 57¹/₂⁰/₁₀₀, in denen von Bendix 50⁰/₁₀₀ der Wärmemenge dem Fett entstammen. Der Procentgehalt an Fett wird daher in erster Linie ausschlaggebend sein für den Brennwerth einer Frauenmilch. Setzen wir die Wärmewerthe, die wir bei meinen Verbrennungen der Frauenmilch erhalten haben, in Proportion zu dem analytisch erhaltenen Fettgehalt, so ergibt sich Folgendes:

1. Amme Geldfuss, l. Brust	876,8	5,1
2. dieselbe, r. Brust	873,9	5,2
3. Amme Schuster	823,2	4,5
4. Amme Fuchs, l. Brust	806,3	4,15
5. Frau Strohbach	769,9	4,3
6. Amme Fuchs, r. Brust	756,9	3,75
7. Frau Lebelt, l. Brust	733,5	3,9
8. Amme Mitscherlich	719,1	5,3
9. Amme Nicodei (16. XII. 01)	710,8	3,14
10. Amme Menzel, r. Brust	701,6	3,0
11. dieselbe, l. Brust	697,4	2,9
12. Amme Tschenke	691,1	3,25
13. Amme Nicodei, r. Brust (24. XI. 02)	685,2	3,4
14. dieselbe, l. Brust (24. XI. 02)	669,5	2,9
15. Amme Michalek	664,3	2,85
16. Frau Lebelt, r. Brust	656,5	3,2
17. Mischmilch von 4 Ammen	656,6	3,18
18. desgl. von 5 Ammen	604,6	2,81
19. Amme Hermann	565,5	1,80

Wir erschen hieraus, dass in der That ein hoher Fettgehalt stets einem hohen Brennwerthe entspricht, dass dagegen auffallend niedere Werthe im Calorimeter mit geringerem Fettgehalte Hand in Hand gehen. Ein absolutes proportionales Verhältniss kann natürlich nicht bestehen; ist der Einfluss von N-haltiger Substanz und Milchzucker kein so grosser wie der

¹⁾ Gregor, Der Fettgehalt der Frauenmilch und die Bedeutung der physiologischen Schwankungen desselben in Bezug auf das Gedeihen des Kindes. Volkmann's Sammlung klinischer Vorträge, Nr. 302, 1901, S. 396.

des Fettes, ist in Bezug auf die Menge dieser auch eine grössere Regelmässigkeit in den verschiedenen Milchen zu beobachten, gewisse Einflüsse sind natürlich auch durch grössere oder kleinere Mengen dieser Substanzen bedingt.

Besonders auffällig erscheinen die Verhältnisse bei der Frau Lebelt (Nr. 7 u. Nr. 16). Hier sehen wir zwischen der Milch der rechten Brust und der der linken Brust, obschon die Entnahme zu der gleichen Zeit und unter den gleichen Verhältnissen statthatte, einen Unterschied von fast 80 Calorien, bedingt in erster Linie durch einen grösseren Fettreichtum der rechten Brust, die die linke in dieser Hinsicht um 7 g pro Liter übertraf. Die Dauer der Lactation dürfte einen wesentlichen Einfluss in dem einen oder anderen Sinne nicht ausüben. Dies beweist uns die Amme Nicodei, die am 16. XII. 01 710, nach weiterem 12 monatigen Stillen 685 bzw. 669 Calorien aufweist. Dem etwas erhöhten Fettgehalte auf der rechten Seite steht eine wesentliche Verminderung der N-haltigen Substanz gegenüber, die wiederum links durch Vermehrung des Zuckergehaltes etwas ausgeglichen wird. Für den niederen Brennwerth der beiden Mischmilche 17 und 18, die auf dem niederen Fettgehalt beruhen, liegt die Ursache in den bereits früher¹⁾ von uns einmal angeführten Verhältnissen. (Die Ammen drücken Milch ab, ehe sie die Kinder anlegen, aus diesem Grunde enthält die Mischmilch mehr von den fettärmeren ersten Portionen der Drüse.) Bei der Amme Hermann (19) handelte es sich um eine schlechtgenährte, anämische Person, die sich erst langsam zu einer guten Amme entwickelte.

Die Technik der Verbrennung im Calorimeter habe ich in der voranstehenden Arbeit erwähnt, ich will hier nur noch anführen, dass die Verbrennung der Milch auf Celluloseblöcken genau dieselben Resultate ergibt, wie die der getrockneten und gepressten. So fanden sich bei einer Milch 710,8 Calorien bei der auf die erstere, 709,3 Calorien bei der auf die letztere Art verarbeiteten.

1) Schlossmann, Weiteres zur Frage der natürlichen Säuglingsernährung. Archiv für Kinderheilkunde. Bd. XXXIII, 1902. S. 363.

Wir haben sodann den Brennwerth der einzelnen Bestandtheile der Frauenmilch zu ermitteln gesucht. Für das rein dargestellte aschefreie Frauenmilchfett fanden wir in mehreren Parallelreihen, die immer gut unter einander stimmten, pro Gramm 9,392 Calorien. Rubner¹⁾ fand bei einer Frau 9,246, bei einer anderen 9,427 Calorien pro Gramm. Fällt man aus diesen beiden Fetten — den einzigen, die übrigens calorimetrisch untersucht worden sind — das Mittel, so erhält man mit 9,337 einen Werth, der dem von uns ermittelten sehr nahe steht. Für das Milchfett thierischer Säuger fanden wir Folgendes:

Kuh . . .	9,318	Calorien	pro	Gramm
Ziege . . .	9,241	»	»	»
Esel . . .	9,227	»	»	»

Für den Milchzucker ermittelten wir 3,862 Calorien pro Gramm gegenüber Rubner's Angabe von 3,951²⁾ und der von Stohmann³⁾ und Langbein mit 3,737.

Viel grösser sind die Schwierigkeiten, wenn man daran gehen will, den Brennwerth der N-haltigen Substanz in der Frauenmilch zu ermitteln. Hierüber liegt bisher überhaupt nur eine Untersuchung, und zwar keine directe, sondern eine indirecte vor, und zwar wiederum von Rubner und Heubner (a. angef. Orte, S. 44 u. f.). Diese Autoren sind in der Weise vorgegangen, dass sie eine Trockensubstanz der Frauenmilch analysirten, die Brennwerthe für das gefundene Fett und den gefundenen Zucker abzogen und alsdann unter gebührender Berücksichtigung der Asche die verbleibenden Calorien auf den Rest N-haltige Substanz bezogen. Indem in Bezug auf alle näheren Angaben auf das Original verwiesen sei, führe ich nur an, dass bei Frauenmilch I in der II. Periode des Versuches (S. 44) 100 g Trockensubstanz 1,35 g N enthielten. Die 1,35 g N sind in 11,11 g fett- und zuckerfreier Substanz enthalten, für die sich 67,2 Calorien ergaben. Hieraus folgt, dass eine gewisse

¹⁾ Rubner u. Heubner, Die natürliche Ernährung eines Säuglings, Zeitschr. f. Biologie, Bd. 36, S. 43.

²⁾ Offenbar nach Stohmann und Langbein: Es handelt sich dabei um bei 130° getrockneten Milchzucker.

³⁾ Journal f. pract. Chem., Bd. 45, S. 315.

Menge dieser organischen Substanz, die gerade 1 g N enthält, 49,7 Calorien Brennwerth hat. Kurz gesagt: Auf 1 g N kommen 49,7 Calorien.

Bei der Milch von Frau II (S. 45) ergaben sich, auf die gleiche Weise gerechnet, pro Gramm N 54 Calorien.

Im ersteren Falle hatte die N-haltige Substanz 12,12% N, im letzteren 10,7% N. Nehmen wir einmal an, eine Frauenmilch enthielte allen N nur in Gestalt von Casein, eine falsche Anschauung, der man bei uns jedoch bis vor nicht allzu langer Zeit huldigte, und das Frauenmilchcasein habe 14,95% N, wie dies Wróblewski angegeben hat, die Brennwärme des Caseins betrage ferner 5,781 Calorien¹⁾ (Mittel aus 3 Untersuchungen von Stohmann und Langstein²⁾, sowie Berthelot und André³⁾, so würde 1 g N entsprechen 38,67 Calorien. Wie wir gesehen haben, sind die von Rubner und Heubner angegebenen Werthe aber beträchtlich höhere, es muss also in ihrer Restsubstanz ein Körper ohne oder mit wenig N und hohem Brennwerthe enthalten gewesen sein. Sie nehmen an, dass dies zum Theil Seifen gewesen seien. (S. 47.)

Um in dieser Hinsicht zu einer grösseren Klarheit zu gelangen, habe ich nun einen anderen Weg eingeschlagen, einen Weg, der die directe Verbrennung der N-haltigen Substanzen der Frauenmilch gestattet. Wenn man nämlich nach der Ritthausen'schen⁴⁾ Methode die Eiweisskörper der Frauenmilch durch NaOH + CuSO₄ ausfällt, so erhält man im Niederschlage, wie ich schon vor Jahren gezeigt habe,⁵⁾ nicht nur alle Eiweisskörper, sondern auch alle anderen N-haltigen Substanzen. Ja, auch die gesammten P-Verbindungen, die organischen wie die anorganischen, werden nach den Unter-

1) Für aschefreies Casein fand ich bei Kuh- und Eselmilch übereinstimmend 5,818 Calorien pro Gramm, für aschehaltiges Casein 5,742.

2) Journal f. pract. Chemie, Bd. 44, S. 360 und 359.

3) Comptes rend. de l'Academie, Bd. 110, S. 929.

4) Journ. f. pract. Chemie, Bd. 15, S. 329.

5) Schlossmann, Ueber einige bedeutungsvolle Unterschiede zwischen Kuh- und Frauenmilch in chemischer und physiologischer Beziehung. Leipzig, Verlag von G. H. Teubner, 1898, S. 29.

suchungen meines Assistenten Rieger¹⁾ hierbei mitgerissen. Das Filtrat enthält nur einen Theil des Milchzuckers, sonst keinerlei organische Substanz. Auf diese Weise wurde nun aus grösseren Mengen ganz frisch gewonnener Frauenmilch ein Niederschlag gewonnen, bei 95° getrocknet, im Soxhlet'schen Extractionsapparat entfettet und alsdann vom Zucker befreit. Dies kann derart geschehen, dass man den Soxhlet'schen Extractionsapparat benutzt und das Wasser in einem Oelbade von 102° zum Kochen bringt, oder aber, dass man das Pulver mit reichlichen Mengen heissen Wassers erschöpft, solange natürlich, bis keine Spuren von Zucker mehr zu extrahiren sind. Ich weise ausdrücklich darauf hin, dass beide Proceduren, besonders aber die Entfettung, zeitraubend sind. Zuweilen haben wir mehrere Wochen, in einem Falle über einen Monat, tagtäglich ununterbrochen extrahirt, ehe die Materie absolut fettfrei war. Ist alles Fett und aller Zucker herausgezogen, so sehen wir nur noch die N-haltige Substanz und natürlich ziemlich viel Asche vor uns. Das restirende Pulver wurde also nunmehr getrocknet und verbrannt. Die so erhaltene Masse gab in dem einen Falle 41,19% Asche und 5,855% N, sowie 2,453 Calorien. Rechnet man auf aschefreie Substanz um, so finden wir 4,157 Calorien, oder auf 1 g N kommen 41,89 Calorien. Die aschefreie Substanz enthielt somit 9,95% N.

In einer zweiten Untersuchungsreihe fanden sich in dem erhaltenen Pulver 4,87% N und 2,016 Calorien. Es entspricht also 1 g N = 41,45 Calorien.

Es könnte nun Jemand die Befürchtung hegen, dass durch unsere Manipulationen, besonders durch das lange Extrahiren mit heissem Wasser, die N-haltige Materie verändert oder gelöst werden könnte. Dass dies nicht der Fall ist, ergab einmal die Untersuchung des zum Extrahiren benutzten Wassers, das ausser Zucker keine organische Substanz und vor Allem keinen N enthielt. Um aber ganz sicher zu gehen, wurde bei der 2. Serie ein Theil der ausgefallenen

1) Rieger. Ein Beitrag zur Bestimmung der Phosphorsäure in organischen Substanzen. Diese Zeitschr., Bd. XXXIV, S. 113.

Substanz zurückbehalten und ohne Entzuckerung verbrannt, gleichzeitig in einer anderen Portion der Zucker analytisch bestimmt und der entsprechende Brennwerth von dem direct gefundenen abgezogen. Hierbei kamen auf 1 g N = 41,36 Calorien gegenüber 41,45 Calorien, die bei der Verbrennung mit völliger Entzuckerung festgestellt wurden.

Des Weiteren war zu überlegen, welchen Einfluss wohl die Beimengung von solchen Mengen $\text{Cu}(\text{OH})_2$ auf den Brennwerth ausüben konnte. Wir mischten zu diesem Zwecke chemisch reinen Milchzucker mit $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Es wird ein Blöckchen gepresst, das 0,3617 g $\text{Cu}(\text{OH})_2$ und 0,5841 g Milchzucker enthielt. Die Verbrennungswärme dieses Blöckchens betrug 2,237 Calorien, auf 1 g Milchzucker berechnet 3,8497 Calorien. Die Beimischung von $\text{Cu}(\text{OH})_2$ zur organischen Substanz im Verhältniss von etwa 1:2 hat also keinen merklichen Einfluss auf die Verbrennungstemperatur.

Wenden wir uns dem erhaltenen Resultate wieder zu, so sehen wir, dass in der durch die Ritthausen'sche Fällung erhaltenen und von Zucker und Fett befreiten N-hältigen Substanz eine Menge, die gerade 1 g N enthält, etwa 41,67 Calorien entspricht. (Durchschnitt aus den beiden erhaltenen Werthen.) Wir kommen also der Voraussetzung, dass 1 g N entsprechen sollte 38,67 Calorien, schon beträchtlich näher. Berücksichtigt man, dass der gefundene Verbrennungswerth höher liegt, als dies für reines Eiweiss zu berechnen wäre, dass dagegen der N-Gehalt niedriger liegt, als dies bei dieser Voraussetzung sein sollte, so werden wir zu dem Schlusse gedrängt, dass in unserer Fällung noch andere Substanzen als Eiweiss und zwar vermuthlich solche, die wenig oder keinen N enthalten, aber ziemlich hohe Brennwärme haben können. Rubner und Heubner haben die Aufmerksamkeit auf die Seifen gelenkt, die hierbei mitwirken könnten. Für unsere Darstellung des Frauenmilchpulvers erscheint das ausgeschlossen. Dagegen möchte ich daran erinnern, dass Camerer¹⁾ schon vor langer Zeit, von anderen Gesichts-

1) Camerer, Die Nahrungsstoffe in der Frauenmilch. Jahrbuch f. Kinderheilkunde, Bd. 40, S. 244. 1895.

punkten ausgehend, zu der Ansicht gekommen ist, dass in der Frauenmilch N-freie oder N-arme Körper, respective eine Gruppe solcher Körper enthalten sein muss: dieselben werden ebenfalls nach Ritthausen mit gefällt. Die calorimetrische Untersuchung dürfte eine Bestätigung dieser Hypothese geben.

Die im Vorausgehenden niedergelegten Beobachtungen geben uns nun die Zahlen an die Hand, mit Hülfe deren wir jederzeit aus einer Analyse der Frauenmilch deren Brennwerth zu berechnen haben. Wir brauchen nur die für jedes Gramm Fett gefundene Zahl mit 9.392, die für Milchzucker mit 3.862 und die für 1 g N mit 41.67 zu multipliciren und die Summe gibt den Caloriengehalt.

Ich führe beispielsweise an:

1. Milch Nr. 18. — Mischmilch von 5 Ammen.

Die Analyse ergibt:

Fett	28.1	g pro Liter.
Zucker	68.0	„ „ „
N	1.834	„ „ „

Hieraus wird berechnet:

28.1	×	9.392	=	263.91	Calorien
68.0		3.862	=	262.62	„
1.834		41.67	=	76.42	„

Summe 602.95 Calorien

Bei der Verbrennung werden gefunden 604,61 Calorien. Differenz zwischen berechnetem und direct erhaltenem Werthe: 1,66 Calorien pro Liter.

2. Milch Nr. 19. — Amme Hermann.

Die Analyse ergibt:

Fett	18.0	g pro Liter.
Zucker	79.8	„ „ „
N	2.1	„ „ „

Hieraus wird berechnet:

Fett	18.0	×	9.392	=	169.06	Calorien
Zucker	79.8		3.862	=	308.19	„
N	2.1		41.67	=	87.51	„

Summe 564,76 Calorien.

Bei der Verbrennung wurden gefunden 565,53 Calorien. Differenz zwischen berechnetem und direct ermitteltem Werthe: 0,77 Calorien pro Liter.

Um so genaue übereinstimmende Resultate zu erhalten, ist es natürlich nöthig, durch eine ganze Anzahl von Analysen einen der exacten Wirklichkeit sehr nahekommenen Werth zu ermitteln. Doch genügt es für die Anforderungen der Praxis ja vollkommen, wenn auch die durch die Analyse ermittelten Zahlen von den durch die directe Bestimmung erlangten um 5, 10, 15 oder sogar 20 Calorien per Liter differiren. Auch der Unterschied von 20 Calorien würde bei einem Brennwerth von nur 500 Calorien pro Liter auch nicht einmal einen Fehler von 5% bedeuten. Ich möchte übrigens bemerken, dass bei Differenzen zwischen durch Verbrennung gefundenen und berechneten Werthen der Fehler bei uns meistens in der Analyse zu suchen war. Die Calorimetrie ist bestimmt die einfachere und zuverlässigere Untersuchungsmethode.

Ich will zum Schluss noch die Brennwerthbestimmungen für die Milch einiger Hausthiere kurz erwähnen.

Bei der Ziege fand sich, dass auf 1 g N in der N-haltigen Substanz 39,44 Calorien kommen. Die Methodik der Untersuchung war die gleiche wie bei Frauenmilch, auch hier wurden die N-haltigen Substanzen nach Ritthausen ausgefällt und in der gleichen Weise entfettet und entzuckert.

Für Fett der Ziegenmilch fanden sich, wie schon erwähnt, 9,241 Calorien pro Gramm, der Milchzucker ist mit dem der Frauenmilch identisch.

1. Mischmilch von mehreren Ziegen.

Die Analyse ergibt:

Fett	25,8 g pro Liter.
Zucker	39,7 „
N	4,5 „

Berechnung:

$$25,8 \times 9,241 = 238,42 \text{ Calorien.}$$

$$39,7 \times 3,862 = 153,32 \text{ „}$$

$$4,5 \times 39,44 = 177,48 \text{ „}$$

$$\text{Summe } 569,22 \text{ Calorien.}$$

Die Verbrennung ergibt 565,56 Calorien.

Es beträgt somit der Unterschied zwischen dem aus der Analyse berechneten und dem direct gefundenen Verbrennungswerthe 3,66 Calorien pro Liter.

2. Weisse Ziege, Major W.

Die Analyse ergibt:

Fett	23,8	g pro Liter.
Zucker	46,8	»
N	5,02	»

Berechnung:

23,8	×	9,241	=	219,94 ⁷	Calorien.
46,8	×	3,862	=	180,73	»
15,02	×	39,44	=	198,07	»

Summe 598,74 Calorien.

Die Verbrennung ergibt 597,38 Calorien pro Liter.
Differenz somit 1,36 Calorien pro Liter.

In der Kuhmilch finden wir auf 1 g N 38,79 Calorien.
Die dabei erhaltene N-haltige Materie hat 14,91 % N. 1 g Kuhmilchfett gibt 9,318 Calorien.

Beispiele:

1. Kuhmischmilch, Gebr. Pfund.

Die Analyse ergibt:

Fett	32,5	g pro Liter.
Zucker	49,2	»
N	5,7	»

Berechnung:

32,5	×	9,318	=	302,83	Calorien.
49,2	×	3,862	=	221,10	»
5,7	×	38,79	=	190,01	»

Summe 713,94 Calorien.

Die Verbrennung ergibt 713,06 Calorien, somit Differenz
zwischen aus der Analyse berechneter und direct gefundener
Brennwärme 0,88 Calorien pro Liter.

2. Kuh, Taube, Rainholdshain.

Die Analyse ergibt:

Fett	45,5	g pro Liter.
Zucker	47,8	»
N	5,68	»

Die Berechnung ergibt:

45,5	×	9,318	=	423,97	Calorien.
47,8	×	3,862	=	184,60	»
5,68	×	38,79	=	219,87	»

Summe 828,44 Calorien.

Die Verbrennung ergibt 827,33 Calorien. Differenz somit 1,11 Calorien pro Liter.

Für Eselsmilch fand sich pro Gramm N 38,59 Calorien. 1 g Fett hat 9,227 Calorien.

Beispiel:

Eselsmilch, Mischmilch vom Hellerhof.

Die Analyse ergibt:

Fett	8,5 g pro Liter.
Zucker	67,4 „ „
N	3,1 „ „

Berechnung:

$8,5 \times 9,227 =$	78,43 Calorien.
$67,4 \times 3,862 =$	260,30 „
$3,1 \times 38,59 =$	119,65 „

Summe 458,38 Calorien pro Liter.

Bei der Verbrennung fanden sich 459,48 Calorien. Es beträgt somit die Differenz zwischen der aus der Analyse berechneten und der wirklich gefundenen Brennwärme 1,1 Calorien pro Liter.

Aus dem Dargelegten und den angeführten Beispielen dürfte zur Genüge hervorgehen, dass man unter Verwendung der von mir für die einzelnen Bestandtheile der verschiedenen Milcharten angegebenen Grundzahlen jederzeit den Brennwerth jeder Milch berechnen kann.